

AERO-GEOPHYSIK
ÖSTERREICH

Aerogeophysikalische Vermessung

des

OBEREN ENNSTALES

Gebiet AIGEN

Vollzug des Lagerstättengesetzes

Projekt StC-10/86



GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT

1. Eingangsdatum 1987-07-13	2. Berichtsart Forschungsbericht	3. ARCHIV - Nr. A 06544
4. Titel des Berichtes Aerogeophysikalische Vermessung des Oberen Ennstales- Gebiet Aigen.		5. Standort TEXT R KARTE/BEIL.
		6. Ordnungszahl
		7. A-Z.
11. Verfasser Seiberl, Wolfgang Heinz, Herbert		8. VERTRAULICHKEIT : 3
		9. Abschlußdatum Wien, 1987-04
		10. Veröffentlichungsdatum
12. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Geologische Bundesanstalt FA Geophysik		13. Ber.-Nr. Auftraggeber
		14. Projekt - Code St-C-010/86
		15. Seitenzahlen 38
		16. Literaturangaben
17. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung		18. Abbildungen 13
		19. Tabellen
20. Projekttitel Aerogeophysik Österreich		21. Beilagen 10
		22. Tafeln
23. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)		
ÖK - Bl. - Nr. 98, 129		

Schlagwörter

Ennstal; Aerogeophysik
2
1

Sachbearbeiter 100	BGL et. 9	GEO KART 100	Sicherheitsfilm M. 1164-E
Kopie an Redaktion /	Katalog al. 1	Mikrofilm R	

AEROGEOPHYSIKALISCHE VERMESSUNG
des
OBEREN ENNSTALES
Gebiet Aigen

Vollzug des Lagerstättengesetzes StC-10/86

von
Wolfgang Seiberl
und
Herbert Heinz

Wien, April 1987

Geologische Bundesanstalt

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
1. Projektziel und Ablauf des Projekts	2
2. Planung und Durchführung der Vermessung	3
2.1. Meßausrüstung	3
2.2. Fluglinien	4
2.3. Durchführung der Messungen	4
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	15
3.6.1. Die Quellen der natürlichen Gammastrahlung	15
3.6.2. Korrekturen der Meßdaten	15
3.6.3. Herstellung der Isolinienpläne	18
4. Geologie des Meßgebietes	21
5. Ergebnisse	22
5.1. Widerstandskartierung; Anlagen 2,3,4 und 5	22
5.2. Isoanomalien der Totalintensität ΔT ; Anlage 6	22
5.3. Gammastrahlenspektrometrie	23
5.3.1. Gesamtstrahlung (Total count); Anlage 7	23
5.3.2. Kalium (K^{40}); Anlage 8	23
5.3.3. Uran (Bi^{214}); Anlage 9	23
5.3.4. Thorium (Tl^{208}); Anlage 10	23
6. Empfehlungen	24
7. Literatur	24
8. Verzeichnis der Anlagen	25
9. Anhang	26
A. Einfluß der Hangneigung auf elektromagnetische Messungen aus der Luft	26
B. Einfluß der Topographie auf die Anomalien der magnetischen Totalintensität (ΔT)	36

Zusammenfassung

In der Grenzzone zwischen den Ennstaler Phylliten und den Gesteinen der Grauwackenzone wurden Widerstandsminima gemessen, die mit bekannten Erzvorkommen korrespondieren. Das gleiche gilt für die nordwestlichen Abschnitte des Meßgebietes, wo die Fortsetzung der Anomalien aus dem westlich anschließenden Befliegungsgebiet weiter vermessen wurde.

Im Kristallin wurden vereinzelte wohlbegrenzte Widerstandsminima aufgefunden, die zum Teil mit Bruchsystemen korrelieren und möglicherweise auch auf Erzvorkommen hinweisen. Im Norden und Süden des Gebietes "Aigen" dominieren die aus den westlichen Arbeitsbereichen schon bekannten magnetischen Großstrukturen. Die nördlichere davon hängt zum Teil schon mit der Anomalie des Hochgrößen-Ultramafits zusammen; all diese Strukturen sind durch kleinere Anomalien überlagert.

Mit der Gammastrahlenspektrometrie konnte — abgesehen von erhöhten Zählraten über mächtigeren jüngsten Sedimenten — nur im Thoriumkanal eine Zone höherer Strahlungsintensität im Kristallin erfaßt werden.

1. Projektziel und Ablauf des Projekts

Entsprechend dem Projektantrag wurde als Projektziel definiert, mit Hilfe von aerogeophysikalischen Messungen im Bereich des oberen Ennstales – Gebiet Aigen – geowissenschaftliche Grundlagen für eine gezielte Rohstoffsuche zu erstellen. Das Projektgebiet „Ennstal Aigen“, seine Lage kann der Abb. 1 entnommen werden, schließt unmittelbar an das Meßgebiet „Ennstal Öblarn“ im Osten an.

Die Meßflüge im Raum Ennstal-Aigen konnten programmgemäß im Spätsommer 1986 durchgeführt werden. Dabei wurde ein Feldflughafen bei Irdning als Projektstützpunkt eingerichtet. Mit der Herstellung erster Ergebniskarten konnte im Frühjahr 1987 begonnen werden. Die Fertigstellung letzterer wurde im Mai 1987 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 5D-HU, durchgeführt.

Die Meßausrüstung hat folgende Komponenten:

- 1) Ein elektromagnetisches Mehrfachspulensystem vom Typ DIGHEM-II. Das System induziert elektrische Ströme im Untergrund, deren Magnetfeld (= sekundäres Feld) gemessen wird. Die beiden Sender (mit horizontaler bzw. vertikaler Spulenachse) arbeiten mit zwei unterschiedlichen Frequenzen, 900 Hz (T1R1) und 3600 Hz (T2R2). Das sekundäre Magnetfeld wird mit zwei Empfangsspulen aufgenommen, die die gleiche Lage wie die Sendespulen haben ("maximale Kopplung") und 7,98 m von diesen entfernt sind. Sender und Empfänger sind in einer etwa 10 m langen Flugsonde ("bird") untergebracht, die an einem 30 m 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 20 m 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 (Autamax 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. Dieses Gerät kam erst im Spätsommer 1986 im Meßgebiet zum Einsatz.

- 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 Richtungen wurde für die Fluglinien gewählt:

Meßprofile	...	0° → 180°
		120° → 300°
Kontrollprofile	...	35° → 215°
		90° → 270°

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

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

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

2.3. Durchführung der Messungen

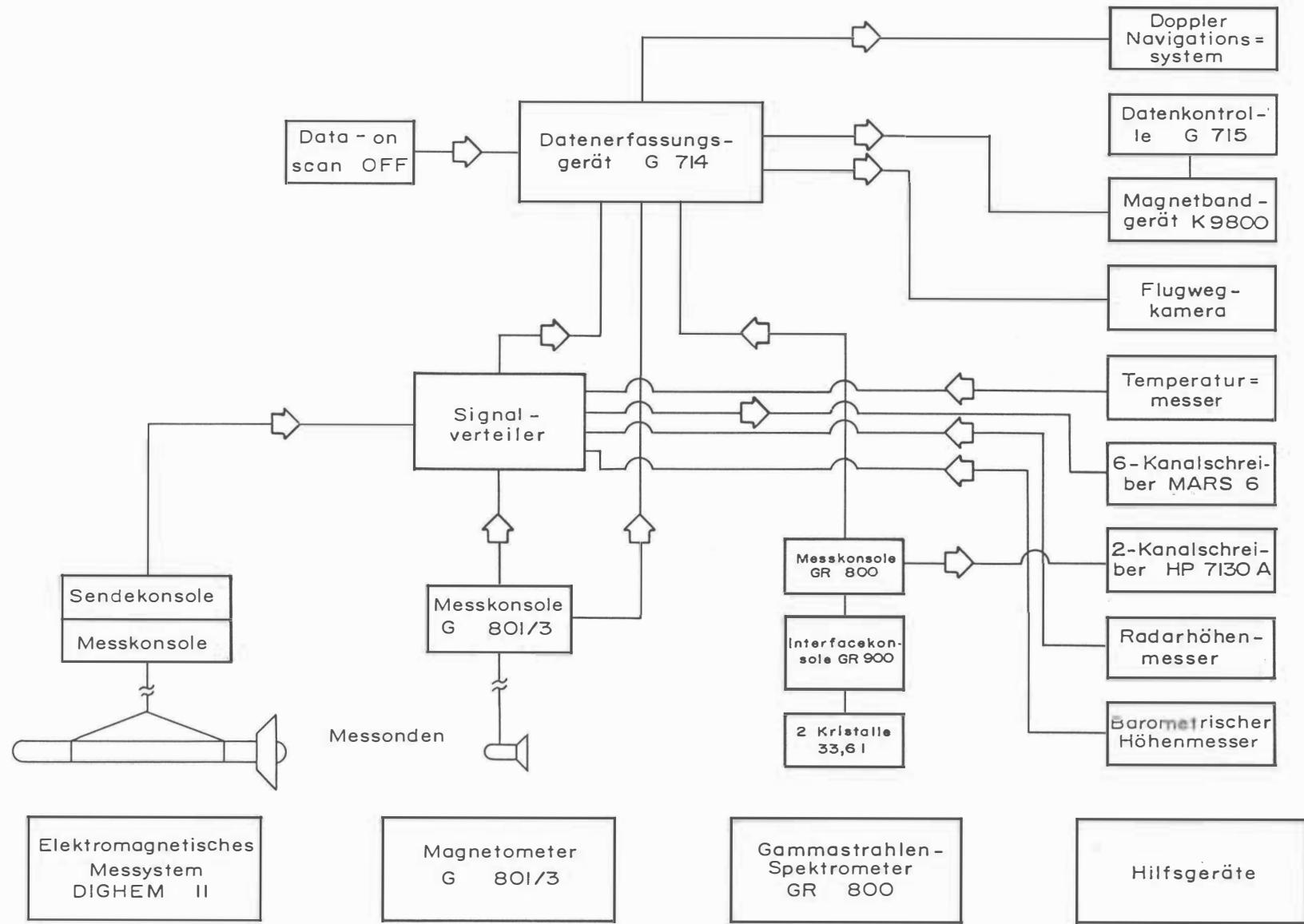
Navigationsunterlagen: Als Navigationsunterlage diente die Österreichische Karte im Maßstab 1 : 50 000, auf der die Sollagen der Meßprofile eingetragen wurden.

Kontrolle der Geräte: Vor jedem Meßflug wurde eine Eichung des Gammastrahlenspektrometers sowohl mit einer Cäsium- (Cs^{137}) als auch mit einer Thoriumquelle (Tl^{208}) 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 relativ schwierigen topographischen Verhältnisse im oberen Ennstal 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 80 m angestrebt. Das entspricht folgenden Meßhöhen über Grund für die Sensoren der geophysikalischen Geräte:

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

Abb. 2: Datenfluß des Hubschrauber-Meßsystems



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).

In den Wenden zwischen den Meßprofilen ist es notwendig, die Flughöhen für jeweils ca. 1 min auf etwa 350 m 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 11 Meßflüge absolviert, wobei ein sogenannter "Steigflug", bei dem die Höhenabhängigkeit der Gammastrahlenenergie im Meßgebiet bestimmt wird, inkludiert ist.

