

AERO-GEOPHYSIK

ÖSTERREICH

Aerogeophysikalische Vermessung

im Raum

DUNKELSTEINERWALD

(Auftragsforschungsprojekt NC-6c/81)

ADV-Eingabe	1992-01-10 1992-01-03	A 08082 - R	030 Archiv	Inventar NR.	Standort	Ordnungszahl	
040 Sprache	GER	060 Auswerter	G	065 Bearbeiter	C	070 Empfänger	LIT
080 Dok. Typ	E	090 Berichtsart	R	091 Projektcode	N-C-006c/81	092 M	1617-E
Seiberl, Wolfgang; Heinz, Herbert							
130 Verfasser							
135 Verfasser mit Funktionen							
Österreichische Akademie der Wissenschaften							
140 Körperschaften							
Aerogeophysikalische Vermessung im Raum Dunkelsteinerwald <Auftragsforschungsprojekt NC-6c/81>							
160 Sachtitel							
170 Sachtitel Übersetzungen							
180 Fassung		190 Maßstab		200 Topographie			
210 Ort Wien							
225 Erstellungsdatum 1985-11							
240	38	Bl.	250 Illustr.	7 Abb.; 7 Beil.	260 Format	29,5 cm	
271 In: Gesamttitel							
290 Gesamttitel Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt N-C-006c/81							
291 Hochschulschrift							
292 Standortnachweis Bibl. Geol. Bundesanst. / Wiss. Archiv Nr. A 08082-R							
293 Weitere Angaben							
300 Sprachen der Zusammenfassung GER							
Bearbeitungsvermerk	WAS	BGLÖ	at	GEOKART	EDV	Kopie an Redaktion	
Endkontrolle	o. H. G.	Mikrofilm	Leue.	Vertraulichkeit	3	Exemplare	1

37:55

330 ÖK-Blätter

Dunkelsteinerwald

335 Geographika

Aerogeophysik; Kartographie (automatische);
Elektromagnetik; Magnetische Totalintensität;
Gammastrahlenspektrometrie; Granulit;
Bunte Serie; Uran; Thorium; Kalium;
Böhmische Masse

340 Schlagworte

350 Koordinaten

351 Koordinaten

352 Koordinaten

353 Koordinaten

360 Bundesländer **N**

365 Staaten **AUT**

370 Sachgruppen

GEOP, ADVI, CART, METH, SURF

s. S. 1

Aufgrund der vorgenommenen Messungen konnten speziell im Granulitgebiet einige Vorkommen von jüngeren Bildungen geortet werden, die weiterer, interdisziplinär vorgenommener Untersuchungen bedürfen (Bereiche W Gansbach). Die Abgrenzung "Bunte Serie-Äquivalente"/Granulit ist mit fast allen angewandten Methoden möglich. Zwei Zonen stärker magnetisierter Gesteine innerhalb des Granulitkomplexes und eine NW-SE streichende Zone erhöhter Uran- und Thoriumzählraten südlich von Gansbach konnten erfaßt werden. Empfehlungen für Folgeuntersuchungen werden gegeben.

380 Abstrakt

AEROGEOPHYSIKALISCHE VERMESSUNG
im Raum
DUNKELSTEINERWALD

(Auftragsforschungsprojekt NC-6c/81)

von
Wolfgang Seiberl
und
Herbert Heinz

Wien, November 1985

Österreichische Akademie der Wissenschaften

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
1. Projektziel und Ablauf des Projekts	2
2. Planung und Durchführung der Vermessung	3
2.1. Meßausrüstung	3
2.2. Fluglinien	5
2.3. Durchführung der Messungen	5
2.4. Personal	8
3. Datenverarbeitung und Kartenherstellung	9
3.1. Aufgabe der ADV	9
3.2. Datenkontrolle	10
3.3. Flugwegdaten	10
3.4. Elektromagnetische Widerstandskartierung	10
3.4.1. Auswertung der EM—Daten	10
3.4.2. Bedeutung der Ergebnisparameter ρ_a und d_a	12
3.5. Kartierung der anomalen magnetischen Totalintensität (ΔT)	13
3.6. Radiometrische Kartierung	14
3.6.1. Die Quellen der natürlichen Gammastrahlung	14
3.6.2. Korrekturen der Meßdaten	15
3.6.3. Herstellung der Isolinienpläne	18
4. Geologie des Meßgebietes	19
5. Ergebnisse	19
5.1. Widerstandskartierung	19
5.2. Isoanomalien der Totalintensität ΔT ; Anlage 3	20
5.3. Gammastrahlenspektrometrie	21
5.3.1. Gesamtstrahlung (Total count); Anlage 4	21
5.3.2. Kalium (K^{40}); Anlage 5	21
5.3.3. Uran (Bi^{214}); Anlage 6	22
5.3.4. Thorium (Tl^{208}); Anlage 7	22
6. Empfehlungen	23
7. Literatur	23
8. Verzeichnis der Anlagen	24
9. Anhang	25
A. Einfluß der Hangneigung auf elektromagnetische Messungen aus der Luft	25
B. Einfluß der Topographie auf die Anomalien der magnetischen Totalintensität (ΔT)	34

Zusammenfassung

Aufgrund der vorgenommenen Messungen konnten speziell im Granulitgebiet einige Vorkommen von jüngeren Bildungen geortet werden, die weiterer, interdisziplinär vorgenommener Untersuchungen bedürfen (Bereiche W Gansbach). Die Abgrenzung "Bunte Serie-Äquivalente"/Granulit ist mit fast allen angewandten Methoden möglich. Zwei Zonen stärker magnetisierter Gesteine innerhalb des Granulitkomplexes und eine NW-SE streichende Zone erhöhter Uran- und Thoriumzählraten südlich von Gansbach konnten erfaßt werden. Empfehlungen für Folgeuntersuchungen werden gegeben.

1. Projektziel und Ablauf des Projekts

Entsprechend dem Projektantrag wurde als Projektziel definiert, daß mit Hilfe von aero-geophysikalischen Messungen im Raum Dunkelsteinerwald (Abb.1) etwaige nutzbare Rohstoffvorkommen gesucht werden sollten. Insbesondere war dabei die hier auftretende sogenannte "Bunte Serie" auf mögliche Graphitanreicherungen zu untersuchen.

Ursprünglich sollten die Meßflüge im Dunkelsteinerwald im Juli 1981 durchgeführt werden. Durch die verspätete Gerätebestellung und die Verzögerung bei der Bereitstellung des Meßhubschraubers konnte mit den Testflügen — im Raum Dunkelsteinerwald — nicht vor September 1982 begonnen werden. Daher war es erst nach Einschulung der Projektmitarbeiter möglich, das Projektgebiet, dessen Lage der Abbildung 1 entnommen werden kann, im Herbst 1982 zu befliegen. Dabei wurde der Hubschrauberlandeplatz der Bundesheerkaserne in Mautern 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 Rechanlage der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik auf jene des interuniversitären Rechenzentrums gewechselt werden.

Mit der Herstellung erster Ergebniskarten konnte im Herbst 1984 begonnen werden. Die Fertigstellung letzterer wurde im Dezember 1984 abgeschlossen.



Abb 1 : Lage des Messgebietes in Österreich

2. Planung und Durchführung der Vermessung

2.1. Meßausrüstung

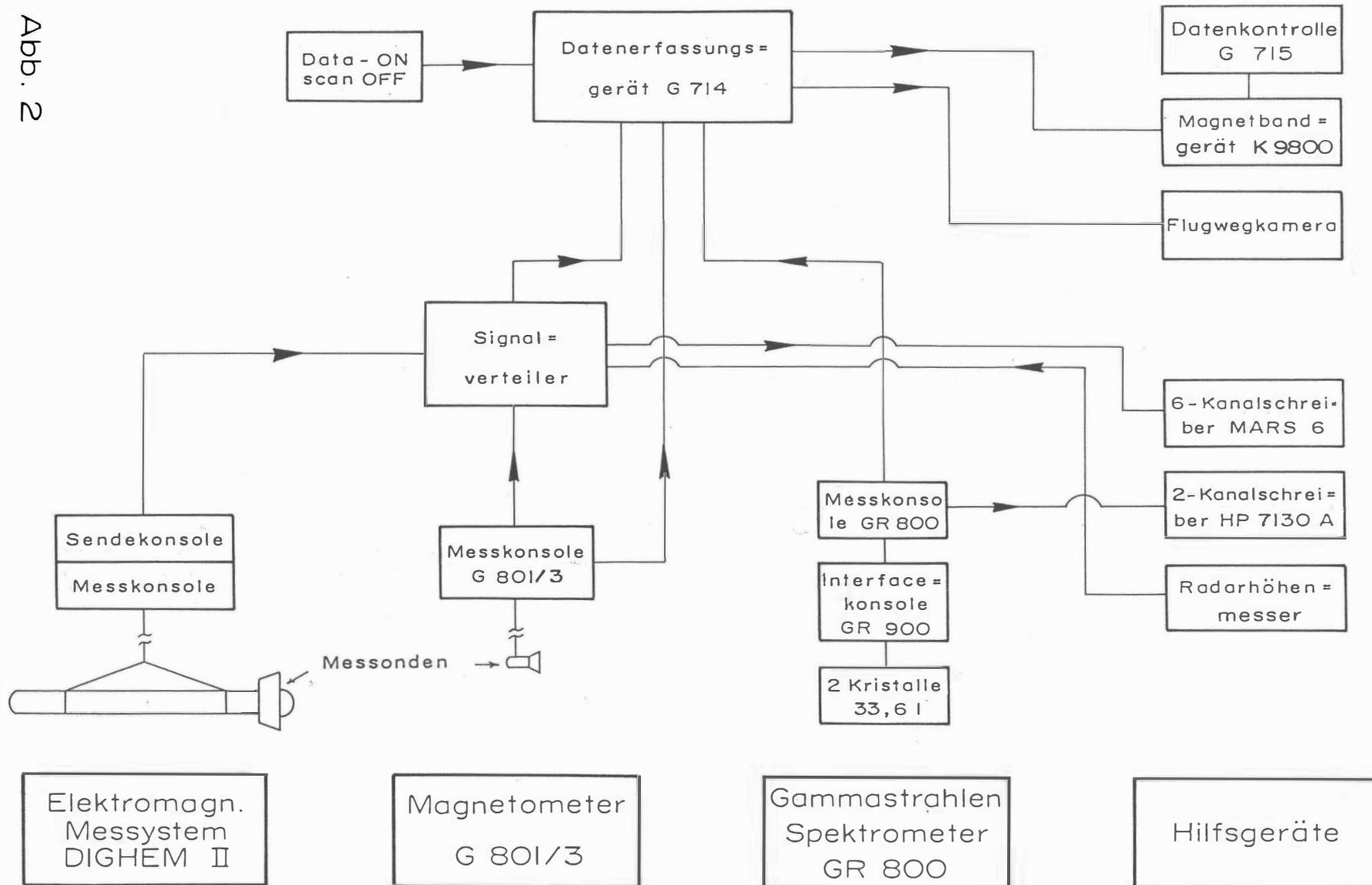
Die aerogeophysikalischen Messungen wurden mit einem Hubschrauber des Bundesheeres vom Typ Agusta-Bell 212 (mit Doppelturbine), Kennzeichen 5-DHU, durchgeführt.

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

Der Datenfluß im Hubschrauber-Meßsystem ist in Abb. 2 vereinfacht dargestellt.

Abb. 2



2.2. Fluglinien

Flugrichtung: Folgende Richtungen wurden für die Fluglinien gewählt:

Meßprofile... $135^{\circ} \rightarrow 315^{\circ}$
Kontrollprofile... $45^{\circ} \rightarrow 225^{\circ}$

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

Abstand: Der Soll-Abstand der Meßprofile wurde mit 200m festgelegt.

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 Luftbildkarte im Maßstab 1:10.000, 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 topographischen Schwierigkeiten stellte die Befliegung des Dunkelsteinerwaldes 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 im Meßgebiet war es nur selten möglich, diese Sollflughöhe einzuhalten.

