

AERO-GEOPHYSIK

ÖSTERREICH

**AEROGEOPHYSIKALISCHE
VERMESSUNG**

im Raum

KEFERMARKT

1. Eingangdatum 1. September 1988	2. Berichtsart Forschungsbericht	3. ARCHIV - Nr. A 06779
4. Titel des Berichtes Aerogeophysikalische Vermessung im Raum Kefermarkt.		5. Standort TET R KARTI/BEIL.
		6. Ordnungszahl
		7. A.Z.
11. Verfasser Seiberl, Wolfgang Heinz, Herbert		8. VERTRAULICHKEIT : 3
		9. Abschlußdatum Wien, 1988-07
		10. Veröffentlichungsdatum
12. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Geologische Bundesanstalt: FA Geophysik		13. Ber.-Nr.-Auftragneher
		14. Projekt - Code O-C-001i/86
		15. Seitenzahlen 29
		16. Literaturangaben
17. Fördernde Institution (Name, Anschrift)		18. Abbildungen 13
		19. Tabellen
20. Projekttitel Aerogeophysik Österreich		21. Seilagen 11, 1 Anh.
		22. Tafeln
23. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)		
ÖK - Bl. - Nr. 17;33;34		
Schlagwörter ZWF B Mühlviertel; Kefermarkt (Umgebung); Aerogeophysik 2 3 1		
Sachbearbeiter <i>Wes</i>	B.G.L.O. <i>Wes</i>	EDU: KARTI <i>Wes</i>
Kopie an Redaktion	Katalog <i>Wes</i>	Mikrofilm <i>Wes</i>
		Sicherheitsfilm M 1288 - E

AEROGEOPHYSIKALISCHE VERMESSUNG

im Raum

KEFERMARKT

Vollzug des Lagerstättengesetzes: Projekt OC-1i/86

von
Wolfgang Seiberl
und
Herbert Heinz

Wien, Juli 1988

Geologische Bundesanstalt

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
1. Projektziel und Ablauf des Projekts	2
2. Planung und Durchführung der Vermessung	4
2.1. Meßausrüstung	4
2.2. Fluglinien	5
2.3. Durchführung der Messungen	5
2.4. Personal	7
3. Datenverarbeitung und Kartenherstellung	10
3.1. Aufgabe der ADV	10
3.2. Datenkontrolle	11
3.3. Flugwegdaten	11
3.4. Elektromagnetische Widerstandskartierung	11
3.4.1. Auswertung der EM—Daten	11
3.4.2. Bedeutung der Ergebnisparameter 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	21
4. Geologie des Meßgebietes	22
5. Ergebnisse	24
5.1. Widerstandskartierung; Anlagen 2 und 3	24
5.2. Isoanomalien der Totalintensität ΔT ; Anlage 4	25
5.3. Gammastrahlenspektrometrie	25
5.3.1. Gesamtstrahlung (Total count); Anlage 5	25
5.3.2. Kalium (^{40}K); Anlage 6	25
5.3.3. Uran (^{214}Bi); Anlage 7	26
5.3.4. Thorium (^{208}Tl); Anlage 8	26
5.3.5. Verhältnisdarstellungen; Anlagen 9, 10 und 11	28
6. Empfehlungen	28
7. Literatur	29
8. Verzeichnis der Anlagen	31
9. Anhang	32
A. Einfluß der Hangneigung auf elektromagnetische Messungen aus der Luft	32
B. Einfluß der Topographie auf die Anomalien der magnetischen Totalintensität (ΔT)	42

Zusammenfassung

Mit gewissen Einschränkungen ist eine Klassifikation des Mauthausener (Feinkorn-) Granitkomplexes und seiner Varietäten (z.B. "Zweiglimmergranite") möglich. Radiometrische Anomalienpaare bzw. typische Zählratenverhältnisse und die Kenntnis der Position dieser Anomalien im Plutonkörper lassen vermuten, daß die Feinkorn-Typen eher einem S-Typ zuzuordnen sind, während der Weinsberger Komplex mehr einem I-Typ entspricht. Dies korreliert mit Untersuchungen im westlichen Mühlviertel. Von besonderer Bedeutung für diese Klassifikation ist das Fehlen der hohen Zählraten, gekoppelt mit Anreicherungen von Ferrimagnit im Kontaktbereich Weinsberger Granit/Schiefergneise und das umgekehrte Verhalten der Feinkorngranite. Die ökonomische Relevanz besonders der S-Typen ist bekannt.

1. Projektziel und Ablauf des Projekts

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

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

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



Abb. 1a: Lage des Meßgebietes in Österreich

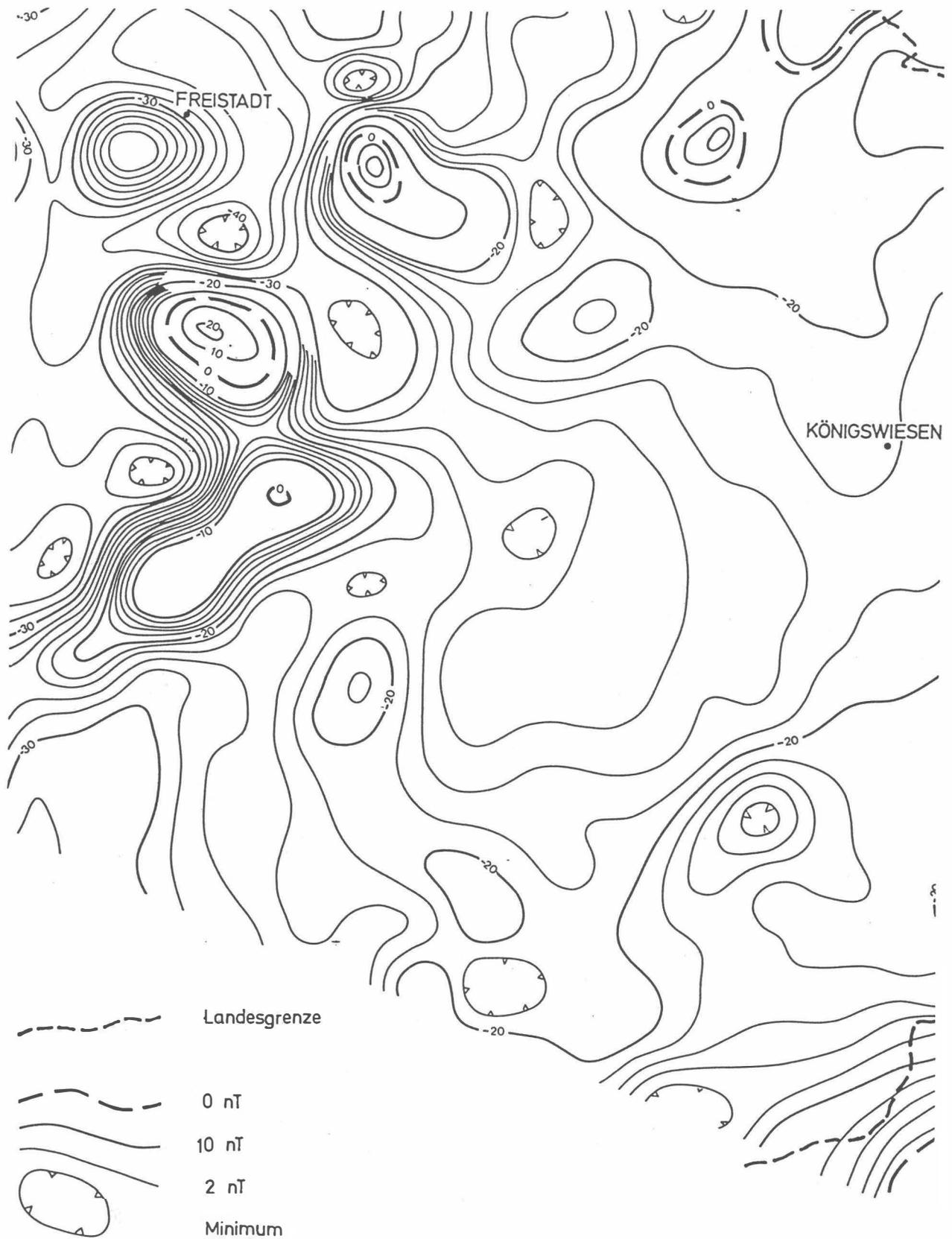


Abb. 1b: Ausschnitt aus der aeromagnetischen Karte des 1400m – Horizontes

2. Planung und Durchführung der Vermessung

2.1. Meßausrüstung

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

Die Meßausrüstung hat folgende Komponenten:

- 1) Ein elektromagnetisches Mehrfachspulensystem vom Typ DIGHEM-II. Das System induziert elektrische Ströme im Untergrund, deren Magnetfeld (= sekundäres Feld) gemessen wird. Die beiden Sender (mit horizontaler bzw. vertikaler Spulenachse) arbeiten mit zwei unterschiedlichen Frequenzen, 900 Hz (T1R1) und 3600 Hz (T2R2). Das sekundäre Magnetfeld wird mit zwei Empfangsspulen aufgenommen, die die gleiche Lage wie die Sendespulen haben ("maximale Kopplung") und 7,98m von diesen entfernt sind. Sender und Empfänger sind in einer etwa 10m langen Flugsonde ("bird") untergebracht, die an einem 30m langen Kabel unter dem Hubschrauber hängt. Die aufgenommenen Signale werden in zwei zeitliche Komponenten ("inphase" und "quadrature") relativ zur Phase des Sendesignales aufgespalten. Die Meßrate beträgt 4 Meßdaten pro Sekunde, es fallen also insgesamt 16 Meßdaten pro Sekunde für das Elektromagnetiksystem an.
- 2) Ein Gammastrahlenspektrometer (Geometrics GR-800B) mit zwei Natrium-Jodid Kristallen mit einem Gesamtvolumen von 33,6 l. Dieses Gerät mißt die Intensität der Gammastrahlung in 256 Energiekanälen, wobei derzeit nur 5 Energiesummenbereiche, nämlich für die Gesamtstrahlung (0,4–3,0 MeV), für Uran-weit (1,041 – 1,207 MeV, 1,66 – 2,41 MeV), Kalium (K^{40} ; 1,36 – 1,56 MeV), Uran (Bi^{214} ; 1,67 – 1,87 MeV) und Thorium (Tl^{208} ; 2,42 – 2,83 MeV), digital auf Magnetband aufgezeichnet werden. Die Integrationszeit beträgt 1 Sekunde für alle Energiesummenbereiche.
- 3) Ein Protonen-Präzessions-Magnetometer vom Typ Geometrics G-801/3. Es mißt die Totalintensität des erdmagnetischen Feldes mit einer Anzeigegenauigkeit von $\frac{1}{2}$ nT. Die Meßrate beträgt 1 Meßwert pro Sekunde. Der Sensor hängt an einem Kabel, etwa 20m unter dem Hubschrauber.
- 4) Zur Messung der Flughöhe über Grund dient ein Radarhöhenmesser Sperry AA-220.
- 5) Der Flugweg wird auf einer Breite von ± 100 m durch eine Flugwegkamera (Automax GS 2) auf 35mm-Film aufgezeichnet.
- 6) Ein Magnetbandgerät (Kennedy 9800) registriert Signale von 16 Kanälen in digitaler Form. Ein Sechs- und ein Zweikanal-Analogschreiber dienen v.a. als Monitor für die geophysikalischen Meßwerte. Zusätzlich können die digital registrierten Daten mit Hilfe eines Mikrorechners (Modell G-715) während der Aufzeichnung auf einem Bildschirm kontrolliert werden.
- 7) Eine Dopplernavigationsanlage (System LDNS der Firma Singer-Kearfott, USA) stellt durch ihre Flugweganzeige eine wesentliche Unterstützung für die Meßflugdurchführung dar. Weiters können mit diesem Gerät die Flugwegkoordinaten (im UTM-System) unmittelbar auf einem Magnetband aufgezeichnet werden.

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

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

2.2. Fluglinien

Flugrichtung: Folgende Richtung wurde für die Fluglinien gewählt:

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

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

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

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

2.3. Durchführung der Messungen

Navigationsunterlagen: Als Navigationsunterlage diente die Österreichische Karte im Maßstab 1:50.000, auf der die Sollagen der Meßprofile eingetragen wurden.

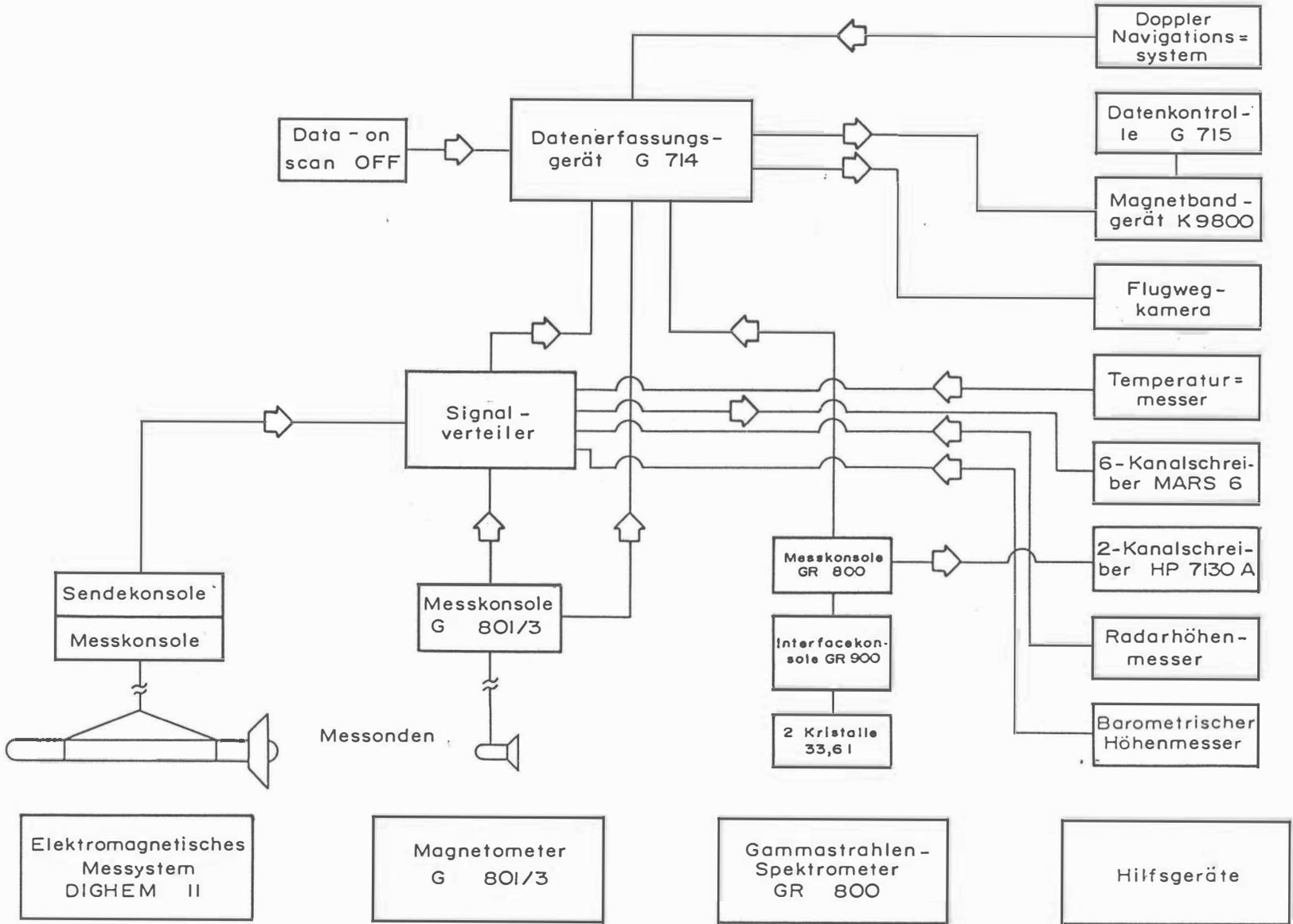
Kontrolle der Geräte: Vor jedem Meßflug wurde eine Eichung des Gammastrahlenspektrometers sowohl mit einer Cäsium- (Cs^{137}) als auch mit einer Thoriumquelle (Th^{232}) durchgeführt. Bei der ersten Eichung wird die Trennung der einzelnen Kanäle abgestimmt (siehe Abb. 3), während beim zweiten Eichvorgang 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 erheblichen topographischen Schwierigkeiten im Raum Kefermarkt stellte die Befliegung des Projektgebietes erhöhte Anforderungen sowohl an das Hubschrauberpersonal als auch an das eingesetzte Gerät. Während der Messungen auf den Profilen wurde eine Sollflughöhe des Hubschraubers von 80m angestrebt. Das entspricht folgenden Meßhöhen über Grund für die Sensoren der geophysikalischen Geräte:

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

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

Abb. 2: Datenfluß des Hubschrauber-Meßsystems



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

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

Insgesamt wurden 15 Meßflüge absolviert, wobei ein sogenannter "Steigflug", bei dem die Höhenabhängigkeit der Gammastrahlenenergie im Meßgebiet bestimmt wird, inkludiert ist.

