

AERO-GEOPHYSIK
ÖSTERREICH

**AEROGEOPHYSIKALISCHE
VERMESSUNG**

im Bereich von

PEUERBACH - RIED

Vollzug des Lagerstättengesetzes: Projekt ÜLG-20/88-2,3

ADV-Eingabe <i>Wolfgang Seiberl</i>	31.08.95 020 Eingabedatum	A 10623 030 Archiv Inventar Nr.	R Standort Ordnungszahl
040 Sprache GER	060 Auswerter G	065 Bearbeiter C	070 Empfänger LIT
080 Dok.Typ E	090 Berichtsart R	091 Projektcode Ü-LG-020/88-2,3	
110 Dok.Art A	120 Weitere Signaturen	121 Exemplar	

Seiberl, Wolfgang;Brüggemann, Horst;Pirkl, Herbert

130 Verfasser

135 Verfasser mit Funktion

Geologische Bundesanstalt

140 Körperschaften

Aerogeophysikalische Vermessung im Bereich von Peuerbach - Ried

160 Sachtitel

170 Sachtitel (Übersetzungen)

180 Fassung

190 Maßstab

200 Topographie

210 Ort Wien

225 Erstellungsdatum 1995-05

240 49 Bl.

250 III 10 Abb., 1 Anh., 13 Beil.

260 Format 29,5 cm

hält: Isolinienplan Scheinbarer Widerstand i.M. 1:25000, ...Scheinbare Tiefe...., Total-
intensität..., Gammastrahlenspektrometrie...

In:Gesamttitle

) Gesamttitle Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt Ü-LG-020/88-2,3

291 Hochschulschrift

292 Standortnachweis Bibl.Geolog.Bundesanst./Wiss.Archiv Nr. A 10623-R

293 Weitere Angaben

300 Sprachen der Zusammenfassung GER

Bearbeitungsvermerke *b9*

BGLÖ

Hängt

GEOKART

201

Kopie an Redaktion

Katalog

Mikrofilm

Vertraulichkeit 3

30;47;48

330 ÖK-Blätter

Alpenvorland (O.Ö., westl.); Sauwald

Ried / Innkreis (Bezirk); Schärding (Bezirk)

Grieskirchen (Bezirk);

335 Geographika

ELEKTROMAGNETIK; Gammastrahlenspektrometrie; TOTALINTENSITÄT;
 RADIONETRIE; Hauptanregung; Magnetische Totalintensität;
 Cäsium-137; Weinsberger Granit; BÖHMISCHE MASSE;
 MOLASSE ZONE; Penzelsbacher Granit; Neogen;
 Störung (tehlon.); Massenrohstoffe;
 Thorium-Anomalie; Perlneis; Grabneis;
 Aerogeophysik; Lockergestein; Kristalline Gesteine;

340 Schlagworte

350 Koordinaten

351 Koordinaten

352 Koordinaten

353 Koordinaten

360 Bundesländer O

365 Staaten AUT

GEOF; ADVI; CENO; CNS; IGNE; SURF
 370 Sachgruppen

380 Abstract

AEROGEOPHYSIKALISCHE VERMESSUNG

im Bereich von

PEUERBACH - RIED

Endbericht

von

Wolfgang Seiberl,

Horst Brüggemann

und

Herbert Pirkl

Wien, Mai 1995

Geologische Bundesanstalt Wien

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	2
1. Zielsetzung und Ablauf des Projekts	3
2. Planung und Durchführung der Vermessung.....	4
2.1. Meßausrüstung	4
2.2. Fluglinien	5
2.3. Durchführung der Messungen.....	6
2.4. Personal	9
3. Datenverarbeitung und Kartenherstellung.....	10
3.1. Aufgabe der ADV	10
3.2. Datenkontrolle.....	11
3.3. Flugwegdaten	11
3.4. Elektromagnetische Widerstandskartierung	11
3.4.1. Auswertung der EM-Daten	11
3.4.2. Bedeutung der Ergebnisparameter ρ_a und d_a	13
3.5. Kartierung der anomalen magnetischen Totalintensität (ΔT).....	14
3.6. Radiometrische Kartierung	15
3.6.1. Die Quellen der natürlichen Gammastrahlung.....	15
3.6.2. Korrekturen der Meßdaten	16
3.6.3. Herstellung der Isolinienpläne	20
4. Geologie und Lithologie des Messgebietes	22
5. Meßergebnisse	30
5.1. Widerstandskartierung (Anlagen 2,3,4,5)	30
5.2. Isanomalien der Totalintensität ΔT (Anlage 6).....	31
5.3. Gammastrahlenpektrometrie (Anlagen 7,8,9,10,11,12,13).....	31
6. Ergebniszusammenfassung und Untersuchungsvorschläge.....	36
7. Literatur und verwendete Unterlagen	38
8. Verzeichnis der Anlagen	40
Anhang A: Einfluß der Hangneigung auf elektromagnetische Messungen aus der Luft	41
1. Einleitung	41
2. Horizontal-Koplanares Spulensystem über geneigter Erdoberfläche	42
2.1. Veränderung der gemessenen Amplitude	43
2.2. Verfälschung der Ergebnisparameter	44
3. Vertikal-Koaxiales Spulensystem über geneigter Erdoberfläche	46
3.1. Änderung der gemessenen Amplitude	46
3.2. Verfälschung der Ergebnisparameter	48

Zusammenfassung

Die aerogeophysikalischen Messungen im Raum "Peuerbach-Ried" geben die oberflächen-nahe geologische Situation teilweise gut wieder. Besonders augenfällig ist der elektrische Widerstandskontrast zwischen den tertiären Lockergesteinen im S und den kristallinen Ge-steinen im N des Meßgebietes. Nördlich der Donau streicht eine sehr auffällige Thorium-anomalie Richtung SSO (parallel zur Donautalstörungszone). Weiters scheinen, entsprechend den radiometrischen und elektromagnetischen Meßergebnissen, die Perl- bzw. Grobgneise nicht so homogen zu sein wie sie gegenwärtig in den geologischen Karten zur Darstellung gebracht werden.

Als mögliche Zielgebiete für eventuell wirtschaftlich interessante Tonvorkommen zeichnen sich jene Bereiche im Meßgebiet ausgewählt werden, die sich einerseits durch niedrige elek-trische spezifische Widerstände und andererseits durch höhere Thorium/Kalium-Verhältnisse auszeichnen. In dieser Hinsicht sollten die im S des Meßgebietes beflogenen tertiären Gesteinsfolgen überprüft werden.

1. Zielsetzung und Ablauf des Projekts

Mit der hubschraubergeophysikalischen Vermessung im Bereich von Peuerbach-Ried - die Lage des Meßgebietes kann der Abbildung 1 entnommen werden - werden aus der angewandten geowissenschaftlichen Sicht mehrere Umsetzungs- und Anwendungsziele verbunden:

- Beiträge zur Abschätzung der Mineralrohstoffsituation,
- Unterstützung der regionalen Kartierung,
- Unterstützung bei der hydrogeologischen Kartierung,
- Abschätzung der natürlichen radioaktiven Strahlenbelastungen im Untersuchungsgebiet.

Die Meßflüge im Raum Peuerbach-Ried fanden im Sommer und Herbst 1988 statt. Für die Durchführung der Meßflüge wurde ein temporärer Hubschrauberlandeplatz bei Ried eingerichtet. Mit der Herstellung erster Ergebniskarten wurde im Herbst 1990 begonnen. Die Fertigstellung letzterer wurde im Sommer 1993 abgeschlossen.

Da das Meßgebiet im Norden an das Projektgebiet "Westliches Mühlviertel" (SEIBERL & HEINZ, 1986) anschließt, wurden bei der Verarbeitung der Meßdaten auch Datensätze dieses Meßgebietes mitverwendet.

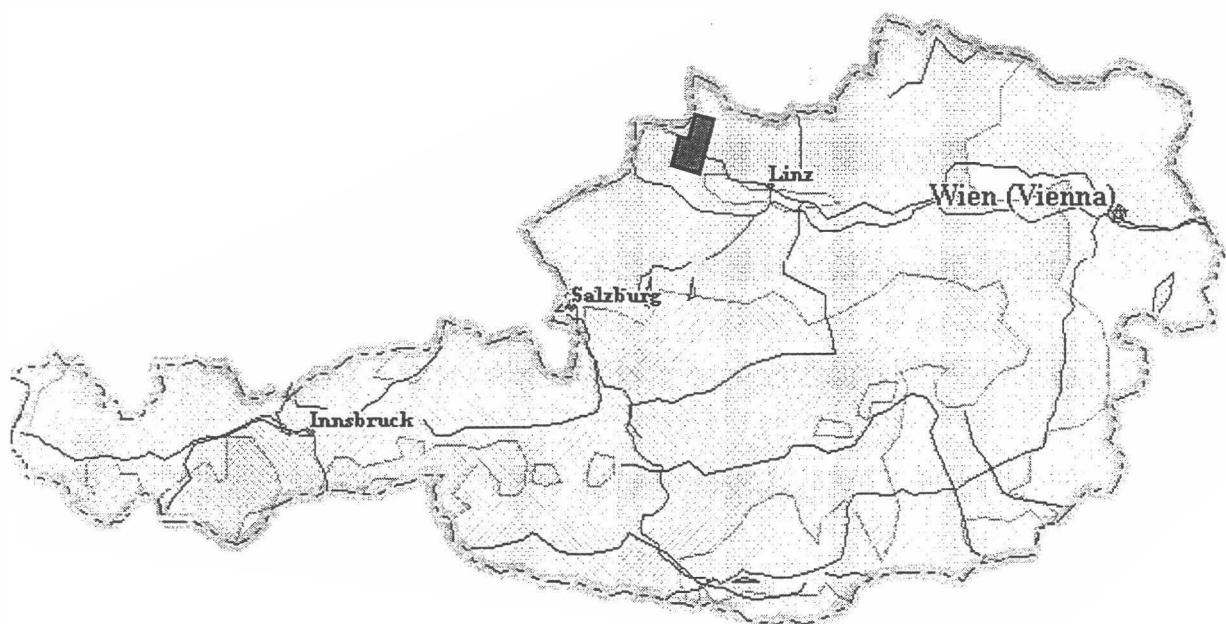


Abb1.: Lage des Meßgebietes

2. Planung und Durchführung der Vermessung

2.1. Meßausrüstung

Die aerogeophysikalischen Messungen im Raum Peuerbach-Ried wurden mit einem Hubschrauber des österreichischen Bundesheeres vom Typ AB 212 durchgeführt.

Die Meßausrüstung hat folgende Komponenten:

- 1) Ein elektromagnetisches Mehrfachspulensystem vom Typ DIGHEM-II. Das System induziert elektrische Ströme in den Untergrund, deren Magnetfeld (= sekundäres Feld) gemessen wird. Die zwei Sender arbeiten mit zwei unterschiedlichen Frequenzen, (900 Hz koaxial, 3.600 Hz koplanar). Das sekundäre Magnetfeld wird mit zwei Empfangsspulen aufgenommen, die die gleiche Lage wie die Sendespulen haben ("maximale Kopplung") und 7,97 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 10 Meßdaten pro Sekunde, es fallen also insgesamt 40 Meßdaten pro Sekunde für das Elektromagnetiksystem an.
- 2) Ein Gammastrahlenspektrometer (Geometrics GR-800D) mit zwei nach unten gerichteten Natrium-Jodid Kristallen mit einem Gesamtvolumen von 33,6 l und einem nach oben gerichteten Kristall (Volumen 4,1 l). Dieses Gerät mißt die Intensität der Gammastrahlung in jeweils 256 Energiekanälen für die nach unten und oben gerichteten Kristalle. Zusätzlich werden 6 Energiesummenbereiche aufgezeichnet: Gesamtstrahlung (0,4 - 3,0 MeV, bzw. 0,2 - 3,0 MeV), für Uran-weit (1,041 - 1,207 MeV, 1,66 - 2,41 MeV), Kalium (⁴⁰K; 1,36 - 1,56 MeV), Uran (²¹⁴Bi; 1,67 - 1,87 MeV) und Thorium (²⁰⁸Tl; 2,42 - 2,83 MeV). Die Integrationszeit beträgt 1 Sekunde.
- 3) Ein Protonen-Präzessions-Magnetometer vom Typ Geometrics G-801/3. Es mißt die Totalintensität des erdmagnetischen Feldes mit einer Anzeigegenaugigkeit 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 Videokamera aufgezeichnet.
- 6) Eine Dopplernavigationsanlage (System LDNS der Fa. 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 einen Datenträger aufgezeichnet werden.

- 7) Das gesamte Meßsystem wird durch einen Personalcomputer (PCQT, Industriestandard), an dem einige Modifikationen durchgeführt wurden, gesteuert. Die Datenaufzeichnung erfolgt auf einer Festplatte. Die Kontrolle der Meßdaten erfolgt während der Meßflüge über einen Farbgraphikschirm.

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

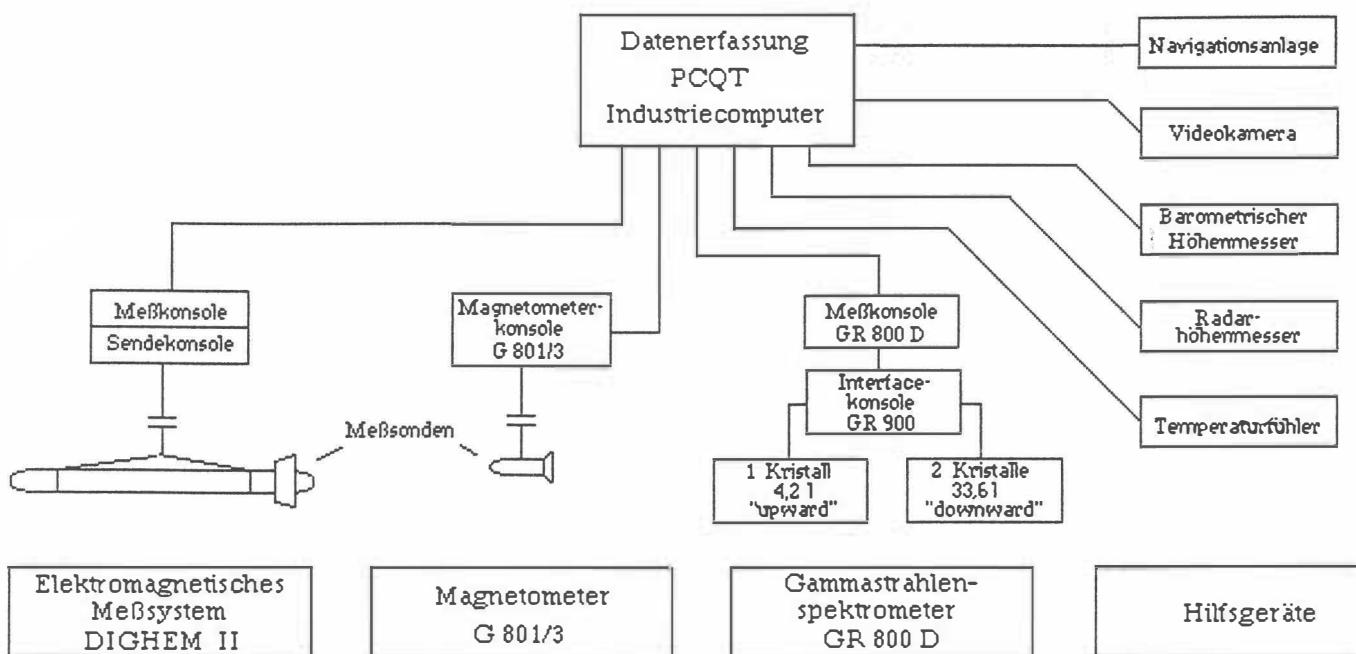


Abb.2: Datenfluß des Hubschrauber-Meßsystems

2.2. Fluglinien

Flugrichtung: Folgende Richtung wurde für die Fluglinien gewählt:

Meßprofile ... $40^\circ \leftrightarrow 220^\circ$

Kontrollprofile ... $130^\circ \leftrightarrow 310^\circ$

Für die später folgende Datenverarbeitung wurden im Meßgebiet entsprechende 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 für die Hubschrauberbesatzung dienten Karten im Maßstab 1:50.000, auf der die Sollagen der Meßprofile eingetragen wurden.

