



GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT



**AEROGEOPHYSIKALISCHE
VERMESSUNG**

der Meßgebiete

**Langen-Doren
und
Schesatobel / VlbG**

Vollzug des Lagerstättengesetzes: Projekt ÜLG-20/01

AEROGEOPHYSIKALISCHE VERMESSUNG

der Meßgebiete

Langen-Doren
und
Schesatobel/Vlbg

von

Wolfgang Seiberl
Klaus Motschka
Martin Heidovitsch
Birgit Jochum
Edmund Winkler
Robert Supper
Andreas Ahl
Herbert Pirkel

Wien, 2002

Geologische Bundesanstalt Wien

INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung.....	4
1. Zielsetzung und Ablauf des Projekts	5
2. Verwendete Meßmethoden und allgemeine Bemerkungen zu aerogeophysikalischen Messungen	6
3. Planung und Durchführung der Vermessung	8
3.1. Meßausrüstung.....	8
3.2. Fluglinien	10
3.3. Durchführung der Messungen	10
3.4. Personal	13
4. Datenverarbeitung und Kartenherstellung	14
4.1. Aufgabe der ADV.....	14
4.2. Datenkontrolle	17
4.3. Flugwegdaten	17
4.4. Elektromagnetische Widerstandskartierung	17
4.5. Isoanomalien der magnetischen Totalintensität (ΔT)	22
4.6. Radiometrische Kartierung	26
4.6.1. Die Quellen der natürlichen Gammastrahlung.....	26
4.6.2. Korrekturen der Meßdaten.....	26
4.6.3. Herstellung der Farbrasterkarten.....	44
4.7 Infrarot und Bodenfeuchte	44
5. Geologie der Meßgebiete und erste Ergebnissdiskussion	50
5.1 Meßgebiet Langen-Doren	50
5.1.1 Geologische Situation.....	50
5.1.2 Erste Beurteilung der aerogeophysikalischen Meßergebnisse .	54
5.2 Meßgebiet Schesatobel	57
5.2.1 Geologische Situation.....	58
5.2.2 Erste Beurteilung der aerogeophysikalischen Meßergebnisse .	61
6. Literatur	66

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Lage der Meßgebiete	5
Abb. 2 Datenfluß des Hubschrauber-Meßsystems	9
Abb. 3: Gammastrahlenspektrometer (Kristall I), Beispiel einer Spektralregistrierung - Cäsiumquelle (^{137}Cs).....	11
Abb. 4: Gammastrahlenspektrometer (Kristall I), Beispiel einer Spektralregistrierung - Thoriumquelle (^{208}Tl).....	12
Abb. 5: Lage der Flugprofile (Langen-Doren).....	15
Abb. 6: Lage der Flugprofile (Schesatobel).....	16
Abb. 7: Widerstand der 1. Schicht im Meßgebiet von Langen-Doren	19
Abb. 8: Widerstand der 2. Schicht im Meßgebiet von Langen-Doren	20
Abb. 9: Mächtigkeit der 1. Schicht im Meßgebiet von Langen-Doren.....	21
Abb. 10: Isoanomalien der magnetischen Totalintensität von Langen-Doren	23
Abb. 11: Isoanomalien der magnetischen Totalintensität von Schesatobel	24
Abb. 12: Die aeromagnetische Karte der Republik Österreich	25
Abb. 13a - e: Darstellung der Korrekturschritte in der Gammastrahlenspektrometrie.....	27
Abb. 14: Beispiel eines Gammastrahlenspektrums (MeV) im Bereich des Flugfeldes Aigen im Ennstal	31
Abb. 15: Topographie im Meßgebiet von Langen-Doren	32
Abb. 16: Topographie im Meßgebiet von Schesatobel.....	33
Abb. 17: Dosisleistung im Meßgebiet von Lange-Doren	34
Abb. 18: Dosisleistung im Meßgebiet von Schesatobel.....	35
Abb. 19: Cäsiumverteilung im Meßgebiet von Langen-Doren	36
Abb. 20: Cäsiumverteilung im Meßgebiet von Schesatobel.....	37
Abb. 21: Kaliumverteilung im Meßgebiet von Langen-Doren.....	38
Abb. 22: Kaliumverteilung im Meßgebiet von Schesatobel	39
Abb. 23: Uranverteilung im Meßgebiet von Langen-Doren	40
Abb. 24: Uranverteilung im Meßgebiet von Schesatobel	41
Abb. 25: Thoriumverteilung im Meßgebiet von Langen-Doren.....	42
Abb. 26: Thoriumverteilung im Meßgebiet von Schesatobel.....	43

Abb. 27: Bodentemperatur im Meßgebiet von Langen-Doren	46
Abb. 28: Bodentemperatur im Meßgebiet von Schesatobel	47
Abb. 29: Bodenfeuchte im Meßgebiet von Langen-Doren	48
Abb. 30: Bodenfeuchte im Meßgebiet von Schesatobel	49
Abb. 31: Molassezone östlich Bregenz/Vorderer Bregenzer Wald; Ausschnitt aus „Geologisch- tektonische Übersichtskarte von Vorarlberg 1:200.000“ (OBERHAUSER & RATAY 1998).....	50
Abb. 32: Tektonischer Schnitt durch die westliche Molassezone; aus OBERHAUSER & RATAY 1998	51
Abb. 33: stratigraphisch-fazielle Abfolge der westlichen Molassezone; aus: OBERHAUSER 1980	51
Abb. 34: Höchststand des Würmgletschers in der Bodenseeregion; aus: SCHREINER 1992.	53
Abb. 35: IR-Falschfarben-Orthofoto des oberen Schesa-Einzugsgebiets und des Abbruchkessels mit aktuellem Abfluss-System	57
Abb. 36: Ausschnitt aus der Geologischen Karte des Rätikon (HEISSEL, OBERHAUSER, REITHOFER & SCHMIDEGG 1965).....	58
Abb. 37: Klassifizierung der Oberflächenabflüsse bei Starkregen im oberen Einzugsgebiet der Schesa	60
Abb. 38: Einzugsgebiet des Mühlebachs (oben) und der oberen Schesa; Waldflächen grün.	62
Abb. 39: Schesatobel - Elektromagnetik Messung 1995 / scheinbarer Widerstand 7200Hz...	65

Zusammenfassung

Das komplexe aerogeophysikalische Vermessungsprogramm im Bereich der Meßgebiete Langen-Doren und Schesatobel hat teilweise zur Klärung geologischer Fragen betreffend der in diesen Gebieten auftretenden Massenbewegungen beigetragen.

In beiden Meßgebieten können an Hand der gammaspektrometrischen Messungen – insbesondere durch die Kaliumverteilung – einerseits tonreiche Quartärsedimente von den sandstein- und nagelfluhreichen Serien (Meßgebiet Langen-Doren) und andererseits die tonreiche Arosazone von kalkalpinen Serien (Meßgebiet Schesatobel) deutlich unterschieden werden.

Ebenso konnten über die Widerstandsverteilung in beiden Meßgebieten sehr plausible Tiefenmodelle für verschiedene Fragestellungen, wie die Erfassung von Grundmoränenpaketen (Meßgebiet Langen-Doren) aber auch Feuchtflächen (Meßgebiet Schesatobel) erarbeitet werden.

Es wird empfohlen durch Geländebegehungen, aber auch durch bodengeoelektrischer Meßverfahren die Ergebnisse in beiden Meßgebieten zu verifizieren.