2.4. Personal

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

Geologische Bundesanstalt/Universität Wien:

Univ. Prof. Dr. Wolfgang Seiberl

Geologische Bundesanstalt:

Dr. Herbert Heinz

Österreichische Akademie der Wissenschaften:

Dipl. Ing. Alexander Biedermann

Mag. Robert Köhazy

Maria Loibnegger

Horst Eichberger

Norbert Blaumoser

Manfred Hamberger

Andreas Stern

Bundesministerium für Landesverteidigung:

Michael Mück

Peter Lang

Harald Rosa

Robert Staudinger

Rainer Wehrle

Harald Gramang

Franz Kalaschek

Oskar Schabus

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

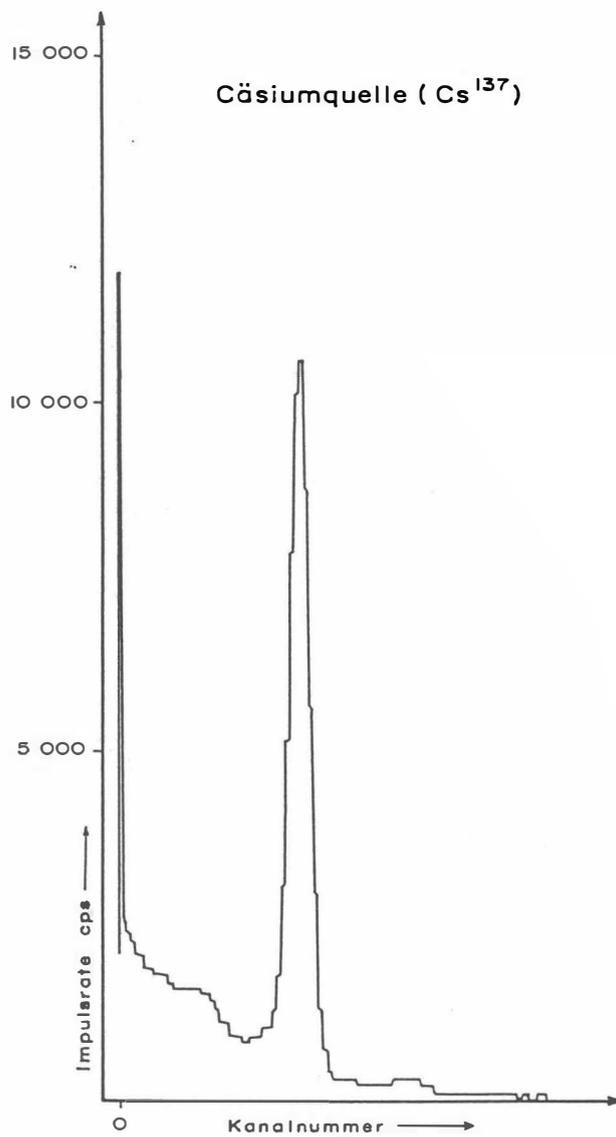


Abb. 3: GR - 800 Gammastrahlenspektrometer (Kristall I) Spektralregistrierung (10.6.1983) - Cäsiumquelle (Cs¹³⁷)

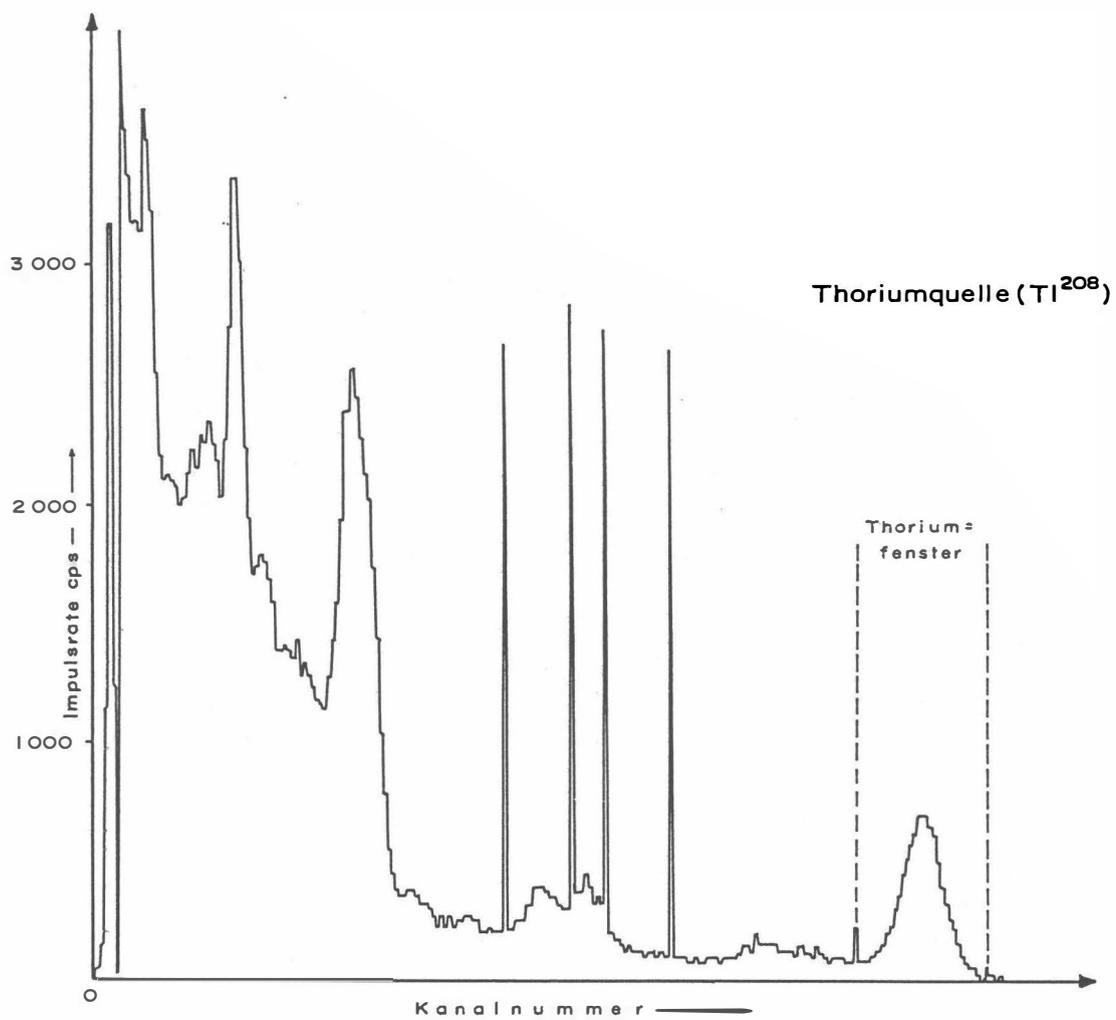


Abb.4: GR - 800 Gammastrahlenspektrometer (Kristall I) Spektralregistrierung (10.6.1983) — Thoriumquelle (Th²⁰⁸)

3. Datenverarbeitung und Kartenherstellung

3.1. Aufgabe der ADV

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

Die Datenverarbeitung hat im wesentlichen drei Aufgaben:

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

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

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

Die nachfolgende Beschreibung der wesentlichen Schritte bei der Verarbeitung der Daten hat zum Ziel, 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 Universitätsrechenzentrums abgespielt und diversen Fehlerkontrollen unterzogen.

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

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

3.3. Flugwegdaten

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

3.4. Elektromagnetische Widerstandskartierung

3.4.1. Auswertung der EM—Daten

Mit dem DIGHEM-II-System werden

Inphase (Real) und	Komponente R
Quadrature (Imaginär)	Komponente Q

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

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

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

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

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

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

- Bestimmung des absoluten Nullniveaus für R und Q (an sogenannten Stützstellen) in den Registrierungen bei großer Flughöhe vor und nach jedem Meßprofil,
- Bestimmung der eingestellten Empfindlichkeit (für jeden einzelnen Meßflug) durch ein Kalibrierungsprogramm,
- Umrechnung der Meßsignale auf das Nullniveau,
 - Transformation der Werte R und Q in zwei Ergebnisparameter, nämlich
 - den scheinbaren spezifischen Widerstand 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 berechneten ρ_a -Werte mit Hilfe eines Trommelplotters in Form von Isolinienplänen im Maßstab 1:25.000 dargestellt. Dabei werden Zonen geringer ρ_a -Werte schraffiert wiedergegeben (Anlage 2). Die Isolinien für ρ_a wurden für die koplanare Meßanordnung (3600 Hz) in Abständen von 10, 50, 100, 500, 1000 und 2000 Ωm gezogen. Auf die Herstellung eines ρ_a -Isolinienplanes für das koaxiale Spulensystem (900 Hz) wurde verzichtet, weil keine nennenswerten zusätzlichen Informationen in den 900 Hz-Daten enthalten sind.

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

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

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

Wie im Anhang A quantitativ abgeleitet wird, sind bei den Messungen über geneigter Erdoberfläche bestimmte Veränderungen der Ergebnisparameter gegenüber jener der horizontalen Ebene zu erwarten. Bei Verwendung eines horizontalen Spulensystems ist für Hangneigungen $> 30^\circ$ mit einer Erhöhung der Werte für 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 MUNDY, 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 graphitische und tonige Medien häufig zu.

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

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

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

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

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

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

3.5. Kartierung der anomalen magnetischen Totalintensität (ΔT)

In der Anlage 4 ist der Isolinienplan der magnetischen Totalintensität (ΔT) dargestellt. Diese Anomalien stellen die Feldabweichungen vom globalen Erdmagnetfeld dar, wobei letzteres durch das "Internationale Geomagnetische Referenzfeld" (IGRF) definiert wird. Da das Magnetfeld auch zeitlich veränderlich ist, stellt sich der anomale Feldbeitrag (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.

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

3.6. Radiometrische Kartierung

3.6.1. Die Quellen der natürlichen Gammastrahlung

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

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

Kalium - Kanal: 1,36–1,56 MeV

Uran - Kanal: 1,67–1,87 MeV

Thorium - Kanal: 2,42–2,83 MeV

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

3.6.2. Korrekturen der Meßdaten

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

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

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 bestimmt.

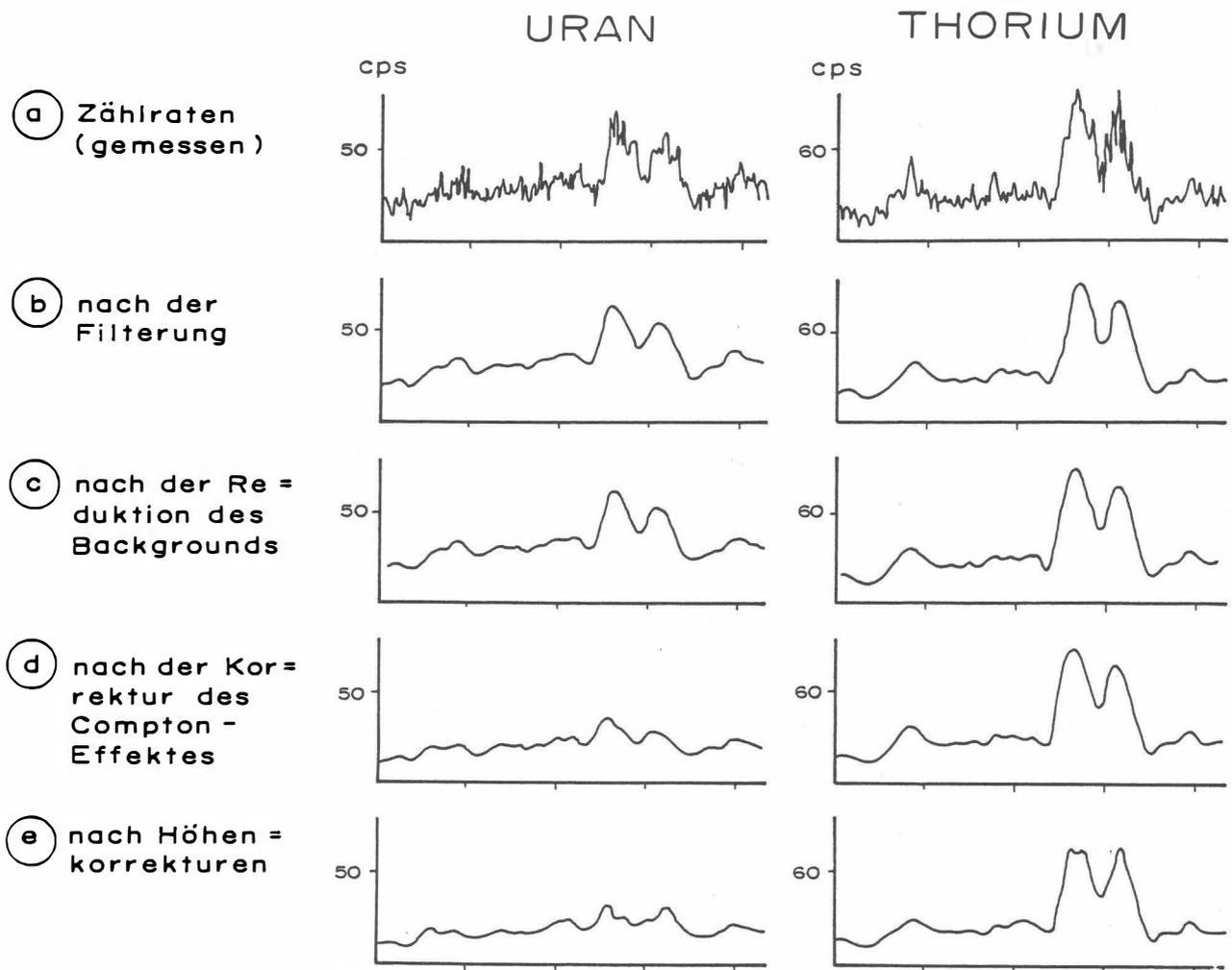


Abb.5a – e: Darstellung der Korrekturschritte in der Gammastrahlenspektrometrie.

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

Compton-Streukoeffizienten:

S_{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 Streukoeffizienten 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 durchgeführt, um die charakteristische Höhenänderung der Gammastrahlung in diesem Gebiet zu ermitteln.

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

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

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

$$\begin{aligned}\mu(\text{Total}) &= 0,002455 \\ \mu(\text{Kalium}) &= 0,002294 \\ \mu(\text{Uran}) &= 0,002015 \\ \mu(\text{Thorium}) &= 0,001882\end{aligned}$$

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

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

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

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

Durch den Reaktorunfall in der UdSSR wurden — vor allem durch starke Regenfälle — mehrere Gebiete in Österreich erheblich mit radioaktiven Spaltprodukten belastet (BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT UND UMWELTSCHUTZ, 1986). Wie man der Abbildung 6 entnehmen kann, wurden dabei hauptsächlich Isotope mit größeren Halbwertszeiten abgelagert, die Gammastrahlenquanten mit Energien bis maximal 1,0 MeV emittieren (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. Deshalb wurden diese Daten auch nicht an jene des nördlich anschließenden Meßgebietes "Weinsberger Wald" (SEIBERL & HEINZ, 1986), angeglichen.