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

Abb. 3

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

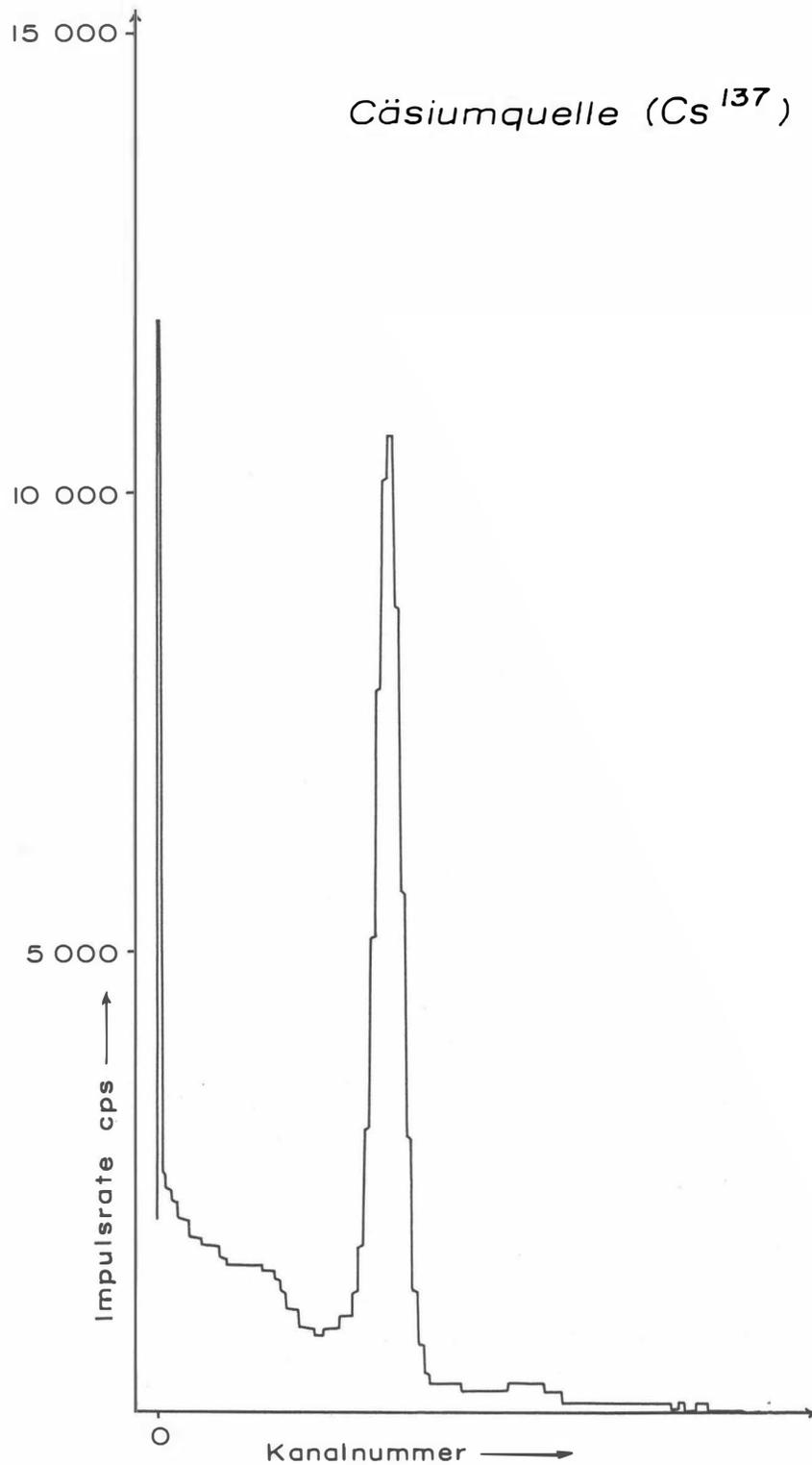
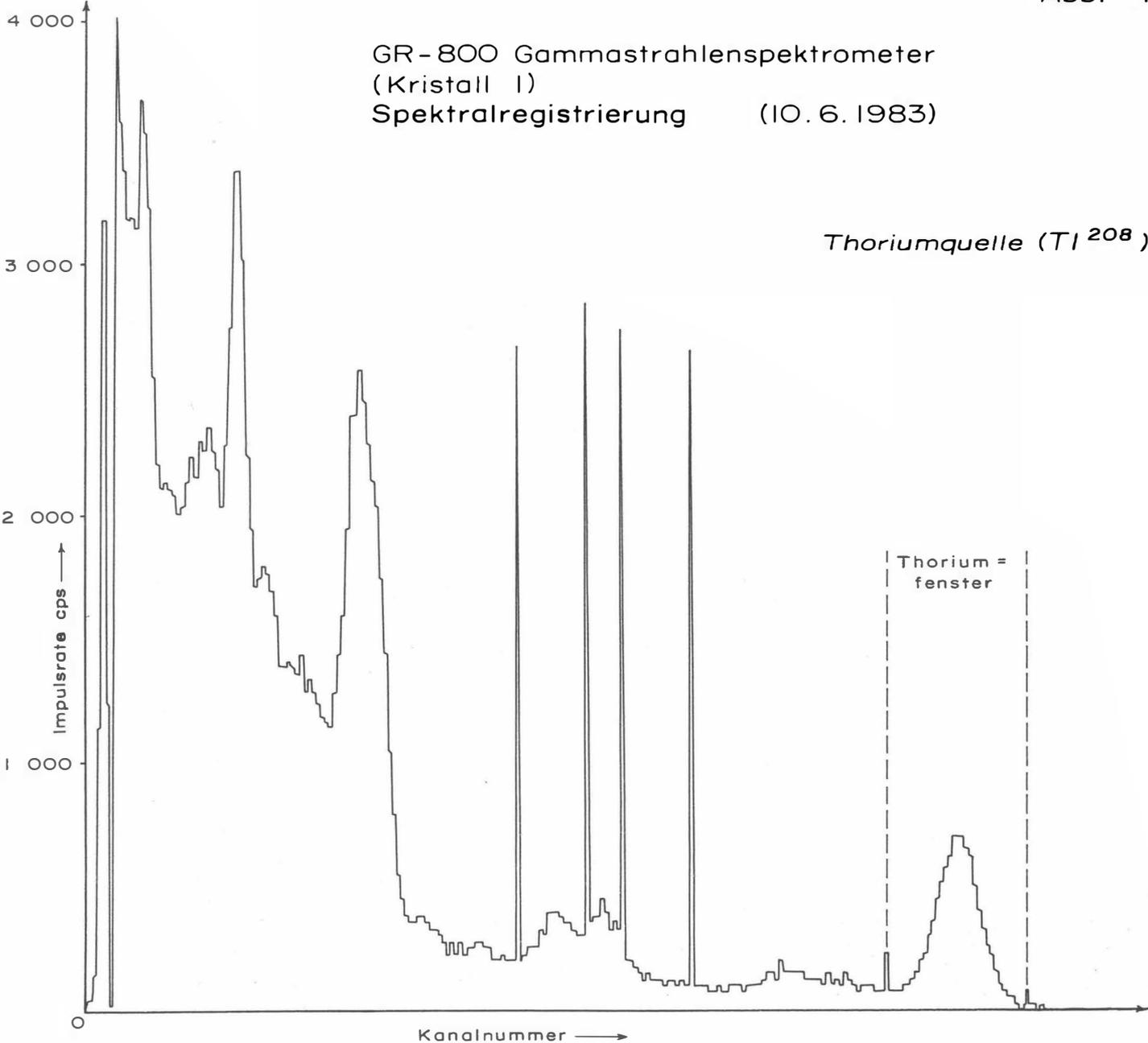


Abb. 4

GR-800 Gammastrahlenspektrometer
(Kristall I)
Spektralregistrierung (10.6.1983)

Thoriumquelle (Th^{208})



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 absolute 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 10 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 Dunkelsteinerwald 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
Anton Radman †
Michael Herdy

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.

3. Datenverarbeitung und Kartenherstellung

3.1. Aufgabe der ADV

Die Verarbeitung der Meßdaten des Untersuchungsgebietes Rossatz fand in Wien statt, wobei die Rechanlage 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 Rechenanlage 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 des Flugwegfilmes an jeweils mehreren Paßpunkten rekonstruiert. An Hand dieser georteten Paßpunkte wurden die übrigen Koordinaten der Meßpunkte entlang der Profile über ein Interpolationsprogramm bestimmt. Dabei können an Hand eines Fluggeschwindigkeitstests etwaige Ortungsfehler ausgeschieden werden.

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 mit einem konstanten Abstand von 25 Ωm gezeichnet, z.B. $\rho_a = 25; 50; 75; 100; \Omega m$ usw.

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.

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 Verfälschungen der Ergebnisparameter 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 3 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 10nT
- mittelstarke Linien im Abstand von 25nT
- 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 von 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 Tl^{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 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_{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

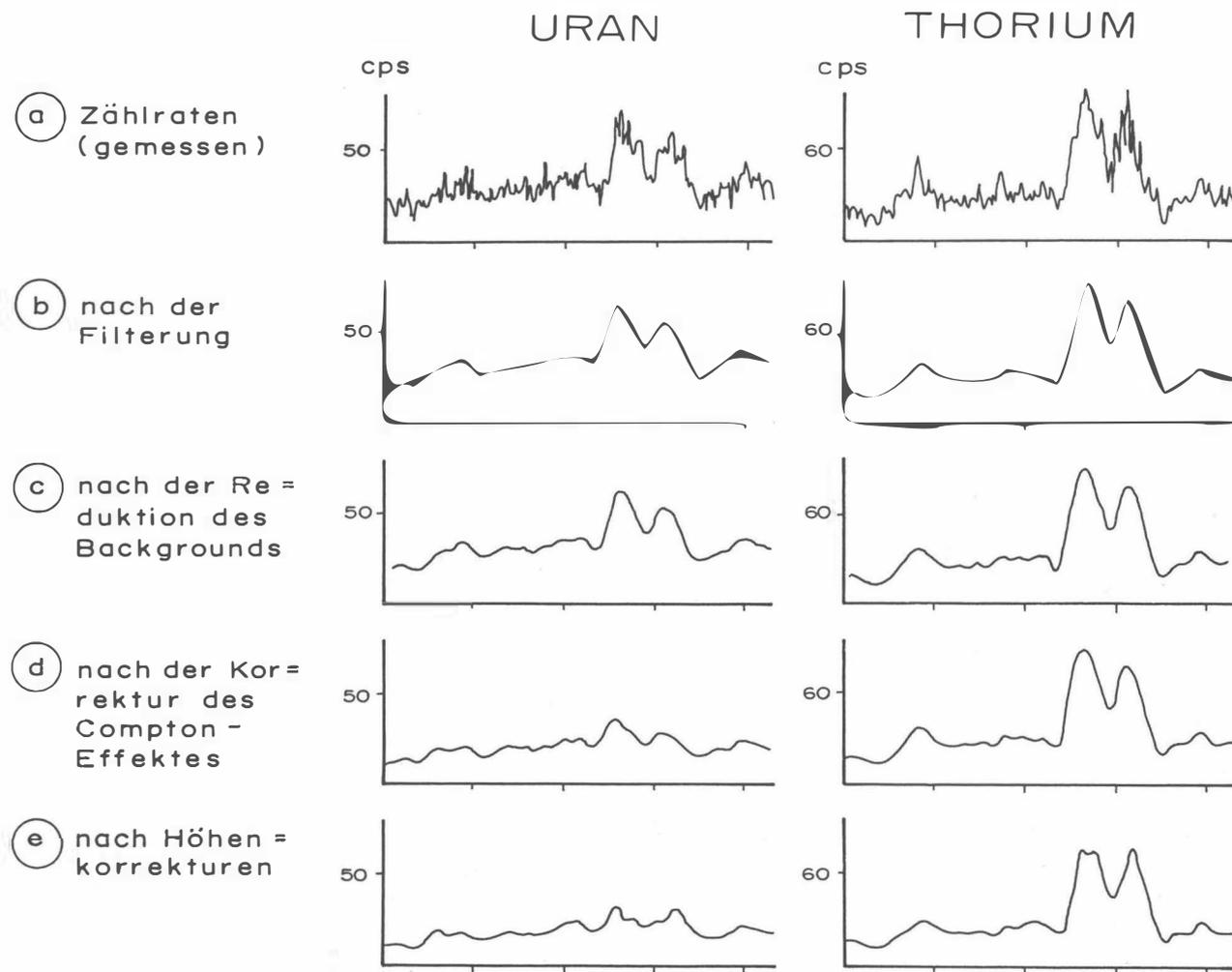


Abb. 5 a-e : Darstellung der Korrekturschritte in der Gammastrahlenspektrometrie .

