

2002 - Eisen erz (A 13305 R)



GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT



**AEROGEOPHYSIKALISCHE
VERMESSUNG**

im Bereich

Eisenerz / Stmk

Vollzug des Lagerstättengesetzes: Projekt ÜLG-20/00-2

AEROGEOPHYSIKALISCHE VERMESSUNG

im Bereich

Eisenerz / Stmk

von

Wolfgang Seiberl
Klaus Motschka
Martin Heidovitsch
Robert Supper
Gernot Oberlercher
Birgit Jochum
Herbert Pirkl

Wien, 2002

Geologische Bundesanstalt Wien

INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung	3
1. Zielsetzung und Ablauf des Projekts.....	4
2. Verwendete Meßmethoden und allgemeine Bemerkungen zu aerogeophysikalischen Messungen	5
3. Planung und Durchführung der Vermessung.....	7
3.1. Meßausrüstung.....	7
3.2. Fluglinien	9
3.3. Durchführung der Messungen	9
3.4. Personal	12
4. Datenverarbeitung und Kartenherstellung	13
4.1. Aufgabe der ADV	13
4.2. Datenkontrolle	15
4.3. Flugwegdaten	15
4.4. Elektromagnetische Widerstandskartierung	15
4.5. Isoanomalien der magnetischen Totalintensität (ΔT).....	18
4.6. Radiometrische Kartierung	21
4.6.1. Die Quellen der natürlichen Gammastrahlung.....	21
4.6.2. Korrekturen der Meßdaten.....	21
4.6.3. Herstellung der Farbrasterkarten	32
5.1 Geologische Situation	33
5.2 Mineralrohstoffvorkommen im Messgebiet	36
5.3 Erste Beurteilung der aerogeophysikalischen Meßwerte.....	37
6. Literatur	43

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Lage des Meßgebietes	4
Abb. 2 Datenfluß des Hubschrauber-Meßsystems	8
Abb. 3: Gammastrahlenspektrometer (Kristall I), Beispiel einer Spektralregistrierung - Cäsiumquelle (^{137}Cs).....	10
Abb. 4: Gammastrahlenspektrometer (Kristall I), Beispiel einer Spektralregistrierung - Thoriumquelle (^{208}Tl).....	11
Abb. 5: Lage der Flugprofile im Meßgebiet von Eisenerz.....	14
Abb. 6: Widerstand berechnet von 7200Hz	17
Abb. 7: Isoanomalien der magnetischen Totalintensität von Eisenerz	19
Abb. 8: Die aeromagnetische Karte der Republik Österreich	20
Abb. 9a - e: Darstellung der Korrekturschritte in der Gammastrahlenspektrometrie	22
Abb. 10: Beispiel eines Gammastrahlenspektrums (MeV) im Bereich des Flugfeldes Aigen im Ennstal.....	26
Abb. 11: Topographie im Meßgebiet von Eisenerz	27
Abb. 12: Dosisleistung im Meßgebiet von Eisenerz	28
Abb. 13: Kaliumverteilung im Meßgebiet von Eisenerz	29
Abb. 14: Uranverteilung im Meßgebiet von Eisenerz.....	30
Abb. 15: Thoriumverteilung im Meßgebiet von Eisenerz	31
Abb. 16: tektonische Gliederung Grauwackenzone/Eisenerzer Alpen (aus SCHÖNLAUB 1982)	33
Abb. 17: stratigraphische Entwicklung der Grauwackenzone im Bereich der Eisenerzer Alpen (aus SCHÖNLAUB 1982)	34
Abb. 18: Ausschnitt aus der kompilierten digitalen geologischen Karte der Steiermark; rot strichliert etwa die Umgrenzung des Messgebietes	35
Abb. 19: Kalium-Messwertverteilung im Bereich des Steirischen Erzberges	38
Abb. 20: Thorium-Messwertverteilung im Bereich des Steirischen Erzberges	39

Zusammenfassung

Anhand der ersten Ergebnisse des komplexen aerogeophysikalischen Vermessungsprogramms im Bereich des Meßgebietes Eisenerz zeigt sich, daß vor allem die geomagnetischen Strukturen eher der tektonischen Gliederung und weniger der Lithologie im Untersuchungsgebiet folgen. Dies könnte für die regionale Geologie bedeuten, daß die Seriengliederung in diesem Gebiet möglicherweise neu überdacht werden muß.

Die gammastrahlenspektrometrischen Messungen zeigen einerseits, durch die niedrigen Gehalte an radioaktiven Mineralien, im Wesentlichen die karbonatischen Gesteinsfolgen, während höhere Gehalte möglicherweise den Porphyroidvorkommen bzw. Grunmoränenmaterial im Untersuchungsgebiet zugeordnet werden können.

Die Verteilung des elektrischen Widerstands ist im Untersuchungsgebiet kleinräumig strukturiert. Sie gibt i.A. Zonen wider, die durch erhöhte Wasserführung (z.B. Vernässungsbereiche) charaktisiert werden.

Eine langgezogene magnetische Anomalie im SW des Meßgebietes kann möglicherweise mit der Sulfid-Mineralisation des Teiches bei Kalwang korreliert werden.

1. Zielsetzung und Ablauf des Projekts

Mit der hubschraubergeophysikalischen Vermessung im Meßgebiet Eisenerz/Stmk sollen in erster Linie geowissenschaftliche Beiträge zur

- Unterstützung der regionalen geologischen Kartierung
- sowie zur
- Rohstoffsituation (aus der Sicht der Aero-geophysik)

erstellt werden.

Die Meßflüge im genannten Meßgebiet - die Lage des Meßgebietes kann der Abb. 1 entnommen werden - fanden im Sommer 1999 und 2000 statt. Dabei wurde ein temporärer Hubschrauberlandeplatz bei Kammern eingerichtet. Mit der Herstellung erster Ergebniskarten wurde im Frühjahr 2001 begonnen. Die Fertigstellung letzterer wurde im Sommer 2002 abgeschlossen.

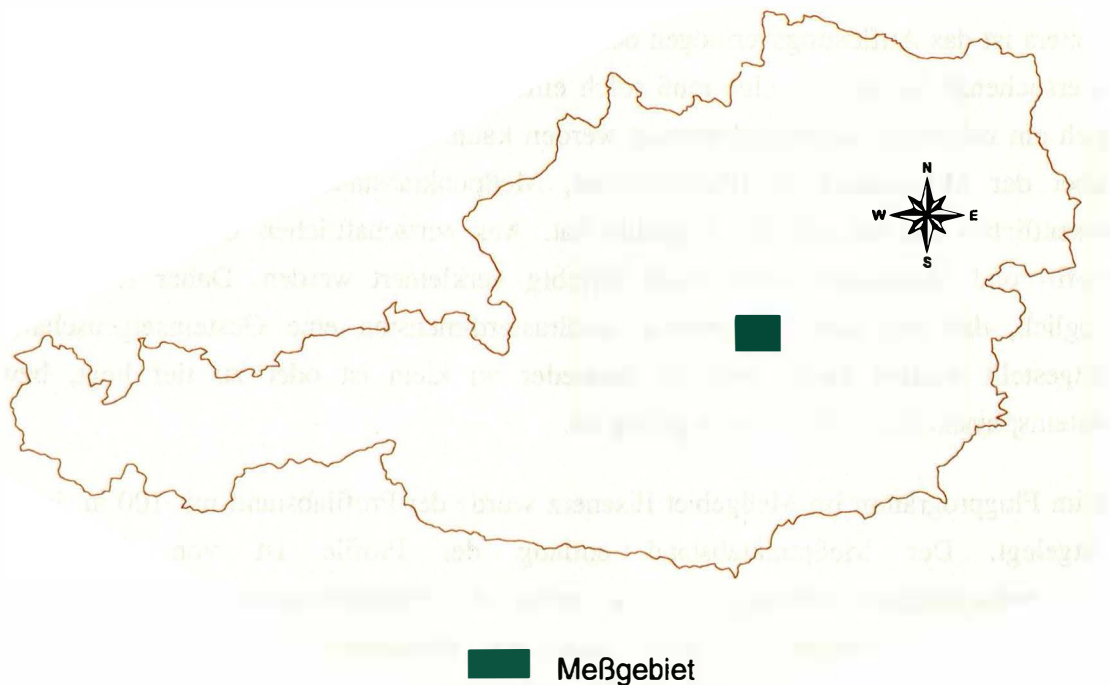


Abb. 1: Lage des Meßgebietes

2. Verwendete Meßmethoden und allgemeine Bemerkungen zu aerogeophysikalischen Messungen

Die verschiedenen Gesteinsserien können sich in unterschiedlichster Weise in den geophysikalischen Meßergebnissen widerspiegeln. Dabei ist zu bedenken, daß eine entsprechende meßtechnische Erfassung von unterschiedlichen Parametern abhängig ist:

- physikalische Eigenschaften der die Gesteine bildenden Mineralien, deren Poren- bzw. Kluftraum sowie deren Füllungen
- Auflösungsvermögen der verwendeten Meßverfahren.

Zu den wichtigsten, für aerogeophysikalische Messungen relevanten physikalischen Eigenschaften von Mineralien bzw. Gesteinen zählt unter anderem die elektrische Leitfähigkeit, die magnetische Suszeptibilität (Gehalt an magnetischen Mineralien) und die natürliche Radioaktivität (Funktion des Gehalts an radioaktiven Mineralien). Weist nun eine Gesteinsserie einen signifikanten Unterschied bezüglich der eben erwähnten physikalischen Eigenschaften gegenüber den sie umgebenden Gesteinen auf, so können entsprechende Meßmethoden zu deren Ortung herangezogen werden.

Weiters ist das Auflösungsvermögen des verwendeten Meßverfahrens entscheidend. Eine zu untersuchende Gesteinsabfolge muß solch eine Mindestgröße bzw. Position aufweisen, daß noch ein nutzbares Meßsignal erzeugt werden kann. Dabei muß berücksichtigt werden, daß dabei der Meßpunktraster (Profilabstand, Meßpunktabstand, Flughöhe etc.) einen sehr wesentlichen Einfluß auf das Ergebnis hat. Aus wirtschaftlichen Überlegungen kann der Profil- und Meßpunktabstand nicht beliebig verkleinert werden. Daher ist es durchaus möglich, daß bei einer bestimmten Meßrasterdimension eine Gesteinseigenschaft nicht festgestellt werden kann, weil sie entweder zu klein ist oder zu tief liegt, bzw. der gesteinsphysikalische Kontrast zu gering ist.

Beim Flugprogramm im Meßgebiet Eisenerz wurde der Profilabstand mit 100 m bzw 200m festgelegt. Der Meßpunktabstand entlang der Profile ist von der jeweiligen Fluggeschwindigkeit abhängig, so z.B. beträgt die Datenabtastrate für die Radiometrie 1 Sekunde. Dies entspricht einem mittleren Punktabstand von ca. 30 m. Die elektromagnetischen Meßwerte werden 10 mal die Sekunde abgefragt; d.h. der Meßpunktabstand beträgt in diesem Fall etwa 3 m. Die Abtastrate für magnetische Messungen beträgt ebenfalls 10 Werte pro Sekunde, somit erhält man alle 3 m einen magnetischen Meßwert.

Trotz aller oben angeführten Einschränkungen sind aerogeophysikalische Meßverfahren bei vielen geowissenschaftliche Untersuchungen gut geeignet, entsprechende Grundlagen zu

erstellen, da häufig nicht nur der direkte Hinweis auf interessante Zonen von Bedeutung sein kann, sondern auch der indirekte. Die indirekte Beurteilung von geophysikalischen Daten im Hinblick auf Geologie, Strukturen, Tektonik etc., wird in Zukunft stark an Bedeutung gewinnen.

Elektromagnetik: Bei der elektromagnetischen Meßmethode werden auf induktivem Weg Wirbelstromsysteme im vermessenen Untergrund erzeugt. Diese sind eine Funktion der Verteilung der elektrischen Leitfähigkeit. Man kann daher umgekehrt aus den, den Wirbelströmen entsprechenden, magnetischen Sekundärfeldern und über bestimmte Modellannahmen auf die elektrischen Verhältnisse im Meßgebiet schließen.

Gammastrahlenspektrometrie: Natürlich radioaktive Isotope, die in höheren geochemischen Gehalten auftreten können, sind für die Elemente Kalium, Uran und Thorium bekannt. Mit entsprechenden Meßmethoden kann nun auf die Verteilung dieser drei Elemente im Untersuchungsgebiet geschlossen werden.

Magnetik: Dem globalen Erdfeld sind lokale Anomalien überlagert, die die Information über den geologischen Aufbau des Meßgebietes beinhalten, wobei sich die Magnetisierbarkeitskontraste der unterschiedlichen Gesteine bzw. Minerale bemerkbar macht.