AIRBORNE GAMMA - RAY SPECTRUM / 256 CHANNELS

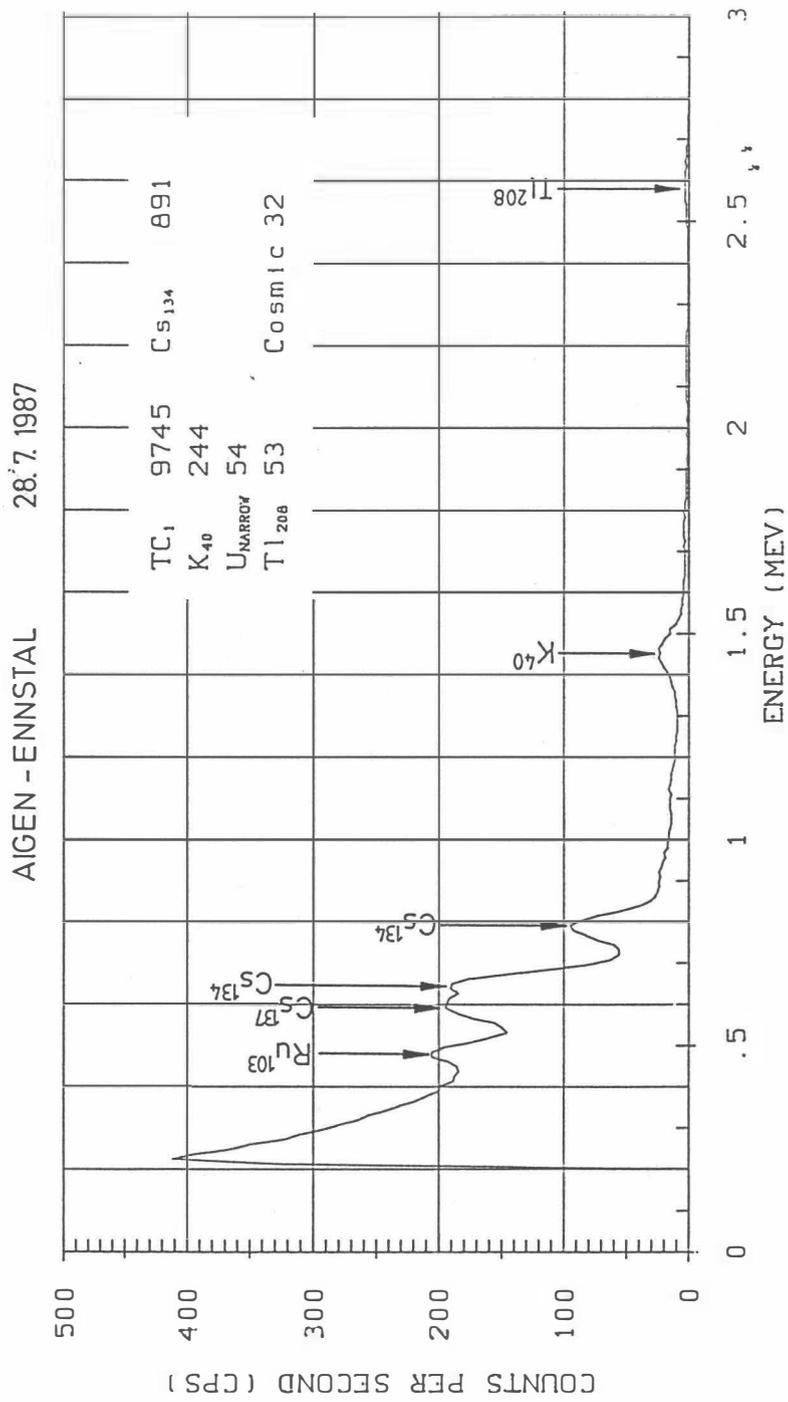


Abb.6: Spektrum der Gammastrahlenenergie (MeV) im Bereich des Flugfeldes Aigen im Ennstal.

3.6.3. Herstellung der Isolinienpläne

Es ist bekannt, daß die Strahlungsintensitäten zeitlichen Schwankungen unterliegen. Sie stehen meist im Zusammenhang mit dem Wettergeschehen (z.B. Erhöhung der Absorption im Boden durch Regenwasser, Zufuhr von Radon aus der Bodenluft). Die an verschiedenen Tagen gemessenen Zählraten können also etwas unterschiedliche Mittelwerte ergeben, was eine Isoliniendarstellung beeinträchtigen würde. Um dies zu vermeiden, werden an den Kreuzungspunkten der Meß- und Kontrollprofile die zugehörigen Zählraten ermittelt. Über ein zweidimensionales Fehlerausgleichsprogramm werden die an den Kreuzungspunkten bestimmten Zählerdifferenzen über dem gesamten Meßbereich ausgeglichen. Trotzdem war es nicht immer möglich, alle klimatischen Einflüsse zu beseitigen.

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

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

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

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

4. Geologie des Meßgebietes

Das Meßgebiet "Kefermarkt" bildet die südliche Fortsetzung des Meßgebietes "Weinsberger Wald" (SEIBERL & HEINZ 1986a). Der Hauptanteil des Gebietes "Kefermarkt" wird von Granitoiden des Weinsberger Typs eingenommen. Es ist dies ein recht grobkörniger Biotitgranit, der nur abschnittsweise Hellglimmer führt. Die Eintönigkeit der Zusammensetzung dieses Plutons zeigt sich vor allem in der Radiometrie, besonders was die zentralen Teile des Granitkörpers betrifft. Alle Kontaktzonen aber — sowohl jene zu den Schiefergneisen, in die er eingedrungen ist, als auch jene zu den jüngeren, feinkörnigen Granitoiden — sind durch besondere Verhältnisse gekennzeichnet, die sich in den gammastrahlenspektrometrischen Daten widerspiegeln. Die Maxima im Zentralgebiet des Plutons sind lokalen Ursprungs.

Besonders im Südabschnitt des Meßgebietes liegen die bekannten Mauthausener Granite in flächenhafter Verbreitung vor (N von Bad Zell); feinkörnige Granitoide vom Typ "Mauthausen" durchschlagen nach THIELE (1987) den älteren Weinsberger Granit mit zahlreichen Gängen und Gängchen, die überwiegend kontaktnah, aber auch im Inneren des Weinsberger Intrusivkörpers liegen können. Besonders intensiv ist diese Durchtränkung nordwestlich von Bad Zell. - Eng verwandt mit dem Mauthausener Granit dürfte der "Zweiglimmergranit" (W.FUCHS & THIELE, 1987) sein. Eine, wenn auch geringe, so doch auffällige Hellglimmer - (Muskowit) - Führung rechtfertigt die Ausgliederung dieser Granitvarietät. Lokal können in diesem Gestein Muskowit und Biotit in gleicher Menge vertreten sein. Daß diese Unterscheidung sehr wohl berechtigt ist, zeigen die gammaspektrometrischen und magnetischen Daten (s.u.).

In den Grenzbereichen Weinsberger Granit/ Feinkorn (Mauthausener) - Granit sind Diorite bis Quarzdiorite zu finden, die meist keine größeren homogenen Massen bilden. Auch die Modalbestände dieser Gesteine bewegen sich innerhalb weitgesteckter Grenzen (siehe THIELE, l.c.). Vermutlich sind sie jünger als der Weinsberger Granit, aber älter als die Intrusion der feinkörnigen Typen.

Im Nordwesten des vermessenen Gebietes, bei St.Oswald, stehen die ältesten Gesteine an: die "Schiefergneise" ("Grobkorn"-, "Perlgneise" sensu G. FUCHS & SCHWAIGHOFER, 1978). Nach THIELE l.c. handelt es sich dabei um Migmatite bzw. anatektische Gneise, deren Altbestand z.T. präkambrischen, polymetamorphen Gesteinsserien zuzuschreiben ist (Typ "Monotone Serie"). Im Grenzbereich zum Weinsberger Granit sind "Grobmengenungen" (THIELE l.c.) zwischen diesem und dem Schiefergneis zu vermuten.

Zerschnitten ist das Meßgebiet von Störungen — meist begleitet von mehr oder minder mächtigen Mylonitzonen, oft rekristallisiert — die der Donau/Pfahl-Richtung (Kefermarkter Graben, Kettenbachsenke) einerseits, der Rodl-Richtung andererseits parallel verlaufen.

An jüngeren Bedeckungen sind die Talfüllungen der Waldaist und die Moore bei Piber Schlag (SE St.Oswald) zu nennen. Für die Interpretation der Ergebnisse der Gammastrahlenspektrometrie und der Elektromagnetik von Bedeutung ist die fast durchgehende Bedeckung mit Böden und lokalen Akkumulationen unterschiedlicher Mächtigkeit.

Rohstoffrelevante Bezüge zu den Plutoniten der südlichen Böhmisches Masse finden sich in SEIBERL & HEINZ 1986b. In diesem Zusammenhang soll auch auf das derzeit in Fertigstellung befindliche Projekt (Arbeitstitel: "Naturraumpotential Mühlviertel – Ost") hingewiesen werden (Projektleitung: A. MATURA).

5. Ergebnisse

5.1. Widerstandskartierung; Anlagen 2 und 3

Die scheinbaren Widerstände bewegen sich im Durchschnitt um $1000 \Omega m$, was prinzipiell auf Verwitterung, Auflockerung bzw. Verlehmung schließen läßt. Nur in den Gebieten mit stärkerer, mächtigerer junger Bedeckung (vor allem Talauen) sind die Werte noch niedriger. Vereinzelt erreichen die Widerstände auch Werte über $2000 \Omega m$; diese Zonen sind jedoch nicht von großer Signifikanz.

Die in der Beilage 2 ausgeschiedenen Zonen mit niedrigen Widerständen sollten bei einer eventuellen Prospektion auf Kaolinvorkommen berücksichtigt werden. Die Höffigkeit muß i.a. aber als eher gering bezeichnet werden, da wahrscheinlich nur relativ dünne Verwitterungsbedeckungen vorliegen. Die Widerstands-anomalie 2 km S von Kefermarkt hat teilweise Werte unter $50 \Omega m$ und ist daher mit Abstand die interessanteste im gesamten Untersuchungsgebiet. Sie dürfte jedoch auch teilweise auf anthropogene Quellen zurückzuführen sein, weil in diesem Gebiet die Eisenbahnlinie Linz – Budweis verläuft.

5.2. Isoanomalien der Totalintensität ΔT ; Anlage 4

Das generell ruhige Muster, wie es für die zentralen Teile der Plutone am Südrand der Böhmisches Masse typisch ist (vgl. HEINZ et al., 1986), ist nur durch zwei Strukturen unterbrochen, die den westlichen Grenzstreifen des Meßgebietes beherrschen. Die südlichere davon ist nur zum Teil belegt, und soll im Zusammenhang mit den Ergebnissen aus dem Meßgebiet "Pregarten" behandelt werden.

Im Raum von St.Oswald (NW-Teil des beflogenen Areal) wurde eine recht deutliche magnetische Struktur festgestellt, die über den Schiefergneisen bzw. dem Rand des Weinsberger Granits liegt. An ihrem Ostende dürfte diese Struktur an einer Störungszone ihr Ende finden (vgl. W.FUCHS & THIELE, 1982).

Von Interesse ist bei einem Vergleich mit den radiometrischen Messungen (Kap.5.3.4) die Position dieser magnetischen Anomalie. Die im Kapitel 5.3.4 diskutierte Zuordnung der Feinkorngranite zum "S-Typ", vor allem aber jene der Weinsberger Granite zum "I-Typ" scheint aus der Sicht der magnetischen Meßergebnisse gerechtfertigt. Magnetitkonzentrationen und die damit verbundenen Magnetisierungskontraste sind für I-Typ-Granite — insbesondere für deren Kontaktbereiche — charakteristisch. Die Verhältnisse im betrachteten Abschnitt des Weinsberger Plutonkörpers — wie im Falle der Feinkorngranite der höchstliegende Teil des Plutons, hier eben durch die Schiefergneise markiert — zeigen deutlich den Unterschied zu den Feinkorngraniten.

5.3. Gammastrahlenspektrometrie

5.3.1. Gesamtstrahlung (Total count); Anlage 5

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

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

Maxima: über 300cps

Minima: unter 75cps

Die vier Hauptgesteinstypen, nämlich Weinsberger Granit, Feinkorngranite (Typ Mauthausen im engeren Sinn), die Zweiglimmergranite und die Schiefergneise sind durch unterschiedliche Zählraten charakterisierbar.

Werte um 150cps (und teilweise noch weniger) kennzeichnen die Schiefergneise, die auch in den übrigen Kanälen die niedrigste Strahlungsintensität haben. Maxima (bis 200cps) wurden bei St.Oswald über den Übergangszonen Schiefergneise/Perlgneise gemessen.

Typisch für die Weinsberger Granite sind Zählraten von etwas über 200cps. Die Maxima von über 300cps bei Furling und Unterarzing (SE St.Oswald), bei Stiftungsberg (S St.Oswald), sowie jene bei Niederndorf (etwa 9km NE Bad Zell) liegen nahe der Peripherie des Plutonitkörpers, meist in den erwähnten gangschwarmdurchsetzten Zonen (vgl. Kapitel 4). Südöstlich von Kefermarkt folgt eine unterbrochene Häufung von Maxima (225-300cps) einer Störungszone, die dem Kefermarkter Graben parallel verläuft. Für die zentralen Anteile des Weinsberger Komplexes sind eher lokale relative Maxima der Zählraten charakteristisch, die wohl auf Zusammenschwemmungen etc. zurückzuführen sind.

Etwas niedriger sind die Strahlungsintensitäten in den Feinkorngraniten (um 175cps). Die Maxima (220cps) liegen in der Gegend von Haselbach (NNW Bad Zell). Dieses Gebiet, das in einer schmalen Zunge von Feinkorngraniten liegt, die in die Weinsberger Masse indentiert (FUCHS, W. & THIELE, 1982), ist durch absolute Maxima auch in den übrigen Kanälen auffällig. Der Strahlungsintensität nach entsprechen die hier aufgetretenen Magmatite eher den Zweiglimmergraniten. Jedenfalls sind — was die natürliche Gammastrahlung betrifft — die Mauthausener Granite in diesem Gebiet äußerst inhomogen. Eine weitere Möglichkeit der Deutung dieser Maxima, die allerdings aus der vorliegenden Karte von W.FUCHS & THIELE (1982) nicht hervorgeht, wäre neuerlich die einer — hier flächenmäßig bedeutenden — Akkumulation strahlender Phasen. Dies wäre zu verifizieren (siehe auch Kapitel 5.3.3 und 5.3.4).

In den Zweiglimmergraniten am Ostrand des beflogenen Gebietes sind hohe Zählraten kennzeichnend; der Background beträgt etwa 225cps, über weite Bereiche konnten 275 bis über 300 cps gemessen werden. Die hohe ^{40}K -Strahlung ist mit Sicherheit nicht ausschließlich auf die erhöhte Kaliglimmerführung zurückzuführen; dieser Granittyp scheint sich in seiner Zusammensetzung sowohl von den Weinsberger Graniten als auch von den — ihm eher verwandten — Mauthausener Typen zu unterscheiden (vgl. auch U- und Th-Kanal).

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

Maxima: über 75 cps
Minima: um 10 cps

Die Strahlungsintensität ist über den Schiefergneisen wieder am geringsten (Analogie zum Kalium- und Thoriumkanal). Erhöhte Zählraten charakterisieren die Übergänge Schiefergneise/ Perlgneise.

Über weite Strecken herrschen im Weinsberger Granit Zählraten von etwa 35cps vor. Nur vereinzelt erhöhen sich die Werte lokal auf über 40 bis 50cps. Entlang der südwestlichen Begrenzung des Zweiglimmergranitkomplexes NE von Bad Zell ist eine den Kontakt begleitende Zone von über 70cps zu verfolgen, die mit eben diesem Kontakt in Zusammenhang stehend angesehen wird. Die Gangschwarmzonen haben auf die Uran-Zählraten offensichtlich keinen Einfluß.

Noch höher sind die Zählraten im Zweiglimmergranit selbst (bis über 75cps), der auch erhöhte Backgroundwerte hat, und somit seine erwähnte Sonderstellung bestätigt.

Die Feinkorngranite und ihre Varietäten haben nur geringfügig höhere Strahlungsintensitäten als die Schiefergneise (25, maximal um 30cps). In der schon unter 5.3.2. erwähnten Zunge von (kartiertem) Feinkorngranit bei Haselbach NNW Bad Zell sind auch hier sprunghafte Anstiege der Zählraten von Osten nach Westen zu bemerken; die Werte erhöhen sich bis auf 50cps.

In den Zweiglimmergraniten bewegen sich die Zählraten mit geringer Varianz um 50cps (also relativ hohe Strahlung). Auch im Kontaktbereich zum Weinsberger Granit sind die Werte hoch (um 75cps); gleiches gilt — wie schon erwähnt — für den Rand des Weinsberger Plutons in diesem Bereich.

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

Maxima: über 230cps
Minima: um 40 cps

Eine grobe Klassifikation der Gesteinstypen ist auch mit den Verhältnissen im Thoriumkanal möglich:

Schiefergneise: 50-60cps
Weinsberger Granit: 90-150cps
Feinkorngranite (Prototyp: Mauthausener): 90-130cps
Zweiglimmergranite: 140-190cps

Im Weinsberger Granit sind lokale Maxima der Zählraten charakteristisch, die allem Anschein nach mit primären Internstrukturen nichts zu tun haben (lokale Kumulationen strahlender Phasen im Boden oder Zusammenschwemmungseffekte). Darauf ließen ja bereits die Erkenntnisse aus dem Kalium-Kanal schließen; da Thorium jedoch unter den natürlichen Radioelementen das immobilste darstellt und die Th-Maxima im Bereich des Weinsberger Plutonkörpers kaum stark ausgeprägt sind, ist die primäre Natur dieser Maxima auszuschließen.

Die auffälligen absoluten Maxima über den Feinkorngraniten bei Haselbach (NNW Bad Zell), über den Zweiglimmergraniten am Ostrand des Meßgebietes und vor allem über dem isolierten Vorkommen von Feinkorngraniten NE von Kefermarkt (230cps) sind in jedem Fall für weiterführende Untersuchungen zu empfehlen. Sie lassen nämlich auf ein tatsächliches (geochemisches, möglicherweise lagerstättenkundlich auch bedeutsames) Sonderverhalten der hier auftretenden Gesteinstypen schließen. In diesem Zusammenhang sei auf die Darstellung des Th/K-Verhältnisses hingewiesen (Anlage 11).