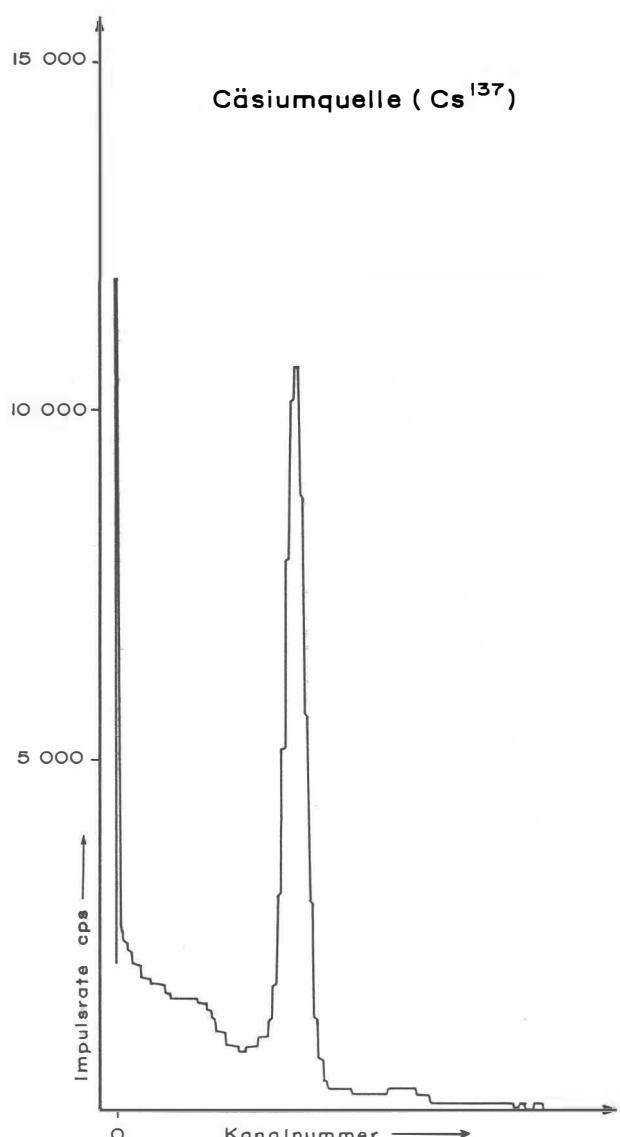


Abb. 3: GR-800 Gammastrahlenspektrometer (Kristall I) Spektralregistrierung (10. 6. 1983) — Cäsiumquelle (Cs¹³⁷)

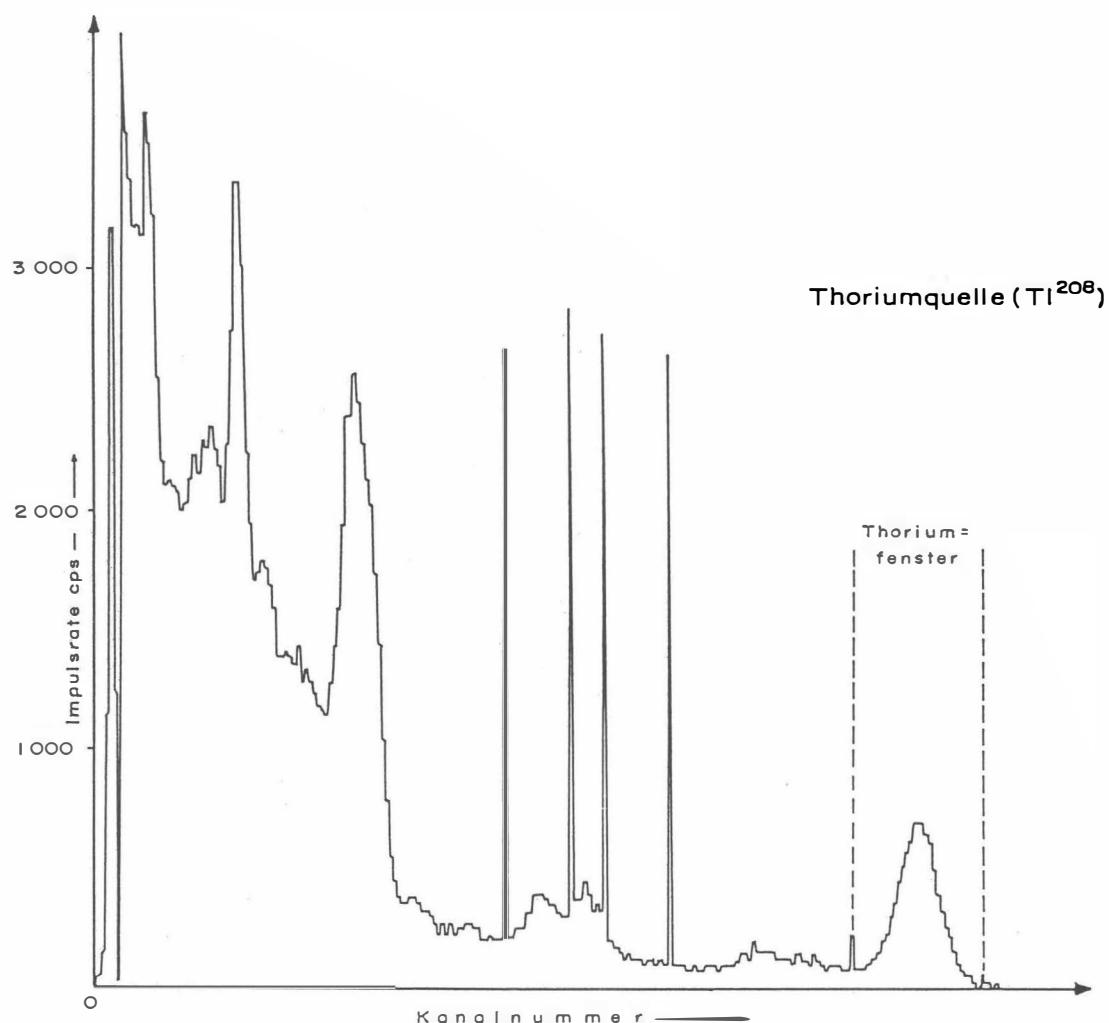


Abb. 4: GR-800 Gammastrahlenspektrometer (Kristall I) Spektralregistrierung (10. 6. 1983) — Thoriumquelle (Tl^{208})

2.4. Personal

Bei der Durchführung der aerogeophysikalischen Arbeiten im oberen Ennstal waren folgende Personen beteiligt:

Geologische Bundesanstalt/Universität Wien:

Univ. Prof. Dr. Wolfgang Seiberl

Geologische Bundesanstalt:

Dr. Herbert Heinz

Österreichische Akademie der Wissenschaften:

Dr. Udo Strauß

Dipl. Ing. Alexander Biedermann

Mag. Robert Köhazy

Mag. Christoph Puchner

Norbert Blaumoser

Horst Eichberger

Maria Loibnegger

Andreas Stern

Bundesministerium für Landesverteidigung:

Michael Mück

Peter Lang

Harald Rosa

Robert Staudinger

Rainer Wehrle

Harald Gramang

Franz Kalaschek

Oskar Schabus

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

3. Datenverarbeitung und Kartenherstellung

3.1. Aufgabe der ADV

Die Verarbeitung der Meßdaten des Untersuchungsgebietes "Oberes Ennstal – Aigen" fand in Wien statt, wobei die Rechenanlage des lokalen Rechenzentrums der Universität Wien (IBM 3083-JX1) 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, kontrolliert und für eine weitere Verwendung archiviert.

3.3. Flugwegdaten

Die Flugwege (Anlage 1) sämtlicher Profile wurden für das Meßprogramm 1983 über die Flugwegfilme an Hand mehrerer Paßpunkte rekonstruiert. Beim Meßprogramm 1986 standen zusätzlich die über das Navigationssystem auf Magnetband aufgezeichneten Flugwegkoordinaten zur Verfügung. 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	
Quadratur (Imaginär)	Komponente Q

des Magnetfeldes der im Untergrund induzierten Ströme für die Sendefrequenzen von 900 Hz und 3600 Hz 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 wurden durch eine handische Konturierung Isolinienpläne des scheinbaren Widerstandes (ρ_a) hergestellt, wobei Zonen geringer ρ_a -Werte schraffiert wiedergegeben wurden (Anlage 2 und 3). Die Isolinien für die 3600 Hz-Widerstandswerte wurden für $\rho_a > 1000 \Omega\text{m}$ im Abstand von 500 Ωm

(z.B.: 500, 1000, 2000 Ωm) gezeichnet, während für $\rho_a < 1000 \Omega\text{m}$ variable Isolinienabstände gewählt wurden. Eine ähnliche Isoliniendarstellung wurde auch für die Daten der 900 Hz-Meßanordnung gewählt.

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 $\rho_a \leq 750 \Omega\text{m}$ (900 Hz) bzw. $\leq 2000 \Omega\text{m}$ (3600 Hz) gilt. Dabei wurden aber nur solche Amplituden von R und Q berücksichtigt, für die die Schwellwerte $\geq 5 \text{ ppm}$ waren.

In den Anlagen 4 und 5 sind die Tiefenlinienpläne für die scheinbaren Tiefen d_a für die 3600 Hz- bzw. 900 Hz-Daten wiedergegeben. Dabei erfolgt die Tiefenangabe in Metern.

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 100 m) 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 – 150 m zu erreichen.

3.5. Kartierung der anomalen magnetischen Totalintensität (ΔT)

In der Anlage 6 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 herröhrt, 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 Kapitel 3.4.1. näher erläutert. Wegen der starken Dynamik des anomalen Magnetfeldes sind die Isolinien (5 nT, 10 nT, 50 nT, 100 nT) mit verschiedenen Strichstärken dargestellt.

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 K⁴⁰.

Aus dem gesamten Energiespektrum der Gammastrahlung werden die für diese Elemente charakteristischen Energieintervalle (Fenster) verwendet — die Bereiche der Photopeaks von K⁴⁰ (bei 1,46 MeV), des U-Tochterprodukts Bi²¹⁴ (1,76 MeV) und des Th-Tochterprodukts Tl²⁰⁸ (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-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 unbekannten Gehalt der

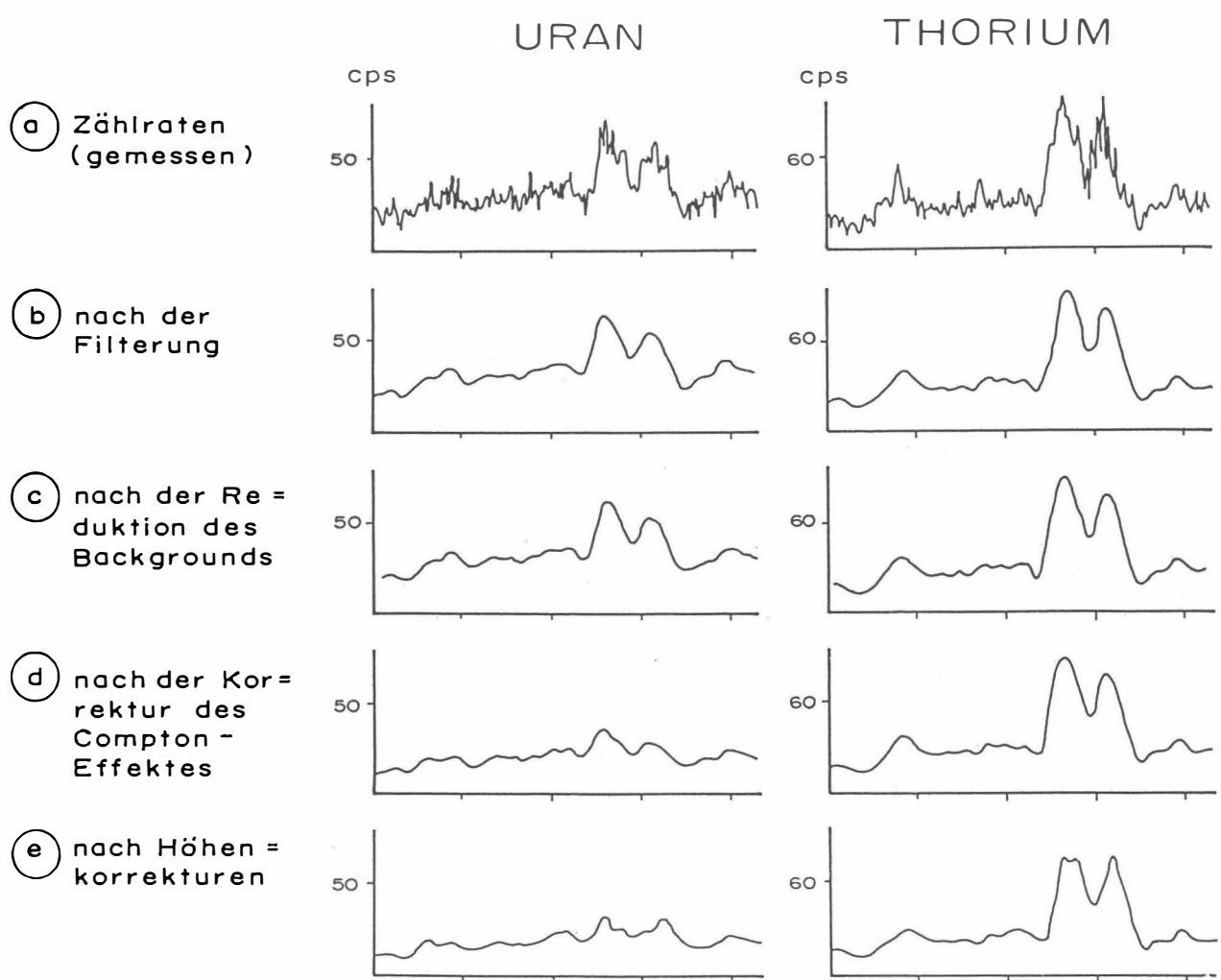


Abb. 5a – e: Darstellung der Korrekturschritte in der Gammastrahlenspektrometrie.

