



GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT



**AEROGEOPHYSIKALISCHE
VERMESSUNG**

des Meßgebietes

Obergrafendorf

Vollzug des Lagerstättengesetzes: Projekt ÜLG-20/00-3

AEROGEOPHYSIKALISCHE VERMESSUNG

des Meßgebietes

Obergrafendorf

von

Wolfgang Seiberl
Klaus Motschka
Martin Heidovitsch
Birgit Jochum
Edmund Winkler
Robert Supper
Andreas Ahl
Gregor Götzl
Hans-Georg Krenmayr

Wien, 2003

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).....	21
4.6. Radiometrische Kartierung.....	24
4.6.1. Die Quellen der natürlichen Gammastrahlung	24
4.6.2. Korrekturen der Meßdaten	24
4.6.3. Herstellung der Farbrasterkarten	35
4.7 Infrarot und Bodenfeuchte.....	35
5. Geologie des Meßgebietes und erste Ergebnissdiskussion	38
5.1. Geologische Situation.....	38
5.2. Erste Beurteilung der aerogeophysikalischen Meßwerte	40
6. Literatur	44

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 Obergrafendorf	14
Abb. 6: Widerstand (homogener Halbraum) berechnet von 7200Hz	17
Abb. 7: Widerstand der 1. Schicht	18
Abb. 8: Widerstand der 2. Schicht	19
Abb. 9: Mächtigkeit der 1. Schicht	20
Abb. 10: Isoanomalien der magnetischen Totalintensität von Obergrafendorf	22
Abb. 11: Die aeromagnetische Karte der Republik Österreich	23
Abb. 12a - e: Darstellung der Korrekturschritte in der Gammastrahlenspektrometrie	25
Abb. 13: Beispiel eines Gammastrahlenspektrums (MeV) im Bereich des Flugfeldes Aigen im Ennstal	29
Abb. 14: Topographie im Meßgebiet von Obergrafendorf	30
Abb. 15: Dosisleistung im Meßgebiet von Obergrafendorf	31
Abb. 16: Kaliumverteilung im Meßgebiet von Obergrafendorf	32
Abb. 17: Uranverteilung im Meßgebiet von Obergrafendorf	33
Abb. 18: Thoriumverteilung im Meßgebiet von Obergrafendorf	34
Abb. 19: Bodentemperatur	37

Zusammenfassung

Das komplexe aerogeophysikalische Vermessungsprogramm im Bereich des Meßgebietes Obergrafendorf hat teilweise zur Klärung geologischer Fragen beigetragen.

Im Meßgebiet können an Hand der magnetischen Messungen z.B. die Serpentin- und Amphibilitzüge des Dunkelsteiner Waldes sehr gut dargestellt werden.

Ebenso konnten über die Widerstandsverteilung im Meßgebiet Obergrafendorf plausible Tiefenmodelle für verschiedene Fragestellungen, wie z.B. großen geschlossenen Kristallinareale (Dunkelsteiner Wald, Westrand der Bucht von Mauer, Kristallin des Pielachdurchbruchs (Lochau), Hiesberg-Maisberg-Massiv) erarbeitet werden.

Es wird empfohlen durch Geländebegehungen, aber auch durch bodengeoelektrischer Meßverfahren die Ergebnisse im Meßgebiet zu verifizieren.

1. Zielsetzung und Ablauf des Projekts

Mit der hubschraubergeophysikalischen Vermessung im Meßgebiet Obergrafendorf/NÖ sollen in erster Linie geowissenschaftliche Beiträge zur

- Unterstützung der regionalen geologischen Kartierung

erstellt werden.

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

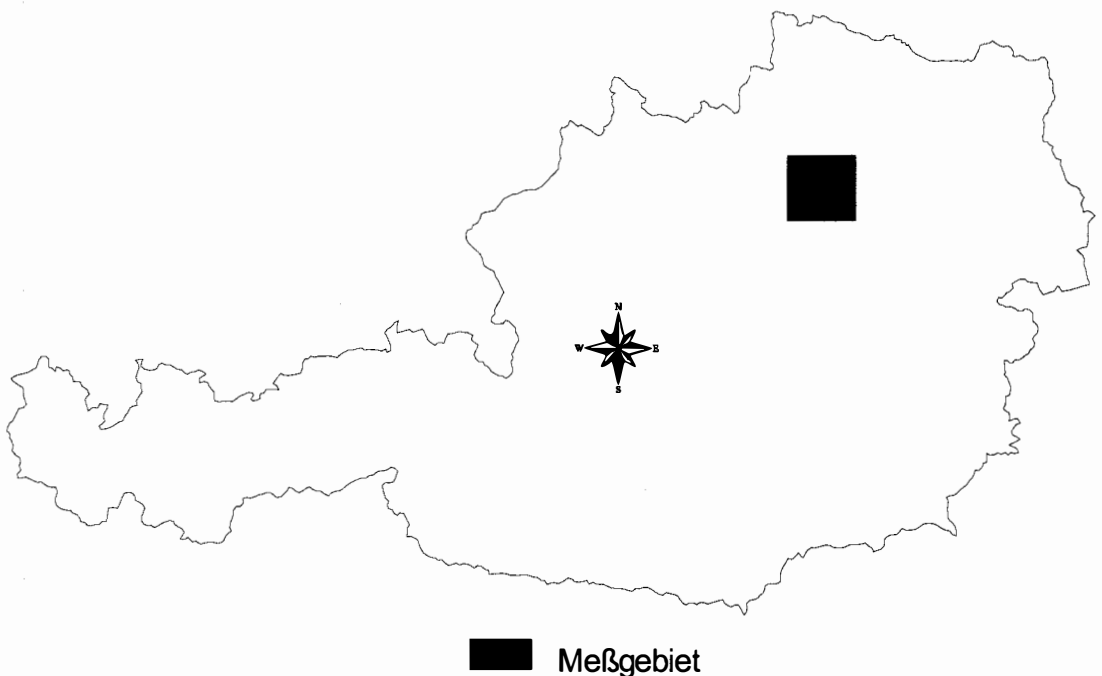


Abb. 1: Lage des Meßgebietes

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. Klufttraum 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 Obergrafendorf wurde der Profilabstand mit 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 Obergrafendorf 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.

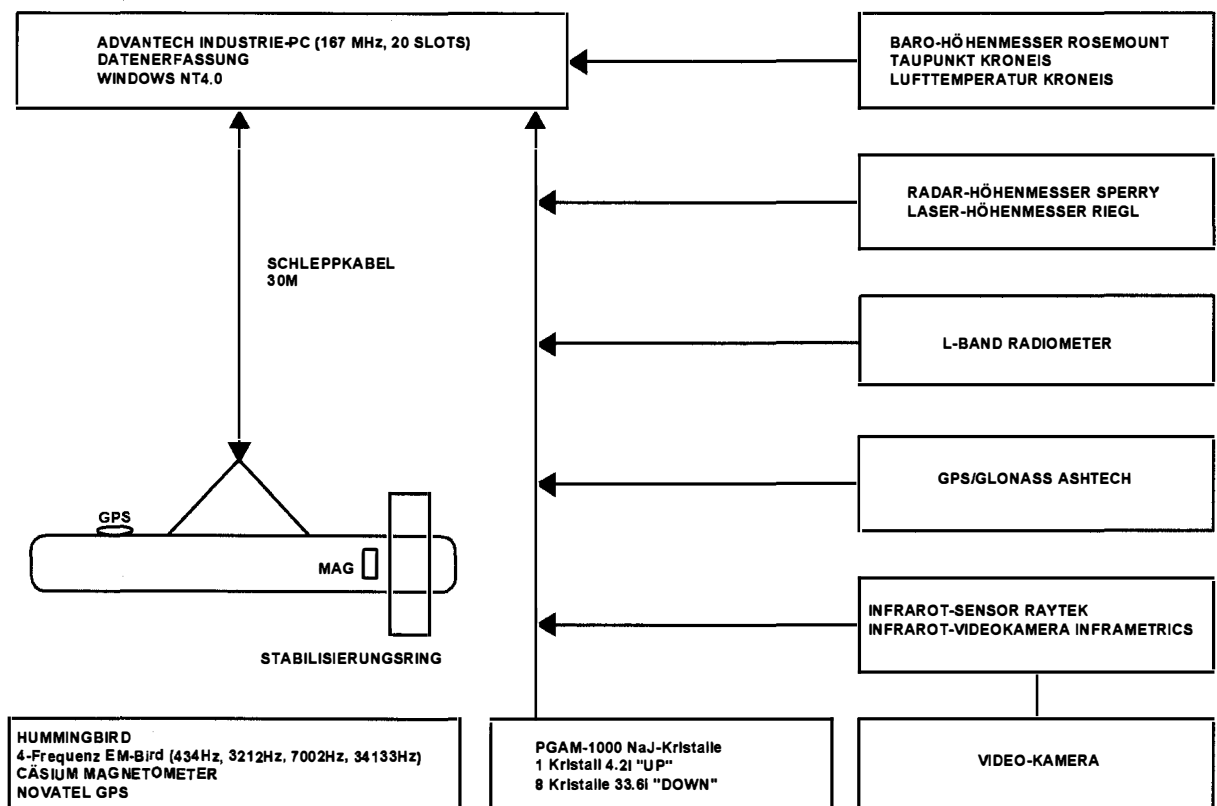


Abb. 2 Datenfluß des Hubschrauber-Meßsystems

3.2. Fluglinien

Flugrichtung: Folgende Richtung wurde für die Fluglinien gewählt:

OST-WEST

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.

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 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.

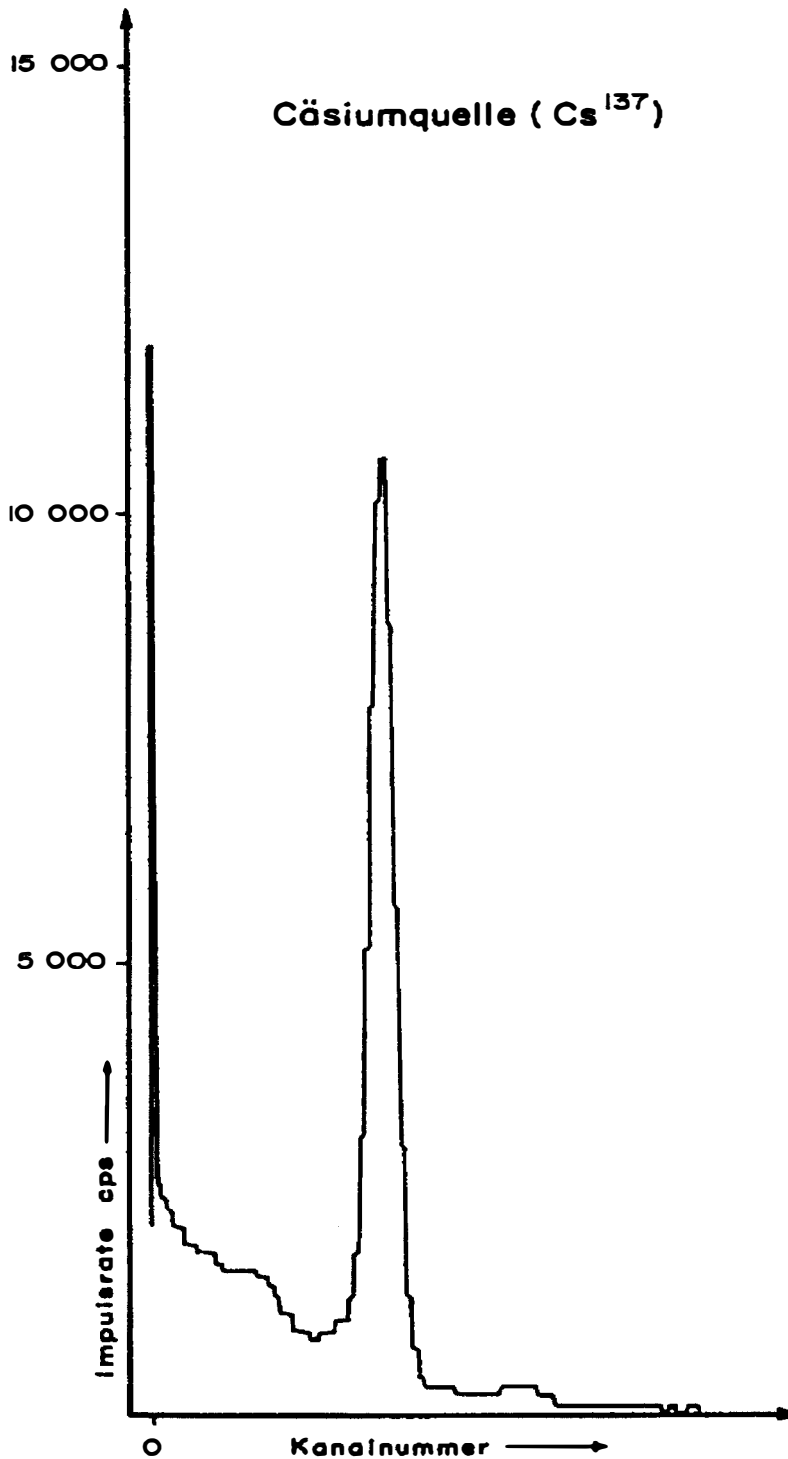


Abb. 3: Gammastrahlenspektrometer (Kristall I), Beispiel einer Spektralregistrierung - Cäsiumquelle (¹³⁷Cs)