Die feinkörnigen Granite vom Typ Mauthausen sind im allgemeinen durch recht niedrige Zählraten — niedriger als der Durchschnitt des Weinsberger Granits — gekennzeichnet. Nur die oben erwähnten Zonen sind deutlich differenziert. Das erwähnte Sonderverhalten mag auf die Verhältnisse im Feinkorngranit selbst beschränkt sein, das durch die Kontaktnähe bedingt ist. Es kann sich aber auch um einen Gesteinstyp handeln, der genetisch nicht *u n m i t t e l b a r* der Feinkorngranitreihe angehört, nur eben mit Mitteln der Feldgeologie nicht ausscheidbar ist.

Folgt man den Ausführungen von SAUNDERS et al. (1987) wird das anomale Verhalten der Randzonen der Feinkorngranite verständlich: Meßreihen haben gezeigt, daß unter normalen Bedingungen ein prinzipieller Zusammenhang zwischen den natürlichen Radioelementen U, K und Th (und deren radioaktiven Tochterprodukten) existiert (GALBRAITH & SAUNDERS, 1983). Dieser Zusammenhang ist hier gestört. Auf die besonderen Bedingungen, die in hochliegenden Plutonsegmenten herrschen und die auch ökonomische Bedeutung erlangen können, wurde schon mehrmals verwiesen (PLIMER 1983, SEIBERL & HEINZ 1986b). FINGER begann 1985 einen Versuch, die Magmentypen im westlichen Mühlviertel einer Klassifikation zu unterwerfen. Dabei seien für die den Feinkorngraniten (Typ "Mauthausener") nahestehenden Perldiatexite Merkmale charakteristisch, die sie in die Verwandtschaft der "S-Typ-Magmen" rücken. Diese Magmen ("S" = "sedimentary source") integrierten die nicht sonderlich angereicherten Elemente Sn, W, B, F, Be, Li, Mo und Bi in ihr Anatektikum, rekonzentrierten diese und schieden sie in der Endphase der Kristallisation so angereichert — nahe dem alten Dach (also im obersten Plutonstockwerk) — wieder aus (PLIMER, l.c.). Sie scheinen unreife Vorstufen zu den "A-Typen"* zu repräsentieren (A = "anomalous, anhydrous, alkalic, anorogenic, aluminous"); im vermessenen Abschnitt der Böhmisches Masse liegen die radiometrischen Anomalien fast durchwegs im Kontaktbereich, also — von Seiten der Feinkorngranite betrachtet — im höchsten Teil des Plutons (siehe Fußnote). Den weitgehend sterilen Weinsberger Granit ordnet FINGER l.c. mit Vorbehalt den I-Typen zu ("I" = "Igneous source").

Wie schon in den übrigen Kanälen, zeigen die Schiefergneise die geringste Intensität der natürlichen Gammastrahlung. Die Kontaktbereiche zum Pluton (Weinsberger Granit) sind nicht mit signifikanten gammaspektrometrischen Anomalien versehen, sieht man von

* Auch diese Magmentypen kommen meist als flache, schichtige Intrusionskörper im letzten Stadium der plutonischen Sequenz vor und dringen hoch in das Deckgebirge vor. Wie einer der Beinamen schon ausdrückt, ist dieses Ereignis zeitlich nach der Kulmination der "orogenen" Ereignisse anzusetzen; die Betrachtung der Feinkorngranite als "S-Typ" ist demnach dem Kenntnisstand nach gerechtfertigt.

leicht erhöhten Zählraten im Kaliumkanal ab, die — wie erwähnt — nicht als primäre Effekte angesehen werden. Wohl aber ist eine deutliche magnetische Struktur zu beobachten (Kap.5.2.).

5.3.5. Verhältnisdarstellungen; Anlagen 9, 10 und 11

U/Th, Anlage 9: Quotienten nahe an 1 finden sich nur bei Bad Zell und nordöstlich von St.Oswald (in den Feinkorngraniten).

Im U/K-Verhältnis (Anlage 10) sind nur in den Hängen des Tales der Kleinen Naarn bzw. der Naarn höhere U/K Quotienten zu finden. Sie sind wohl auf lokale Akkumulationen zurückzuführen.

Die schon oben hervorgehobenen Bereiche um Haselbach (NW Bad Zell) und SSW St.Oswald zeigen etwa gleiche Zählraten im Th (!) und K-Kanal (Anlage 11). Dadurch sind diese Zonen auch in dieser Hinsicht als deutlich anomal verifizierbar. Der Zweiglimmergranit im gesamten und die Diorite südöstlich von St.Oswald haben Quotienten nahe an 1, was auch sie für nähere geochemische Untersuchungen empfiehlt.

6. Empfehlungen

Weiteren Untersuchungen unterworfen werden sollten vorzugsweise die marginalen Zonen der Feinkorngranite, die sich in der Gammastrahlenspektrometrie als anomal erwiesen haben; diese sind:

- die Gegend um Haselbach (NNW Bad Zell);
- der Bereich SW Kefermarkt
- die Zweiglimmergranite.

Auch der Bereich des Kontaktes Weinsberger Granit/ Schiefergneise (im NW des Meßgebietes) sollte detaillierter untersucht werden. Gleiches gilt mit Einschränkungen für die Diorite SE von St.Oswald.

Vorzugsweise ist an eine *g e o c h e m i s c h / g e o l o g i s c h e D e t a i l u n t e r s u c h u n g* zu denken.

Weiters sollten auch die im Kapitel 5.1. ausgeschiedenen *W i d e r s t a n d s a n o m a l i e n* durch eine Geländebegehung auf etwaige *K a o l i n h ö f f i g k e i t* überprüft werden.

7. Literatur

- BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT UND UMWELTSCHUTZ: Tschernobyl und die Folgen für Österreich. — Ber. Umweltbundesamt, Wien, 1986.
- CRISS, R.E. & CHAMPION, D.E.: Magnetic properties of granitic rocks from the southern half of the Idaho batholite: influences of hydrothermal alteration and implications for aeromagnetic interpretation. — Journ. Geoph. Res., **89**, No. B8; Richmond, 1984.
- FINGER, F.: Die synorogenen Granitoide und Gneise des Moldanubikums im Gebiet der Donauschlingen bei Obermühl (Oberösterreich). — JB. Geol.B.-A., **128**, H.3+4, Wien, 1985
- FORD, K.L. & O'REILLY, G.A.: Airborne gamma - ray spectrometric surveys as an indicator of granophile element specialization and associated mineral deposits in the granitic rocks of the Meguma Zone of Nova Scotia, Canada. In: High Heat Production (HHP) granites, hydrothermal circulation and ore genesis. pp.113 – 133, IMM, London, 1985.
- FRASER, D.C.: Resistivity mapping with an airborne multicoil electromagnetic system. — Geoph.,**43**, Tulsa, 1978.
- FUCHS, W. & SCHWAIGHOFER, B.: Erläuterungen zur Geologischen Karte der Republik Österreich, Blatt 17, Großpertholz. — Geol.B.-A., Wien, 1978.
- FUCHS, W. & THIELE, O.: Geologische Karte der Republik Österreich, 1:50.000, Blatt 34 Perg. — Geol.B.A., Wien, 1982.
- FUCHS, W. & THIELE, O.: Erläuterungen zur Geologischen Karte der Republik Österreich, Blatt **34**, Perg. — Geol.B.-A., Wien, 1987.
- GALBRAITH, J.H. & SAUNDERS, D.F.: Rock classification by characteristics of aerial gamma-ray measurements. — Journ. Geochem. Explor., **18**, 1983.
- International Atomic Energy Agency (IAEA): Gamma Ray Surveys in Uranium Exploration. Techn.Rep.Series No.**186**, Vienna, 1979.
- KILLEEN, P.G.: Gamma ray spectrometric methods in Uranium exploration — application and interpretation. Geophysics and Geochemistry in the Search for Metallic Ores. Geol. Surv.Can., Econ.Geol.Rep., **31**, Ottawa, 1979.
- MUNDRY, E.: On the interpretation of airborne electromagnetic data for the two-layer case. Geophys. prosp., **32**, Den Haag, 1984.
- PLIMER, I.R.: The Geology of Tin and Tungsten Deposits. — Notes to accompany an advanced course presented at Institut für Mineralogie und Petrologie, MUL Leoben, Leoben, 1983.
- SAUNDERS, D.F., TERRY, S.A. & THOMPSON C.K.: Test of National Uranium Resource Evaluation gamma-ray spectral data in petroleum reconnaissance. — Geophys., **52**, 11, Tulsa, 1987.

SEIBERL, W. & HEINZ, H.: Aerogeophysikalische Vermessung im Raum Weinsberger Wald. — Ber. Proj. OC-1d/85, Geol.B.-A., Wien, 1986a.

SEIBERL, W. & HEINZ, H.: Aerogeophysikalische Vermessung im Raum Weitra. — Ber. Proj. NC-6q/84, ÖAW & Geol.B.-A., Wien, 1986b.

SENGPIEL, K.P.: Hubschrauber-geophysik 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.

WEBSTER, S.S.: Comments on the Use of Gamma - Ray Spectrometry for Tin Prospecting. — Explor. Geoph., **15**, 1984.

8. Verzeichnis der Anlagen

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

9. Anhang

A. Einfluß der Hangneigung auf elektromagnetische Messungen aus der Luft

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

1. Einleitung

Geophysikalische Messungen vom Hubschrauber aus finden häufig in Gebieten mit starkem topographischem Relief statt. Für EM-Systeme, bei welchen Sende- und Empfängerspulen fest in einem Flugkörper installiert sind, wie z.B. beim Dighem-System, kann man davon ausgehen, daß der Flugkörper beim Steigen und Sinken entlang von Berghängen seine horizontale Fluglage beibehält. Dann steht jedoch z.B. ein vertikaler Sendedipol (V) nicht mehr senkrecht auf der Erdoberfläche, wie in der Theorie angenommen. Die folgende Untersuchung soll zeigen, wie die Hangneigung 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

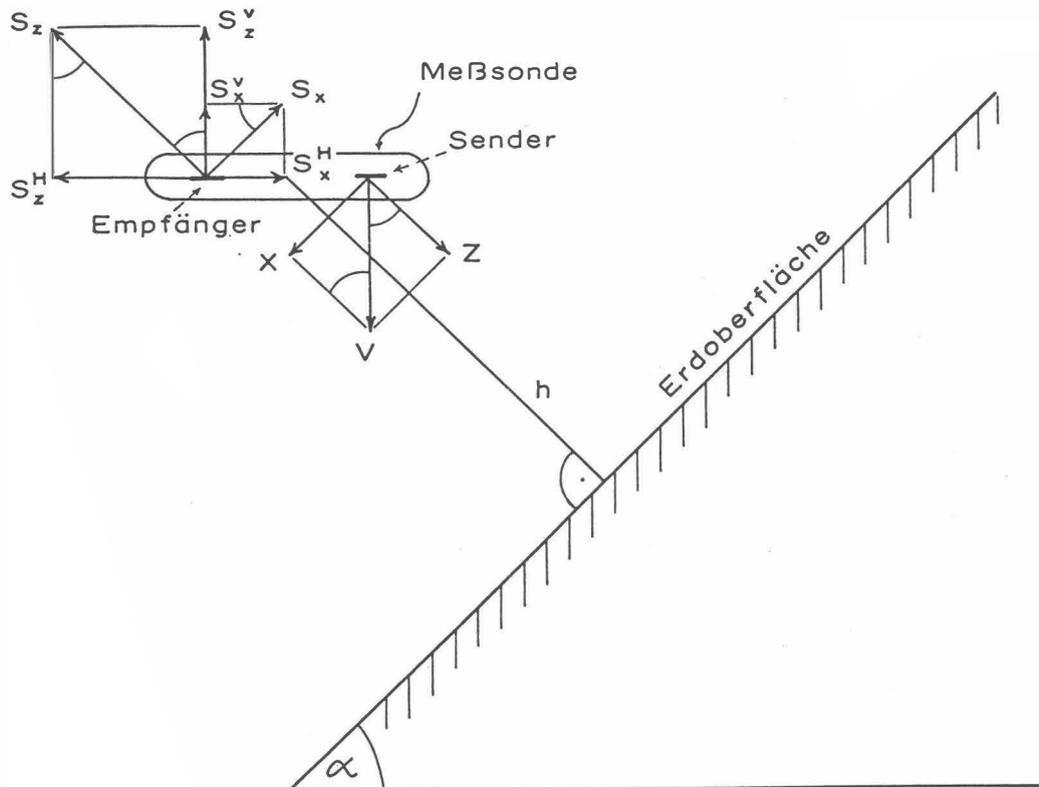


Abb.A1: Zerlegung des primären Dipolfeldes (V) und des sekundären Magnetfeldes (S) in Komponenten; h = Abstand der Flugsonde von der Erdoberfläche.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

oder mit Gl. (1a)

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

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 MUNDREY (1984) beschrieben ist.

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

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

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

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

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

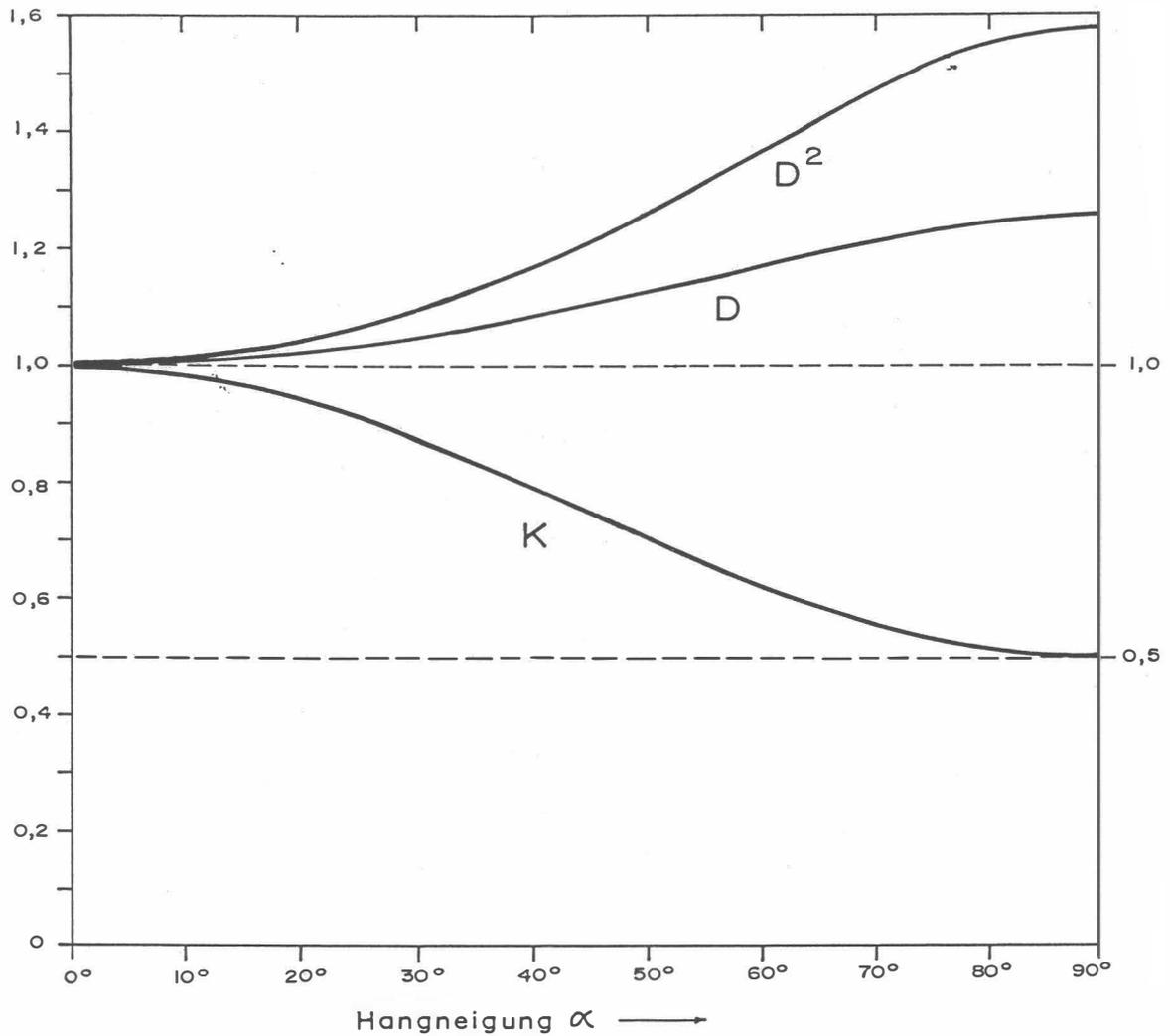


Abb. A2: Verfälschungsfaktoren K , D und D^2 in Abhängigkeit vom Neigungswinkel α der Erdoberfläche für ein koplanares EM-System mit vertikalem Sendedipol; q = Quotient Horizontal- zu Vertikal- komponente des sekundären Magnetfeldes.