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:

$$\begin{aligned} \mu(\text{Total}) &= 0,001276 \\ \mu(\text{Kalium}) &= 0,001781 \\ \mu(\text{Uran}) &= 0,000947 \\ \mu(\text{Thorium}) &= 0,001326 \end{aligned}$$

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 Rossatz 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.

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 4)	... 500 cps (cps=counts/s)
Kalium (Anlage 5)	... 10 cps
Uran (Anlage 6)	... 25 cps
Thorium (Anlage 7)	... 25 cps.

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

Der Hauptanteil des Meßgebietes, das eine direkte Fortsetzung des Meßgebietes "Rosatz" (*Seiberl, Heinz, 1985*) darstellt, wird durch den Granulit des Dunkelsteinerwaldes gebildet, der im NW durch das Diendorfer Störungssystem vom Gföhler Gneis getrennt ist. Diese Störung bildet zugleich auch die nordwestliche Grenze des Meßgebietes. Neben den typischen hellen Granuliten treten, vor allem im nordwestlichen und westlichen Teil des Granulitmassivs, Pyroxengranulite und ?Pyriklasite? auf; auch ultrabasische Gesteine wechselnder Ausdehnung sind eingeschaltet (Pyrop-Olivinfelse, Serpentinite, *Fuchs, Matura, 1976*). Der Südwesten des beflügten Gebietes wird von lithologischen "Äquivalenten der Bunten Serie" eingenommen, die zum Teil tektonisch vom Granulit getrennt sind. Es sind dies Paragneise mit mächtigen Marmoren, häufig graphitische Zonen führend, ferner "Migmatitgneise", Pyroxenamphibolite, Quarzite und Kalksilikatgneise (*Matura et al., 1989*). Leider sind auf der geologischen Karte (*Matura et al., 1989*) innerhalb des Granulitgebietes und des Gföhler Gneises nicht alle Hüll- und Decksedimente ausgeschieden (z.B. das ziemlich ausgedehnte Tonvorkommen bei Hessendorf); dies führte schon speziell bei der Interpretation der Ergebnisse der Elektromagnetik zu einigen Schwierigkeiten (*Seiberl, Heinz, 1985*).

5. Ergebnisse

5.1. Widerstandskartierung

Aus der Anlage 2 sind die Minima des scheinbaren Widerstandes ersichtlich.

Im äußersten Nordwesten des Meßgebietes "Dunkelsteinerwald" macht sich der Einfluß der Diendorfer Störung durch niedrige scheinbare Widerstände (unter $500 \Omega m$, Minima bis $25 \Omega m$) noch bemerkbar. Über die Zone niedriger scheinbarer Widerstände bei Gansbach, die sich weiter nach NW fortsetzen dürfte, wurde schon an anderer Stelle berichtet (*Seiberl, Heinz, 1985*).

Die auffälligsten Minima ($< 10 \Omega m$) liegen im Bereich etwa 3km östlich von Gansbach. Dort wurden im Dezember 1984 zwei Handbohrungen niedergebracht, die unter geringmächtiger Deckschicht (Humus, Fließerde) bis zu 7m Sand bzw. Ton erbohrten, aber nicht durchteuften. Aufgrund der morphologisch/topographischen Verhältnisse handelt es sich höchstwahrscheinlich um ziemlich mächtige, eingeschwemmte (also umgelagerte) Sedimente (mündliche Mitteilung von *H. Brüggemann*).

Unter den gleichen Gesichtspunkten sollten auch die zahlreichen übrigen Minima im Bereich der Granulite des Dunkelsteinerwaldes betrachtet werden. Diese könnten durchaus

Vergrusungszonen, junge Deckschichten (Tone, Lößauflagerung), aber vor allem Verlehungen (Kaolinhöflichkeit !) darstellen, die eingehenderer geologisch/mineralogischer Untersuchungen bedürfen. Ausgenommen davon sind die folgenden, als anthropogen identifizierten Minima:

- Minimakette zwischen dem Dunkelstein und Weyersdorf (250 bis unter 100 Ωm): Rohrleitung,
- Minimum 1,5km SE des Dunkelsteins ($< 75 \Omega m$), NE-SW gerichtet: Rohrleitung
- Minima 3,5km SE von Aggsbach-Dorf, unmittelbar südlich des ausgeprägten Minimums von 2500 Ωm : Zäune
- Minima ($< 75 \Omega m$) 3km ESE von Gansbach südlich des Minimums von $< 10 \Omega m$: Zäune
- Minimum am Südostrand des Meßgebietes ($> 75 \Omega m$): Zaun

In den "Äquivalenten der Bunten Serie" sind die Widerstände durchwegs höher; eine Ausnahme bildet hier die NW-SE streichende schmale Zone SE von Aggsbach-Dorf, ca. 1km W des Dunkelsteins ($< 50 \Omega m$). Eine Überprüfung dieser Zone auf Graphitvorkommen — die in den Gesteinen der Bunten Serie und ihren Äquivalenten durchaus nicht selten sind — scheint gleichfalls angebracht.

Erwähnenswert ist schließlich noch eine Zone von Minima, die, parallel zur Diendorfer Störung, etwa 3km SW von Oberbergern liegt. Weiters dürfte die Anomaliengruppe SE der Diendorfer Störung (ca 3,5km SSW von Oberbergern) mit Widerständen $< 75 \Omega m$ von gewissem Interesse sein.

5.2. Isoanomalien der Totalintensität ΔT ; Anlage 3

Die Begrenzung der "Äquivalente der Bunten Serie" wird durch Amphibolite gebildet (*Matura et al., 1989*), die im Gebiet SW von Gansbach an parallel bis subparallel zur Diendorfer Störung verlaufenden Linien abgeschnitten und versetzt bzw. verschleppt sind. Die dadurch vorgetäuschte Bogenform zeigt sich in der aus der NW-SE in die WNW-ESE-Richtung einschwenkende schmalen Anomalienkette östlich und nördlich des Dunkelsteins (200 bis über 300 nT). Unmittelbar im Norden dieser Kette, jedoch deutlich abgetrennt, liegt eine Anomaliengruppe (knapp SE Gansbach), deren Ursprung in den im Granulit eingelagerten Ultrabasiten oder Serpentiniten liegt. Gleiches gilt für die Anomalien südlich und südöstlich von Weyersdorf und jene südwestlich von Oberbergern (vgl. *Seiberl, Heinz, 1985*).

Eine auffallende Zone von Anomalien reicht vom Gebiet nördlich von Gansbach bis an den nordöstlichen Rand des Meßgebietes; sie dürfte sich bis in die Gegend von Thallern an der Donau (Meßgebiet "Kremser Bucht", in Arbeit) fortsetzen. Aufgrund der Amplituden der Einzelanomalien ist zu vermuten, daß es sich um engbenachbarte, seichtliegende Störkörper handelt, die möglicherweise einen leicht gebogenen Zug von Gesteinen mit ausreichendem Magnetisierungskontrast zu den umgebenden Granuliten enthalten.

Parallel dazu fällt eine gleichfalls gebogene Kette von Anomalien auf (südwestlich bis südlich Oberbergern, s.o.), die in die Richtung der (aufgeschlossenen) ausgedehnten Vorkommen von "Pyroxenamphiboliten" südlich von Mautern außerhalb des Meßgebietes weist (s. *Matura et al., 1983*). Hier wäre eine detaillierte Verfolgung der Anomalien mit geologischer Kartierung (eventuell seichte Bohrungen) angebracht, da in der vorliegenden Karte 1:50.000 in den betreffenden Bereichen fast nur Granulit ausgeschieden wurde. Ähnliches gilt auch für das Gebiet südöstlich von Gansbach (Anomalien bis +100 nT).

5.3. Gammastrahlenspektrometrie

5.3.1. Gesamtstrahlung (Total count); Anlage 4

Maxima: über 3000 cps
Mimima: unter 1000 cps.

Wie schon aus dem Meßgebiet "Rossatz" (*Seiberl, Heinz, 1985*) bekannt, zeichnen sich sowohl die "Äquivalente der Bunten Serie" als auch der Granulit des Dunkelsteinerwaldes durch gegenüber dem Gföhler Gneis deutlich niedrigere Zählraten aus (maximal knapp über 3000 cps).

Südöstlich von Aggsbach-Dorf befindet sich ein Bereich, charakterisiert durch erhöhte Zählraten (> 3000 cps), der Paragneise, Amphibolite und Kalksilikatgesteine der "Bunten-Serie-Äquivalente" umfaßt. Die Grenze letzterer zu den Granuliten ist durch deutliche nordwest-südost verlaufende Minima markiert; diese Grenze und die Maxima südwestlich bzw. westsüdwestlich von Weyersdorf (> 3000 cps) sind aber auch durch gute Leitfähigkeit gekennzeichnet (vgl. Anlage 2, Kap. 5.1.). Das gleiche gilt für die oben erwähnte gut leitende Zone östlich von Gansbach bei Hessendorf (> 3000 cps, unter 10 Ωm).

5.3.2 Kalium (K^{40}); Anlage 5

Maxima: über 40 cps
Minima: unter 10 cps.

Die "leukokraten? Migmatitgneise" (*Matura et al., 1983*) in der Gesteinsgruppe der "Äquivalente der Bunten Serie" (südöstlich von Aggsbach-Dorf) und bis westlich des Dunkelsteins (*Matura et al., 1983*) sind durch höhere Impulsraten bis über 40 cps charakterisiert, und verraten dadurch —analog den Gföhler Gneisen (s. *Seiberl, Heinz, 1985*)— ihre Orthogesteinsherkunft. Über den übrigen Gesteinstypen dieser Gesteinsassoziation wurden nur niedrige Zählraten registriert; besonders die Begrenzung zu den Granuliten liegt deutlich in einer Minimumzone (unter 10 cps).

Der Bereich östlich von Gansbach, der schon im Kapitel 5.1. erwähnt wurde, ist durch hohe Zählraten charakterisiert. Auch dies spricht für die Vermutung, daß es sich um eingeschwemmte bzw. umgelagerte Sedimente handelt; gleiches mag auch für das Gebiet südlich von Gansbach gelten.

5.3.3. Uran (Bi^{214}); Anlage 6

Maxima: über 125 cps;
Minima: unter 50 cps.

Die Abgrenzung der "Äquivalente der Bunten Serie" durch eine Minimazone ist auch hier recht deutlich. Ausgeprägte Maxima innerhalb dieser Zone liegen an deren Nordrand, über den "leukokraten? Migmatitgneisen" (*Matura et al., 1989*).

In den Granuliten liegen die Maxima vorwiegend im Bereich südlich und südsüdöstlich von Gansbach (über 100 bzw. über 125 cps). Das im Kaliumkanal durch höhere Zählraten charakterisierte Gebiet östlich von Gansbach weist bezüglich der Uran-Zählraten nur begrenzte Maxima über 100 cps auf.

5.3.4. Thorium (Tl^{208}); Anlage 7

Maxima: über 125 cps;
Minima: unter 50 cps.

Das Anomalienbild ist insgesamt eher uneinheitlich; eine deutliche Parallelität der hohen Zählraten zu jenen im Urakanal ergibt sich jedoch über der Zone südlich und südöstlich Gansbach, die etwa NW-SE verläuft und bis über 125 cps erreicht.

Dieser Bereich liegt in streichender Fortsetzung der bei *Seiberl, Heinz, 1985* beschriebenen, gleichfalls NW-SE verlaufenden Minimakette der scheinbaren Widerstände nordwestlich Gansbach.

Die umgelagerten Decksedimente östlich von Gansbach zeigen —analog zur Uranstrahlung— nur vereinzelt höhere Zählraten (über 100 cps).

Die "leukokraten? Migmatitgneise" zeichnen sich —wie in Kap.5.3.2 und Kap.5.3.3 beschrieben— durch erhöhte Zählraten aus (über 100 cps); die Grenze "Bunte Serie- Äquivalente" zu Granulit ist auch hier durch Minima markiert.

