



Aerogeophysikalische Vermessung

im Raum

W E I T R A

Auftragsforschungsprojekt NC-6q/84

1. Eingangsdatum 185 10-1	2. Berichtsart Forschungsbericht	3. ARCHIV - Nr. A 06353
4. Titel des Berichtes Aerogeophysikalische Vermessung im Ra n Weittra.		5. Standort TEXT KARTE/BEIL. R
		6. Ordnungszahl
		7. A.Z.
11. Verfasser Seiberl, Wolfgang Heinz, Herbert		8. VERTRAULICHKEIT : 3
		9. Abschlußdatum Wien, 1986-10
		10. Veröffentlichungsdatum
12. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Österreichische Akademie der Wissenschaften Geologische Bundesanstalt		13. Ber.-Nr. Auftragnehmer
		14. Projekt - Code N-C-006m/83 N-C-006q/84 ^{N-C-006n/84}
		15. Seitenzahlen 43
		16. Literaturangaben
17. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung		18. Abbildungen 13
		19. Tabellen
20. Projekttitel		21. Beilagen 9
		22. Tafeln
23. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)		
ÖK - Bl. - Nr. 4;5;17;18		
Schlagwörter Waldviertel; Weittra (Umgebung); Aerogeophysik		
Sachbearbeiter 100	B G L Ö erl	Sicherheitsfilm M. 1086-E
Kopie an Redaktion	Katalog 100	
	Mikrofilm G. N.	

AEROGEOPHYSIKALISCHE VERMESSUNG

im Raum

WEITRA

Forschungsprojekt NC-6q/84

(Projekte NC-6m/83, NC-6n/84)

von
Wolfgang Seiberl
und
Herbert Heinz

Wien, Oktober 1986

Österreichische Akademie der Wissenschaften
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	6
2.3. Durchführung der Messungen	6
2.4. Personal	9
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 ρ_a und d_a	13
3.5. Kartierung der anomalen magnetischen Totalintensität (ΔT)	14
3.6. Radiometrische Kartierung	16
3.6.1. Die Quellen der natürlichen Gammastrahlung	16
3.6.2. Korrekturen der Meßdaten	16
3.6.3. Herstellung der Isolinienpläne	18
4. Geologie des Meßgebietes	19
5. Ergebnisse	21
5.1. Widerstandskartierung; Anlagen 2 und 3	21
5.2. Isoanomalien der Totalintensität ΔT ; Anlage 4	22
5.3. Gammastrahlenspektrometrie	24
5.3.1. Gesamtstrahlung (Total count); Anlage 5	24
5.3.2. Kalium (K^{40}); Anlage 6	25
5.3.3. Uran (Bi^{214}); Anlage 7	25
5.3.4. Thorium (Tl^{208}); Anlage 8	25
5.3.5. U/Th - Verhältnis; Anlage 9	26
6. Empfehlungen	27
7. Literatur	28
8. Verzeichnis der Anlagen	29
9. Anhang	30
A. Einfluß der Hangneigung auf elektromagnetische Messungen aus der Luft	30
B. Einfluß der Topographie auf die Anomalien der magnetischen Totalintensität (ΔT)	40

Zusammenfassung

Die hubschraubergeophysikalische Vermessung des Gebietes "Weitra" ergab vor allem Indizien für vom lagerstättenkundlichen Standpunkt interessante Veränderungen in den Magmatiten (Greisen, Kaolin); die geophysikalischen Parameter dieser Gesteine (Eisgarner-, Weinsberger- und Feinkorngranite) deuten auf eine Differenzierung innerhalb dieser Komplexe hin. Vor allem in Magnetik und Radiometrie lassen sich die drei Größeneinheiten gut unterscheiden. Wichtig erscheint eine weitere Typisierung der Magmatite im Hinblick auf die zweifellos vorhandene Rohstoffhoffigkeit.

1. Projektziel und Ablauf des Projekts

Im Rahmen der aeromagnetischen Vermessung Österreichs wurden im Projektgebiet "Weitra", seine Lage kann der Abb.1a entnommen werden, mehrere auffällige magnetische Anomalien (siehe Abb.1b) festgestellt. Durch andere geowissenschaftliche Untersuchungsmethoden konnte gezeigt werden, daß die eben erwähnten Anomalien Hinweise auf mögliche Vererzungen (Greisenbildungen), die im Zusammenhang mit dem südböhmischen Granitpluton zu sehen sind, darstellen könnten.

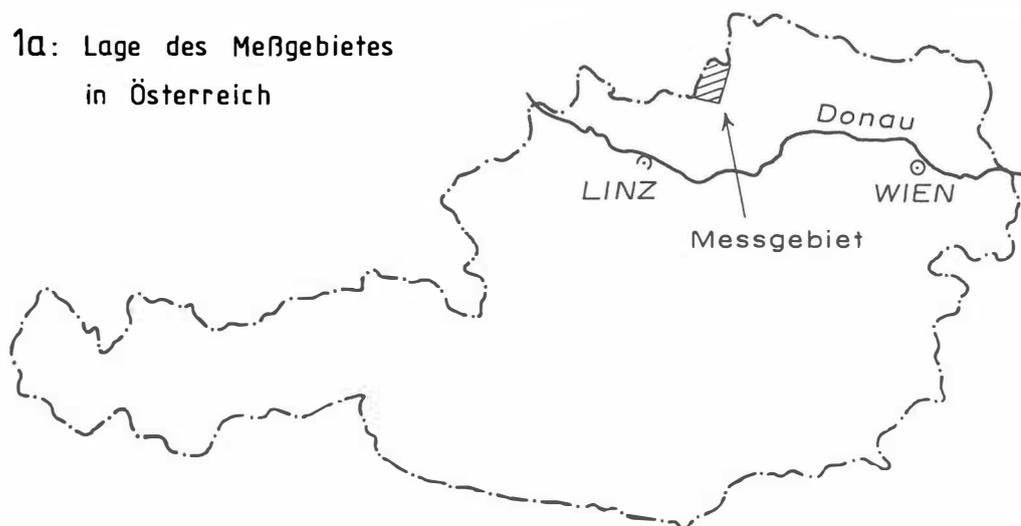
In der Folge wurde nach Zustimmung des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung und Umwidmung der Geldmittel der Projekte NC-6m/83 (Aerogeophysik Jauerling) und NC-6n/84 (Aerogeophysik Pöggstall) das Projekt NC-6q/84 (Aerogeophysik Weitra) zur Durchführung gebracht. Dabei wurde das Projektziel 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.

Ursprünglich sollten die Meßflüge im Raum Weitra im Sommer 1984 durchgeführt werden. Durch die verspätete Gerätebestellung und die Verzögerung bei der Bereitstellung des Meßhubschraubers trat eine erhebliche Verzögerung bei der Projektabwicklung ein. Daher war es erst nach Einschulung der Projektmitarbeiter möglich, das Projektgebiet im Herbst 1984 sowie im Frühjahr 1985 zu befliegen. Dabei wurde der Hubschrauberlandeplatz der Bundesheerkaserne in Weitra als Projektstützpunkt benutzt.

Eine weitere Verzögerung in der Projektabwicklung trat dadurch auf, daß ein vollkommen neues Softwarepaket zur Auswertung und Darstellung der Meßdaten zu entwickeln war. Zusätzlich mußte während dieser Arbeiten wegen diverser Hardwareprobleme an der Rechananlage der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik auf jene des interuniversitären Rechenzentrums gewechselt werden.

Mit der Herstellung erster Ergebniskarten konnte im Herbst 1985 begonnen werden. Die Fertigstellung letzterer wurde im Frühjahr 1986 abgeschlossen.

Abb. 1a: Lage des Meßgebietes
in Österreich



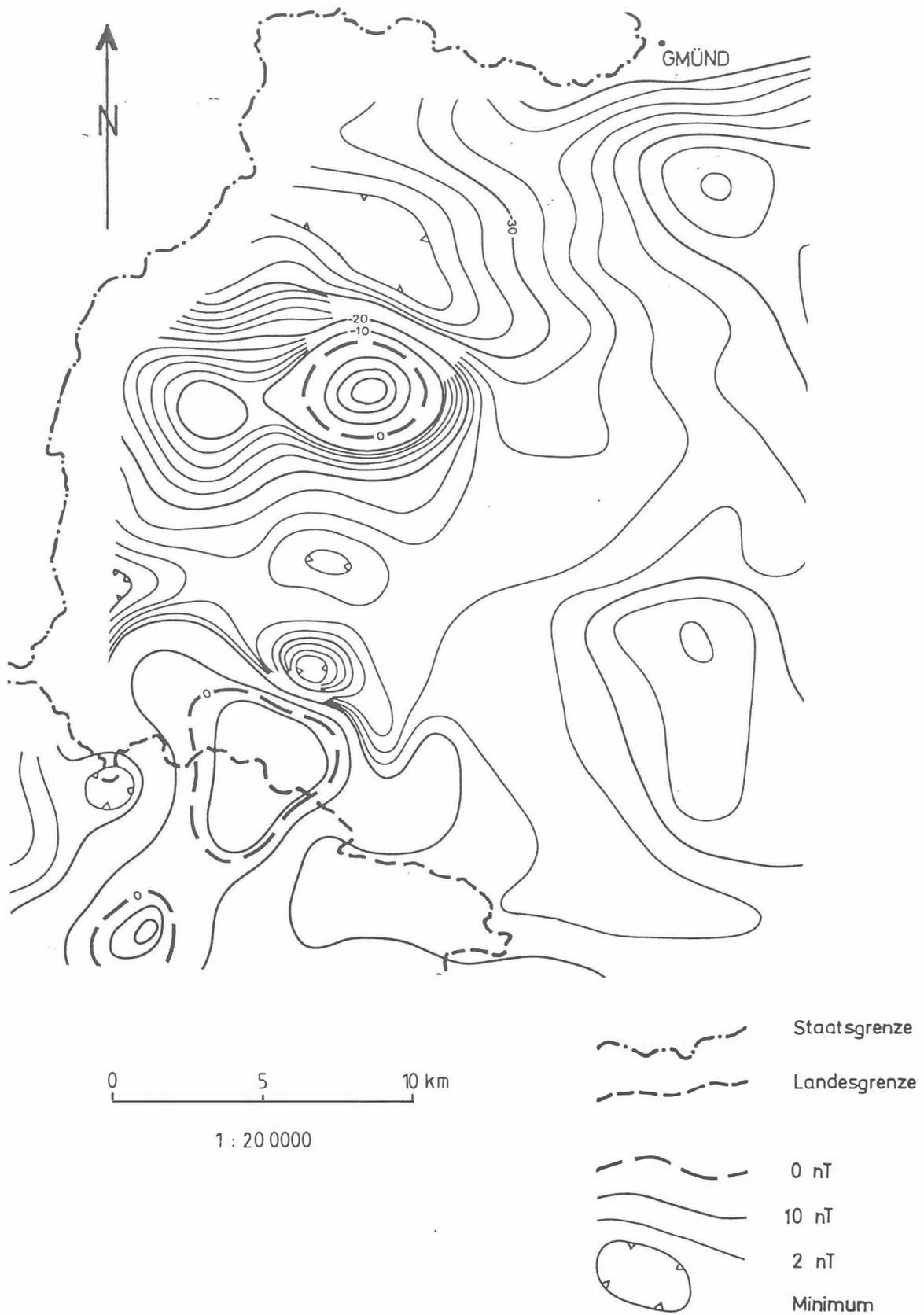


Abb. 1b: Ausschnitt aus der aeromagnetischen Karte
des 1400 m - Horizontes

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 5-DHU, 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 vertikaler bzw. horizontaler 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 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 (K^{40} ; 1,36 – 1,56 MeV), Uran (Bi^{214} ; 1,67 – 1,87 MeV) und Thorium (Tl^{208} ; 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 ± 100 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... 285⁰

Für die später folgende Datenverarbeitung wurden sechs 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, worin eine zweistellige Buchstabenkennung für das Meßgebiet beinhaltet ist.

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- (Cs^{137}) als auch mit einer Thoriumquelle (Th^{232}) 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.

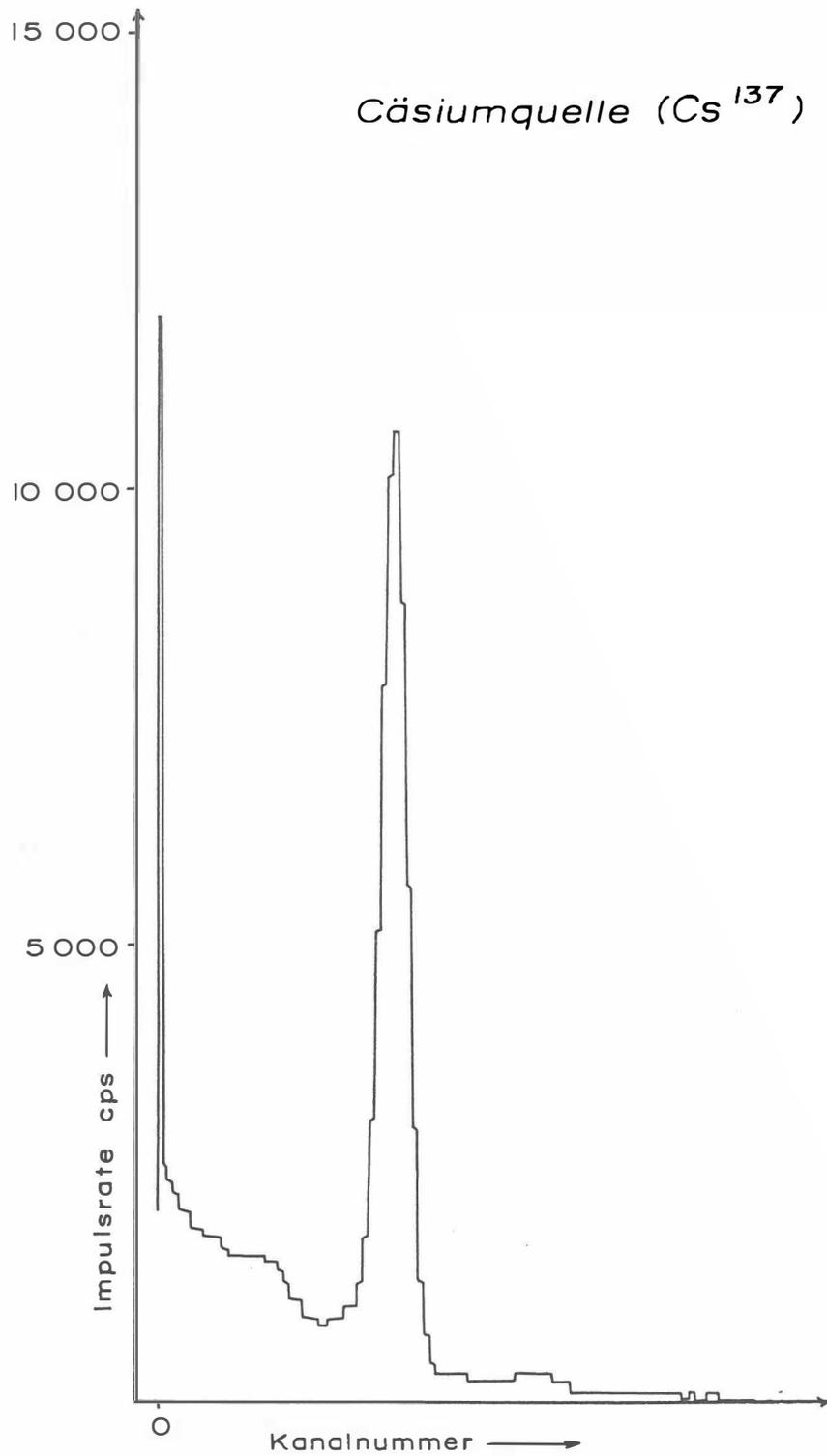
Meßflüge: Wegen der relativen topographischen Schwierigkeiten im Raum Weitra stellte die Befliegung des Projektgebietes erhebliche Anforderungen sowohl an das Hubschrauberpersonal als auch an das eingesetzte Gerät. Während der Messungen auf den Profilen wurde eine Sollflughöhe des Hubschraubers von 80m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