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

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

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

Die Bestimmung des spezifischen Widerstands ρ erfolgt mit Hilfe der Beziehung

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

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

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

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

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

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 MUNDURY (1984, Gl.15) mit der Meßamplitude $A' = K_X A$:

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

mit

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

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

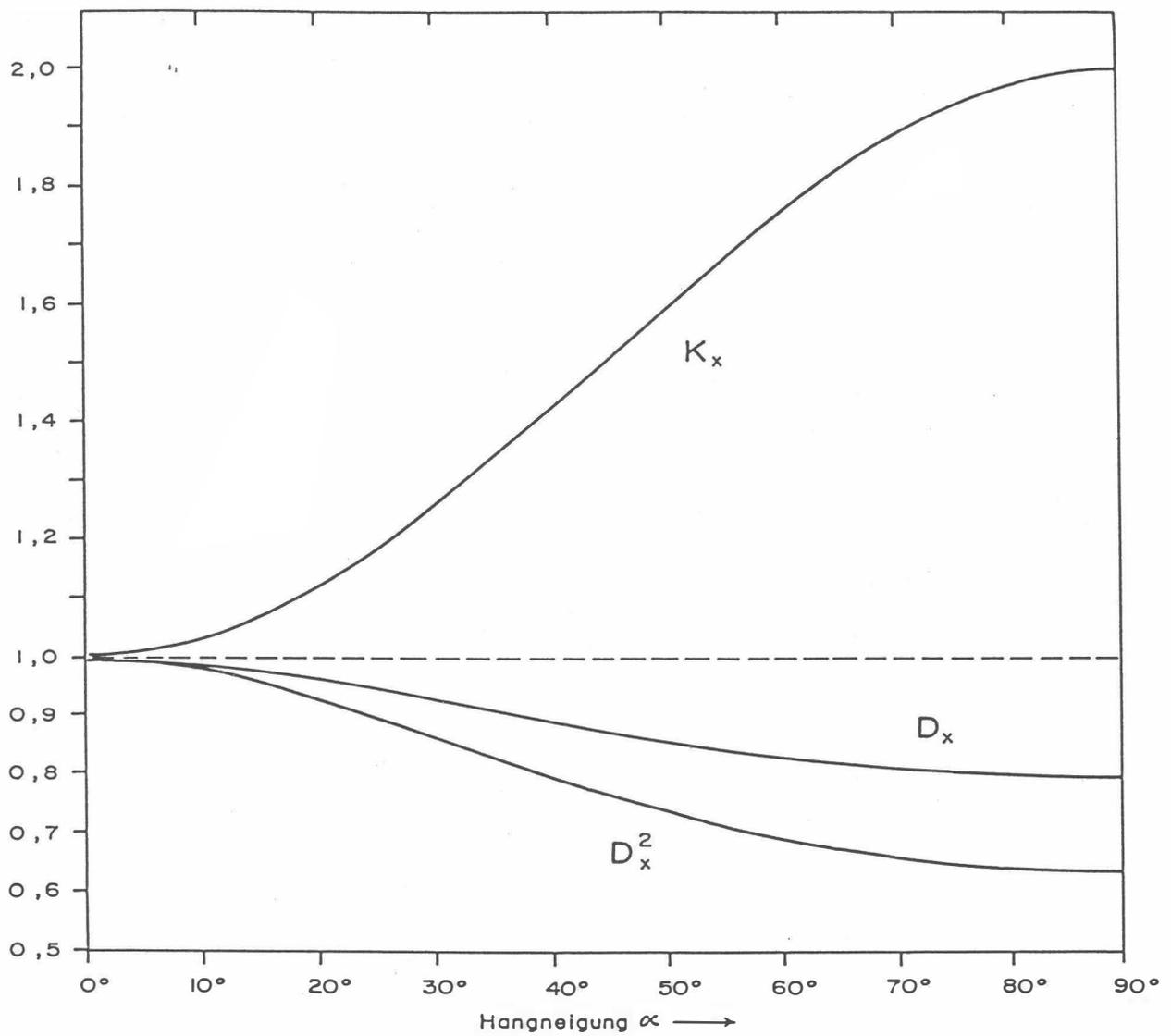


Abb. A3: Verfälschungsfaktoren K_x , D_x und D_x^2 als Funktion von α für ein koaxiales EM-System mit horizontalem Sendedipol.

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 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.

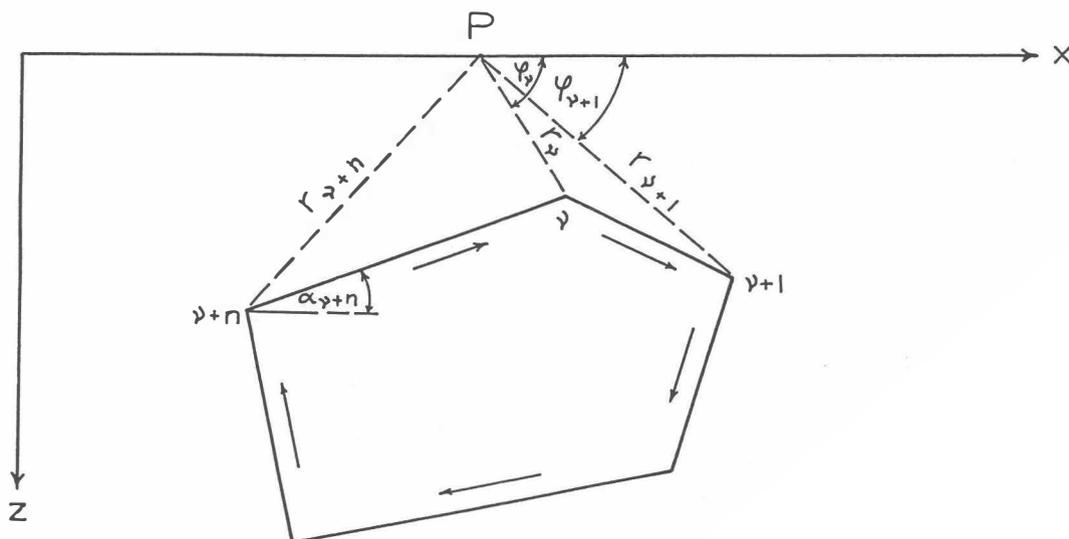


Abb. B1: Die Berechnung von magnetischen Störkörperanomalien mit Hilfe eines Polygonzuges.

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

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

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

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

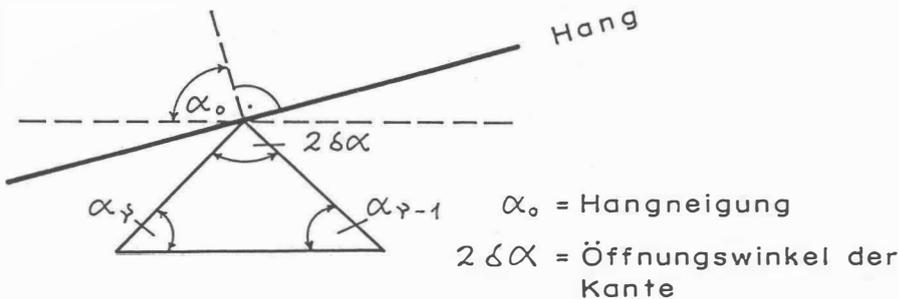


Abb. B2: Modellannahme zur Berechnung von magnetischen Anomalien eines Bergkammes.

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

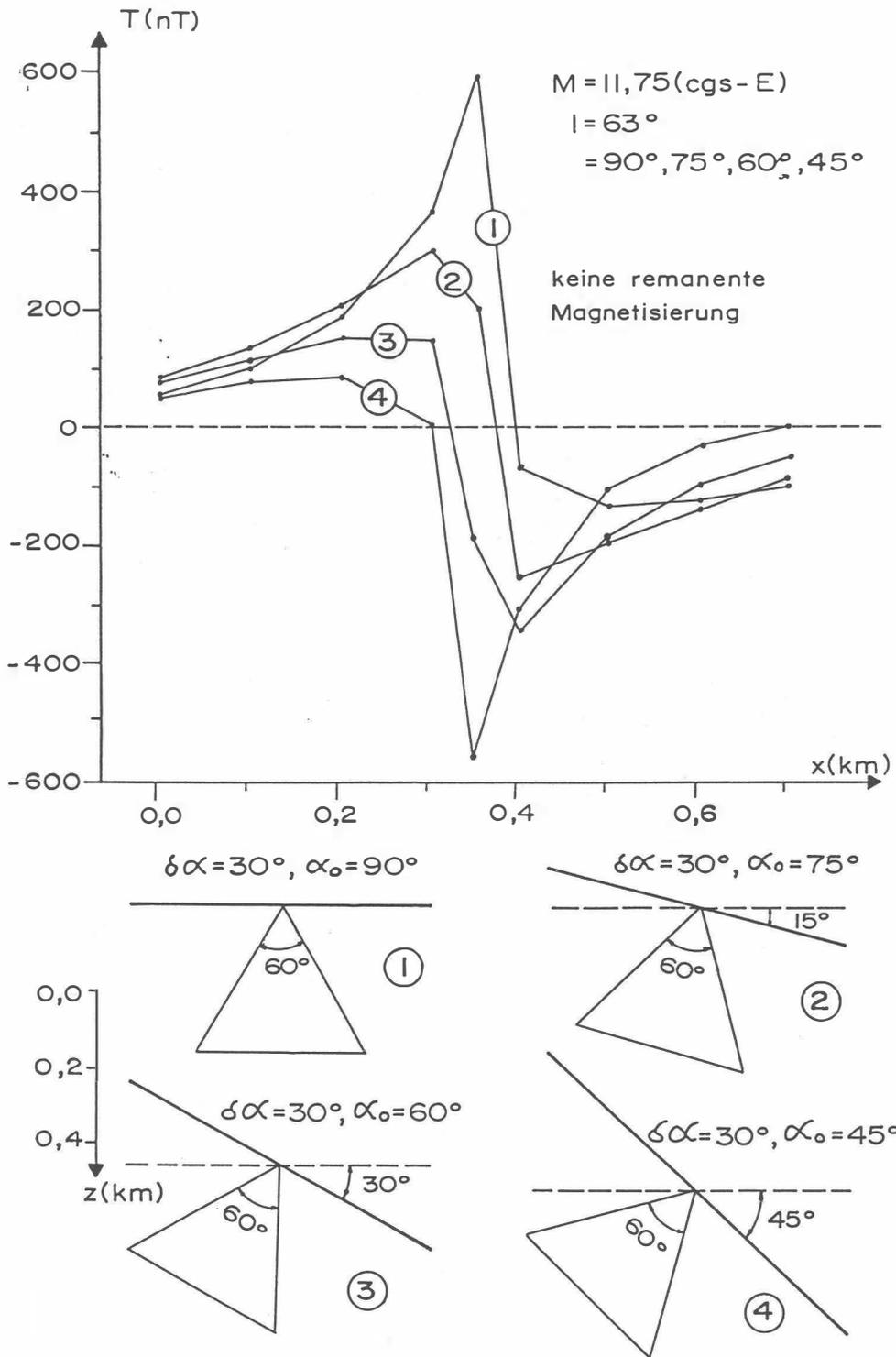


Abb.B4: Der Einfluß der mittleren Bodenneigung (α_0) auf die ΔT -Anomalie;
 $\delta\alpha$ = komplementäre Öffnungswinkel, Z = Tiefe in km.

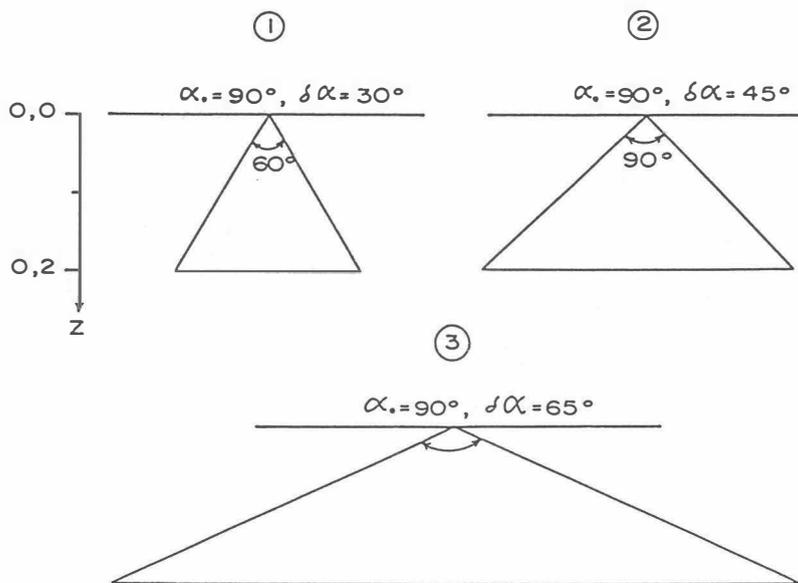
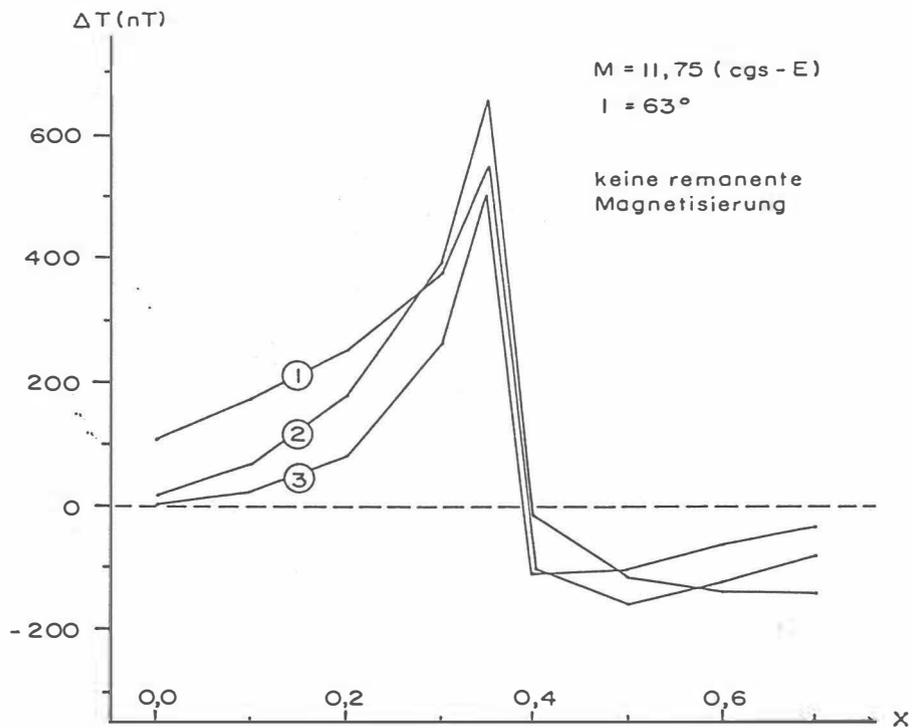
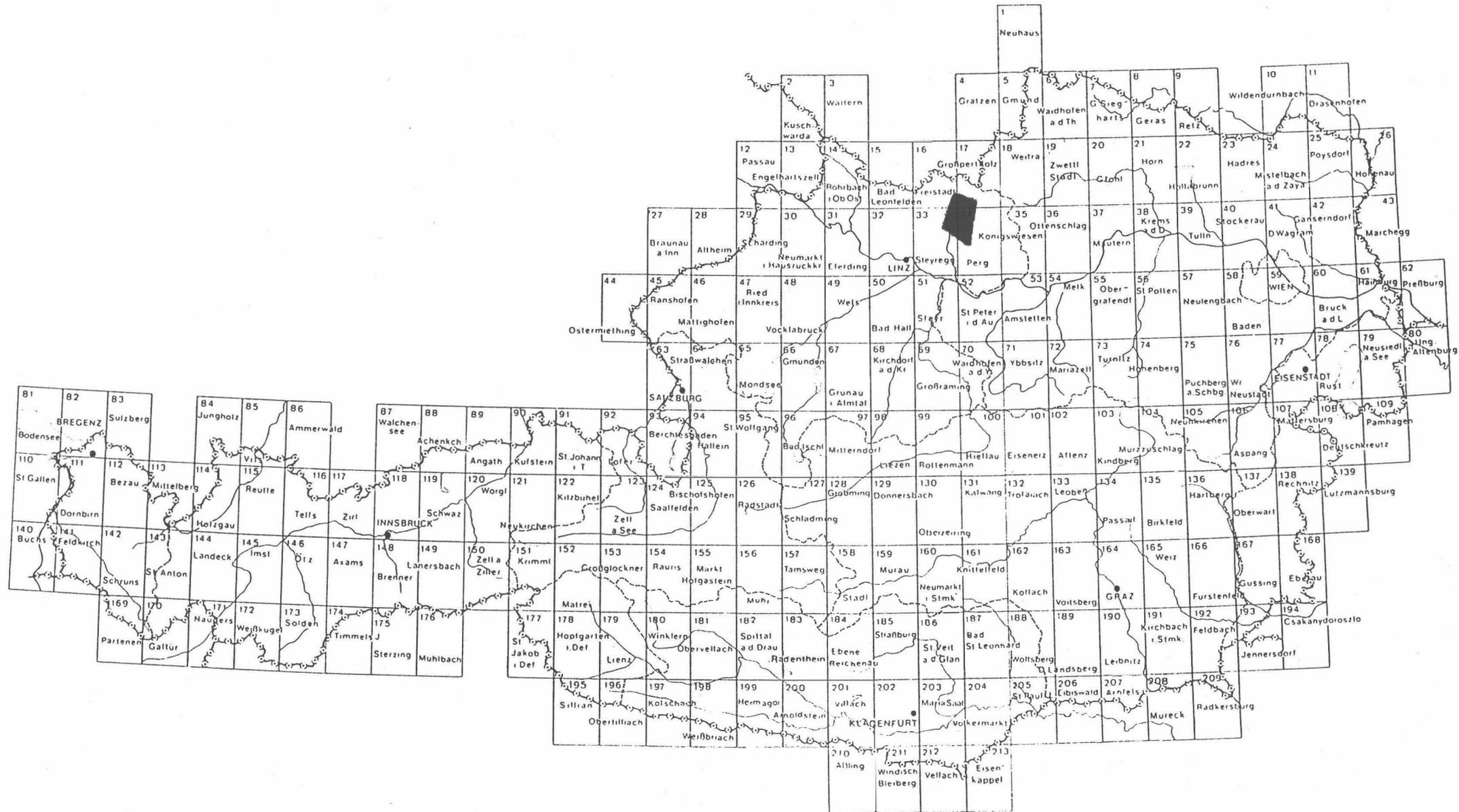
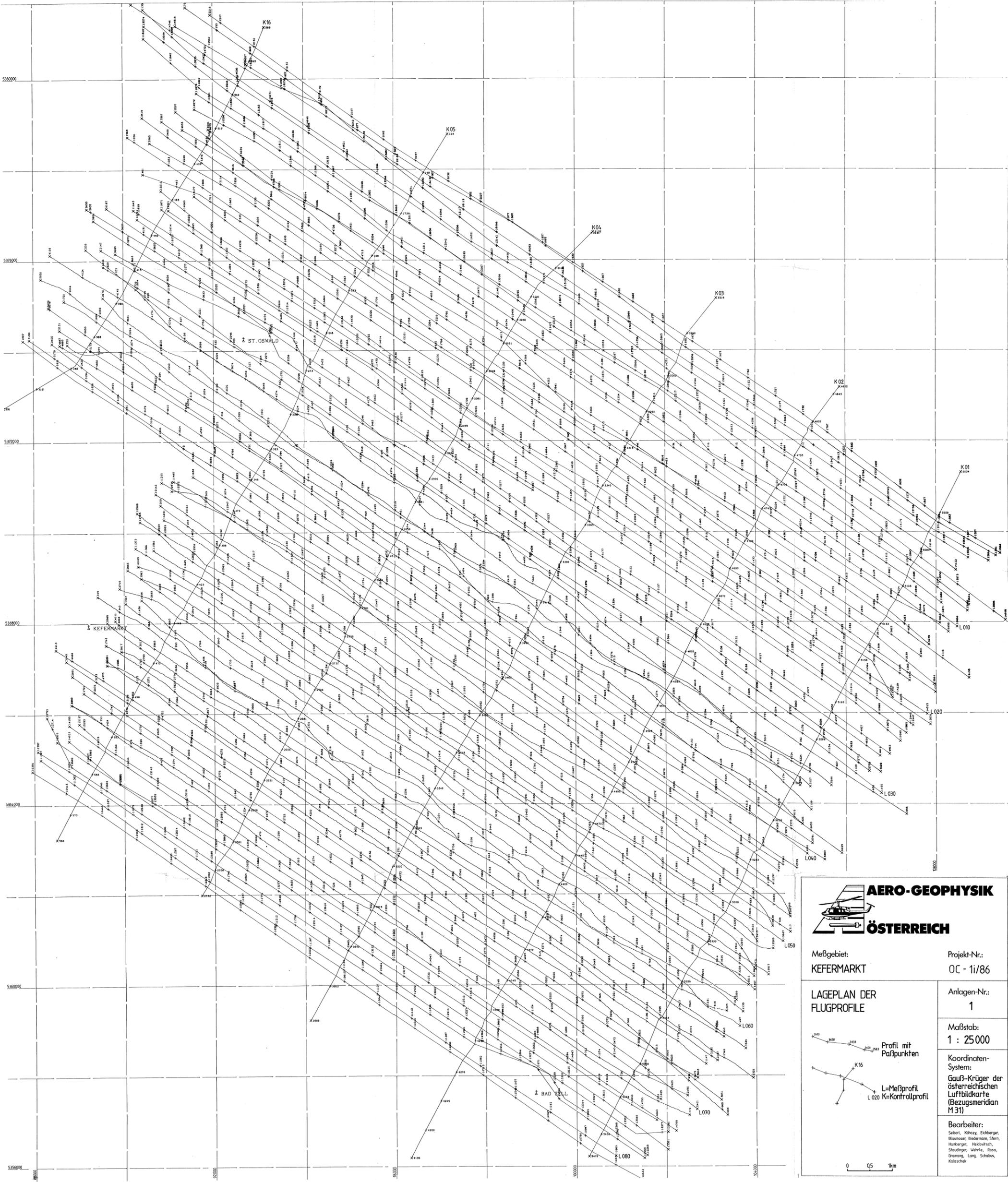