Luft an Radon²²² verfälscht. Es werden daher standardmäßig Steigflüge im Meßgebiet durchgeführt, 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 30 m bis 300 m über Grund folgende Mittelwerte:

$\mu(\text{Total})$	=	0,001780
$\mu(\text{Kalium})$	=	0,001310
$\mu(\text{Uran})$	=	0,000649
$\mu(\text{Thorium})$	=	0,001055

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

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

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

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

Durch den Reaktorunfall in der UdSSR wurden — vor allem durch starke Regebfälle — mehrere Gebiete in Österreich erheblich mit radioaktiven Spaltprodukten belastet. Dazu zählt auch der Bereich der Niederen Tauern südlich von Aigen im Ennstal (BUNDES-MINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT UND UMWELTSCHUTZ, 1986). Wie man der Abbildung 6 entnehmen kann, wurden dabei hauptsächlich Isotope mit größeren Halbwertszeiten abgelagert, die Gammastrahlenquanten mit Energien bis maximal 1,0 MeV emittieren (Ru^{103} 0,49 MeV; Cs^{137} 0,61 MeV; Cs^{134} 0,66 MeV; Cs^{134} 0,79 MeV). Aus diesem Grund wird nur die Gesamtstrahlung durch die Folgen von Tschernobyl beeinträchtigt. Die Energiemaxima in der Abb. 6 bei 1,46 MeV (K^{40}) und 2,48 MeV (Tl^{208}) sind auf natürliche Ursachen zurückzuführen.

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 Zähldifferenzen über dem gesamten Meßbereich ausgeglichen. Trotzdem war es nicht immer möglich, alle klimatischen Einflüsse zu beseitigen.

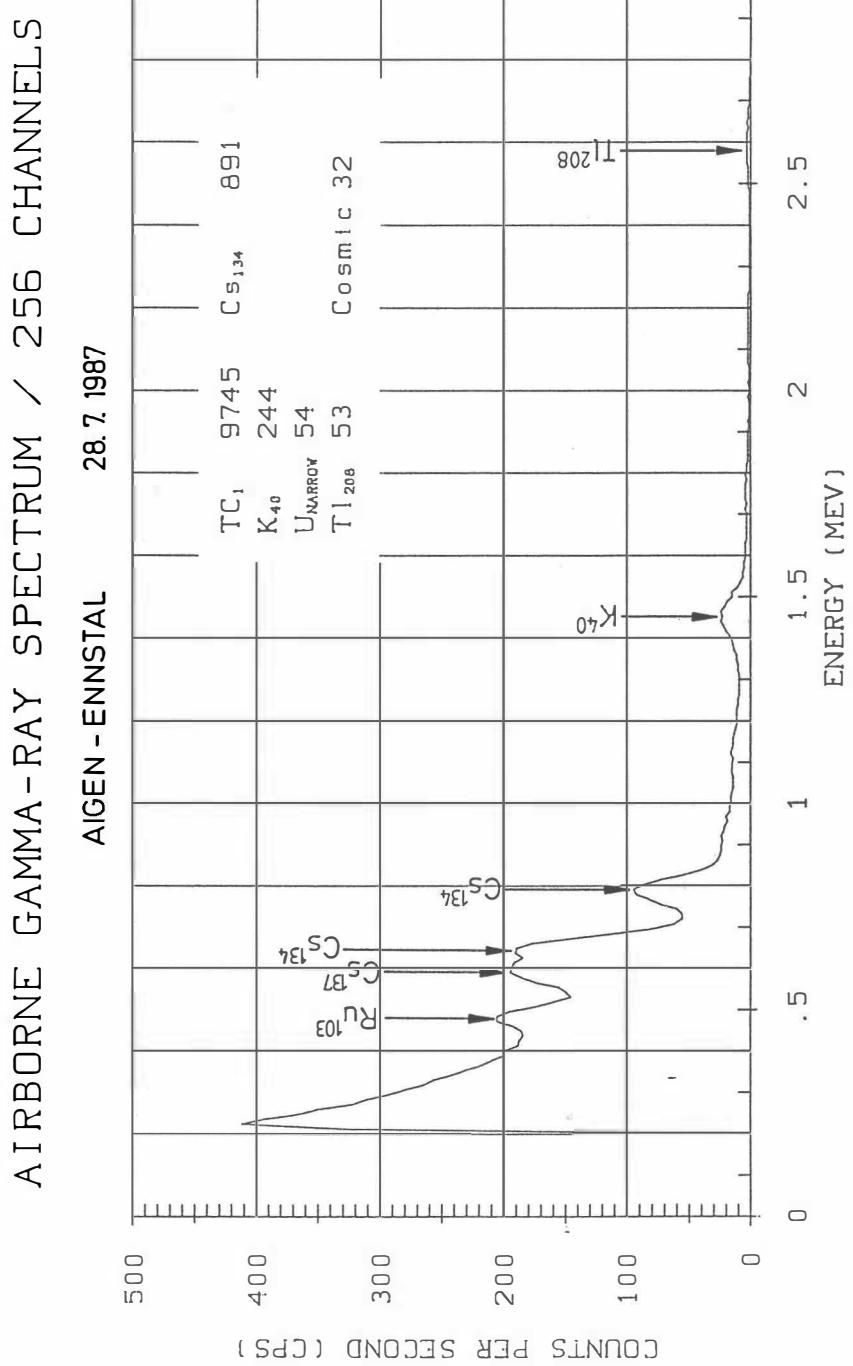


Abb. 6: Spektrum der Gammastrahlenenergie (MeV) im Bereich des Flugfeldes Aigen im Ennstal

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 7)	... 1,0 kcps (kcps = kilocounts/s)
Kalium (Anlage 8)	... 25 cps (cps = counts/s)
Uran (Anlage 9)	... 20 cps
Thorium (Anlage 10)	... 10 cps

Eine zusätzliche Problematik von Gammastrahlenmessungen in topographisch schwierigem Gelände stellt die Abweichung von einer horizontalen Meßebene (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

Als östliche Fortsetzung des Gebietes "Öblarn" (SEIBERL et al., 1987) umfaßt das beflogene Gebiet "Aigen" im wesentlichen den nordwestlichen Teil der Blattschnittkarte 1 : 50 000, 129, Donnersbach. Im Nordteil dominieren die Ennstaler Phyllite, den südlichen Teil bauen vor allem die Wölzer Glimmerschiefer auf. Diese Glimmerschiefer als Hauptgestein der Muriden sind bezüglich ihrer Metamorphose in einen südlichen, höhermetamorphen und einen nördlichen, schwächermetamorphen Komplex gliederbar. Im Meßgebiet, dessen Südgrenze etwa durch den Breitengrad von Donnersbachwald gebildet wird, ist lediglich die letztere Glimmerschieferabart vertreten, die als "Plannertypus" bezeichnet wird (METZ, 1967, 1980). Es sind feinkristalline Glimmerschiefer mit phyllitischem Erscheinungsbild, die neben hornblendereichen, grünen Schieferlagen auch Hornblendegarbenschiefer und Karbonatlagen enthalten. Die Begrenzung dieser Glimmerschiefer zu den nördlich gelegenen Ennstaler Phylliten ist schwer erfaßbar; die Überlagerung ist nach METZ ,l.c. eine tektonische, die durch Metamorphoseereignisse stark verwischt ist; überdies seien beide Gesteinstypen durch rückschreitende Metamorphose Konvergenzerscheinungen unterworfen worden.

Dieser Grenzbereich zeigt vorwiegend Südfallen; charakteristisch sind hier auch die tektonischen Einschaltungen von Kalk- bzw. Dolomitmarmoren vom Typ Sölk–Gumpeneck. Im Ostteil des Meßgebietes, wo beide Gesteinsserien (Glimmerschiefer und Phyllite) an die Masse des Seckauer Kristallins grenzen, treten vermehrt eingeschuppte Karbonate (ebenfalls Kalk- und Dolomitmarmore) auf. Gekennzeichnet sind diese "Möllbegg–Schuppen" durch Quarzsand- und Hornsteinknollenführung. Aus faziellen Gründen werden sie häufig als "zentralalpines Mesozoikum" angesehen.

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

5. Ergebnisse

5.1. Widerstandskartierung; Anlagen 2, 3, 4 und 5

Aus dem westlichen Anschlußmeßgebiet "Öblarn" (SEIBERL et.al.,1987) setzt sich die dort mit W2 bezeichnete Zone guter Leitfähigkeit in den Nordwestteil des Gebietes "Aigen" fort. Die relativen Minima im Bereich um die Ortschaft Donnersbach sind wohl zum Großteil als weitere Fortsetzung dieser anzusehen; eine durchgehende Verbindung ist aufgrund der Lücke über dem ausgesparten Ortsgebiet nicht zu erfassen. Durchwegs ist der hier betrachtete Bereich vor allem mit kohlenstoffreichen Gesteinszügen (Graphitphyllite etc.) durchzogen. Ein Anteil allerdings ist sicher durch künstliche Ursachen erklärbar (z.B. Schlepplifte östlich von Donnersbach).

Ein sehr ausgeprägtes und auch ziemlich ausgedehntes Minimum befindet sich am Nordostrand des Gebietes (unter 25 bis unter 50 Ωm , vgl. Anlagen 2 und 3). In einem ziemlich stark verschuppten und tektonisierten Schichtstapel grenzen hier Ennstaler Phyllite und Gesteine der Grauwackenzone aneinander. — Ähnlich den Verhältnissen im Grenzbereich Glimmerschiefer/Ennstaler Phyllite ist auch in diesem Fall eine Grenzziehung nicht eindeutig möglich. Die Minima sind auf stark tektonisierte Zonen, die hier stark verbreiteten kohlenstoffreichen Phyllite und z.T. wohl auch auf die Grünschieferschuppen im Verband mit den Ennstaler Phylliten oder Grauwackengesteinen beschränkt.

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

Ostnordöstlich von Donnersbach wurden, vorwiegend über ausgedehnteren glazigenen Sedimenten und Hangschuttmassen, Widerstände um 25 Ωm gemessen. Von besonderer Relevanz dürften diese Anomalien jedoch nicht sein, die quartären Sedimente sind hier relativ mächtig (vgl. Anlagen 4 und 5), sie erreichen etwa 30 m Dicke. Größere Bedeutung sollte den relativen Minima im Bereich der (eindeutigen) Wölzer Glimmerschiefermassen zugemessen werden. In unmittelbarer Nähe des Meßgebietes (vor allem im Südosten desselben) sind vorzugsweise an Mylonitzonen, die mit der Bruchtektonik in Zusammenhang stehen, Erzvorkommen gebunden, deren bekannteste wohl jene vom Pusterwald sind (vgl. THURNER, 1955 u.a.); einige der Minima folgen Bruchverläufen und verdienen daher nähere Untersuchungen.

5.2. Isoanomalien der Totalintensität ΔT ; Anlage 6

Das magnetische Muster wird von einer großen Fläche anomalen Feldverlaufes bestimmt, die sich vom Nordostabschnitt des Meßgebietes "Öblarn" (SEIBERL et al., 1987) in das gegenständliche Meßgebiet fortsetzt und dessen nördlichen und zentralen Teil einnimmt. — Diese Struktur gehört zu der Anomalienkette, die sich vom südöstlichen Salzburg/Nordkärnten bis weit nach Osten (Semmering/Wechsel bzw. Rechnitz/Bernstein)

verfolgen läßt (HEINZ et al., 1987a, b). Zum Großteil macht sich hier der westliche Teil der ausgedehnten Anomalie des Hochgrößen-Ultramafitkomplexes bemerkbar. Überlagert werden die Großstrukturen jedoch sichtlich von Anomalien wesentlich geringerer Amplitude (kleinere Störkörper geringer Tiefe bzw. oberflächlich aufgeschlossen). Dafür kommen am ehesten die Grüngesteinszüge in den Ennstaler Phylliten in Frage.

Auch die West-Ost verlaufende Anomalienkette im Kristallin setzt sich von Westen her in das Meßgebiet fort (siehe SEIBERL et al., 1987a, b; HEINZ et al., 1987b). Diese Anomalien sind auf die intrakristallinen Grüngesteinskomplexe relativ geringen Tiefganges zurückzuführen.

5.3. Gammastrahlenspektrometrie

5.3.1. Gesamtstrahlung (Total count); Anlage 7

Die Auswirkungen des Reaktorunfalles von Tschernobyl Ende April 1986 machen sich in der Gesamtstrahlung durch erhöhte Werte bemerkbar (vgl. Anlage 7). Die Ergebnisse aus den Energiefenstern für U, Th bzw. deren Tochterprodukte und K⁴⁰ (alle über 1,0 MeV) werden dadurch nicht beeinträchtigt (vgl. Kapitel 3.6.2.).