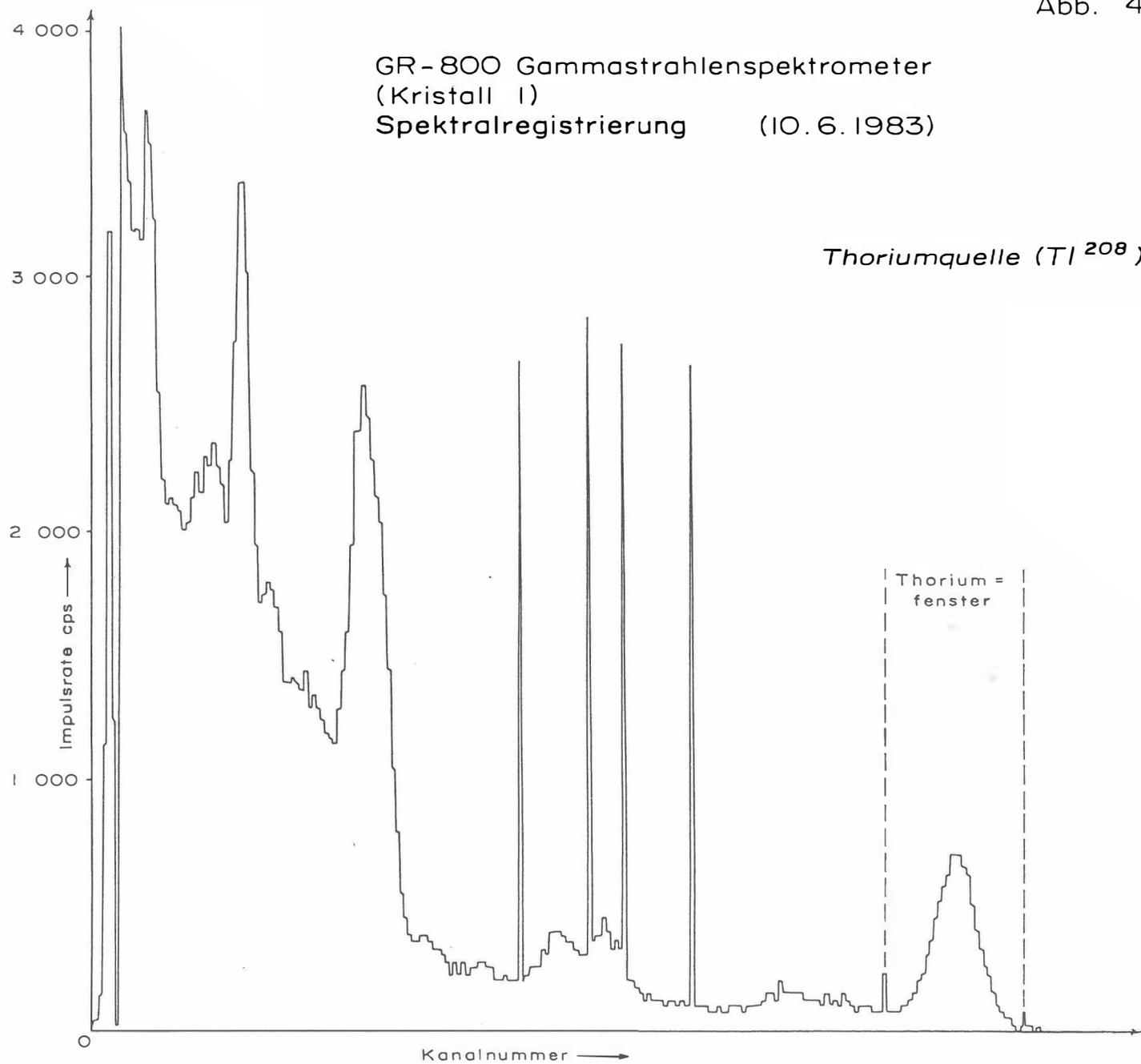
— EM-Sonde:	50m
— Magnetometer-Sonde:	60m
— Detektoren des Gammastrahlenspektrometers:	80m

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

Die Fluggeschwindigkeit betrug über leicht welligem Gelände ca. 125 km/h, an steileren Hängen entsprechend weniger. Die durchschnittliche Meßflugdauer lag bei etwa $1\frac{1}{2}$ h (inkl. An- und Abflug zum und vom Meßgebiet).

GR - 800 Gammastrahlenspektrometer
(Kristall .I)
Spektralregistrierung (10. 6. 1983)





In den Wenden 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 32 Meßflüge absolviert, wobei ein sogenannter "Steigflug", bei dem die Höhenabhängigkeit der Gammastrahlenenergie im Meßgebiet bestimmt wird, beinhaltet ist.

2.4. Personal

Bei der Durchführung der aerogeophysikalischen Arbeiten im Raum Weitra waren folgende Personen beteiligt:

Geologische Bundesanstalt/Universität Wien:

Univ.Prof. Dr.Wolfgang Seiberl

Geologische Bundesanstalt:

Dr.Herbert Heinz

Franz Strauß

Österreichische Akademie der Wissenschaften:

Dr.Udo Strauß

Maria Loibnegger

Horst Eichberger

Michael Herdy

Erwin Scharrer

Bundesministerium für Landesverteidigung:

Dieter Hirschmann

Peter Lang

Harald Rosa

Robert Staudinger

Rainer Wehrle

Harald Gramang

Oskar Schabus

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

3. Datenverarbeitung und Kartenherstellung

3.1. Aufgabe der ADV

Die Verarbeitung der Meßdaten des Untersuchungsgebietes Weitra fand in Wien statt, wobei die Rechenanlage des interuniversitären Rechenzentrums (Cyber 720) 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, den physikalischen Gehalt 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 Rechanlage des interuniversitären Rechenzentrums 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 Promille-Bereich der gesamten Daten bewegen, die aber trotzdem korrigiert werden müssen. Weiters werden am Beginn der Auswertung die Meßdaten auf Plausibilität und sogenannte statistische Ausreißer ("spike") 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 sec) 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 ρ_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 gewonnenen ρ_a -Werte mit Hilfe eines Trommelplotters in Form von Profilplänen im Maßstab 1:25.000 geplottet. Anschließend wurde durch eine händische Konturierung ein Isolinienplan des scheinbaren Widerstandes (ρ_a) hergestellt, wobei Zonen geringer ρ_a -Werte schraffiert wiedergegeben wurden (Anlage 2). Die Isolinien für ρ_a wurden für kleine Widerstände im Abstand von $25 \Omega m$ (25, 50, 75, 100 Ωm), für größere ρ_a -Werte mit $250 \Omega m$ - Isolinienintervallen (250, 500, 750, 1000 Ωm , ...) gezeichnet.

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 ρ_a -Werte geplottet, für die $\rho_a \leq 2000 \Omega m$ gilt. Dabei wurden aber nur solche Amplituden von R und Q berücksichtigt, für die die Schwellwerte ≥ 5 ppm waren.

Auf die Herstellung von Tiefenlinienplänen der scheinbaren Tiefe d_a wurde in diesem Bericht verzichtet. Der Grund dafür ist darin zu suchen, daß auch "negative Tiefen" auftreten. Letztere kommen dort vor, wo eine besser leitende Deckschicht einen schlechten Leiter überlagert (siehe Abschnitt 3.4.2.). Streng genommen dürfte in diesem Fall das Modell des homogenen Halbraumes bei der Auswertung nicht benutzt werden.

Da im Zuge der Meßflüge der Analog - Digitalwandler manchmal nicht ordnungsgemäß gearbeitet hat, wurden kleine elektromagnetische Anomalien (< 14 ppm) bei der Aufzeichnung auf das Magnetband fallweise unterdrückt. Es wurden daher auch die auf Meßstreifen vorliegenden analogen Aufzeichnungen zur Auswertung herangezogen. Dabei wurden die Maximalamplituden der R - und Q -Komponenten des elektromagnetischen Signals für 3600 Hz in ppm (parts per million) umgerechnet und neben der Lage des Q -Komponentenmaximums entlang der Flugprofile kartenmäßig dargestellt (Anlage 3). Um bei der Interpretation auch die Form der Anomalien zu berücksichtigen, wurden die Anomalienhalbwertsbreite durch unterschiedlich lange Balken wiedergegeben.

Die gemessenen Werte des koaxialen Spulensystems T1R1 mit der Frequenz 900 Hz wurden für die Konturierung nicht verwendet. Ihre Qualität ist gegenüber den Daten des koplanaren Spulensystems im allgemeinen schlechter, und zwar aus folgenden Gründen:

- 1) Temperatureffekte am EM-bird haben sich besonders ungünstig auf T1R1 ausgewirkt und führten zu einer, oft starken, nichtlinearen Drift des Nullniveaus.
- 2) Das Magnetfeld der "sferics" ist überwiegend horizontal gerichtet und macht sich daher hauptsächlich in den Daten von T1R1 bemerkbar. Auch technische Störungen beeinflussen T1R1 wesentlich stärker als T2R2.

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 ρ_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 ρ_a und d_a

Die Parameter ρ_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 ρ_a und d_a stimmen annähernd mit dem wahren spezifischen Widerstand ρ 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 viele graphitische und tonige Schichten 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 ρ_1 und einer Dicke d_1 sowie einem (unendlich dicken) Substratum mit dem Widerstand ρ_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 (ΔT)

In der Anlage 4 wird der Isolinienplan der magnetischen Totalintensität (ΔT) gebracht. 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 (ΔT), 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
δT	... 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 (δT) 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 δT 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. Wegen der starken Dynamik des anomalen Magnetfeldes sind die Isolinien mit verschiedenen Strichstärken dargestellt, nämlich:

- dünne Linien im Abstand von 5nT
- mittelstarke Linien im Abstand von 10nT
- starke Linien im Abstand von 100nT
- Nulllinien strichliert.

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 K^{40} .

Aus dem gesamten Energiespektrum der Gammastrahlung werden die für diese Elemente charakteristischen Energieintervalle (Fenster) verwendet — die Bereiche der Photopeaks von K^{40} (bei 1,46 MeV), des U-Tochterprodukts Bi^{214} (1,76 MeV) und des Th-Tochterprodukts Pb^{208} (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 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. 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 Nutzsignal (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 gewonnen.
- Reduktion des Comptoneffektes: Beim Durchgang durch Materie wird die Gammastrahlung unter Energieverlust gestreut. Dies hat zur Folge, daß z.B. ein bestimmter Anteil

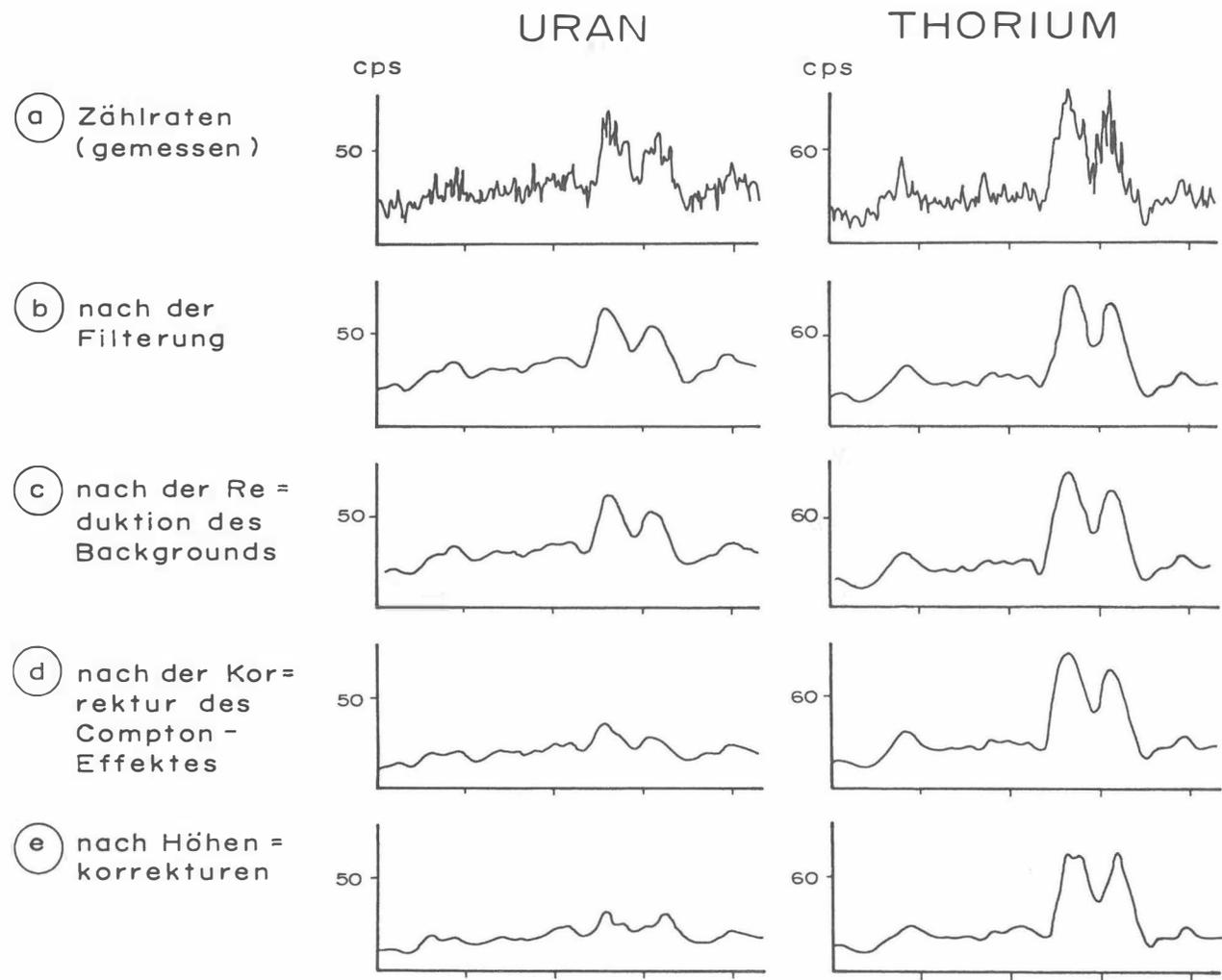


Abb. 5 a - e : Darstellung der Korrekturschritte in der Gammastrahlenspektrometrie .

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-Streuungskoeffizienten:

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 Streuungskoeffizienten S_{UTh} in der Form

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

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 Radon²²² verfälscht. Es werden daher standardmäßig Steigflüge im Meßgebiet durchführt, um die in diesem charakteristische Höhenänderung der Gammastrahlung 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 μ ergaben sich im Meßgebiet im Höhenbereich von 30m bis 300m über Grund folgende Mittelwerte:

$$\begin{aligned} \mu(\text{Total}) &= 0,001228 \\ \mu(\text{Kalium}) &= 0,001528 \\ \mu(\text{Uran}) &= 0,001017 \\ \mu(\text{Thorium}) &= 0,001211 \end{aligned}$$

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

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

auf die Normalhöhe $h = 240ft$ 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 Weitra keine Berechnungen der Radioelementkonzentrationen durchgeführt werden.

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 Weitra das U/Th - Verhältnis flächenmäßig dargestellt.

Ähnlich wie bei der Darstellung der elektromagnetischen Daten (siehe Abschnitt 3.4.1., ρ_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)	... 0.5 kcps (kcps = kilocounts/s)
Kalium (Anlage 6)	... 50 cps (cps = counts/s)
Uran (Anlage 7)	... 10 cps
Thorium (Anlage 8)	... 20 cps
U/Th-Verhältnis (Anlage 9)	... 0.25 .

Eine zusätzliche Problematik von Gammastrahlenmessungen in topographisch schwierigem Gelände stellt die Abweichung von einer horizontalen Meßebeine (2π -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 2π) eine niedrigere Zählrate (Killeen, 1979).

4. Geologie des Meßgebietes

Das Meßgebiet wird fast ausschließlich von Graniten der südlichen böhmischen Masse aufgebaut. In seinem Ost- und Mittelteil dominiert Weinsberger Granit, der Rest besteht aus Feinkorngraniten, Granodioriten und dem Eisgarner Granit.

Der Weinsberger Granit ist im allgemeinen sehr reich an großen Kalifeldspäten (Mikroclin), daneben tritt Plagioklas, Quarz und Biotit auf. Seine Grenzen zu den Nebengesteinen sind meist scharf und gut erfaßbar. Durchdrungen ist er von fein- bis mittelkörnigen Granitoiden, den sogenannten Feinkorngraniten. Diese Granittypen zeigen eine ziemliche Variationsbreite, besonders bezüglich ihrer Zusammensetzung: Es finden sich Biotitgranite (Typ Mauthausen) bis Granodiorite (Typ Freistädter Granit). Allesamt sind sie wahrscheinlich spät- bis posttektonisch aufgedrungen (FUCHS & MATURA, 1976), wobei ihre Kontaktgrenzen gleichfalls sehr scharf diskordant sind. Häufig sind jedoch in Kontaktnähe Nebengesteinsschollen von den Feinkorngraniten umgeben. Schon WALDMANN (in: SCHAFFER, 1951) erwähnt im Raum Nebelstein feinkörnige Muskowitgranite, -aplite und -pegmatite zusammen mit Gangquarzen im Gefolge des Eisgarner Granits, an die Vergrünungen des Weinsberger Granites gebunden sind.