Abb.B3: Der Einfluß des komplementären Öffnungswinkels ($2\delta\alpha$) und einer Kante auf die ΔT -Anomalie, $\alpha_0 = 90^\circ$.





Meßgebiet:
KEFERMARKT

Projekt-Nr.:
OC - 1i/86

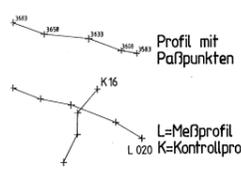
**LAGEPLAN DER
 FLUGPROFILE**

Anlagen-Nr.:
1

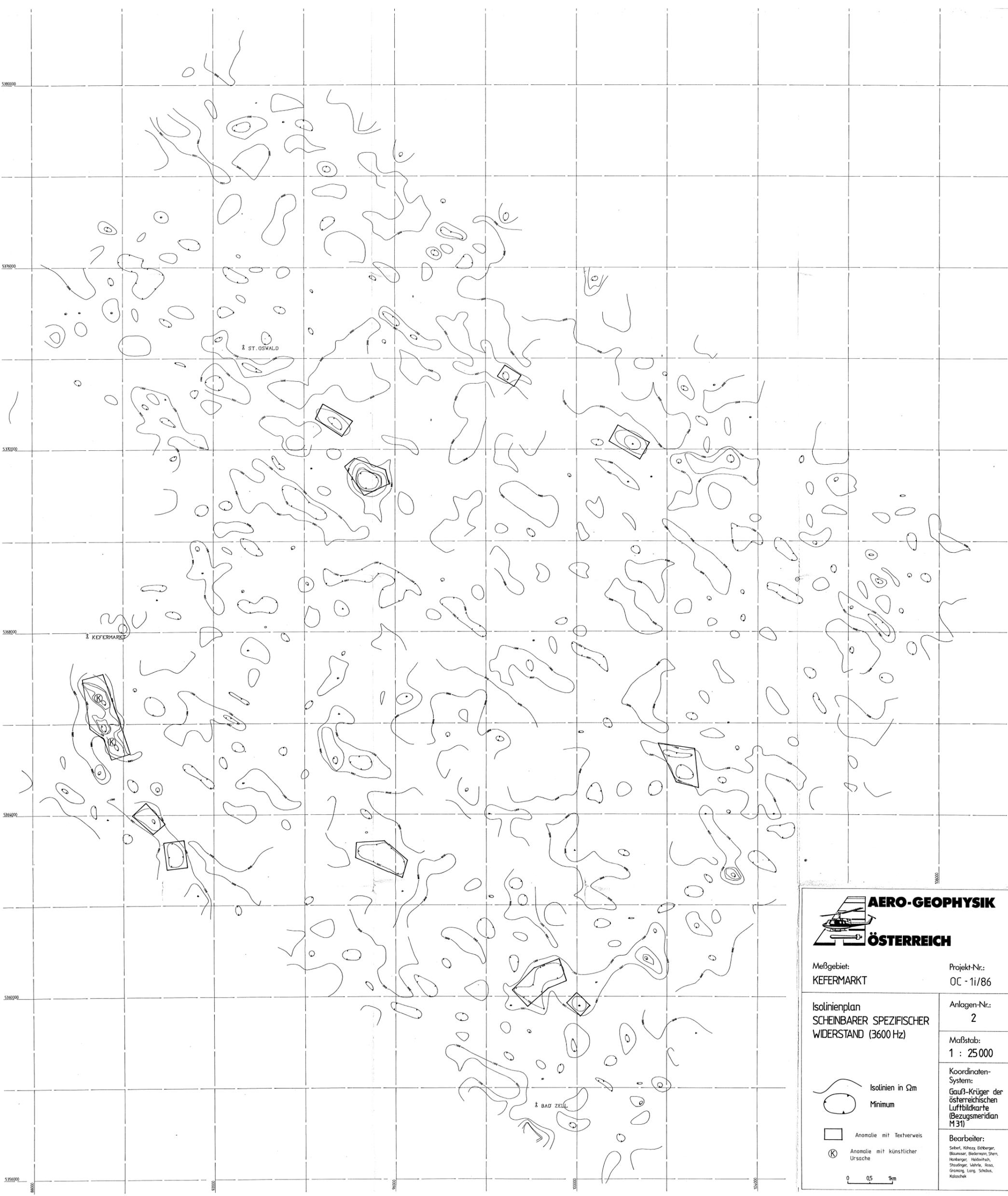
Maßstab:
1 : 25000

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

Bearbeiter:
 Seibert, Kitzky, Eckberger,
 Braunauer, Biedermann, Stern,
 Hanberger, Heidwitsch,
 Stadinger, Jochle, Rona,
 Gramann, Lang, Schabus,
 Kalaschek



0 0,5 1km



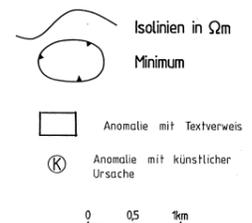
Meßgebiet: KEFERMARKT Projekt-Nr.: OC - 11/86

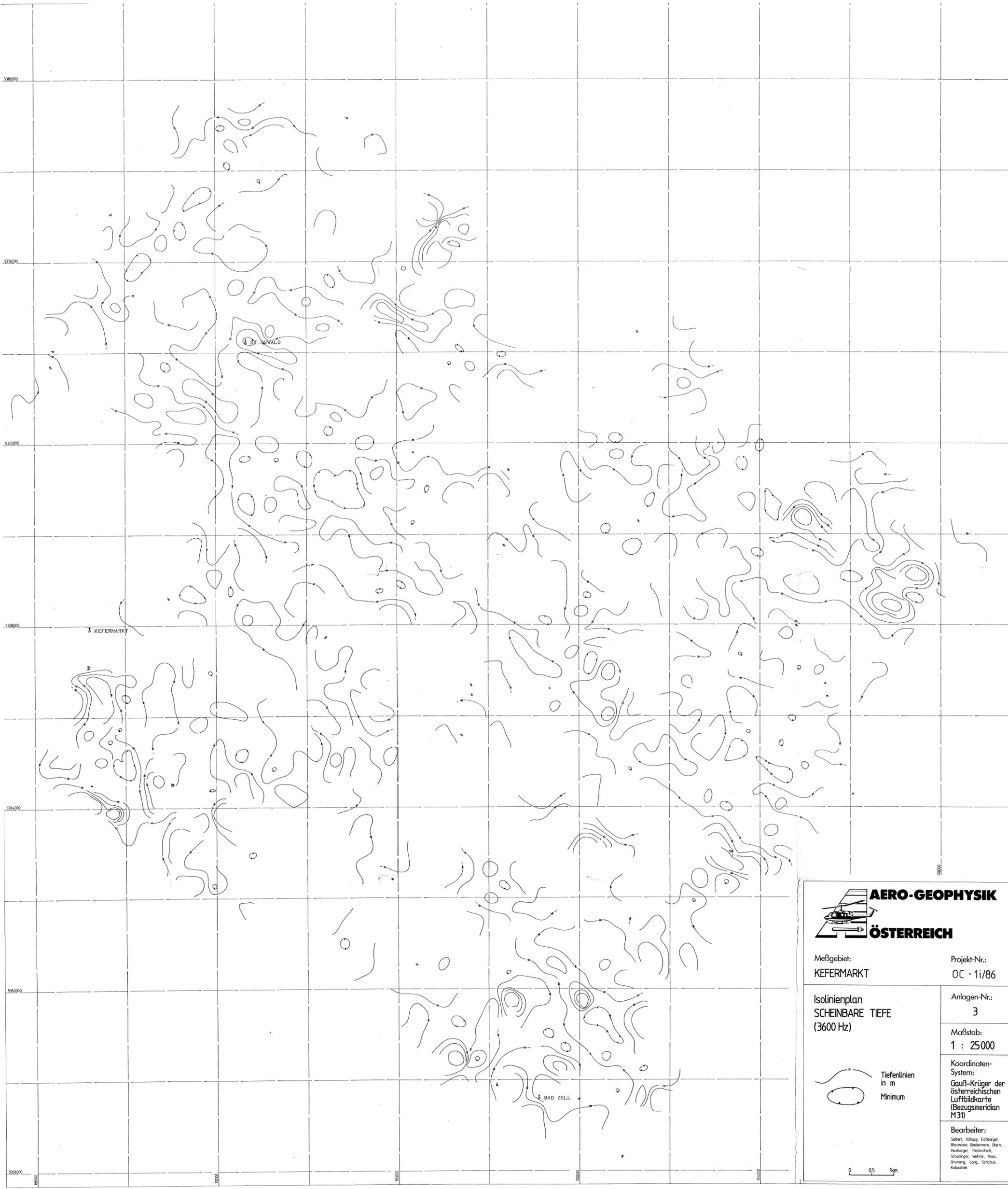
Isolinienplan SCHEINBARER SPEZIFISCHER WIDERSTAND (3600 Hz) Anlagen-Nr.: 2

Maßstab: 1 : 25 000

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

Bearbeiter: Seberl, Köstler, Erdberger, Baumesser, Biedermann, Stern, Humberger, Haidwieser, Staudinger, Währle, Röss, Gröning, Lang, Schabus, Kaltschek





AERO-GEOPHYSIK
ÖSTERREICH

Meßgebiet: KEFERMARKT Projekt-Nr.: OC - 1i/86

Isolinienplan
 SCHEINBARE TIEFE
 (3600 Hz) Anlagen-Nr.: 3

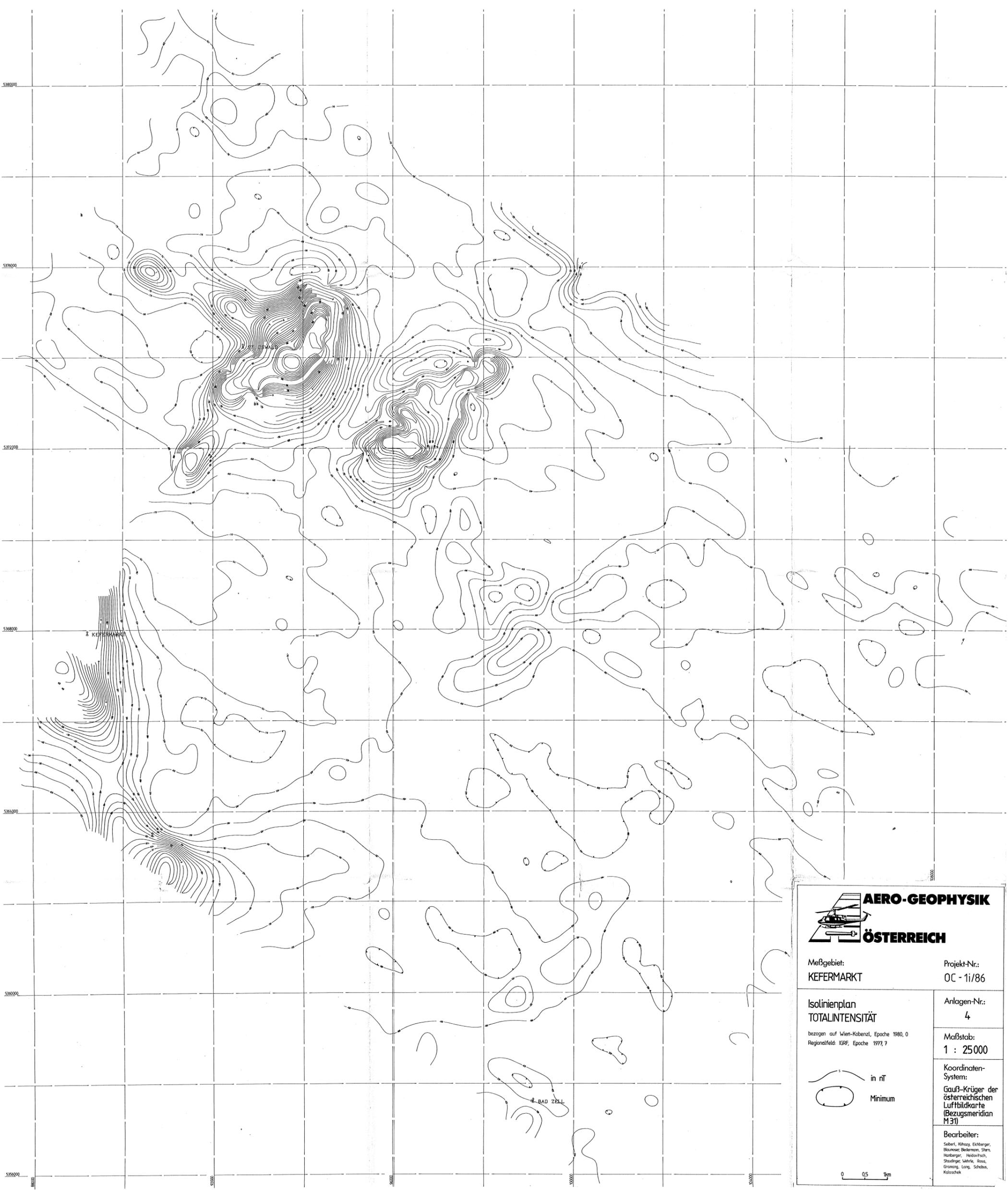
Maßstab: 1 : 25000

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

Bearbeiter: Seberl, Köhazy, Eichberger, Blumoser, Biedermann, Stern, Harbinger, Heilmann, Schädinger, Mahrle, Gross, Grestang, Lang, Schabus, Kalschek