Kontrolle der Geräte: Vor jedem Meßflug wurde eine Eichung des Gammastrahlenspektrometers sowohl mit einer Cäsium- (^{137}Cs) als auch mit einer Thoriumquelle (^{208}Tl) durchgeführt. Bei der ersten Eichung wird die Trennung der einzelnen Kanäle abgestimmt (siehe Abb. 3), während beim zweiten Eichvorgang die richtige Lage des für das Thorium charakteristischen Energiesummenfensters (2,42 - 2,83 MeV) überprüft wird (Abb. 4). Ebenso wurde die Phaseneinstellung des elektromagnetischen Meßsystems mit Hilfe eines Ferritstabes jeweils vor Flugbeginn kontrolliert und gegebenenfalls justiert.

Meßflüge: Während der Messungen auf den Profilen wurde eine Sollflughöhe des Hubschraubers von 80 m angestrebt, was nicht immer möglich war. 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

Die Fluggeschwindigkeit betrug über leicht welligem Gelände ca. 125 km/h, an steileren Hängen entsprechend weniger. Die durchschnittliche Meßflugdauer lag bei etwa 1,5 Stunden (inkl. An- und Abflug zum und vom Meßgebiet).

In den Wenden zwischen den Meßprofilen ist es notwendig, für jeweils ca. 1 min auf etwa 350 m zu steigen. 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.

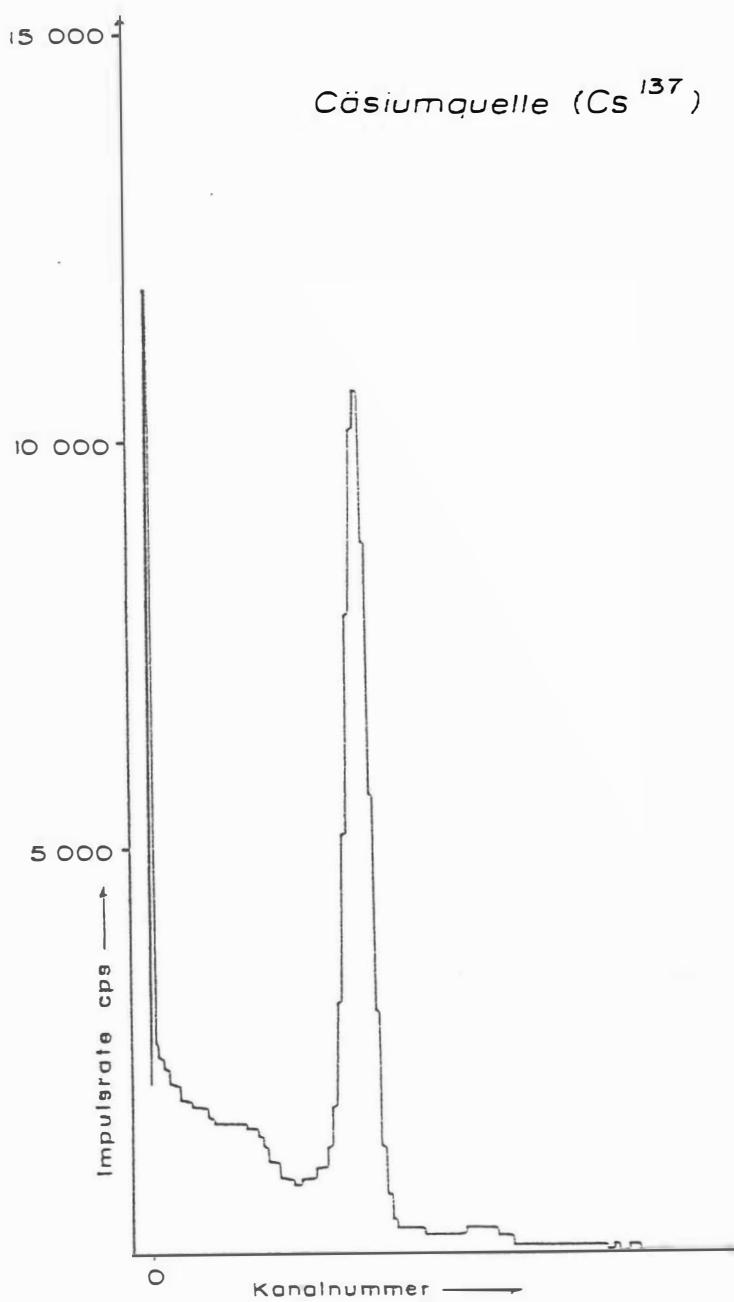


Abb. 3: GR - 800D Gammastrahlenspektrometer (Kristall I),
Beispiel einer Spektralregistrierung (10.6.1983) - Cäsiumquelle (^{137}Cs)

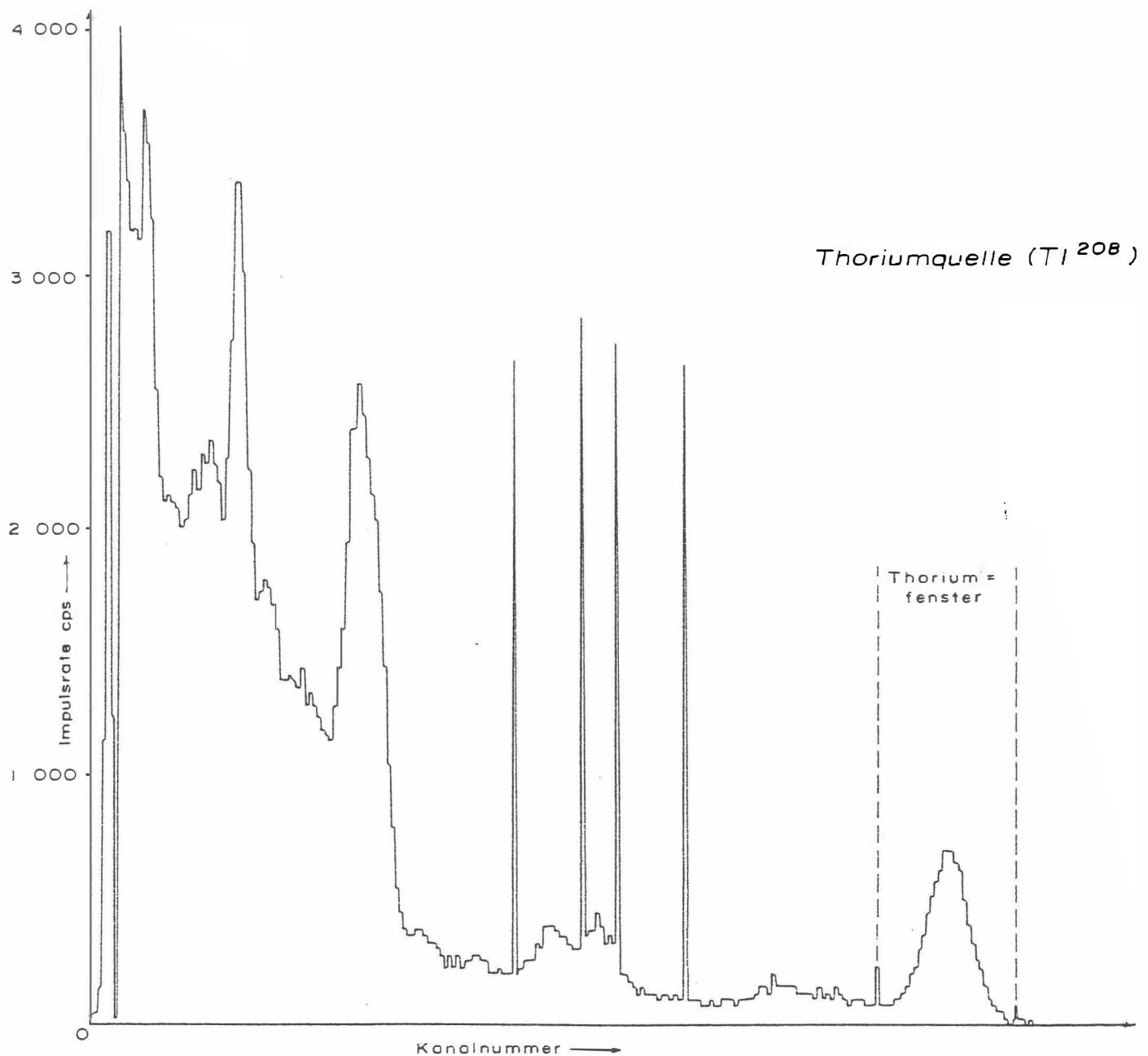


Abb.4: GR - 800D Gammastrahlenspektrometer (Kristall I),
Beispiel einer Spektralregistrierung (10.6.1983) - Thoriumquelle (^{208}Th)

2.4. Personal

An der Durchführung der aerogeophysikalischen Arbeiten im Raum Peuerbach-Ried waren folgende Personen beteiligt:

Universität Wien / Geologische Bundesanstalt:

Univ. Prof. Dr. Wolfgang Seiberl

Österreichische Akademie der Wissenschaften:

Horst Eichberger

Manfred Hamberger

Martin Heidovitsch

Gernot Oberlercher

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.

3. Datenverarbeitung und Kartenherstellung

3.1. Aufgabe der ADV

Die Verarbeitung der Meßdaten des Untersuchungsgebietes fand in Wien statt, wobei die lokale Rechenanlage des Instituts für Meteorologie und Geophysik benutzt wurde.

Die Datenverarbeitung hat ins 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 auf Datenträger,
- 2) die Koordinaten der Meßpunkte entlang der verschiedenen Flugprofile auf Datenträger,
- 3) die Registrierdaten der geomagnetischen Basisstation in der Nähe des Feldflughafens und des magnetischen Observatoriums Wien-Kobenzl (magnetischer Tagesgang),
- 4) eine Reihe von Gerätekosten und Eichgrößen, die z.T. für jeden Meßflug neu bestimmt werden müssen,
- 5) Flugberichte mit Angaben über Flugnummer, Fluglinien und Abweichungen von der Norm (z.B. Unterbrechung von Fluglinien, besondere Störungen),
- 6) topographische Unterlagen für die Ergebniskarten.

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

3.2. Datenkontrolle

Im Anschluß an die Meßflüge wurden die digital vorliegenden Meßdaten mit Hilfe eines kleinen Trommelplotters profilmäßig zur Darstellung gebracht. Auf diese Weise konnte die Qualität letzterer unmittelbar im Untersuchungsgebiet überprüft werden.

Die auf den Datenträgern aufgezeichneten digitalen Daten wurden in Wien auf der Rechenanlage des Instituts für Meteorologie und Geophysik 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.

3.3. Flugwegdaten

Die Lage sämtlicher Profile (Anlage 1) wurde mit Hilfe der aufgezeichneten Flugwegkoordinaten rekonstruiert und an Hand der Videoaufzeichnungen überprüft. Bei der kartenmäßigen Flugwegdarstellung wird das österreichische Gauß-Krüger Koordinatensystem benutzt.

3.4. Elektromagnetische Widerstandskartierung

3.4.1. Auswertung der EM-Daten

Mit dem DIGHEM-II - System werden

Inphase (Real) Komponente R

und

Quadrature (Imaginär) Komponente Q

des Magnetfeldes der im Untergrund induzierten Ströme für die zwei Sendefrequenzen gemessen. Jeweils nach 3 - 4 m Wegstrecke (d.h. alle 0,1 Sekunden) werden die Daten abgefragt und auf einem Massenspeicher registriert. Die EM-Daten einiger Meßflüge enthalten 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 mehr 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 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 bei Profilanfang und Profilende nicht immer ausreichend.

In der Folge wurden die so berechneten ρ_a -Werte mit Hilfe eines Trommelplotters in Form von Isolinienplänen im Maßstab 1:25.000 dargestellt (Anlagen 2, 3). Die Isolinien wurden im Abstand von 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 750 und 1000 Ωm für die 900 Hz-Daten gezogen. Bei den 3600 Hz-Daten wurden hingegen folgende Isolinienabstände gewählt: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 150, 300, 700, 1000, 1500, 2000, 2700 und 3400 Ωm .

Für die Isolinienpläne der scheinbaren Tiefe d_a (Anlagen 4, 5) wurden für die 900 Hz-Ergebnisse die Isolinienabstände -15, -10, -5, 0, 5, 10, 15, 20, 30 und 40 m bzw. -25, -20, -15, -10, -5, 0, 5, 10, 15, 20 und 30 m für die 3600 Hz-Ergebnisse gewählt.

Wie im Anhang A quantitativ abgeleitet wird, sind bei 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 der im Anhang angegebenen Formeln korrigieren.

3.4.2. Bedeutung der Ergebnisparameter ρ_a und d_a

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

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

Dies trifft für viele sulfidische Vererzungen, aber auch für 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 Zweischichtfall, 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 - 120 m zu erreichen.