1. Zielsetzung und Ablauf des Projekts

Mit der Hubschrauber-geophysikalischen Vermessung der Meßgebiete Langen-Doren und Schesatobel/Vlbg sollen in erster Linie geowissenschaftliche Beiträge zur

- Erkundung und Kartierung von hangrutschgefährdeten Gebiete

sowie zur

- Unterstützung der regionalen geologischen Kartierung

erstellt werden.

Die Meßflüge in den genannten Meßgebieten - die Lage der Meßgebiete kann der Abb. 1 entnommen werden - fanden im Sommer 2001 statt. Dabei wurde ein temporärer Hubschrauberlandeplatz bei Bludesch eingerichtet. Mit der Herstellung erster Ergebniskarten wurde im Herbst 2001 begonnen. Die Fertigstellung letzterer wurde im Sommer 2002 abgeschlossen.

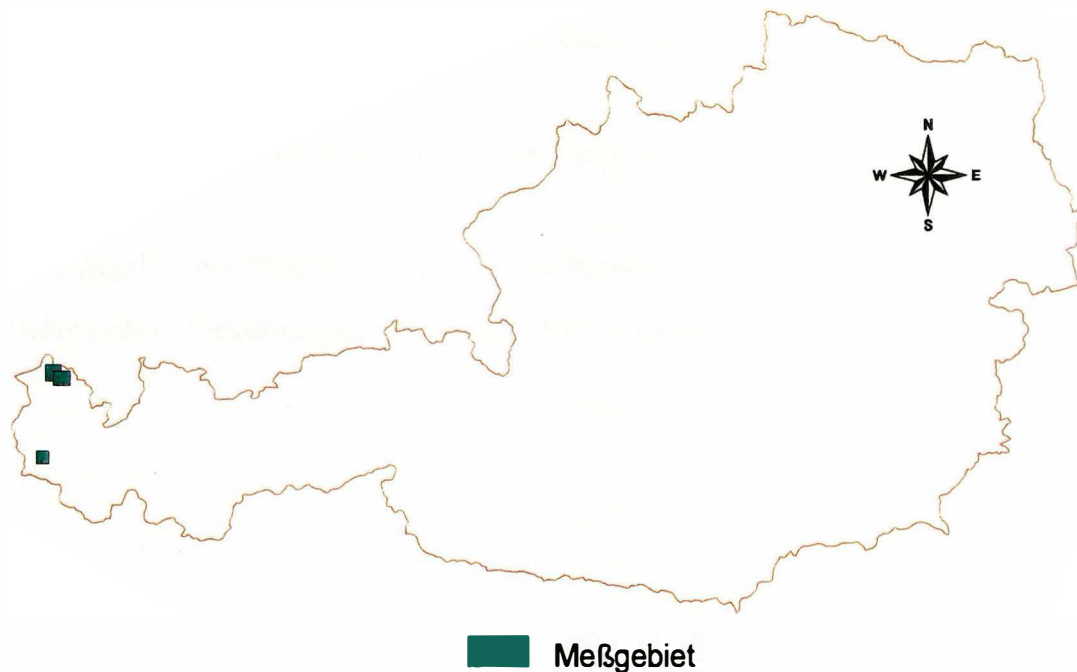


Abb. 1: Lage der Meßgebiete

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 in den Meßgebieten Langen-Doren und Schesatobel wurde der Profilabstand mit 100 m 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 Langen-Doren und Schesatobel 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 Meßflughdurchführung 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.

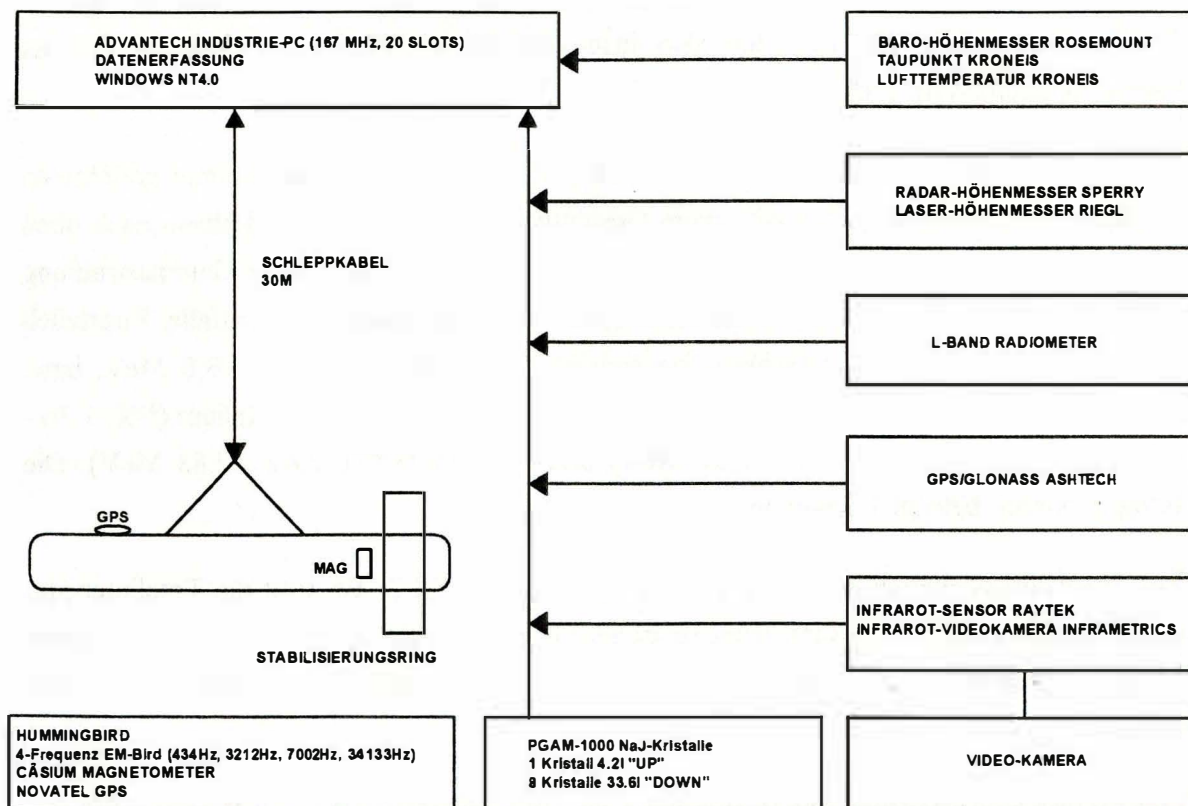


Abb. 2 Datenfluß des Hubschrauber-Meßsystems

3.2. Fluglinien

Flugrichtung: Folgende Richtung wurde für die Fluglinien gewählt:

Langen-Doren: 20° bzw 200° (Langen) sowie 0° bzw 180° (Doren)

Schesatobel: 40° -220°

Für die später folgende Datenverarbeitung wurden in den Meßgebieten entsprechende Kontrollprofile vermessen, die die Meßprofile möglichst im rechten Winkel schneiden sollten.

Abstand: Der Soll-Abstand der Meßprofile beträgt 100 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.