Tiefenlinien in m Minimum

0 0,5 1km



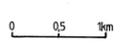
Meßgebiet: KEFERMARKT Projekt-Nr.: OC - 11/86

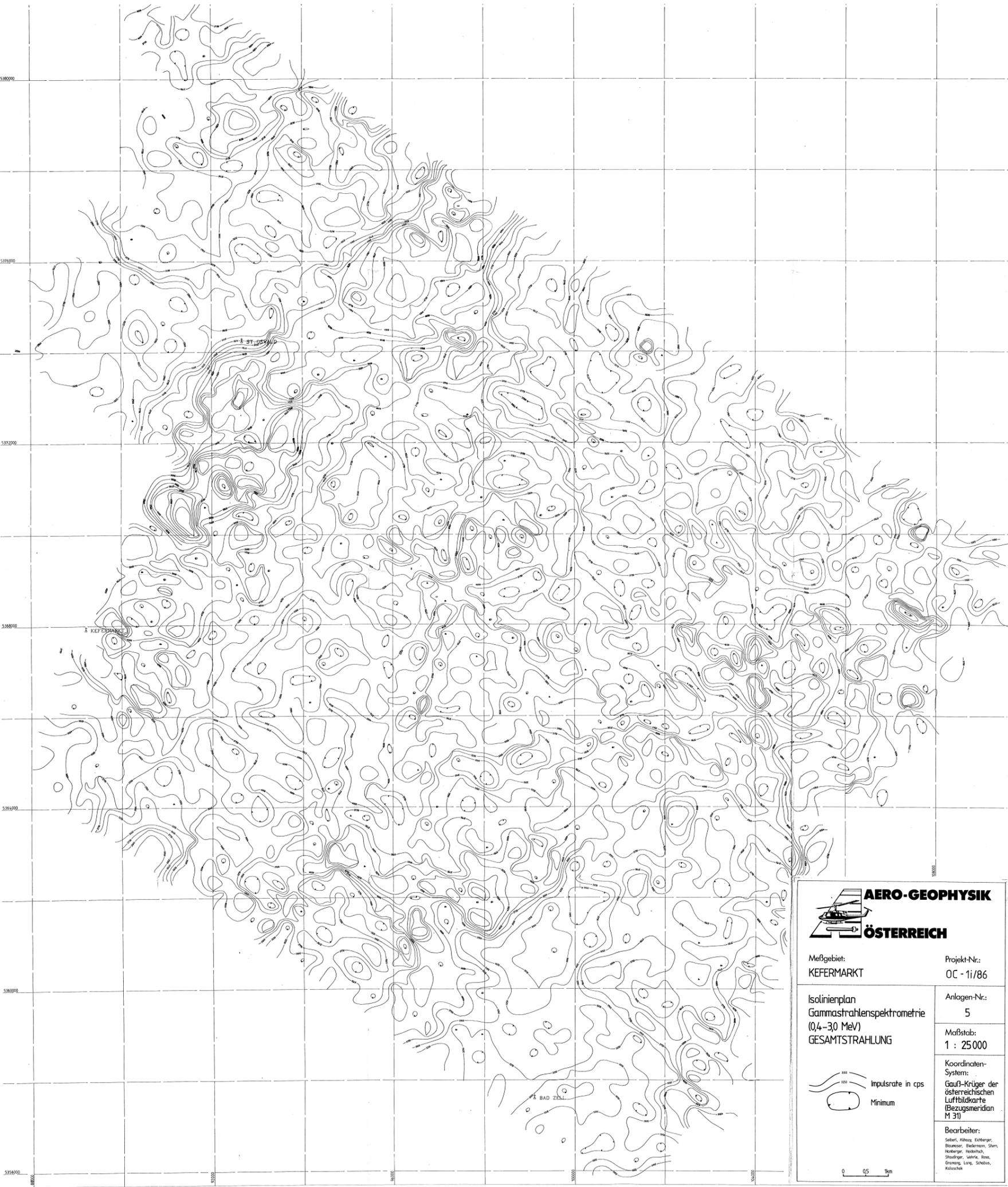
Isolinienplan TOTALINTENSITÄT Anlagen-Nr.: 4

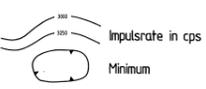
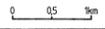
bezogen auf Wien-Kobenzl, Epoche 1980, 0 Maßstab: 1 : 25000
Regionalfeld: IGRF, Epoche 1977, 7

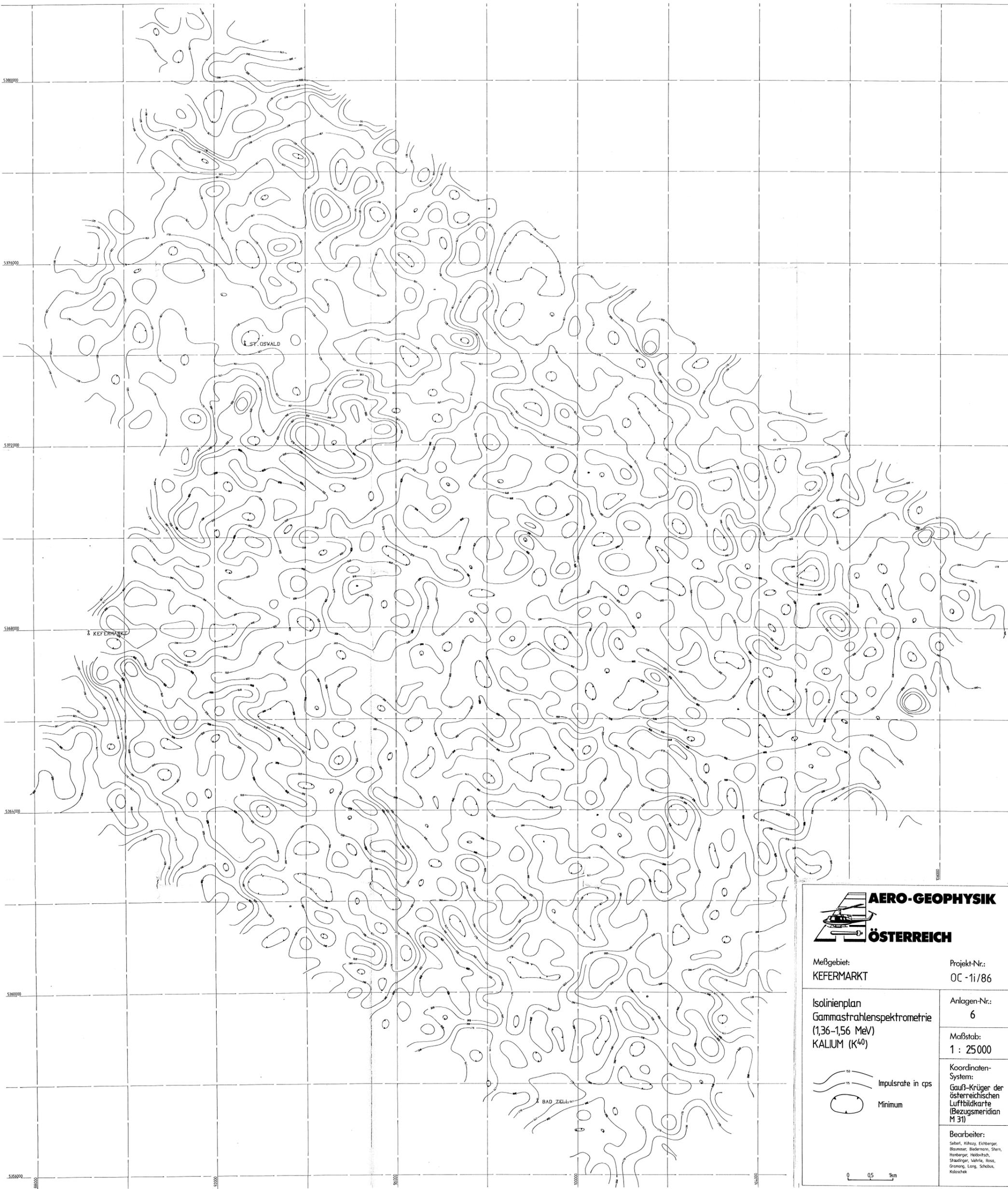
in nT
Minimum

Koordinaten-System: Gauß-Krüger der österreichischen Luftbildkarte (Bezugsmeridian M 31)
Bearbeiter: Seibert, Kitzky, Eichenberger, Blumauer, Seidenmann, Skorn, Hanberger, Haidvitsch, Schaudinger, Wehrle, Ross, Grünberg, Lang, Schabus, Klotzschek





 AERO-GEOPHYSIK ÖSTERREICH	
Meßgebiet: KEFERMARKT	Projekt-Nr.: OC - 1i/86
Isolinienplan Gammastrahlenspektrometrie (0,4-30 MeV) GESAMTSTRAHLUNG	Anlagen-Nr.: 5
	Maßstab: 1 : 25 000
	Koordinaten-System: Gauß-Krüger der österreichischen Luftbildkarte (Bezugsmeridian M 31)
	Bearbeiter: Seberl, Kitzay, Eitberger, Baumler, Fiedermann, Stern, Heibinger, Heidebach, Straußinger, Uehle, Ross, Groming, Lang, Schabus, Kollschick
	



AERO-GEOPHYSIK
ÖSTERREICH

Meßgebiet: KEFERMARKT Projekt-Nr.: OC-11/86

Isolinienplan Gammastrahlenspektrometrie (1,36-1,56 MeV) KALIAM (K⁴⁰) Anlagen-Nr.: 6

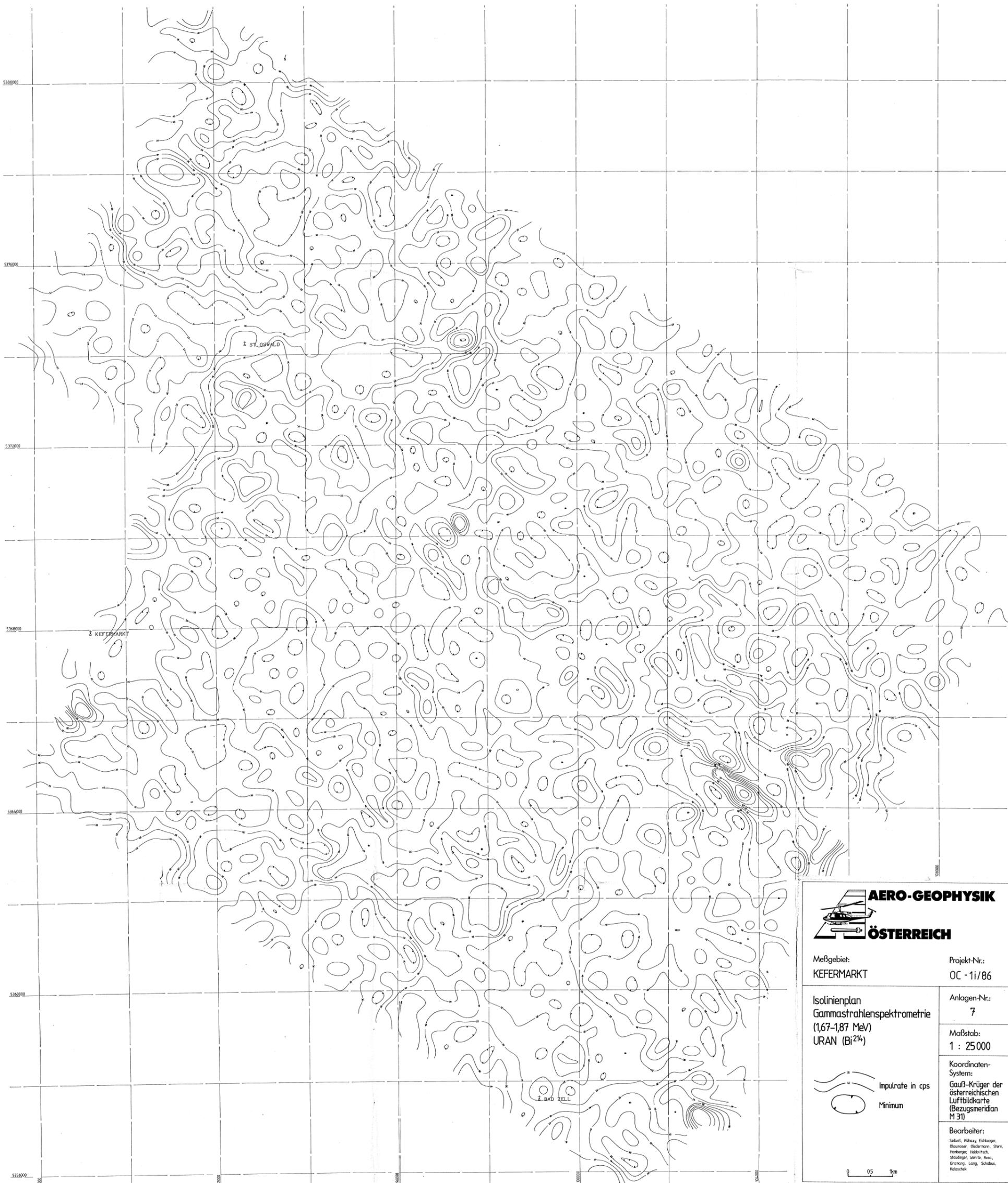
Maßstab: 1 : 25000

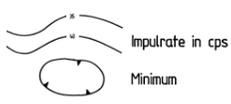
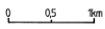
Koordinaten-System: Gauß-Krüger der österreichischen Luftbildkarte (Bezugsmeridian M 31)