Beim Mauthausner Granit handelt es sich um eine fein- bis mittelkörnige Varietät mit der Zusammensetzung Plagioklas, Mikroclin, Quarz, Biotit (seltener Hornblende und Hellglimmer); als Nebengemengteile wurden Titanit, Klinozoisit, Orthit, Rutil, Apatit, Zirkon, Magnetkies und Pyrit beschrieben (KURAT, 1965; RICHTER, 1965). Nach RICHTER (1965) fand die Kristallisation des Mauthausner Granites in ziemlich großer Tiefe statt und intrudierte während des Abklingens der variszischen Regionalmetamorphose. Er ähnelt den zentralen Bereichen des Freistädter Granodiorites, der allerdings in seinen randlichen Partien mittelkörnig ausgebildet ist und typisch granodioritische, ab und zu sogar auch tonalitische Zusammensetzung hat.

Als jüngstes Glied der Intrusionsfolge gilt der Eisgarner Granit. Nach S.SCHARBERT (1966) ist er ein grobkörniger porphyrischer Granit mit Oligoklas, Kalifeldspat, Quarz, Biotit und Hellglimmer. An Akzessorien werden Spinell, Rutil, Granat und Andalusit angeführt, was als Hinweis auf die Entstehung dieses Gesteins aus anatektisch aufgeschmolzenen hochmetamorphen Gesteinen gewertet wird. Neben leukogranitischen und muskowitgranitischen Partien sind zahlreiche Pegmatoide, Gangquarze und Apliten im Eisgarner

Granitkomplex zu finden. Pneumatolytisch entstandene Mineralisierungen wie Turmalin, Apatit, Beryll, Cassiterit und Molybdänglanz sind hier von besonderem Interesse (vgl. hierzu FUCHS & THIELE, 1968). Die Kontakte des Eisgarner Granites zum Weinsberger Granits sind oft scharf und markant (natürlich immer diskordant), teilweise sind aber auch breitere Übergangszonen beobachtet worden (SCHWAIGHOFER, 1978).

Vor allem die Feinkorngranite und der Eisgarner Granit beeinflussen ihre Umgebung und sich selbst mit ihrem Gangfolge. Am Hirschrücken, knapp an der Grenze zur ČSSR, wurden Quarzgänge mit Bleiglanzführung beschrieben (SIGMUND, 1937; SCHWAIGHOFER, 1978). Auch an Quarzgänge gebundener Pyrit und Molybdänglanz aus dem Ortgebiet von Weitra ist bekannt (z.B. OSTADAL, 1927). Neben diesem Gangfolge treten auch Aplite und Pegmatite auf, die zum Teil aber auch auf örtliche Stoffmobilisationen im Zuge der Metamorphose zurückgeführt werden (FUCHS & MATURA, 1976).

Mit den Feinkorngraniten sind manchmal auch dioritische Gesteine vergesellschaftet (z.B. FUCHS & MATURA, 1976; FUCHS & SCHWAIGHOFER, 1978), die vom Weinsberger Granit mit deutlichen Grenzen abtrennbar sind. Sie liegen diskordant, sind fein- bis mittelkörnig und bestehen hauptsächlich aus Oligoklas, Quarz, Biotit, und Hornblende. Nur an wenigen Stellen sind Paragneise aufgeschlossen (südlich Weitra, bei Unterlembach). Diese Vorkommen berühren sowohl Weinsberger als auch Eisgarner Granit und bestehen aus quarzitischen Biotit- Plagioklasgneisen (SCHWAIGHOFER, 1978).

Das Störungsnetz ist durch Linien parallel zur Rodlstörung charakterisiert; untergeordnet treten auch Störungen in der Pfahlrichtung auf (östlich von Weitra). Insbesondere die Linie Karlstift (nordwestlich von Liebenau) – Harmanschlag ist verquarzt und durch Mylonitzonen unterschiedlicher Mächtigkeit charakterisiert (FUCHS & SCHWAIGHOFER, 1977).

Auf die jungen Bedeckungen (Moore, Verwitterungsbildungen, Lehme, etc.) wird, soweit sie für die Interpretation der geophysikalischen Messungen relevant sind, in den entsprechenden Kapiteln eingegangen.

Obwohl die südliche Böhmisches Masse im (heutigen) österreichischen Bundesgebiet in zahlreichen Arbeiten bezüglich Bau, Tektogenese, Tektonik und Petrographie gut durchforscht und bearbeitet ist, wurden speziell die Granite und ihre Derivate eigentlich kaum als Erzbringer oder erzhöfliche Gesteine betrachtet und dementsprechend eingehenderen Untersuchungen unterworfen. Über die gemessenen physikalischen Parameter werden in den folgenden Abschnitten Verbindungen zu einer lagerstättenkundlichen Perspektive, unter denen diese Granitkomplexe zu betrachten sind, geknüpft.

5. Ergebnisse

5.1. Widerstandskartierung; Anlagen 2 und 3

Die nordnordost – südsüdwest streichenden, relativ schmalen Zonen guter Leitfähigkeit westlich von Dietmanns (Anomalien W1, W2 und W14) folgen vermutlich einem Störungssystem, das weiter im Westen auch kartierbar ist (ERICH & SCHWAIGHOFER, 1977). Die Inhomogenitätsflächen dürften hier dem Kontakt Paragneise / Granite folgen (vgl. Kapitel 5.2; W1 und W2 koinzidieren auch mit magnetischen Anomalien). Zum Teil sind die niedrigen Widerstände aber auch auf die hier streckenweise recht mächtige Bedeckung mit jungen (quartären) Sedimenten zurückzuführen.

An eine Störung (Mylonitzone) gebunden ist auch die mit der magnetischen Anomalie M3 gekoppelte elektromagnetische Anomalie W3 (vgl. Anlage 4). Bei geeignetem Environment ist in den Fällen der Anomalien W1, W2, W3 und W14 an Kaolinhöflichkeit zu denken.

Von Interesse ist weiters die elektromagnetische Anomalie W4 zwischen Wultschau und Harbach, zu der auch die kleinere Anomalie W5 gehört. Beide liegen über Dioriten, die sich auch durch ihre magnetischen Eigenschaften auszeichnen. Um den Nebelstein, in dessen Umgebung die magnetischen Anomalien M7 und M12 liegen, gruppieren sich die Widerstandsminima W6 bis W9. W6 ist gekoppelt mit der Magnetikanomalie M12 nördlich bzw. nordwestlich des Nebelsteingipfels. Die Nähe der Kontaktzone Weinsberger Granit / Feinkorngranite bzw. die geringe Entfernung zu den alten sedimentogenen Deckschichten (Paragneise, vgl. Kapitel 4) legt die Annahme von Greisenzonen nahe. Das gleiche gilt für die Zone guter Leitfähigkeit bei W7, die am Ostrand der magnetischen Anomalie M7 situiert ist.

Die ziemlich breite elektromagnetische Anomalie W8 westlich von Harmanschlag liegt ebenfalls im Gebiet der großen magnetischen Anomalie beim Nebelstein und im südlichen Grenz- (Kontakt-)bereich Feinkorngranit / Weinsberger Granit.

Im Kontaktbereich Weinsberger Granit / Eisgarner Granit liegt eine markante Gruppe von magnetischen Anomalien, die mit der EM - Anomalien-Gruppe W9 bis W13 gepaart ist. Sie sind wohl auf intensive Verwitterung und Auflockerung oder Magmatite einerseits und auf Schwächezonen mit Auflockerungserscheinungen andererseits rückführbar. Die gesamtgeologische Situation deutet auch hier auf Vergreisungen hin.

Die EM - Anomalie W15 dürfte auf eine lokale Schwäche bzw. Zerrüttungszone im Weinsberger Granit zurückzuführen sein. Die kleinen Anomalien W16 bis W19 und W21 sind mit schwachen magnetischen Anomalien vergesellschaftet, wobei W18 und W21 vermutlich künstliche Ursachen haben. Die breite Zone guter Leitfähigkeit bei W20 liegt am Kontakt Feinkorngranite / Weinsberger Granit, der auch durch die magnetischen Anomalien nordwestlich von Liebenau gut markiert ist.

In ausgedehnten Arealen des Meßgebietes wurden mächtigere Verwitterungszonen in den Magmatiten festgestellt. Dies sind vor allem:

- der Bereich um Wultschau
- der Bereich um Hörmanns
- der Bereich südlich und südöstlich von St.Martin
- der Bereich um Liebenau.

Die künstlichen Anomalien, vor allem im Norden des beflogenen Gebietes (Profile L002 – 006, Mittelteil, L020 – 022, Mittelteil, vgl. Anlage 1) wurden in der Anlage 3 gleichfalls ausgeschieden.

5.2. Isoanomalien der Totalintensität ΔT ; Anlage 4

Anomalien M1 und M2: Beide Anomalien liegen über dem Kontakt Paragneise / Eisgarner Granit / Weinsberger Granit (bei Unterlembach bzw. Eichberg, westlich von Dietmanns). Offensichtlich betrachtet man hier den primär höchsten Abschnitt der Plutone (siehe auch magnetische Anomalie M22), da das alte Dach dieser in Form der Metasedimente vorliegt. Solche Zonen sind im allgemeinen von großer Bedeutung für die Mineralisierung durch spätmagmatische Prozesse (PLIMER, 1983). Die magnetischen Anomalien fallen hier mit deutlichen Minima des Widerstandes zusammen ($< 25 \Omega m$); siehe hierzu aber auch Kapitel 5.1. (Störungssysteme).

Anomalie M3 liegt im Bereich der Diorite nordwestlich von Weitra, die hier an einer nordost / südsüdwest streichenden, mächtigen Störungszone liegen, und zusammen mit den umgebenden Eisgarner und Weinsberger Granit stark tektonisiert sind. Auch diese Anomalie ist von einem - allerdings nicht so stark wie bei M1 und M2 ausgeprägten - Widerstandsminimum begleitet ($< 500 \Omega m$). Dieser Bereich ist intensiv pegmatitisch durchdränkt.

Anomalie M4, nördlich von Weitra, gepaart mit einer Zone guter Leitfähigkeit ($< 250 \Omega m$): hier handelt es sich höchstwahrscheinlich um den Kontakt Weinsberger / Eisgarner Granit, der allerdings durch junge Sedimente verhüllt ist, etwas weiter südlich jedoch aufgeschlossen ist.

Die nordost – südwest streichende Anomalie M5 folgt dem Dioritvorkommen westlich Wultschau; die Zone guter Leitfähigkeit streicht gleichsinnig (bis unter $250 \Omega m$). Damit assoziiert ist auch die Anomalie M6, wo allerdings deutlich höhere Widerstände festgestellt wurden.

Im Gebiet des Nebelsteins liegt die Anomalie M7. Sie folgt dem Kontakt Weinsberger Granit zu den Feinkorngraniten, die hier reich an porphyrischen Kalifeldspäten sind. Im Weinsberger Granit nordwestlich des Nebelsteins liegt, gleichfalls parallel und gleichsinnig zu der Anomaliengruppe M5 / M6 die Anomalie M12.

Am Kontakt Eisgarner Granit zu Weinsberger Granit liegt die auffällige Gruppe M8, M9, M10, M11, M13 und M14.

Südlich von Harmanschlag liegt eine vermutlich anthropogene Anomalie (M21). Das gleiche gilt für die Anomalie M15.

Um den Kontaktbereich Feinkorngranite / Weinsberger Granit scharen sich die Anomalien M16 bis M20. Sie fallen zwar durchwegs mit relativen Widerstandsminima zusammen, die aber allesamt nicht sehr ausgeprägt sind (1750 bis 2000 Ωm).

In jüngster Zeit wurden zahlreiche Konzepte entwickelt, die eine genetische Kategorisierung von Graniten und Granitoiden anstreben, und sich auch mit den Vererzungen im Zuge des Granitbildungs- und Granitkristallisationsprozesses beschäftigen.

Die Klassifikation, die z.B. in PLIMER (1983) gegeben wird, kennt als Granittypen mit ökonomischer Relevanz vor allem den A-Typ ("anomalous, anhydrous, alkali, anorogenic, aluminous"), den S-Typ ("Sedimentary source") und den I-Typ ("Igneous source"; CHAPPELL & WHITE, 1974). Die A-Typen gelten als ziemlich selten auftretende Gesteine, die in Orogenbereichen oftmals nur etwa 1% aller Granitoide repräsentieren. Allerdings besteht die Möglichkeit, daß viele der A-Typen bisher übersehen wurden (PLIMER, 1983). Üblicherweise sind diese Typen durch magnetische, radiometrische und gravimetrische Anomalien charakterisiert. A-Typ-Granitoide kommen als Plutone oder flache, schichtige Intrusionskörper im letzten Stadium der plutonischen Ereignisse vor und dringen sehr hoch in das Deckgebirge auf. Die Herkunft dieser anomalen Typen ist noch fraglich; sie könnten aus S-Typ-Granitoiden (über S und I-Typ: siehe unten) ableitbar sein oder eine getrennte magmatische Geschichte haben. Von I-Typen her seien sie kaum ableitbar.

Die S-Typen zeigen eine gewisse, vor allem geochemische Verwandtschaft zu den A-Typen und könnten eine unreifere Vorstufe zu diesen darstellen. Die nicht besonders angereicherten Elemente Zinn, Wolfram, Bor, Fluor, Beryllium, Lithium, Molybdän und Wismut aus den sedimentären Ursprungsgesteinen würden hier in die anatektische Schmelze integriert, rekonzentriert und in der Endphase der Kristallisation oft in ökonomisch verwertbaren geochemischen Anomaliezonen (Lagerstätten), nahe dem alten Dach liegend und randlich angereichert ausgeschieden (PLIMER, 1983).

I-Typ-Magmen sind direkt aus einem schon existierenden magmatischen Gestein aus größerer Tiefe zu beziehen. Typisch für sie ist der relativ hohe Magnetitgehalt. An diese Granitoidgruppe sind oft Kupfer- und Molybdänvererzungen gebunden.

Auffallend ist die Konzentration der Anomalien an den Kontaktzonen der Granitoide im beflogenen Gebiet. Zusätzlich ist die Tatsache von Interesse, daß man sich in der Gegend von Weitra im höchsten Anteil der Plutone, zumindest aber des Eisgarner Granites, befindet (diese "roof zones" werden allgemein als sehr lagerstättenhöflich betrachtet; hier sind sie durch das Auftreten der Paragneise, also des ehemals sedimentären Daches markiert). Die ökonomische Relevanz dieser Zonen liegt selbstverständlich in dem durch fluide und gasförmige Phasen mit Elementkonzentrationen angereicherten obersten Bereich der Magmatite.

FINGER (1986) versuchte weiter im Westen eine erste Gliederung der Gesteine des südlichen Moldanubikums in Magmentypen. So wäre der Weinsberger Granit dem I-Typ zuzuordnen;

der Versuch einer weiteren Klassifikation ist auf grund der geophysikalischen Daten allein und auch wegen der fehlenden geochemischen Detailbearbeitung nicht möglich. Allerdings wäre bei einer weiteren Detailuntersuchung, besonders der geochemischen, der Eisgarner Granit als potentieller A-Typ einer genaueren Analyse zu unterwerfen. Die Feinkorngranite wären dann als möglicher S-Typ zu betrachten, was nach den vorhandenen Daten (l.c.) durchaus möglich wäre.

5.3. Gammastrahlenspektrometrie

5.3.1. Gesamtstrahlung (Total count); Anlage 5

Maxima: über 4000 cps
Mimima: um 1000 cps.