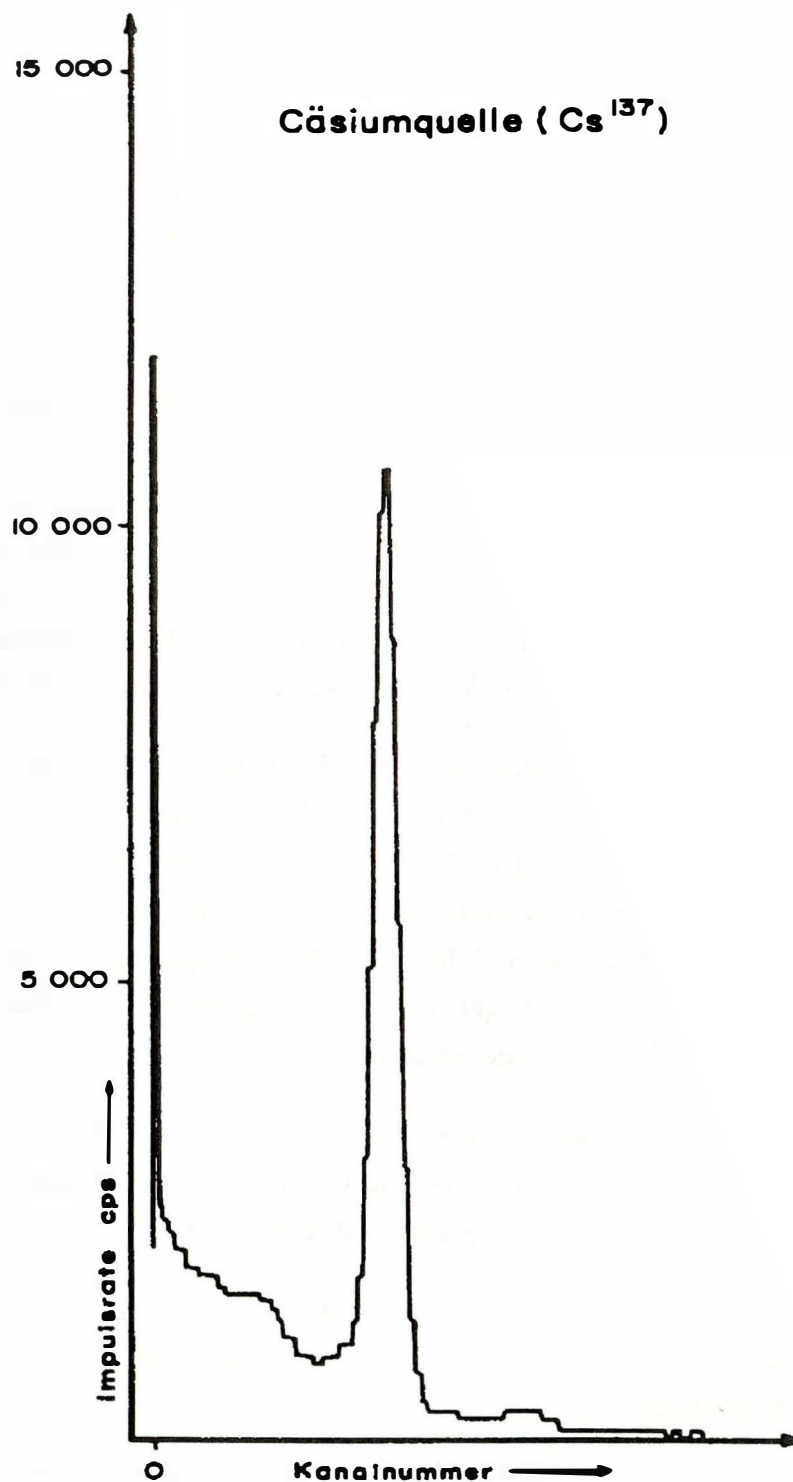


Abb. 3: Gammastrahlenspektrometer (Kristall I), Beispiel einer Spektralregistrierung - Cäsiumquelle (¹³⁷Cs)

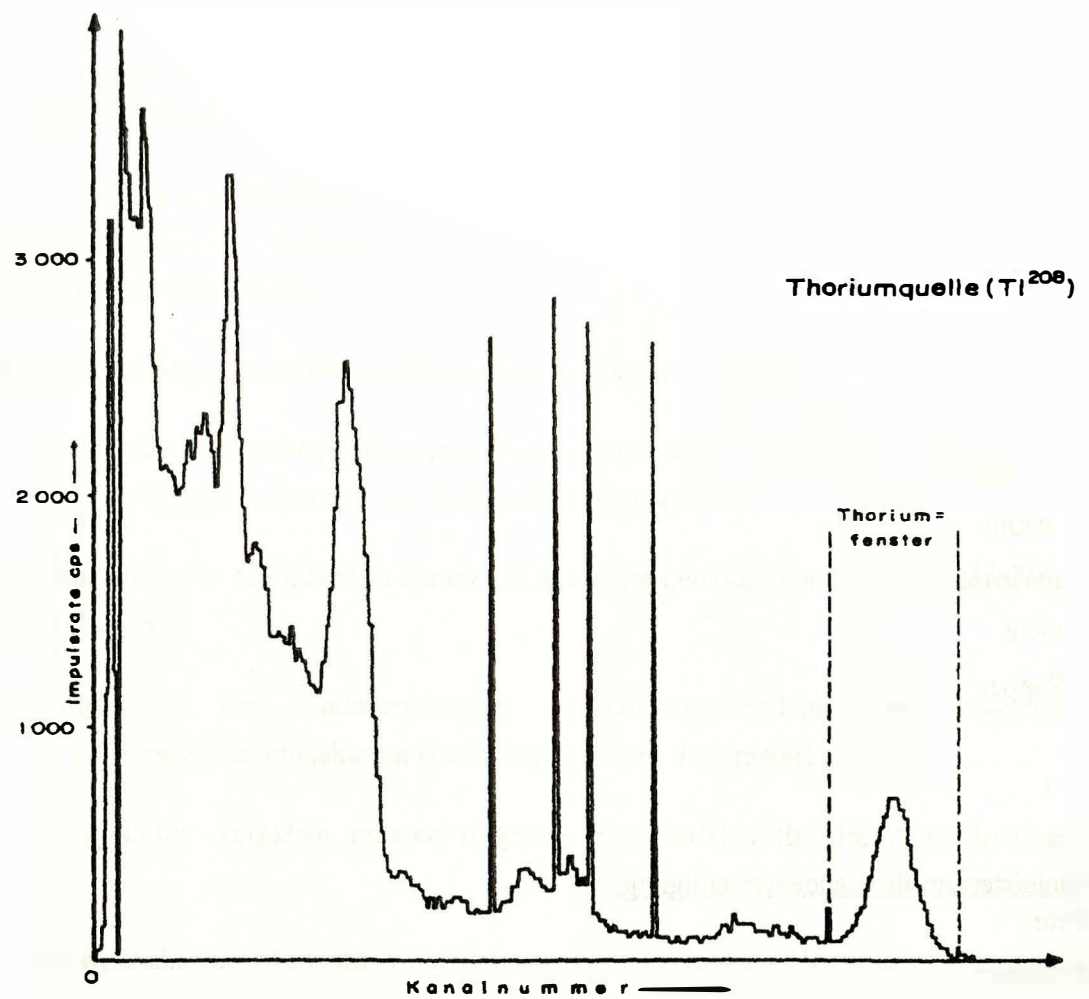


Abb. 4: Gammastrahlenspektrometer (Kristall I), Beispiel einer Spektralregistrierung - Thoriumquelle (²⁰⁸Tl)

3.4. Personal

An der Durchführung der aerogeophysikalischen Arbeiten in den Meßgebieten Lagngen-Doren und Schesatobel waren folgende Personen beteiligt:

Geologische Bundesanstalt / Universität Wien:

Univ. Prof. Dr. Wolfgang Seiberl

Geologische Bundesanstalt:

Martin Heidovitsch

Klaus Motschka

Birgit Jochum

Edmund Winkler

Andreas Ahl

Robert Supper

Bundesministerium für Landesverteidigung:

Lang Peter

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.