5.3.2. Kalium (K⁴⁰); Anlage 8

Maxima:	über 200 cps
Minima:	unter 75 cps

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

5.3.3. Uran (Bi²¹⁴); Anlage 9

Maxima:	über 50 cps
Minima:	unter 20 cps

Auch die Maxima der Zählraten im Urankanal liegen über den jüngsten Ablagerungen. Der Backgroundwert wird fast nirgends um das Zweifache überschritten.

5.3.4. Thorium (Tl²⁰⁸); Anlage 10

Maxima:	über 70 cps
Minima:	unter 20 cps

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

6. Empfehlungen

Vorgeschlagen werden folgende Untersuchungen:

- Bodengeophysik (EM, evtl. IP), lagerstättenkundliche Detailuntersuchungen, Geochemie-Gesteinschemie im Bereich Vorberg (nordöstlich von Donnersbach).
- Detaillierte geophysikalische und lagerstättenkundliche Untersuchungen, gekoppelt mit geochemischen Methoden in den Gebieten relativ guter Leitfähigkeit in den Wölzer Glimmerschiefern (speziell der bruch-/störungsnahen Abschnitte).
- Genauere Erfassung der kleineren, überlagernden magnetischen Anomalien im Norden des Meßgebietes.

7. Literatur

BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT UND UMWELTSCHUTZ: Tschernobyl und die Folgen für Österreich. — Ber. Umweltbundesamt, Wien 1986.

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

HEINZ, H., BIEDERMANN, A., KÖHAZY, R. & SEIBERL, W.: Auswertung aeromagnetischer Daten im Burgenland. — Proj. Ber. BC-2d/84, Geol. B.-A., Wien 1987.

HEINZ, H., BIEDERMANN, A. & SEIBERL, W.: Auswertung aeromagnetischer Daten aus der Steiermark. — Proj. Ber. StC-20a/85, Geol. B.-A., Wien 1987b.

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.

METZ, K.: Zum Problem einer Seriengliederung der Wölzer Glimmerschiefer. — Miner. Mittbl. Joanneum, 1967, H 1 – 2, Graz 1967.

METZ, K.: Erläuterungen zu Blatt 129 Donnersbach. — Geol. B.-A., **98**, Wien 1980.

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

SEIBERL, W. & HEINZ, H.: Aerogeophysikalische Vermessung des oberen Ennstales (Gebiet Öblarn). — Proj. Ber. StC-1e/83, FGJ, Leoben – Wien 1987a.

SEIBERL, W. & HEINZ, H.: Aerogeophysikalische Vermessung des oberen Ennstales (Gebiet Pruggern). — Proj. Ber. StC-10/80, FGJ, Wien-Leoben 1987b.

SENGPIEL, K.P.: Hubschraubergeophysik in der westlichen Grauwackenzone Österreichs. — Ber. BGR und Geol. B.-A., Hannover-Wien 1985.

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

THURNER, A.: Die Geologie des Erzfeldes westlich Pusterwald ob Judenburg. — Jb. Geol. B.-A., 98, Wien 1955.

8. Verzeichnis der Anlagen

1. Lageplan der Flugprofile
2. Isolinienplan scheinbarer Widerstand ρ_a , 3600 Hz
3. Isolinienplan scheinbarer Widerstand ρ_a , 900 Hz
4. Isolinienplan scheinbare Tiefe d_a , 3600 Hz
5. Isolinienplan scheinbare Tiefe d_a , 900 Hz
6. Isolinienplan Totalintensität ΔT
7. Gammastrahlenspektrometrie: Gesamtstrahlung
8. Gammastrahlenspektrometrie: Kalium (K^{40})
9. Gammastrahlenspektrometrie: Uran (Bi^{214})
10. Gammastrahlenspektrometrie: Thorium (Tl^{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. 200 m) und eine ebene Oberfläche hat,
- (2) der Untergrund bezüglich der Leitfähigkeit homogen ist,
- (3) der Abstand vom Mittelpunkt des Meßsystems 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.

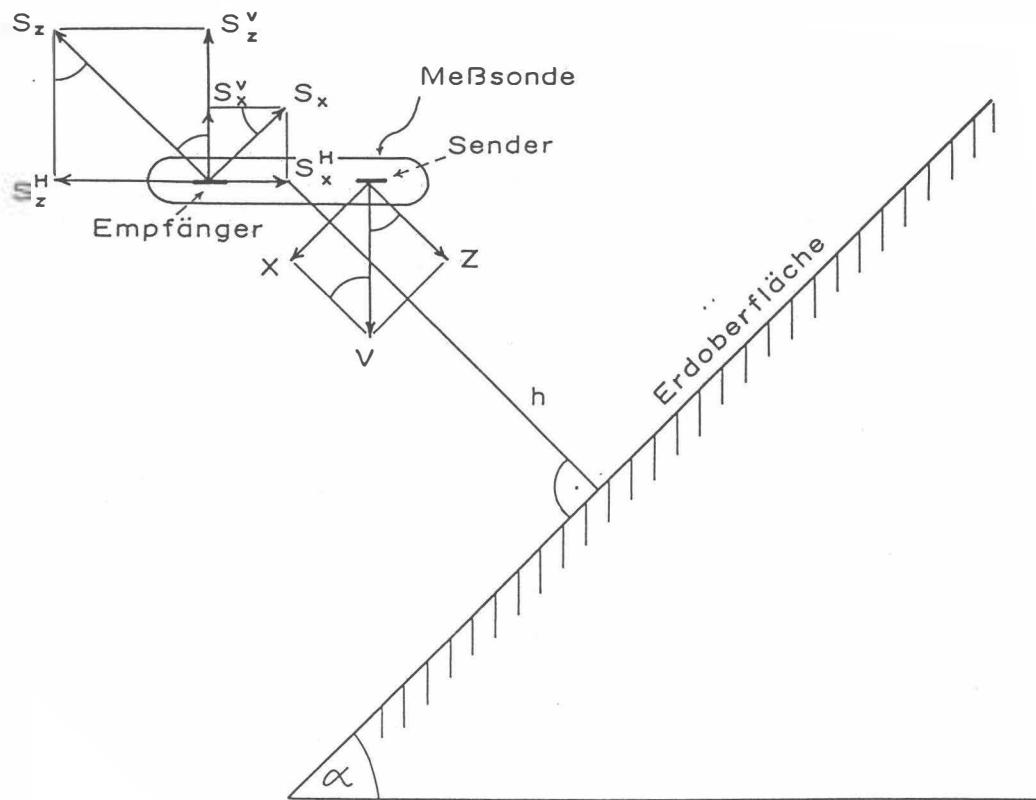


Abb. A1: Zerlegung des primären Dipolfeldes (V) und des sekundären Magnetfeldes (S) in Komponenten; h = Abstand der Flugsonde von der Erdoberfläche.

2.1. Veränderung der gemessenen Amplitude

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.

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.

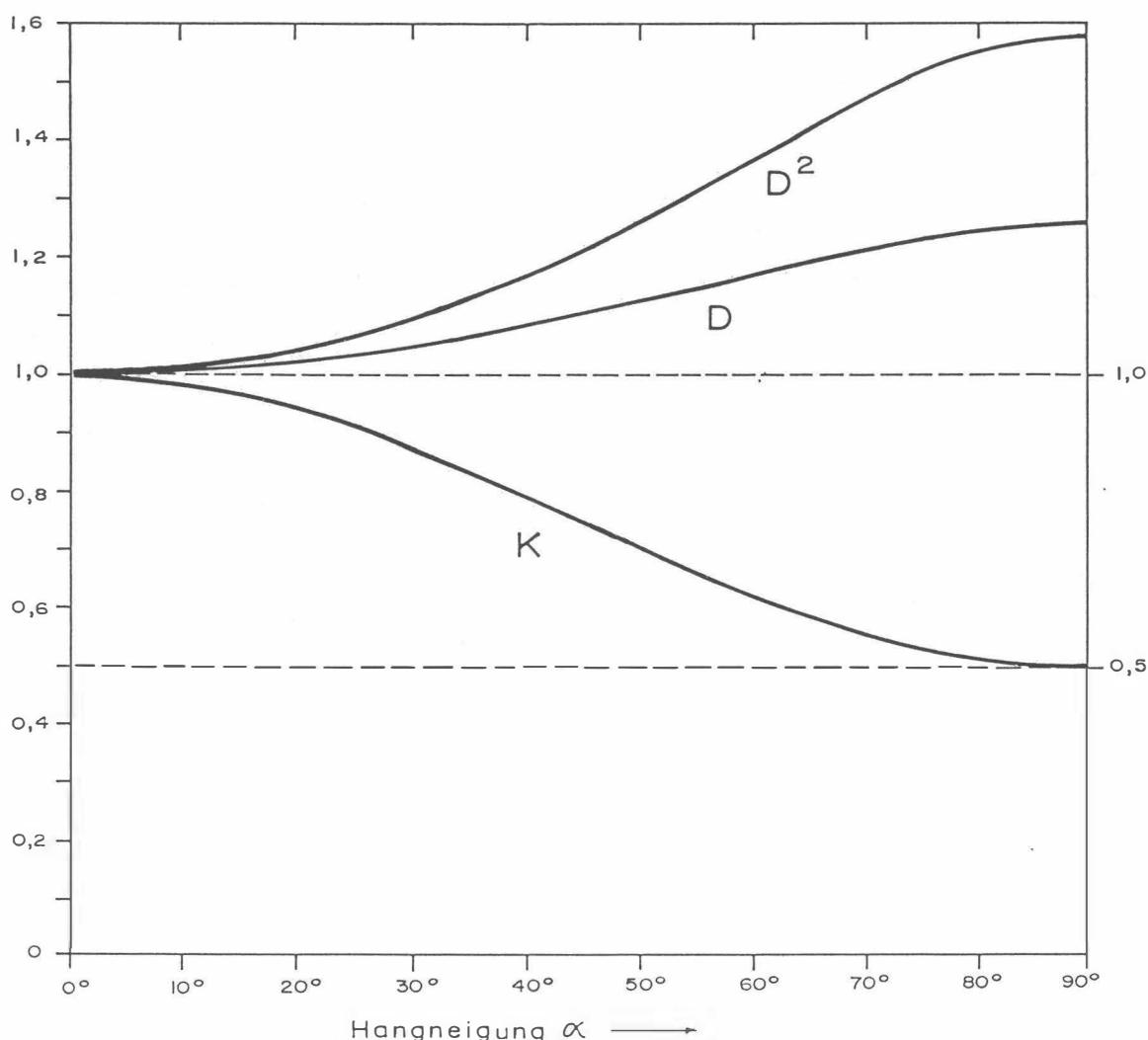


Abb. A2: Verfälschungsfaktoren K , D und D^2 in Abhängigkeit vom Neigungswinkel α der Erdoberfläche für ein koplanares EM-System mit vertikalem Sendedipol; q = Quotient Horizontal- zu Vertikalkomponente des sekundären Magnetfeldes.

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

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

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

benutzt, 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

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

(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' ,

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

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 koaxialen Spulensystems

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

ist, ergibt sich aus Gl. (19)

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

oder

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

mit

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

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

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

3.2 Verfälschung der Ergebnisparameter

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

Für dieses Spulensystem gilt nach 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 koaxialen Meßsystem bestimmte spezifische Widerstand ρ' ist unter Umständen 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.