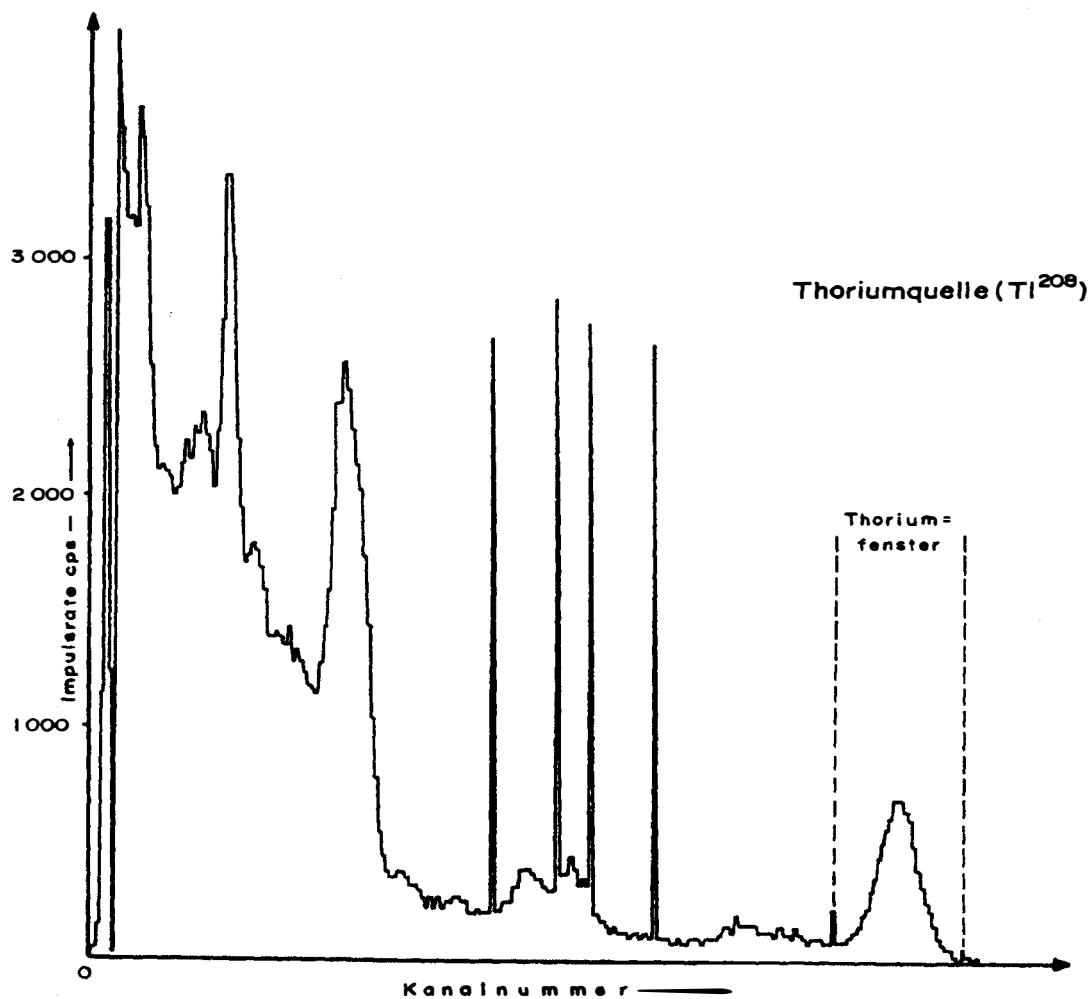


Abb. 4: Gammastrahlenspektrometer (Kristall I), Beispiel einer Spektralregistrierung - Thoriumquelle (^{208}Tl)

3.4. Personal

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

Geologische Bundesanstalt / Universität Wien:

Univ. Prof. Dr. Wolfgang Seiberl

Geologische Bundesanstalt:

Klaus Motschka

Martin Heidovitsch

Birgit Jochum

Robert Supper

Edmund Winkler

Gregor Götzl

Hans-Gerg Krenmayr

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 Völtendorf,
- 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.

MEBGEBIET:
OBER-
GRAFENDORF
Abb. 5
LAGE der
FLUGPROFILE



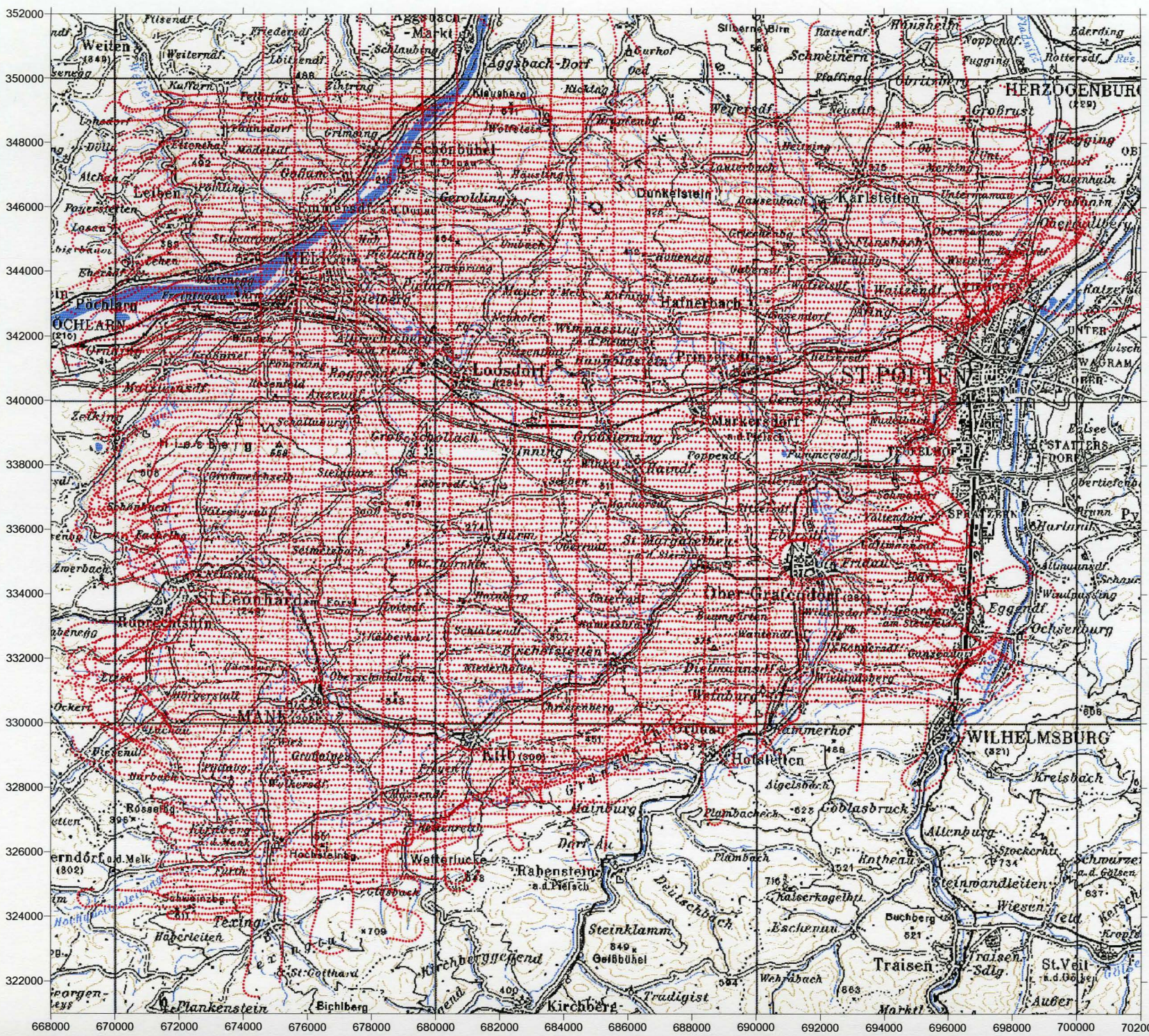
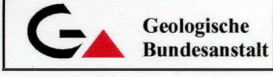
0 1000 2000 3000 4000 m



Koordinatensystem: Bundesmeldenetz



Projektleitung: W. Seiberl
Datenaufnahme: Moshchka, Heidovinech
Datenprozessing: Jochem, Gätzl, Winkler, Supper
Piloten: Lang, Lech, Nehring,
Strobl, Wehrle
Techniker: Beschlossler, Kropik,
Strümpf, Waldbauer
Datenaufnahme: 8. 2000
Fertigstellung: 2. 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

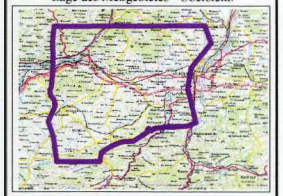
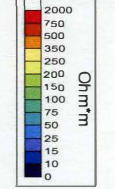
- Widerstand der 1. Schichte
- Widerstand der 2. Schichte, und
- Mächtigkeit der 1. Schichte.

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.

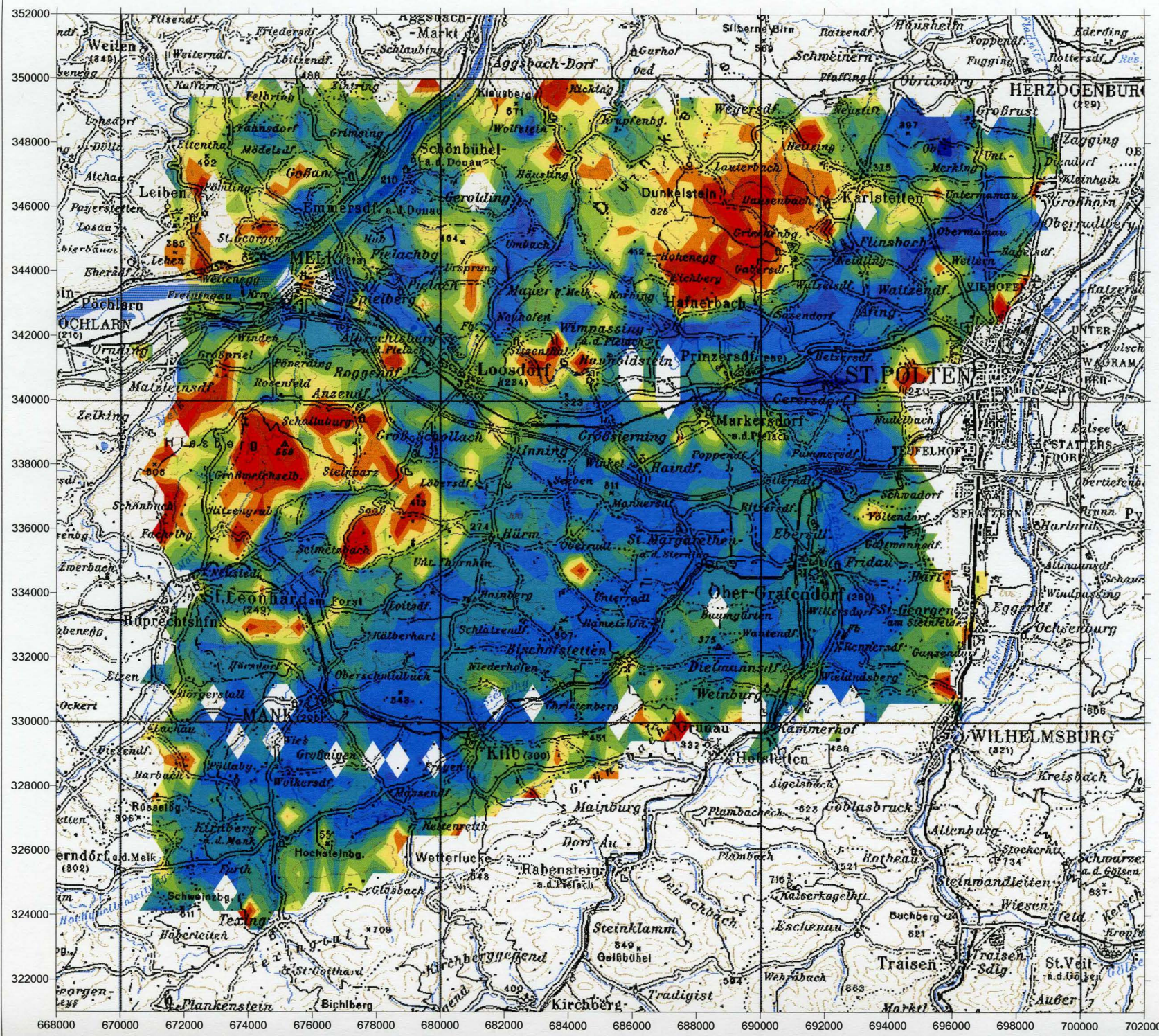
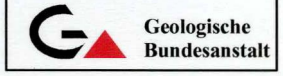
In der Folge wurden die jeweils berechneten Ergebnisparameter mit Hilfe eines Druckers in Form von Farbrasterkarten (Abb. 6-Abb. 9) zur Darstellung gebracht.