Die Maxima der Zählraten treten mit über 4000 cps über dem Eisgarner Granitkomplex auf, der westlich / südwestlich bzw. östlich / südöstlich von Weitra an den Weinsberger Granit grenzt. In unmittelbarer Nähe der Kontaktzone – nördlich von St. Wolfgang, östlich von St. Martin und südöstlich von Weitra – sind im Weinsbergergranit deutlich niedrigere Zählraten zu erkennen (zwischen unter 2000 und 3000 cps). Aber auch innerhalb des Eisgarner Komplexes, mit zunehmender Entfernung zum Kontakt, wurden relative Minima gemessen, wodurch die Maxima der Gesamtstrahlung auf die Kontaktzone, jedoch auf die Seite des Eisgarner Granites, beschränkt sind. Verdeutlicht wird dies zusätzlich noch durch die beiden Maxima (über 4000 cps) südöstlich von Weitra, die durch ein relatives Minimum (unter 3000 cps) getrennt sind. Das Minimum liegt im Zentrum der Eisgarner Granit - Zunge südöstlich von Weitra, während die Maxima die randlichen Partien kennzeichnen. Das östliche Maximum liegt zudem im Bereich einer Mylonitzone, die hier dem Kontakt folgt (ERICH & SCHWAIGHOFER, 1977). Ähnliches gilt für den Kontaktbereich westlich bis nördlich von St. Wolfgang. Auch in der Kontaktzone bei Wultschau (FUCHS & SCHWAIGHOFER, 1977) ist ein Kontrast zwischen Eisgarner Granit (und hier) Feinkorngraniten deutlich (>3500 cps bzw. 2000 cps und darunter).

Der Hauptteil des Meßgebietes wird von Weinsberger Granit und Feinkorngraniten aufgebaut. Im Weinsberger Granitgebiet sind die Zählraten durchschnittlich deutlich geringer als über dem Eisgarner Granit. Die Feinkorngranite nordwestlich von Liebenau heben sich auch hier - wie in der Magnetik und Elektromagnetik - deutlich von den übrigen Komplexen ab; sie weisen deutlich niedrigere Zählraten auf (1000 - 2000 cps, selten darüber). Daß die Feinkorngranite im allgemeinen absolut niedrigere Werte zeigen, wird schon bei der Betrachtung der Verhältnisse bei Wultschau (siehe oben) klar.

Die quartäre Bedeckung im Norden des Meßgebietes ist durch eher niedrige Zählraten gekennzeichnet. Dies steht im Gegensatz zu den Erfahrungen, die bisher mit jungen Sedimenten gemacht wurden, die aus dem Einzugsbereich der Gesteine der Böhmisches Masse zu beziehen sind (SEIBERL & HEINZ, 1986). Wahrscheinlich ist das hier noch kleine Einzugsgebiet der Lainsitz die Ursache dafür, sodaß eine gegenüber dem Kampthal (vor der Kampmündung in die Donau) wesentlich geringere Kumulation von z.T. strahlenden Sedimenten vorliegt.

5.3.2 Kalium (K^{40}); Anlage 6

Maxima: über 350 cps
Minima: unter 100 cps.

Im Gegensatz zu den bisher beflogenen Gebieten der Böhmisches Masse (SEIBERL & HEINZ, 1985a; SEIBERL & HEINZ, 1985b; SEIBERL & HEINZ, 1986), die hauptsächlich aus Granulit, Gföhler Gneis und Paraserien aufgebaut sind, ist dieses Granitgebiet durch im Schnitt höhere K - Zählraten charakterisiert. Die minimalen Zählraten liegen um 100 cps, das ist mehr als das 2,5 fache jener der oben genannten Bereiche. Über 350 cps wurden nur im Eisgarner Granit in der Gegend von Weitra gemessen. Die große Masse des Weinsberger Granitstockes zeigt ein eher undifferenziertes Bild; einen guten Kontrast durch niedrige Werte bilden die Feinkorngranite im Südwesten des Meßgebietes. Analog den Verhältnissen bei der Gesamtstrahlung scheint in den Kontaktbereichen meist die höchste Strahlung aufzutreten.

5.3.3. Uran (Bi^{214}); Anlage 7

Maxima: über 100 cps;
Minima: unter 20 cps.

Hier sind einige ausgeprägte Anomalien auffindbar, die bis zum über Fünffachen des Backgroundwertes reichen. Im Bereich nördlich von Unterlembach (nördlich von Weitra) wurden am Ende der Meßprofile, die hier wegen der Grenznahe zur Tschechoslowakei nicht weiter verfolgt werden konnten, über 100 cps gemessen.

Die Anomalie liegt über Eisgarner Granit, der hier zum Teil schon unter seichten quartären Sedimenten liegt, bzw. eine mehr oder minder mächtige Verwitterungsschwarte hat (vgl. Kapitel 5.1.). Beachtenswert ist hier auch die hohe Position innerhalb des Magmatitstockes, die durch die unmittelbare Nähe der Metasedimente (Paragneise) indiziert ist (vgl. Kapitel 5.2.).

Mehrere Anomalien (über 60 cps) gruppieren sich entlang der Kontaktzone Weinsberger Granit / Eisgarner Granit (Bereich östlich und westlich von Weitra). An der Peripherie der großen magnetischen Anomalie bei St.Martin und im Gebiet der magnetischen Anomalie M7 (östlich des Nebelsteins) wurden Zählraten bis über 70 cps gemessen; es ist dies der Grenzbereich Feinkorngranite / Weinsberger - / Eisgarner Granit, der durch reichliche Durchtränkung mit Pegmatiten und Apliten gekennzeichnet ist. Die Feinkorngranite im Süden haben auch im Urkanal die niedrigsten Zählraten aufzuweisen.

5.3.4. Thorium (Tl^{208}); Anlage 8

Maxima: über 160 cps;
Minima: unter 20 cps.

Die absoluten Maxima von über 160 cps liegen im Eisgarner Granit, östlich und westlich von Weitra. Über der magnetischen Anomalie M7 beim Nebelstein, die unter der Urananomalie (siehe Kapitel 5.3.3.) liegt ein Thoriumminimum (unter 40 cps, vgl. Kapitel 5.3.5.). Relativ niedrige Werte wurden im Bereich der Feinkorngranite gemessen.

5.3.5. U/Th - Verhältnis; Anlage 9

Wie schon im Abschnitt 3.6.3. erwähnt wurde, kann die kartenmäßige Darstellung des U/Th - Verhältnisses für die Erkennung von lagerstättenkundlich bedeutungsvollen Greisenbildungen in Graniten von großer Hilfe sein.

In der Tat kann der Anlage 9 entnommen werden, daß die von WALDMANN (in: SCHAFER, 1951) erwähnten Vergreisungen im Weinsberger Granit östlich des Nebelsteins gut mit relativ großen U/Th - Verhältniswerten ($>2,5$) übereinstimmen. Beruhend auf diesen Ergebnissen können neben den bekannten Greisengesteinen im Bereich des Nebelsteins folgende Gebiete für weitere Greisenvorkommen von Interesse sein:

- Raum 5 km W von Dietmanns
- Raum 2,5 km von Weitra
- Raum 5 km S von Harmanschlag.

Des weiteren zeigen sich in der Anlage 9 einige kleine Bereiche mit etwas größeren U/Th - Werten ($\sim 1,0$), deren Bedeutung für weitere geowissenschaftliche Untersuchungen erst geklärt werden muß.

6. Empfehlungen

Folgeuntersuchungen werden für die nachstehend angeführten Bereiche im Meßgebiet Weitra empfohlen:

- Raum Unterlembach - Großwolfers N bzw. E Weitra (Urananomalie beim Weiler Eichberg))
- Magnetische Anomalien im Randbereich der beiden großen Anomalien im Raum Nebelstein - St.Martin - St.Wolfgang (M12, M7, M8, M9, M10, M11, M13, M14) sowie jene magnetischen Anomalien N von Liebenau (M16 bis M20)
- Kontaktbereich Eisgarner Granit - Weinsberger Granit in der Umgebung von Weitra; eventuell die Kontaktbereiche Feinkorngranite - Weinsberger Granit
- Anomalien des elektrischen Widerstandes W1 bis W13 (siehe Anlagen 2,3)

Zu den Methoden werden vor allem geochemisch - geophysikalische Detailuntersuchungen vorgeschlagen, die mit einer intensiven geologisch - lagerstättenkundlichen Bearbeitung Hand in Hand gehen sollte. Für die die kaolinhöflichen Gebiete würde eine geologische Detailaufnahme gekoppelt mit einem (Flach-) Bohrprogramm geeignet erscheinen.

7. Literatur

- CHAPPELL, B.W. & WHITE, A.J.R.: Two Contrasting Granit Types. – Pacific Geology, 8, Tokai Univ. Press, Tokio 1974
- ERICH, A. & SCHWAIGHOFER, B.: Geologische Karte der Republik Österreich, 1:50.000, Blatt 18 Weitra. – Geol.B.A., Wien 1977
- FINGER, F.: Die synorogenen Granitoide und Gneise des Moldanubikums im Gebiet der Donauschlingen bei Obermühl (Oberösterreich). – Jb.Geol.B.A., 128, H 3 + 4, 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, G. & THIELE, O.: Erläuterungen zur Übersichtskarte des Kristallins im westlichen Mühlviertel und im Sauwald. — Geol.B.-A., Wien 1968
- FUCHS, G., MATURA, A.: Zur Geologie des Kristallins der Böhmisches Masse. Erläuterungen zur Geologischen Karte des Kristallins der südlichen Böhmisches Masse 1:200.000. Geol.B.-A., Wien 1976
- FUCHS, G. & SCHWAIGHOFER, B.: Geologische Karte der Republik Österreich, 1:50.000, Blatt 17 Großpertholz. – Geol.B.A., Wien 1977
- FUCHS, G. & SCHWAIGHOFER, B.: Erläuterungen zu Blatt 17 Großpertholz. Mit einem Beitrag von I.DRAXLER. – GEOL.B.-A., Wien 1978
- 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
- KURAT, G.: Der Weinsberger Granit im südlichen österreichischen Moldanubikum. – Tscherm.Min.Petr., 3.F., 9, Wien 1965
- MUNDRY, E.: On the interpretation of airborne electromagnetic data for the two-layer case. Geophys. prosp., 32, Den Haag 1984
- OSTADAL, R.: Über den Quarzgang am Kalvarienberg bei Weitra, Niederösterreich. – Tscherm.Min.Petr.Mitt., 37, Wien 1927
- PLIMER, I.R.: The Geology of Tin and Tungsten Deposits. Notes to accompany an advanced course presented at Institut für Mineralogie und Petrologie MUL - Leoben 1983
- RICHTER, W.: Petrologische Untersuchungen am Mauthausner Granit im österreichischen Moldanubikum. – Tscherm.Min.Petr.Mitt., 3.F., 10, Wien 1965

- SCHARBERT, S.: Mineralbestand und Genesis des Eisgarner Granits im Niederösterreichischen Waldviertel. – Tscherm.Min.Pet.Mitt., 3.F, 11, Wien 1966
- SCHWAIGHOFER, B.: Erläuterungen zu Blatt 18 Weitra. Mit einem Beitrag von Ilse DRAXLER. – Geol.B.A., Wien 1978
- SEIBERL, W. & HEINZ, H.: Aerogeophysikalische Vermessung im Raum Rossatz. – Ber. Projekt NC-6f/81, ÖAW, Wien 1985a
- SEIBERL, W. & HEINZ, H.: Aerogeophysikalische Untersuchungen von Teilen des Dunkelsteiner Waldes. – Projekt NC-6c/81, ÖAW, Wien 1985b
- SEIBERL, W. & HEINZ, H.: Aerogeophysikalische Untersuchungen im Bereich der Kremser Bucht. Ber. Projekt NC-6d/81, ÖAW, Wien 1986
- SENGPIEL, K.P.: Hubschraubergeophysik 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
- SIGMUND, A.: Die Minerale Niederösterreichs. – Verlag Deuticke, Wien 1937
- WALDMANN, L.: Das außeralpine Grundgebirge Österreichs. In: F.X.SCHAFFER: Geologie von Österreich; – Verlag Deuticke, Wien 1951
- WEBSTER, S.S.: Comments on the Use of Gamma - Ray Spectrometry for Tin Prospecting. Explor. Geoph., Vol.15, 1984.

8. Verzeichnis der Anlagen

1. Lageplan der Flugprofile
2. Isolinienplan scheinbarer Widerstand ρ_a
3. Elektromagnetische Anomalien (3600 Hz)
4. Isolinienplan Totalintensität ΔT
5. Gammastrahlenspektrometrie: Gesamtstrahlung
6. Gammastrahlenspektrometrie: Kalium (K^{40})
7. Gammastrahlenspektrometrie: Uran (Bi^{214})
8. Gammastrahlenspektrometrie: Thorium (Tl^{208})
9. Gammastrahlenspektrometrie: U/Th – 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 α ($-90^\circ \leq \alpha \leq +90^\circ$) das gemessene Sekundärfeld bzw. die daraus abgeleiteten Ergebnisparameter spezifischer Widerstand ρ 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 *Mundry (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 *Mundry (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

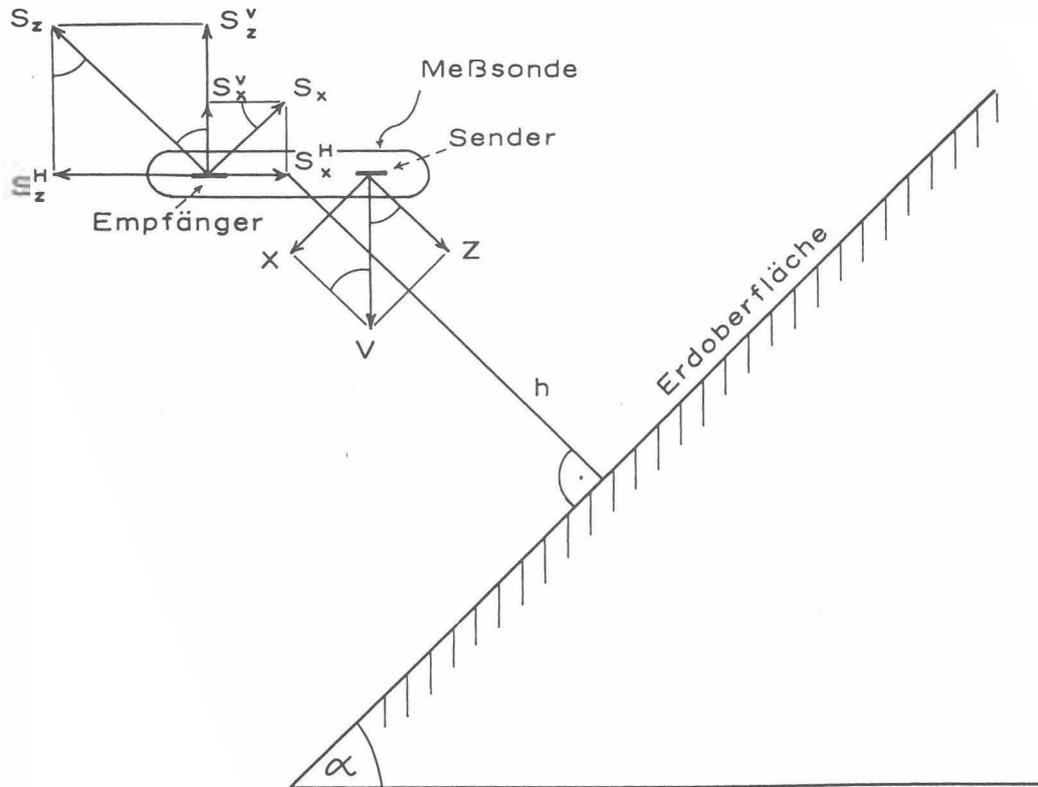


Abb. A 1

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

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

oder mit Gl. (1a)

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

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 α .

In Abb. A2 ist $K(\alpha) = 1 - \frac{1}{2} \sin^2 \alpha = \frac{1}{4}(3 + \cos 2\alpha)$ als Funktion des Winkels α 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.