3. Planung und Durchführung der Vermessung

3.1. Meßausrüstung

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

Die Meßausrüstung hat folgende Komponenten:

- Ein elektromagnetisches Mehrfachspulensystem vom Typ GEOTECH „Hummingbird“. Das System induziert elektrische Ströme in den Untergrund, deren Magnetfeld (= sekundäres Feld) gemessen wird. Die vier Sender arbeiten mit vier unterschiedlichen Frequenzen, (400 Hz vertikal koplanar, 3200 Hz horizontal koaxial, 7200 Hz vertikal koplanar, 28800 Hz horizontal koaxial). Das sekundäre Magnetfeld wird mit vier Empfangsspulen aufgenommen, die die gleiche Lage wie die Sendespulen haben ("maximale Kopplung") und rund 4.5 m von diesen entfernt sind. Sender und Empfänger sind in einer etwa 5.4 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 80 Meßdaten pro Sekunde für das Elektromagnetiksystem an.
- Ein Gammastrahlenspektrometer (Scintrex PGAM-1000) mit zwei nach unten gerichteten Natrium-Jodid Kristallpaketen mit einem Gesamtvolumen von 33,6 l und einem nach oben gerichteten Kristall (Volumen 4,2 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 (^{40}K ; 1,36 - 1,56 MeV), Uran (^{214}Bi ; 1,67 - 1,87 MeV) und Thorium (^{208}Tl ; 2,42 - 2,83 MeV). Die Integrationszeit beträgt 1 Sekunde.
- Ein Absorptionszellen-Magnetometer vom Typ Scintrex CS-2. Es mißt die Totalintensität des erdmagnetischen Feldes mit einer relativen Empfindlichkeit von 0.003 nT. Die Meßrate beträgt 10 Meßwerte pro Sekunde. Der Sensor ist in der elektromagnetischen Meßsonde eingebaut.
- Infrarot und Bodenfeuchte: Die Bestimmung der Bodenfeuchte in Prozent-Wassergehalt des Erdbodens wird mit einer passiven L-Band-Antenne durchgeführt. Diese mißt die vom Untergrund bei 1.4 GHz reflektierte Strahlung. Die Intensität dieser Strahlung ist stark vom Bodenwassergehalt abhängig. Um den Wassergehalt berechnen zu können, muß man

außerdem die Oberflächentemperatur des Erdbodens kennen. Diese wird mit einem Infrarotsensor im Frequenzbereich 8-14 μm bestimmt.

- Zur Messung der Flughöhe über Grund dient ein Radarhöhenmesser Sperry AA-220 und ein Laserhöhenmesser Riegl LD 90-3.
- Der Flugweg wird auf einer Breite von $\pm 100\text{m}$ durch eine Infrarot - Videokamera Inframetrics (Spektralbereich 3,4 – 5 μm) aufgezeichnet.
- Eine GPS-Navigationsanlage (System Trimble 2000) 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.
- 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.

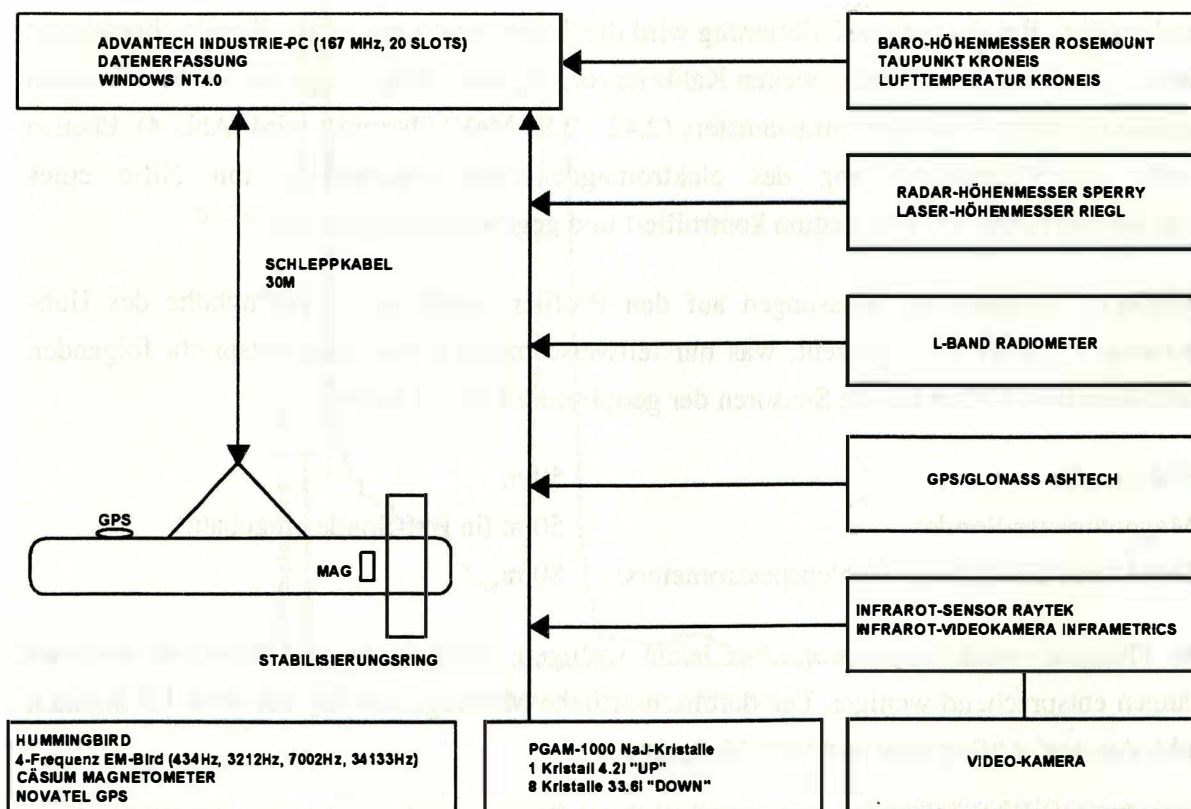


Abb. 2 Datenfluß des Hubschrauber-Meßsystems

3.2. Fluglinien

Flugrichtung: Folgende Richtung wurde für die Fluglinien gewählt:

65° - 245°

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 100 bzw 200 m.

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

3.3. 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 Kalibrierung des Gammastrahlenspektrometers sowohl mit einer Cäsium- (^{137}Cs) als auch mit einer Thoriumquelle (^{208}Tl) durchgeführt. Bei der ersten Kalibrierung wird die Trennung der einzelnen Kanäle abgestimmt (siehe Abb. 3), während beim zweiten Kalibriervorgang 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 nur teilweise möglich war. Das entspricht folgenden Meßhöhen über Grund für die Sensoren der geophysikalischen Geräte:

- EM-Sonde: 50 m
- Magnetometer-Sonde: 50 m (in EM-Sonde eingebaut)
- 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 Wendungen 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.

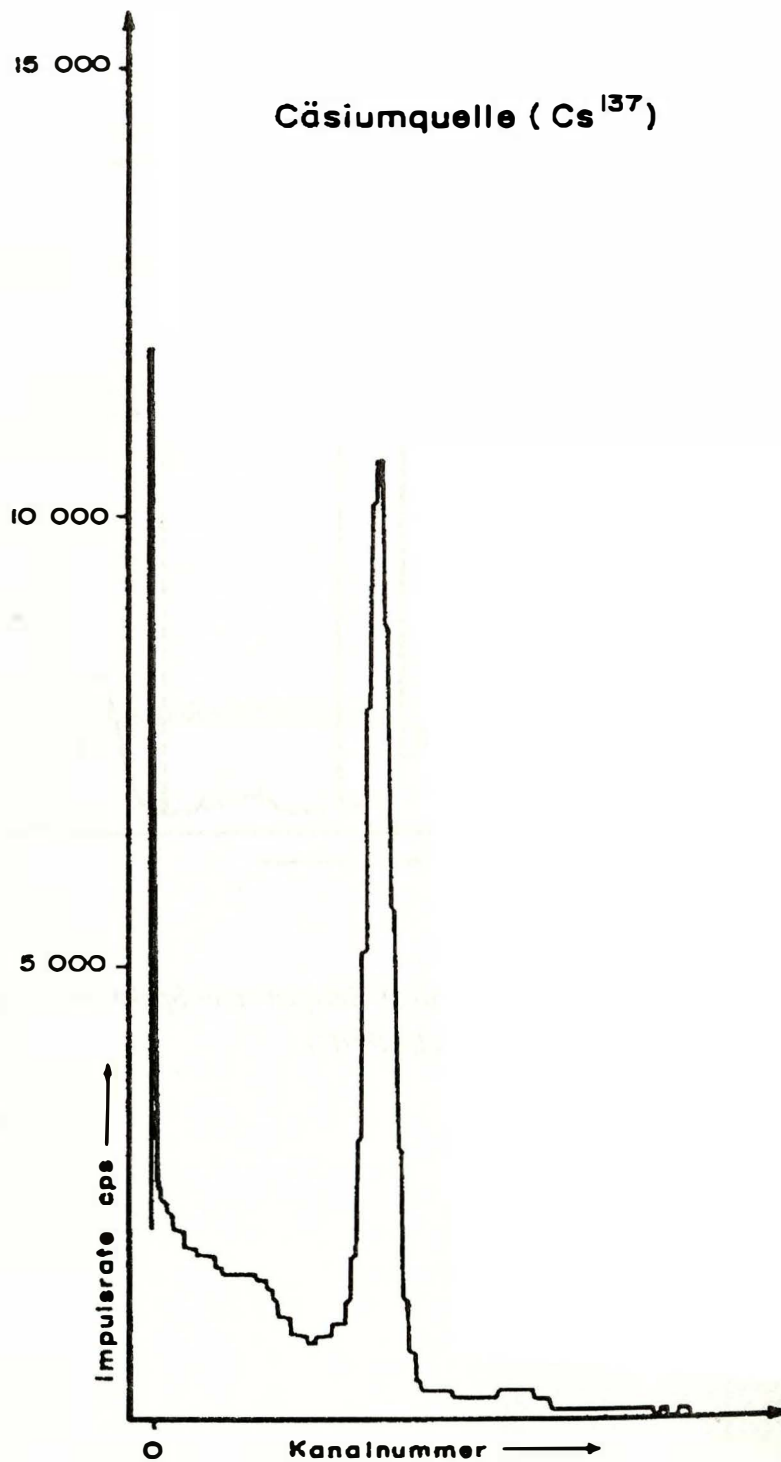


Abb. 3: Gammastrahlenspektrometer (Kristall I), Beispiel einer Spektralregistrierung - Cäsiumquelle (¹³⁷Cs)

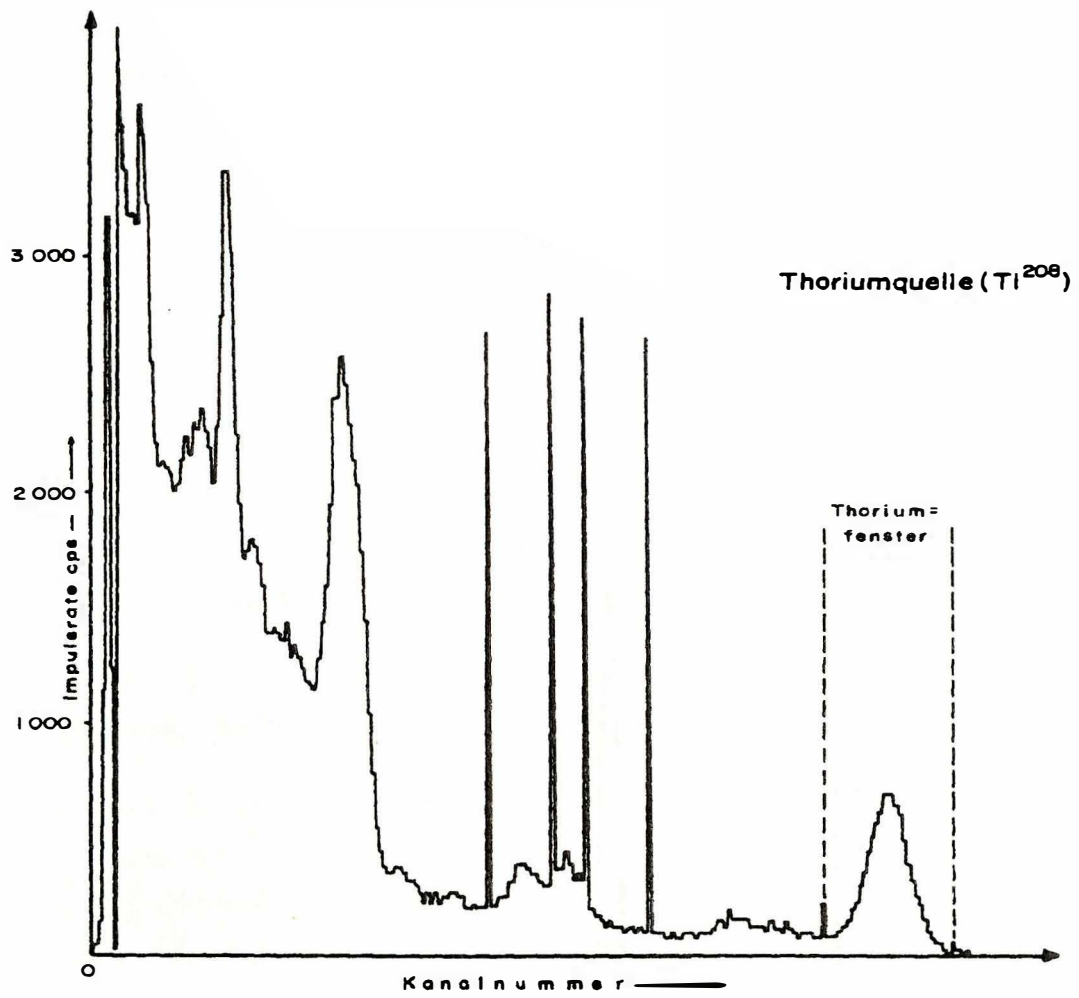


Abb. 4: Gammastrahlenspektrometer (Kristall I), Beispiel einer Spektralregistrierung - Thoriumquelle (^{208}Tl)

3.4. Personal

An der Durchführung der aerogeophysikalischen Arbeiten im Meßgebiet Eisenerz waren folgende Personen beteiligt:

Geologische Bundesanstalt / Universität Wien:

Univ. Prof. Dr. Wolfgang Seiberl

Geologische Bundesanstalt:

Martin Heidovitsch

Klaus Motschka

Birgit Jochum

Robert Supper

Gernot Oberlercher

Bundesministerium für Landesverteidigung:

Peter Lang

Werner Nehring

Christian Strobl

Wolfgang Leeb

Rainer Wehrle

Herbert Strümpf

Peter Waldbauer

Rudolf Beschliesser

Michael Doppler

4. Datenverarbeitung und Kartenherstellung

4.1. Aufgabe der ADV

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

Die Datenverarbeitung hat im wesentlichen drei Aufgaben:

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

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

- die geophysikalischen Meßdaten (mit Meßwertnummer) und die Flughöhe auf Datenträger,
- die Koordinaten der Meßpunkte entlang der verschiedenen Flugprofile auf Datenträger,
- die Registrierdaten der geomagnetischen Basisstation bei Kammern,
- eine Reihe von Gerätekonstanten und Kalibriergrößen, die z.T. für jeden Meßflug neu bestimmt werden müssen,
- Flugberichte mit Angaben über Flugnummer, Fluglinien und Abweichungen von der Norm (z.B. Unterbrechung von Fluglinien, besondere Störungen),
- topographische Unterlagen für die Ergebniskarten.