6. Empfehlungen

Für Folgeuntersuchungen werden nachstehend angeführte Bereiche des Meßgebiets "Dunkelsteinerwald" empfohlen:

Der Bereich 3km E von Gansbach sollte auf eventuelle Kaolinbildungen untersucht werden (Detailkartierung, Tonmineralogie; in der Folge könnten Messungen des I.P.-effektes und Seismik zur Abgrenzung der Sedimentkörper herangezogen werden);

Die Zone geringer Widerstände im Raum Dunkelstein könnte ein Hinweis auf etwaige Graphitvorkommen sein (Detailkartierung, Elektromagnetik);

Ebenso könnte die mit der Diendorfer Störung parallel verlaufende Anomaliengruppe 3km SW von Oberbergern für Graphitvorkommen von Interesse sein (Detailkartierung, Elektromagnetik);

Weiters sollten die Anomalien mit geringen Widerständen 3,5km SSW von Oberbergern durch eine geologische Begehung überprüft werden. Eventuell sind bei dieser Untersuchung auch elektromagnetische Messungen notwendig.

Die NW-SE streichende Zone erhöhter U- und Th-Zählraten sollte, unterstützt von Bodenradiometrie und eventuell von Geochemie, geologisch kartiert werden.

7. Literatur

FRASER, D.C.: Resistivity mapping with an airborne multicoil electromagnetic system. Geoph., **43**, Tulsa 1978

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

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

MATURA, A., FUCHS, W., GRILL, R.: Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, Blatt 37, Mautern. Geol.B.-A., Wien, 1983

MUNDRY, E.: On the interpretation of airborne electromagnetic data for the two-layer case. Geophys. prosp., **32**, Den Haag 1984

SEIBERL, W., HEINZ, H.: Hubschraubergeophysikalische Vermessung im Raum Rossatz, Projekt NC-6f. ÖAW, Wien 1985

SENGPIEL, K.P.: Hubschraubergeophysik in der westlichen Grauwackenzone Österreichs. Ber.BGR und GBA, Hannover-Wien 1985

SEREN, S.: Geophysikalische Untersuchung des Kraubather Serpentins. Unveröff. Diss., Phil.Fak.Univ.Wien, Wien 1980

8. Verzeichnis der Anlagen

1. Lageplan der Flugprofile
2. Isolinienplan scheinbarer Widerstand ρ_a
3. Isolinienplan Totalintensität ΔT
4. Gammastrahlenspektrometrie: Gesamtstrahlung
5. Gammastrahlenspektrometrie: Kalium (K^{40})
6. Gammastrahlenspektrometrie: Uran (Bi^{214})
7. Gammastrahlenspektrometrie: Thorium (Pb^{208})

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

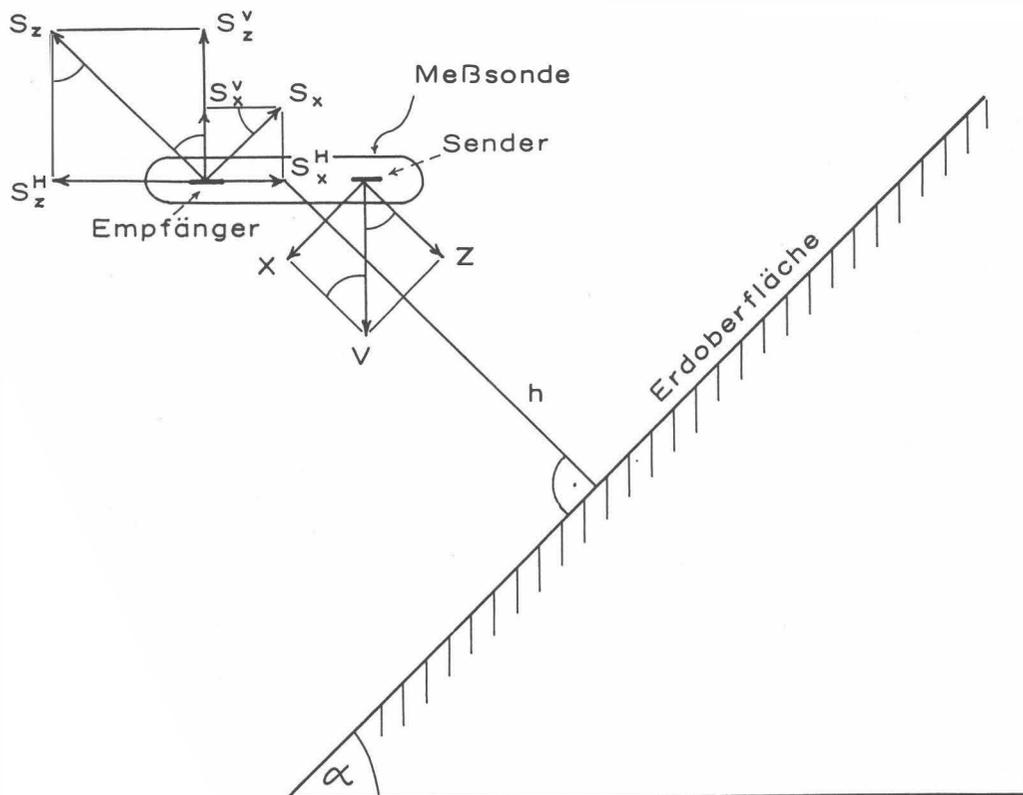


Abb. A 1

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

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

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.

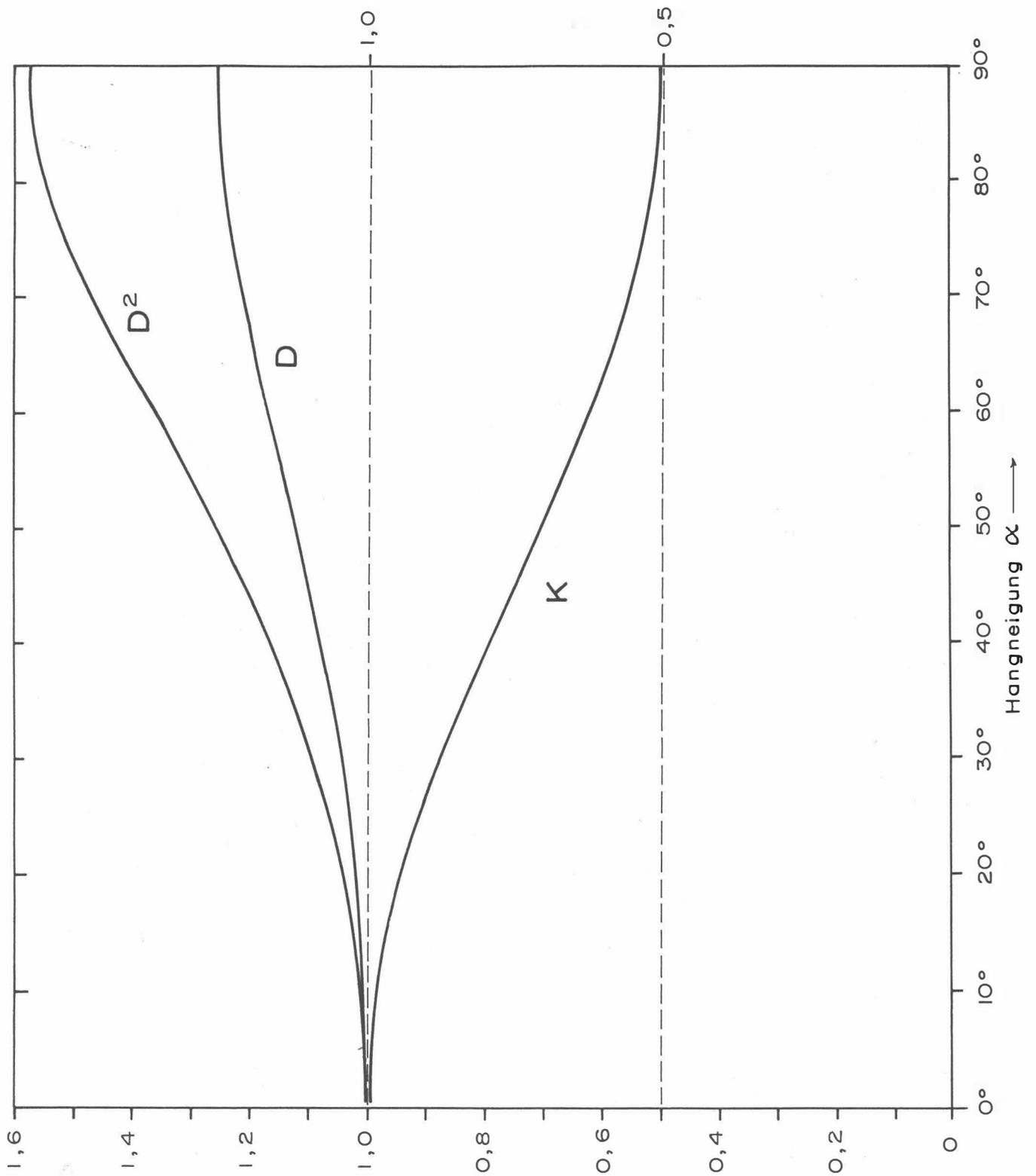


Abb. A2

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 $d' = Dd$ 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.

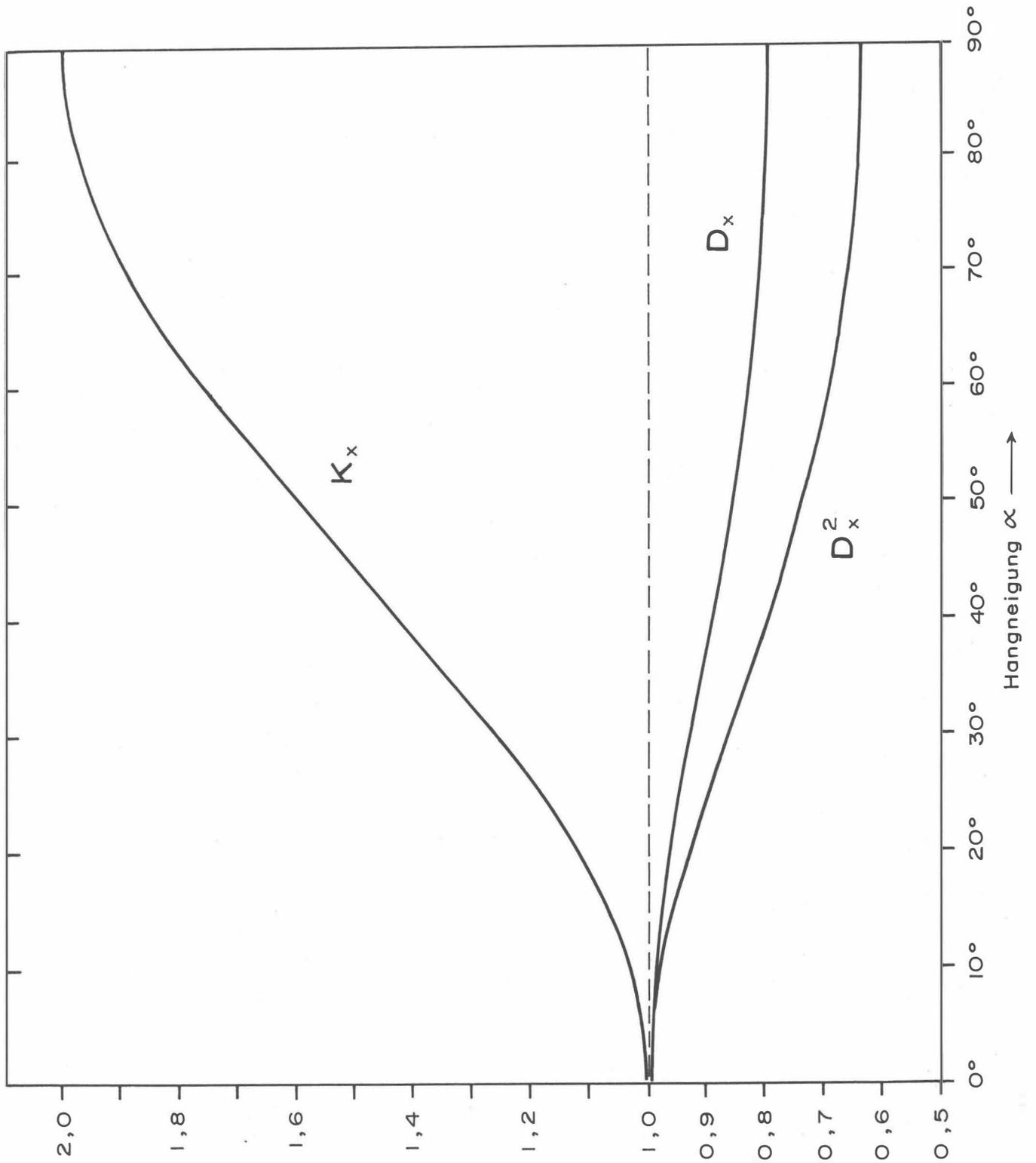


Abb. A3

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 geneigten 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.