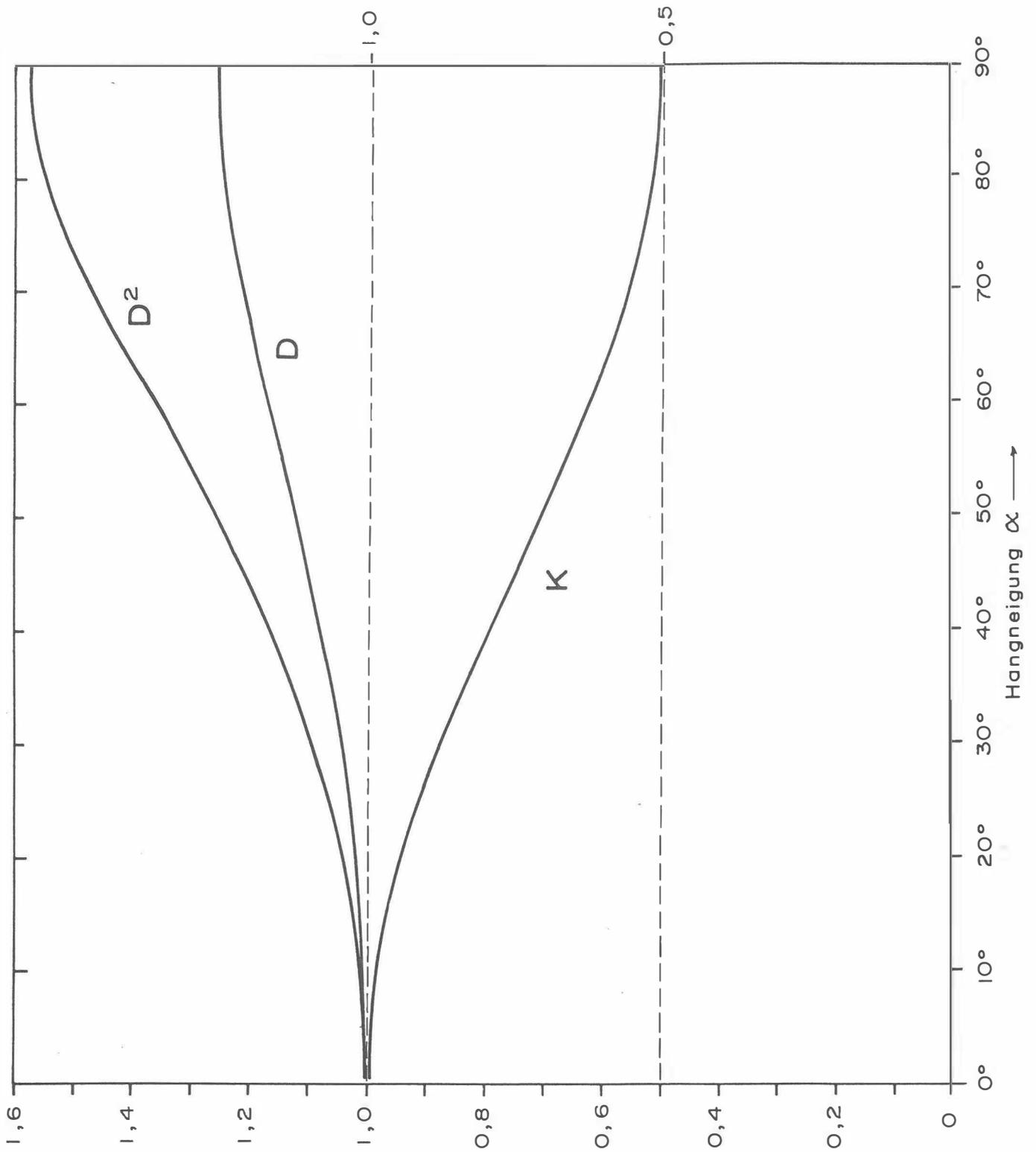


Abb. A2

Verfälschungsfaktoren K , D und D^2 in Abhängigkeit vom Neigungswinkel α der Erdoberfläche für ein koplanares EM-System mit vertikalem Sendedipol.

2.2. Verfälschung der Ergebnisparameter

Es soll nun untersucht werden, wie die eingangs genannten Ergebnisparameter ρ 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 *Mundry (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 ϵ unabhängig von α ist, gilt dies auch für A^* . Nach Gl.(15) der zitierten Arbeit wird der Abstand d aus

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

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 α aufgetragen; es variiert zwischen 1 und 1,26.

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

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

bzw. ein verfälschter Widerstand ρ'

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

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° bleiben die Fehler in d und ρ 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 coaxialen 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 α aufgetragen.

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

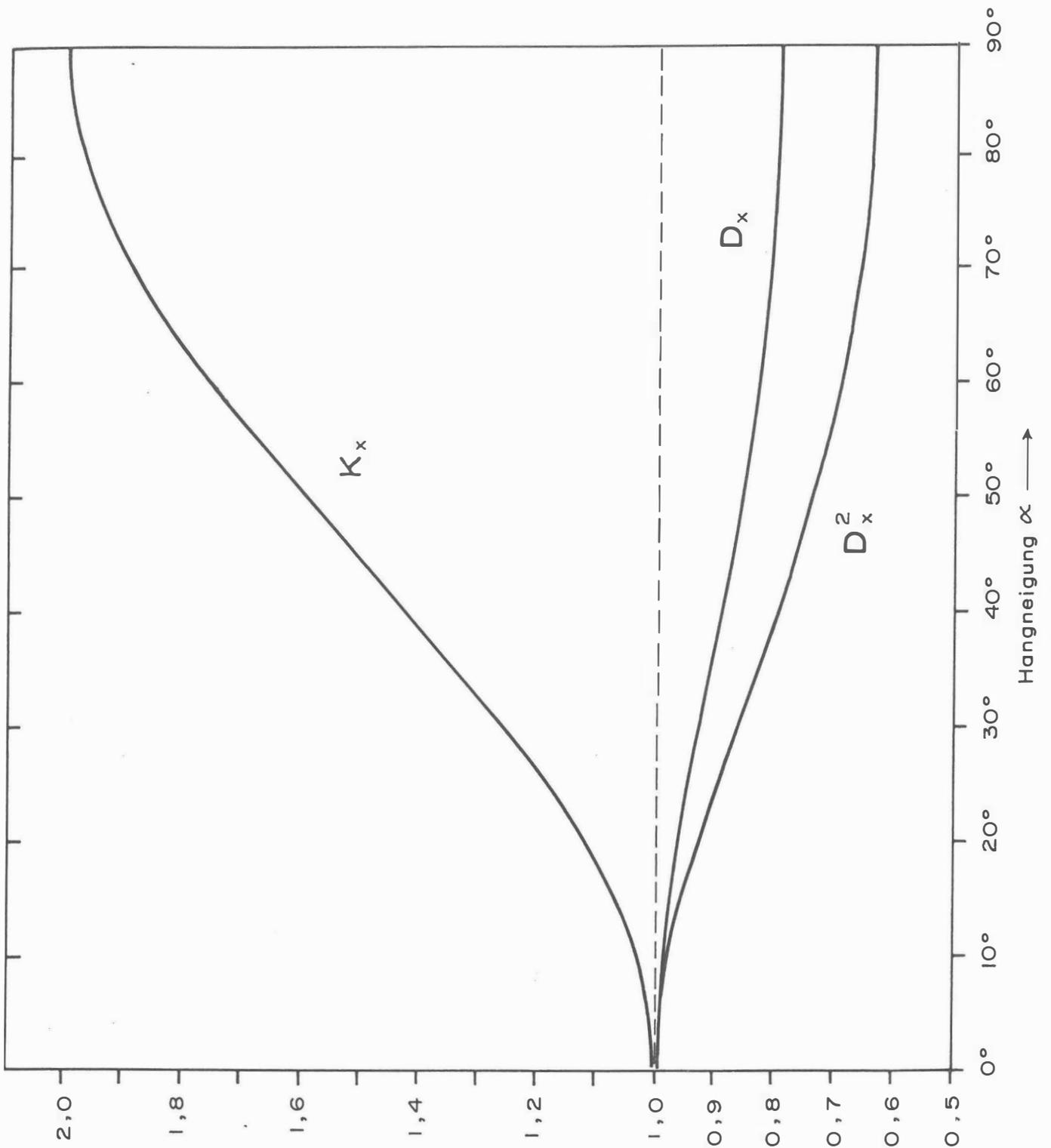


Abb. A3

Verfälschungsfaktoren K_x , D_x , D_x^2 als Funktion von α für ein koaxiales EM-System mit horizontalem Sendedipol.

3.2 Verfälschung der Ergebnisparameter

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

Für dieses Spulensystem gilt nach *Mundry (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 α dargestellt; es variiert zwischen 1 und 0,794.

Wegen der unveränderten Phase gelten hier die Gleichungen (8) bis (11) entsprechend, so daß sich ρ' 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 coaxialen Meßsystem bestimmte spezifische Widerstand ρ' ist u.U. deutlich kleiner als der wahre Widerstand ρ des geeigneten Halbraumes.

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

B. Einfluß der Topographie auf die Anomalien der magnetischen Totalintensität (ΔT)

Bis heute beruhen fast alle Auswerteverfahren für geomagnetische Anomalien auf der Annahme, daß die Meßergebnisse auf einer horizontalen Ebene gewonnen wurden (2π -Geometrie). Da aber gerade hubschraubergeophysikalische 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.

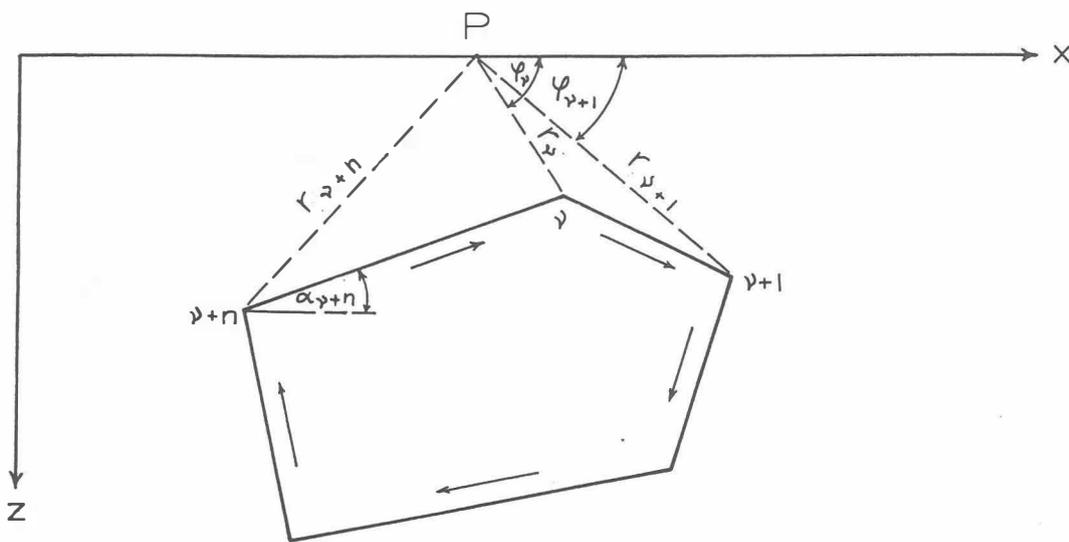


Abb. B1 : Die Berechnung von magnetischen Störkörperanomalien mit Hilfe eines Polygonzuges.

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 ΔT -Anomalie zu vernachlässigen. Weiters sollen homogene und isotrope Magnetisierungsverhältnisse vorliegen. Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich die ΔT -Anomalie einer Kante (Bergkamm) mit:

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

M	... Magnetisierung
τ	... Abstand zwischen Meßpunkt und Kante
$2\delta\alpha$... Öffnungswinkel der Kante
I	... Einfallswinkel des Globalfeldes
β	... Richtung einer eventuellen remanenten Magnetisierung
α_0	... Hangneigung

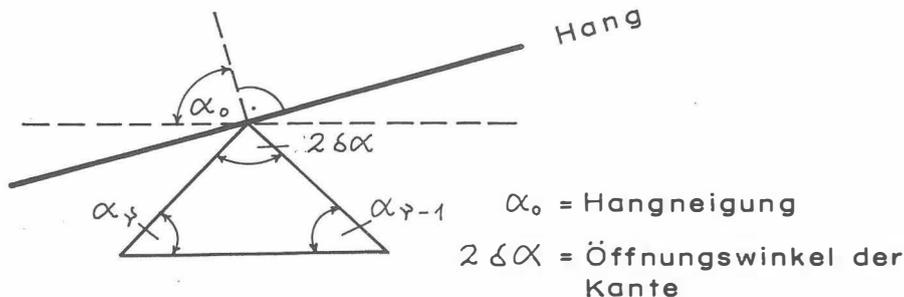


Abb. B2: Modellannahme zur Berechnung von magnetischen Anomalien eines Bergkammes.

Es wurden nun für 3 verschiedene Öffnungswinkel ($2\delta\alpha$) die zugehörigen ΔT -Anomalien berechnet (Abb. B3). Dabei zeigt sich, daß die ΔT -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 ΔT -Anomalie einer Kante berechnet (Abb. B4). Die vier Modellkurven für $\alpha_0 = 90^\circ, 75^\circ, 60^\circ$ und 45° zeigen, daß mit zunehmender Steilheit des Hanges der positive Teil der ΔT -Anomalie mehr und mehr unterdrückt wird, während der negative Anteil stärker negativ wird.

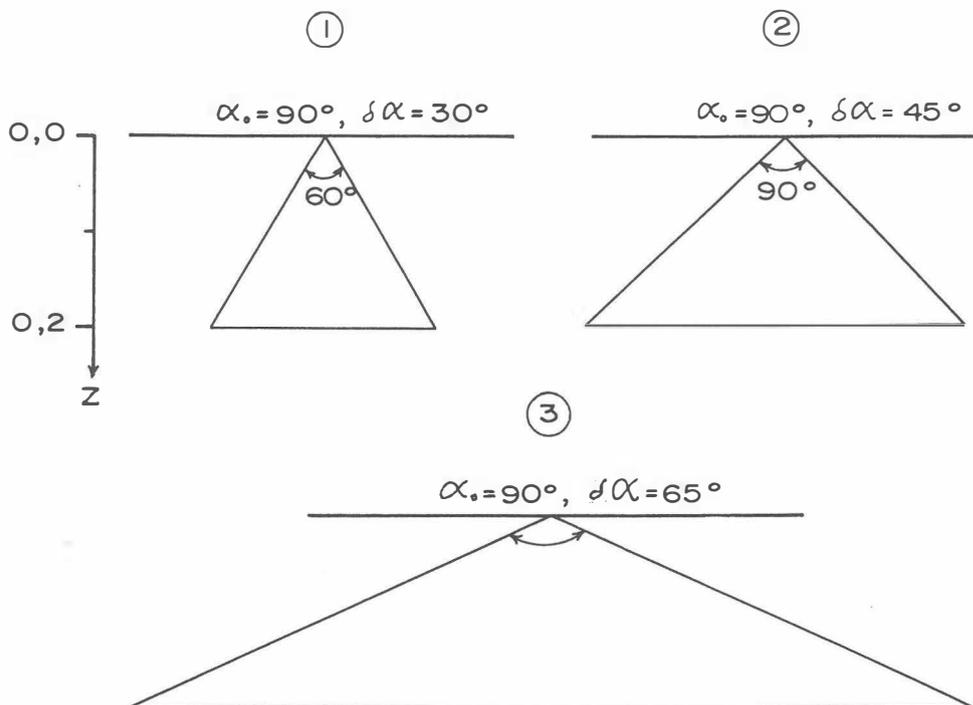
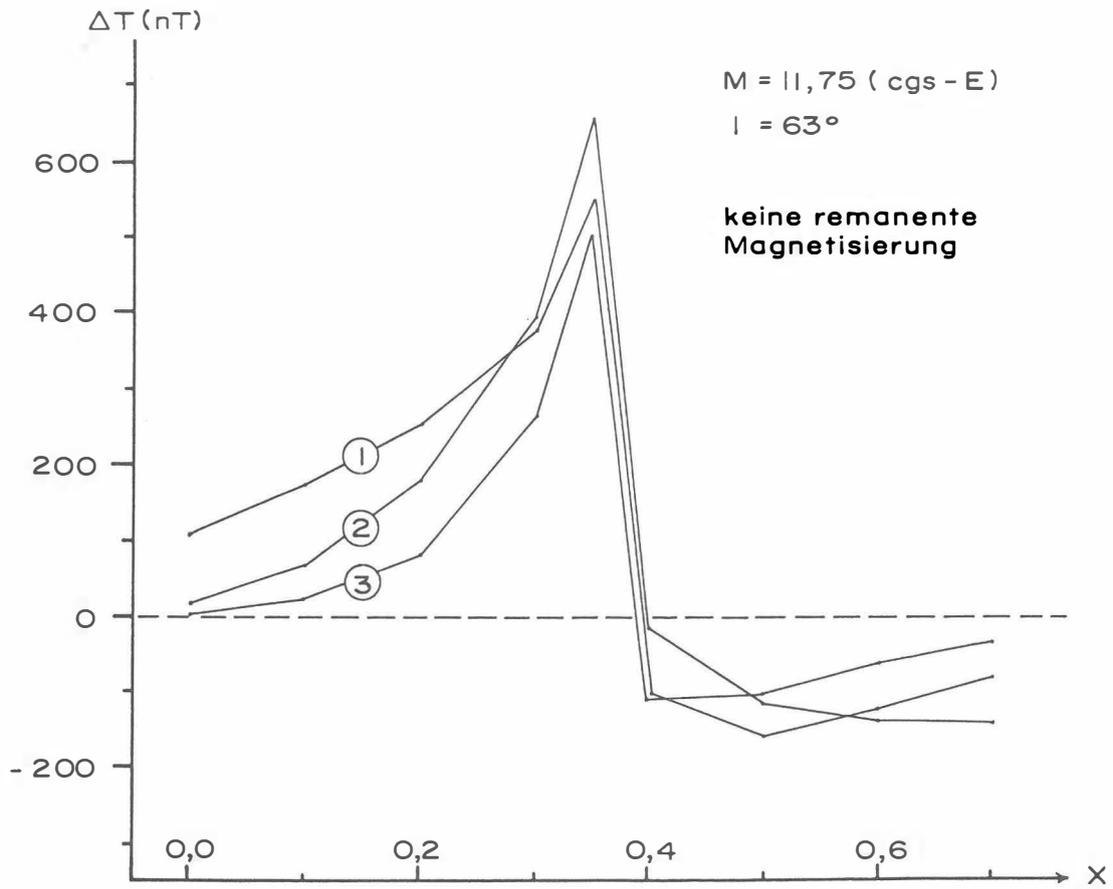


Abb. B3: Der Einfluss des komplementären Öffnungswinkels ($2\delta\alpha$) einer Kante auf die ΔT -Anomalie, $\alpha_0 = 90^\circ$.