3.5. Kartierung der anomalen magnetischen Totalintensität (ΔT)

In der Anlage 6 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 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 im Rahmen des vorliegenden Meßprogrammes das Observatorium Wien-Kobenzl bzw. eine lokale Basisstation in der Nähe des Feldflughafens verwendet wurden. Der Verlauf des Hauptfeldes T_{int} kann für kleine Meßgebiete, wie z.B. jenes im Raum Peuerbach-Ried, gut durch eine Ebene angenähert werden, sodaß nur die beiden Gradienten des IGRF (zur Epoche 1977,7)

$$\frac{\delta T}{\delta \varphi} = 2,67 \text{ nT/km Richtung N,}$$

sowie

$$\frac{\delta T}{\delta \lambda} = 0,75 \text{ nT/km Richtung O}$$

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 $T(x,y,z)$, das vor allem von den starken Luftwirbeln durch die Rotordrehungen herrührt, 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.

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

3.6. Radiometrische Kartierung

3.6.1. Die Quellen der natürlichen Gammastrahlung

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

Mit dem Gammastrahlenspektrometer GR-800D wird in jeweils 255 Kanälen die Energie der Gammastrahlung im Bereich zwischen 0,2 und 3,0 MeV für die "downward looking" und "upward looking" Kristalle aufgezeichnet. In einem zusätzlichen Kanal (3,1 - 6,0 MeV) werden jene Gammastrahlenimpulse registriert, die von der Höhenstrahlung herrühren. Neben den Gesamtspektren, die jeweils mit einer Wiederholungsrate von einer Sekunde gemessen und abgespeichert werden, werden zusätzliche Energiefenster, die in den Bereichen der wichtigsten natürlichen Photopeaks (^{40}K - 1,46 MeV, ^{214}Bi - 1,76 MeV, ^{208}Tl - 2,62 MeV) des Kaliums, des Urans und des Thoriums liegen, sowie die Gesamtzählrate (0,2 - 3,0 MeV; 0,4 - 3,0 MeV) für spätere Kontrollen aufgezeichnet:

Kalium - Kanal: 1,36 - 1,56 MeV

Uran - Kanal: 1,67 - 1,87 MeV

Thorium - Kanal: 2,42 - 2,83 MeV

Die Messungen mit dem "upward looking" Kristall dienen zur eventuellen Korrektur von Radonkonzentrationen in der Luft.

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.

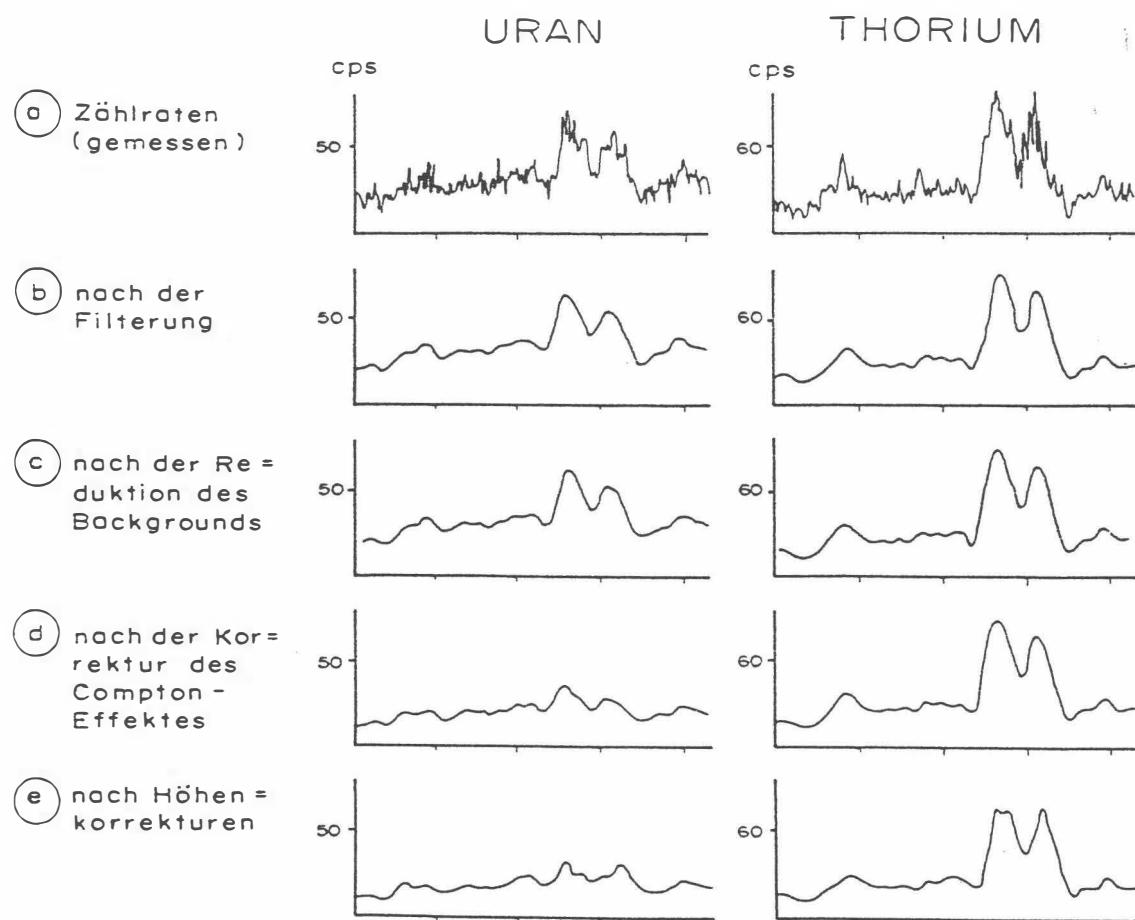


Abb. 5a - e: Darstellung der Korrekturschritte in der Gammastrahlenspektrometrie.

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 in großen Höhen bestimmt.
- 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:

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

$$S_{ThU} \text{ (U in den Th-Kanal): } 0,06$$

$$S_{KTh} \text{ (Th in den K-Kanal): } 0,18$$

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

Diese Werte gelten für den Abstand 0 zwischen Detektor und einer unendlich ausgedehnten Strahlungsquelle. Zu ihnen ist noch der Beitrag des Comptoneffekts in der Luft, d.h. ein höhenabhängiger Term, zu addieren, was aber nur für den Streuungskoeffizienten S_{UTh} in der Form

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

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 Luft an $^{222}\text{Radon}$ verfälscht. Es werden daher standardmäßig Steigflüge im Meßgebiet durchgeführt, um die charakteristische Höhenänderung der Gammastrahlung in diesem Gebiet zu ermitteln.

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

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

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

$$\begin{aligned}\mu(\text{Total}) &= 0,00212 \\ \mu(\text{Kalium}) &= 0,00264 \\ \mu(\text{Uran}) &= 0,00244 \\ \mu(\text{Thorium}) &= 0,00202\end{aligned}$$

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

$$I(240 \text{ ft}) = I(h) e^{+\mu(h-80\text{m})}$$

auf die Normalhöhe $h = 80$ m 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. Für die Umrechnung in Äquivalent-Konzentrationen der drei radioaktiven Elemente wurden folgende Faktoren benutzt (reduziert auf die Sollflughöhe von 80 m):

Kalium ...	46 cps	= 1 %
Uran ...	4,9 cps	= 1 ppm eU
Thorium ...	3,6 cps	= 1 ppm eTh

Sämtliche bei der Verarbeitung der radiometrischen Daten verwendeten Eich- und Korrekturfaktoren sind im Anhang zusammengefaßt.

Durch den Reaktorunfall in der UdSSR wurden mehrere Gebiete in Österreich erheblich mit radioaktiven Spaltprodukten belastet (z.B.: BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT UND UMWELTSCHUTZ, 1986). Wie man der Abbildung 6 entnehmen kann, wurden dabei hauptsächlich Isotope mit größeren Halbwertszeiten abgelagert, die Gammastrahlenquanten mit Energien bis maximal 1,0 MeV emittieren (^{103}Ru 0,49 MeV; ^{137}Cs 0,66 MeV; ^{134}Cs 0,61

MeV: ^{134}Cs 0,80 MeV). Aus diesem Grund wird bei den aeroradiometrischen Messungen nur die Zählrate der Gesamtstrahlung durch die Folgen von Tschernobyl beeinträchtigt.

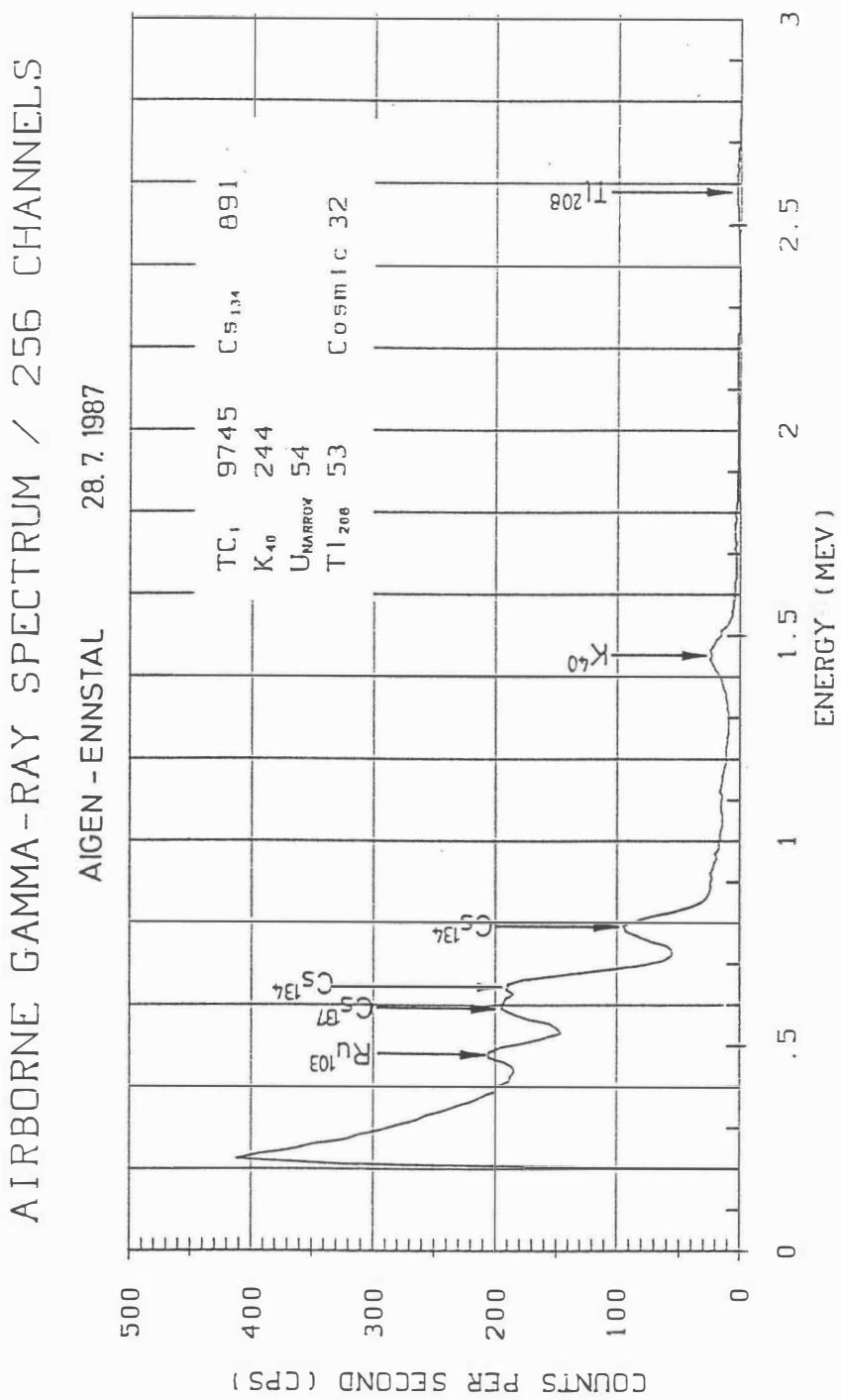


Abb.6: Beispiel eines Gammastrahlenspektrums (MeV) im Bereich des Flugfeldes Aigen im Ennstal.

Da das an der GBA in Verwendung stehende Aeroradiometer die Energie der Gammastrahlung im Bereich zwischen 0,2 und 3,0 MeV in 255 Kanälen aufzeichnet, ist dieses Gerät auch zum Einsatz im Rahmen des Strahlenschutzes hervorragend geeignet. Einerseits können mit dieser Apparatur die Belastungen durch

- natürliche radioaktive Quellen (Gehalt der Gesteine an radioaktiven Mineralien)

und andererseits

- künstliche radioaktive Kontaminierungen (z.B. Reaktorunfall von Tschernobyl) festgestellt werden.

Die Dosisleistung (DL) ergibt sich aus den geochemischen Äquivalentwerten (s.o.), wie folgt (GRASTY et al; 1984):

$$DL \text{ (nSv/h)} = 1,52 \cdot K[\%] + 0,63 \cdot U(ppm) + 0,21 \cdot Th(ppm),$$

wobei diese von der momentanen Bodenfeuchte abhängig ist. Es stellt somit die aus der obigen Gleichung berechnete Dosisleistung eine Größe dar, die für durchschnittliche Meßbedingungen gültig ist. GRASTY et al. (1984) haben aber gezeigt, daß eine relativ gute Übereinstimmung zwischen berechneten (s.o.) und im Gelände direkt experimentell bestimmten Dosisleistungen besteht.

Von den, bei Kernspaltungsprozessen entstehenden radioaktiven Isotopen ist das Cäsium-137, wegen seiner, im Vergleich zu anderen Spaltprodukten relativ großen Halbwertszeit, auch nach mehreren Jahren bei Geländemessungen feststellbar. Waren früher hauptsächlich die atmosphärischen Kernwaffenversuche die Ursache für erhöhte ^{137}Cs -Kontaminationen, so sind es derzeit nur noch die Folgen des Reaktorunfalls von Tschernobyl.

Das Energiemaximum des Cs-137 liegt bei 0,66 MeV. Um nun die Statistik der Cs-Zählraten zu verbessern, werden die Zählraten der Kanäle 53 bis 60 (0,63 bis 0,71 MeV) aufsummiert. An diesen werden entsprechend der weiter oben beschriebenen Prozedur verschiedene Korrekturen (Background-, Compton-, Höhenkorrektur) vorgenommen. Diese vom Cs-137 herrührenden Nettozählraten werden in der Folge zur Herstellung eines Isolienplanes verwendet. Bei geeigneten Eichungen könnten die Zählraten in entsprechende physikalische Einheiten (z.B. Bq/m^2) umgerechnet werden. Eine für das Cäsium-137 gültige Eichung des Aeroradiometers soll im Sommer 1992 vorgenommen werden.