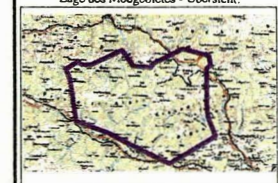
Die nachfolgende Beschreibung der wesentlichen Schritte bei der Verarbeitung der Daten hat zum Ziel, die physikalische Aussagekraft der in den Ergebniskarten dargestellten Parameter aufzuzeigen.

MEßGEBIET:
EISENERZ

Abb. 5
Meßparameter
LAGE der
FLGPROFILE



0 500 1000 1500 2000 m
Lage des Meßgebietes - Übersicht:



Koordinatensystem: Bundesmeldenetz



Projektleitung: W. Seiberl
Datenaufnahme: Motachka, Heidevičšich
Datenprocessing: Oberacher, Supper, Joebum
Floten: Doppler, Lang, Leeb,
Nehring, Strobl, Wehrle
Techniker: Beschlämer,
Strümpf, Waldbauer

Datenaufnahme: 8-9. 1999; 6-7. 2000
Fertigstellung: 1. 2002



4.2. Datenkontrolle

Im Anschluß an die Meßflüge wurden die digital vorliegenden Meßdaten mit Hilfe eines Farbdruckers 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.

4.3. Flugwegdaten

Die Lage sämtlicher Profile (Abb. 5) wurde mit Hilfe der aufgezeichneten Flugwegkoordinaten rekonstruiert und bei Bedarf kann diese über die Videoaufzeichnungen überprüft werden. Bei der kartenmäßigen Flugwegdarstellung wird das Bundesmeldenetz benutzt.

4.4. Elektromagnetische Widerstandskartierung

Mit dem GEOTECH - System werden

Inphase (Real) Komponente R

und

Quadrature (Imaginär) Komponente Q

des Magnetfeldes der im Untergrund induzierten Ströme für die vier Sendefrequenzen gemessen. Jeweils nach 3 - 4 m Wegstrecke (d.h. alle 0,1 Sekunden) werden die Daten abgefragt und auf einem Massenspeicher registriert. EM-Daten können Störsignale, sogenannte "sferics", aufgrund luftelektrischen Entladungen, insbesondere bei Gewittern enthalten.

Stark gestörte und damit für die geophysikalische Auswertung unbrauchbare Intervalle der Registrierungen werden ausgeschieden und bei der weiteren Datenverarbeitung nicht mehr berücksichtigt.

EM-Anomalien von künstlichen Leitern, wie z.B. Blechdächern, werden 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 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 Kalibrierprogramm,
 - Umrechnung der Meßsignale auf das Nullniveau,
 - Inversion der Werte R und Q in

zwei Ergebnisparameter des homogenen Halbraummodells, nämlich

- den scheinbaren spezifischen Widerstand ρ_a
- die scheinbare Tiefe d_a (eines äquivalenten Halbraumes, bezogen auf die Erdoberfläche).

oder in

drei Ergebnisparameter des Zweischichtmodells, nämlich

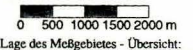
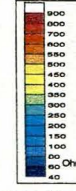
- Widerstand der 1.Schichte
- Widerstand der 2.Schichte, und
- Mächtigkeit der 1. Schichte.

Zur Inversion der EM-Daten werden auf Modellrechnungen beruhenden Datenbanken benutzt, wobei auch die Sondenhöhe über GOK berücksichtigt wird. Bei kleinen Signalamplituden war eine deutliche, zum Teil nichtlineare Drift des Nullniveaus in den EM-Kanälen zu erkennen. Diese Drift wird vermutlich durch Temperatureffekte der Flugsonde verursacht, bedingt durch die Höhenunterschiede längs der Fluglinien. Deshalb waren die beiden Stützstellen zur Bestimmung des Nullniveaus bei Profilanfang und Profilende nicht immer ausreichend, und es mußten entsprechende Zwischenpunkte gesetzt werden.

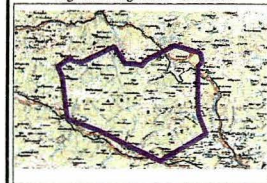
In der Folge wurden die jeweils berechneten Ergebnisparameter mit Hilfe eines Druckers in Form von Farbrasterkarten (Abb. 6: Widerstand berechnet von 7200Hz) zur Darstellung gebracht.

MEßGEBIET:
EISENERZ

Abb. 6
Meßparameter
ELEKTROMAGNETIK
WIDERSTAND(7200Hz out)



Lage des Meßgebietes - Übersicht:

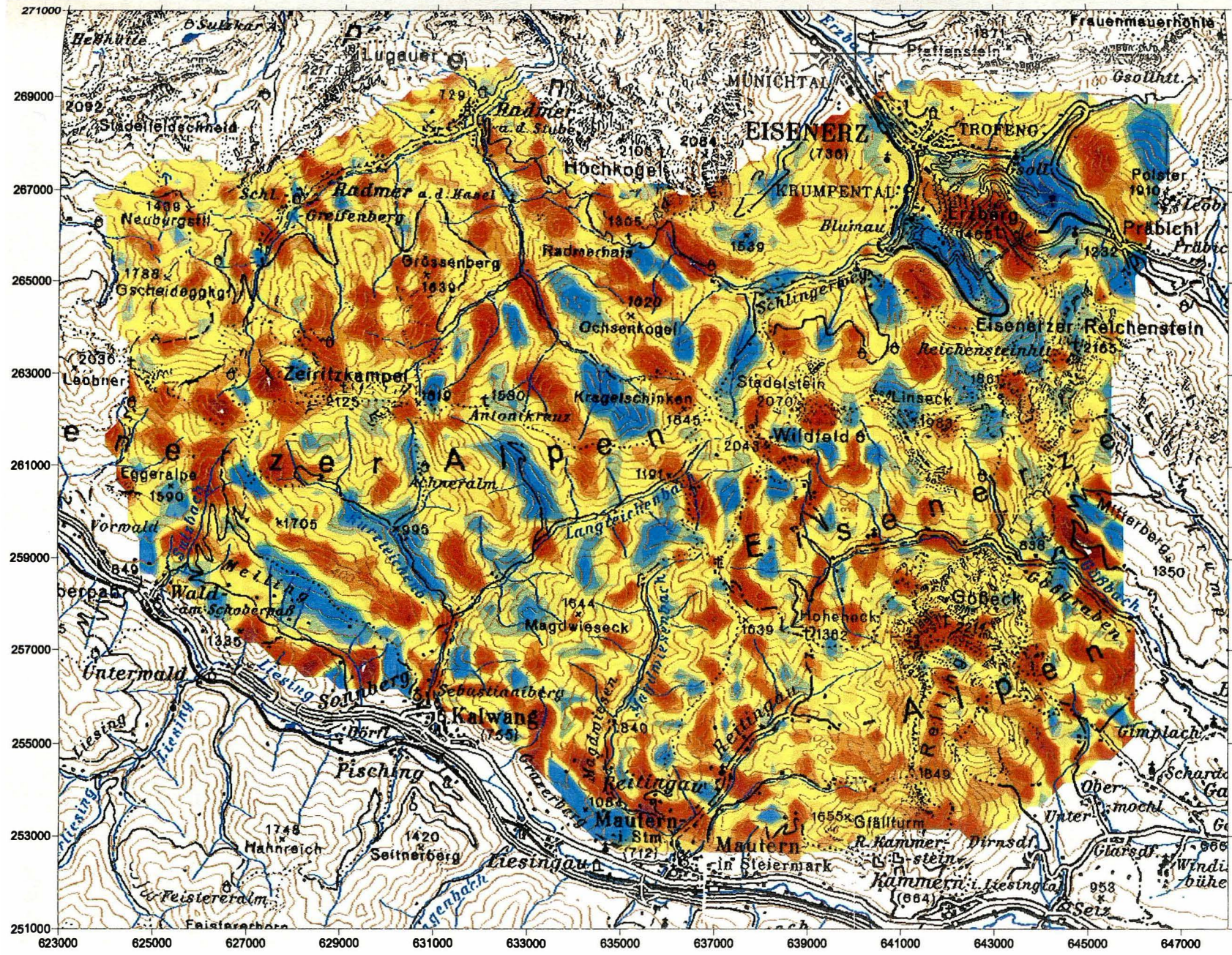


Koordinatensystem: Bundesmeldenetz



Projektleitung: W. Seiberl
 Datenaufnahme: Mutschka, Heldovich
 Datenprocessing: Oberlacher, Supper, Jochum
 Piloten: Doppler, Lang, Leeb,
 Neuring, Sirobi, Wehrle
 Techniker: Beschlosser,
 Strömpf, Waldbauer

Datenaufnahme: 8-9, 1999; 6-7, 2000
 Fertigstellung: 1. 2002



4.5. Isoanomalien der magnetischen Totalintensität (ΔT)

In der Abb. 7 sind die Isoanomalien der Totalintensität 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 Feldanteil (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 im Rahmen des vorliegenden Meßprogrammes eine lokale Basistation bei Kammern verwendet wurde.

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 allen Kreuzungspunkten des Meßgebietes werden unter Anwendung statistischer Verfahren Korrekturwerte ermittelt und die Restfehler damit zum Großteil beseitigt.

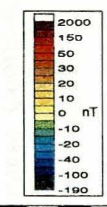
Nach Bestimmung der Werte T_{int} , $T(t)$ und δT kann nach obiger Gleichung der anomale Anteil $\Delta T(x,y,z)$ der Totalintensität für jeden Meßpunkt $P(x,y,z)$ berechnet werden. Die Anomalien der Totalintensität werden in Form von Farbrasterkarten flächenhaft dargestellt.

Abb. 8 zeigt eine Karte des anomalen Anteils $\Delta T(x,y,z)$ der Totalintensität für das gesamte österreichische Bundesgebiet (Seiberl, 1991). Dieses Meßprogramm wurde mit einem Flächenflugzeug durchgeführt, wobei ein Profilabstand von 2 bzw 2,2 km gewählt wurde.

Bei der Bearbeitung von magnetischen Anomalien, die in geographisch schwierigem Gelände gemessen wurden, muß der Einfluß der Geländeform bedacht werden. So machen sich z.B. unterschiedliche Hangneigungen, Bergkämme usw. erheblich im Anomalienmuster bemerkbar.

MEßGEBIET:
EISENERZ

Abb. 7
 Meßparameter
MAGNETIK



0 500 1000 1500 2000 m

Lage des Meßgebietes - Übersicht:

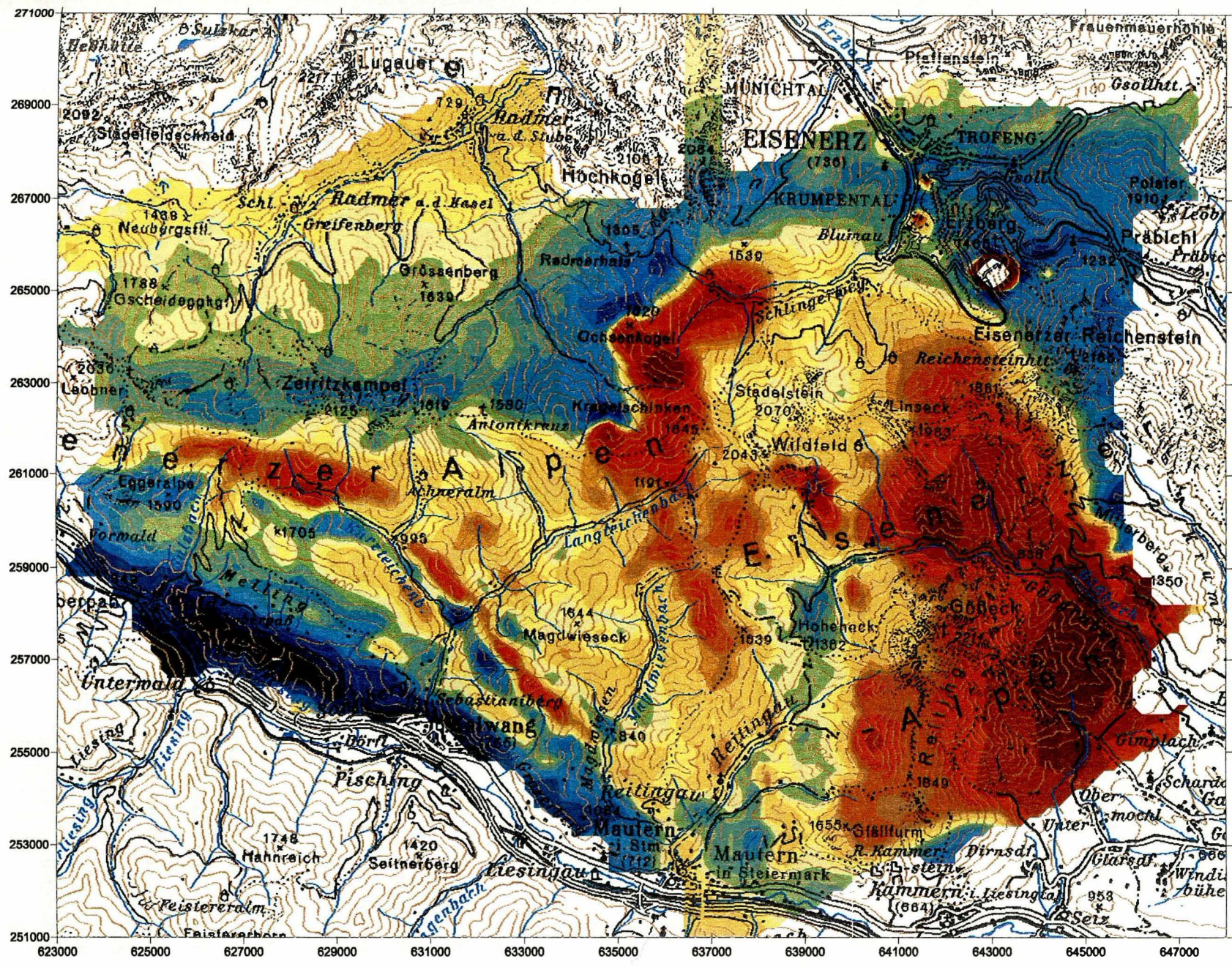


Koordinatensystem: Bundesmeldenetz



Projektleitung: W. Seberl
 Datenaufnahme: Mutschka, Heidovitsch
 Datenprocessing: Oberiercher, Supper, Jochum
 Piloten: Doppler, Lang, Leeb,
 Nehrung, Strobl, Wehrle
 Techniker: Beschlossner,
 Strumpf, Waldbauer