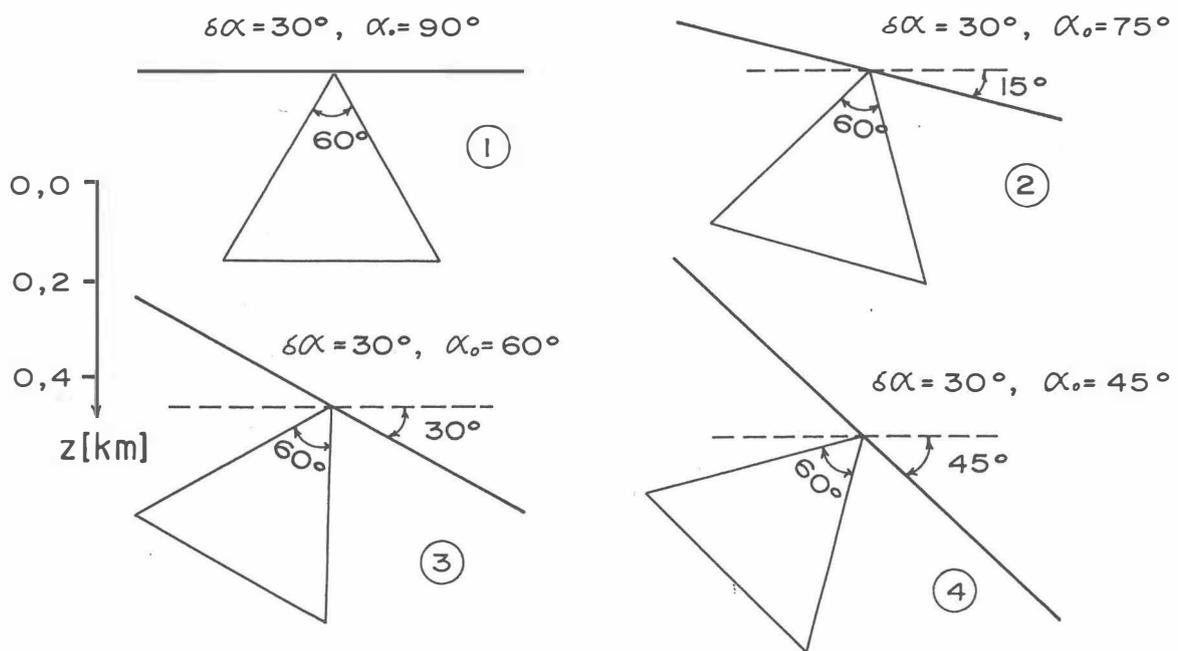
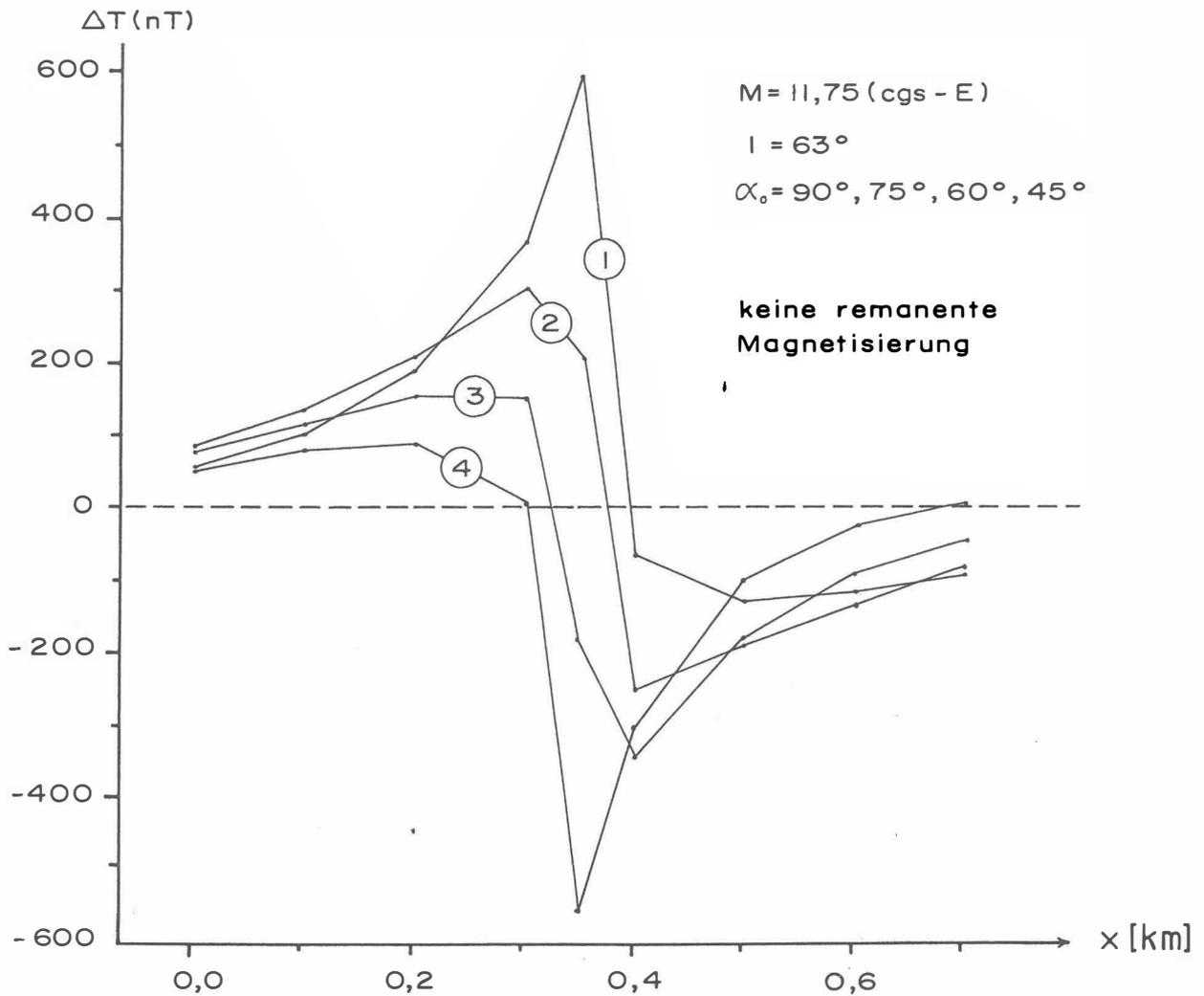
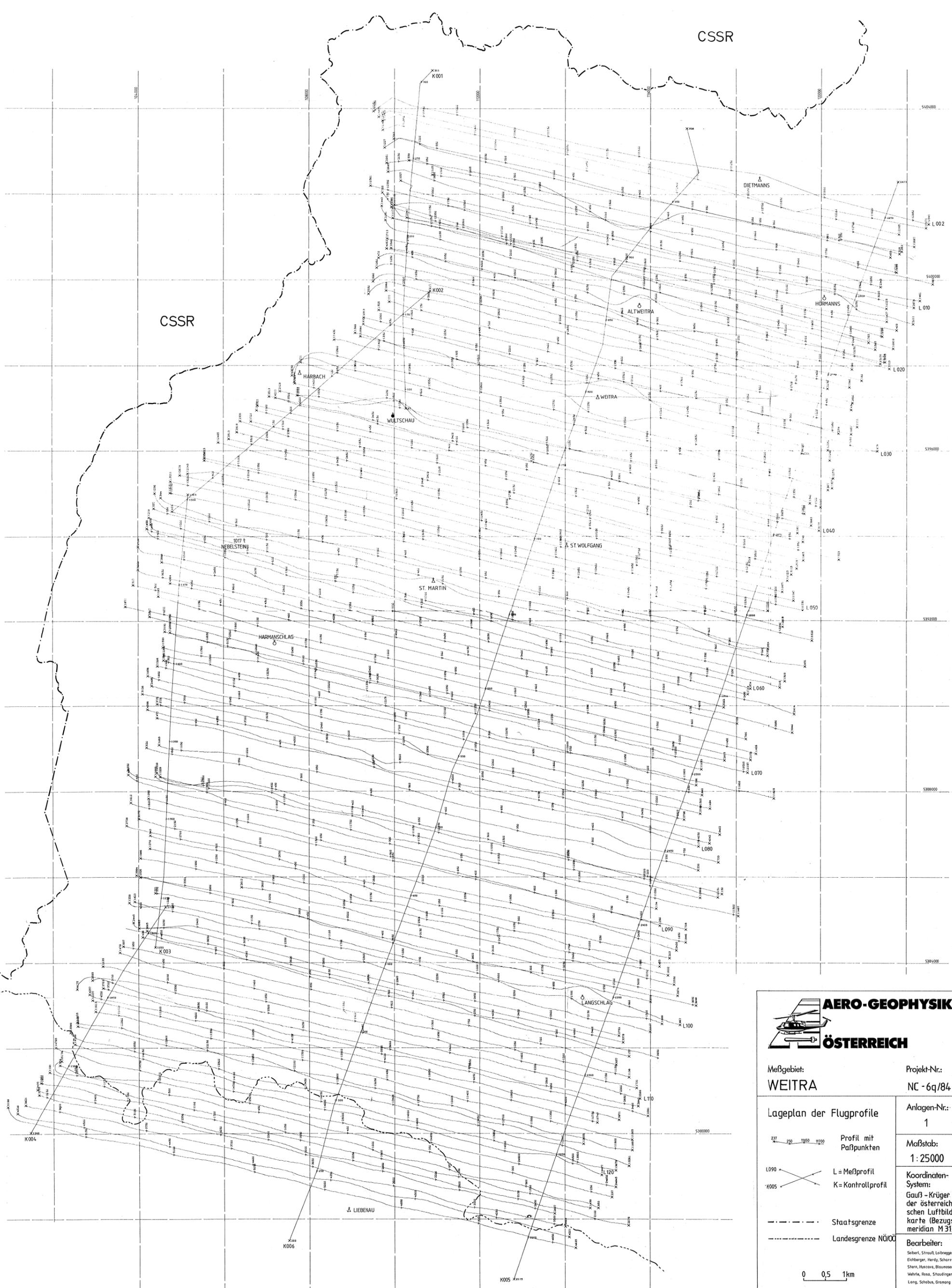


Abb. B4: Der Einfluss der mittleren Bodenneigung (α_0) auf die ΔT -Anomalie; $\delta\alpha$ = komplementäre Öffnungswinkel, Z = Tiefe (km)



CSSR

CSSR

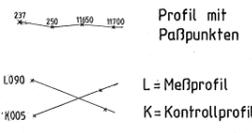


Meßgebiet:
WEITRA

Projekt-Nr.:
NC - 6q/84

Lageplan der Flugprofile

Anlagen-Nr.:
1



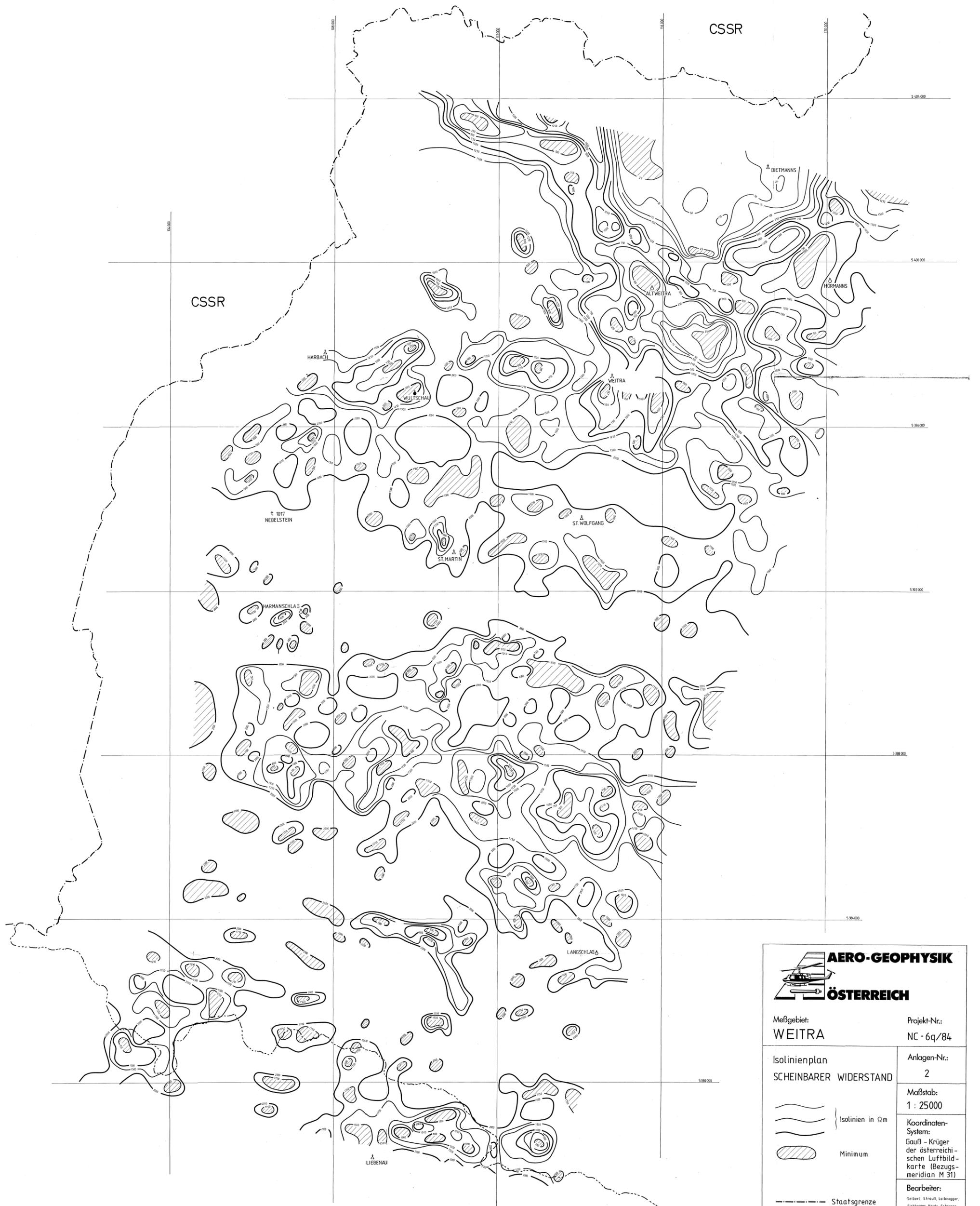
Maßstab:
1 : 25000

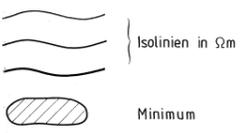
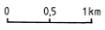
Koordinaten-System:
Gauß - Krüger
der österreichischen Luftbild-
karte (Bezugs-
meridian M 31)

--- Staatsgrenze
- - - Landesgrenze NÖ/Ö

Bearbeiter:
Sibert, Stroub, Labregger,
Eichberger, Herdy, Schorer,
Stern, Hatzova, Blumstein,
Wahle, Rosa, Staudinger,
Lang, Schabus, Gmang