MEßGEBIET:
OBER-
GRAFENDORF

Abb. 6
 Meßparameter
ELEKTROMAGNETIK
HHR Widerstand 7200Hz

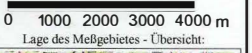
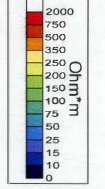


Projektleitung: W. Seiberl
 Datenaufnahme: M. Moschka, H. Heidwitsch
 Datenprocessing: Jochum, Gätzl, Winkler, Supper
 Piloten: Lang, Leeb, Nehrting, Strobl, Wehrle
 Techniker: Beschliesser, Kropik, Strümpf, Waldbauer
 Datenaufnahme: 8. 2000
 Fertigstellung: 2. 2002



MESSGEBIET:
OBER-
GRAFENDORF

Abb. 7
 Meßparameter
ELEKTROMAGNETIK
 Widerstand 1. Schicht

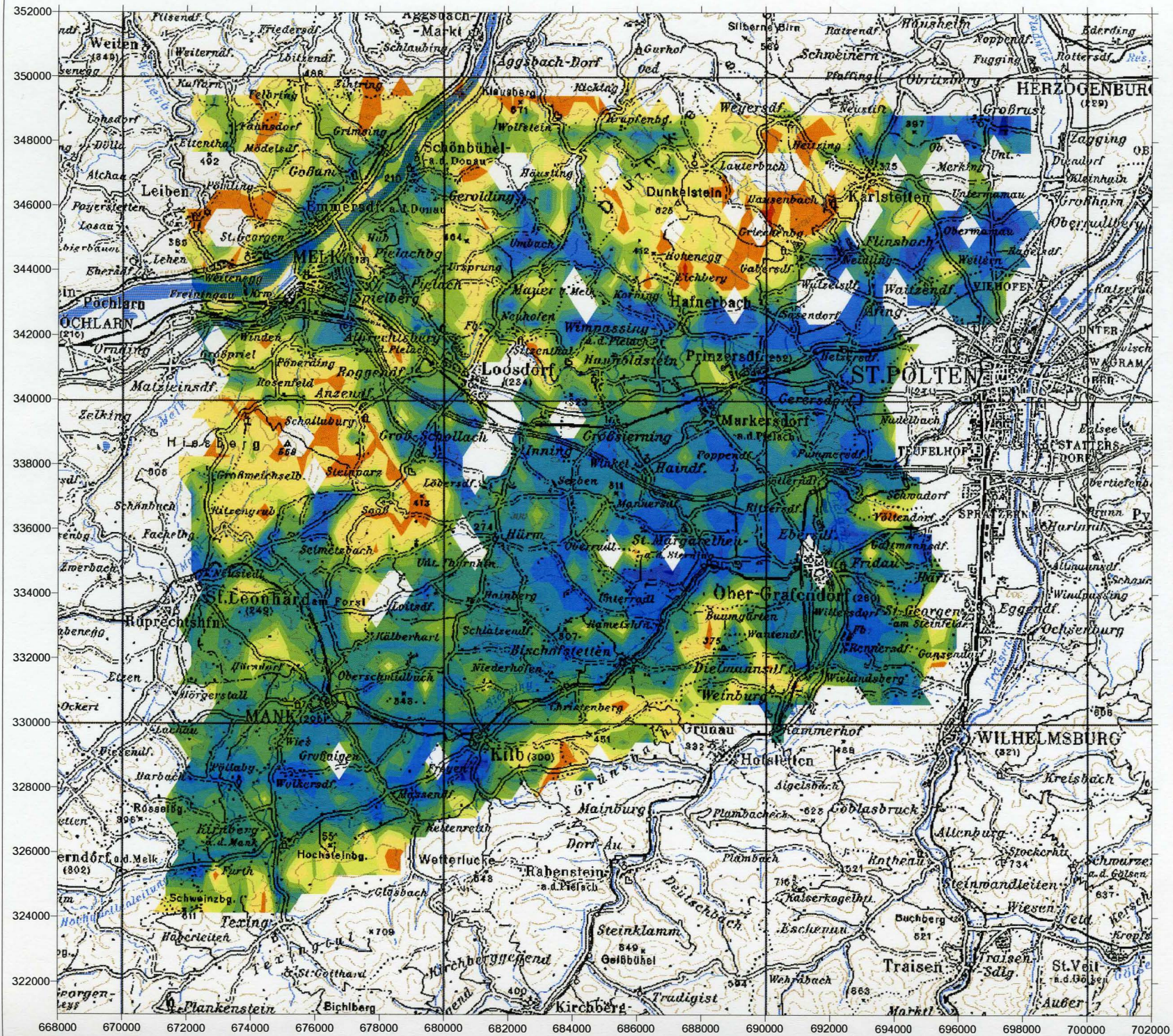


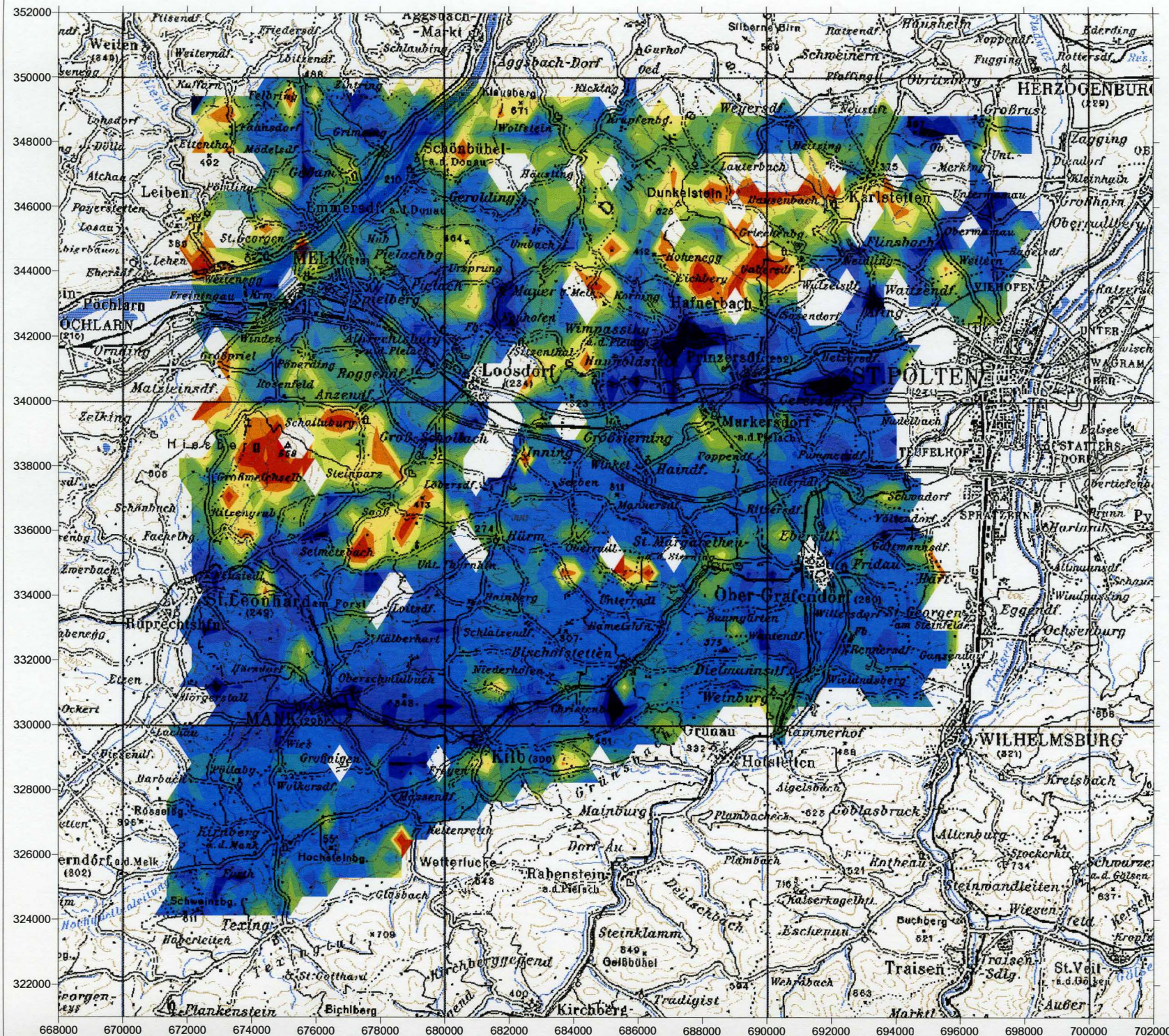
Koordinatensystem: Bundesmekenetz



Projektleitung: W. Seiberl
 Datenaufnahme: Moöchts, Heideviösch
 Datenprocessing: Jochum, Götzi, Winkler, Supper
 Piloten: Lang, Leeb, Nehrung,
 Strobl, Wehrle
 Techniker: Beschlosser, Kropik,
 Strümpf, Waldbauer

Datenaufnahme: 8. 2000
 Fertigstellung: 2. 2002





AERO-GEOPHYSIK
ÖSTERREICH
MEßGEBIET:
OBER-
GRAFENDORF
 Abb. 8
 Meßparameter
ELEKTROMAGNETIK
 Widerstand 2. Schicht

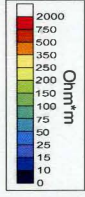
0 1000 2000 3000 4000 m
 Lage des Meßgebietes - Übersicht:

Koordinatensystem: Bundesmeldenetz

Projektleitung: W. Seiberl
 Datenaufnahme: Mosech, Heidvöckh
 Datenprocessing: Jochum, Götzl, Winkler, Supper
 Piloten: Lang, Leeb, Nehrung,
 Strobl, Weirle
 Techniker: Beschliesser, Kropik,
 Strümpf, Waldbauer

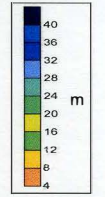
Datenaufnahme: 8. 2000
 Fertigstellung: 2. 2002

G Geologische Bundesanstalt



MESSGEBIET:
OBER-
GRAFENDORF

Abb. 9
 Meßparameter
 ELEKTROMAGNETIK
 MÄCHTIGKEIT 1. Schicht



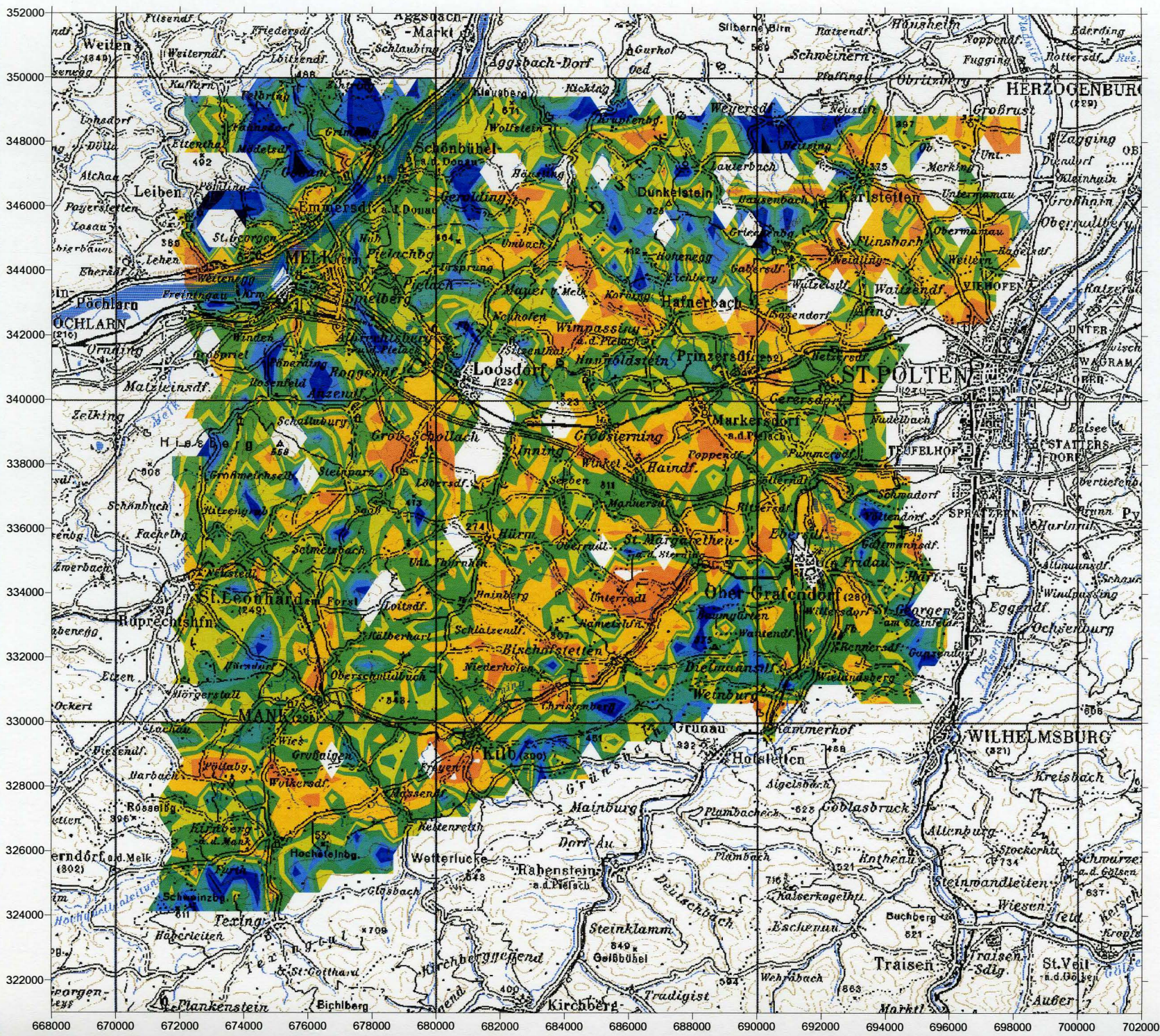
0 1000 2000 3000 4000 m
 Lage des Meßgebietes - Übersicht



Koordinatensystem: Bundesmeldenetz



Projektleitung: W. Seiberl
 Datenaufnahme: Mutschka, Heidovitsch
 Datenprocessing: Jochem, Gözl, Winkler, Supper
 Piloten: Lang, Leeh, Nehrung,
 Strobl, Wehrle
 Techniker: Beschliesser, Kropik,
 Sirumpf, Waldbauer
 Datenaufnahme: 8. 2000
 Fertigstellung: 2. 2002



4.5. Isoanomalien der magnetischen Totalintensität (ΔT)

In der Abb. 10 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 Völtendorf verwendet wurde.