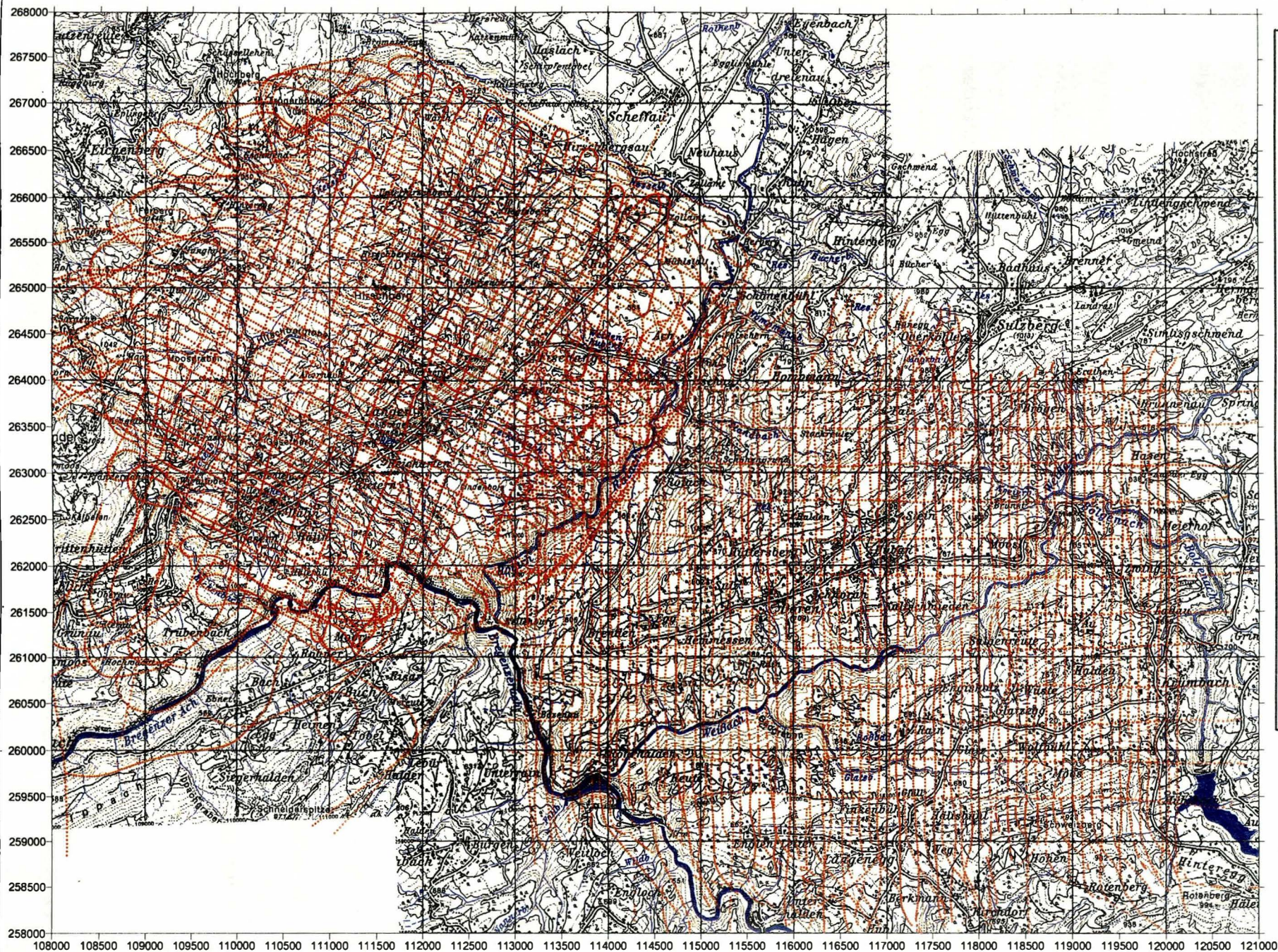
Die Datenverarbeitung hat im wesentlichen drei Aufgaben:

- 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 Bludesch,
- 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.



AERO-GEOPHYSIK
ÖSTERREICH

MEBGEBIET:
LANGEN-DOREN

Abb. 5
 Meßparameter
 LAGE der
 FLUGPROFILE

Meßpunkt

0 250 500 750 1000 m
 Lage des Meßgebietes - Übersicht:

Koordinatensystem: Bundesmeldenetz

N
 W E
 S

Projektleitung: W. Setherl
 Datenaufnahme: Motchka, Moldovitch
 Datenprocessing: Joachim Winkler, Supper
 Piloten: Doppler, Lang, Lorb
 Technik: Beckbauer, Strümpf, Waldner

Datenaufnahme: 7. 2001
 Fertigstellung: 3. 2002

G Geologische Bundesanstalt



AERO-GEOPHYSIK
ÖSTERREICH

MEßGEBIET: **SCHESATOBEL**

Abb. 6:
Meßparameter
LAGE der
FLUGPROFILE



0 250 500 750m 1000

Lage des Meßgebietes - Übersicht:



Koordinatensystem: Bundesmeldenetz



Projektleitung: W. Seibert
Datenaufnahme: M. Bock, H. Haidvöth
Datenverarbeitung: J. Winkler, S. Supper
Flotten: Doppler, Lang, Leeb
Näherung: Grotzl, Wehrle
Technische Bearbeitung: Seifert, Weidner

Datenaufnahme: 1. 2001
Fertigstellung: 2. 2002

G **Geologische Bundesanstalt**

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 und Abb. 6) 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).