Datenaufnahme: 8-9, 1999; 6-7, 2000
 Fertigstellung: 1, 2002



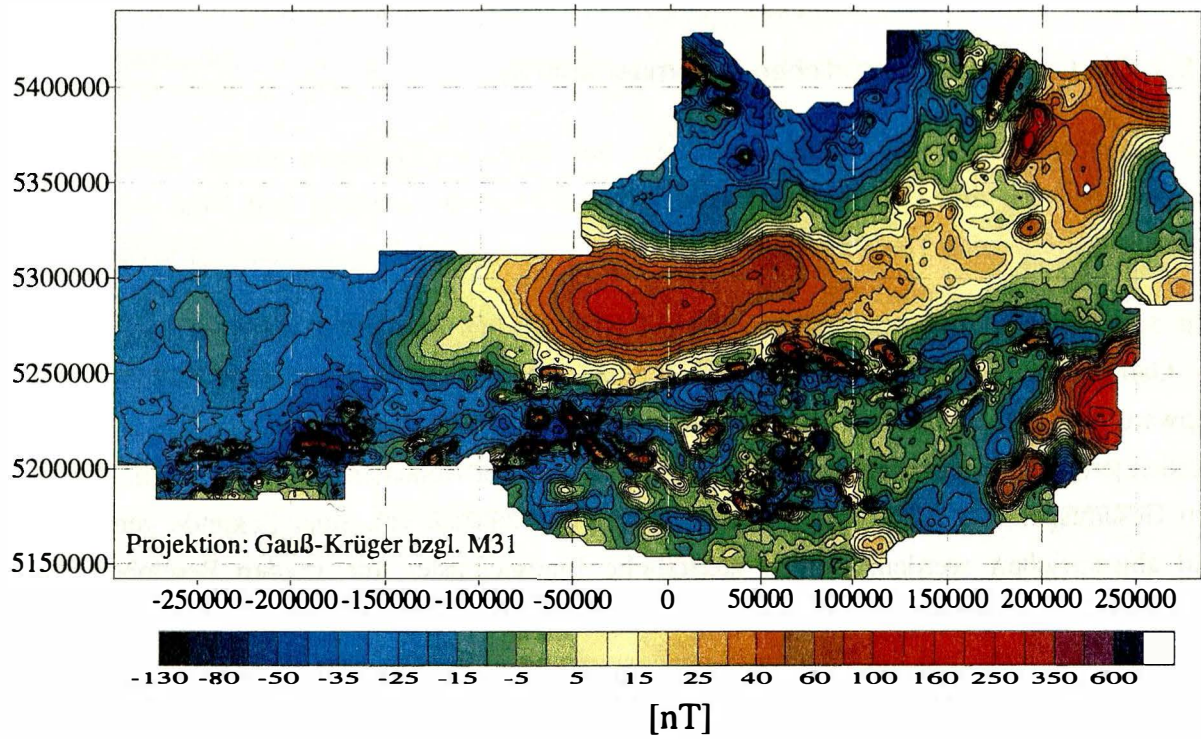


Abb. 8: Die aeromagnetische Karte der Republik Österreich

4.6. Radiometrische Kartierung

4.6.1. 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 PGAM-1000 wird in jeweils 256 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.

4.6.2. 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 $\sigma/N = 1/\sqrt{N}$ kleiner als bei kleinen Zählraten.

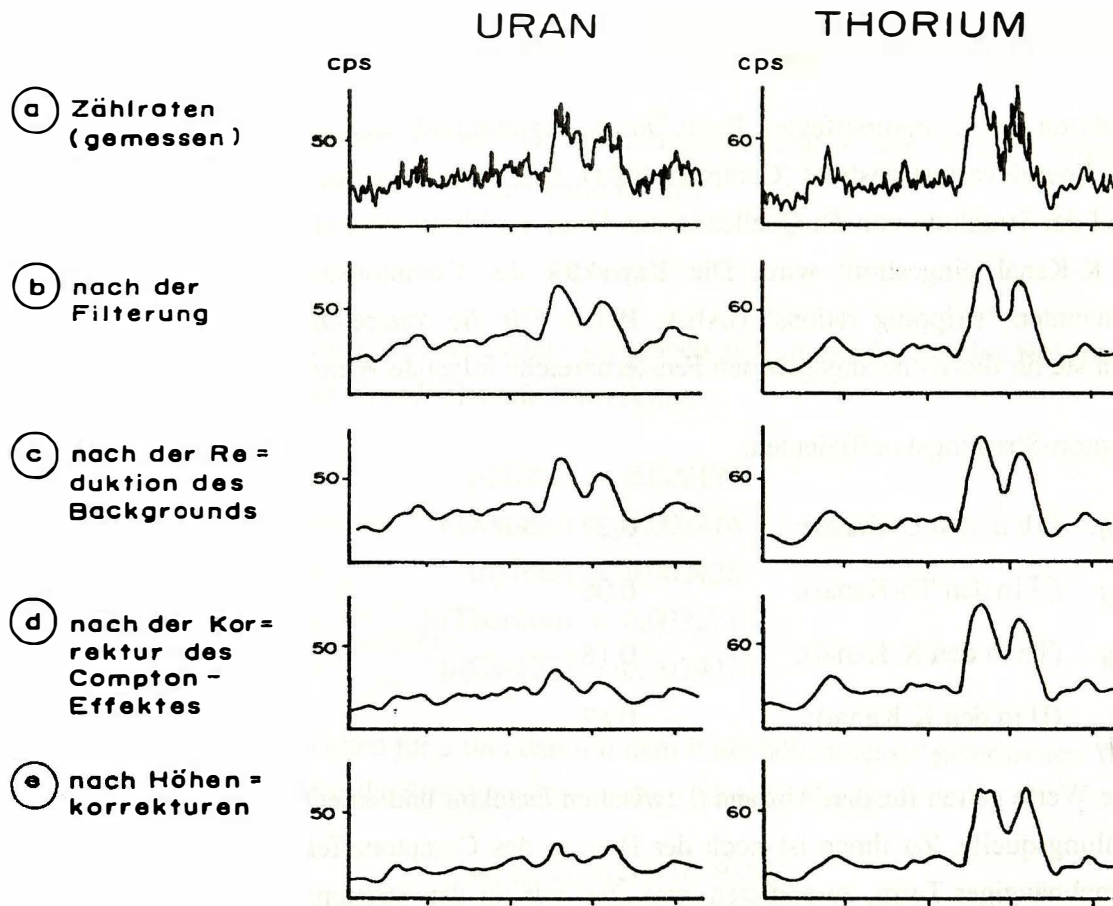


Abb. 9a - e: Darstellung der Korrekturschritte in der Gammastrahlenspektrometrie

Bei der Messung während des Fluges erhält man z.B. die in Abb. 9a gezeigten Zählraten in cps (counts per second) - 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. 9b. Das Ziel der nun folgenden Korrekturschritte, die in Abb. 9 dargestellt sind, ist die geglätteten Meßdaten noch von unerwünschten Anteilen zu befreien:

- Reduktion der kosmischen Strahlung: Die durch die kosmische Strahlung in den niederenergetischen Energiebereichen eingestreuten Anteile werden mit Hilfe der im Kanal 256 aufgezeichneten Zählraten korrigiert.
- Reduktion des "Backgrounds": Die von nicht-geologischen Quellen stammenden Strahlungsanteile, nämlich die Strahlung der die Detektor-Kristalle umgebenden Materie

wird abgezogen (Abb. 9c). 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 (Comptoneffekt). Dies hat zur Folge, daß z.B. ein bestimmter Anteil der Strahlung von Th-Quellen in den Uran- und Kaliumkanal sowie von U-Quellen in den K-Kanal eingestreut wird. Die Korrektur der Comptonstreuung erfolgt über die sogenannten "stripping ratios" (IAEA, 1979). Für die österreichische Meßkonfiguration haben sie für die vorne angegebenen Fensterbereiche folgende Werte:

Compton-Streukoeffizienten:

S_{UTh}	(Th in den U-Kanal):	0,27
S_{ThU}	(U in den Th-Kanal):	0,06
S_{KTh}	(Th in den K-Kanal):	0,18
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

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

geschieht.

Wie Abb. 9d 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.

- Radonkorrektur: Mit dem sogenannten "upward looking" Kristall - er wird durch den darunterliegenden "downward looking" Kristall weitgehend von der Strahlung des Untergrundes abgeschirmt - können die vom atmosphärischen Radon herrührenden Strahlungsanteile erfaßt werden. Eine entsprechende Radonkorrektur entfällt meist, weil i.A. die Zählraten im "upward looking" Kristall nicht signifikant sind.
- 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 ²²²Radon

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:

$$\begin{aligned} \mu(\text{Total}) &= 0,002179 \\ \mu(\text{Kalium}) &= 0,002814 \\ \mu(\text{Uran}) &= 0,002426 \\ \mu(\text{Thorium}) &= 0,002271 \\ \mu(\text{Cs-137}) &= 0,002907 \end{aligned}$$

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. 9e zeigt die Wirkung dieser Höhenkorrektur.

- Topographische Korrektur: Wie in Abb. 11 zu entnehmen ist, liegen im Meßgebiet sehr schwierige topographische Verhältnisse vor. Daher wurden alle radiometrischen Parameter einer topographischen Korrektur unterzogen.

- 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 ...	47 cps	= 1 %
Uran ...	6,4 cps	= 1 ppm eU
Thorium ...	3,7 cps	= 1 ppm eTh

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 Abb. 10 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 werden bei den aeroradiometrischen Messungen nur die Zählraten in den Kanälen bis ca. 1,0 MeV durch die Folgen des Reaktorunfalls von Tschernobyl beeinträchtigt.

Da das an der GBA in Verwendung stehende Aeroradiometer die Energie der Gammastrahlung im Bereich zwischen 0,2 und 3,0 MeV in 256 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 Kontaminationen (z.B. Reaktorunfall von Tschernobyl)

festgestellt werden.

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

$$DL [nSv/h] = 10 \cdot (1,52 \times K[\%] + 0,63 \cdot U[ppm] + 0,21 \times Th[ppm]),$$

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. In der Abb. 12 ist die Verteilung der Dosisleistung in den Untersuchungsgebieten dargestellt.

Von den, bei Kernspaltungsprozessen (siehe Abb. 10) 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.