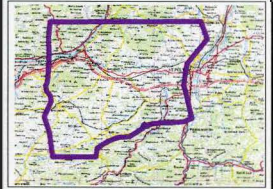
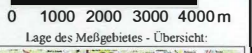
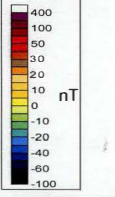
Die Restfehler (δT) beinhalten vor allem die Störungen des Hubschraubers am Ort des Sensors, die in beiden Flugrichtungen relativ zum Erdmagnetfeld unterschiedlich sein können (=heading error). Diese Fehler können mit Hilfe der Daten von Kontrollprofilen weitgehend eliminiert werden. Dazu werden die 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. 11 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:
OBER-
GRAFENDORF
 Abb. 10
 Meßparameter
MAGNETIK

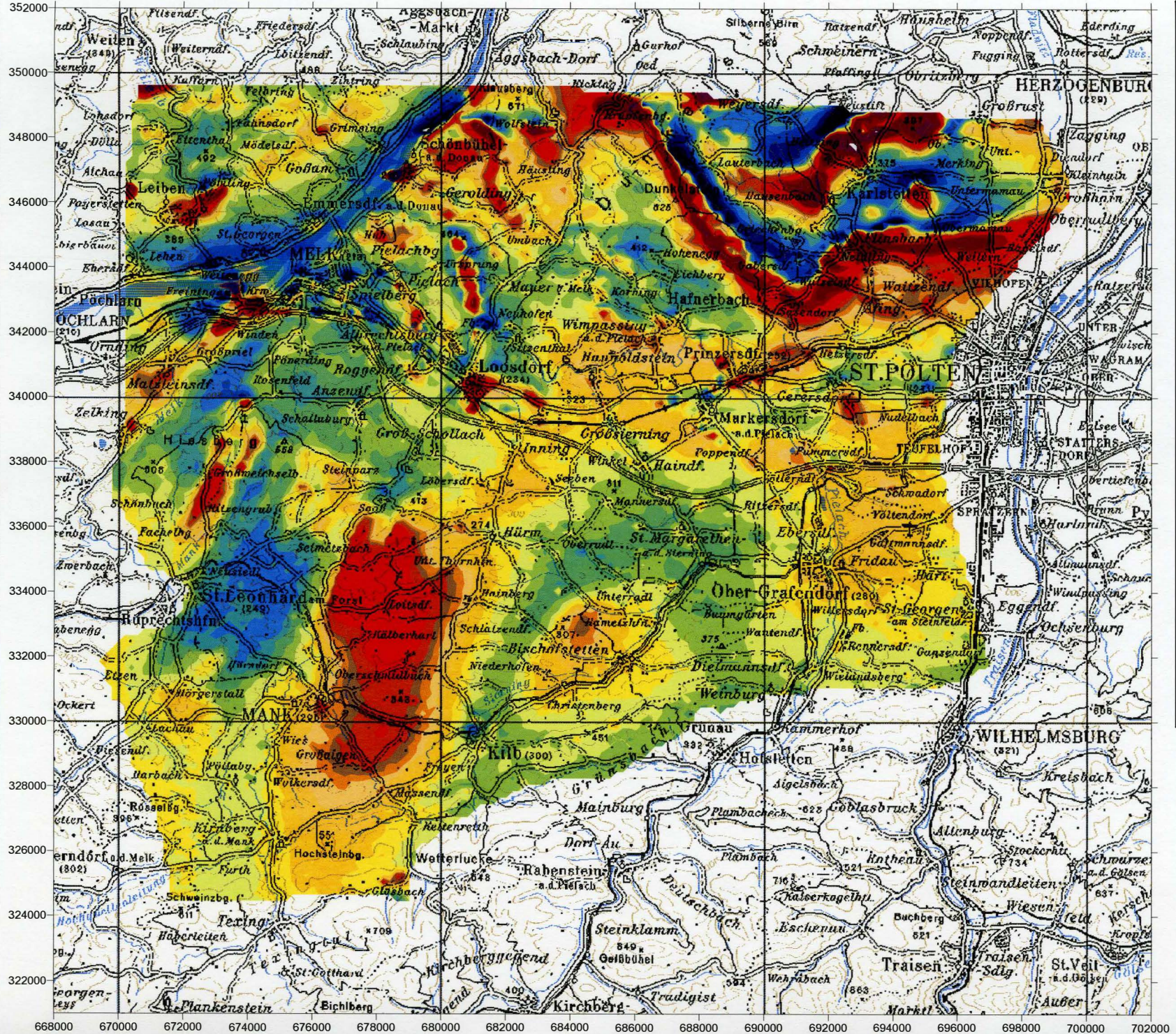


Koordinatensystem: Bundesmeldenetz



Projektleitung: W. Seiberl
 Datenaufnahme: Moeschka, Heidovitsch
 Datenprocessing: Juchum, Gützi, Winkler, Supper
 Piloten: Lang, Leeb, Nehring,
 Strobl, Wehrle
 Techniker: Buschliesser, Kropik,
 Strümpf, Waldbauer

Datenaufnahme: 8. 2000
 Fertigstellung: 2. 2002



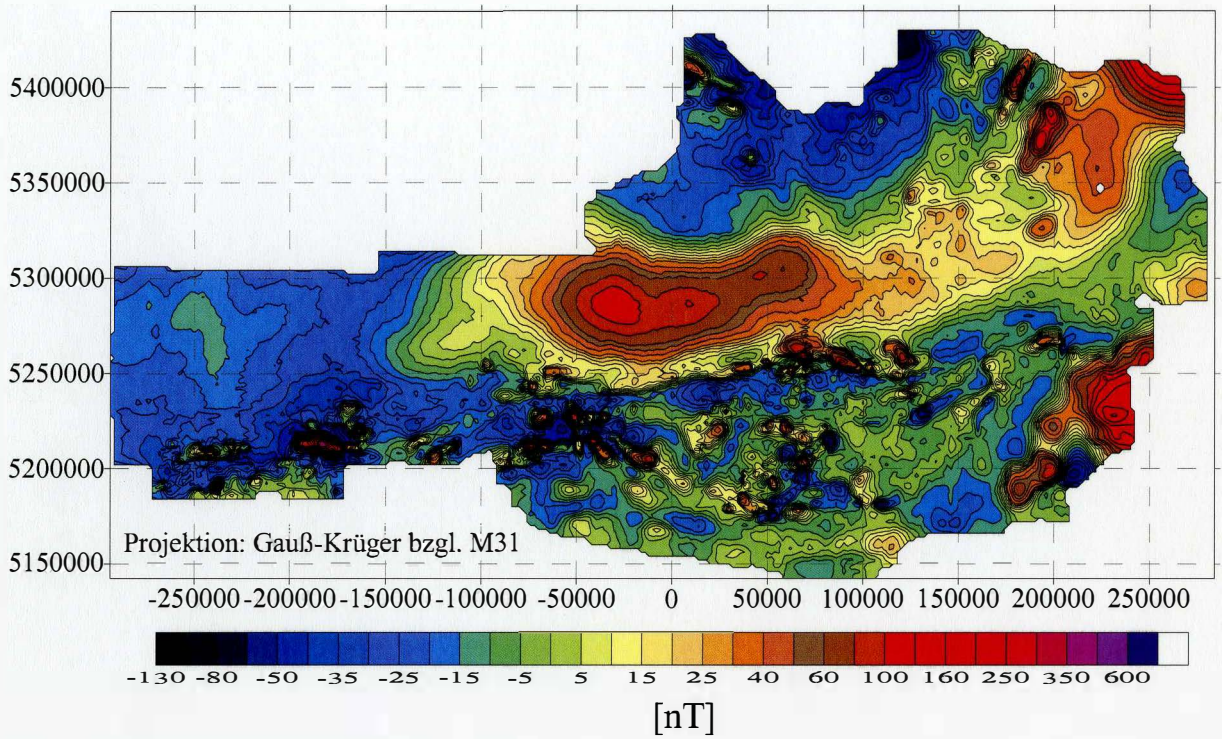


Abb. 11: Die aeromagnetische Karte der Republik Österreich

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.

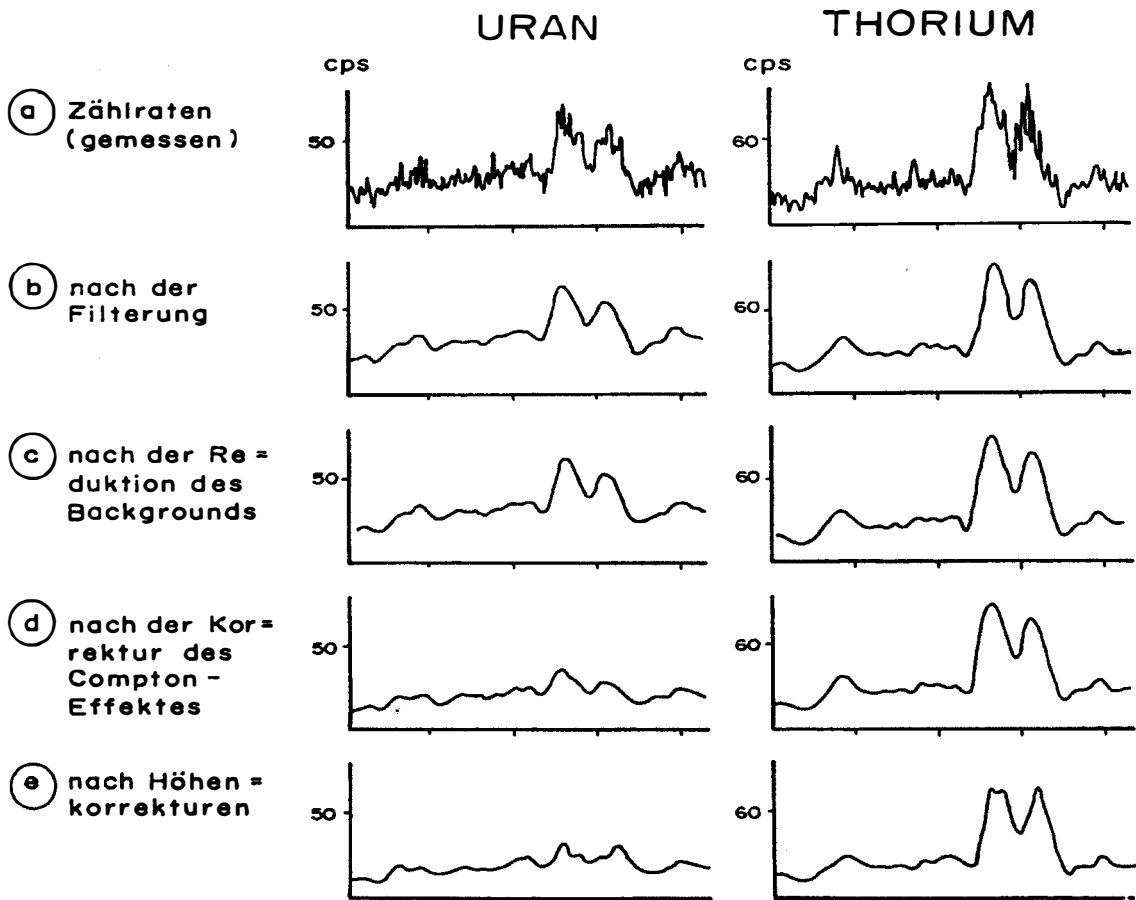


Abb. 12a - e: Darstellung der Korrekturschritte in der Gammastrahlenspektrometrie

Bei der Messung während des Fluges erhält man z.B. die in Abb. 12a 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. 12b. Das Ziel der nun folgenden Korrekturschritte, die in Abb. 12 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. 12c). 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-Streuungskoeffizienten:

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 Streuungskoeffizienten S_{UTh} in der Form

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

geschieht.

Wie Abb. 12d 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 $h = 80 \text{ m}$ umgerechnet. Abb. 12e zeigt die Wirkung dieser Höhenkorrektur.

- Topographische Korrektur: Wie in Abb. 14 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. 13 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 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):

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

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. In der Abb. 15 ist die Verteilung der Dosisleistung in den Untersuchungsgebieten dargestellt.