3.6.3. Herstellung der Isolinienpläne

Es ist bekannt, daß die Strahlungsintensitäten zeitlichen Schwankungen unterliegen. Sie stehen meist im Zusammenhang mit dem Wettergeschehen (z.B. Erhöhung der Absorption im

Boden durch Regenwasser, Zufuhr von Radon aus der Bodenluft). Die an verschiedenen Tagen gemessenen Zählraten können also etwas unterschiedliche Mittelwerte ergeben, was eine Isolinendarstellung beeinträchtigen würde. Um dies zu vermeiden, wurden teilweise entsprechende Korrekturen vorgenommen.

Ähnlich wie bei der Darstellung der elektromagnetischen Daten (s. Abschnitt 3.4.1., ρ_a) wurden in der Folge die korrigierten Energiewerte der Gammastrahlung durch ein automatisches Konturierungsprogramm zu einer flächenhaften Darstellung verarbeitet. Dabei wurden folgende Isolinienintervalle gewählt (cps = counts/s):

Dosisleistung (Anlage 7)	... 10 nSv/h, beginnend bei 50 nSv/h
Kalium (Anlage 8)	... 0,2 %, beginnend bei 2,0 %
Uran (Anlage 9)	... 0,25 ppm, beginnend bei 3,0 ppm
Thorium (Anlage 10)	... 1,0 ppm, beginnend bei 10 ppm

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).

Weiters wurden aus den vorliegenden Äquivalentwerten drei Verhältnisse ($\frac{U}{Th}$, $\frac{U}{K}$, $\frac{Th}{K}$; Anlagen 11, 12, 13) berechnet und in Form von Isolinienplänen zur Darstellung gebracht.

4. Geologie und Lithologie des Messgebietes

Das Meßgebiet Peuerbach-Ried erstreckt sich annähernd rechteckig mit seiner Längsachse von NNE nach SSW etwa vom Ameisberg (im westlichen Mühlviertel) im N bis Neumarkt im S und von Andorf im W bis zum Beginn der Donauschleife im E. Es hat somit Anteil am Kristallin der Böhmischen Masse im südlichen Teil des westlichen Mühlviertels und im südöstlichen Teil des Sauwaldes. Im Süden wird der Nordrand des Molassebeckens erfaßt.

Das varistische Überprägung der Böhmischen Masse bewirkt in diesem Gebiet durchwegs herzynisches Streichen (~ NW - SE) der Gneise und Granite, eine Richtung, in der auch die Donaustörung, die das Meßgebiet quert, verläuft.

Senkrecht zum Streichen treten an der Oberfläche von NE nach SW folgende kristallinen Gesteine auf:

1. Weinsberger Granit, ein grobkörniger Biotitgranit, das älteste varistische plutonische Gestein.
2. Übergangszone zu

3. Grobkorngneis, ein biotitreicher Gneis mit größeren Kalifeldspäten und zum Teil hornblendeführend, ein genetisch mit dem Weinsberger Granit verbundenes Mischgestein.

Sowohl im Weinsberger Granit als auch im Grobkorngneis treten kleinere Vorkommen von fein- bis mittelkörnigem Granit und Lamprophyren auf. Lamprophyre zählen zu den jüngsten Magmatiten im Kristallin des Mühlviertels und des Sauwaldes.

4. Perlgneis, Biotit-Plagioklas-Gneis, Cordieritperlgneis, Aderperlgneis. Perlgneis ist ein Produkt der varistischen Regionalmetamorphose infolge Umwandlung prävaristischer Gesteine, meist Schiefergneis. Bei Weberschlag (NW von Putzleinsdorf) befindet sich als Übergangszone von Schiefergneis zu Perlgneis ein größeres Areal mit besonders reichlichen Altbestandsrelikten.

5. Tektonische Mischserien, Mylonite und ältere Ortho- bis Mischgneise im Bereich der Donaustörung, im NE begleitet von einer schmalen Zone von Grobkorngneis.

6. Perlgneis südwestlich der Donau, mit Einlagerungen einer größeren Scholle von prävaristischem Schiefergneis bei Hackendorf und von Arealen von fein- bis mittelkörnigen, sauren Zweiglimmergraniten (St. Sixt) - im Sauwald die relativ jüngsten Plutonite - und einer

Zone des Übergangs von prävaristischen Schiefergneisen zu varistischem Perlgneis zwischen Kopfing und Neukirchen a. Walde.

7. am Rande der Molasse weitgehend homogenisierter Perlgneis

und

8. Peuerbacher Granit, ein anatektischer varistischer, mittel- bis grobkörniger Biotitgranit, eine Varietät des Schärdinger Granits.

Die zeitliche Abfolge der kristallinen Gesteine kann in knapper Form so dargestellt werden: Prävaristische Schiefergneise und Orthogneise vom Typ des Gföhler Gneises im östlichen Waldviertel werden durch die varistische Regionalmetamorphose zu Perlgneis weitgehend homogenisiert. Die Randzonen der synorogenen Granite (Weinsberger Granit) werden zu Grobkorngneis granitiert. Die anatektischen Mischgesteine und der Schärdinger (Peuerbacher) Granit des Sauwaldes zeigen nur schwache tektonische Beeinflussung, mit den jüngeren Feinkorngraniten vom Typ Mauthausen haben sie nichts zu tun. Zu beobachten ist, daß der Schärdinger und der Weinsberger Granit sich gegenseitig in ihrem Auftreten ausschließen.

Die herzynisch streichende Donaustörung trennt die vom Weinsberger Granit beeinflußten Gesteine des Mühlviertels von den Perlgneisen und dem Schärdinger (Peuerbacher) Granit des Sauwaldes. Wie bei der gleichfalls herzynisch streichenden Pfahlstörung scheint auch an der Donaustörung die NE-Scholle nach SE (bzw. die Sauwaldscholle nach NW) bewegt worden zu sein.

Im Süden taucht das Kristallin der Böhmischen Masse allmählich unter die Tertiärsedimentfüllung des Molassebeckens ab. Weit nach Süden reichende Kristallinsporne und nach Norden ausgreifende Tertiärbuchten beweisen ein schon prächattisch angelegtes und durch tektonische Bewegungen noch verstärktes Telief des kristallinen Untergrundes. Zumeist herzynisch (- NW - SE) streichende prä-, syn- und postsedimentär aktive Brüche sind erwiesen, an denen die Nordostscholle gegenüber der Südwestscholle abgesenkt wurde. Im Raum von Taufkirchen - Raab konnte aufgrund zahlreicher Bohrungen und durch Geophysik ein NW-SE-streichender begrabener Kristallintrücken (Taufkirchener Rücken) nachgewiesen werden, im Norden begleitet von einer tiefen tektonisch bestimmten Mulde (Sighartinger Rinne). Am Südrand der Böhmischen Masse streichen von Niederweidling (bei Peucherbach) nach E die chattiischen Linzer Sande und der aquitanische Ältere Schlir zutage aus. Nach Westen weicht

die Aquitangrenze südwärts zurück und wird von den Sedimenten des Helvet (= Ottnangien) überlagert, so daß Linzer Sande und Älterer Schlier an der Oberfläche nicht mehr anzutreffen sind. Die Nordgrenze des Burdigals (= Eggenburgien) weicht noch erheblich weiter nach Süden zurück. Sedimente des Burdigals sind unter Helvetbedeckung nur im äußersten Südwesten des Meßgebietes - nördlich von Ried im Innkreis - zu erwarten (Haller Schlier).

Das tiefere Helvet (= Ottnangien) stößt transgressiv weit nach Norden vor und bedeckt das Chatt und Aquitan und sogar das Kristallin der Böhmischen Masse. Bis südöstlich von Peuerbach sind die Phosphoritsande als basales Strand sediment des Unterhelvet verbreitet. Weiter im Westen wird der Transgressionshorizont von den phosphoritknollenfreien Natternbacher Sanden (in der Natternbacher, Matzinger und Taufkirchener Bucht) vertreten. Diese Strandbildungen gehen zum Beckeninneren in den Robulusschlier (Ottnangien) über. Er ist dünn-schichtiger als der Aquitanschlier und weist häufiger Feinstsandbestege auf den Schichtflächen auf (Blätterschlier).

In der Enzenkirchener Weitung (E von Taufkirchen) treten von Norden nach Süden immer häufiger und mächtiger Sandeinschaltungen im Robulusschlier auf, die Enzenkirchener Sande. In den tieferen Lagen kommen wir gelagerte Mergelplattelschotter vor, die aufgearbeitetem liegenden Schlier entstammen. Die Enzenkirchener Sande stellen einen ziemlich mächtigen Sandkörper im Robulusschlier dar.

Im Südwesten wird der Robulusschlier von Rotalienschlier (= Rieder Schichten) bedeckt, etwa südwestlich einer Linie von Haag über Pram nach Ort.

Als auffälliges Phänomen in der Landschaft sind noch die häufigen Schotterrücken des Oberpliozän und die die Wasserläufe begleitenden pleistozänen Terrassen erwähnenswert.

Unter den gegenwärtigen Bedingungen der wirtschaftlichen Rentabilität nutzbare Lagerstätten höherwertigerer Mineralrohstoffe kommen im Meßgebiet nicht vor. Größere Bedeutung hat die Steinbruchindustrie. Die härteren und kluftarmen kristallinen Gesteine werden zur Gewinnung von Bord- und Randsteinen, Pflastersteinen, Stufen, Wehrsohlensteinen für Kraftwerksbauten abgebaut. Harte stark zerklüftete Gesteine wie Mylonite finden als Schotter im Straßenbau Verwendung.

Von den Sedimenten des Tertiärs sind die in einem kleinen Gebiet bei Niederweidling zutage ausstreichenden Linzer Sande (Egerien) - fast reine Quarzsande - von einiger Wichtigkeit für die Baustoffindustrie, z.B. als Zuschlagstoff bei der Ziegelsteinproduktion.

Die im westlichen Teil des Meßgebietes innerhalb des Robulus-Schliers auftretenden Enzenkirchener Sande werden nur selten als Bausand genutzt.

Die Tonmergel des höheren Egerien (= Aquitan) und des Ottangien (= Unterhelvet) - vor allem die mehrere Meter mächtige kalkfreie Verwitterungszone - werden in einigen Betrieben zu Tonziegeln verarbeitet.

Die Schotterkuppen des Oberpliozän und pleistozäne Terrassen liefern Material für den Wegebau.

Zur Interpretation der Lockersedimente (Molassezone und spättertiär-quartäre Bedeckung des Kristallins) aus den hubschraubergeophysikalischen Meßdaten ist es wichtig, die jeweilige Lithologie der Serien zu kennen.

Eine spezifische Auswertung (s.u. bzw. Abb. 7) der systematischen Aufnahmen der Massenrohstoffabbaue für einen größeren Teil des Projektgebietes (ÖK 30) ermöglicht in diesem aufschlußarmen Gebiet diese lithologische Einordnung und Charakterisierung.

Pleistozän bis Oberpliozän:

- 11 SE Niederweidling, SE Peuerbach: Kies, Hochterrasse? kein Abbau, größtenteils verfüllt
- 12 SE Niederweidling, SE Peuerbach: Kies, Hochterrasse? Abbau bei Bedarf
- 15 Niederspaching, SE Peuerbach: Kies, Oberpliozän? kein Abbau, bewachsen, z.T. verfüllt (Müll)
- 16 S Bäckenhof, SE Peuerbach: Kies, Oberpliozän? Abbau bei Bedarf, Lehmbedeckung
- 19 S Stefansdorf, SSE Peuerbach: Kies, Oberpliozän? Abbau bei Bedarf (inkl. Mengen)
- 107 NW Roßzogl, SSE St. Willibald (Brundl): Mittel- bis Grobkies, sandig, lehmig, Oberpliozän, Abbau eingestellt
- 108 N Roßzogl, SE St. Willibald (Haslinger): Kies, Oberpliozän, Abbau eingestellt, verfallen und verwachsen
- 109 NW Oberndobl, W Zell a.d. Pram (Endtmayer): Kies, Oberpliozän, Abbau eingestellt, verfüllt und rekultiviert
- 110 W Tischling, WNW Zell a.d. pram (Rendl): Mittel- bis Grobkies, sandig, lehmig, Oberpliozän, Abbau außer Betrieb, gelegentlich Entnahme