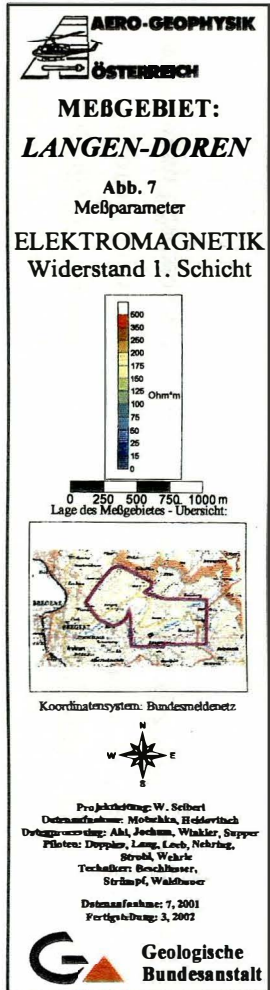
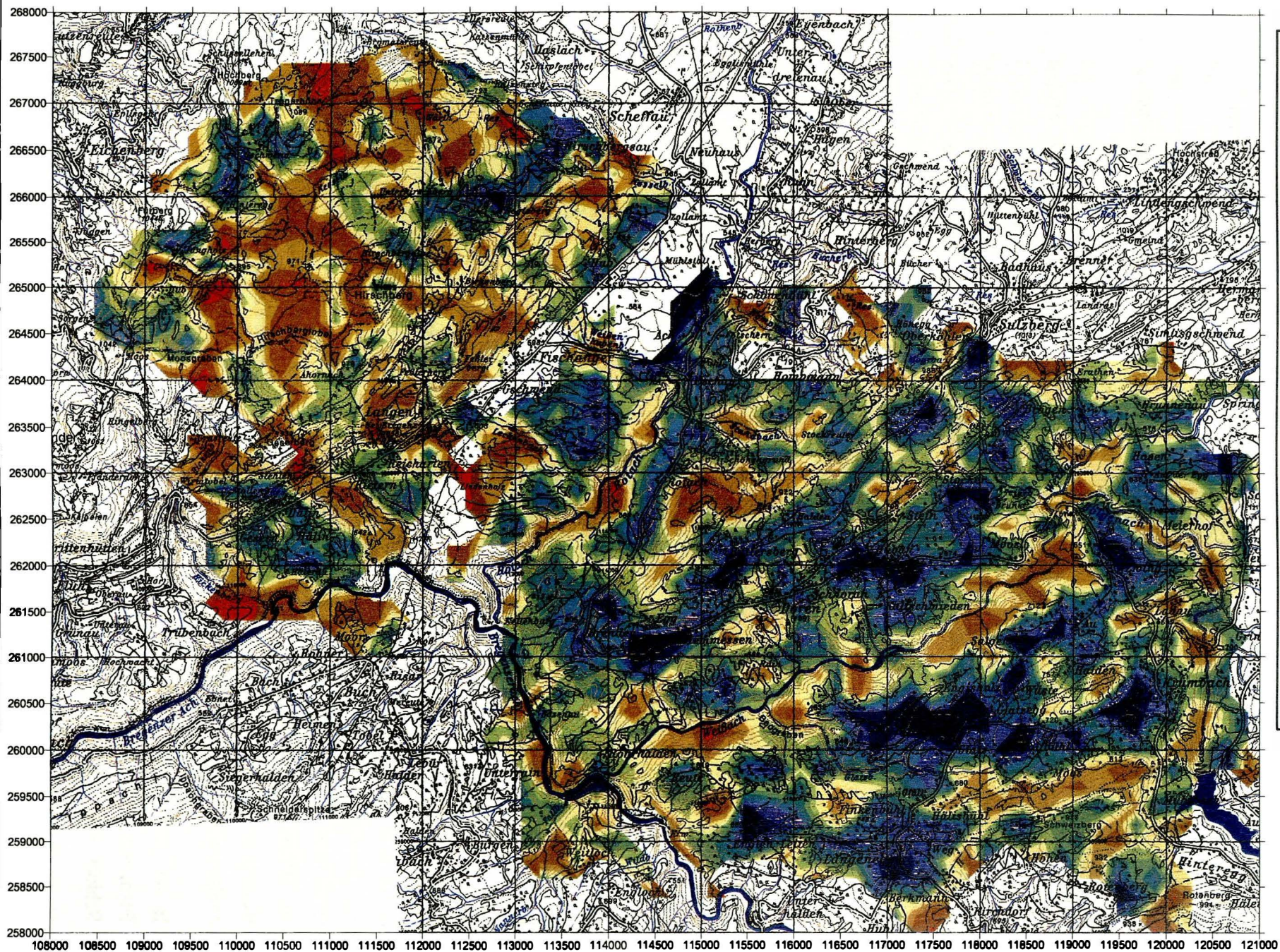
oder in

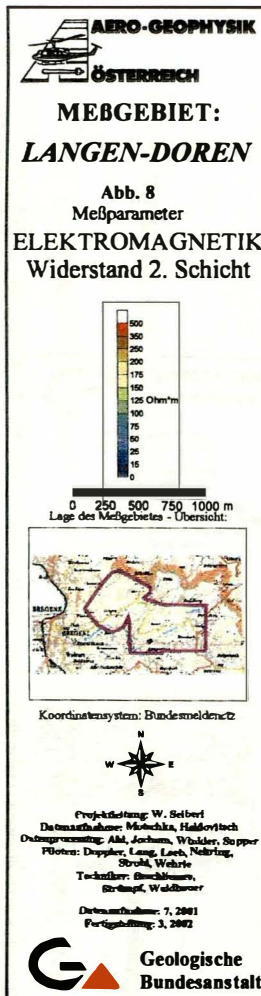
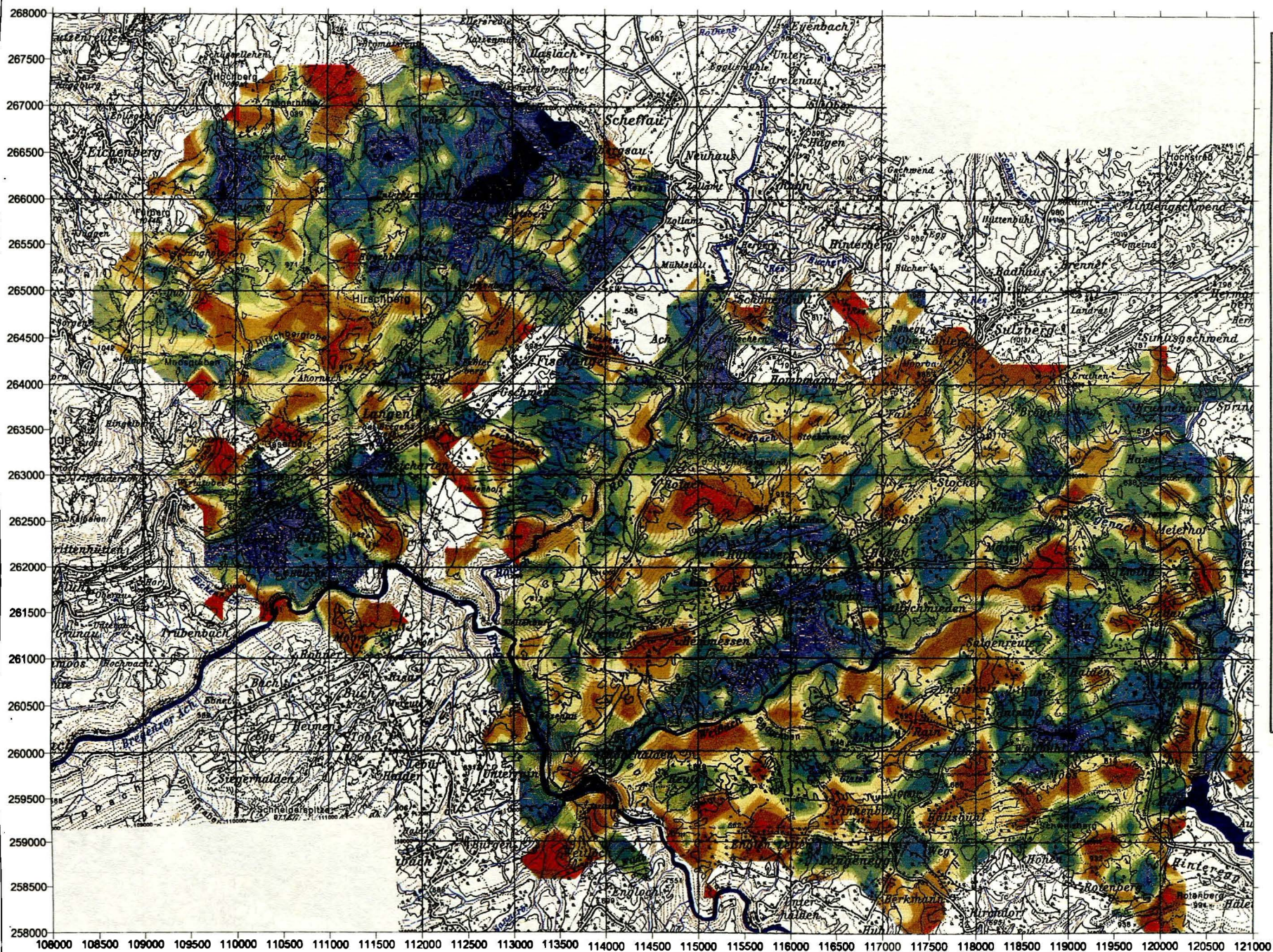
drei Ergebnisparameter des Zweischichtmodells, nämlich