Von den, bei Kernspaltungsprozessen (siehe Abb. 13) 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

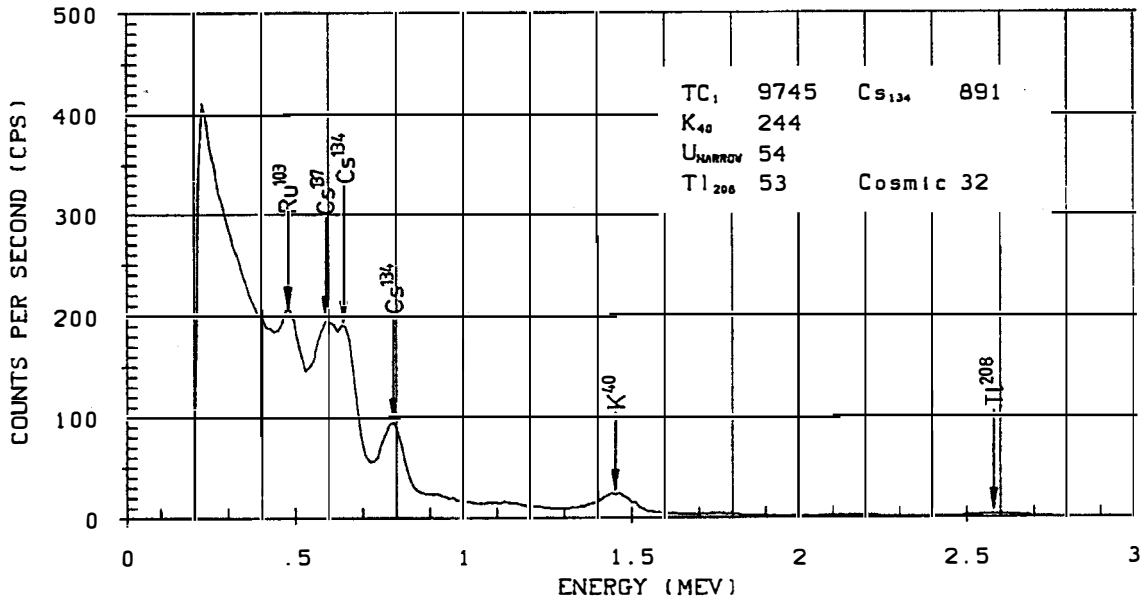
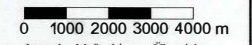
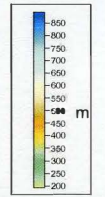


Abb. 13: Beispiel eines Gammastrahlenspektrums (MeV) im Bereich des Flugfeldes Aigen im Ennstal

MEßGEBIET:
OBER-
GRAFENDORF
 Abb. 14
 Meßparameter
TOPOGRAPHIE



Lage des Meßgebietes - Übersicht:

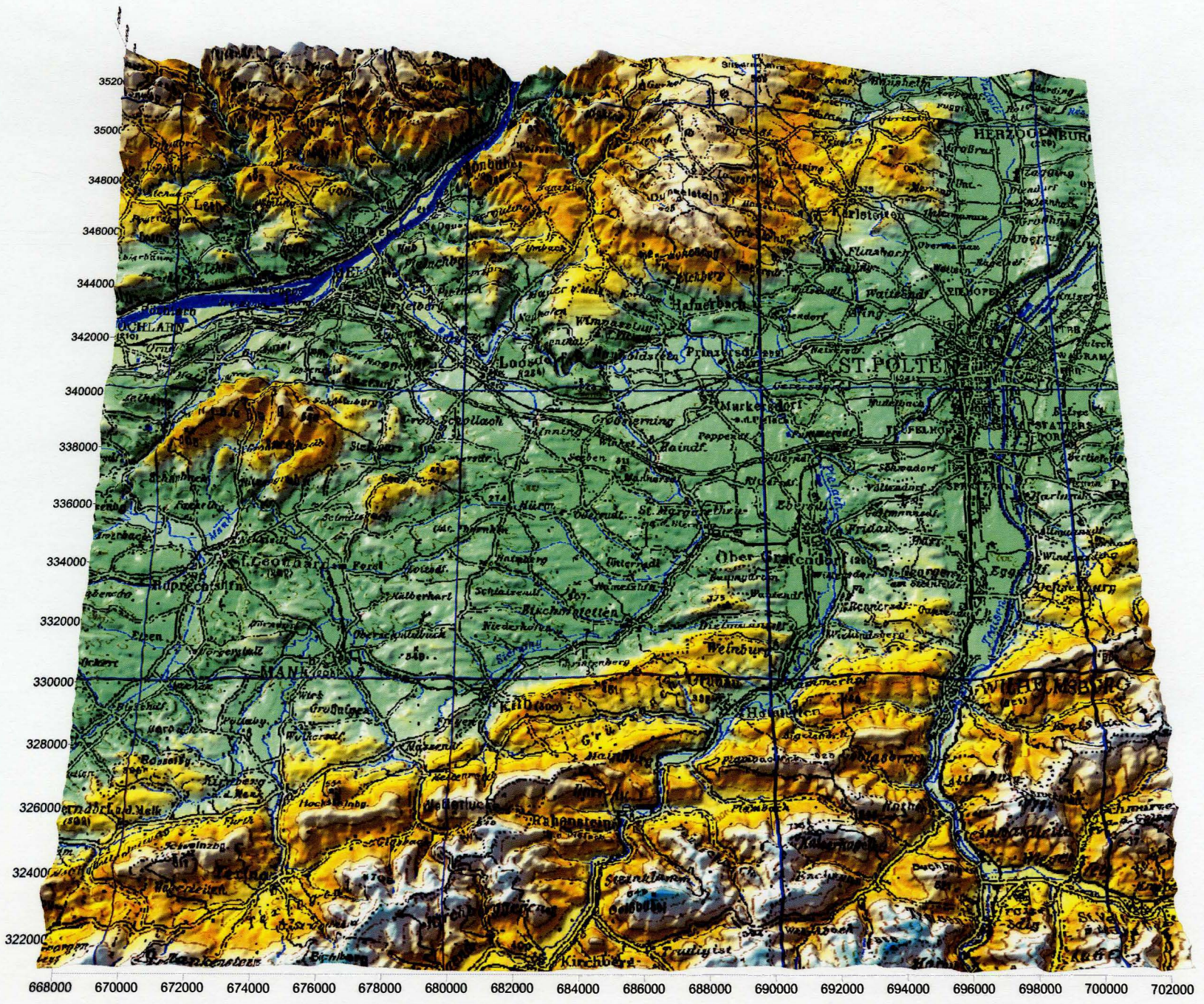


Koordinatensystem: Bundesmeldenetz

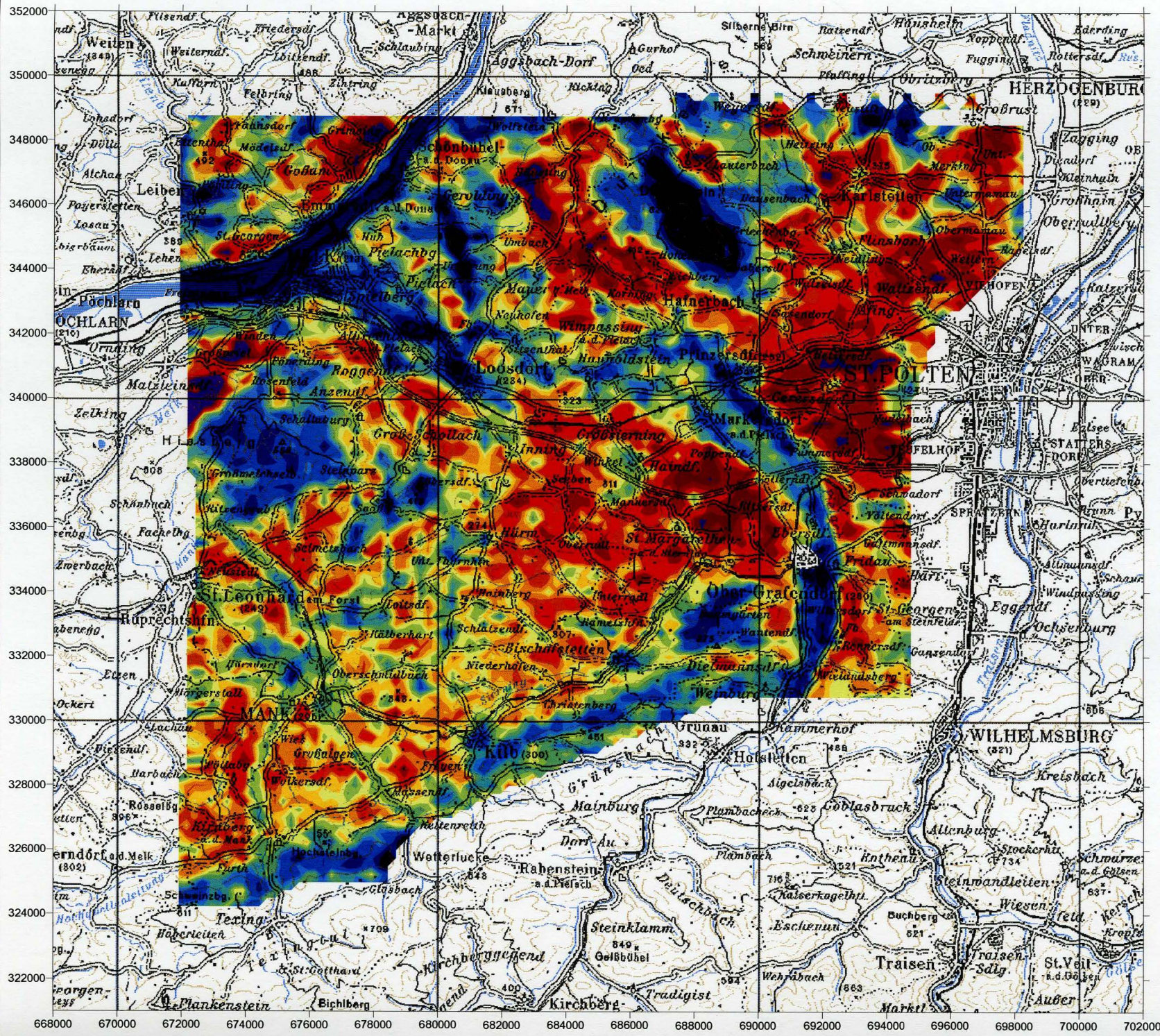


Projektleitung: W. Seiberl
 Datenaufnahme: Mochica, Heindowitsch
 Datenprocessing: Jochum, Götzl, Winkler, Supper
 Piloten: Lang, Leeb, Nehring,
 Strobl, Wehrle
 Techniker: Beschliesser, Kropik,
 Strümpf, Waldbauer

Datenaufnahme: 8. 2000
 Fertigstellung: 2. 2002



668000 670000 672000 674000 676000 678000 680000 682000 684000 686000 688000 690000 692000 694000 696000 698000 700000 702000



AERO-GEOPHYSIK
ÖSTERREICH

MESSGEBIET:
OBER-
GRAFENDORF

Abb. 15
 Meßparameter
DOSISLEISTUNG

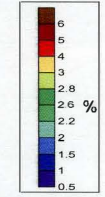
0 1000 2000 3000 4000 m
 Lage des Meßgebietes - Übersicht

Koordinatensystem: Bundesmeldenetz

Projektleitung: W. Seiberl
 Datenaufnahme: Mowchka, Heidovitsch
 Datenprozessing: Jochem, Götzl, Winkler, Supper
 Piloten: Lang, Leeb, Nehring,
 Strobl, Wehrle
 Techniker: Beschlosser, Kropik,
 Stumpf, Waldbauer
 Datenaufnahme: 8. 2000
 Fertigstellung: 2. 2002