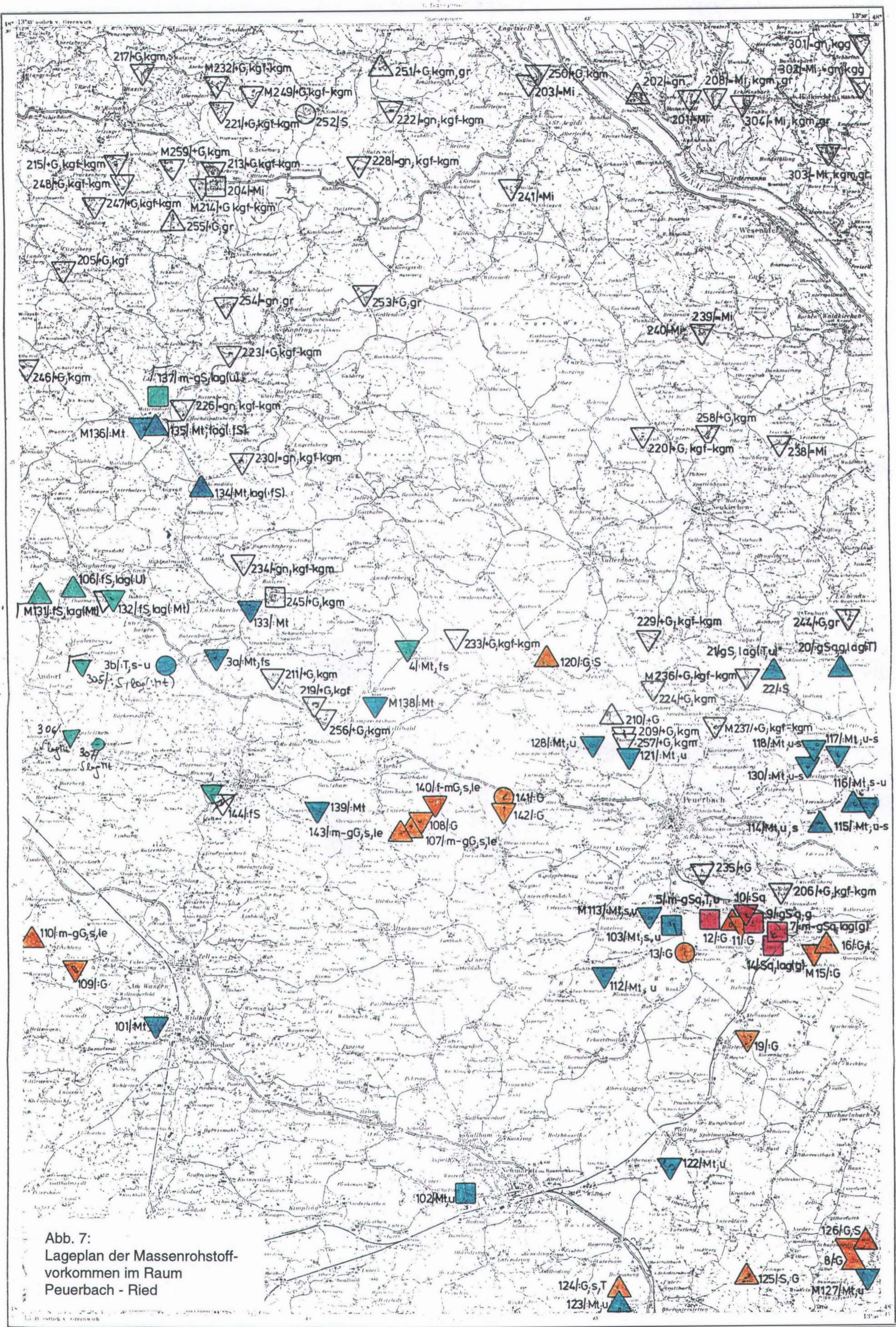


Abb. 7:
Lageplan der Massenrohstoff-
vorkommen im Raum
Peuerbach - Ried

- 120 Untertresleinsbach, NW Peuerbach: Kies, Sand, Oberpliozän, Abbau bei Bedarf, z.T. rekultiviert
- 124 N Dietensam, SE Neumarkt: Sand, kiesführend, schluffig, Abbau bei Bedarf, z.T. rekultiviert
- 125 SW Zeilinger, ESE Neumarkt: Sand, kiesführend, sehr stark schluffig, kl. Abbau bei Bedarf, sonst bewaldet
- 126 E Schappenedt, E. Neumarkt: Sand, kiesführend, schluffig-tonig, Abbau eingestellt, verfallen, bewachsen
- 140 SE Kapfhammer, E Raab: Fein- bis Mittelkies, sandig, lehmig, Oberpliozän, verschüttet, bewachsen
- 141 WNW Rittberg, W Peuerbach: Kies? Oberpliozän? planiert, rekultiviert
- 142 WSW Rittberg, W. Peuerbach: Kies, Oberpliozän, Abbau eingestellt, bewachsen
- 143 NE Kopfberg, ESE Raab: Mittel- bis Grobkies, sandig, lehmig, Oberpliozän, Abbau eingestellt, bewachsen
- 145 E Oberfurth, ESE Neumarkt: Kies, Hochterrasse? Abbau bei Bedarf
- 8 SE Schappenedt, ESE Neumarkt: Kies, schluffig-tonig, sandig, Oberpliozän?, Abbau bei Bedarf, z.T. bewachsen
- 13 Parz bei Gattern, S Peuerbach: Kies?, rekultiviert

Ottnangien/Natternbacher Sande:

- 20 Irrenedt, NE Peuerbach: Grobsand, kiesführend, Tonlagen (Ottnang), Abbau eingestellt (1970)
- 22 S Winklpoint, NE Peuerbach: Sand (Ottnang), völlig verfallen (1979)

Ottnangien/Enzenkirchner Sande:

- 106 S Sigharting, NNE Andorf (Mayer & Co): Feinsand, Schlufflagen, Abbau eingestellt (1980), verwachsen
- 131 Seifriedsiedt, SW Sigharting: Feinsand, Tonmergellagen, Ottnang, Abbau bei Bedarf, z.T. bewachsen
- 132 Thalmannsbach, SE Sigharting: Feinsand, Tonmergellagen, Ottnang, Abbau eingestellt, bewachsen

- 137 Mitterndorf-Kaidlmühle SW Kopfing (Denk): Sand, fossilreiche Grobsande, Abbau in Betrieb
- 144 WSW Raab: Sand, Ottnang, Abbau eingestellt, rekultiviert
- 305 SW Oberndorf, ENE Andorf: Sand, Tonmergellagen, Ottnang, Abbau eingestellt, bewachsen
- 306 Niederleiten, SE Andorf: Sand, Tonmergellagen, Ottnang, Abbau eingestellt, rekultiviert
- 307 Autzing, SE Andorf: Sand, Tonmergellagen, Ottnang, Abbau eingestellt, rekultiviert

Ottangien/Tonmergel (Schlier):

- 101 Ziegelei Wildhag-Riedau, W Riedau (Kottbauer): Tonmergel, Abbau eingestellt, rekultiviert
- 102 Ziegelei Neumarkt i. Hausruckkr., W Neumarkt (Duswald): Tonmergel, schluffig, Abbau eingestellt (1984)
- 103 S Bruck a.d. Aschach, S Peuerbach (Eder GmbH.): Tonmergel, schluffig, sandig, Abbau in Betrieb
- 112 SE Mühlbrenning, SSW Peuerbach: Tonmergel, schluffig, Abbau eingestellt, verschüttet, bewachsen
- 113 Waasen, S Peuerbach: Tonmergel, sandig, schluffig, Abbau eingestellt, verschüttet, bewachsen
- 114 E Grub, E Peuerbach: Tonmergel, sandig, schluffig, Abbau eingestellt, verschüttet, bewachsen
- 115 S Bach, E Peuerbach: Tonmergel, sandig, schluffig, Abbau eingestellt, verschüttet, bewachsen
- 116 Moos, E Peuerbach: Tonmergel, sandig, schluffig, Abbau eingestellt, verschüttet, bewachsen
- 117 N Heiligenberg, ENE Peuerbach: Tonmergel, sandig, schluffig, Abbau eingestellt, rekultiviert
- 118 NW Heiligenberg, ENE Peuerbach: Tonmergel, sandig, schluffig, Abbau eingestellt, Aufforstung
- 121 S Thomasberg, NW Peuerbach: Tonmergel, schluffig, Abbau eingestellt, verfallen und bewachsen

- 122 S Pötting, E Neumarkt: Tonmergel, schluffig, Abbau eingestellt, verfallen und bewachsen
- 123 W Dietensam, SE Neumarkt: Tonmergel, schluffig, Abbau eingestellt, baum-bestanden
- 127 NE Steindlberg, ESE Neumarkt: Tonmergel, schluffig, Abbau eingestellt, verfallen und bewachsen
- 128 NE Parz, NW Peuerbach: Tonmergel, schluffig, Abbau eingestellt, verfallen und bewachsen
- 130 W Heiligenberg, ENE Peuerbach: Tonmergel, schluffig, sandig, Abbau eingestellt, verfallen, verschüttet
- 135 Mitterndorf, SW Kopfing (Denk): Tonmergel, Feinsandlagen, Abbau bei Bedarf, z.T. bewachsen
- 136 Mitterndorf, SW Kopfing: Tonmergel, Feinsandlagen, Abbau eingestellt, vollkommen rekultiviert
- 138 N St. Willibald, ENE Raab: Tonmergel, Abbau eingestellt, bewachsen
- 139 E Pausing, ESE Raab: Tonmergel, Abbau eingestellt, bewachsen
- 3a Jagern, SW Enzenkirchen: Tonmergel, feinsandig, Abbau eingestellt, bewachsen
- 3b WSW Jagern, SW Enzenkirchen: Tonmergel, sandig, schluffig, planiert, rekultiviert

Eger/Linzer Sande:

- 5 SW Niederweidling (Dornetshuber) SSE Peuerbach: Mittel- bis Grob-(Quarz)-Sand, überlagert von Tonmergel, Z. Zt. (1992) kein Abbau
- 7 Niederaching (Hellmayr) SE Peuerbach: Mittel- bis Grob-(Quarz)-Sand, lagenweise kiesführend (bed. Tonmergel), Abbau eingestellt, rekultiviert
- 9 SE Niederweidling (Mayrhofer) SE Peuerbach: Grob-(Quarz)-Sand, kiesführend, Abbau in Betrieb (1990), teilweise rekultiviert (1992)
- 14 E Oberaching (Köstl) SE Peuerbach: Quarzsand, lagenweise kiesführend, überlagert von Kies, stark lehmig, Abbau in Betrieb (1990)
- 10 ESE Niederweidling, SE Peuerbach: Quarzsand, Eger, Abbau eingestellt, bewachsen

5. Meßergebnisse

Hinweis: Infolge des scharfen Einschnittes des Donautales war es nicht möglich, die Meßfluglinien höhenmäßig an die Talform auch nur annähernd anzulegen. Deshalb sind die Meßdaten insbesondere der Gammastrahlenspektrometrie und der Elektromagnetik entlang des Donaulaufes nicht plausibel zu interpretieren!

5.1. Widerstandskartierung (Anlagen 2,3,4,5)

Die Widerstandskartierung lässt drei Großbereiche klar abgrenzen:

- die Molassezone im Süden
- das ausgefingerte Abtauchen des Kristallins der Böhmischen Masse und
- das Kristallin mit seinen typischen Internstrukturen.

Dabei ergänzen sich die Meßergebnisse der beiden Frequenzen (3600, 900 Hz) in ihrer Information.

Die Serien der Molassezone (Tonmergel, sandige Tonmergel) zeichnen sich ab durch durchwegs niedrige Widerstände und sehr flache Widerstandsverteilungen.

Klar und scharf wird die Grenzlinie des Kristallinrandes gegenüber den Molassesedimenten herausmodelliert. Wie schon aus dem regionalen geologischen Bild ablesbar, wird diese Grenze einerseits gebildet durch lineare Großklüfte und Störungen (hauptsächlich nach NW-SE-Richtungen), andererseits überlagern Lockersedimente flach übergreifend in Buchten oder langgestreckten Zungen entlang einer komplexen Grenzlinie der abtauchenden Kristallserien. Das Bild der Widerstandskartierung gibt diese Grenzzone mit höherem Detailgrad wieder, als die bisher vorliegenden Geländekartierungen! Auch die unter seichter Lockersedimentbedeckung liegenden Kristallinaufragungen und Kuppen lassen sich auch südlich des ausstreichenden Kristallinrandes abgrenzen.

Innerhalb des Kristallinkomplexes zeichnet sich in der Widerstandskartierung ein komplexes Muster ab, wobei jedoch durchwegs höhere Widerstände zu beobachten sind. Die plausibelste Interpretation dafür ist wahrscheinlich indirekt aus der Topographie abzuleiten. Die kleinräumige Variabilität ist Ausdruck der Morphogenese -

eine Gliederung in Kuppen mit geringerer Verwitterungstiefe, sowie Hochflächen und Mulden mit mächtigeren (auch kolluvialen) Verwitterungsdecken. Die Verwitterungsintensität und -tiefe dürften dabei zusätzlich noch lithologiebezogen gliederbar sein.

5.2. Isanomalien der Totalintensität ΔT (Anlage 6)

Neben regionalen Trends (SEIBERL, W. 1991) unterstützt die Auswertung der magnetischen Meßdaten die strukturell-tektonische Gliederung des Meßgebietes. Nordwest-Südost und Nord-Nord-Ost - Süd-Süd-West Strukturen belegen auch Suszeptibilitätskontraste entlang der Hauptstörungssysteme und zugeordneten Großklufitsysteme (etwa parallel Donau- und Rodl-Störung).

Auch im Bereich der Kristallin-Molasse-Grenze lassen sich kleinregional Strukturen belegen, die kluft- und störungsbedingte Grenzen zwischen Molasse- und Kristallinserien ableiten lassen (z.B. Bereich Natternbach-Peuerbach).

5.3. Gammastrahlenpektrometrie (Anlagen 7,8,9,10,11,12,13)

Die Kartendarstellung der Dosisleistung (äquivalente Summe der natürlichen Strahlung) zeichnet den überregionalen Trend der höheren (natürlichen) Strahlenbelastung auf dem Kristallin der böhmischen Masse nach. Im Bereich der Molasseserien liegen die Werte dagegen durchwegs niedriger.

Für die Meßwerte der Einzelkanäle K, Th und U ist über weite Bereiche eine eindeutig lithologische Zuordnung möglich.

So verweisen höhere Thorium-Pegel z.B. auf die Ausbisse von Schärdinger oder Peuerbacher Granit, auf dichte Gangfolgen von fein- bis mittelkörnigen sauren Graniten in Perlgneis südlich der Donau, sowie auf Grobkorngneispartien nördlich der Donau.

Auch die Kaliumverteilung weist in ihrer Variabilität direkt auf lithologische Varietäten, insbesonders der unterschiedlichen Feldspatführung.

Nach der Kalibrierung der Gammastrahlenspektrometrie in Prozent- (K) und ppm- (Th,U) Gehalten als direkt abgeleitete Äquivalente der Strahlungsintensität besteht eine hohe Kompatibilität dieser Meßwerte zu geochemisch erhobenen Daten. In den Abbildungen 8, 9 und 10 werden die Analysenergebnisse für K, Th und U aus der Bachsedimentgeochemie des

zentralen Teiles des Meßgebietes (ÖK 13 und 30) den hubschraubergeophysikalischen Meßergebnissen gegenübergestellt.

Auch in diesen Datenauswertungen sind klar die NW-SE-Strukturen des lithologischen Internaufbaues nachzuvollziehen.

Besonders deutlich wird dies an den Th-Verteilungen, wo sich z.B. im Sauwald ein starker Kontrast zwischen dem von jungen Granitintrusionen beeinflußten Südabschnitt zu den weniger beeinflußten Perlgneispartien herauskristallisiert.

Schon eine erste vergleichende Auswertung dieser Daten zeigt, daß damit Instrumentarien vorliegen, die die systematische geologische Kartierung gerade in so stark aufschlußlosen Gebieten wirkungsvoll unterstützen können!