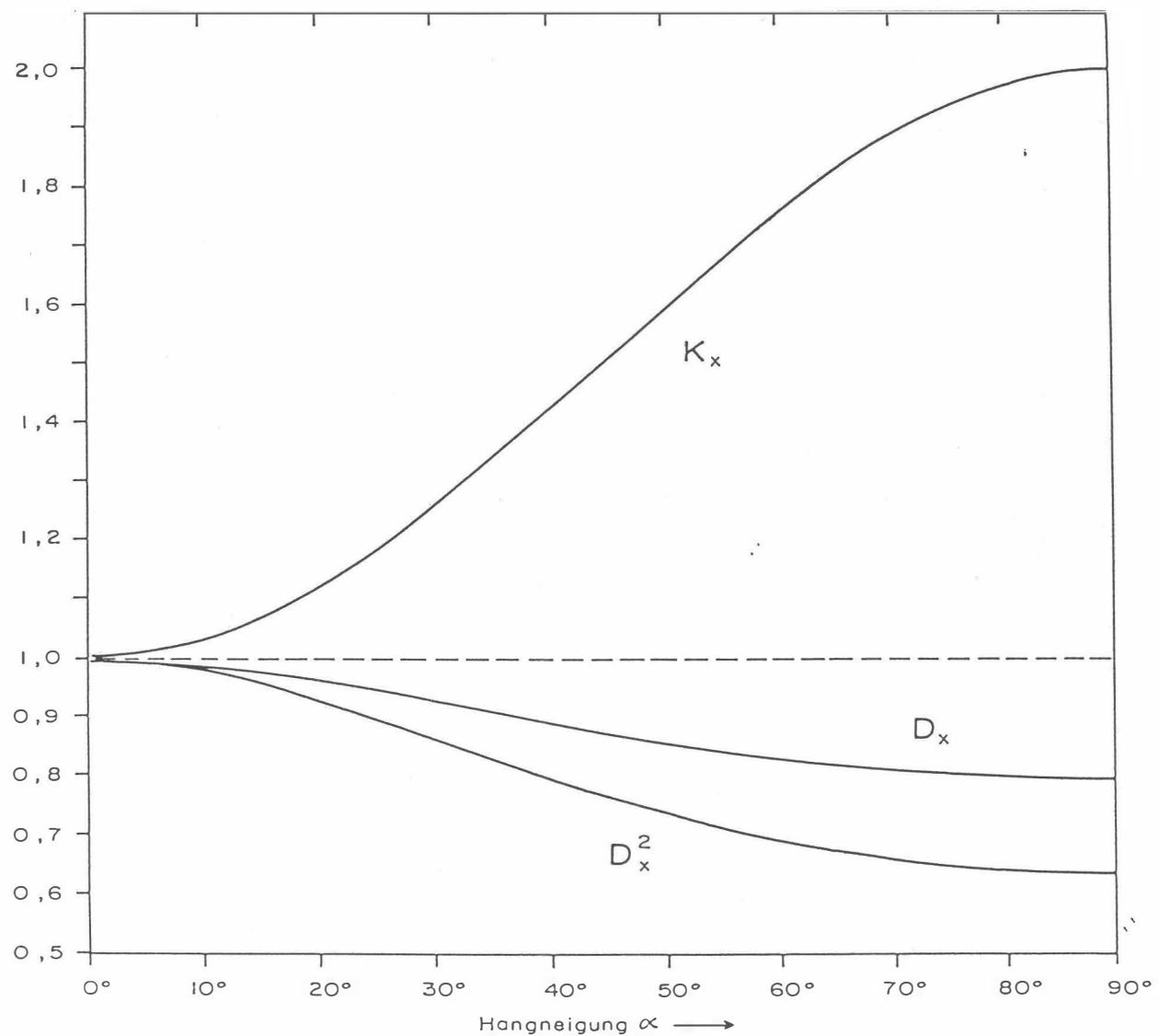


Abb. A3: Verfälschungsfaktoren K_X , D_X und D_X^2 als Funktion von α für ein koaxiales EM-System mit horizontalem Sendedipol.

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.

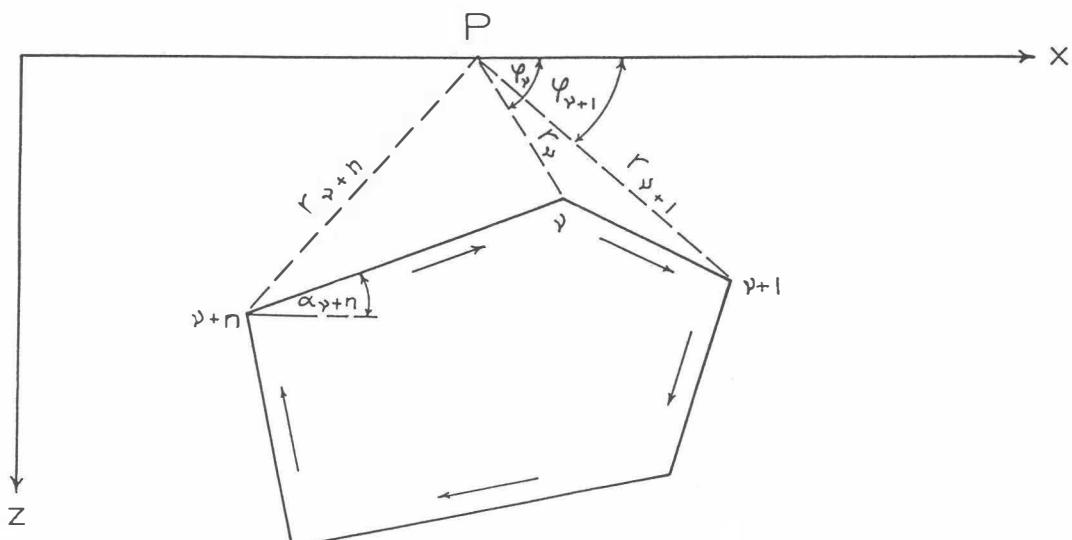


Abb. B1: Die Berechnung von magnetischen Störkörperanomalien mit Hilfe eines Polygonzuges.

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 Bergrenzung 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

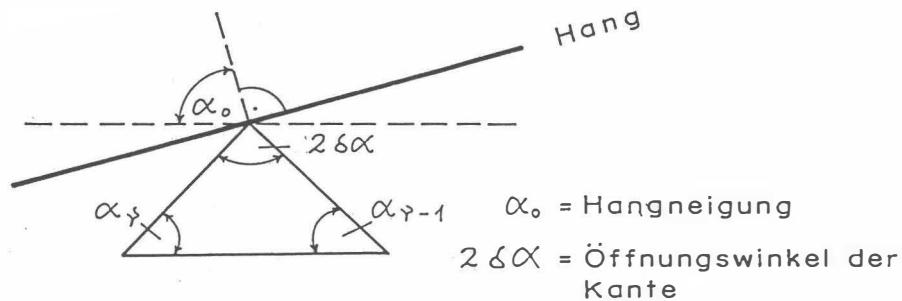


Abb. B2: Modellannahme zur Berechnung von magnetischen Anomalien eines Bergkammes.

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 (Bergkämme) 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.

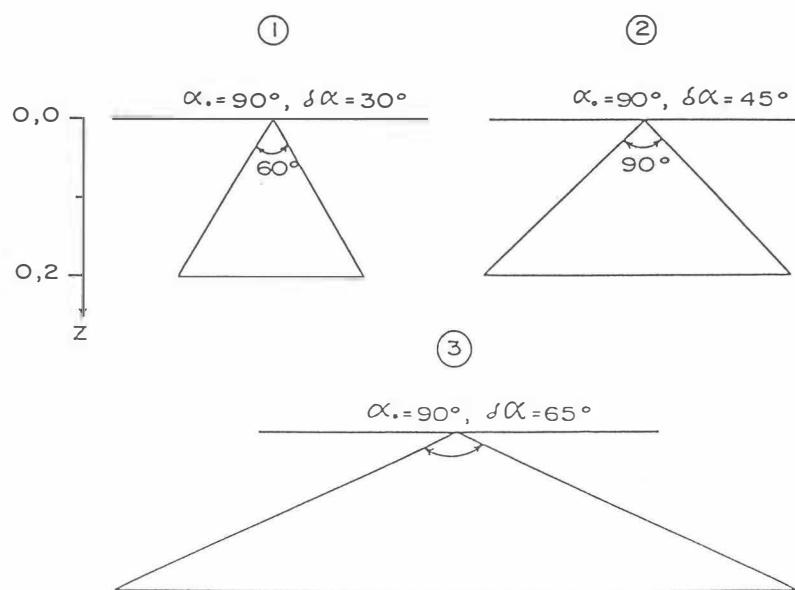
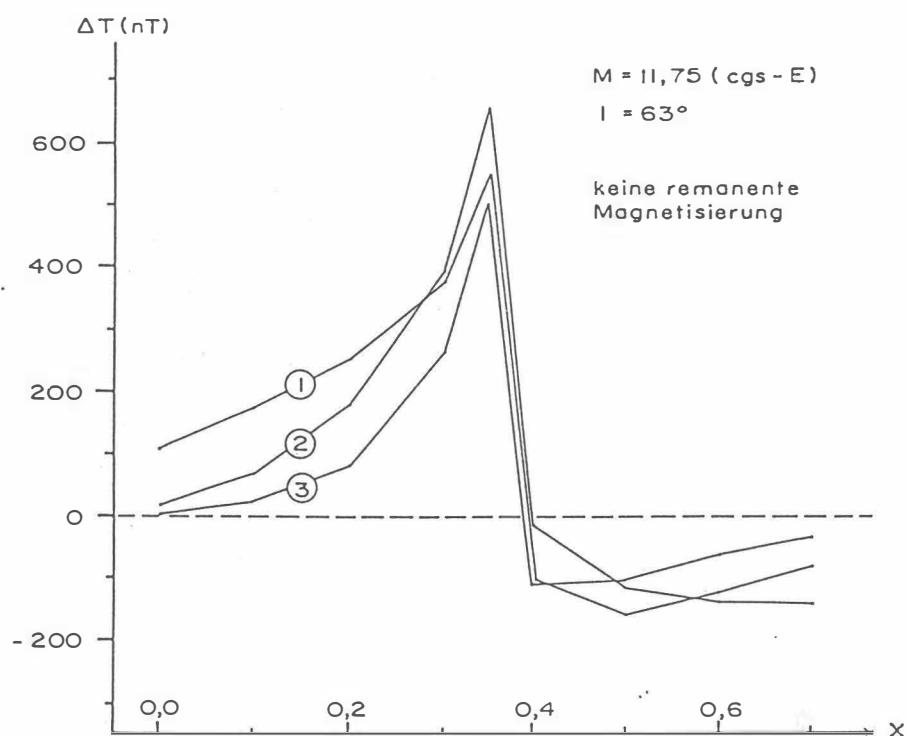


Abb. B3: Der Einfluß des komplementären Öffnungswinkels ($2\delta\alpha$) und einer Kante auf die ΔT -Anomalie, $\alpha_0 = 90^\circ$.