G Geologische
 Bundesanstalt

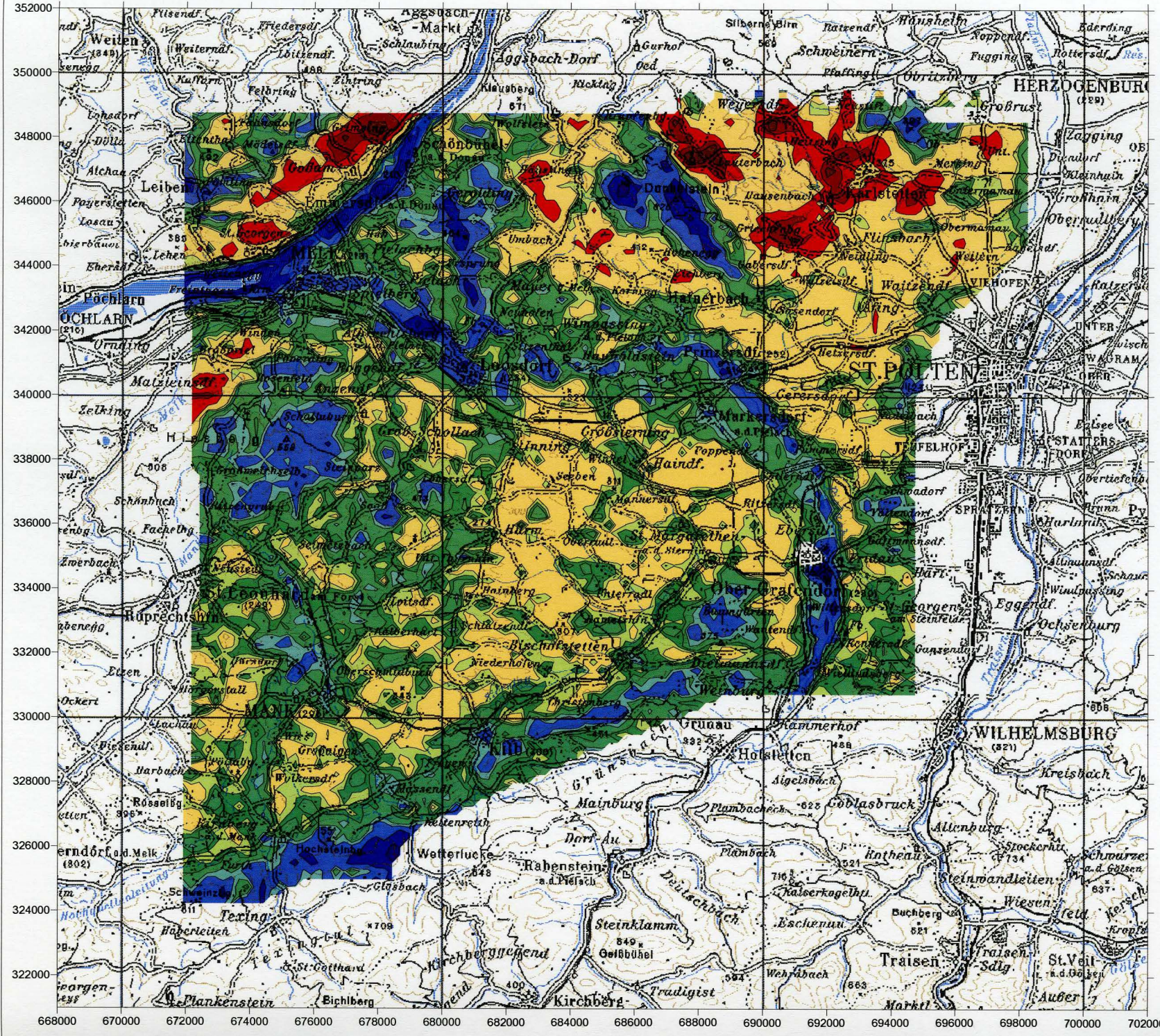
MEßGEBIET:
OBER-
GRAFENDORF
Abb. 16
Meßparameter
KALIUM



Koordinatensystem: Bundesmeldenetz



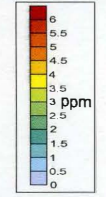
Projektleitung: W. Seibert
 Datenaufnahme: Mlonekka, Heidovitsch
 Datenprocessing: Jochum, Götzl, Winkler, Supper
 Piloten: Lang, Leeb, Nehring,
 Strobl, Wehrle
 Techniker: Beschliesser, Krapik,
 Strümpf, Waldbauer
 Datenaufnahme: 8. 2000
 Fertigstellung: 2. 2002



MEßGEBIET:
OBER-
GRAFENDORF

Abb. 17
 Meßparameter

URAN

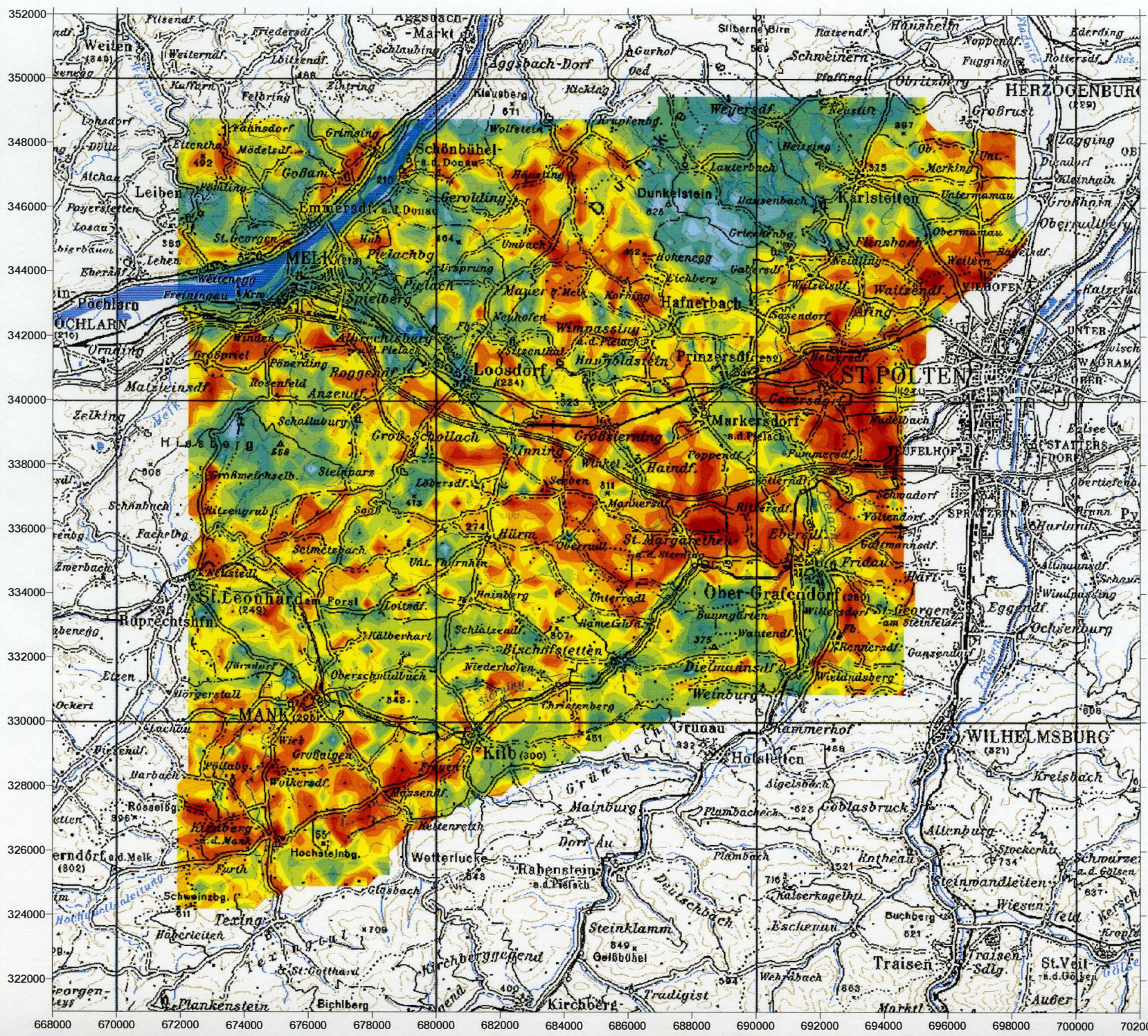


Koordinatensystem: Bundesmeldenetz

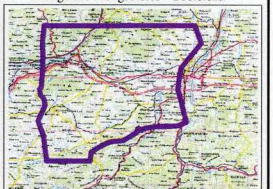
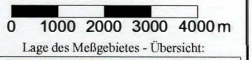
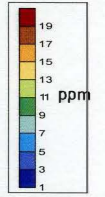


Projektleitung: W. Seiberl
 Datenaufnahme: Mutschka, Hedwitsch
 Datenprocessing: Jochum, Götzl, Winkler, Supper
 Piloten: Lang, Leeb, Nehring,
 Ströbl, Wehrle
 Techniker: Beschliesser, Kropik,
 Strümpf, Waldbauer

Datenaufnahme: 8. 2000
 Fertigstellung: 2. 2002



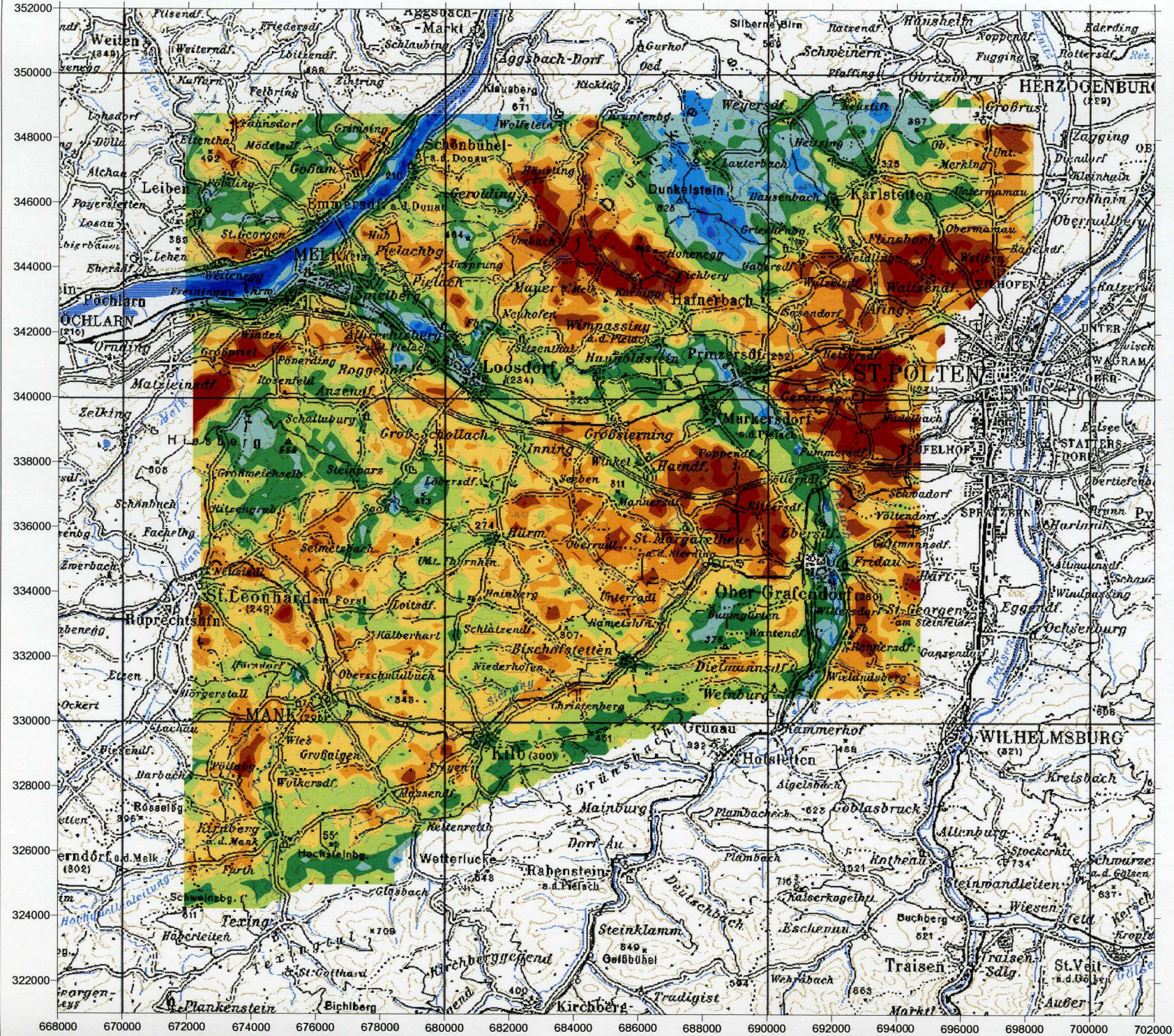
MESSGEBIET:
OBER-
GRAFENDORF
 Abb. 18
 Meßparameter
THORIUM



Koordinatensystem: Bundesmeldenetz



Projektleitung: W. Seiberl
 Datenaufnahme: Mutschka, Haidovitsch
 Datenprocessing: Jochum, Götzl, Winkler, Supper
 Piloten: Lang, Leeb, Nehrung,
 Strobl, Wehrle
 Techniker: Beschliesser, Kropik,
 Strämpf, Waldbauer
 Datenaufnahme: 8. 2000
 Fertigstellung: 2. 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. 16 bis Abb. 18).

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).

4.7 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. Die Amplituden der reflektierten Strahlung, die Oberflächentemperatur, die Rauigkeit und der Bewuchs des Erdbodens werden dann in bestimmten Modellen verarbeitet und liefern als Endprodukt die Bodenfeuchte in Prozent-Wassergehalt. Die „Eindringtiefe“ dieses Verfahrens liegt bei 5-10 cm.

Die Ergebnisse der Bodentemperatur sind in Abb. 19 dargestellt.