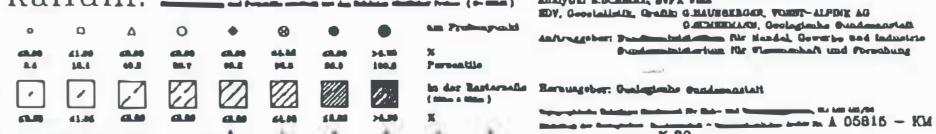


Abb. 8: Systematische geochemische Untersuchung
des Bundesgebietes der Republik Österreich

Böhmisches Massiv und Zentralzone der Ostalpen - Bachsedimente, Fraktion <0.15 mm (<80 mesh)

Karte der Elementverteilung

Kalium:



Maßstab: 1 : 50 000

Km

12 PESAU

20 SCHLUDEN

11 ERLAUF

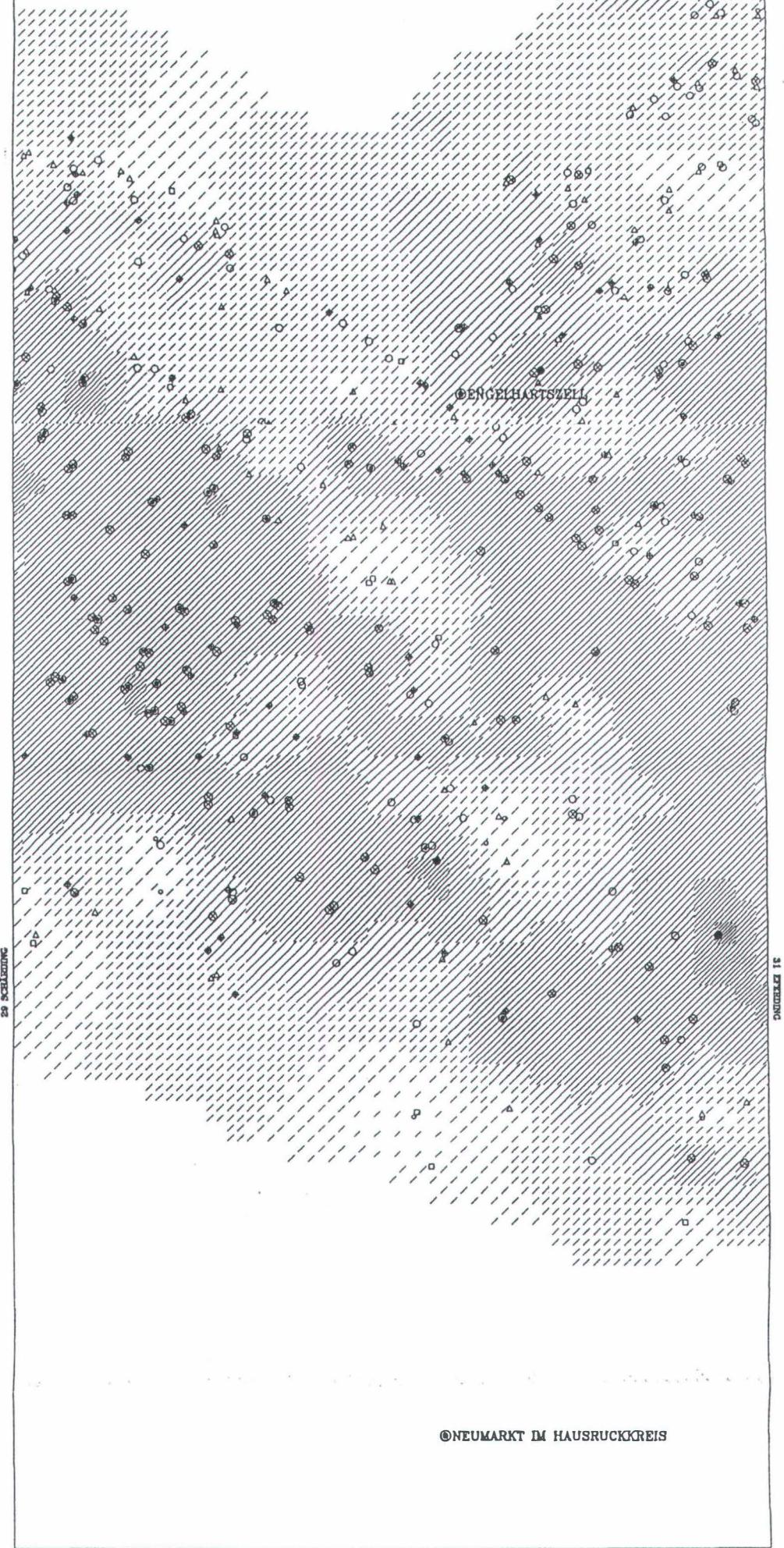


Abb. 9: Systematische geochemische Untersuchung des Bundesgebietes der Republik Österreich

Böhmisches Massiv und Zentralzone der Ostalpen - Bachsedimente, Fraktion <0.18 mm (<80 mesh)

Karte der Elementverteilung

Thorium:



Maßstab 1 : 80 000

48 VÖLKLAUER

Autor: G. MALICKI, O. SCHERMANN, Geologische Bundesanstalt

Analytik: R. SCHONLICH, BVFA Wien

EDV, Gesamtziel, Grafik: G. HAUSERBERGER, VORST-ALPDIG AG

O. SCHERMANN, Geologische Bundesanstalt

Auftraggeber: Bundesministerium für Handel, Gewerbe und Industrie

Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung

Herausgeber: Geologische Bundesanstalt

Geographische Karte des österreichischen Staates und Vorarlbergs, 1 : 100 000

© 1980, Institut für Erd- und Umweltforschung, der Öffentlichen

Wissenschaft und Technologie - Geologische Abteilung, A-06815 - KM

Wien, Postfach 1000, Tel. 01/220 30 00

Postfach 1000, Tel. 01/220 30 00

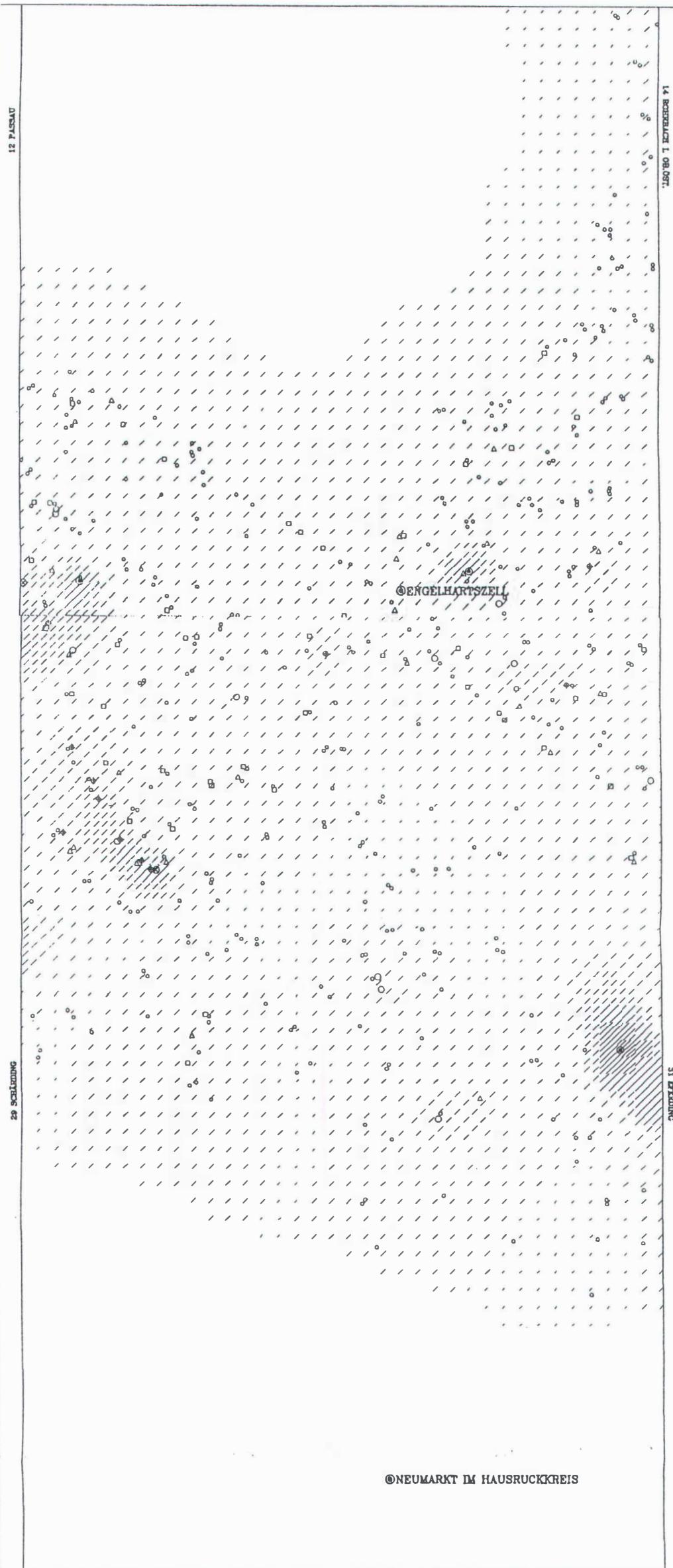


Abb. 10: Systematische geochemische Untersuchung

des Bundesgebietes der Republik Österreich

Stratigraphie der Ostalpen – Deckersedimente. Fazies

11

Das Diagramm zeigt die Produktionswirtschaft von Uran. Ein Balkendiagramm am oberen Rand vergleicht die Produktionsmengen von 1960 bis 1970. Die Legende unten definiert die Farben für verschiedene Produzenten: Russland (hellblau), USA (dunkelblau), Kanada (hellgrün), Frankreich (dunkelgrün), Großbritannien (hellrot), Sowjetunion (dunkelrot) und Australien (gelb).

Autor: G. MÜLLER, O. SCHERMANN, Geoökologische Fundamenteier
Analytik: E. SCHMID, BfG Wien
EDV: Geodatistik AG, Grünau, G. HAUBERGER, TOWER ALPINE AG
O. SCHERMANN, Geoökologische Fundamenteier
Antragsteller: Bundesministerium für Handel, Gewerbe und Industrie
Bundeskonsulent für Umweltwirtschaft und Entwicklung

1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	0.0	100.0	Percentile	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	in der Rasterzelle (hence x mm)	Herausgeber: Ovaleggende Bandenmarie					
€ 1,00	€ 0,80	€ 1,10	€ 1,00	€ 0,50	€ 0,00	€ 0,00		Heruntergeladene Dokumente für den <u>Wettbewerb</u> , am <u>01.01.00</u>
Meldung								Mindestens der Gütekriterien erfüllt - Dokumenten-ID: A 06815 - Kdo
								Autorenkennung: Dr. med. Dr. h. c. II. 30

6. Ergebniszusammenfassung und Untersuchungsvorschläge

Hauptaussagen und -ergebnisse

- Der abtauchende südliche Kristallinrand stellt in mehrfacher Hinsicht eine wichtige geologische Struktur dar.
Einerseits sind Molasserandserien als Sande ausgebildet (z.B. Linzer Sande, Natternbacher Sande, Enzenkirchner Sande), die höherwertige Rohstoffpotentiale darstellen, andererseits ist dieser Abschnitt Infiltrationsgebiet für die artesischen Wässer im zentralen Innviertel. Die Infiltration erfolgt dabei sowohl über die sandigen Serien, als auch entlang der in die Molassezone übergreifenden Störungszonen.

Die Ergebnisse der Hubschraubergeophysik unterstützen wirkungsvoll die Detailcharakterisierung dieser Grenzzone.

- Auf den Hochflächen von Sauwald und südwestlichem Mühlviertel sind zwar Sedimentauflagen in Form kolluvialer Verwitterungsdecken und jungtertiären Serien abzugrenzen, jedoch sind diese - auch aufgrund der EM-Meßdaten - wahrscheinlich hauptsächlich sandigkiesig ausgebildet. Es ergeben sich damit keine Anhaltspunkte (Chancen) für eine Ton- oder Kaolinprospektion.
- Die Meßergebnisse der Magnetik und insbesondere der Radiometrie stellen brauchbare, unterstützende Gliederungsindikatoren für geologische Kartierungen in diesen schlecht aufgeschlossenen Kristallingebieten zur Verfügung.

Gezielte synoptische Auswertungen von radiometrischen Meßwerten und entsprechenden geochemischen Spurenelementdaten können minerogenetische Überlegungen und Interpretationen absichern (WEBER, L. 1995).

Weiterleitende Untersuchungen:

- Detailauswertungen mit Hilfe von Mehrschichtmodellen entlang des gegliederten Molasse/Kristallinrandes unter Einbeziehung vorhandener terrestrischer geophysikalischer Messungen zur Abklärung rohstoff- und hydrogeologischer Implikationen (Konflikte Rohstoffpotential/Schutz der Tiefengrundwässer; weitere Kontaminationsrisiken?)
- Multivariate Auswertung von Spurenelement-Daten der Bachsedimentgeochemie, sowie gleichzeitige semivariante statistische Datenanalyse der radiometrischen Meßwerte zur Diskussion der Klassenbildung für K- und Th-Kartendokumentationen, die die

lithologische Gliederung und geologischen Landesaufnahmen optimal unterstützen können.

- Vergleichende Darstellung und Untersuchungen erkennbarer Strukturen (Störungen, Großkluftsysteme) mit Satellitenbildauswertungen hinsichtlich der Eingrenzbarkeit von Störungssystemen im Kristallin mit hydrogeologischer Relevanz (Retention, Infiltration).

7. Literatur und verwendete Unterlagen

ABERER, F.: Die Molassezone im westlichen Oberösterreich und in Salzburg.

- Mitt. Geol.Ges. Wien, Bd. 50, Wien 1957

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

DAURER, A.: Das Moldanubikum im Bereich der Donaustörung zwischen Jochenstein und Schlögen (Oberösterreich). - Mitt. Ges.Geol.Bergbaustud., 23, 1-54, Wien 1976

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

FUCHS, G. und THIELE, O.: Erläuterungen zur Übersichtskarte des Kristallins im westlichen Mühlviertel und im Sauwald, Oberösterreich. - Geol.B.-A., Wien 1968

FUCHS, G. und THIELE, O.: Übersichtskarte des Kristallins im westlichen Mühlviertel und im Sauwald, Oberösterreich. - (1:100.000) - Geol.B.-A., Wien 1965

GRASTY, R.L., CARSON, J.M., CHARBONNEAU, B.W., HOLMAN, P.B.: Natural background radiation in Canada. - Bulletin 360, Geol.Surv.Can., Ottawa, 1984.

HEINRICH, M. et al.: Detailaufnahme und Bewertung der Linzer Sande in Bezug auf die Verwendung in der Feuerfest- und Glasindustrie und Bestandsaufnahme der damit in Verbindung stehenden Tonvorkommen. - Geol. Bundesanstalt, Wien 1979

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.

LETOUZÉ, G. et al.: Massenrohstofferhebung im OÖ Donaubereich und Alpenvorland zum Zweck einer integrierten Landes-Umweltvorsorge. - Geol. Bundesanstalt, Wien 1990

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

SEIBERL, W., HEINZ, H., 1986: Aerogeophysikalische Vermessung von Teilen des westlichen Mühlviertels, Nord & Süd. - Unveröff. Bericht, Proj. OC-1b/83, Österr. Akad. d. Wiss., Wien.