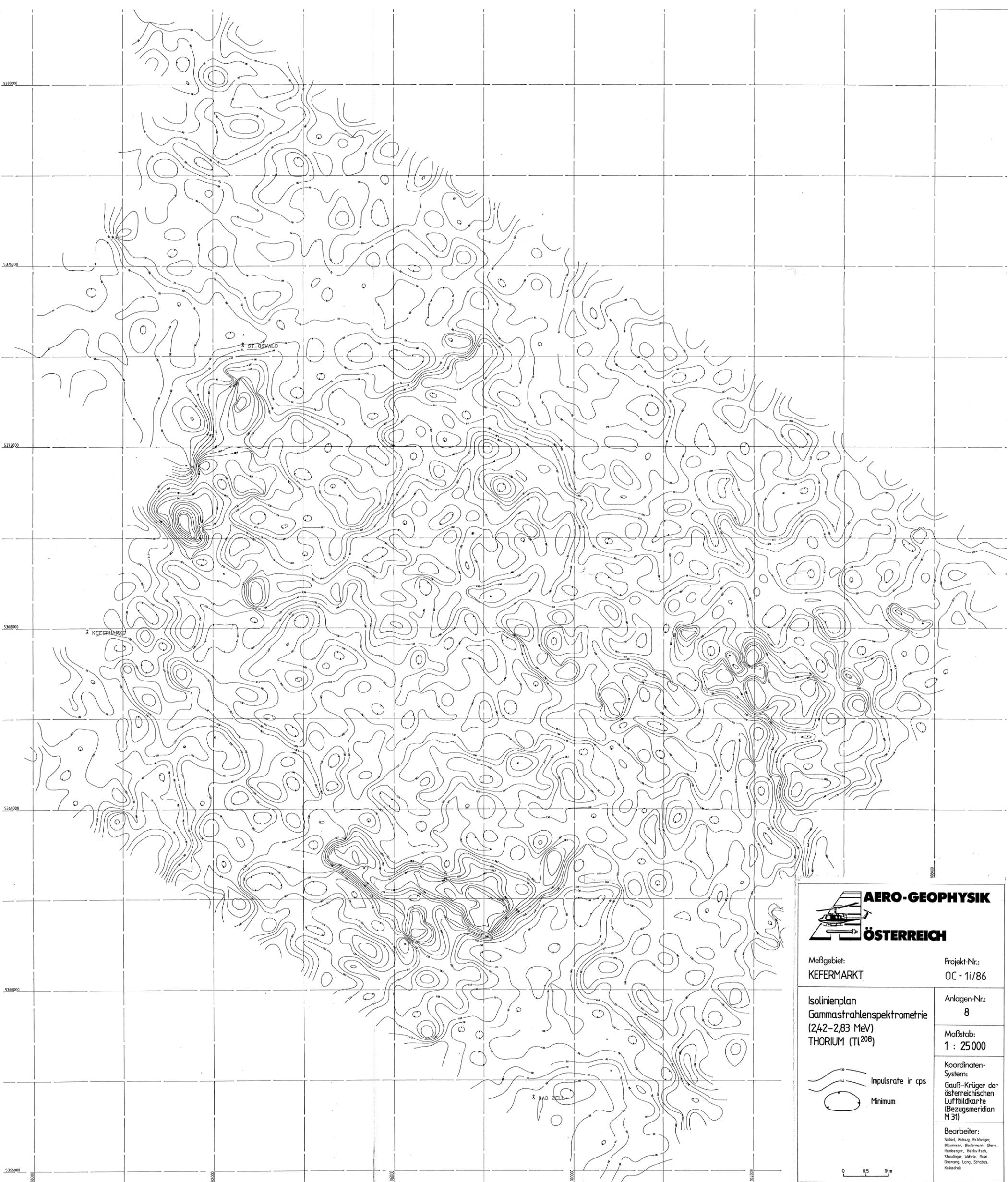
Bearbeiter: Seibel, Köhler, Ekhberger, Baumser, Seidenmann, Stern, Hanberger, Heikowitzsch, Staudinger, Währle, Rosa, Graming, Long, Scheib, Koloschek

Impulsrate in cps
 Minimum

0 0.5 1 km



 AERO-GEOPHYSIK ÖSTERREICH	
Meßgebiet: KEFERMARKT	Projekt-Nr.: OC - 1i/86
Isolinienplan Gammastrahlenspektrometrie (1,67-1,87 MeV) URAN (Bi^{214})	Anlagen-Nr.: 7
	Maßstab: 1 : 25 000
Koordinaten-System: Gauß-Krüger der österreichischen Luftbildkarte (Bezugsmeridian M 31)	
Bearbeiter: Seibert, Köhler, Eichberger, Blaunauer, Biedermann, Stern, Hainberger, Heiderich, Stadler, Scharn, Reiss, Graming, Lang, Schabus, Klotzschek	
	



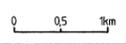
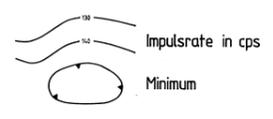
Meßgebiet: KEFERMARKT Projekt-Nr.: OC - 1i/86

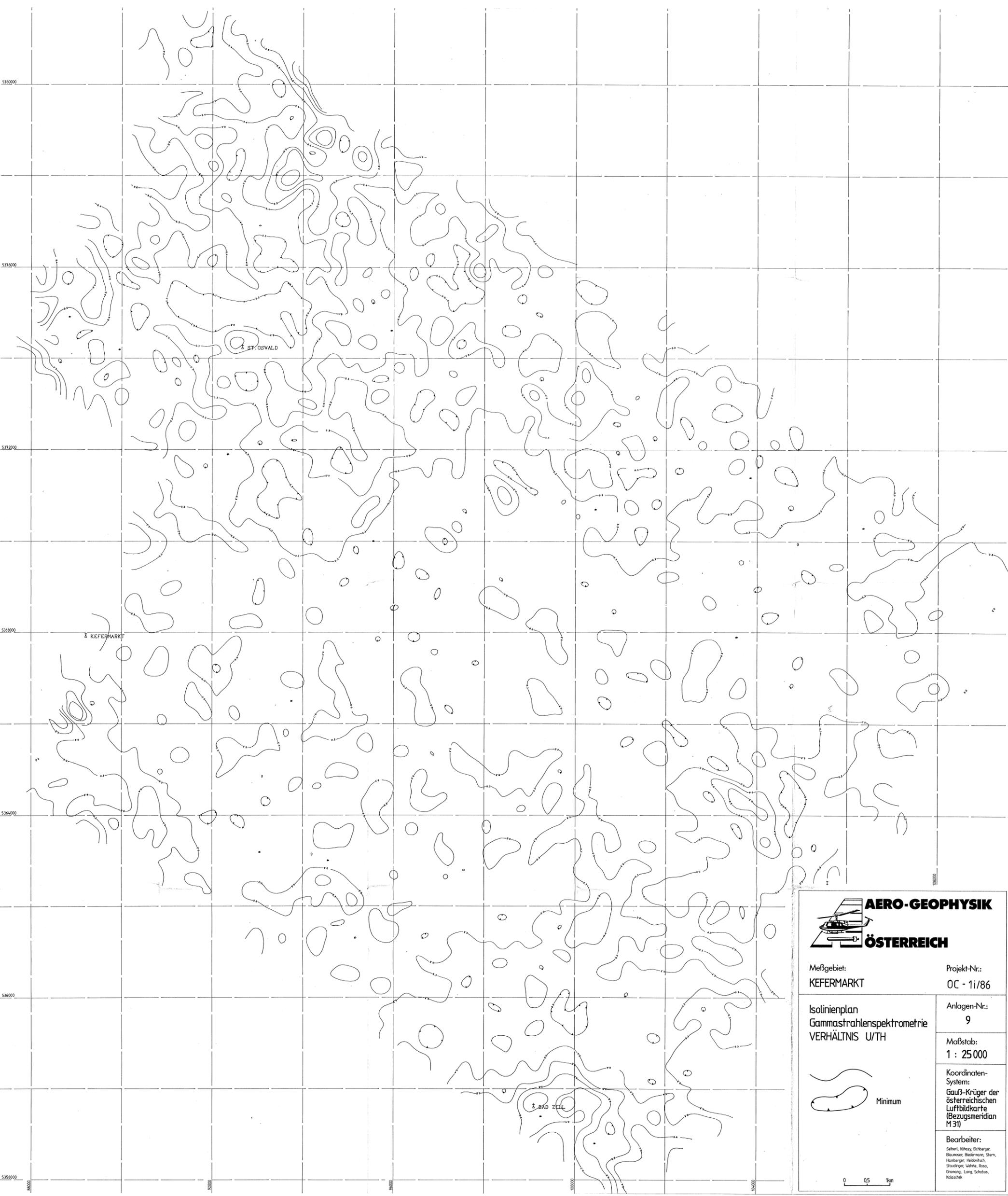
Isolinienplan Gammastrahlenspektrometrie (2,42-2,83 MeV) THORIUM (Tl²⁰⁸) Anlagen-Nr.: 8

Maßstab: 1 : 25 000

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

Bearbeiter: Seberl, Köhzy, Eichberger, Blausner, Biedermann, Stern, Hornberger, Heidenfisch, Straußinger, Jahnke, Riss, Grunang, Lang, Schabus, Kalaschek





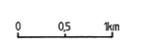
Meßgebiet: KEFERMARKT Projekt-Nr.: OC - 1i/86

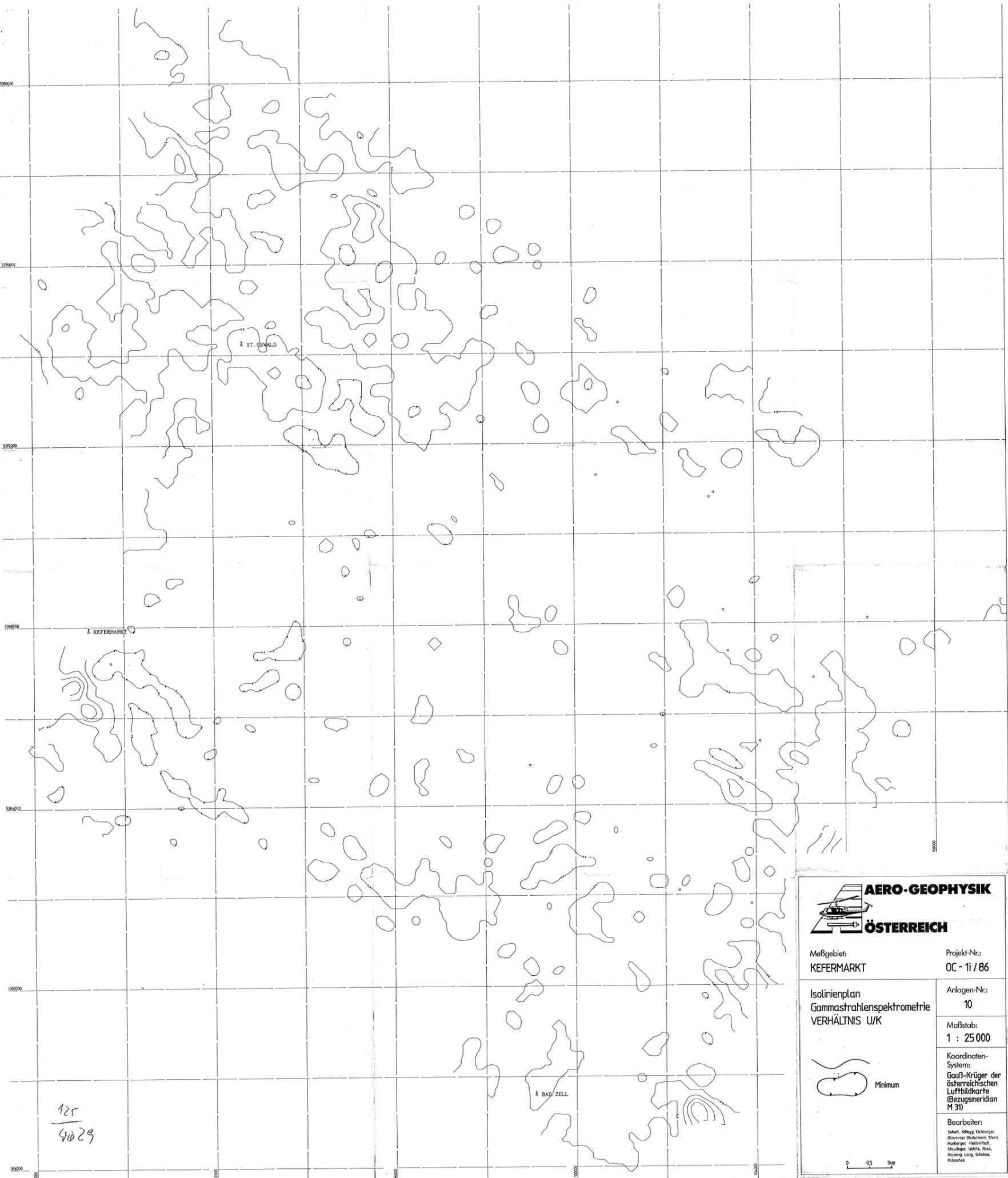
Isolinienplan
Gammastrahlenspektrometrie
VERHÄLTNIS U/TH Anlagen-Nr.: 9

Maßstab: 1 : 25 000

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

Bearbeiter:
Scherl, Kitz, Eichinger,
Bäumler, Biedermann, Stern,
Hamberger, Heidevitsch,
Shaudinger, Wehrle, Ross,
Grünberg, Lang, Schabus,
Kollathnik



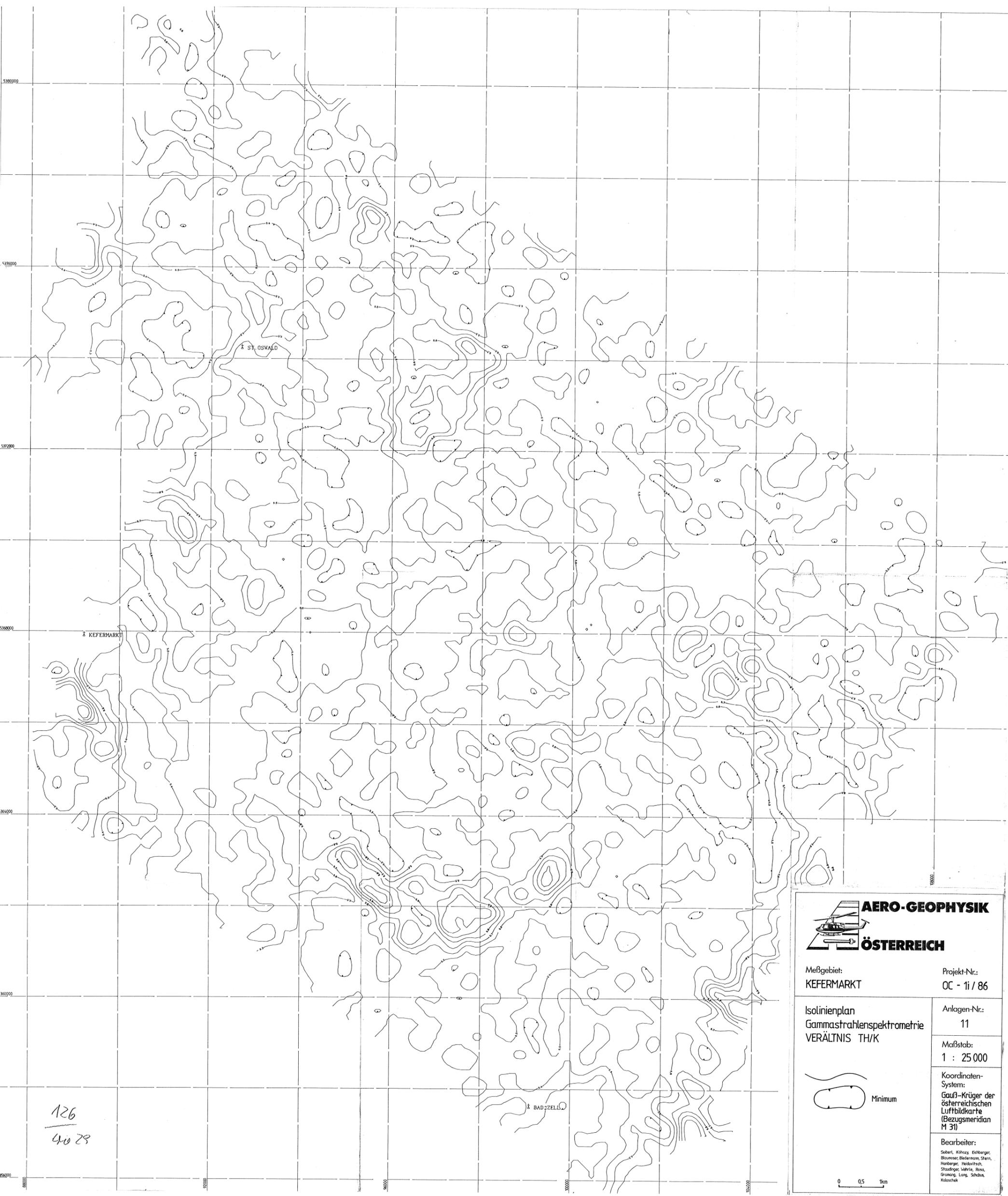


AERO-GEOPHYSIK
ÖSTERREICH

Meßgebiet: KEFERMARKT	Projekt-Nr.: OC - 1i / 86
Isolinienplan Gammastrahlenspektrometrie VERHÄLTNIS U/K	Anlagen-Nr.: 10
	Maßstab: 1 : 25 000
	Koordinaten-System: Gauß-Krüger der österreichischen Luftbildkarte (Bezugsmeridian M 31)
	Bearbeiter: Sakel, Mraz, Ekhörner, Blumenc, Beckmann, Stern, Huberger, Hölzl/Fisch, Staudinger, Winkler, Bross, Groning, Lang, Scheibn, Klaczek

Minimum

0 0,5 1km



Meßgebiet: KEFERMARKT

Projekt-Nr.: OC - 11 / 86

Isolinienplan

Gammastrahlenspektrometrie

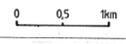
VERÄLTNIS TH/K

Anlagen-Nr.: 11

Maßstab: 1 : 25 000

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

Bearbeiter: Seibert, Köhler, Exberger, Baumgartner, Biedermann, Stern, Harberger, Haidwieser, Staudinger, Wäber, Röss, Gramog, Lang, Schöberl, Kältschek



126
40 29