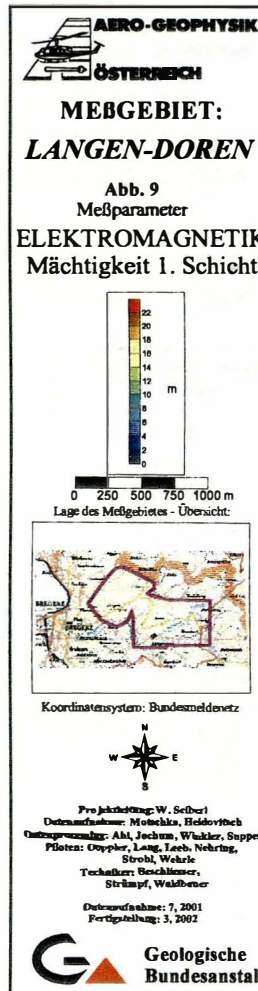
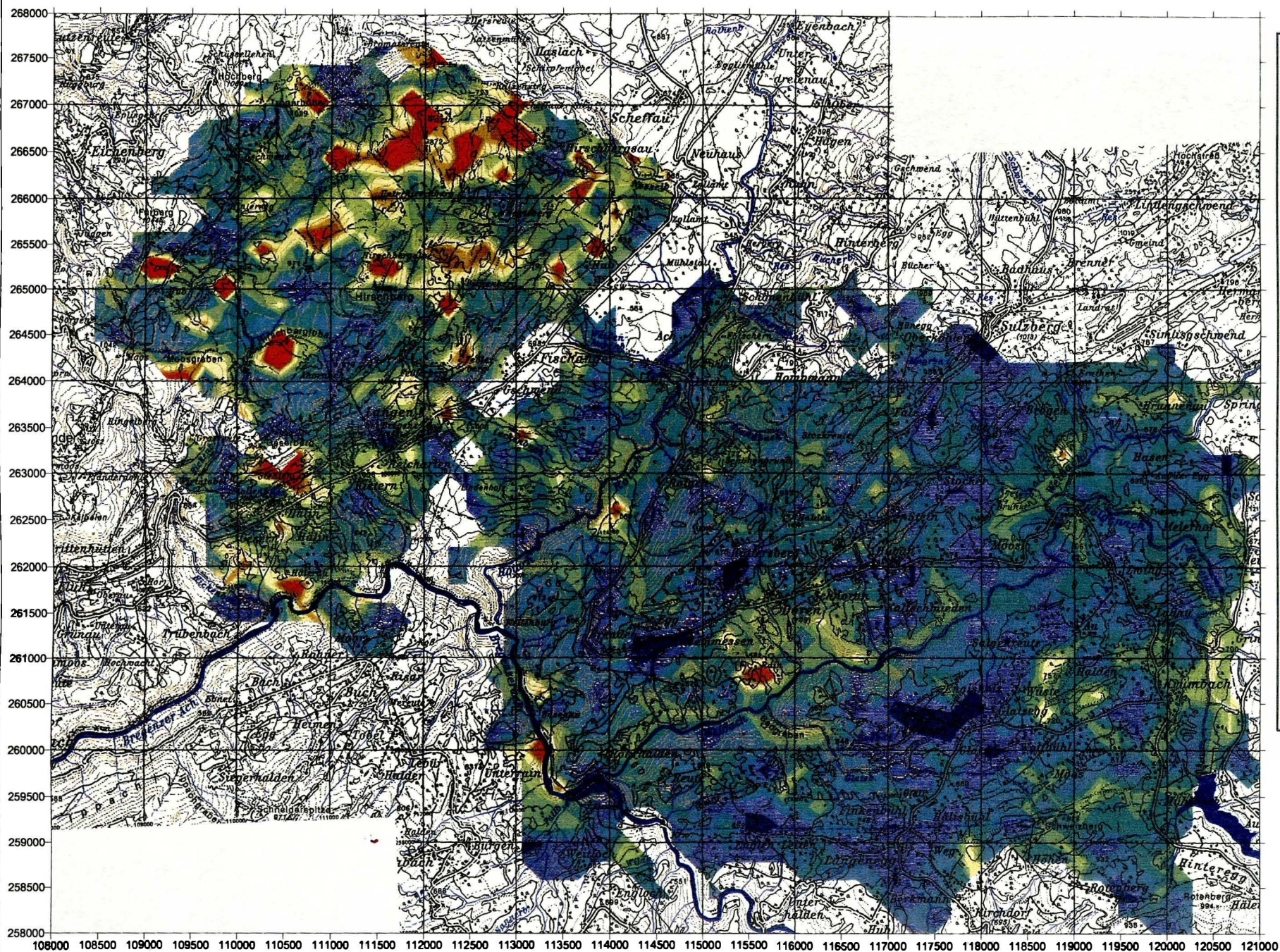
- Widerstand der 1. Schichte
- Widerstand der 2. Schichte, und
- Mächtigkeit der 1. Schichte.

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. 7: Widerstand der 1. Schicht, Abb. 8: Widerstand der 2. Schicht, Abb. 9: Mächtigkeit der ersten Schicht) zur Darstellung gebracht.







4.5. Isoanomalien der magnetischen Totalintensität (ΔT)

In den Abb. 10 (Magnetik Langen-Doren) und Abb. 11 (Schesatobel) 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.)