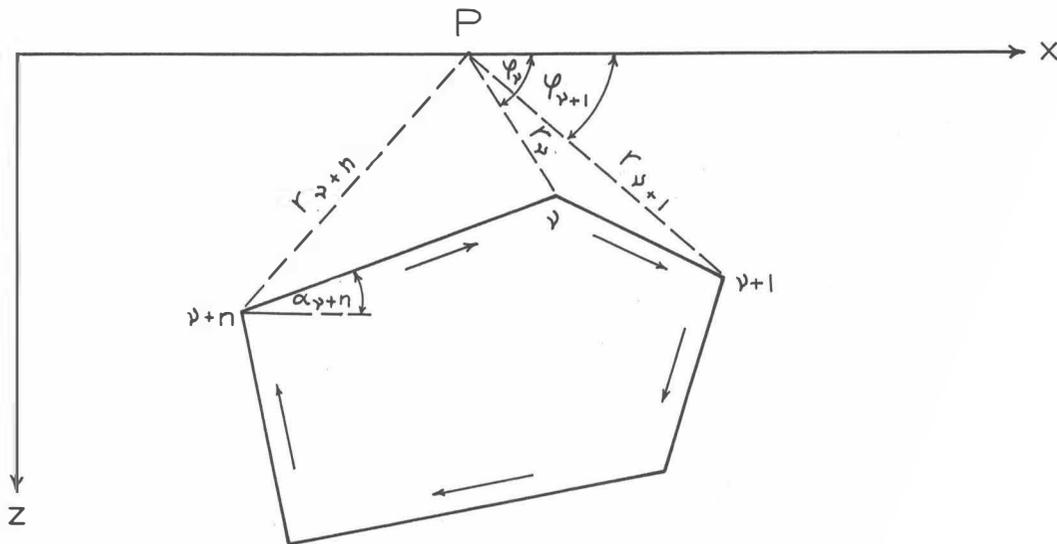


Abb. B1 : Die Berechnung von magnetischen Störkörper =
anomalien mit Hilfe eines Polygonzuges.

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:

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

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

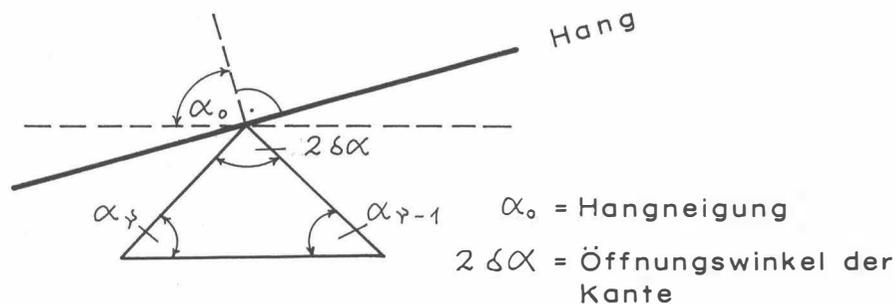


Abb. B2: Modellannahme zur Berechnung von magnetischen Anomalien eines Bergkammes.

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 (Bergkäme) 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.

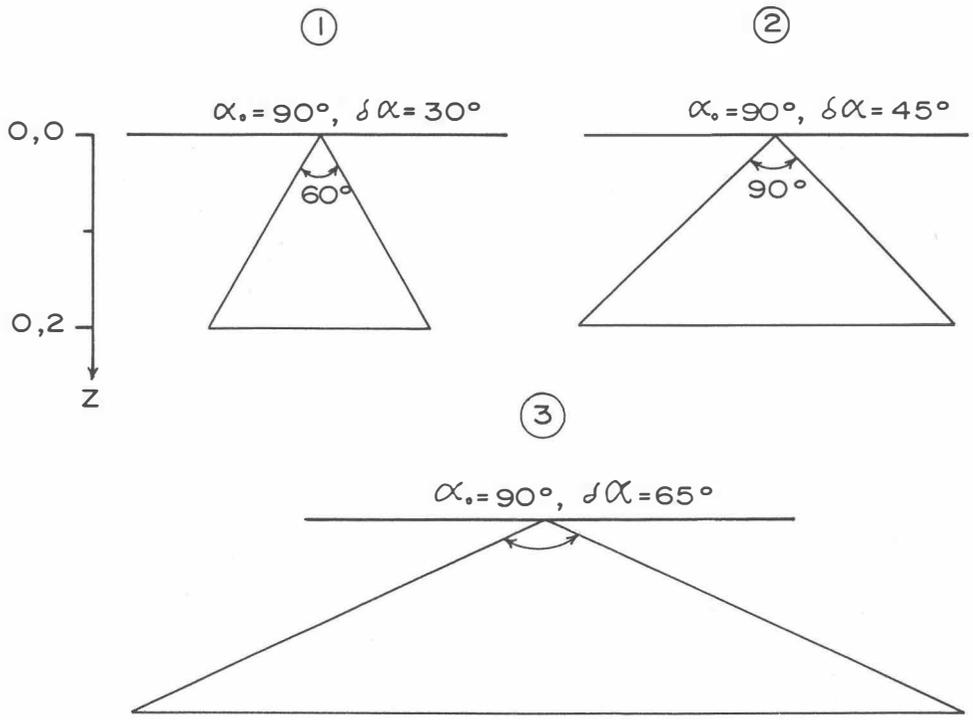
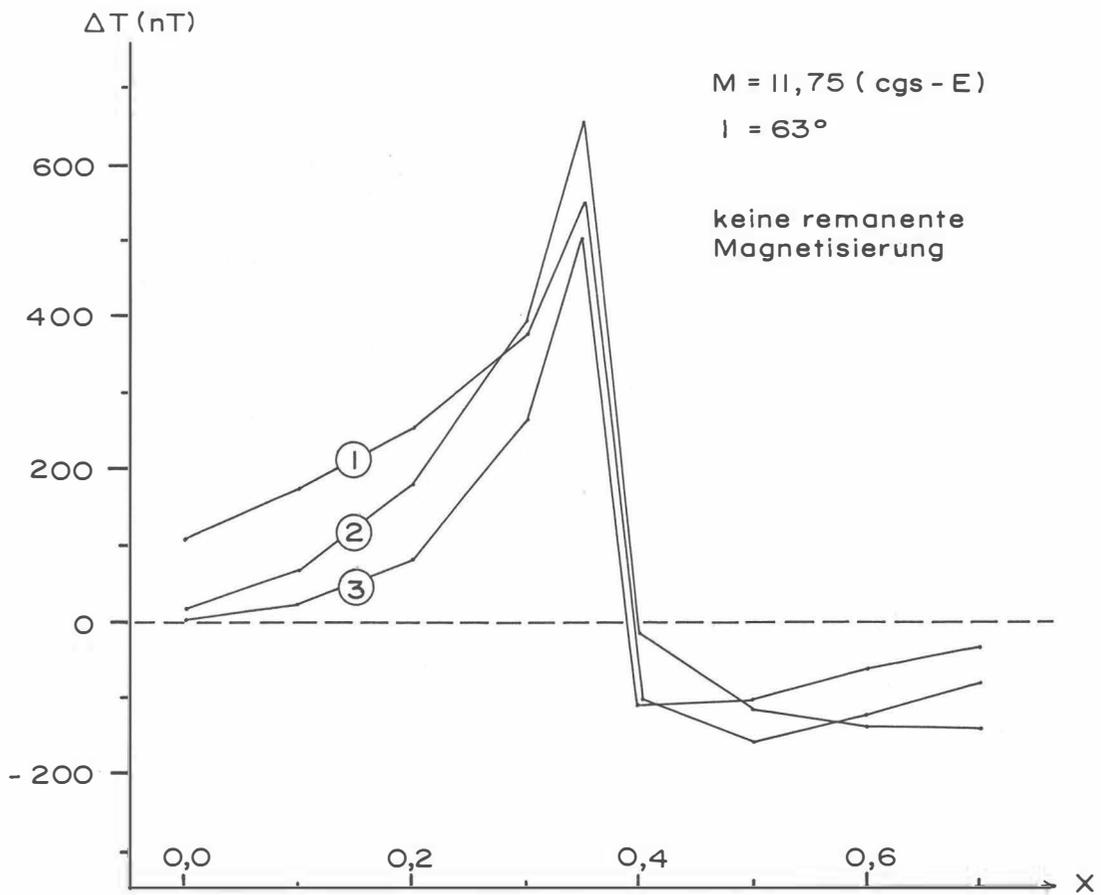


Abb. B 3: Der Einfluss des komplementären Öffnungswinkels ($2\delta\alpha$) einer Kante auf die ΔT -Anomalie, $\alpha_0 = 90^\circ$.