0 0,5 1km



 AERO-GEOPHYSIK ÖSTERREICH	
Maßgebiet: WEITRA	Projekt-Nr.: NC - 6q/84
Isolinienplan SCHEINBARER WIDERSTAND	Anlagen-Nr.: 2
	Maßstab: 1 : 25000
	Koordinaten-System: Gauß - Krüger der österreichi- schen Luftbild- karte (Bezugs- meridian M 31)
	Bearbeiter: Seibert, Strauß, Lebnegger, Eichberger, Herdy, Scharrer, Stern, Husova, Blouner, Wehrle, Rosa, Staudinger, Long, Schabus, Graessig

CSSR

CSSR

546.000

540.000

536.000

532.000

528.000

524.000

520.000



Meßgebiet:
WEITRA

Projekt-Nr.:
NC - 6q/84

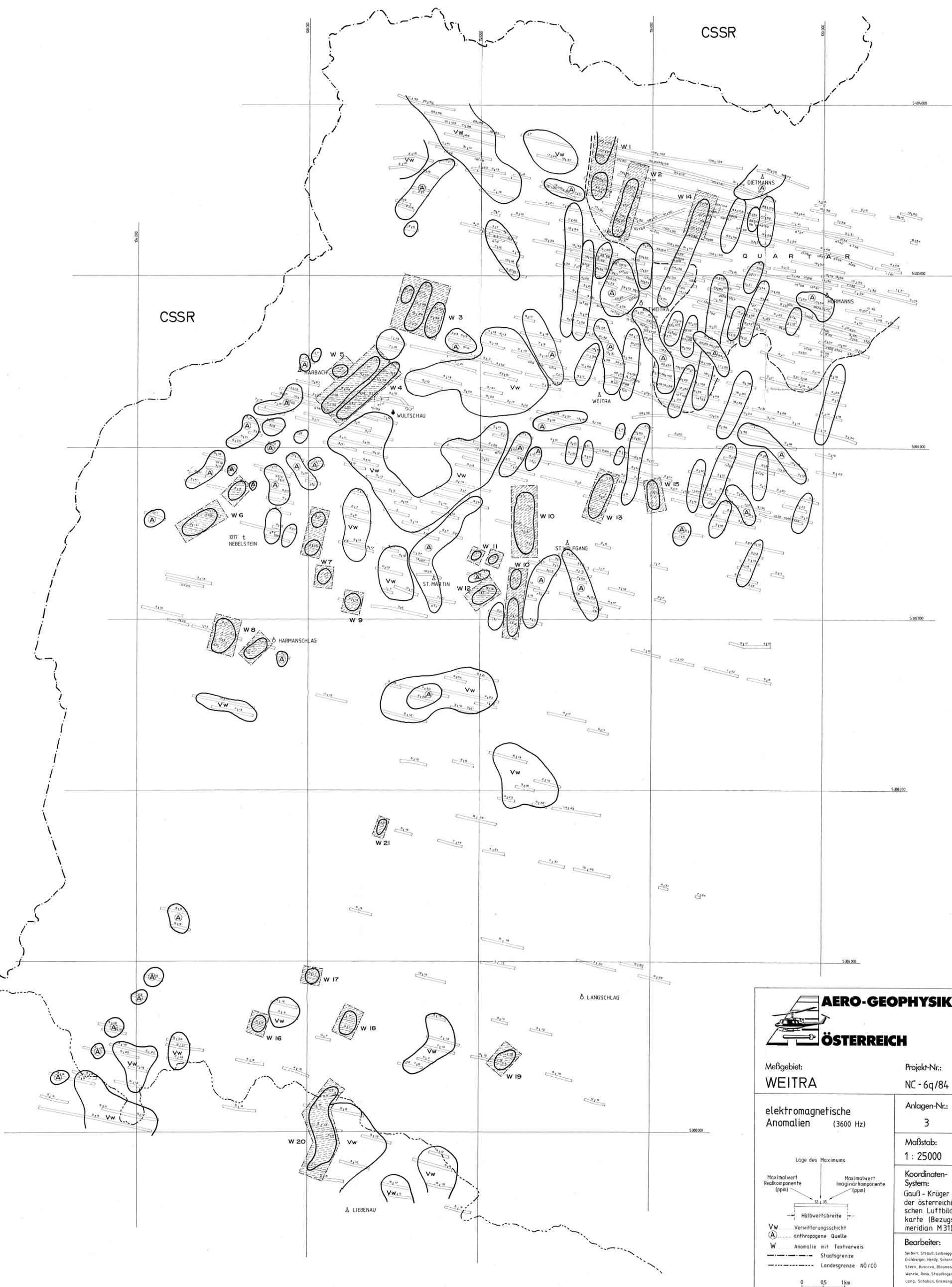
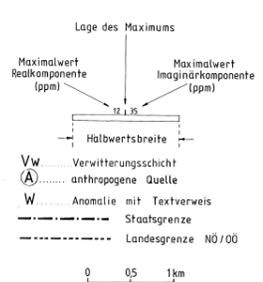
elektromagnetische
Anomalien (3600 Hz)

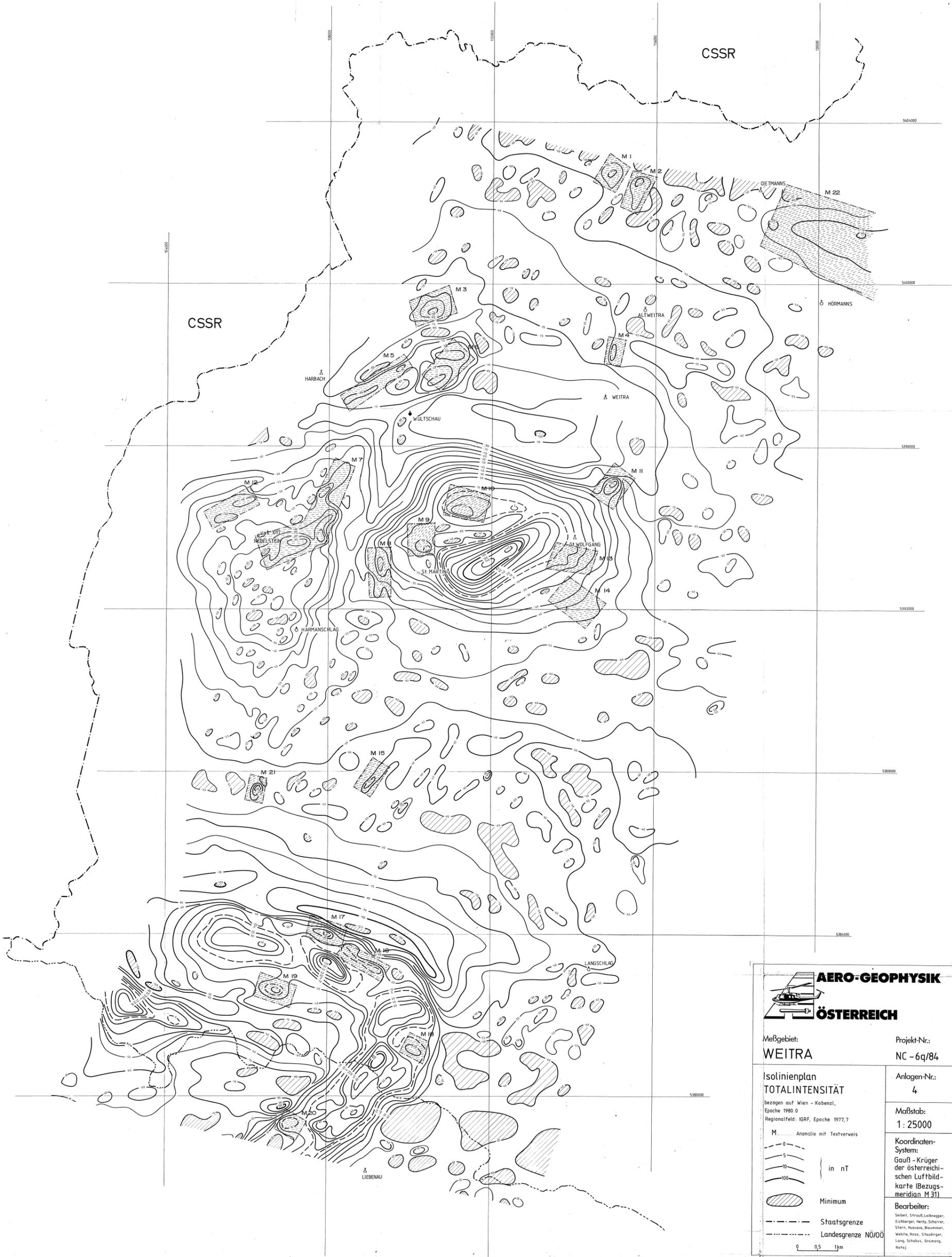
Anlagen-Nr.:
3

Maßstab:
1 : 25000

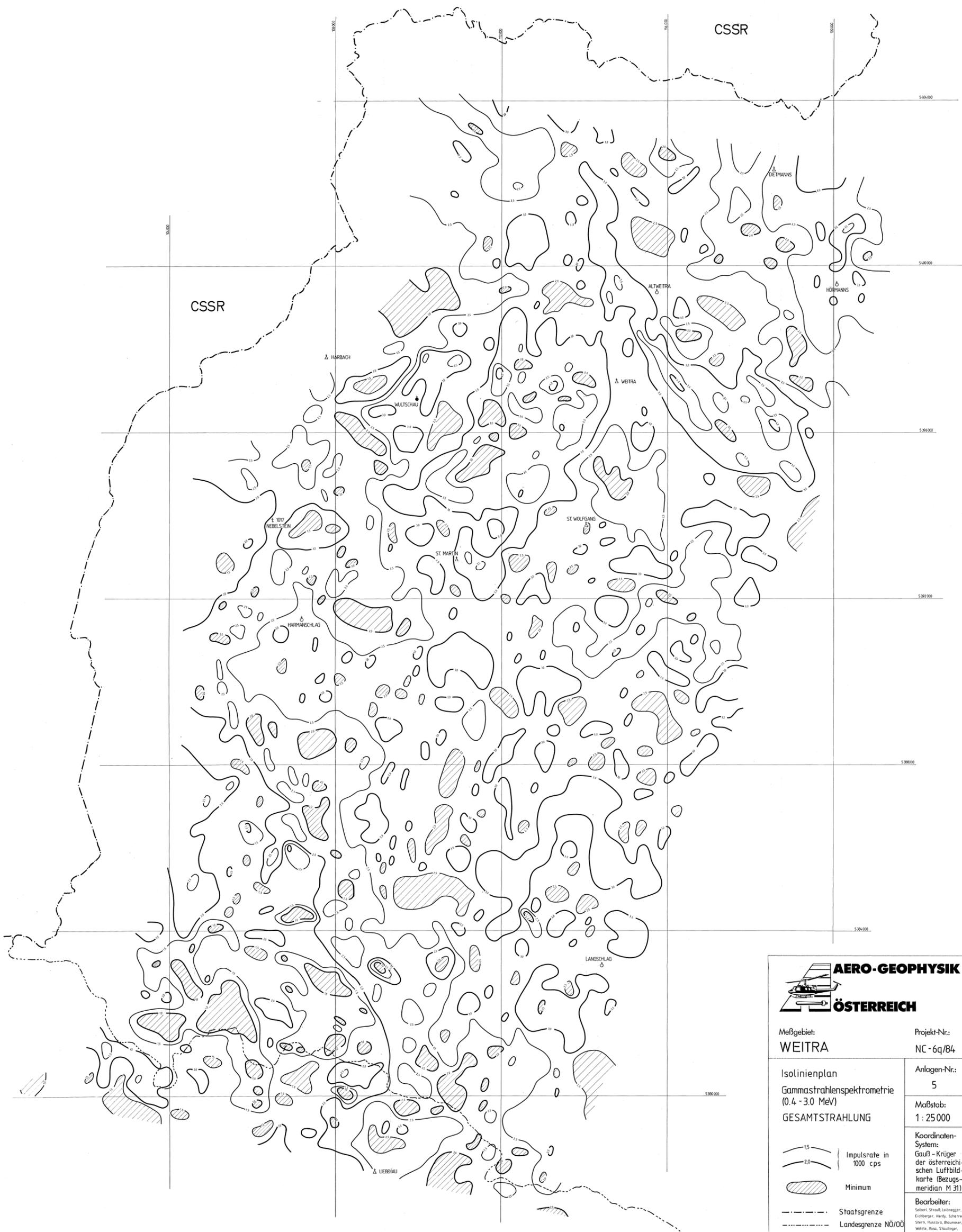
Koordinaten-
System:
Gauß - Krüger
der österreichi-
schen Luftbild-
karte (Bezugs-
meridian M 31)

Bearbeiter:
Seiberl, Strauß, Labneger,
Eichberger, Herdy, Scharrer,
Stern, Hussava, Blaumoser,
Wahrle, Resa, Staudinger,
Lang, Schabus, Graming,
Sachs, Widhalm, Hattlinger

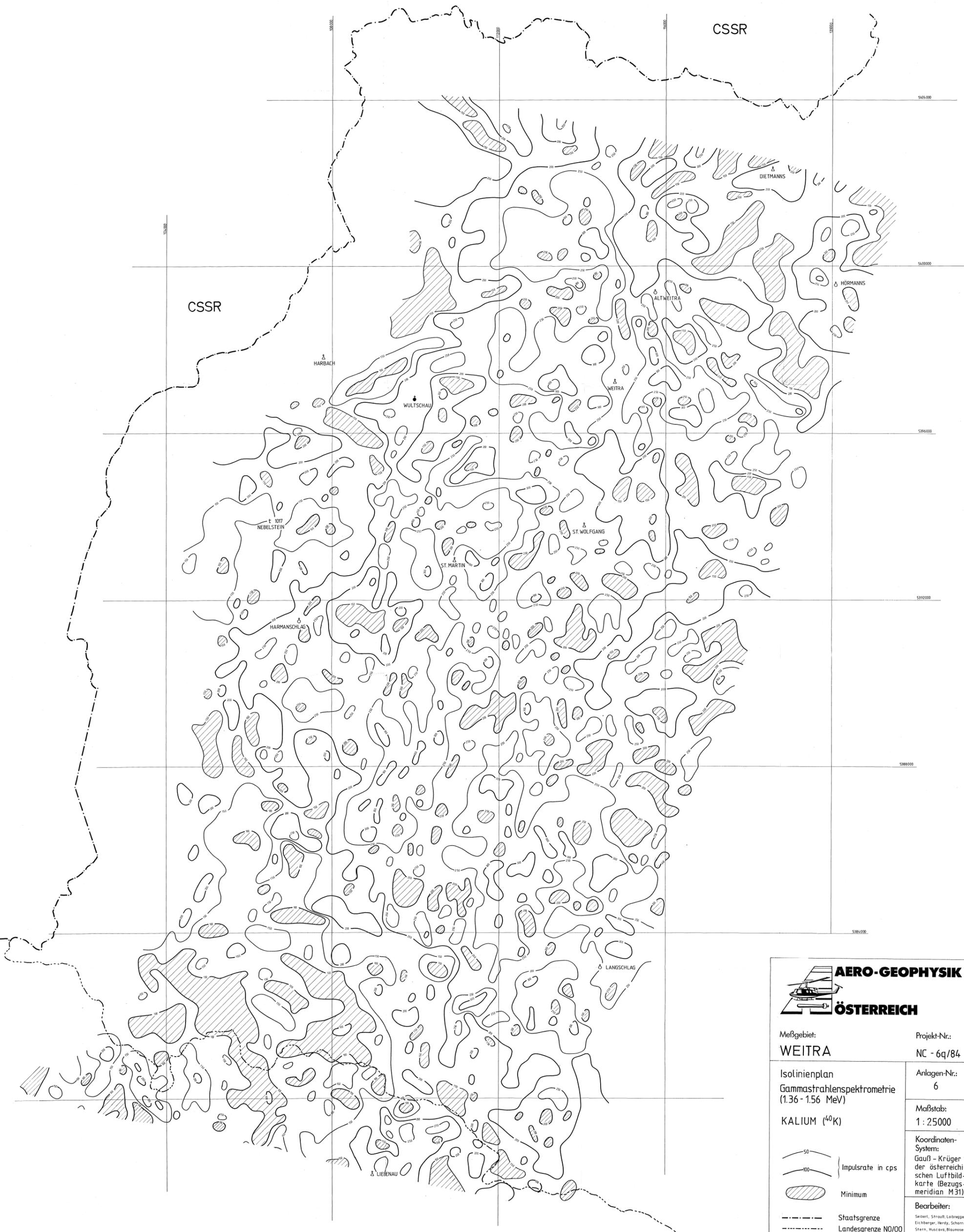


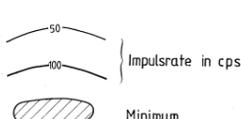
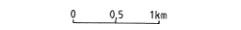