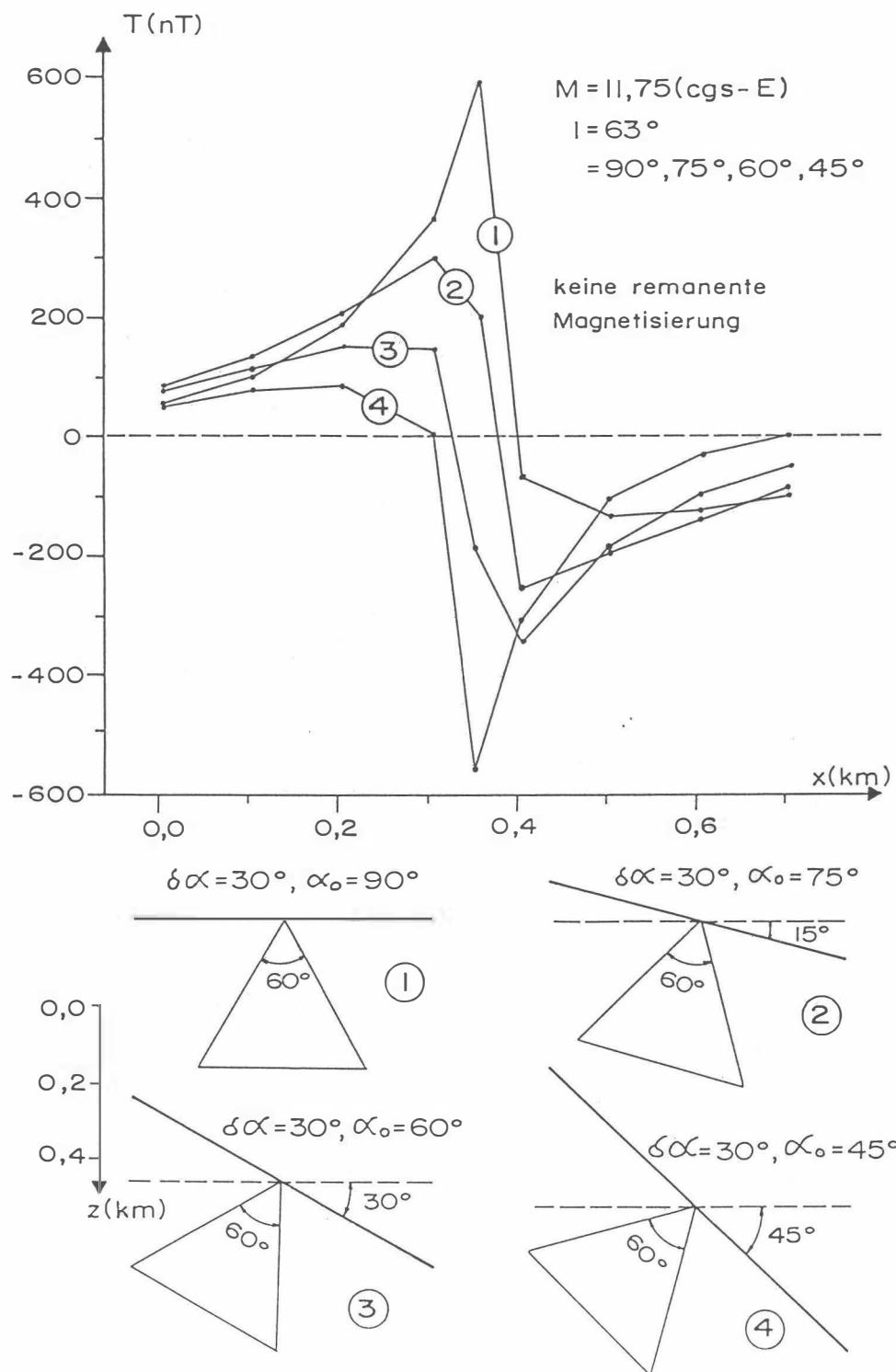
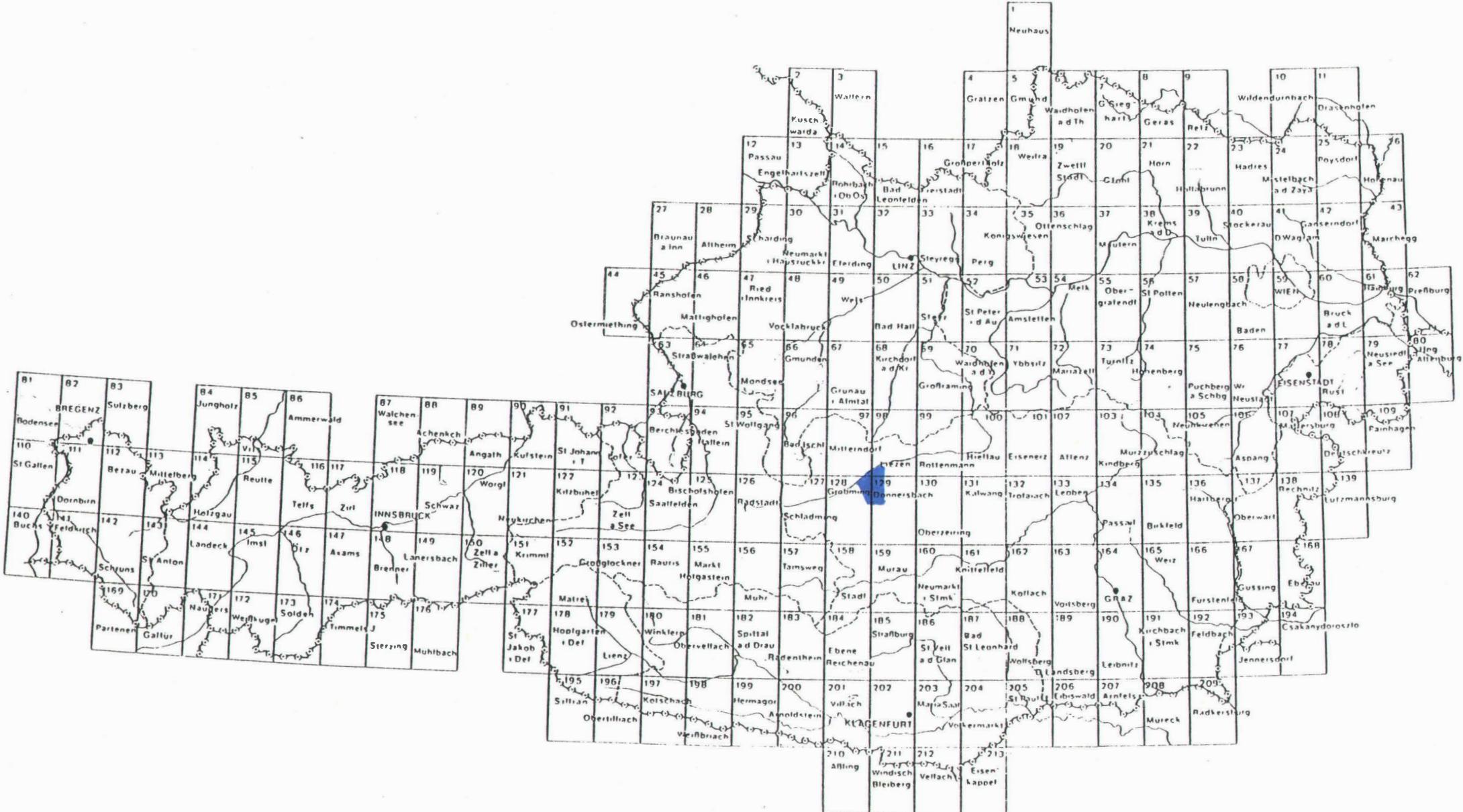
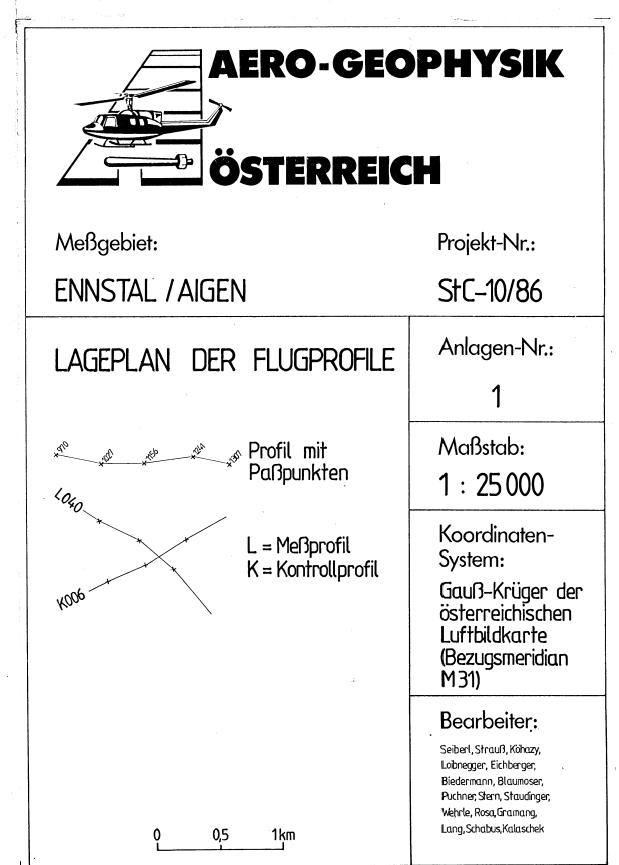
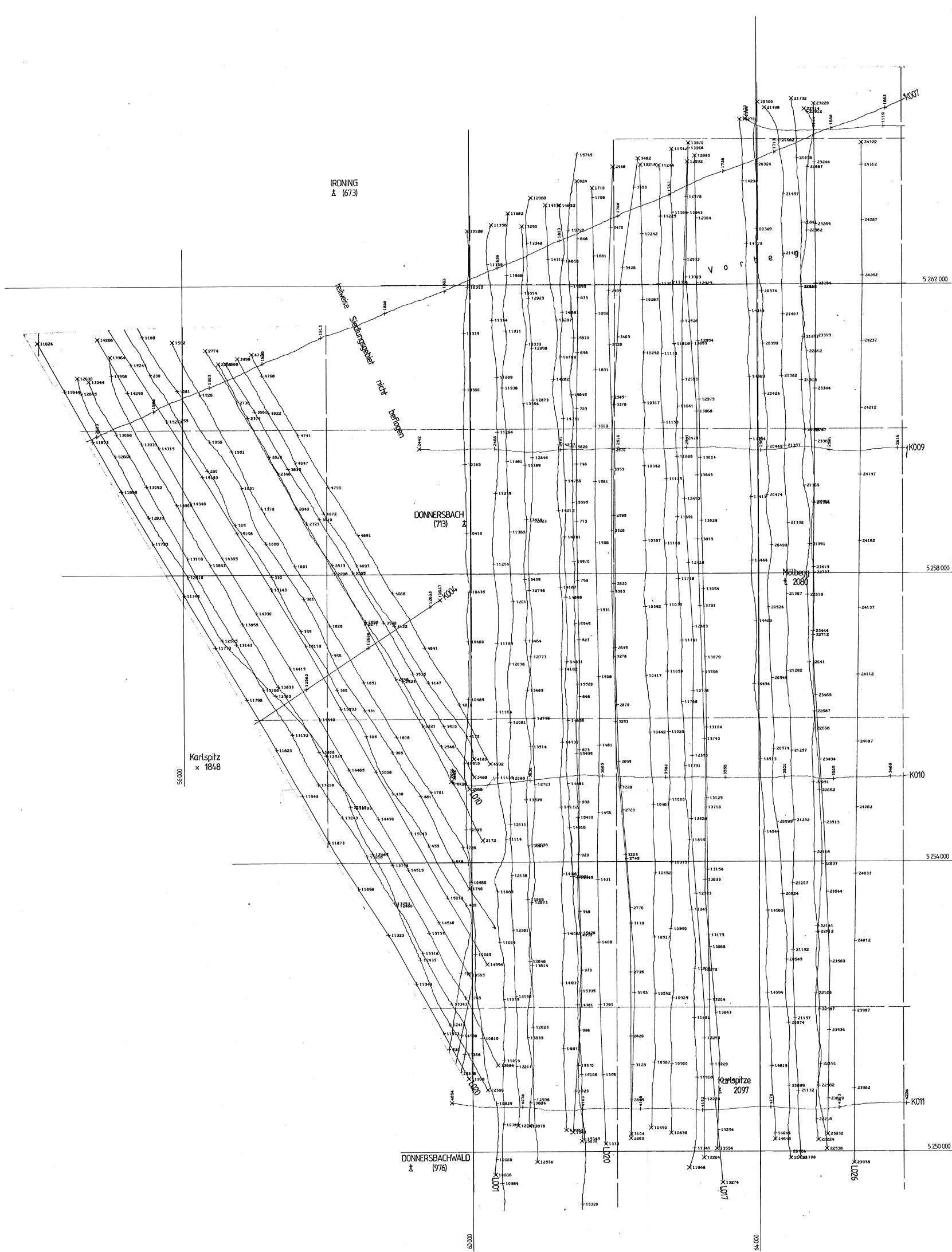
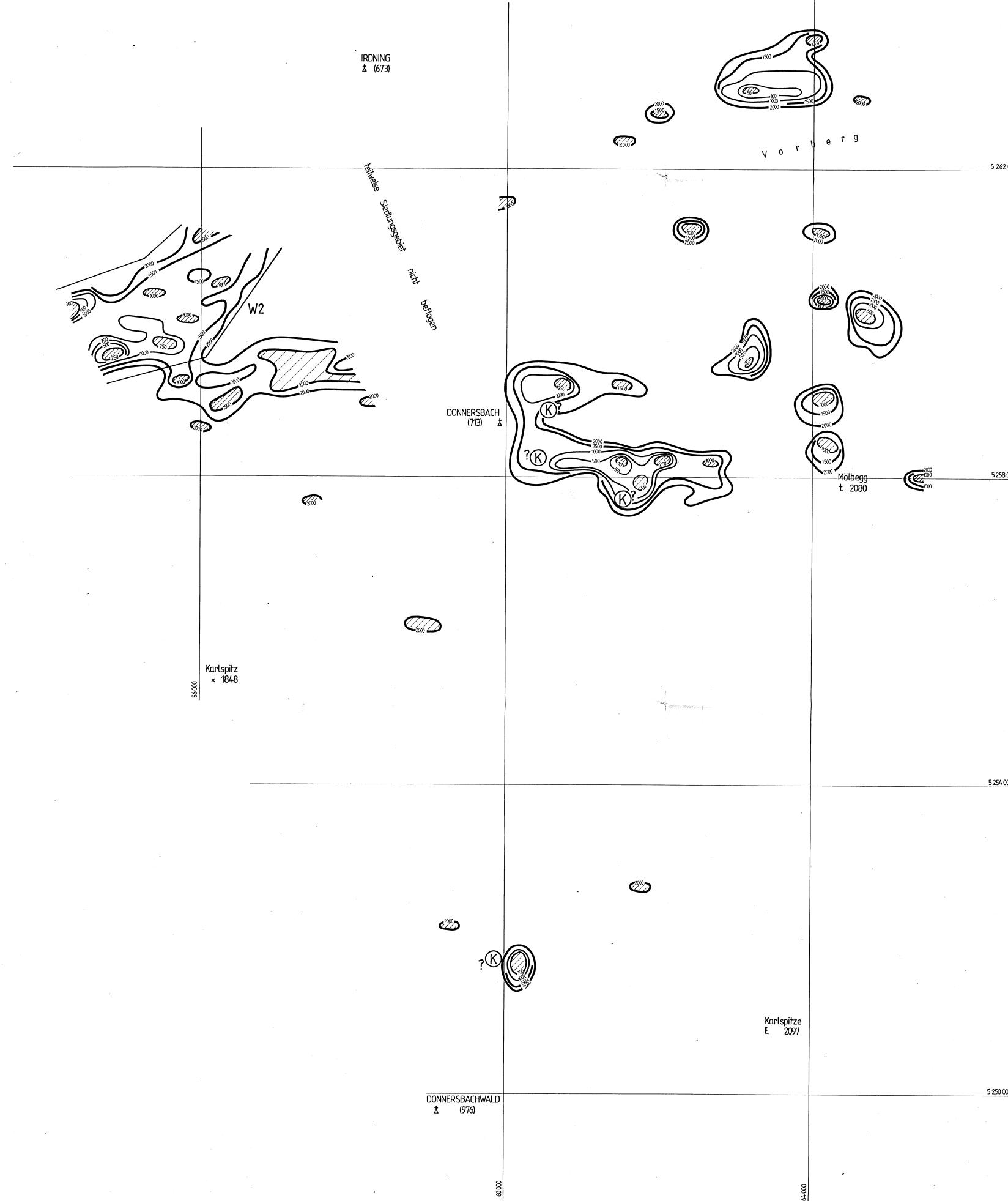
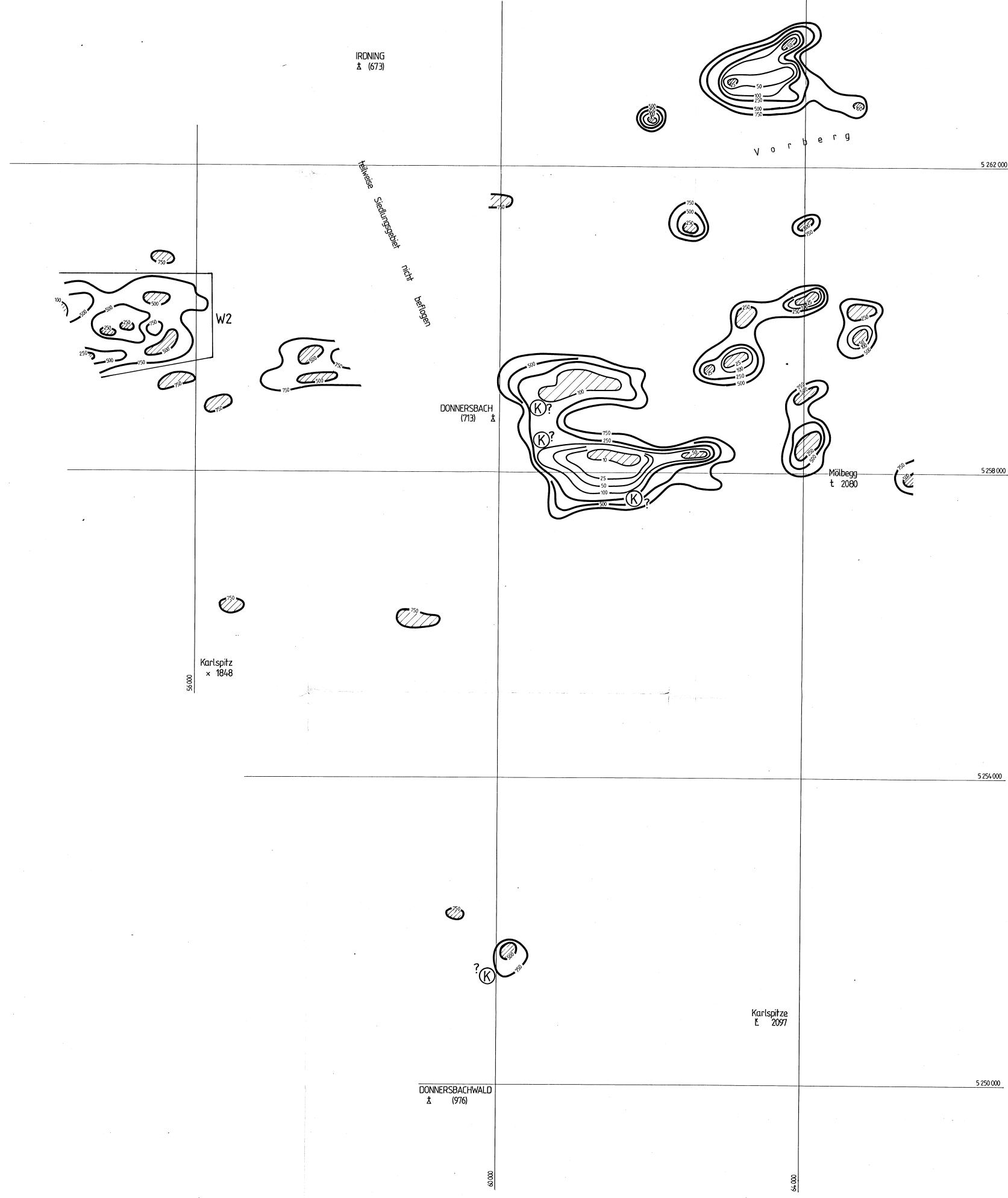