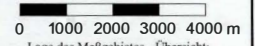
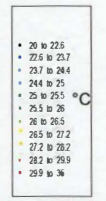
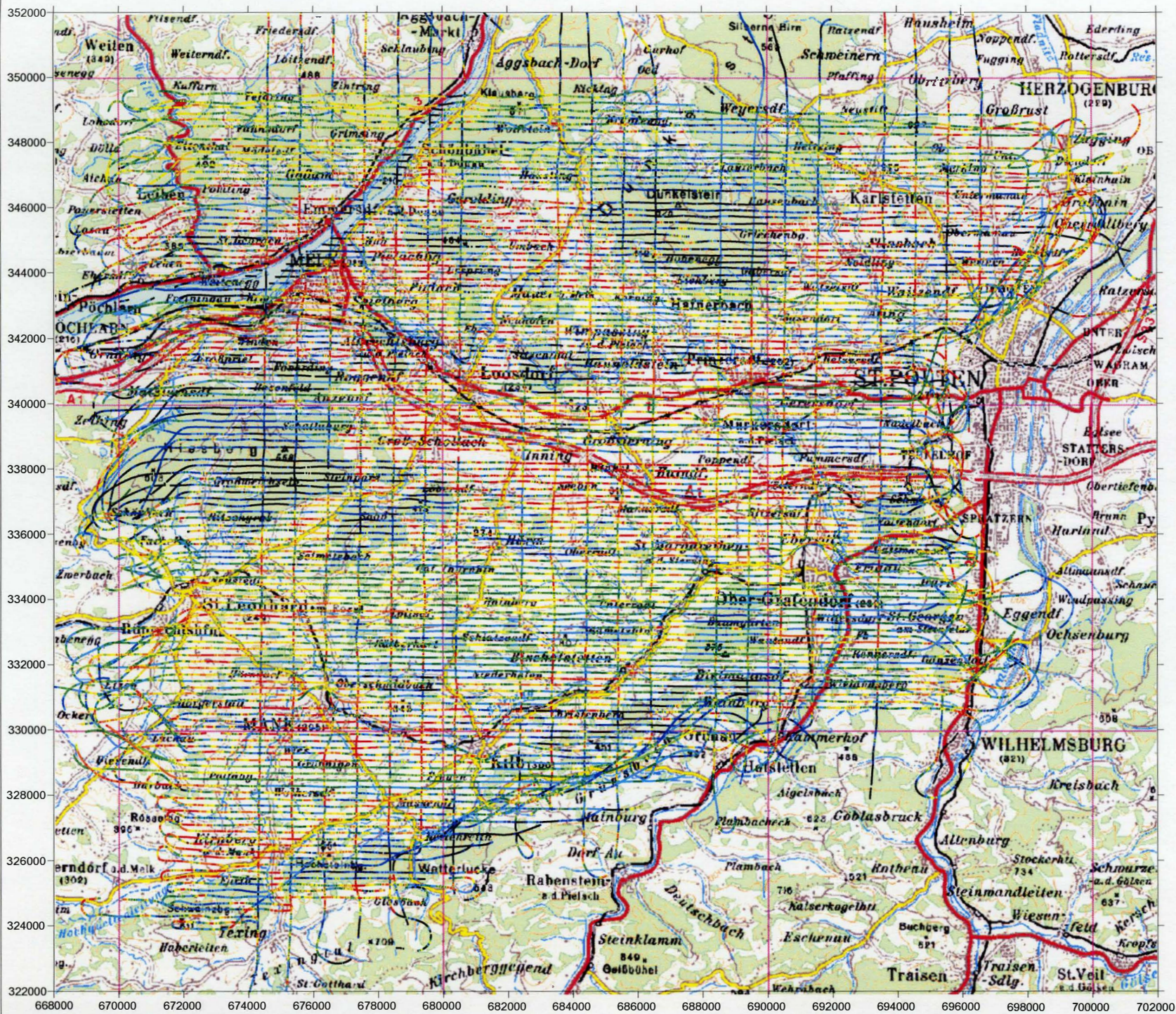
Der Bodenwassergehalt ist von großer Bedeutung für viele hydrologische, agrarmeteorologische, ökologische und biologische Prozesse. Obwohl das Gesamtvolumen an Bodenfeuchte gering ist, kontrolliert der oberflächennahe Wassergehalt den Energieaustausch zwischen dem Erdboden und der Atmosphäre. Die Verbindung der Bodenfeuchte zu Evaporation und Transpiration ist äußerst wichtig zur Vorhersage der reziproken Einflüsse der Erdoberfläche auf das Klima und Wetter.

Die **Anwendungen** liegen daher hauptsächlich im Bereich

- der Land- und Forstwirtschaft
- der Abschätzung von Niederschlagsraten verteilt über weiträumige Gebiete
- des Einsatzes künstlicher Bewässerung:

Es kann sowohl der Zeitpunkt des Beginns - in Zusammenhang mit der mittelfristigen Wetterprognose - als auch die notwendige Dauer der künstlichen Bewässerung ermittelt werden. Dadurch können erhebliche Mengen an Wasser eingespart werden.

- der Ermittlung oberflächennaher Wasserbewegungen.



Koordinatensystem: Bundesmeldenetz



Projektleitung: W. Seiberl
 Datenaufnahme: Motschka, Heidovitsch
 Datenprocessing: Jochum, Götzl, Winkler, Supper
 Piloten: Lang, Leeb, Nehring,
 Srobl, Wehrle
 Techniker: Beschlosser, Kropik,
 Sirämpf, Waldbauer

Datenaufnahme: 8. 2000
 Fertigstellung: 2. 2002



5. Geologie des Meßgebietes und erste Ergebnissdiskussion

Das Messgebiet umfasst den gesamten Nordabschnitt des Kartenblattes 55 Obergrafendorf bis zu einer Linie knapp südlich vom Nordrand der Flyschzone, sowie einen bis zu 5,5 km breiten Streifen der auf der West-, Nord- und Ostseite angrenzenden Kartenblätter 54 Melk, 36 Ottenschlag, 37 Mautern, 38 Krems und 56 St. Pölten.

5.1. Geologische Situation

Das Messgebiet hat im Norden Anteil am Kristallinmassiv der Böhmisches Masse (MATURA, 1984). Im Nordosten nimmt der Granulit des Dunkelsteiner Waldes mit eingeschalteten Serpentinikörpern eine riesige Flächen ein. Diese wird gegen Südosten von einem NW-SE-streichenden Serpentinband, und daran anschließend zwei breiten Zonen aus Amphibolit und leukokrater Migmatitgneis begleitet. Diese Gesteinsabfolge ist im Bereich E' Schönbühel a.d. Donau an mehreren SW-NE-Störungen staffelartig versetzt. Alle diese Gesteine werden zur Gföhl-Einheit gerechnet.

Das übrige Kristallinreal südlich der Donau zählt zur Drosendorf-Einheit („Bunte Serie“). Diese umfaßt hier neben dem flächenmäßig dominierenden, meist migmatitischen Paragneis auch Kalksilikatgneis, Marmor, Graphit, Amphibolit, Quarzsyenit-Gneis, migmatitischen Granitgneis und untergeordnet andere Gesteine. Im Nahbereich der Diendorfer Störung, die das Messgebiet im Nordwesten durchzieht, ist außerdem der Granit von Zelking, der mit dem Südböhmischen Pluton in Zusammenhang gebracht wird, verbreitet.

Nördlich der Donau und damit auch der Diendorfer Störung, erstreckt sich die breite Zone des Gföhler Gneises (zur Gföhl-Einheit gehörend) an die im Nordwesten wieder die bunte Gesteinsabfolge der Drosendorf-Einheit anschließt.

Die Sedimente der Molassezone (vgl. dazu FUCHS, 1964, 1972; KRENMAYR, 1995, 1997, 1998, im Druck; MALZER, 1993) greifen buchtartig tief in die Böhmisches Masse ein und bedecken den kristallinen Untergrund an vielen Stellen noch in topographisch unerwartet hoher Position.

Die Schichtfolge beginnt im Oligozän mit der transgressiven Serie Pielacher Tegel – Melker Sande – Älterer Schlier. Beim Pielacher Tegel (Kiscellium – Egerium) handelt es sich um schwarze und bunt-fleckige Tone mit Kohleflözen eines limnischen bis randmarinen Faziesbereiches. Sie verzahnen beckenwärts und gegen Hangend mit den Melker Sanden (Kiscellium – Egerium), das sind quarzreiche, mittel-grobkörnige marine Sande ohne pelitische Zwischenlagen die im Küsten und Schelfbereich gebildet wurden. Der Ältere Schlier (Egerium) stellt die zugehörige feinkörnige Beckenfazies dar. Die oligozänen Sedimente sind an den Umkreis der Kristallinauftragungen gebunden. Eine Ausnahme bildet dabei nur der tektonisch bedingte Aufbruch von Älterem Schlier an der St. Pöltener Störung bei Uttendorf. Diese Störung zieht vom NW' Stadtrand von St. Pölten in WSW' Richtung bis

nach Klein-Schollach und ist vermutlich in einem Abscherungshorizont innerhalb des Älteren Schliers eingewurzelt.

Das Eggenburgium wird am Molassenordrand durch eine Schichtlücke mit einer deutlich erosiven Diskordanz vertreten, während entlang des Nordrandes der Flyschzone eine bis zu drei Kilometer breite Zone mit Sandstein-führendem Schlier des Eggenburgiums (entsprechend der Hall-Formation in Oberösterreich) vorhanden ist.

Den Abschluß des marinen Tertiärs bilden die faziell reich differenzierten Sedimente des unteren Ottnangiums. Im Becken handelt es sich um eine stark siltig-feinsandige Schlierfazies mit seltenen Sandsteineinschaltungen, zwischen Prinzersdorf und dem Massivrand ist die Sand-Schlier-Wechselagerung der Prinzersdorf-Formation entwickelt. Die fein- bis mittelkörnigen Sande wurden in breiten, flachen Rinnen und auf flachen Schelfarealen mit Gezeitentätigkeit abgelagert. Sie stehen lateral und gegen Hangend mit der teilweise grobklastischen Mauer-Formation in Verbindung. Diese besteht in ihrem zentralen Verbreitungsgebiet, der Bucht von Mauer und Korning, aus kristallinen Megabrekzien mit bis zu 6 m großen Einzelkomponenten und einer völlig chaotischen Internstruktur. Die Brekzien verzahnen allerdings lateral mit kiesigen, sandigen und pelitischen Sedimenttypen die sich in ihrer Ausbildung nicht von der Prinzersdorf-Formation und der unterottnangischen Schlierfazies unterscheiden.

Die tektonische Einengung der Molassesedimente am Südrand des Beckens macht sich in Form von Faltungen und ausgeprägten Schichtverstellungen bis maximal vier Kilometer nördlich vom Flyschrand bemerkbar. Der übrige Bereich kann der weitgehend ungestörten Vorlandmolasse zugerechnet werden.

Die Dokumentation der terrestrischen Geschichte des Messgebietes beginnt mit den hochgelegenen plio-pleistozänen Kieskörpern der Donau, die im Raum südlich und östlich von Melk verbreitet sind. Die weitgespannte Hochfläche zwischen Pielach und Traisen entspricht dem Niveau des Älteren Deckenschotters, der Kieskörper selbst ist allerdings maximal wenige Meter dick, die auflagernde Lößlehmdecke erreicht allerdings mehrere Meter Mächtigkeit. Analoge Verhältnisse zeigen sich bei der Hochfläche um Feilendorf, die dem Niveau des Jüngeren Deckenschotters angehört. Ein großer Kieskörper mit der derselben stratigraphischen Zuordnung nimmt einen Teil der Hochfläche W' Spielberg, im Stadtgebiet von Melk ein, in diesem Falle ohne Lößüberdeckung. Eine große Hochterrassenfläche der Pielach, die von Löß nahezu völlig verhüllt wird, ist zwischen Ritzersdorf und Großsierning erhalten. Zur Ausbildung einer Niederterrassenstufe kam es im Pielachtal nicht.

Große Bedeutung hat die in weiten Teilen des Messgebietes anzutreffende, teils sehr mächtige Löß- und Lößlehmbedeckung die östlich und südlich von Melk auch hoch auf die umliegenden Kristallinareale hinauf- bzw. weit ins Tertiärhügelland hineinreicht. Dabei

verzahnen der Löß- und Lößlehm mit den Verwitterungs- und Hangfußlehmen rund um die Anhöhen aus kristallinen und tertiären Gesteinen.

5.2. Erste Beurteilung der aerogeophysikalischen Meßwerte

Radiometrie

Radiometrie/Kalium

Zuordnung der Messwerte zum Untergundaufbau

0,5-2,2%: flußnahe Talalluvionen im Bereich von Donau und Pielach, Hollenburg-Karlstettener Konglomerat (Waldgebiet), größere Waldgebiete über Flysch und Tertiär (z.B. das Hochholz SW' Obergrafendorf, Jüngere Deckenschotter ohne Lößbedeckung bei Melk, Ortsgebiete (z.T.);

Waldgebiete im Kristallin: Amphibolitzüge, Serpentinzüge, Kalksilikatgneis, Drosendorf-Einheit (v.a. Paragneise) am Hiesberg und Maisberg.

2,2-3,0%: flußfernere Talalluvionen im Donau- und Pielachtal, Talalluvionen des Zettelbaches, z.T. auch des Sierningbaches (Einzugsgebiete ausschließlich in der Flysch- und Molassezone), Ortsgebiete (z.T., z.B. Geresdorf und Eggsdorf), Flysch (Freilandgebiete), kleinere Waldgebiete über Tertiär, z.T. aber auch Freiland über Tertiär und Löß/Lehm-Untergrund (z.B. S' Melk, W' Inning, S' vom Hürmbach);

Waldgebiete im Kristallin: Drosendorf-Einheit (z.B. am Maisberg und in der W' Lochau – Pielachdurchbruch);

Freilandgebiete im Kristallin: Gföhler-Gneis (nur die schmalen Streifen, i.e. Felswände, am Steilhang zur Donau).

3,0-4,0%: Großteil der unbewaldeten Tertiär- und Löß/Lößlehmgebiete;

Kristallinareale bewaldet und Freiland: Granulit, Drosendorf-Einheit (z.B. die Kristallinriegel zwischen Hohenegg und Öed, Scheiben, Paragneisareal SW' Nölling und bei Eichberg).