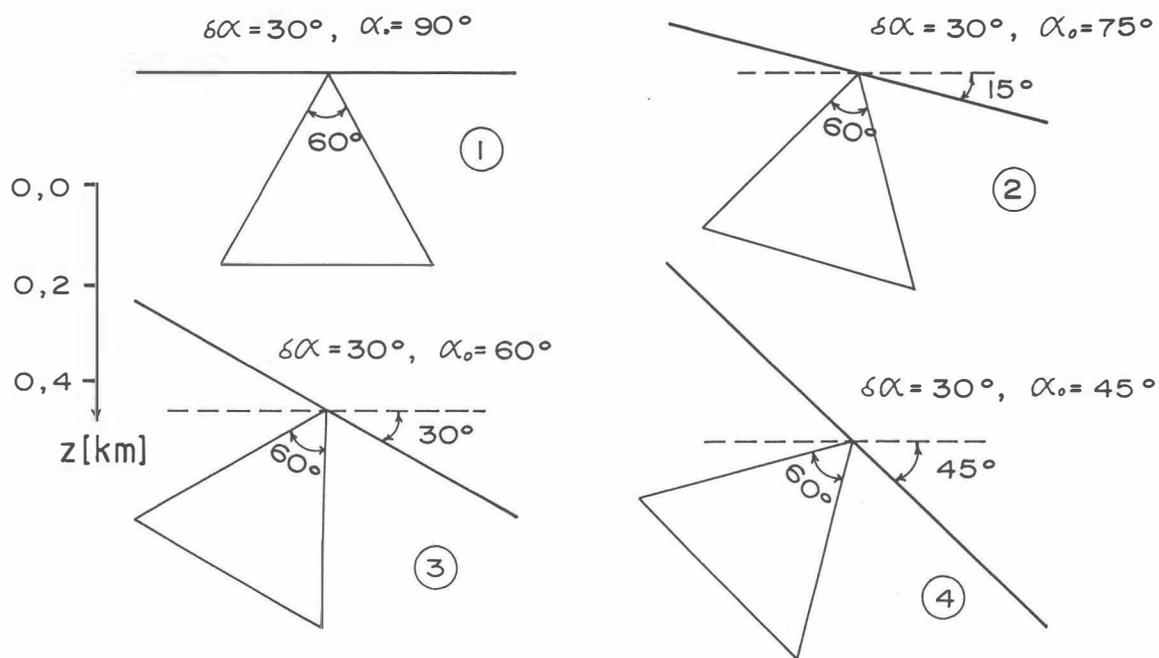
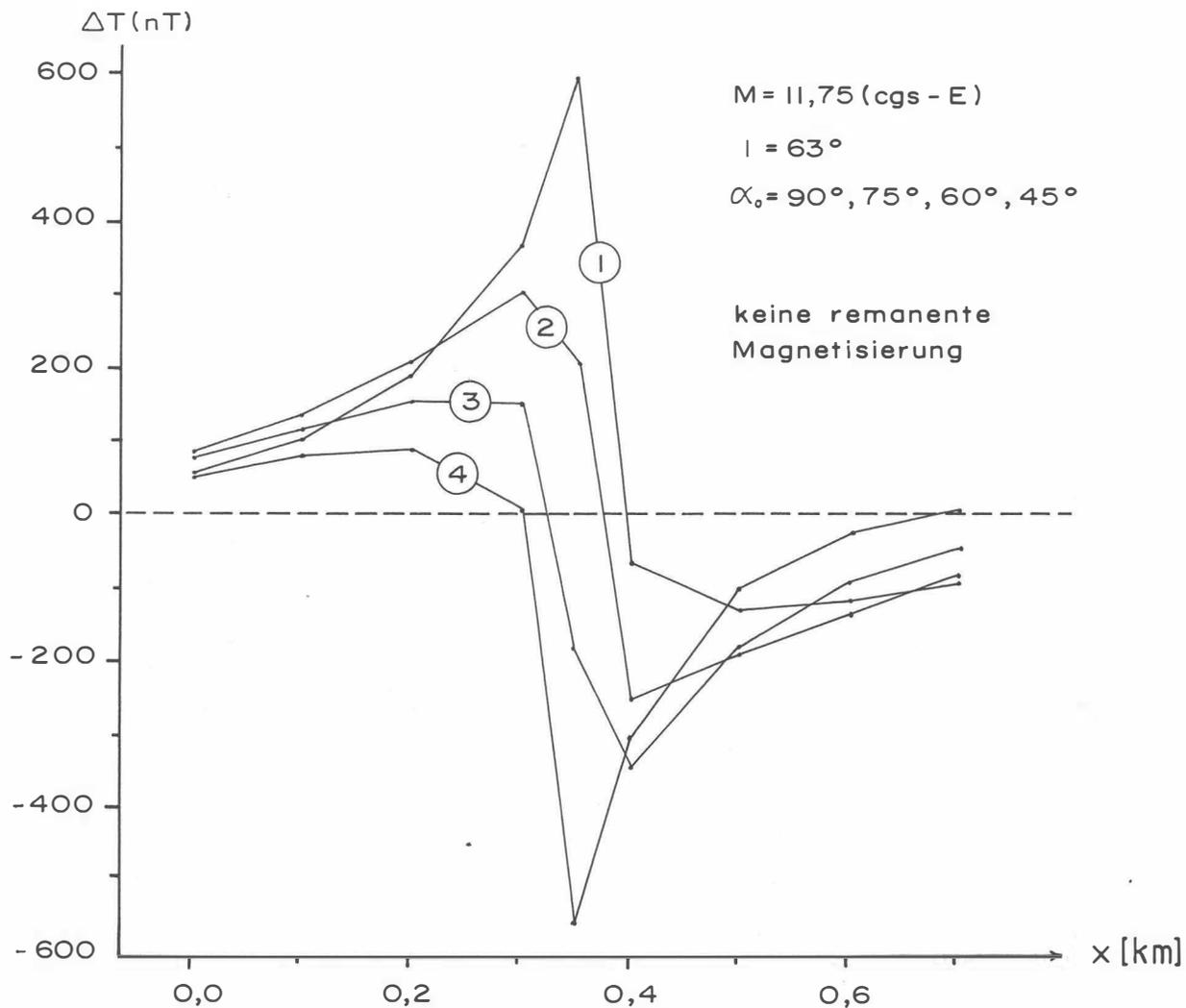
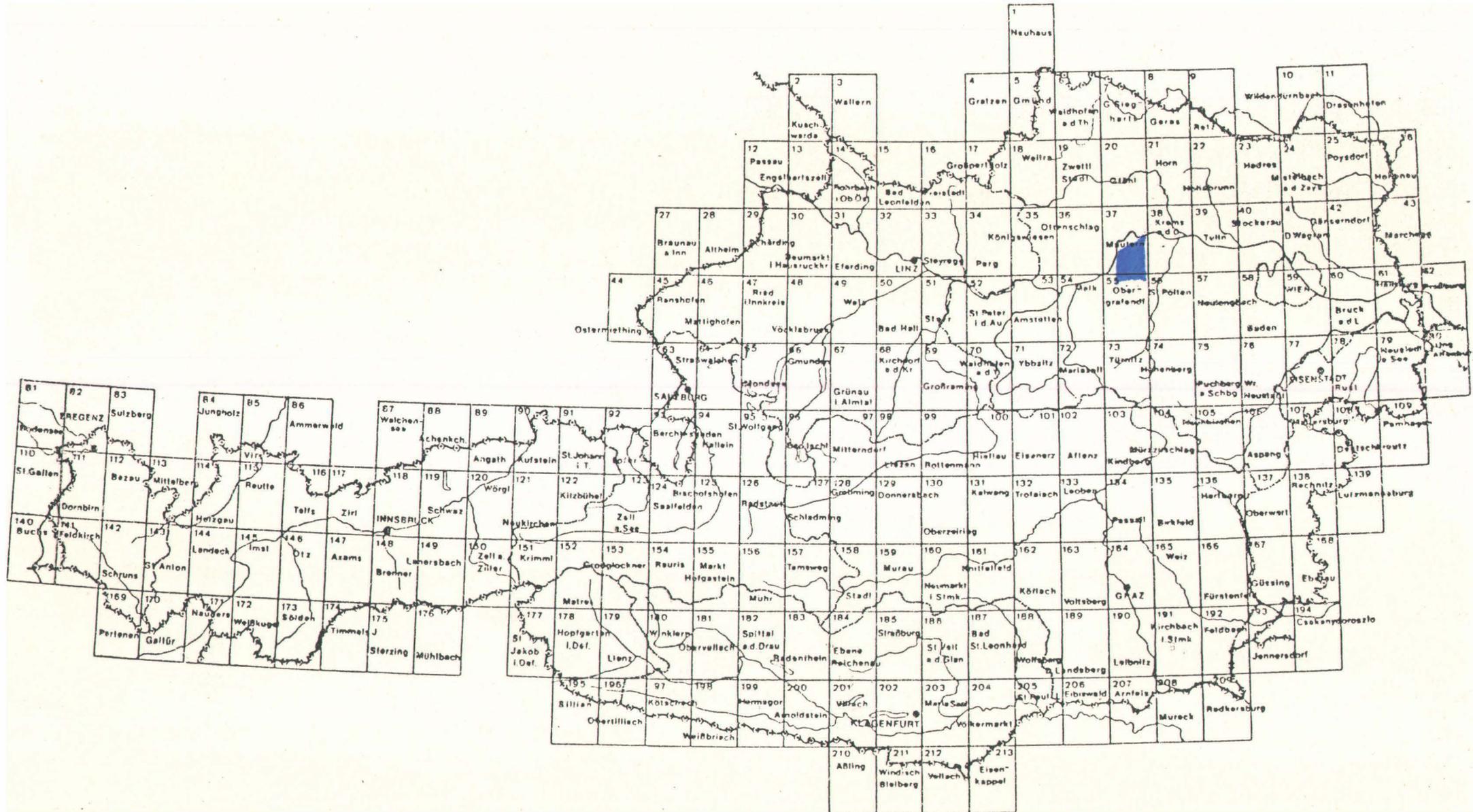
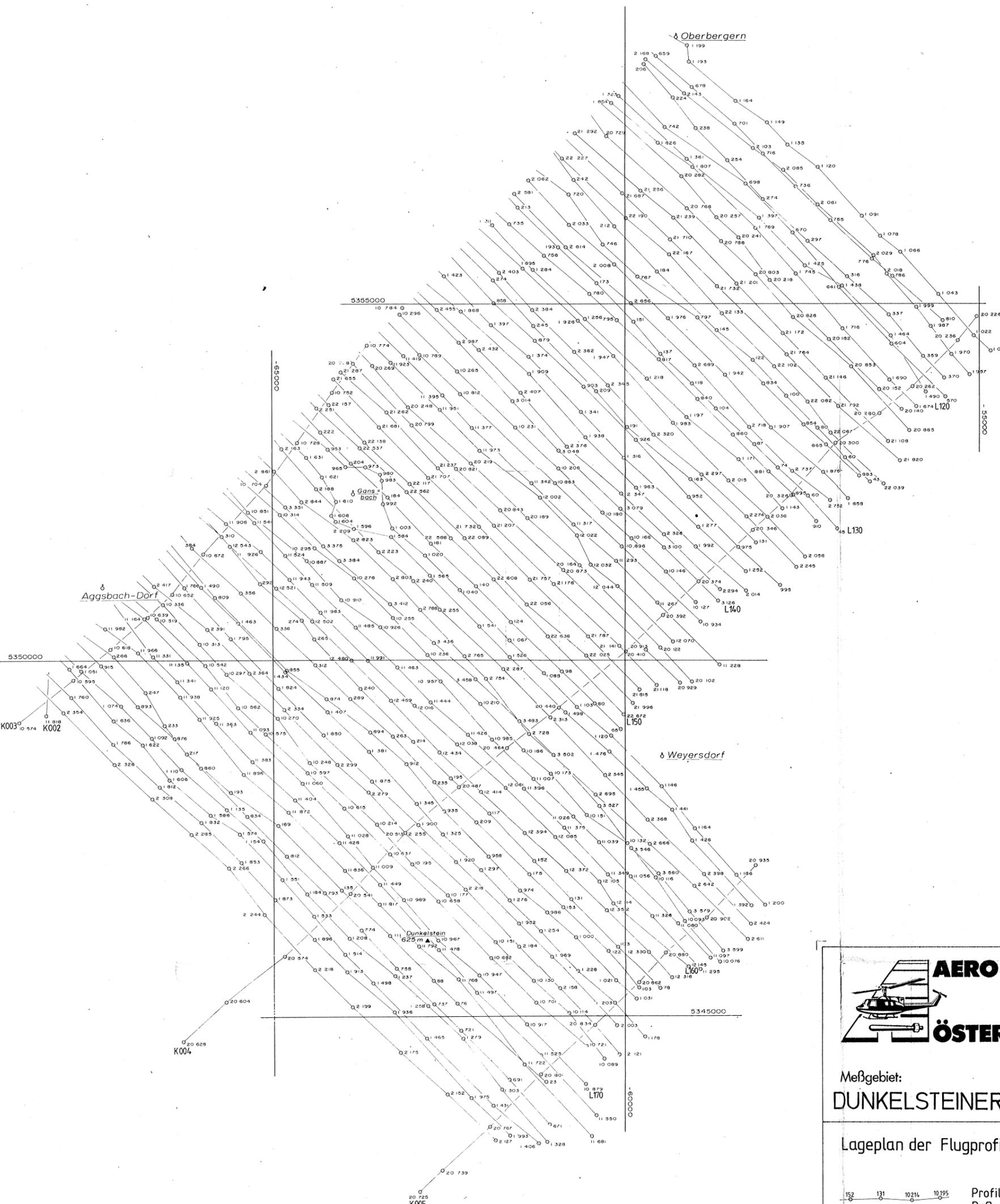


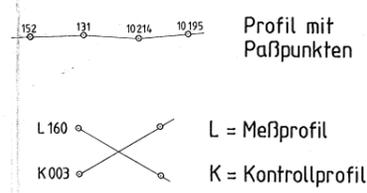
Abb. B4: Der Einfluss der mittleren Bodenneigung (α_0) auf die ΔT -Anomalie; $\delta\alpha$ = komplementäre Öffnungswinkel, Z = Tiefe (km)





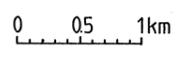
Maßgebiet: **DUNKELSTEINER WALD** Projekt-Nr.: **NC - 6c/81**
 Anlagen-Nr.: **1**