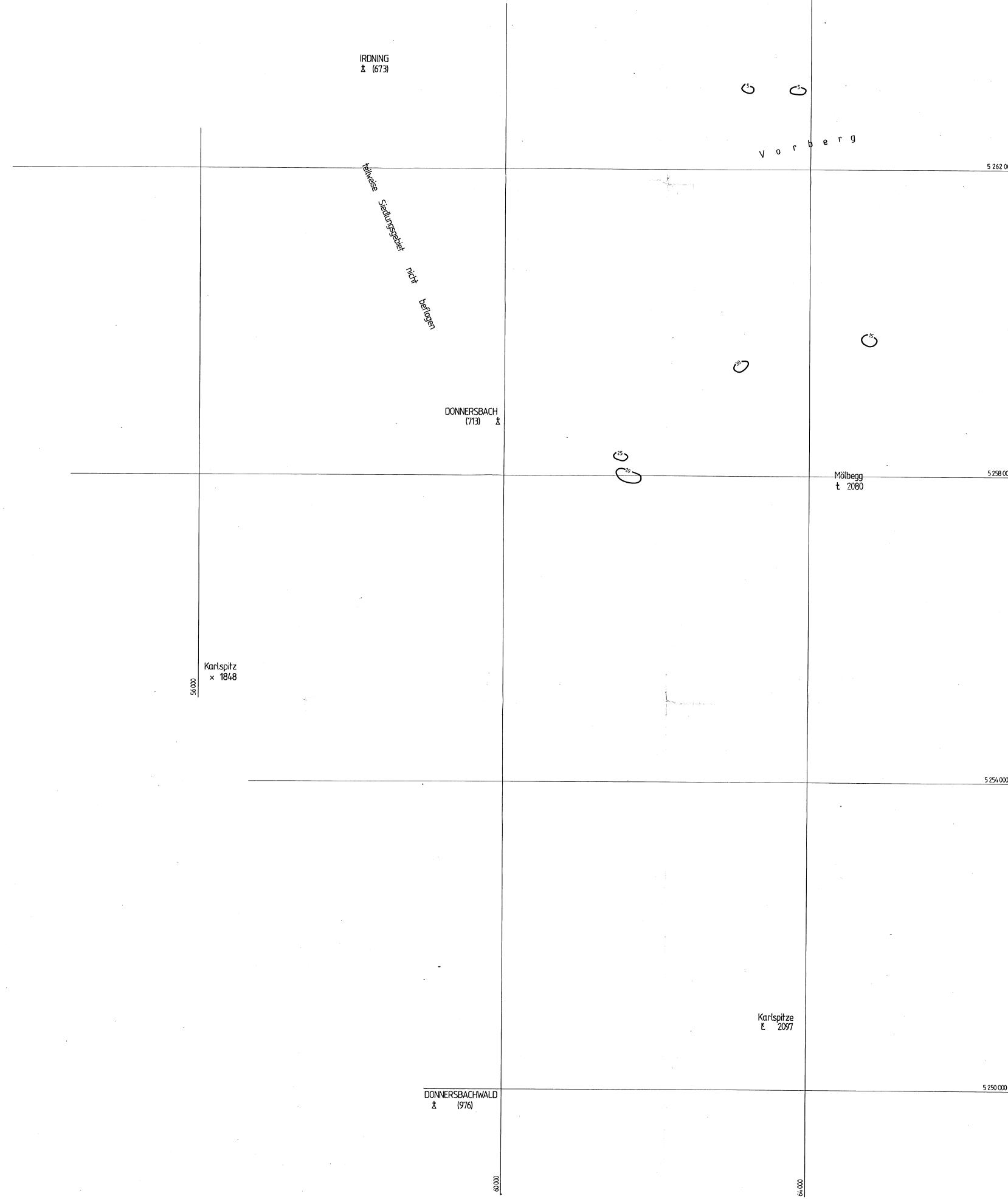
Abb. B4: Der Einfluß der mittleren Bodenneigung (α_0) auf die ΔT -Anomalie; $\delta\alpha$ = komplementäre Öffnungswinkel, Z = Tiefe in km.