SEIBERL, W.: Aeromagnetische Karte der Republik Österreich, 1 : 1,000.000.
- Geol. Bundesanstalt, Wien 1991

WEBER, L.: Zur Minerogenie der Böhmischen Masse. - BHM, 140, 206-213, Wien 1995

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 - 3 600 Hz
5. Isolinienplan scheinbare Tiefe d_a - 900 Hz
6. Isolinienplan Totalintensität ΔT
7. Gammastrahlenspektrometrie: Dosisleistung
8. Gammastrahlenspektrometrie: Kalium (^{40}K)
9. Gammastrahlenspektrometrie: Uran (^{214}Bi)
10. Gammastrahlenspektrometrie: Thorium (^{208}Tl)
11. Gammastrahlenspektrometrie: Verhältnis U/TH
12. Gammastrahlenspektrometrie: Verhältnis U/K
13. Gammastrahlenspekrtometrie: Verhältnis TH/K

Anhang A:

Einfluß der Hangneigung auf elektromagnetische Messungen aus der Luft

(nach Dr. K.-P. Sengpiel, Bundesanstalt 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 Sender- 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 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 = 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

$$\frac{S_z}{P_z} = \left(\frac{s}{h} \right)^{\frac{3}{2}} F_1, \quad (1a)$$

b) paralleles Sekundärfeld bei parallelem (= horizontalem) Sendedipol

$$\frac{S_x}{P_x} = - \frac{1}{4} \left(\frac{s}{h} \right)^3 F_i , \quad (1b)$$

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

Für die Primärfelder am Orte 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

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

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

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

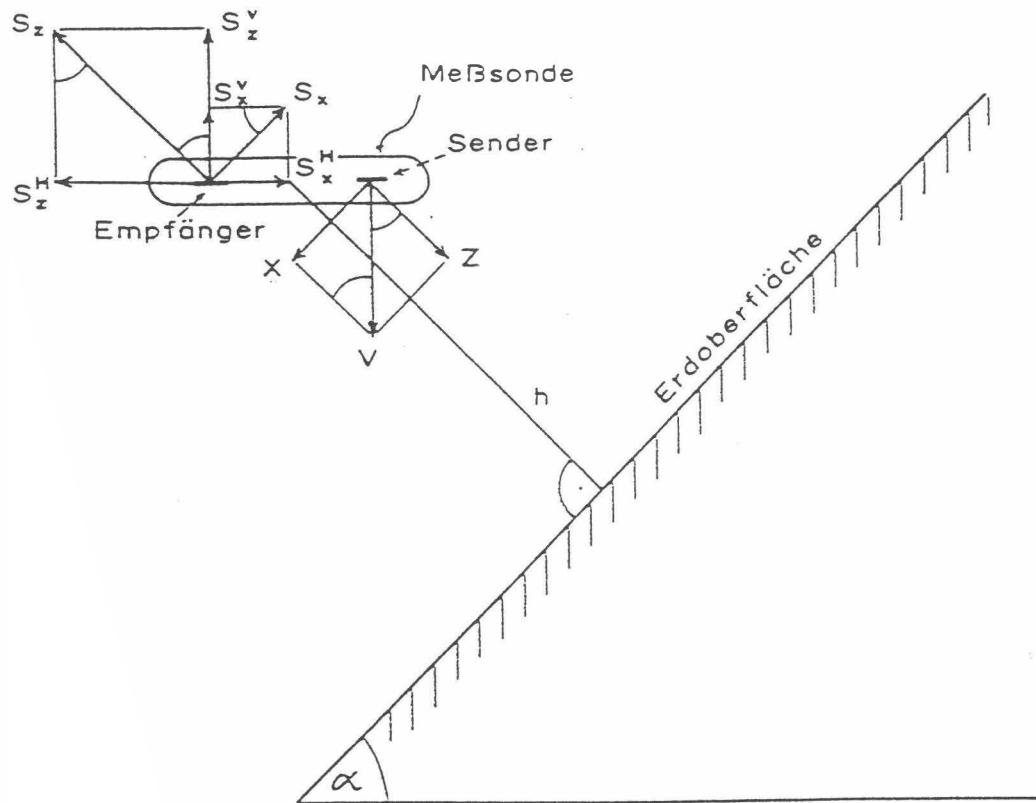


Abb. A1: Zerlegung des primären Dipolfeldes (V) und des sekundären Magnetfeldes (S) in Komponenten; h = Abstand der Flugsonde von der Erdoberfläche.

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

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

oder mit Gl. (1a)

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

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

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

2.2. Verfälschung der Ergebnisparameter

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

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

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

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

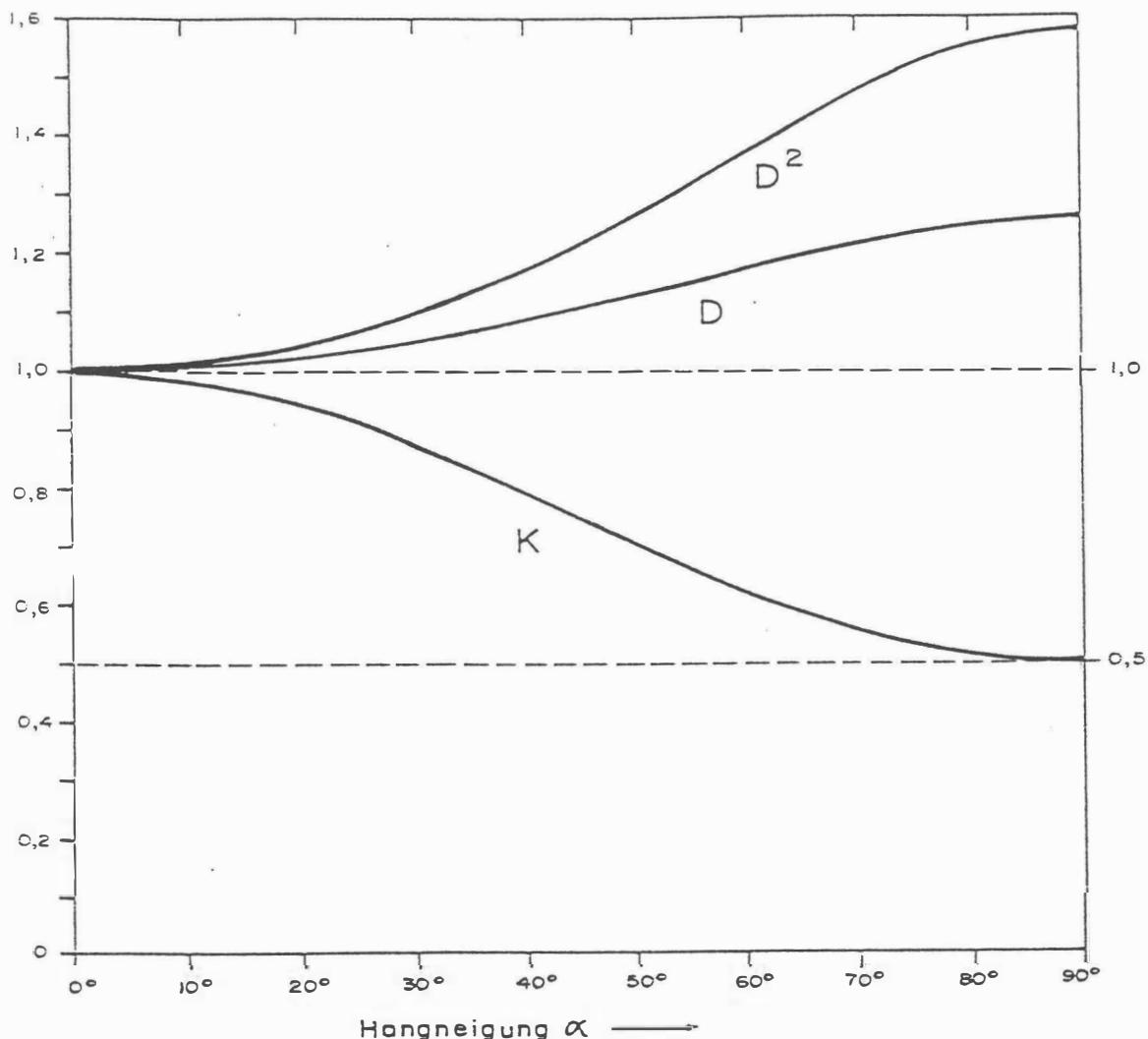


Abb. A2: Verfälschungsfaktoren K , D und D^2 in Abhängigkeit vom Neigungswinkel α der Erdoberfläche für ein koplanares EM-System mit vertikalem Sendedipol;
 q = Quotient Horizontal- zu Vertikalkomponente des sekundären Magnetfeldes.

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 $d' = D \cdot d$ 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 :

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

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.

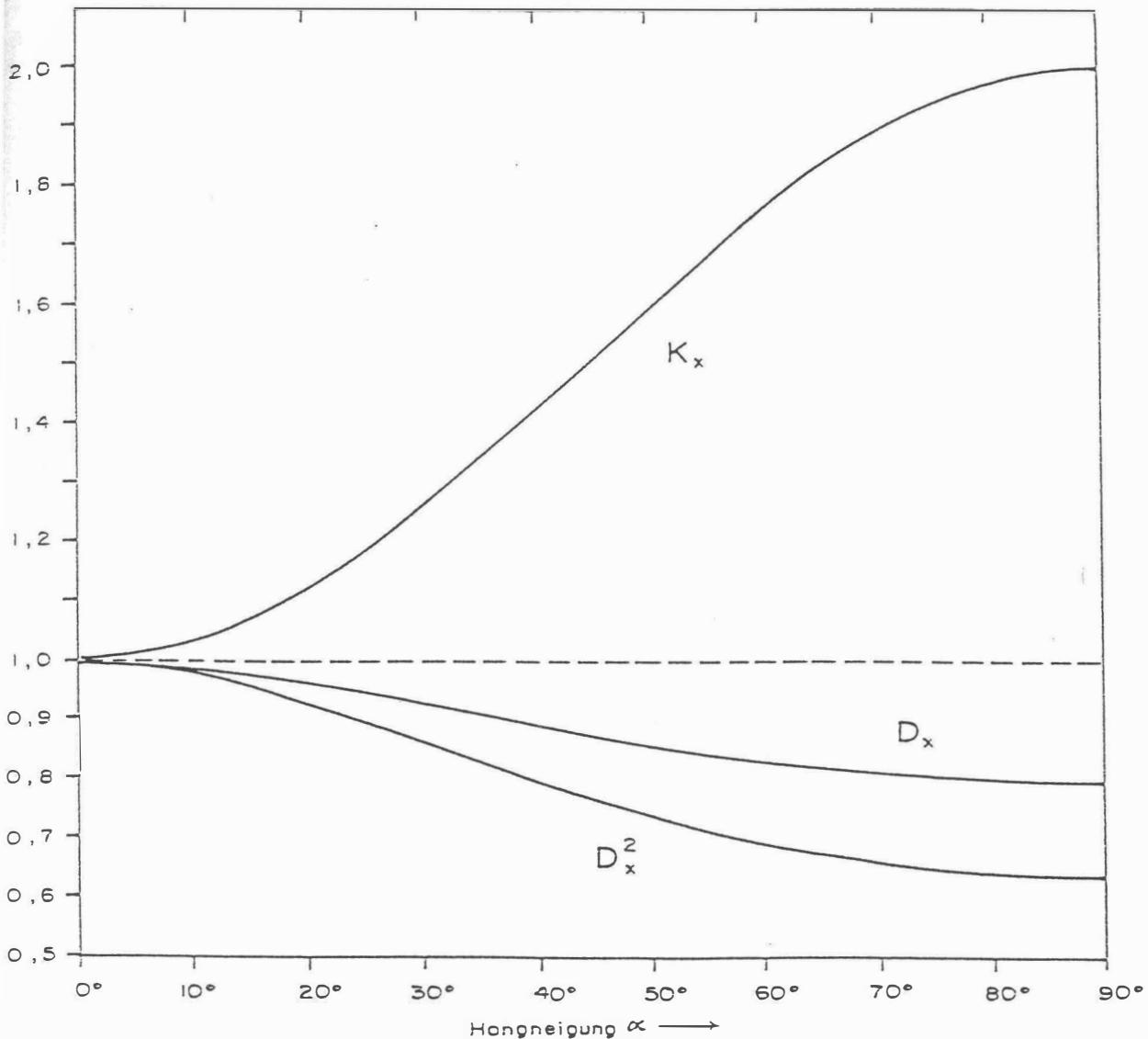


Abb. A3: Verfälschungsfaktoren K_X , D_X und D_X^2 als Funktion von α für ein koaxiales EM-System mit horizontalem Sendedipol.