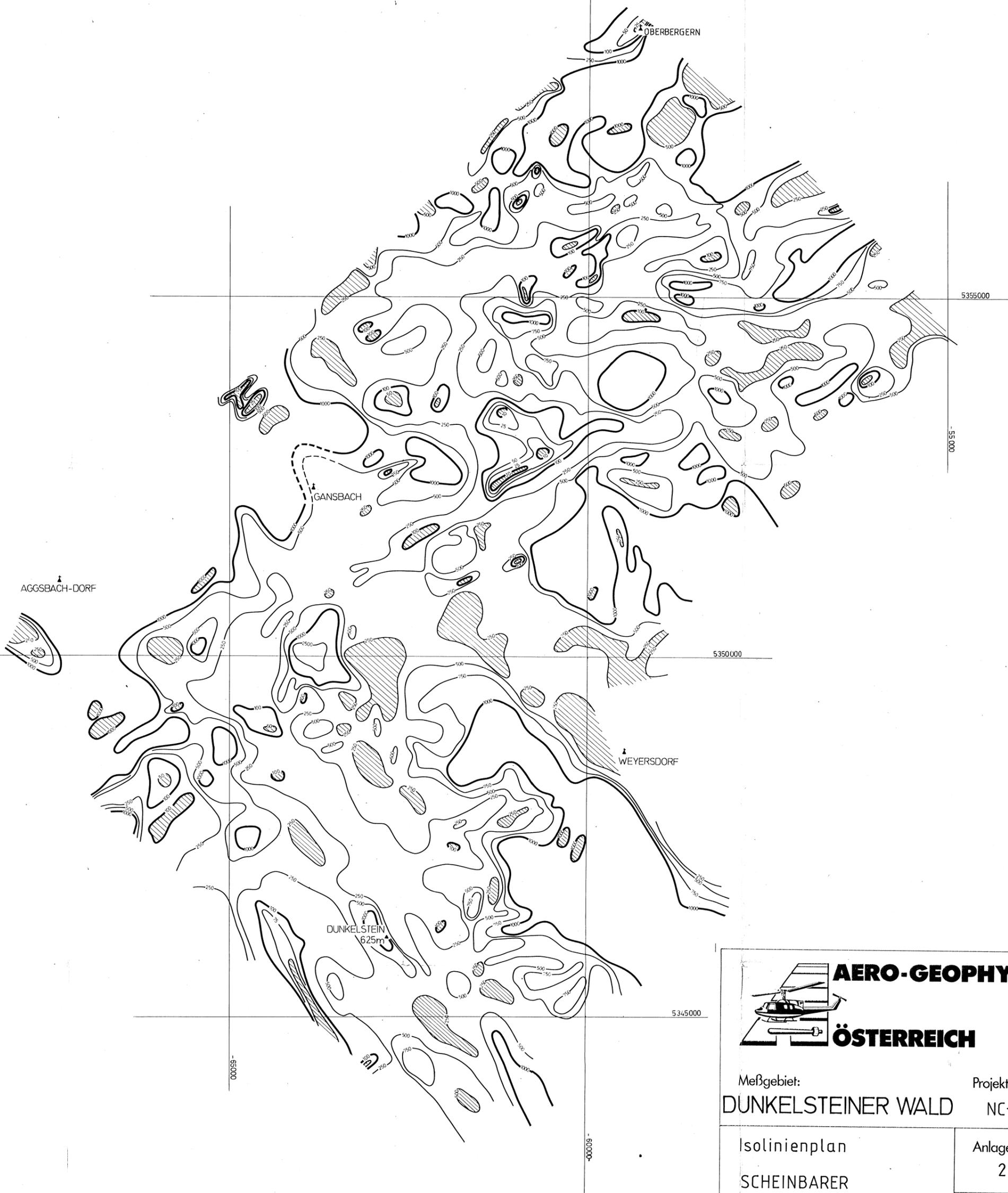
Lageplan der Flugprofile



Maßstab:
1: 25 000
 Koordinaten-System:
 Gauß - Krüger
 der österreichi-
 schen Luftbild-
 karte (Bezugs-
 meridian M 34)

Bearbeiter:
 Seibert, Stauf, Leibnegger,
 Radman, Herdy, Eichberger,
 Wehrle, Rosa, Staudinger,
 Lang, Schabus, Grünang,
 Rataj





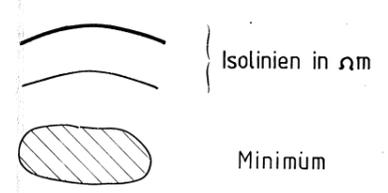
AERO-GEOPHYSIK
ÖSTERREICH

Meßgebiet: **DUNKELSTEINER WALD** Projekt-Nr.: **NC-6c/81**

Isolinienplan
SCHEINBARER
WIDERSTAND

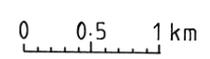
Anlagen-Nr.:
2

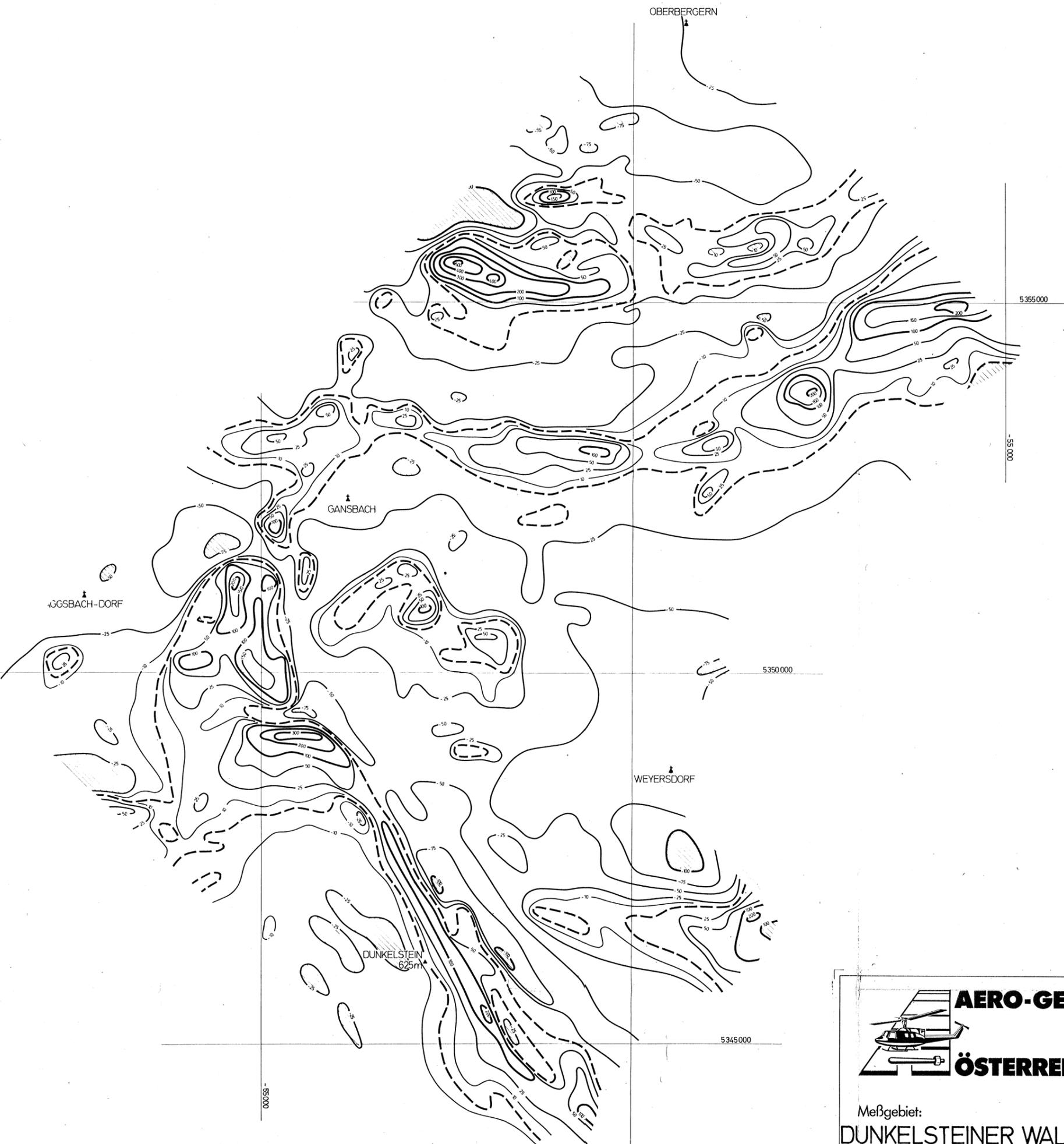
Maßstab:
1 : 25000



Koordinaten-System:
Gauß-Krüger
der österreichischen
Luftbildkarte (Bezugs-
meridian M34)

Bearbeiter:
Seibert, Strauß, Loibnegger,
Radman, Herdy, Eichberger,
Wehrle, Rosa, Staudinger,
Lang, Schabus, Gramang

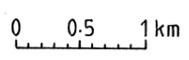
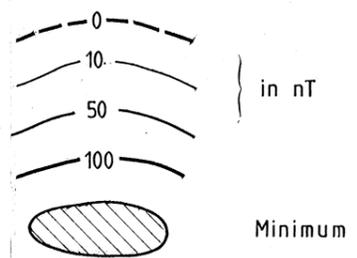




Meßgebiet: **DUNKELSTEINER WALD** Projekt-Nr.: **NC-6c/81**

**Isolinienplan
TOTALINTENSITÄT**

bezogen auf Wien - Kobenzl,
Epoche 1980.0
Regionalfeld: IGRF, Epoche 1977.7

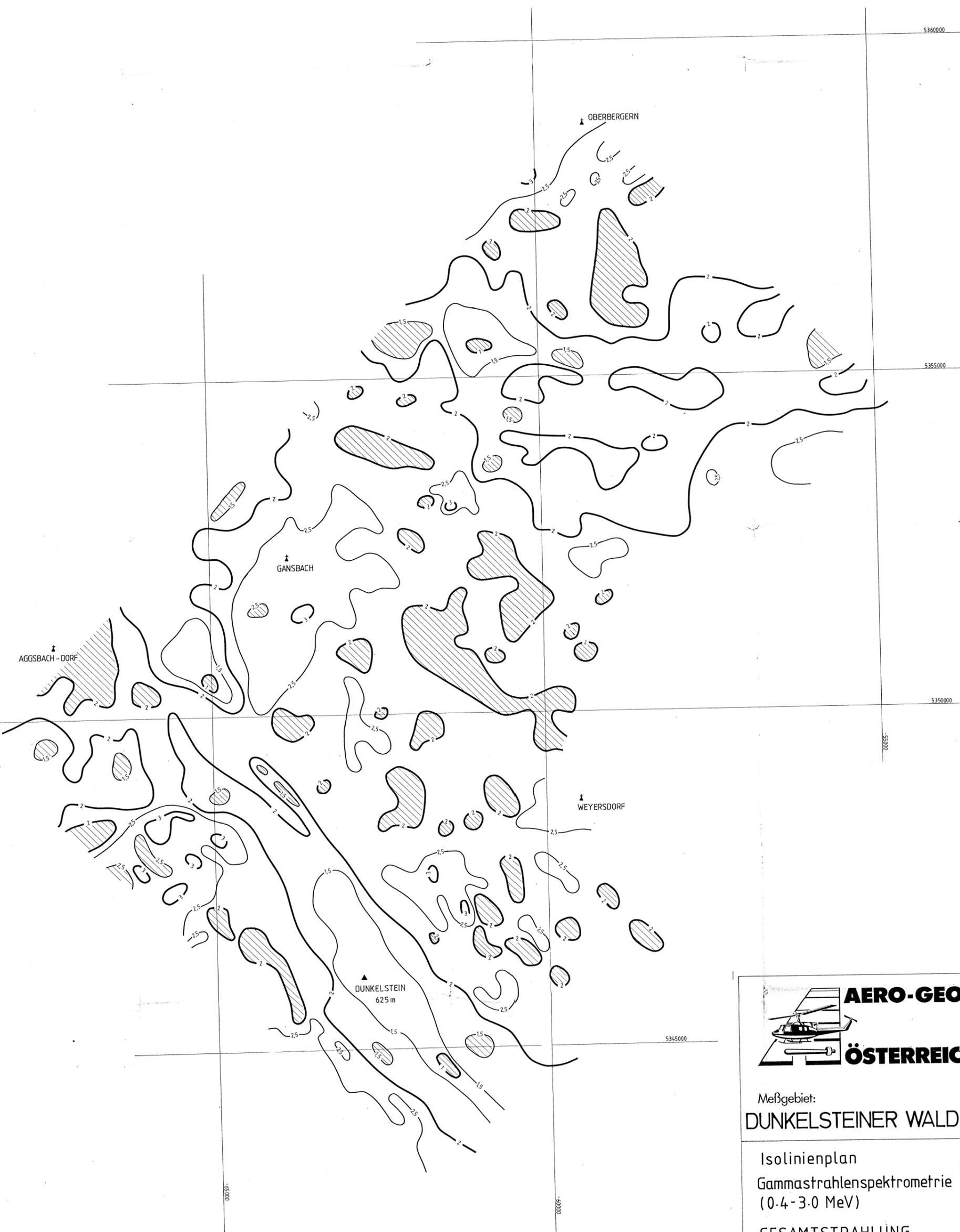


Anlagen-Nr.:
3

Maßstab:
1 : 25000

Koordinaten-System:
Gauß - Krüger
der österreich-
ischen Luftbild-
karte (Bezugs-
meridian M34)