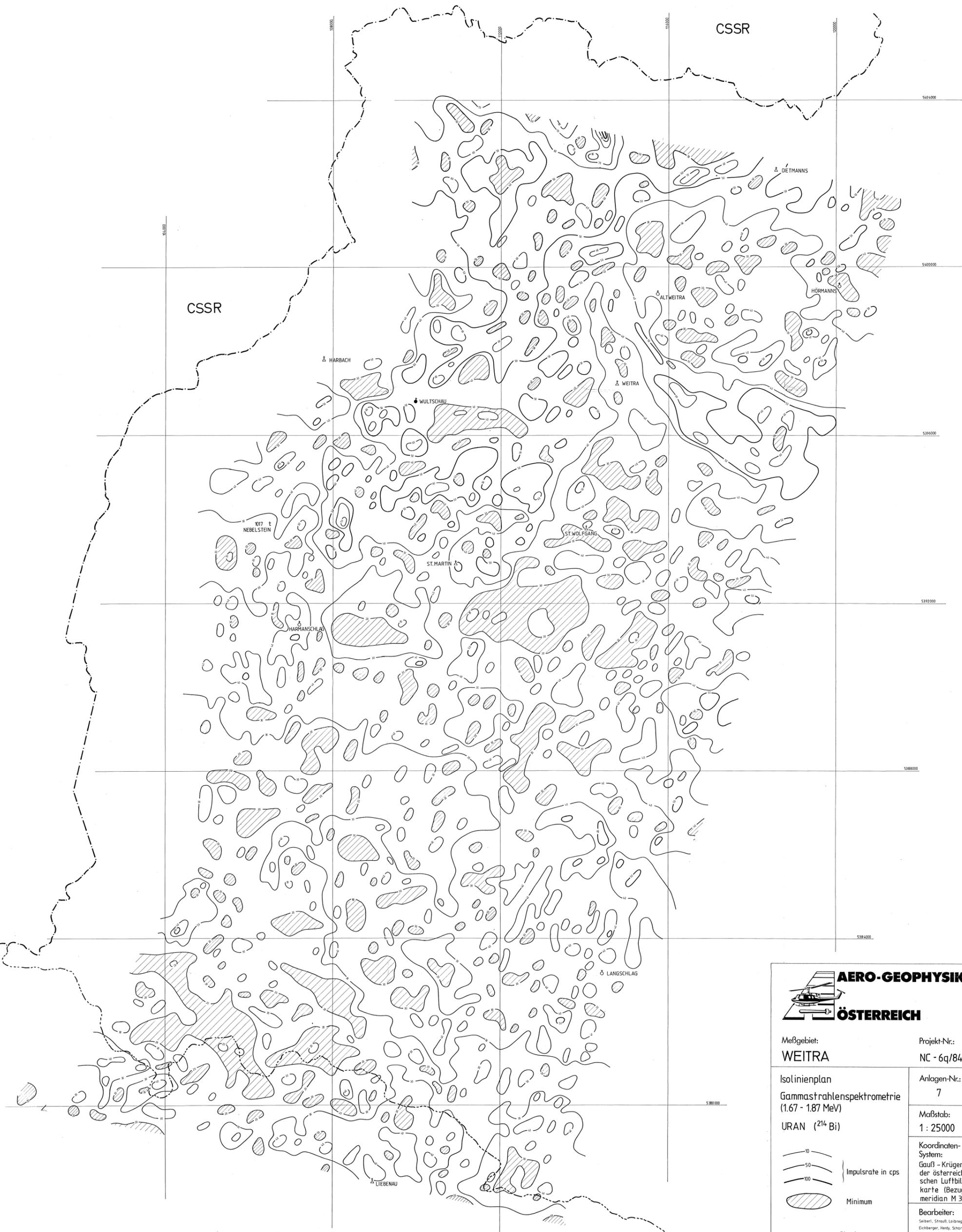
 AERO-GEOPHYSIK ÖSTERREICH	
Meßgebiet: WEITRA	Projekt-Nr.: NC - 6q/84
Isolinienplan TOTALINTENSITÄT bezogen auf Wien - Kobenzl, Epoche 1980.0 Regionalfeld: IGRF, Epoche 1977,7	Anlagen-Nr.: 4
M Anomalie mit Textverweis 0 5 10 100 } in nT  Minimum	Maßstab: 1 : 25000 Koordinaten-System: Gauß - Krüger der österreichischen Luftbildkarte (Bezugs- meridian M 31)
- - - - - Staatsgrenze - · - · - Landesgrenze NÖ/00	Bearbeiter: Jekel, Strauß, Labneggner, Eschbacher, Herzig, Scharrer, Stern, Hussova, Blomsson, Mehle, Ross, Steudinger, Lang, Schabus, Gramann, Retzl
0 0,5 1km	



 AERO-GEOPHYSIK ÖSTERREICH	
Meßgebiet: WEITRA	Projekt-Nr.: NC-6q/84
Isolinienplan Gammastrahlenspektrometrie (0.4 - 3.0 MeV) GESAMTSTRAHLUNG	Anlagen-Nr.: 5
— 1.5 — — 2.0 —	Impulsrate in 1000 cps
	Minimum
- - - Staatsgrenze - - - Landesgrenze NÖ/00	Koordinaten-System: Gauß-Krüger der österreichischen Luftbildkarte (Bezugs- meridian M 31)
0 0.5 1km	Bearbeiter: Seibert, Strauß, Leinberger, Eichberger, Herdy, Scharrer, Stern, Hecovic, Blumauer, Wehrle, Hosi, Staudinger, Long, Schabus, Grönung

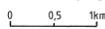


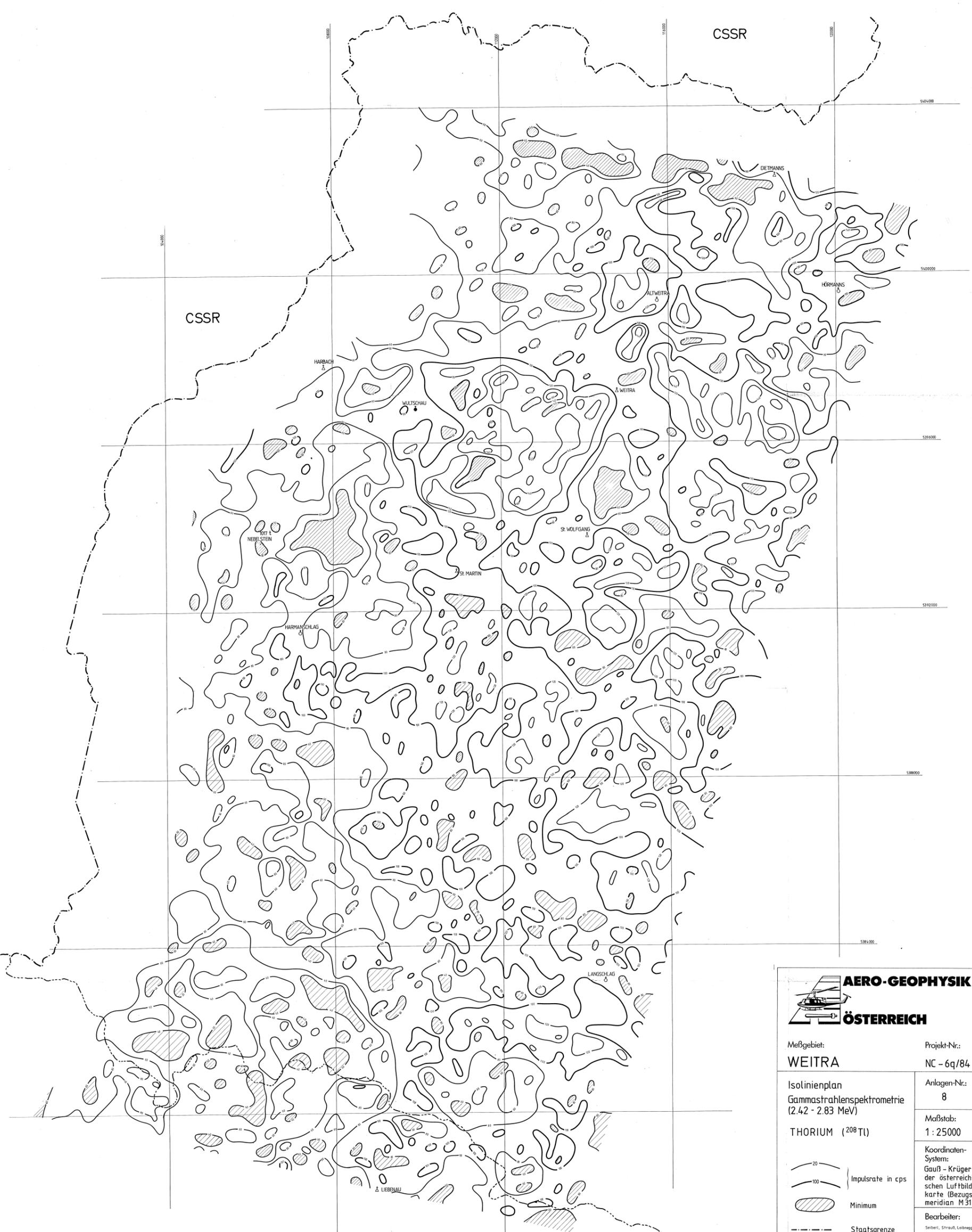
 AERO-GEOPHYSIK ÖSTERREICH	
Meßgebiet: WEITRA	Projekt-Nr.: NC - 6q/84
Isolinienplan Gammastrahlenspektrometrie (1.36 - 1.56 MeV) KALIUM (⁴⁰K)	Anlagen-Nr.: 6
	Maßstab: 1 : 25000
	Koordinaten-System: Gauß - Krüger der österreichischen Luftbildkarte (Bezugs- meridian M31)
	Bearbeiter: Samerl, Strauß, Lohrepper, Eichberger, Herdy, Schoracz, Stern, Huscova, Blaumeser, Wehrle, Rössl, Staudinger, Lang, Schabus, Graaang





AERO-GEOPHYSIK
ÖSTERREICH

Meßgebiet: WEITRA	Projekt-Nr.: NC - 6q/84
Isolinenplan Gammastrahlenspektrometrie (1.67 - 1.87 MeV) URAN (^{214}Bi)	Anlagen-Nr.: 7
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">  10  50  100 </div> <div> Impulsrate in cps </div> </div> <div style="margin-top: 5px;">  Minimum </div>	Maßstab: 1 : 25000
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">  Staatsgrenze  Landesgrenze NÖ/00 </div> </div>	Koordinaten-System: Gauß - Krüger der österreichischen Luftbildkarte (Bezugs- meridian M 31)
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">  0 0,5 1km </div> </div>	Bearbeiter: <small>Seiberl, Strauß, Leibnegger, Eichberger, Herdy, Scharrer, Stern, Haszawa, Blumauer, Wehrle, Rosa, Staudinger, Lang, Schabus, Grönang</small>



AERO-GEOPHYSIK
ÖSTERREICH

Messgebiet: **WEITRA** Projekt-Nr.: **NC - 6q/84**

Isolinienplan
 Gammastrahlenspektrometrie
 (2.42 - 2.83 MeV)

THORIUM (²⁰⁸Tl)

— 20 — Impulsrate in cps
 — 100 —
 ◻ Minimum

--- Staatsgrenze
 - - - Landesgrenze NÖ00

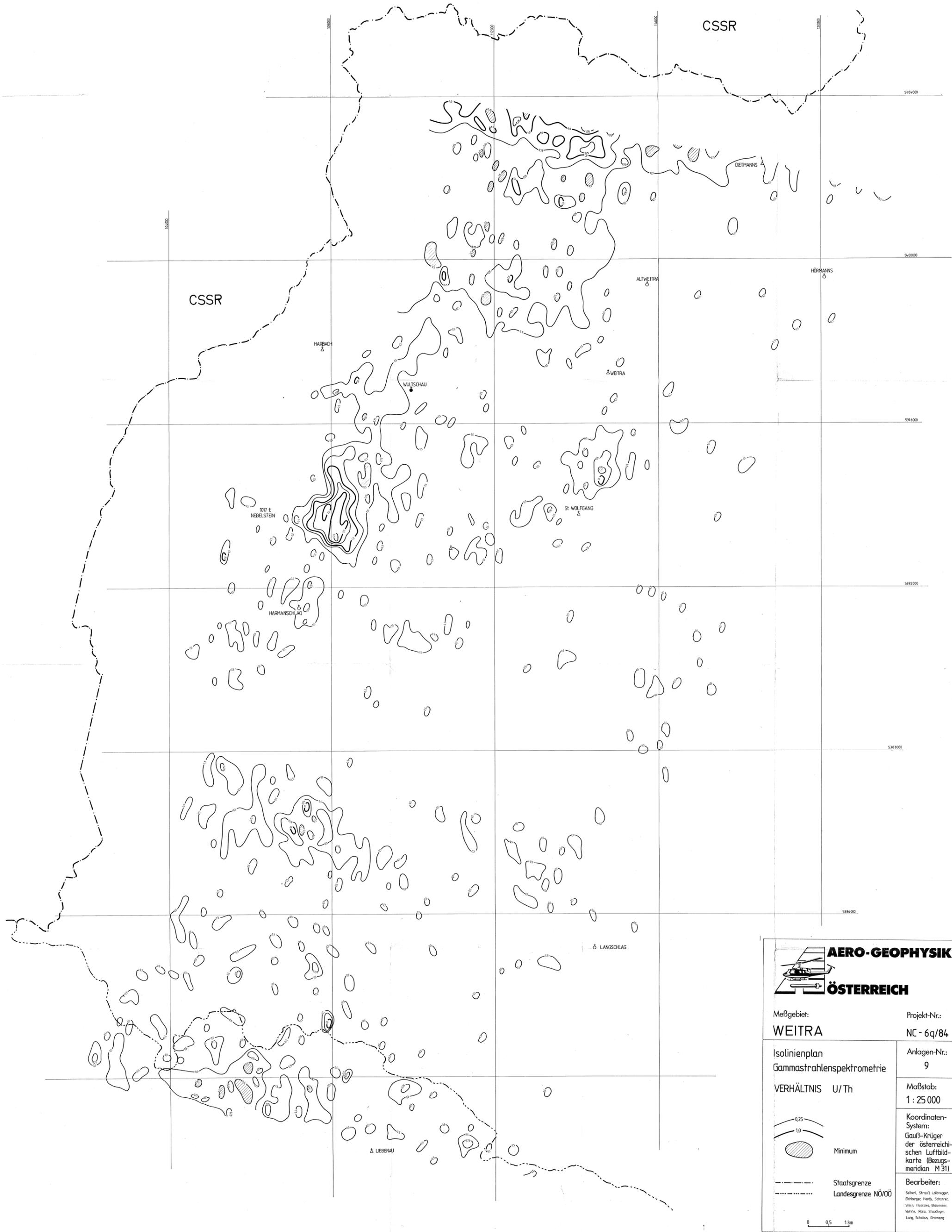
0 0,5 1 km

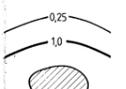
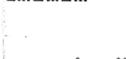
Anlagen-Nr.: **8**

Maßstab:
1 : 25000

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

Bearbeiter:
 Seibel, Strauß, Lohninger,
 Eichberger, Herdy, Schreier,
 Stern, Haccava, Blumauer,
 Währle, Rusa, Staudinger,
 Leng, Schabus, Grammer



 AERO-GEOPHYSIK ÖSTERREICH	
Meßgebiet: WEITRA	Projekt-Nr.: NC - 6q/84
Isolinienplan Gammastrahlenspektrometrie VERHÄLTNIS U/Th	Anlagen-Nr.: 9
	Maßstab: 1 : 25 000
	Koordinaten-System: Gauß-Krüger der österreichischen Luftbildkarte (Bezugs- meridian M 31)
	Bearbeiter: Seiberl, Strauß, Loibnager, Eiblberger, Herdy, Scharrer, Stern, Hascova, Baumoser, Wehrle, Ross, Straubinger, Lang, Schabus, Gramenz