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

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

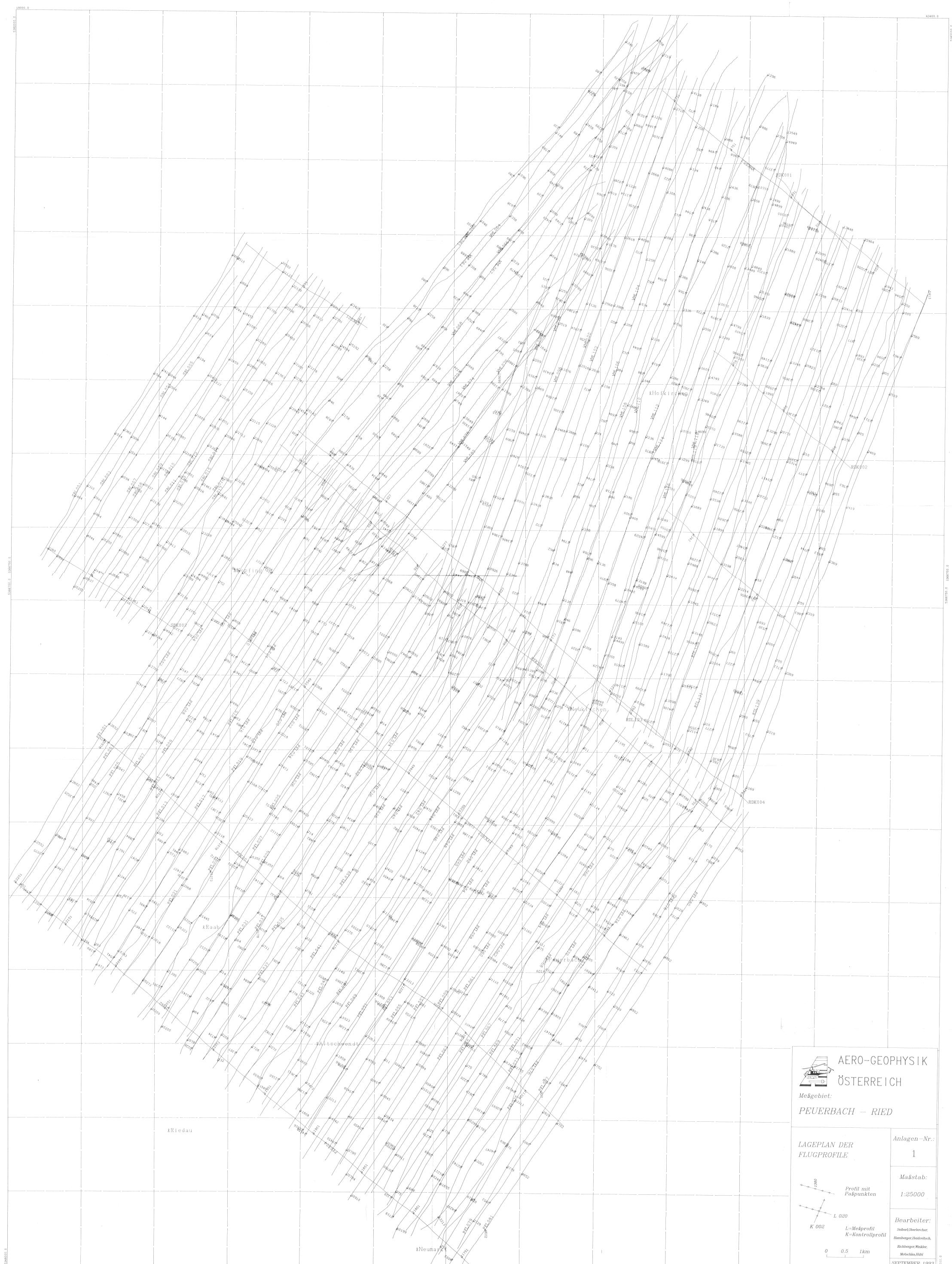
Das bedeutet daß die berechneten Abstände d' um den Faktor $D_x \leq 1$ verkleinert werden. D_x ist in Abb. A3 über der Hangneigung α dargestellt; es variiert zwischen 1 und 0,794.

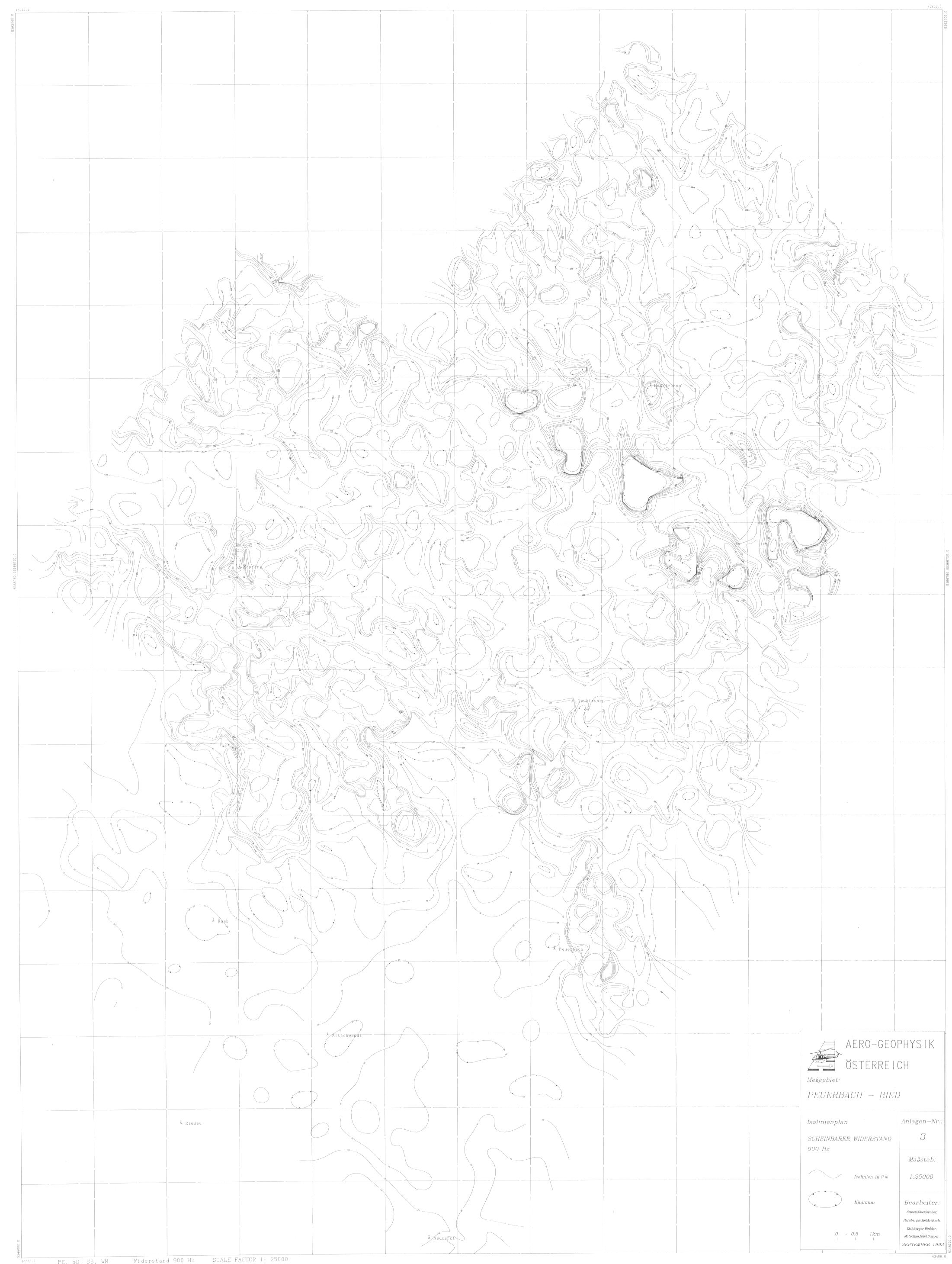
Wegen der unveränderten Phase gelten hier die Gleichungen (8) bis (11) entsprechend, so daß sich ρ' mit

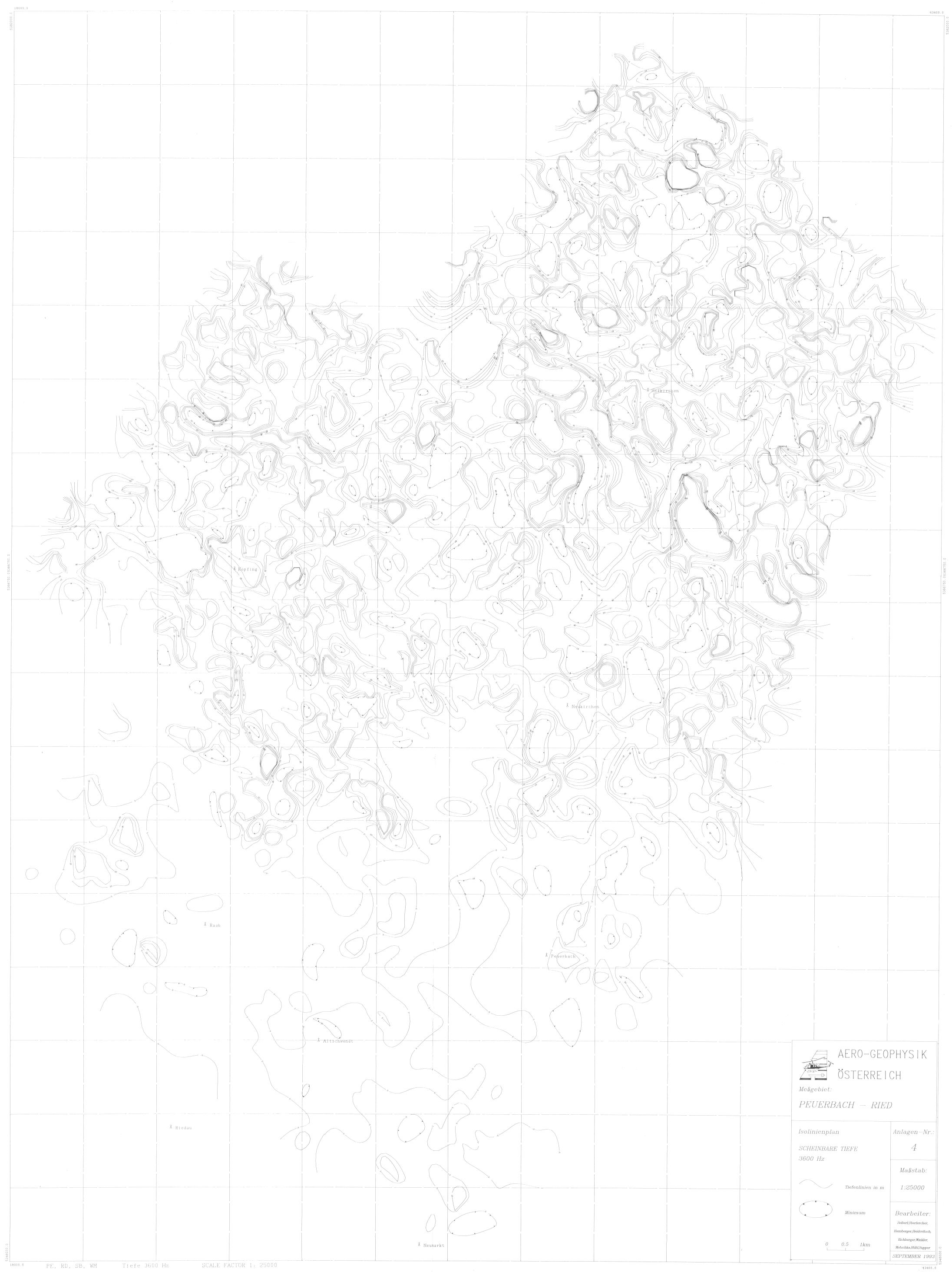
$$\rho' = D_x^2 \rho \quad (22)$$

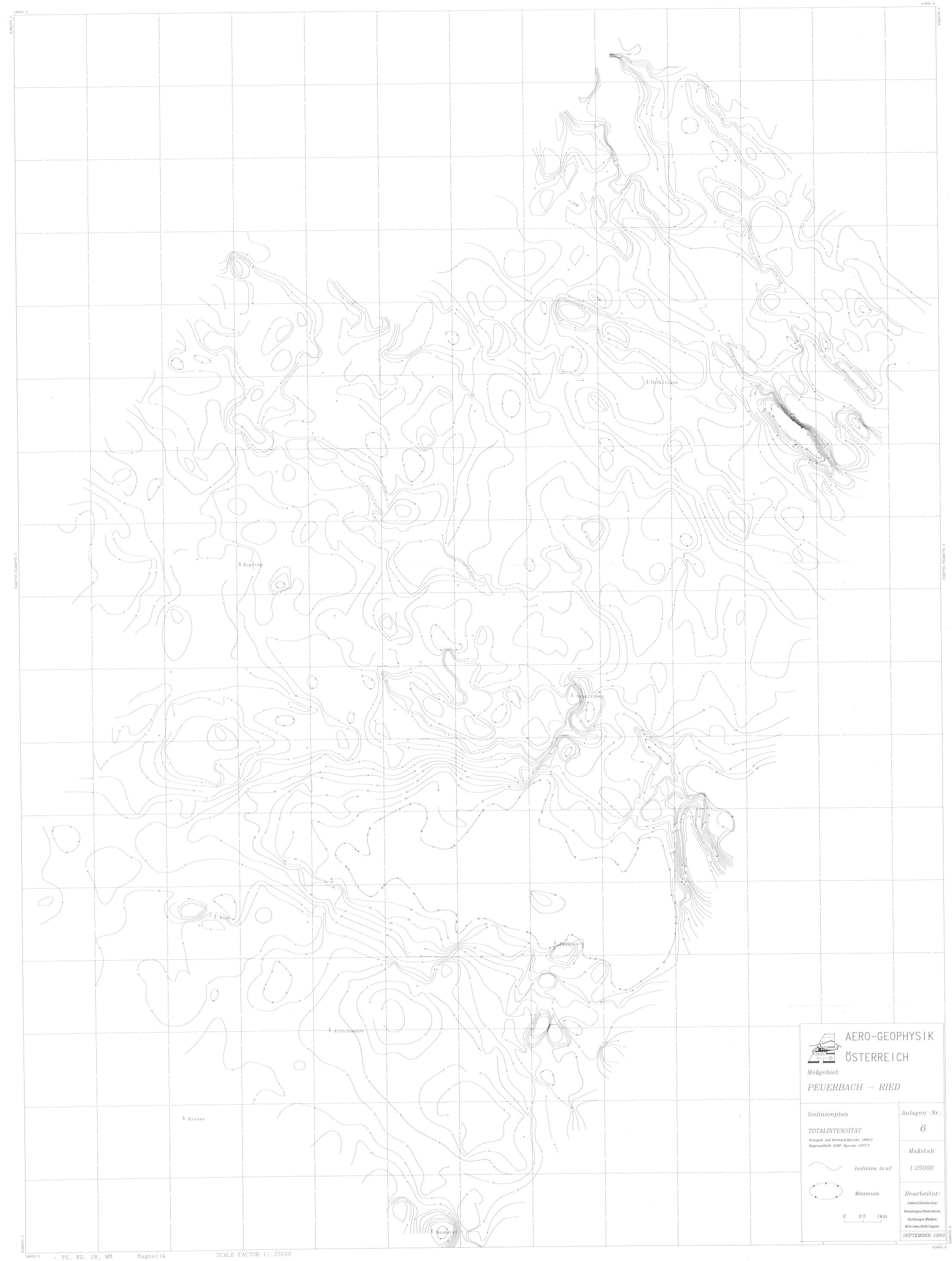
ergibt. Wie aus Abb. A3 ersichtlich, liegen die Werte von D_x^2 zwischen 1 und 0,63, d.h. der mit dem koaxialen Meßsystem bestimmte spezifische Widerstand ρ' ist u.U. deutlich kleiner als der wahre Widerstand ρ des geneigten Halbraumes.

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









AERO-GEOPHYSIK
ÖSTERREICH
 Meßgebiet:
PEUERBACH — RIED

Isolinienplan	Anlagen-Nr.:
TOTALINTENSITÄT	6
bezogen auf Kobenzl-Epoche 1980.0	
Regionalfeld: IGRF, Epoche 1977.9	
Maßstab:	
1:25000	
Isolinien in nT	
Minimum	
Bearbeiter:	
Selber(Oberreicher, Hamberger(Hesselsch), Eichberger,Winkler, Motzschka,Hill/Supper	
SEPTEMBER 1993	