Meßgebiet:
ENNSTAL / AIGEN

Projekt-Nr.:
StC-10/86

Isolinienplan
SCHEINBARE TIEFE
3600 Hz

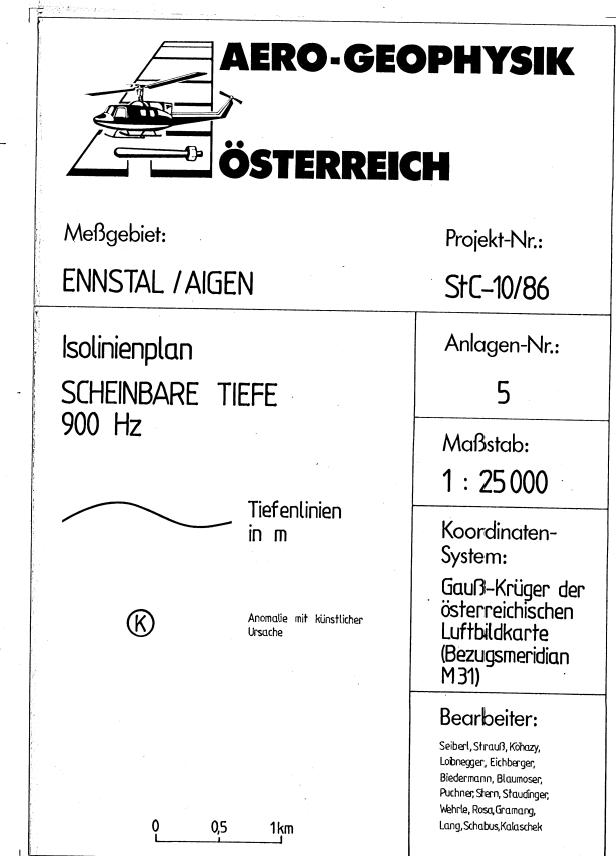
Anlagen-Nr.:
4

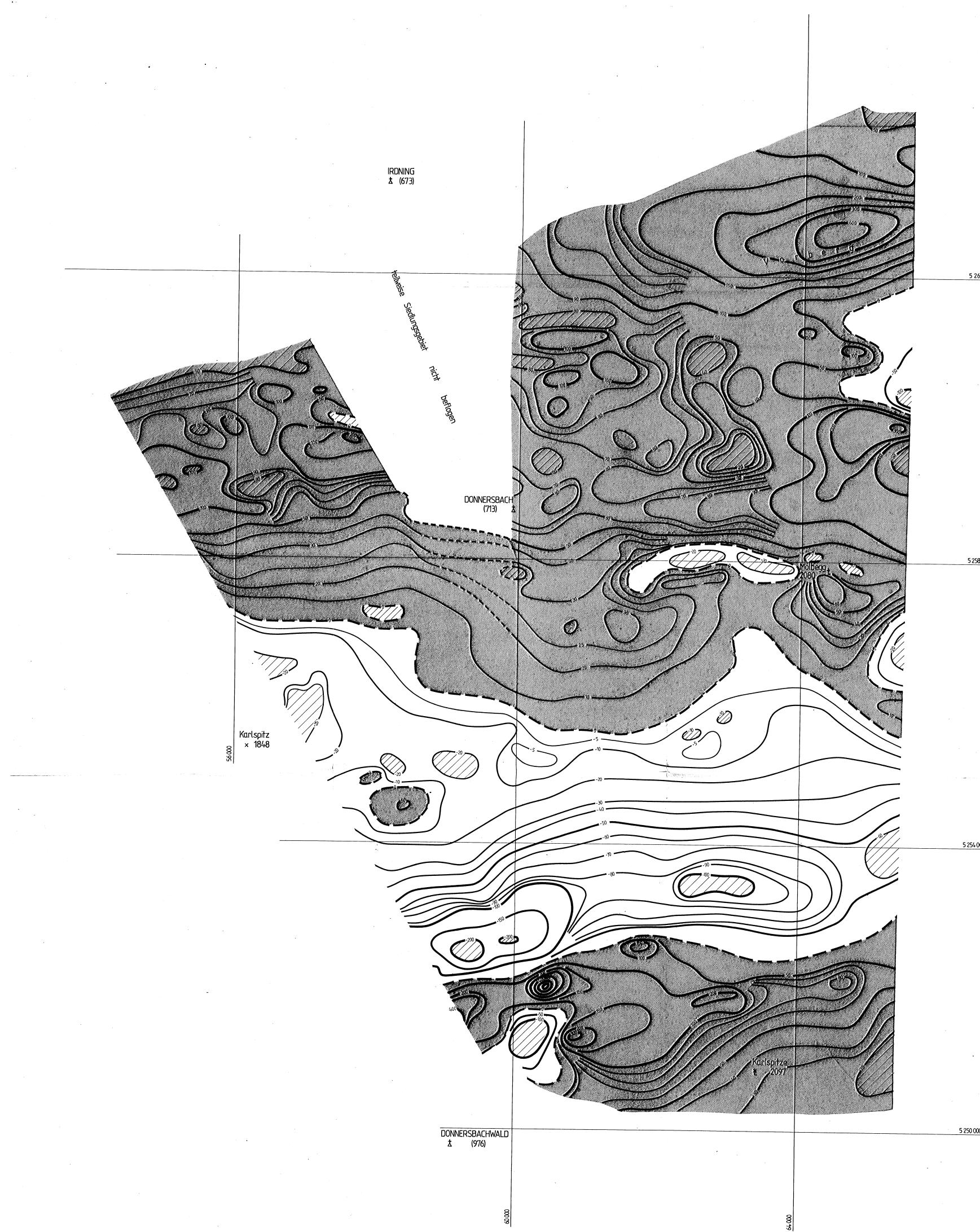
Maßstab:
1 : 25 000

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

Bearbeiter:
Seibel, Strauß, Körny, Löbnecker, Eichberger,
Biedermann, Blaumose, Pichler, Schen, Staudinger,
Wohlfahrt, Rosa, Grünang, Lang, Schönbusch, Kaluschek

0 0,5 1km





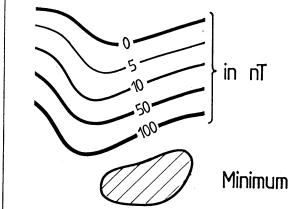
Meßgebiet:
ENNSTAL / AIGEN

Projekt-Nr.:
StC-10/86

Isolinienplan

TOTALINTENSITÄT

bezogen auf Wien-Kobenzl, Epoche 1980,0
Regionalfeld: IGRF, Epoche 1977,7



Anlagen-Nr.:

6

Koordinaten-

System:
Groß-Kreis der

Geographische Karte der österreichischen Luftbildkarte

Entfernung (Bezugsmeridian M 31)

Bearbeiter:

Seibert, Strauß, Köhazy,
Loibnegger, Eichberger,
Biedermann, Blaumoser,
Puchner, Stern, Staudinger;
Wehrle, Rosa, Gramang,
Lang, Schabus, Kalaschek



Meßgebiet:
ENNSTAL / AIGEN

Meßgebiet:
ENNSTAL / AIGEN

Projekt-Nr.:
StC-10/86

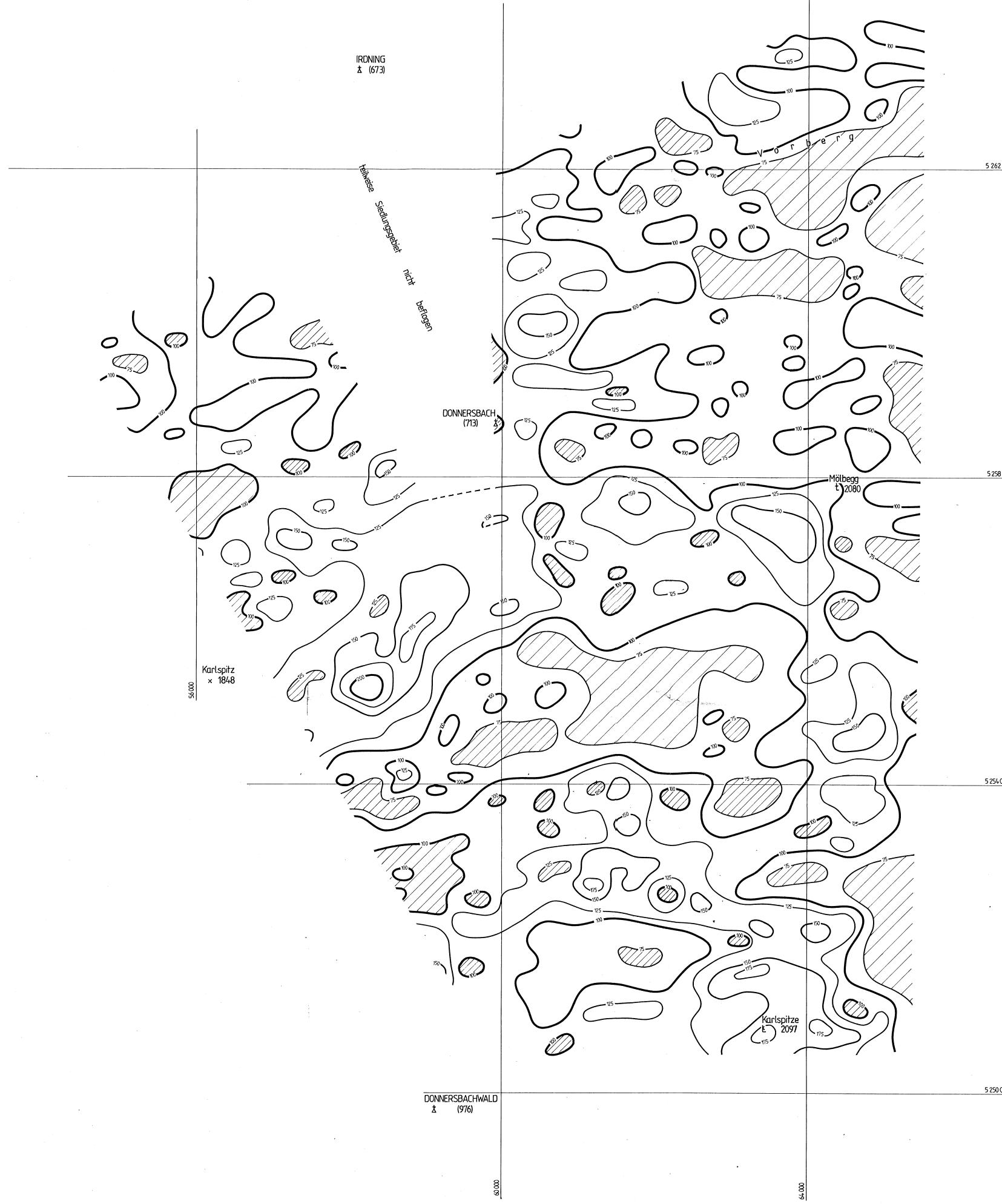
Isolinienplan Gammastrahlenspektrometrie (0,4 - 3,0 MeV) **GESAMTSTRAHLUNG**

Anlagen-Nr.:
7

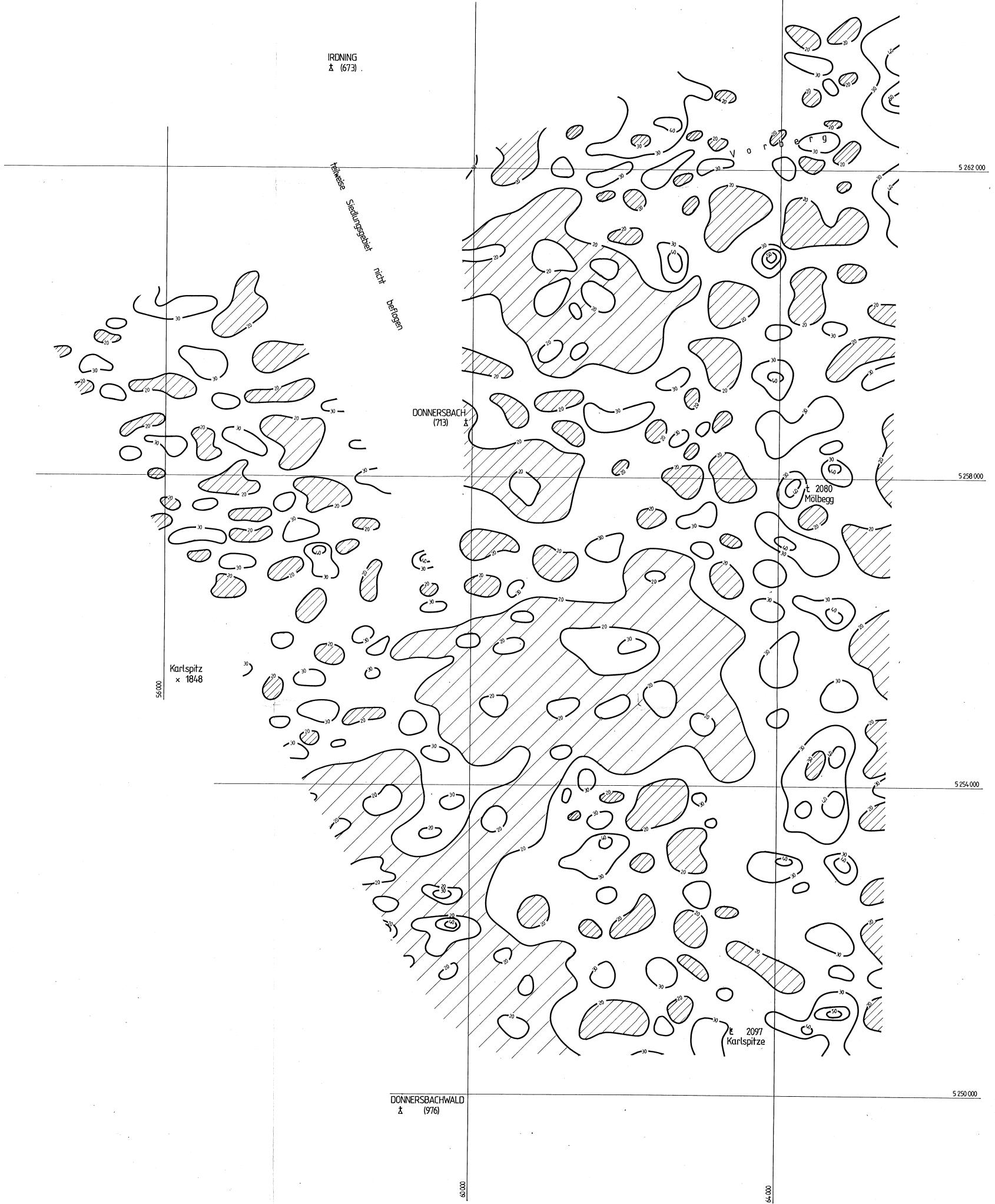
Koordinaten-System:
Gauß-Krüger der österreichischen Luftbildkarte (Bezugsmeridian M31)

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

Bearbeiter:
Seibert, Strauß, Köhazy,
Lohberger, Eichberger;
Biedermann, Blumoser,
Puchner; Stern, Staudinger;
Wörle, Rosa Grünung,
Lang, Schabus, Kalaschek



AERO-GEOPHYSIK	
	ÖSTERREICH
Meßgebiet:	Projekt-Nr.:
ENNSTAL / AIGEN	StC-10/86
Isolinienplan	
Gammastrahlenspektrometrie (1,36 – 1,56 MeV)	
KALIUM (K^{40})	
Anlagen-Nr.: 8	
Maßstab: 1 : 25 000	
Koordinaten-System: Gauß-Krüger der österreichischen Luftbildkarte (Bezugsmeridian M 31)	
Bearbeiter: Sebert, Strauß, Khazay, Lobinger, Eichberger, Biedermann, Blaumoser, Puchner, Stern, Staudinger, Wöhrl, Rosa, Granaig, Lang, Schabus, Kalaschek	



AERO-GEOPHYSIK	
ÖSTERREICH	
Meßgebiet: ENNSTAL / AIGEN	Projekt-Nr.: StC-10/86
Isolinienplan Gammastrahlenspektrometrie (1,67 – 1,87 MeV) URAN (Bi^{214})	Anlagen-Nr.: 9
Impulsrate in cps	Maßstab: 1 : 25 000
Minimum	Koordinaten-System: Gauß-Krüger der österreichischen Luftbildkarte (Bezugsmeridian M31)
Bearbeiter: Seibel, Strauß, Khayy, Lohninger, Eichberger; Biedermann, Blaumoser, Puchner, Stern, Staudinger; Wehrle, Rosig, Gramming, Lang, Schabus, Kalaschek	

0 0,5 1 km