AIRBORNE GAMMA-RAY SPECTRUM / 256 CHANNELS

AIGEN - ENNSTAL

28.7.1987

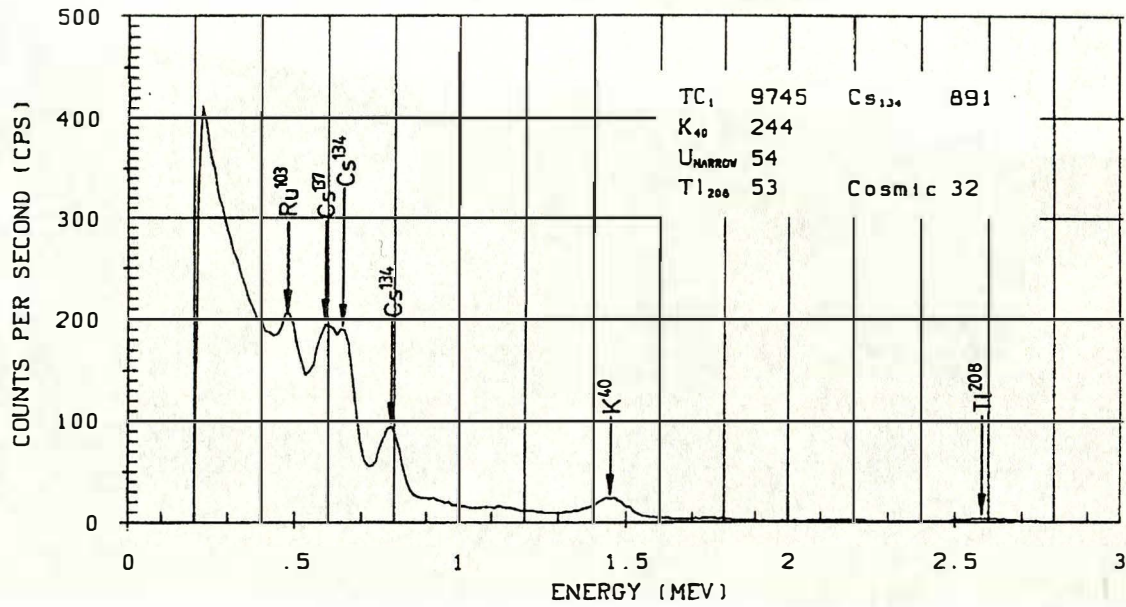
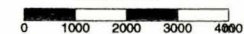
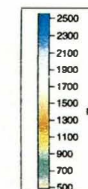


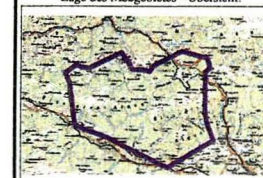
Abb. 10: Beispiel eines Gammastrahlenspektrums (MeV) im Bereich des Flugfeldes Aigen im Ennstal

MEßGEBIET:
EISENERZ

Abb. 11
Meßparameter
TOPOGRAPHIE



Lage des Meßgebietes - Übersicht:

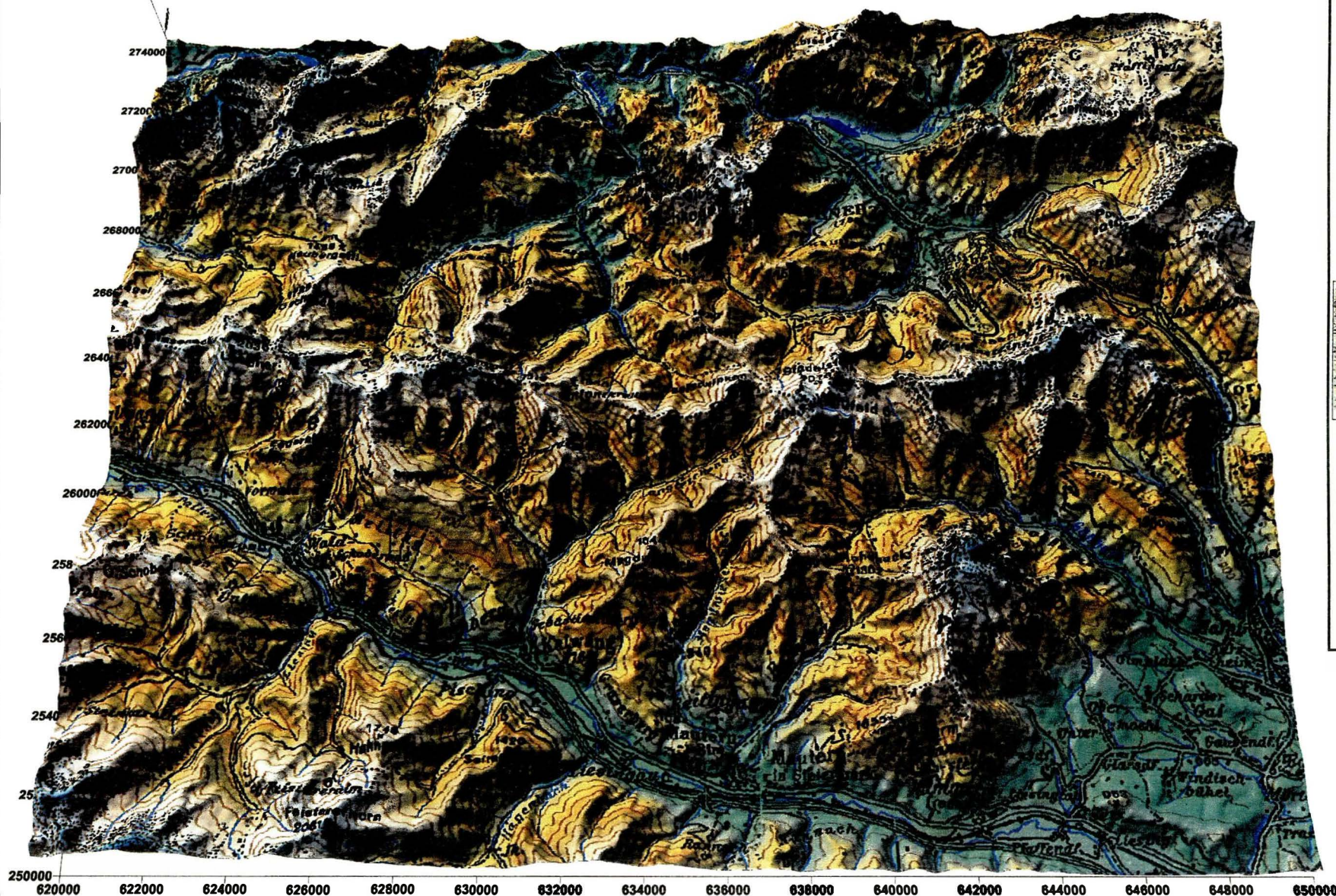


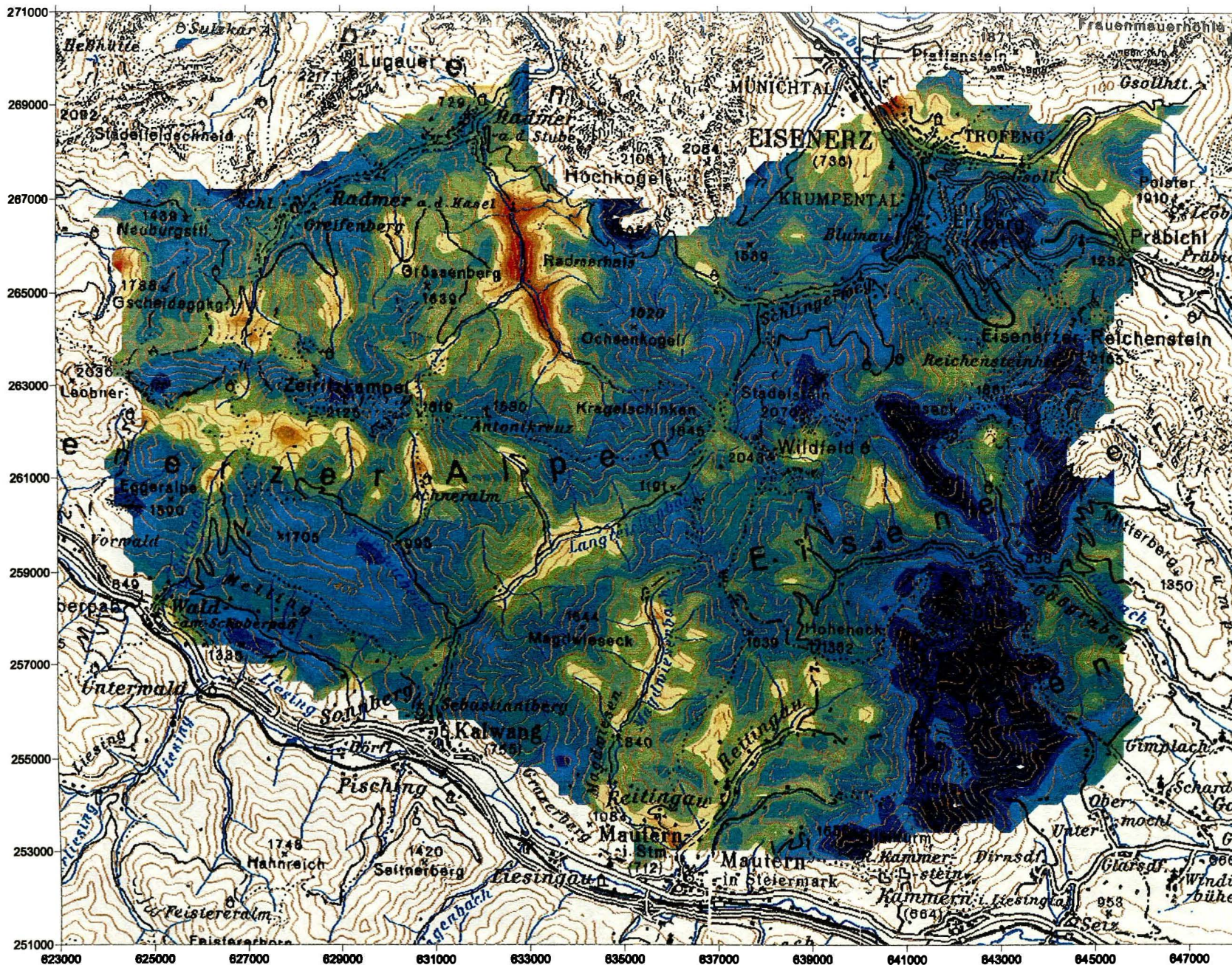
Koordinatensystem: Bundesmeldenetz



Projektleitung: W. Seibert
Datenaufnahme: Mutschka, Hiedovitch
Datenprozessing: Oberlechner, Supper, Jochum
Piloten: Doppler, Lang, Leeb,
Nehring, Strobl, Wehrle
Techniker: Beschliesser,
Strümpf, Weidbauer

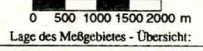
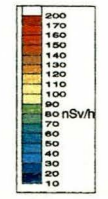
Datenaufnahme: 8-9, 1999; 6-7, 2000
Fertigmeldung: 1. 2002





MEßGEBIET:
EISENERZ

Abb. 12
Meßparameter
DOSISLEISTUNG



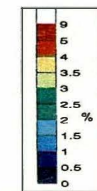
Koordinatensystem: Bundesmeldenetz



Projektleitung: W. Seberl
 Datenaufnahme: Mutschl, Heidevitsch
 Datenbearbeitung: Oberleitner, Supper, Jochum
 Piloten: Doppler, Lang, Leeb,
 Neuring, Strobl, Wehrle
 Techniker: Buschlesser,
 Strümpf, Waldbauer
 Datenaufnahme: 8-9, 1999; 6-7, 2000
 Fertigstellung: 1, 2002

MEßGEBIET:
EISENERZ

Abb. 13
Meßparameter
KALIUM



0 500 1000 1500 2000 m

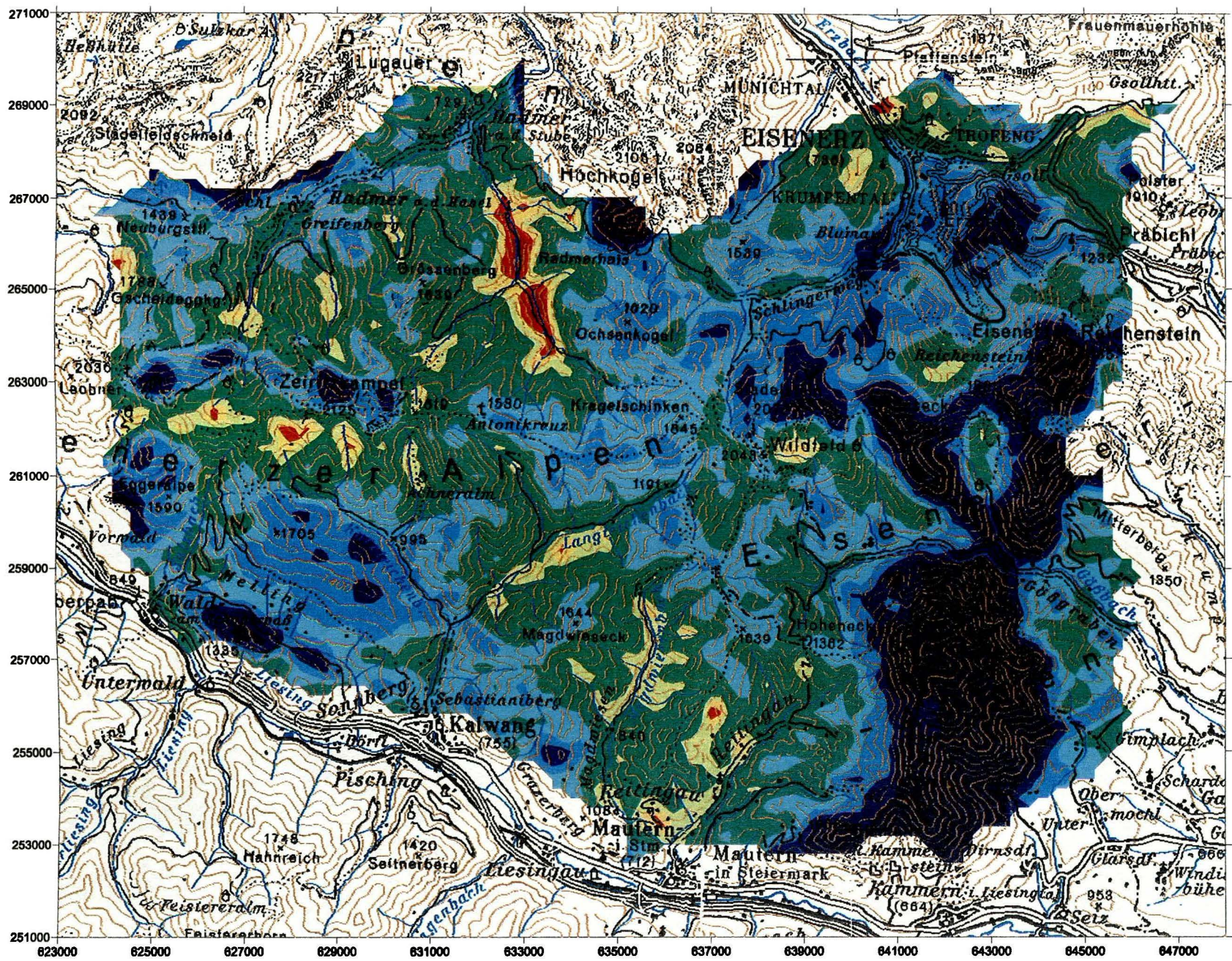
Lage des Meßgebietes - Übersicht:



Koordinatensystem: Bundesnetz

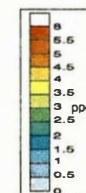


Projektleitung: W. Seibel
 Datenaufnahme: Molschka, Heidovitsch
 Datenprocessing: Oberacher, Sappet, Jochum
 Fotografen: Doppler, Lang, Leeb,
 Nehrung, Strobl, Wehrle
 Techniker: Beschlossner,
 Strömpf, Waldbauer
 Datenaufnahme: 6-9, 1999; 6-7, 2000
 Fertigstellung: 1. 2002



MEßGEBIET:
EISENERZ

Abb. 14
Meßparameter
URAN



0 500 1000 1500 2000 m

Lage des Meßgebietes - Übersicht:

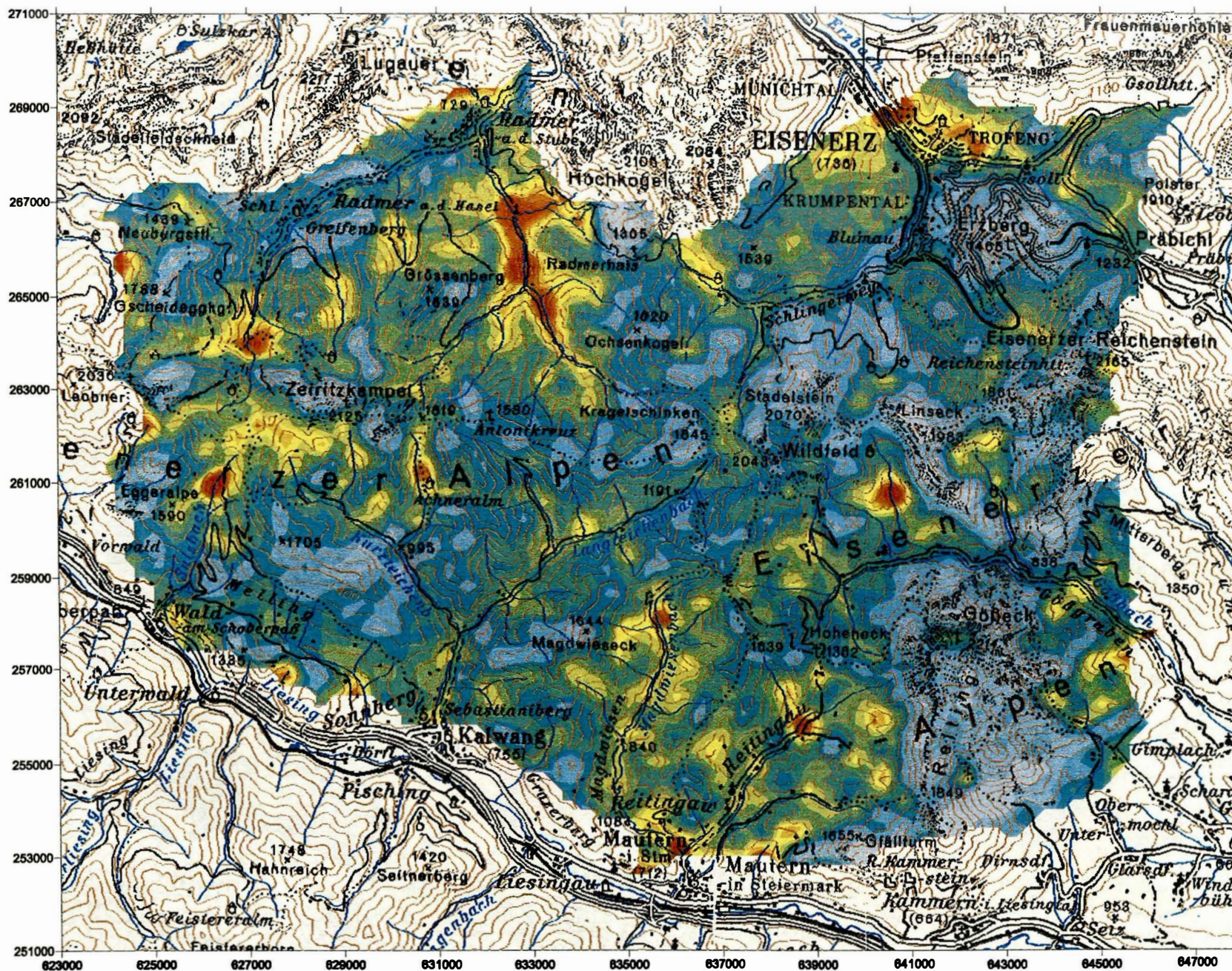
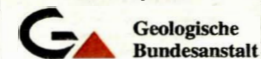


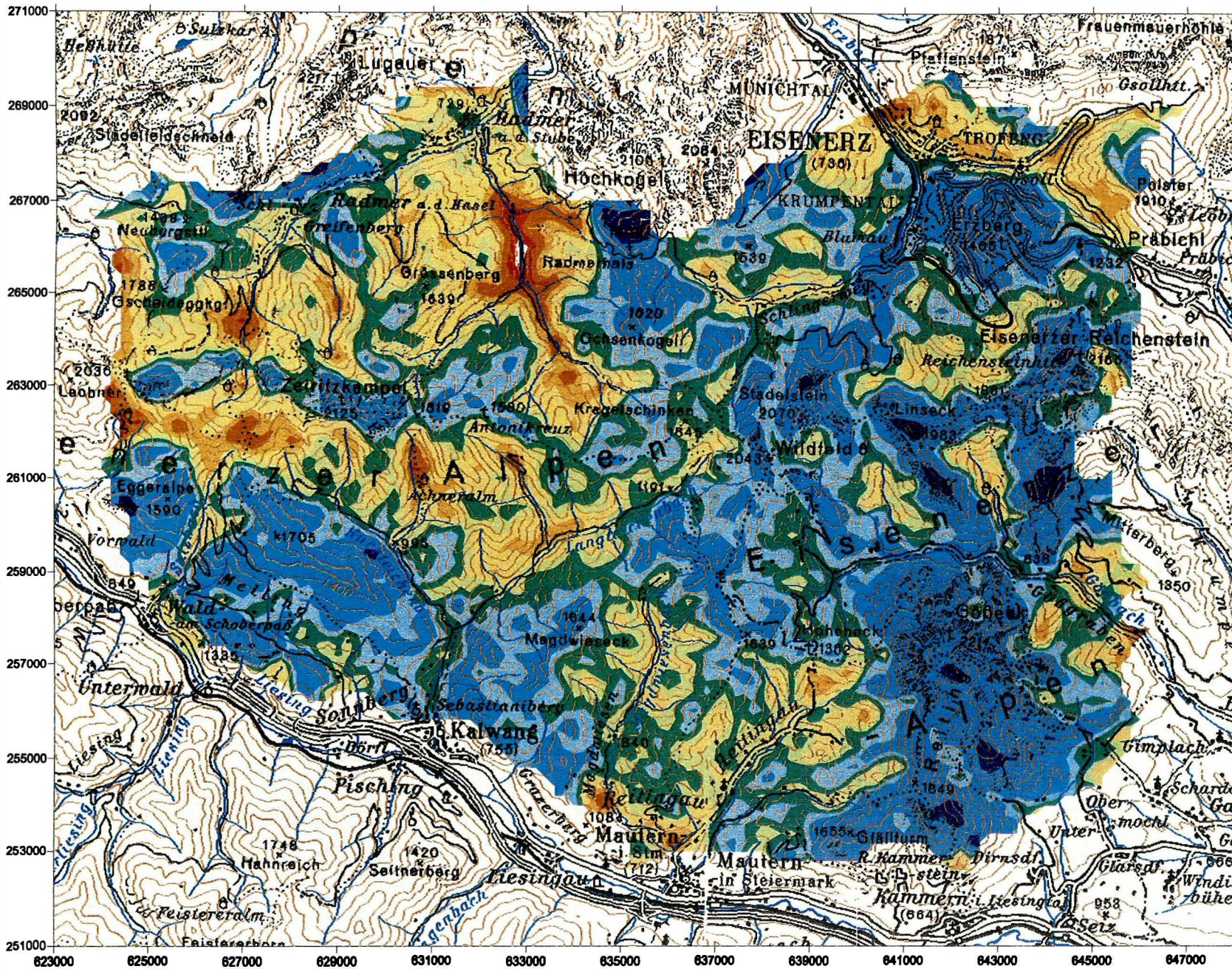
Koordinatensystem: Bundesmildnetz



Projektleitung: W. Seberl
Datenaufnahme: Molschka, Heidevitsch
Datenverarbeitung: Oberbacher, Supper, Jochum
Photos: Doppler, Lang, Leeb,
Nehring, Strobl, Wehrle
Techniker: Beschlammer,
Strümpf, Waldbauer

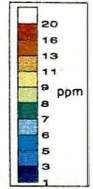
Datenaufnahme: 8-9. 1999; 6-7. 2000
Fertigstellung: 1. 2002



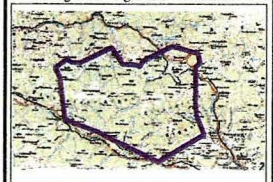


MEßGEBIET:
EISENERZ

Abb. 15
 Meßparameter
THORIUM



0 500 1000 1500 2000 m
 Lage des Meßgebietes - Übersicht:



Koordinatensystem: Bundesmeldenetz



Projektleitung: W. Seiberl
 Datenaufnahme: Mutschka, Heidovitsch
 Datenprocessing: Oberleitner, Supper, Jochum
 Piloten: Doppler, Lang, Leeb,
 Nehring, Strobl, Wehrle
 Techniker: Beschlieser,
 Strimpf, Waldbauer

Datenaufnahme: 8-9, 1999; 6-7, 2000
 Fertigstellung: 1, 2002

4.6.3. Herstellung der Farbrasterkarten

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 Farbrasterdarstellung beeinträchtigen würde. Um dies zu vermeiden, wurden teilweise entsprechende Korrekturen vorgenommen.

Ähnlich wie bei der Darstellung der elektromagnetischen Daten wurden in der Folge die korrigierten Energiesummenwerte für das K-, U- und Th-Fenster durch Farbrasterkarten flächenhaft zur Darstellung gebracht (Abb. 13 bis Abb. 15).

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) (s.o.: topographische Korrektur).

5. Geologie des Meßgebietes und erste Ergebnissdiskussion

5.1 Geologische Situation

Das Messgebiet betrifft die Eisenerzer Alpen – einen Abschnitt der Östlichen Grauwackenzone. SCHÖNLAUB 1982 gliedert diesen Teil der Grauwackenzone in mehrere tektonische Einheiten (s.Abb. 16.):

- eine Nordzone, in der auch der Steirische Erzberg liegt
- eine südlich daran anschließende, komplex gebaute Schuppenzone
- die Reifling Decke
- die Wildfeld Decke
- die Zeiritzkampel Decke
- die liegende Veitscher Decke

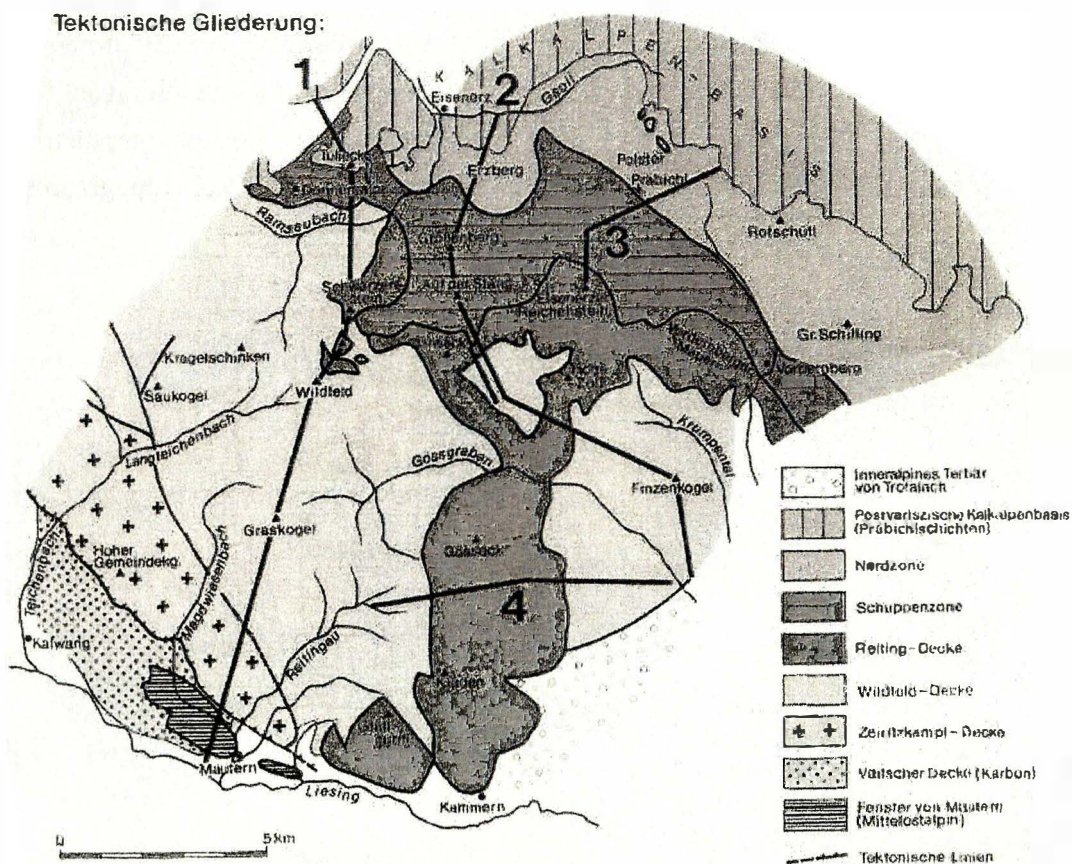


Abb. 16: tektonische Gliederung Grauwackenzone/Eisenerzer Alpen (aus SCHÖNLAUB 1982)

Die einzelnen tektonischen Einheiten können auch lithologisch beschrieben werden, da die tektonischen Einheiten meist durch unterschiedliche Gesteinseigenschaften charakterisiert

werden können. So besteht die Reifling Decke fast ausschließlich aus abgescherten Devon-Karbonaten, die darunterliegende Wildfeld Decke aus silurisch-ordovizischen Schiefen mit schmalen Lagen basischer Vulkanite; Blasseneck-Porphyr und ordovizische Schiefer bauen die Zeiritzkampel Decke auf. Obwohl dies in etwa einer stratigraphischen Abfolge vom Jüngeren zum Älteren entspricht, entwickelten sich in Folge der unterschiedlichen Gesteinseigenschaften bei den alpidischen Überschiebungsvorgängen tektonische Linien zwischen diesen Großeinheiten.