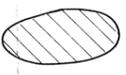
Bearbeiter:
Seiberl, Strauß, Leibnegger,
Radman, Herdy, Eichberger,
Wehrle, Rosa, Staudinger,
Lang, Schabus, Gramang

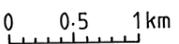


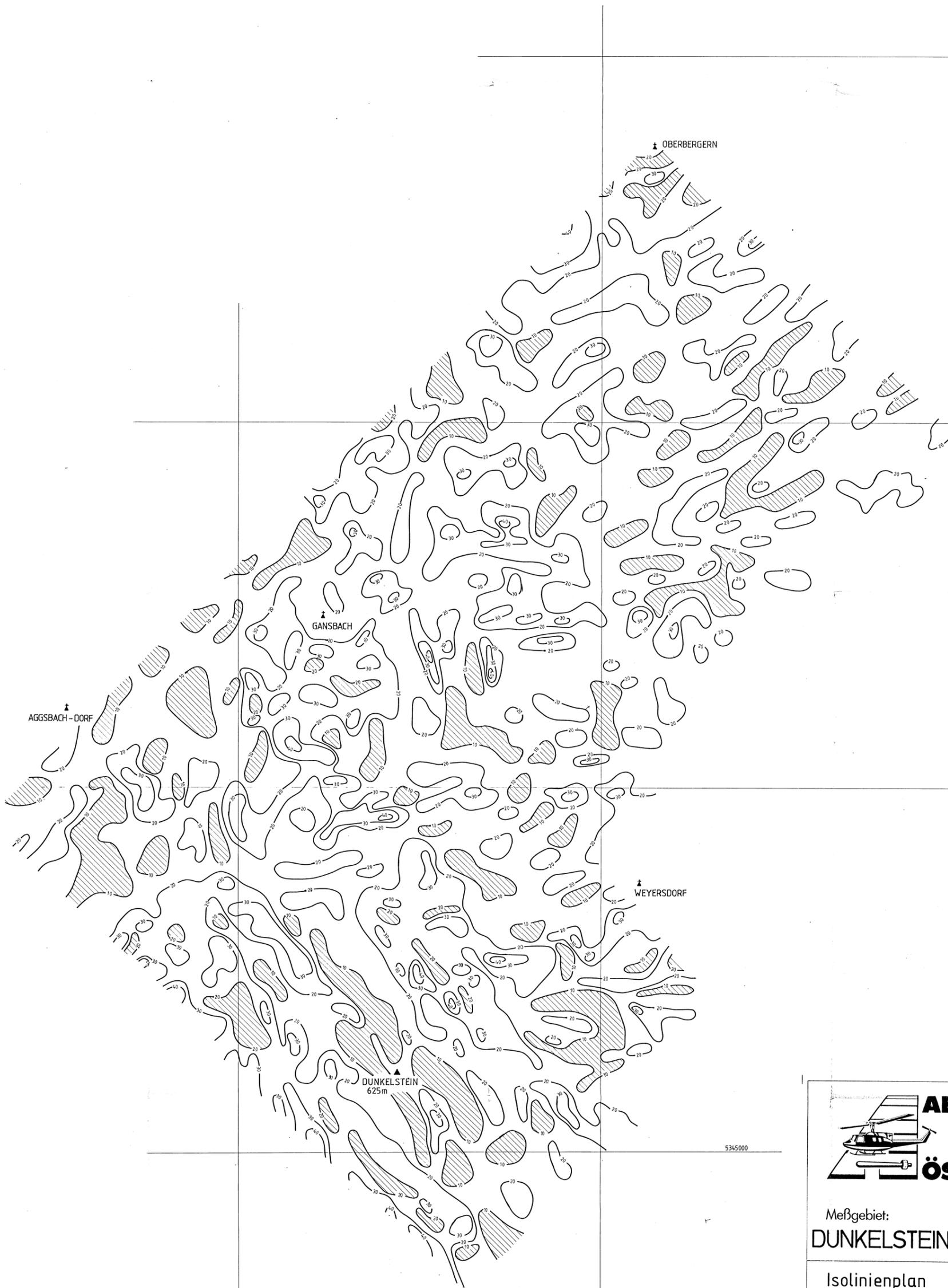


AERO-GEOPHYSIK

ÖSTERREICH

Meßgebiet: DUNKELSTEINER WALD	Projekt-Nr.: NC-6c/81
Isolinienplan Gammastrahlenspektrometrie (0.4 - 3.0 MeV) GESAMTSTRAHLUNG	Anlagen-Nr.: 4
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> <p>— 1 —</p> <p>— 1.5 —</p> </div> <div style="margin-right: 10px;">}</div> <div> <p>Impulsrate in 1000 cps</p> </div> </div> <div style="margin-top: 10px;">  <p>Minimum</p> </div>	Maßstab: 1 : 25000
Koordinaten-System: Gauß - Krüger der österreichischen Luftbildkarte (Bezugs- meridian M34)	
Bearbeiter: <small>Seiberl, Strauß, Leibnegger, Radman, Herdy, Eichberger, Wehrle, Rosa, Staudinger, Lang, Schabus, Gramang</small>	





AERO-GEOPHYSIK

ÖSTERREICH

Meßgebiet:
DUNKELSTEINER WALD

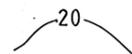
Projekt-Nr.:
NC-6c/81

Isolinienplan
Gammastrahlenspektrometrie
(1.36-1.56 MeV)

Anlagen-Nr.:
5

KALIUM (⁴⁰K)

Maßstab:
1 : 25000



Impulsrate in cps

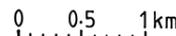


Minimum

Koordinaten-System:
Gauß - Krüger
der österreichischen
Luftbildkarte (Bezugs-
meridian M34)

Bearbeiter:

Seiberl, Strauß, Loibnegger,
Radman, Herdy, Eichberger,
Wahrle, Rosa, Staudinger,
Lang, Schabus, Granang



5360000

5355000

5350000

5345000

5345000



AERO-GEOPHYSIK

ÖSTERREICH

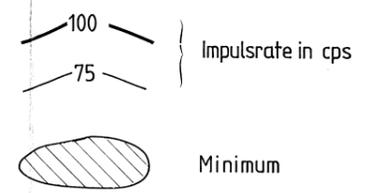
Meßgebiet:
DUNKELSTEINER WALD

Projekt-Nr.:
 NC-6c/81

Isolinienplan
 Gammastrahlenspektrometrie
 (1.67-1.87 MeV)
 URAN (²¹⁴Bi)

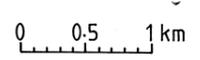
Anlagen-Nr.:
 6

Maßstab:
 1 : 25000



Koordinaten-System:
 Gauß - Krüger
 der österreichischen
 Luftbild-
 karte (Bezugs-
 meridian M 34)

Bearbeiter:
 Seibert, Strauß, Loibnegger,
 Radman, Herdy, Eichberger,
 Wehrle, Rosa, Staudinger,
 Lang, Schabus, Gramang



5360000

5355000

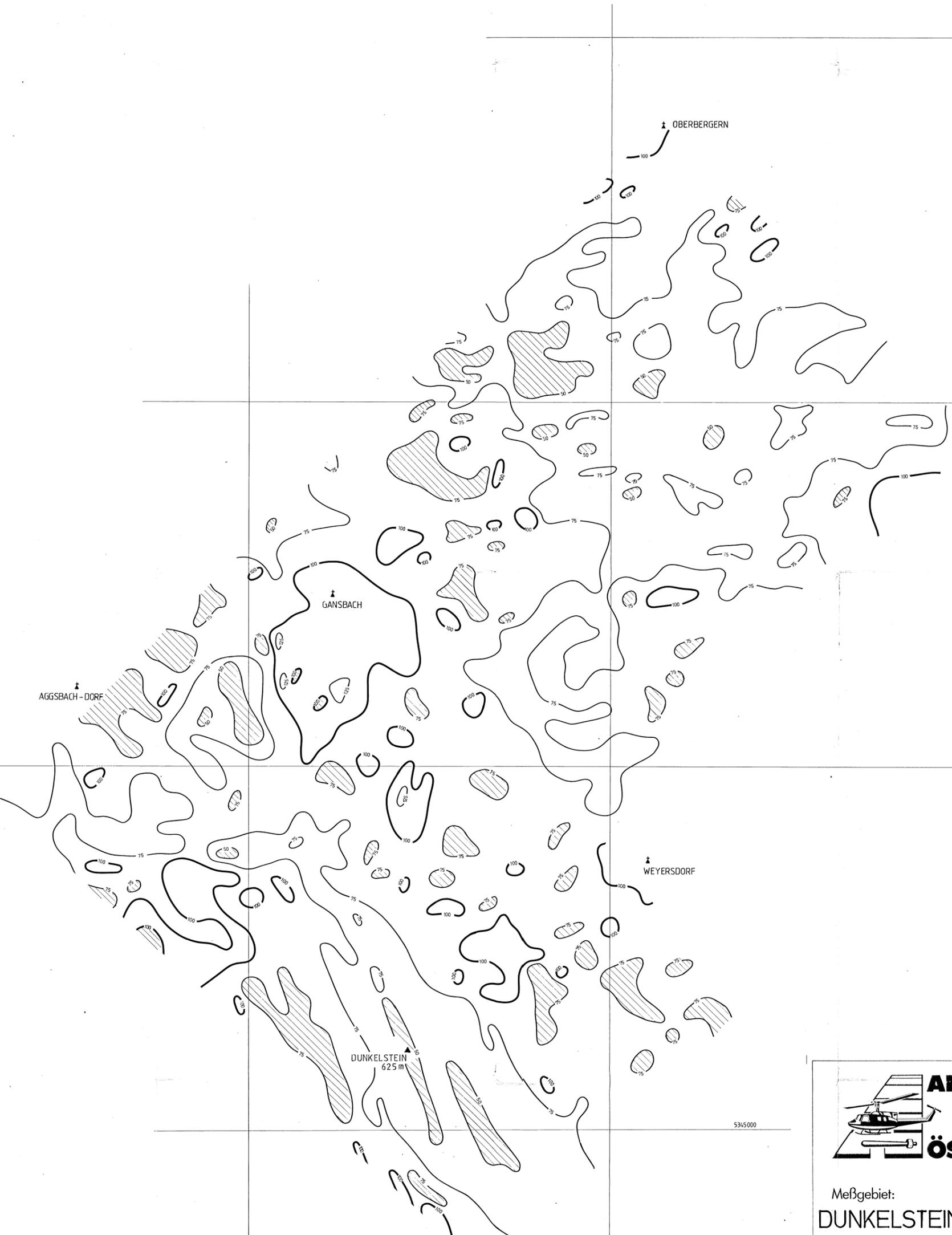
5350000

5350000

5345000

5340000

5335000



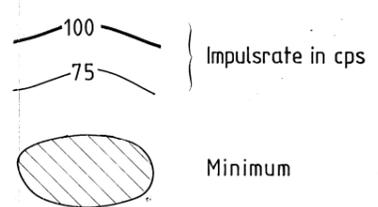
AERO-GEOPHYSIK
ÖSTERREICH

Meßgebiet: **DUNKELSTEINER WALD** Projekt-Nr.: **NC-6c/81**

Isolinienplan
 Gammastrahlenspektrometrie
 (2.42 - 2.83 MeV)
 THORIUM (²⁰⁸Tl)

Anlagen-Nr.:
7

Maßstab:
1:25000



Koordinaten-System:
 Gauß-Krüger
 der österreichischen
 Luftbildkarte (Bezugs-
 meridian M34)

Bearbeiter:
 Seiberl, Strauß, Leibnegger,
 Radman, Herdy, Eichberger,
 Wehrle, Rosa, Staudinger,
 Lang, Schabus, Granang