4,0-6,0%: Freilandbereiche im Kristallin: im Granulit (Lauterbach, Griechenbergr, Karlstetten), Gföhler Gneis (N' Goßam, Dachberg N' St. Georgen) und Drosendorf-Einheit (z.B. E' Gerolding, Hengstberg);

Waldgebiete im Kristallin: Zelkinger Granit E' von Matzleinsdorf;

einzelne kleine Felder sind nicht zuordenbar.

Interpretation

Allgemein fällt auf, dass die Vegetation (Wald und Freilandgebiete) einen sehr großen Einfluß auf die Verteilung der Meßwerte nimmt. Mit Ausnahme von flußnahen Talalluvionen und manchen Ortsgebieten finden sich die niedrigen Messwerte ausschließlich im Bereich großer Waldgebiete, sowohl im Kristallin, als auch in Molasse- und Flyschzone.

Die Talalluvionen von Flüssen deren Einzugsgebiet nicht in die Kalkalpen hineinreicht und ihr Material nur aus der sandstein- und pelitreichen Flysch- und Molassezone beziehen, zeigen höhere Messwerte, da das Kalium hauptsächlich an Tonminerale und Feldspäte gebunden ist. Gleichhohe Werte zeigen auch Freilandgebiete über der Flyschzone und einzelne Gebiete über Tertiär- und Löß/Lößlehmgebieten (ev. handelt es sich hierbei um Gebiete mit einer unüblich geringen Kalium-Düngung).

Trotz ihres Reichtums an kristallinem Blockwerk sind im Verbreitungsgebiet der Mauer-Formation keine im Vergleich zum übrigen Tertiär erhöhten Messwerte feststellbar.

Die tendenziell niedrigeren Messwerte im Flysch im Vergleich zur Molasse könnten mit niedrigeren Tonanteilen im Flysch oder den unterschiedlichen Bewirtschaftungsformen (viel Grünland im Flysch, viel Ackerland in der Molasse) und damit der unterschiedlichen Anwendung von Kalium-Dünger zusammenhängen.

Die bereits relativ hohen Messwerte von 3-4%, die den Großteil der Tertiär- und Löß/Lößlehm-Gebiete kennzeichnen spiegeln den hohen Tonanteil dieser Sedimente wider.

Der hohe Anteil von Feldspäten im Granulit, dem Gföhler Gneis und in den Paragneisen kommt nur in den Freilandgebieten deutlich zum Ausdruck. Eine Ausnahme bildet der Zelkinger Granit, der offenbar ganz besonders reich an Kalium ist und trotz Bewaldung hohe Messwerte liefert.

Radiometrie/Thorium und Uran

Zuordnung der Messwerte zum Untergrunderbau -Thorium

1-3 ppm: nur auf den Wasserflächen der Donau.

3-9 ppm: flußnahe Alluvionen – z.T. in Überschneidung mit Ortsgebieten (z.B. Loosdorf, Melk, Obergrafendorf, Prinzersdorf), Hochholz (großes Waldgebiet über tertiärem Schlier), Melker Sande und plioleisztäne Kiese am Wachberg bei Melk, Melker Sande am N' Maisberg (Waldbedeckung);

Kristallin bewaldet: Serpentin, Granulit und Amphibolit (Dunkelsteiner Wald und Brackersberg NW' Mauer), Paragneisareal am Hiesberg.

9-13 ppm: flußferneres Alluvium der Pielach, kleinere Ortschaften (z.B. Geresdorf, Hürm, Kilb, Mank), z.T. Löß/Lehmareale (z.B. E' Johanneskreuz und rundum Hafnerbach), fleckig

verteilte Areale im Schlierhügelland v.a. im Südwesten, oft im Zusammenhang mit kleinen Waldgebieten, sowie ein auffallendes Gebiet bei Haindorf (Freiland!), Flyschzone (mit nur undeutlicher Differenzierung nach Freiland oder Wald);

Kristallin im Freiland: Granulit bei Griechenberg

Kristallin im Wald: Fladnitztal N' der Flinsbacher Höhe, Paragneis am Hiesberg und Maisberg (Wald und Freiland), Amphibolitzüge in Paragneisen westlich Mauer.

13-19 ppm: vor allem die Löß- und Lößlehmareale und das tertiäre Hügelland mit geringeren Werten im SW;

einheitlich hohe Messwerte finden sich unabhängig von der Vegetation auch in dem geologisch und topographisch stark differenzierten Gebiet zwischen Hafnerbach und Gerolding (Lehm, Löß, Mauer-Formation, Drosendorf-Einheit mit Paragneis, Marmor, Amphibolit und Alkalifeldspat-Quarzsyenitgneis).

Hohe Werte trotz Bewaldung zeigt auch der Zelkinger Granit.

Zuordnung der Messwerte zum Untergrunderbau - Uran

Uran zeigt eine sehr ähnliche Verteilung wie Thorium, allerdings mit einer geringeren Akzentuierung (ppm-Werte bewegen sich nur zwischen 0,5-6,0 ppm).

Interpretation (Thorium und Uran)

Über Waldgebieten ist die Strahlung so wie beim Kalium deutlich, die Konturen der Waldflächen und der durch die Interpolation der Messwerte ermittelten Polygone sind aber im Detail stark abweichend.

Thorium und Uran sind v.a. an Monazit, untergeordnet auch an Zirkon gebunden. Diese Minerale stammen ursprünglich aus bestimmten kristallinen Gesteinen und reichern sich dank ihrer hohen Verwitterungsstabilität in Sedimenten an. Aufgrund der Kleinheit ihrer Kristalle eignen sie sich trotz des hohen spezifischen Gewichtes auch hervorragend für den äolischen Transport, wodurch die hohen Strahlungsintensitäten in den Löß- und Lößlehmgebieten erklärbar ist. Die hohen Messwerte die trotz Waldbedeckung über dem Zelkinger Granit gemessen wurden, bestätigen den primär hohen Gehalt an Monazit in diesem Gestein.

Erwartungsgemäß niedrige Werte zeigen die Alluvionen der Pielach mit ihrem hohen Anteil an kalkalpinem Material.

Die Sedimente des Schlierhügellandes im Süden der Molassezone sind zu großen Anteilen aus umgelagerten Flyschsedimenten entstanden. Die dabei stattfindende Konzentration der

stabilen Schwerminerale könnte die Ursache für die spürbar höheren Messwerte in der Molasse- im Vergleich zur Flyschzone sein.

Die Strahlungsminima über Melker Sanden lassen sich mit dem relativ zu den Feinkornsedimenten niedrigeren Schwermineralgehalt erklären. Eine schlüssige Erklärung für die hohen Messwerte in dem geologisch inhomogenen Gebiet zwischen Hafnerbach und Gerolding, sowie für die auffallend niedrigen Werte bei Haendorf (besonders auf der Südflanke des Kühberges) kann nicht gegeben werden.

Radiometrie/Dosisleistung

In der Verteilungskarte der Dosisleistung macht sich der Einfluß der Waldgebiete besonders mass bemerkbar. Beispielsweise bei Griechenberg verursacht die Waldbedeckung über dem Granulit einen Abfall der Dosisleistung von über 140 nSv/h auf 70 nSv/h.

Auch die Flusstäler, besonders jenes der Pielach, treten besonders deutlich hervor.

Magnetik

In der Karte der magnetischen Totalintensität sind die Serpentin- und Amphibolitzüge des Dunkelsteiner Waldes als hochmagnetisierte Bereiche sehr gut zu erkennen. Dies macht es erstmals möglich den weiteren Verlauf dieser Gesteinszüge unter der Tertiär- und Quartärbedeckung des Gebietes um Watzelsdorf-Neidling-Flinsbach nachzuvollziehen. Der S-förmige Verlauf der hochmagnetisierten Zone zwischen dem Abtauchen des Kristallins bei Sasendorf und dem N' Ortsrand von St. Pölten belegt ein Art Schlingentektonik im kristallinen Untergrund und einen direkten Zusammenhang des Serpentinbandes an der Basis des großen Granulitkörpers im Dunkelsteiner Wald mit dem kleinen Serpentinorkommen der Flinsbacher Höhe. Auch das Schichtstreichen und die Gesteinstypen in den kleinen Kristallinauftragungen bei Pultendorf, im Fuchsenwald und am Kaibling (N' Waitendorf) passen perfekt in dieses Bild.

Auch die durch die Oberflächenkartierung belegten Serpentinikörper in der Umgebung von Karlstetten und NE' Schönbühel an der Donau bilden sich als hochmagnetisierte Bereiche ab. Gleiches gilt für die Amphibolitzüge W' der Bucht von Mauer und bei Gerolding. Der relativ prominente Amphibolitzug NW' Wimpassing hingegen tritt nicht in Erscheinung. Die positiven Anomalien im Bereich der lößbedeckten Hochfläche von Hub (E' Melk) und jene N' Rohr sind auch am ehesten durch Amphibolitkörper in den Paragneisen verursacht.

Die Anomalien beim Kraftwerk Melk und entlang der Westbahn sind sicher durch technische Anlagen bedingt. Die kleinen Anomalien bei Pielach, Neubach, S' Markersdorf und N' Nadelbach könnten mit Deponien in Zusammenhang stehen.

Die bedeutenden positiven Anomalien im Bereich des Hiesberg- und Maisbergmassivs, bzw. südlich davon und ihre mögliche geologische Ursache wird in W. SEIBERL & P. SLAPANSKY (2002) ausführlich behandelt.

NW' von Bischofstetten liegt das Zentrum einer schwach positiven Anomalie (30 nT) mit einer ringförmigen Struktur die im Süden, an der Überschiebungsfront der Flyschzone, abgeschnitten erscheint. Ihre geologische Ursache kann im kristallinen Untergrund des Molassebeckens angenommen werden, ist aber ansonsten nicht bekannt.

Elektromagnetik (Widerstand von 7200 Hz, Homogener Halbraum)

Die großen geschlossenen Kristallinareale (Dunkelsteiner Wald, Westrand der Bucht von Mauer, Kristallin des Pielachdurchbruchs (Lochau), Hiesberg-Maisberg-Massiv) sind als grobkonturierte Hochwiderstandsbereiche erkennbar. Die Streichrichtung der Gesteinszüge wird dabei durch die interne Gliederung der Hochwiderstandsbereiche nicht abgebildet. Kleinere Kristallinareale (z.B. SE' Untergraben oder bei Gerolding) sowie langgezogene, schmale Kristallinausbisse entlang von Talflanken (Donau- und Pielachtal, Siechenbach) sind meist nicht erkennbar. Eine Ausnahme bildet die kleine Kristallinaufragung bei Pultendorf.

Die Ursache mehrerer kleiner Hochwiderstandszonen im Bereich unterschiedlicher Schichtglieder der Tertiär- und Quartärgebiete (Wachberg bei Melk, W' Mitterradl, N' Gattmannsdorf, zwischen St. Haus und Dangelsbach) ist ungeklärt.

Die zum Teil kleinen Sedimentbecken innerhalb der Kristallinareale (Bucht von Mauer, Bucht von Korning, Areal N' Rannersdorf, Tertiärfurche Sooß-Steinparz-Eisguggen, Melker Sande S' der Schallaburg) sind, wenn auch mit recht ungenauer Kontur, deutlich erkennbar.

Die Flyschzone hebt sich gegen die Molassezone durch etwas höhere Widerstände ab.

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

FUCHS, W., 1964: Tertiär und Quartär der Umgebung von Melk. – Verh. Geol. B.-A., 1964, 283-299, Wien.

FUCHS, W., 1972: Tertiär und Quartär am Südostrand des Dunkelsteiner Waldes. – Jb. Geol. B.-A., 115, 205-245, Wien.

KRENMAYR, H.G., 1995: Bericht 1994 über geologische Aufnahmen im Tertiär auf Blatt 55 Obergrafendorf. – Jb. Geol. B.-A., 138/3, S. 486, Wien.

KRENMAYR, H.G., 1997: Bericht 1996 über geologische Aufnahmen im Tertiär und Quartär auf Blatt 55 Obergrafendorf. – Jb. Geol. B.-A., 140/3, 294-296, Wien.

KRENMAYR, H.G., 1998: Bericht 1997 über geologische Aufnahmen im Tertiär und Quartär auf Blatt 55 Obergrafendorf. – Jb. Geol. B.-A., 142/3, 258-260, Wien.

KRENMAYR, H.G., im Druck: Bericht 2000 über geologische Aufnahmen im Tertiär und Quartär auf Blatt 55 Obergrafendorf.

KRENMAYR, H.G., im Druck: Bericht 2001 und 2002 über geologische Aufnahmen im Tertiär und Quartär auf Blatt 55 Obergrafendorf.

MATURA, A., 1984: Das Kristallin am Südostrand der Böhmisches Masse zwischen Ybbs/Donau und St. Pölten. – Jb. Geol. B.-A., 127/1, 13-27, Wien.

SEIBERL, W. & SLAPANSKY, P., 2002: Verifizierung und fachliche Bewertung von Forschungsergebnissen und Anomalienhinweisen aus regionalen und überregionalen Basisaufnahmen und Detailprojekten. – Projekt ÜLG-28/00-01, Teil 2, Wien.

MALZER, O. et. al., 1993 : Die Molassezone und deren Untergrund. – In: Brix, F. & Schulz, O.: Erdöl und Erdgas in Österreich. – 2. Aufl., 688 S., Wien (Verl. Naturhist. Museum Wien und F. Berger, Horn).