Die tiefste Einheit, die Veitscher Decke, beinhaltet die stratigraphisch jüngsten Anteile der Grauwackenzone – graphitführende Schiefer, Sandsteine und Konglomerate, sowie stellenweise auch mächtigere Karbonatstöcke.

Bei Mautern ist noch ein Fenster der unterliegenden (mittelostalpinen) Einheit aufgeschlossen mit Gesteinen der Rannachserie (Quarzite).

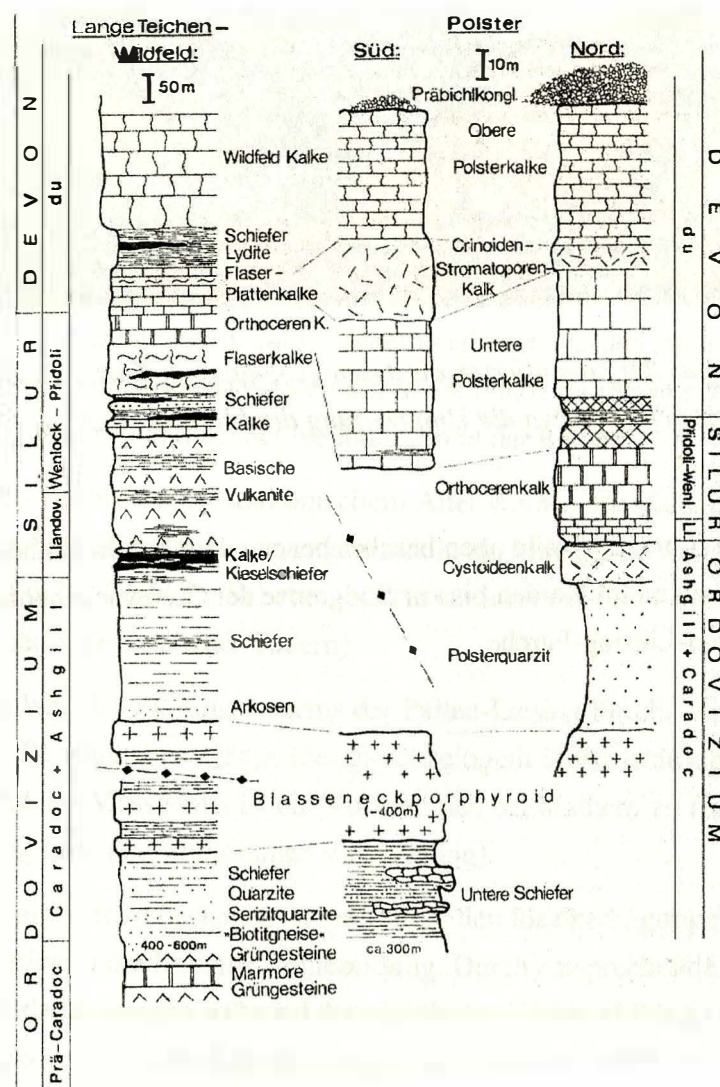


Abb. 17: stratigraphische Entwicklung der Grauwackenzone im Bereich der Eisenerz Alpen (aus SCHÖNLAUB 1982)

Die beiden nördlichsten Einheiten – Nordzone und Schuppenzone – besitzen nur reduzierte Schichtfolgen und teilweise Mehrfachwiederholungen durch interne Verschuppungen.

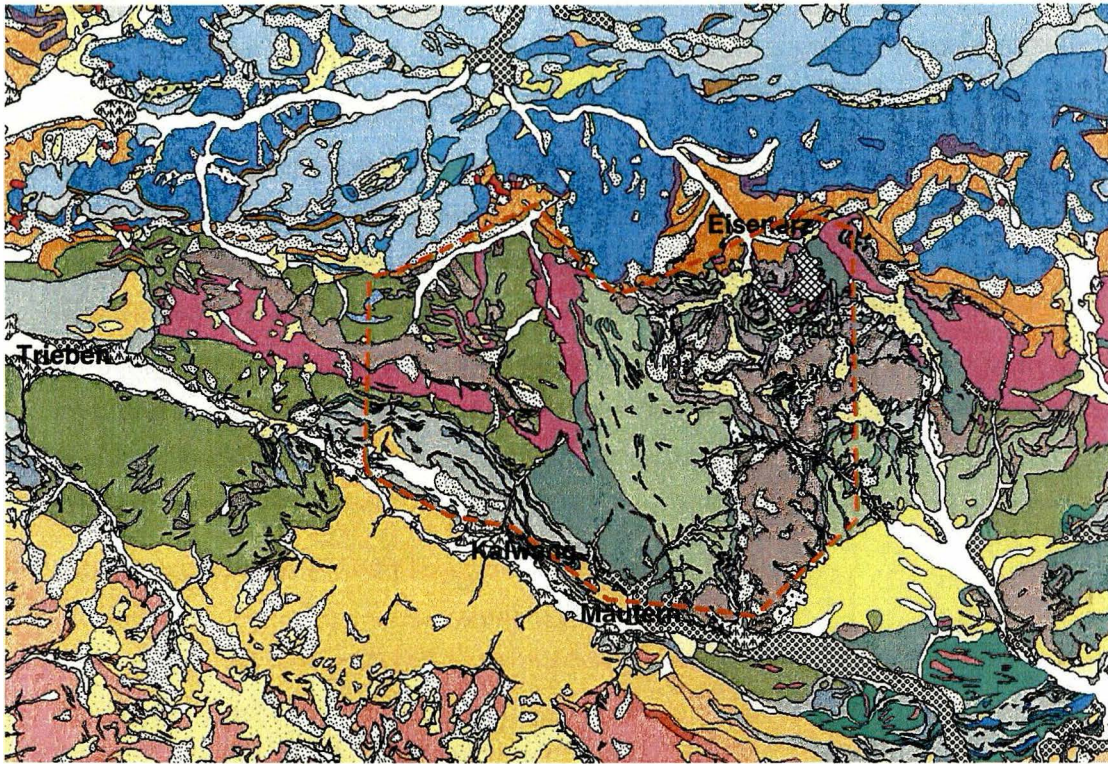


Abb. 18: Ausschnitt aus der kompilierten digitalen geologischen Karte der Steiermark; rot strichliert etwa die Umgrenzung des Messgebietes

Das Messgebiet umfasst praktisch alle oben beschriebenen tektonischen Einheiten. Es reicht von der Basis der Kalkalpen im Norden bis zur Südgrenze der Grauwackenzone in diesem Abschnitt mit der Palten-Liesing-Furche.

5.2 Mineralrohstoffvorkommen im Messgebiet

Wie die gesamte Grauwackenzone ist auch der Abschnitt im gegenständlichen Messgebiet reich an Mineralrohstoffen.

- Eisenerze – An zahlreichen Stellen wurden Devon-Kalke durch Metasomatose in Fe-(Mg-Ca) -Karbonate umgewandelt. Solche Siderit-Ankerit-(Rohwand)-Mineralisationen führten zu mehreren Eisen-Bergbauen. Das größte Vorkommen am Steirischen Erzberg steht noch in Abbau. Die Vererzungen der Radmer an der Stube und der Donnersalpe wurden zwischen dem 1. und 2. Weltkrieg, sowie nach dem 2. Weltkrieg abgebaut und gemeinsam mit dem Erz des Steirischen Erzberges verhüttet. Zahlreiche kleinere Vorkommen sind darüberhinaus im Gebiet bekannt (s. WEBER 1997).
- Sulfidvererzungen – Komplexsulfidmineralisationen mit Kupferkies und/oder Fahlerz als Hauptminerale sind weitverbreitet in diesem Grauwackenzoneabschnitt anzutreffen. An den größten Vererzungen – Radmer an der Hasel („Paradeisstollen“) und in der Teichen Nord Kalwang waren ausgedehnte Bergbaue situiert (das Vererzungsrevier Radmer an der Hasel / Paradeisstollen ist in der Metallogene-tischen Karte nicht eingezeichnet!). Diese Mineralisationen wurden auch bereits in der Bronzezeit genutzt – nachgewiesen durch die Funde von Schmelzplätzen in der Eisenerzer Ramsau und bei der Neuburgalm in der Radmer.
- Magnesit – Karbonate mit karbonischem Alter wurden ebenfalls durch Metasomatose an einigen Stellen in Magnesit umgewandelt. Im Messgebiet finden sich entsprechende Vorkommen bei Wald am Schoberpass (in streichender Fortsetzung findet sich das Vorkommen vom Triebener Tauern).
- Talk – Entlang des Störungssystems der Palten-Liesing-Furche wurden infolge intensiver Bewegungsvorgänge (bei gleichzeitigem Stoffaustausch) Talkvorkommen ausgebildet. Im Messgebiet ist ein Vorkommen bei Mautern zu finden (in westlicher Fortsetzung liegt das Vorkommen von Lassing).
- Graphit – Im Karbon bestanden an vielen Stellen Idealbedingungen bezüglich Sedimentation und Klima für Kohlebildung. Durch entsprechende Druck- und Temperaturbedingungen während der alpidischen Gebirgsbildung wandelte die leichte Metamorphose die Kohleflöze zu Graphit um. Solche Graphitvorkommen sind innerhalb der Veitscher Decke westlich Mautern an vielen Stellen zu beobachten.

5.3 Erste Beurteilung der aerogeophysikalischen Meßwerte

Radiometrie

Radiometrie/Kalium

Die Minima der Kalium-Verteilung lassen sich relativ klar interpretieren:

- die devonischen Karbonate der Reiting Decke (Reichenstein, Linseck, Gößbeck), sowie die Karbonatzüge der Nordzone (Steir.Erzberg)
- der devonische Karbonatzug des Zeiritzkampel
- die devonische Karbonatzüge in den Einheiten des südwestlichen Radmertales
- die karbonatische Kalkalpenbasis (Schutthalden und Anteile an triadischen Karbonaten)

Die Hohen Gehalte oder Maxima >3% lassen sich nicht so eindeutig zuordnen. Ein Zusammenhang könnte bestehen mit der räumlichen Verteilung des Blasseneckporphyroids und dessen Verwitterungsprodukte (Hangschutt, Talalluvionen). Zu sehen wäre dies in den Hangbereichen Süd des Zeiritzkampels und im Tal Süd Radmer an der Stube. Kein Zusammenhang wäre aber zu sehen mit den Porphyroidvorkommen in der Nordzone. Dies könnte aber auch mit der Tatsache zusammenhängen, dass zwei verschiedene Typen von Porphyroidserien beschrieben werden (SCHÖNLAUB 1982) und eine große Spannweite an K-Gehalten gesteinsgeochemisch nachgewiesen wurden (0,4 bis 10,7% K₂O; SCHÖNLAUB 1982). In der Nordzone wurden die Serien auch tektonisch stark beansprucht, wobei es zu Stoffwanderungen kam und dadurch dort die Gesteinschemismen stark verändert wurden.

Eine andere Möglichkeit wäre, dass die Maxima an Kalium-Messwerten auf die Grundmoränenverteilung zurückzuführen ist. Eine Klärung ist freilich nur durch gezielte Geländekontrollen möglich, da aus geologischen Kartierungen nur wenige zusammenhängende Grundmoränenvorkommen bekannt sind.

Im Zusammenhang mit der Verteilung der Kalium-Meswerten ist auch auffällig, dass am Steirischen Erzberg nicht der Kontrast zwischen den (Erz-führenden) Karbonaten und den auflagernden Werfener-Schieferserien zu sehen ist. Im nördlichen Abschnitt des Tagbaues am Steirischen Erzberg ist die Auflagerung von Werfener-Serien auf devonischen Karbonaten praktisch über einen Kilometer aufgeschlossen (PIRKL 2000).

Eine genauere Durchsicht der Daten zeigt aber, dass dieser Kontrast doch teilweise erfasst wurde – aber bei einem niedrigeren Wertenniveau (s.Abb. 19).

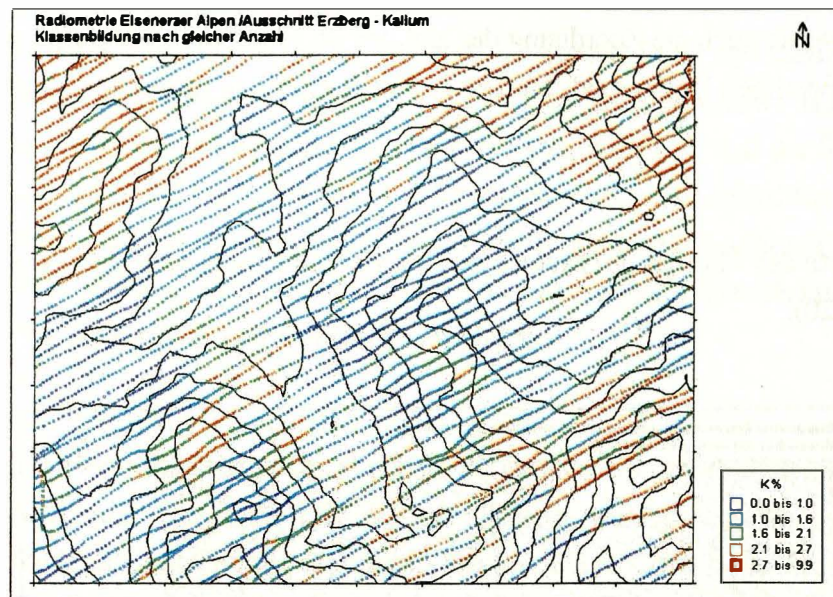


Abb. 19: Kalium-Messwerteverteilung im Bereich des Steirischen Erzberges

In dieser Darstellung zeigen sich dann auch die Bereiche in den Halden Ost des Erzberges mit Schüttungen aus Werfener-Material.

Erklärt werden kann diese Situation wahrscheinlich durch den Dämpfungseffekt des Niederschlages während der Befliegung dieser Messstreifen.

In der Bachsedimentgeochemie/Geochemischer Atlas (THALMANN et al. 1989) sind zum Vergleich K-Gehalte >3% verbereitet in den Gebieten mit Werfenerschiefer-Serien anzutreffen.

Radiometrie/Thorium

Die Thorium-Messwerte besitzen eine vergleichbare räumlich Verteilung wie die des Kaliums.

Minima und niedrige Messwerte sind verknüpft mit den Vorkommen von Karbonaten der Nordzone, der Reitingdecke und des Zeiritzkampelzuges, sowie mit den Sandstein-Konglomerat-Kalk-Abfolgen der Veitscher Decke.

Wenn man davon ausgeht, dass ein direkter Zusammenhang zwischen Thorium-Messwert einerseits und Schwermineralgehalt in den Serien des Untergrunds andererseits besteht, dann sind die höheren Messwerte und Maxima der Thorium-Verteilung überwiegend auf die Verwitterungsprodukte (Hangschutt) von Werfener Schiefer/Kalkalpenbasis, Porphyroid und silurischen Schiefen der Grauwackenzone zurückzuführen. Maxima sind auch im Bereich des Fensters von Mautern (Rannachserie) zu beobachten.

Diese Aussage würde auch die Zuordnung der Kalium-Maxima eher zu Verwitterungsprodukten des jeweiligen Untergrunds stützen und weniger einen Bezug zu Grundmoränen-Vorkommen!

Für die Messwerte des Thorium im Bereich des Steirischen Erzberges gilt das gleiche wie für Kalium (s.Abb. 20).

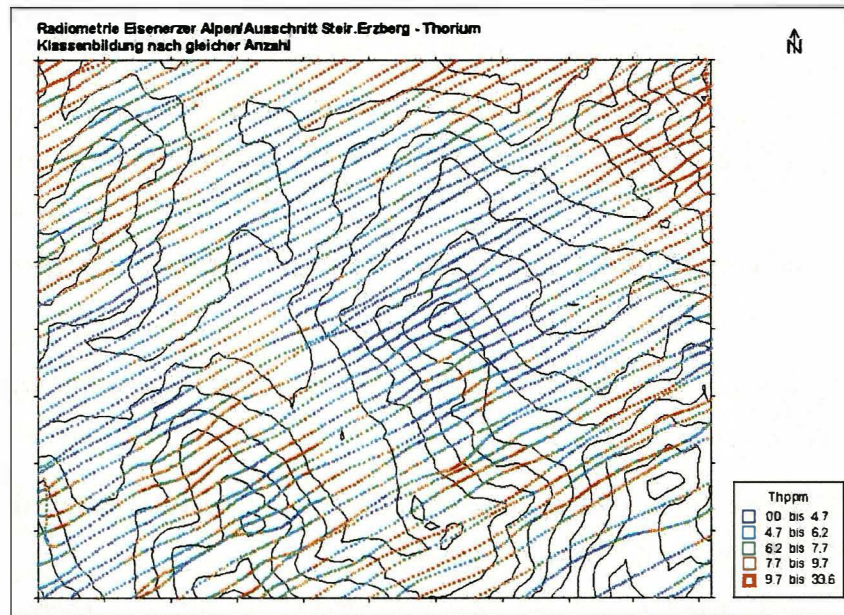


Abb. 20: Thorium-Messwertverteilung im Bereich des Steirischen Erzberges

Radiometrie/Uran

Die Messwerte von Uran können in gleicher Weise wie die von Thorium interpretiert werden.

Magnetik

Die magnetischen Messungen in den Eisenerzeralpen erbrachten im Großen zwei Anomaliegruppen:

- a. Ausgedehnte Maxima im Bereich der Wildfelddecke, die wahrscheinlich von basischen bis ultrabasischen Gesteinslagen in den silurisch-ordovizischen Schiefererrien verursacht werden. Da die Wildfelddecke unter den Karbonatstöcken der Reitingdecke durchzieht, dehnen sich die Anomalien auch auf den Bereich der Karbonate aus.
- b. Eine langgezogene positive Anomalie an der Südseite der Zeiritzkampeldecke,

begleitet durch eine ebenso schmale Negativ-Anomalie. Diese markiert einerseits die tektonische Genze zur unterliegenden Veitscher Decke, andererseits liegen in dieser Zone die Sulfid-Mineralisationen der Teichen Nord Kalwang. Auf der Südseite des Zeiritzkampel reicht die Anomalie auch in den Bereich des Porphyroids hinein. Lage und Ausdehnung der positiv-negativ kombinierten Anomalie deutet auf eine eher steile Lage des Störkörpers hin. Für diese Anomalie wären Störkörperberechnungen notwendig als Basis einer Evaluierung im Gelände.

Insgesamt folgt die Anordnung und räumliche Verteilung der Suszeptibilitäten eher dem Bild der tektonischen Gliederung nach SCHÖNLAUB 1982 und weniger der lithologischen Oberflächen-Gliederung nach den geologischen Karten. Diese Tatsache sollte aus Sicht der regionalen Geologie diskutiert werden. Möglicherweise werden damit Modellvorstellungen über die Seriengliederung in diesem Gebiet neu zu überdenken sein.

Im Einzelnen wären das folgende Fragestellungen:

- Aus welchem Grund reicht die Positiv-Anomalie in der Eisenerzer Ramsau bis auf die linke Talflanke – unter die kalkalpine Basis?
- Weshalb besteht eine Verbindung der Negativ-Anomalien zwischen dem West-Ost streichenden Ast des Zeiritzkampels und den Basisbereichen der Kalkalpen Süd Hochkogel quer zum Streichen der Grauwackenzone-Serien?
- Wie tief liegt die Verbindung der Wildfelddecken-Teile unterhalb der Reitingdecke?

Die kleinräumigen Anomalien im Bergbaubereich des Steirischen Erzberges sind technisch bedingt (Aufbereitungsanlagen, Bezirksmülldeponie, Alteisen-/LKW-Lager, Ladegeräte und SLKW, u.a.).

Bei nicht-flächeninterpolierter Darstellung zeigen sich zahlreiche klein- und kleinsträumige Anomalien, die wahrscheinlich nicht technisch bedingt sind. Im Raum der Eisenerzer Alpen muß damit gerechnet werden, dass an vielen Stellen historisch und prähistorisch Kleinbergbau auf Sulfiderze (Kupferkies, Fahlerze) mit damit verknüpften Schmelzplätzen bestanden. In der Eisenerzer Ramsau und an verschiedenen Stellen der Radmer wurden sie bereits nachgewiesen. Es wäre somit sinnvoll, diese Kleinanomalien (z.B. in den Bereichen Tull/Donnersalpe, Ramsau, Neuburgalm, u.a.) gemeinsam mit einem Bergbauhistoriker und einem Archäologen mit Gebietskenntnis zu diskutieren.

Elektromagnetik

In auswertbarer Form liegen Messergebnisse der Frequenz 7200Hz vor. Die Darstellung dieser Ergebnisse zeigt ein sehr kleinräumig strukturiertes Bild, da diese Frequenz die oberflächennahe Situation charakterisiert. Da in den Daten sehr viele Detailinformationen für Lokalsituationen enthalten sind, sind im Folgenden nur beispielhafte Auswertungshinweise möglich.

Eine erste Übersicht läßt darauf schließen, dass die Widerstandsdaten dieser Frequenz überwiegend den gesteinsbedingten Aufbau des bodennahen Untergrunds widerspiegeln. Flächen mit niedrigen Widerständen repräsentieren meist Situationen mit oberflächennaher Verdichtung und Vernässung, Flächen mit höheren Widerständen dagegen größere Zerklüftung und tiefgründigeren Abfluss. Letztere sind meist Hang und Gipfelpartien in Karbonaten, mächtigerem Hangschutt oder mächtigeren Talverfüllungen mit tieferliegendem Grundwasserspiegel.

Beispiel 1 – Hinterer Talabschnitt Eisenerzer Ramsau

Im Talschluss entwickeln sich ausgedehnte Schutthalden aus den Trias-Dolomiten der Kalkalpen; Murschuttkegel riegeln das Tal ab; dahinter bildete sich ein Stausee, der durch Schotter aufgefüllt wurde → hohe Widerstände.

Im rechtsufrigen Einhang treten viele seichte Quellen aus; zahlreiche Feuchtflächen und seichte Hangrutschungen sind verbreitet zu beobachten → niedrige Widerstände.

Beispiel 2: - Bergbaubereich Steirischer Erzberg

Der (vererzte) Karbonatstock des Erzberges wird infolge der „Durchlöcherung“ des Untertagebergbaus und intensiver Zerklüftung tiefgründig entwässert → hohe Widerstände.

Das Tal des Erzbaches südlich des Erzabbaues ist durch Schlammteichbecken aufgefüllt; das Schlammmaterial ist großteil noch nicht entwässert und konsolidiert → niedrige Widerstände.

Die niedrigen Widerstände im Haldenberich des Gerichtsgrabens Nord Erzberg sind jedoch nicht erklärbar, da dort tiefgründig trockene Halden aus Bergbauabraum geschüttet wurden. Für diesen Bereich wären die Mess-Rohdaten zu überprüfen!

Beispiel 3 – Lasitzen/Tal West Stadelstein

Im obersten Abschnitt der Lasitzen bildeten sich ausgedehnte Schutthalden aus Karbonaten und Schiefer. Am Fuß dieser Halden treten an mehreren Stellen Quellen aus. Auf Grund des meist undurchlässigen Schiefers im Untergrund der Halden bildet sich bei Starkregen starker Oberflächenabfluss, der schon mehrere Male zu Murenbildung im unteren Teil des Tales geführt hat. Die kritischen Flächen im Mittelabschnitt des Tales werden durch niedrige Widerstände charakterisiert.

Solche Beispiele könnten noch viele angeführt werden.

Mit Hilfe dieser Messergebnisse könnte somit (nach gezielten Kontrollen im Gelände) für die Eisenerzer Alpen eine Ableitung derjenigen Flächen vorgenommen werden, auf denen bei Starkregen wahrscheinlich Oberflächenabfluss entsteht. Bei Hanglage der Flächen mit niedrigen Widerständen ist in diesem Fall die Wahrscheinlichkeit hoch, dass dort die Disposition für Rutschungen gegeben ist.

Geländekontrollen sollten diese Aussagen absichern.

6. Literatur

a.) Geophysik

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

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

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.

SEIBERL, W. et al.: Aeromagnetische Karte der Republik Österreich 1:1000000, Geologische Bundesanstalt, Wien 1991.

b.) Geologie

METZ, K.: Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000 Blatt 130 Oberzeiring und 131 Kalwang.- Geologische Bundesanstalt, Wien 1967

PIRKL, H.: Geologisch-geotechnische Situation im aktuellen Tagbaubereich des Steirischen Erzberges.- Unveröffentl.Bericht, Eisenerz 2000

PIRKL, H., KOHLMAIER, CH., NEINAVAIE, H. & UMFER, TH.: Naturraumressourcen und Umweltsituation der Gemeinde Eisenerz – naturwissenschaftliche Basis für einen Imagewechsel der Region. Abschlussbericht 3. Projektjahr.- Unveröffentl.Bericht, Eisenerz 1999

SCHÖNLAUB, H.P.: Die Grauwackenzone in den Eisenerzer Alpen (Österreich).- Jb.Geol.BA, 124, 361-423, Wien 1982

SCHÖNLAUB, H.P., FLAJS, G. & THALMANN, F.: Conodontenstratigraphie am Steirischen Erzberg (Nördliche Grauwackenzone).- Jb.Geol.BA, 123, 169-229, Wien 1980

THALMANN, F. et al.: Geochemischer Atlas der Republik Österreich. Bachsedimente – Zentralzone und Böhmisches Masse.- Geol.Bundesanstalt, Wien 1989

WEBER, L.: Handbuch der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs. Metallogenetische Karte von Österreich 1:500.000 unter Einbeziehung der Industriemineralien und Energierohstoffe.- Archiv f.Lagerstättenforschung der Geol.Bundesanstalt, 19, Wien 1997