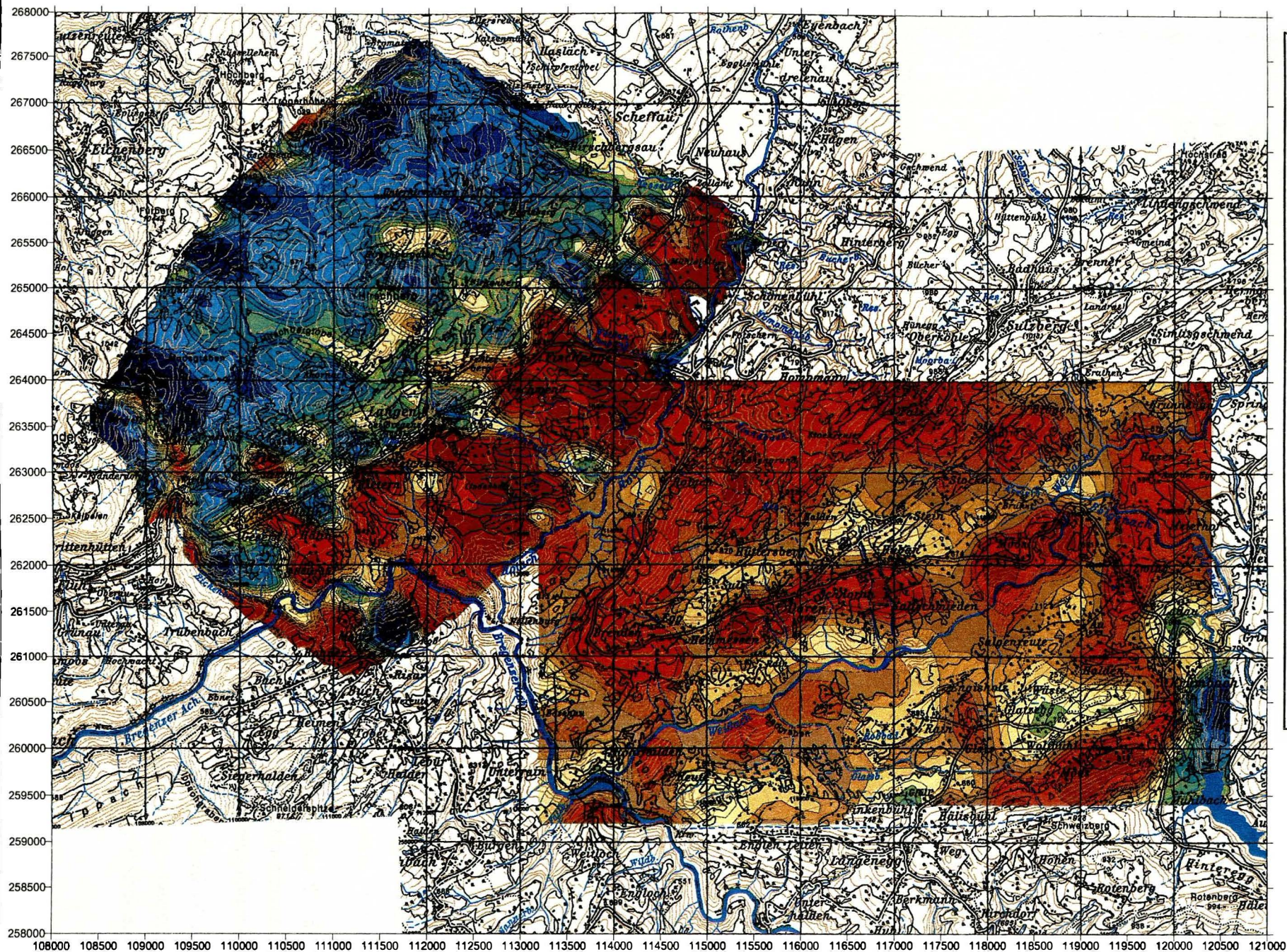
Die zeitlichen Variationen $T(t)$ werden durch ortsfeste Stationen beobachtet, wobei im Rahmen des vorliegenden Meßprogrammes eine lokale Basistation bei Bludesch verwendet wurde.

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. 12 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.

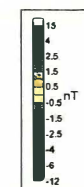


AERO-GEOPHYSIK
ÖSTERREICH

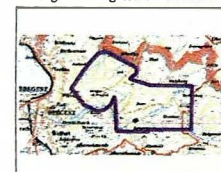
MEßGEBIET:
LANGEN-DOREN

Abb. 10
 Meßparameter

MAGNETIK



0 250 500 750 1000 m
 Lage des Meßgebietes - Übersicht:



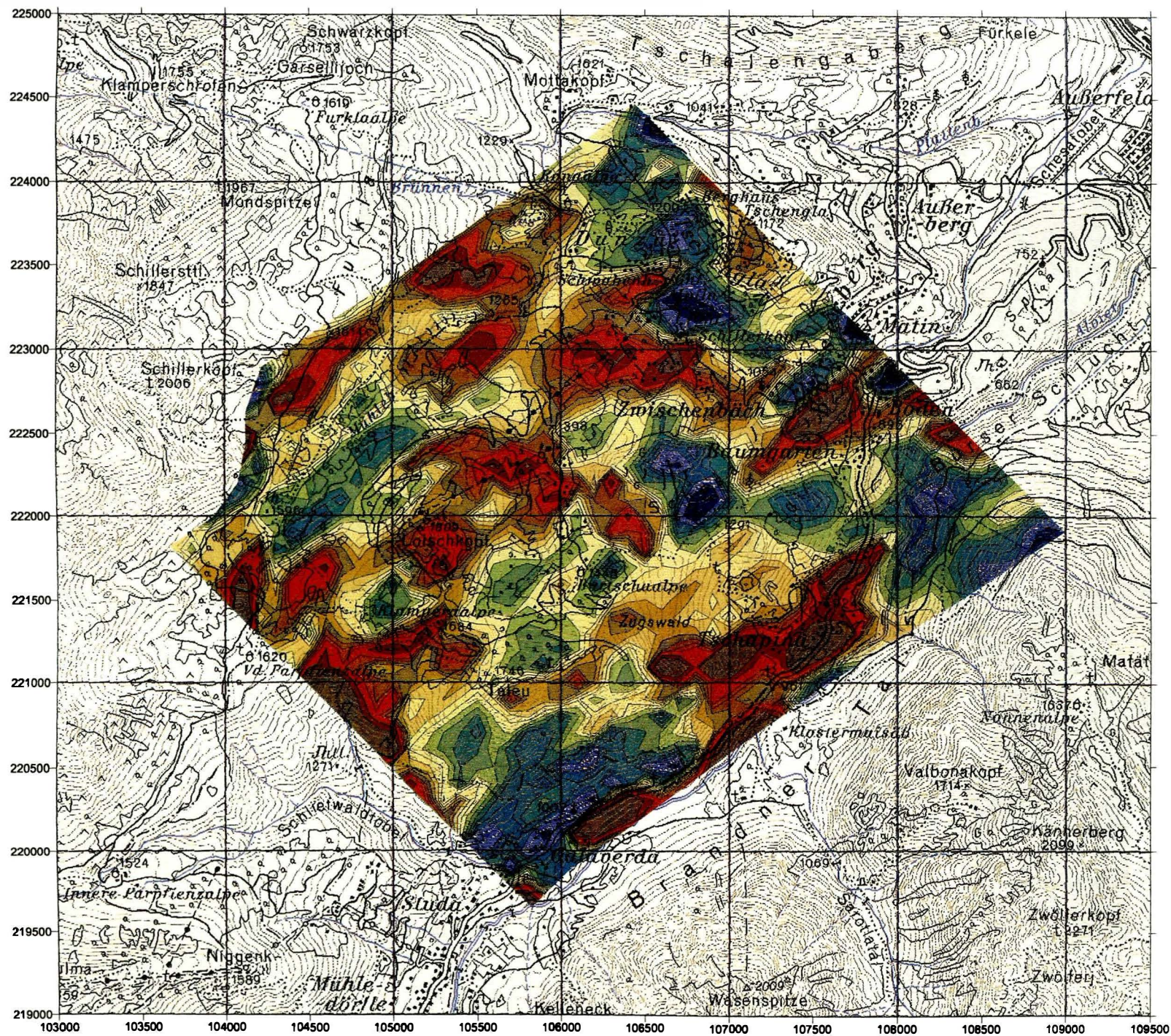
Koordinatensystem: Bundesmeldenetz



Projektleitung: W. Selbert
 Datenaufnahme: Mutschka, Heidovitsch
 Datenprozessing: Jochum, Winkler, Supper
 Ploten: Doppler, Lang, Leeb, Nehrlich,
 Strobl, Wehrle
 Techniker: Beschlosser,
 Strimpe, Waldbauer

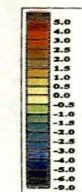
Datenaufnahme: 7. 2001
 Fertigstellung: 3. 2002

G **Geologische Bundesanstalt**



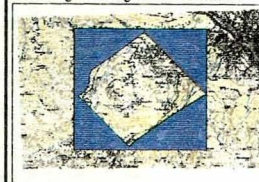
MEßGEBIET:
SCHESATOBEL

Abb.11:
Meßparameter
MAGNETIK



0 250 500 750 m 1000

Lage des Meßgebietes - Übersicht:



Koordinatensystem: Bundesmeldenetz



Projektleitung: W. Seiberl
Datenaufnahme: Motchka, Heklovitch
Datenverarbeitung: Jochum, Winkler, Supper
Plotters: Doppler, Lang, Leeb,
Nehring, Strobl, Währle
Techniker: Baumhäuser,
Strümpf, Waldthauer

Datenaufnahme: 7. 2001
Fertigstellung: 2. 2002

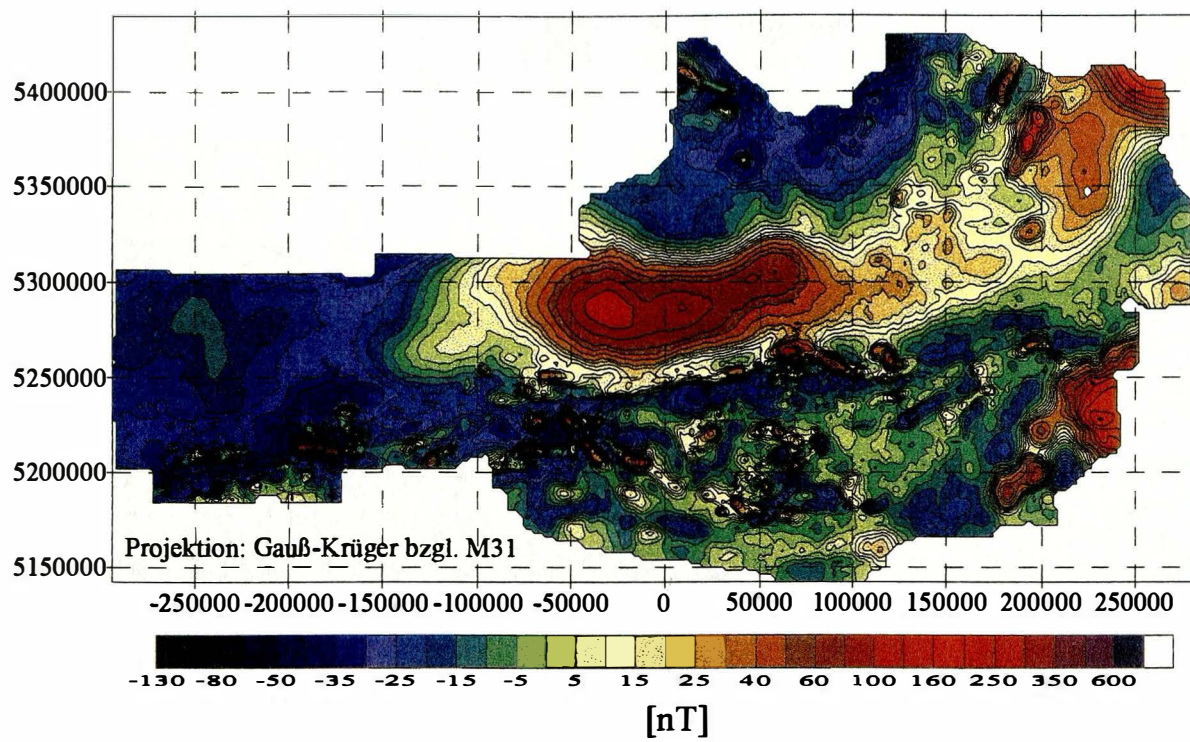


Abb. 12: Die aeromagnetische Karte der Republik Österreich

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.

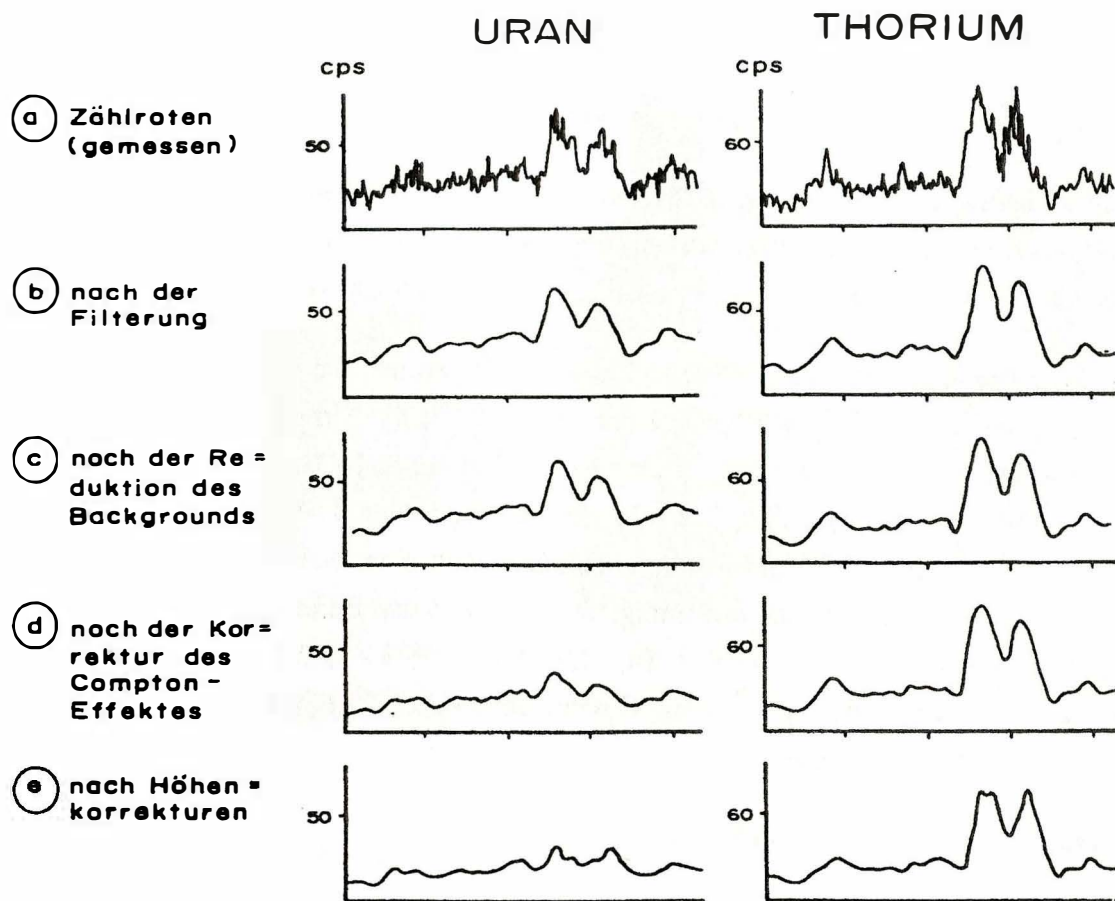


Abb. 13a - e: Darstellung der Korrekturschritte in der Gammastrahlenspektrometrie

Bei der Messung während des Fluges erhält man z.B. die in Abb. 13a 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. 13b. Das Ziel der nun folgenden Korrekturschritte, die in Abb. 13 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. 13c). 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. 13d 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 unbekannten Gehalt der Luft an ^{222}Rn 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 in den Meßgebieten 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. 13e zeigt die Wirkung dieser Höhenkorrektur.

- Topographische Korrektur: Wie in Abb. 15 und Abb. 16 zu entnehmen ist, liegen in beiden Meßgebieten 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. 14 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):

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

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 den Abb. 17 und Abb. 18 ist die Verteilung der Dosisleistung in den Untersuchungsgebieten dargestellt.

Von den, bei Kernspaltungsprozessen (siehe Abb. 14) 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.

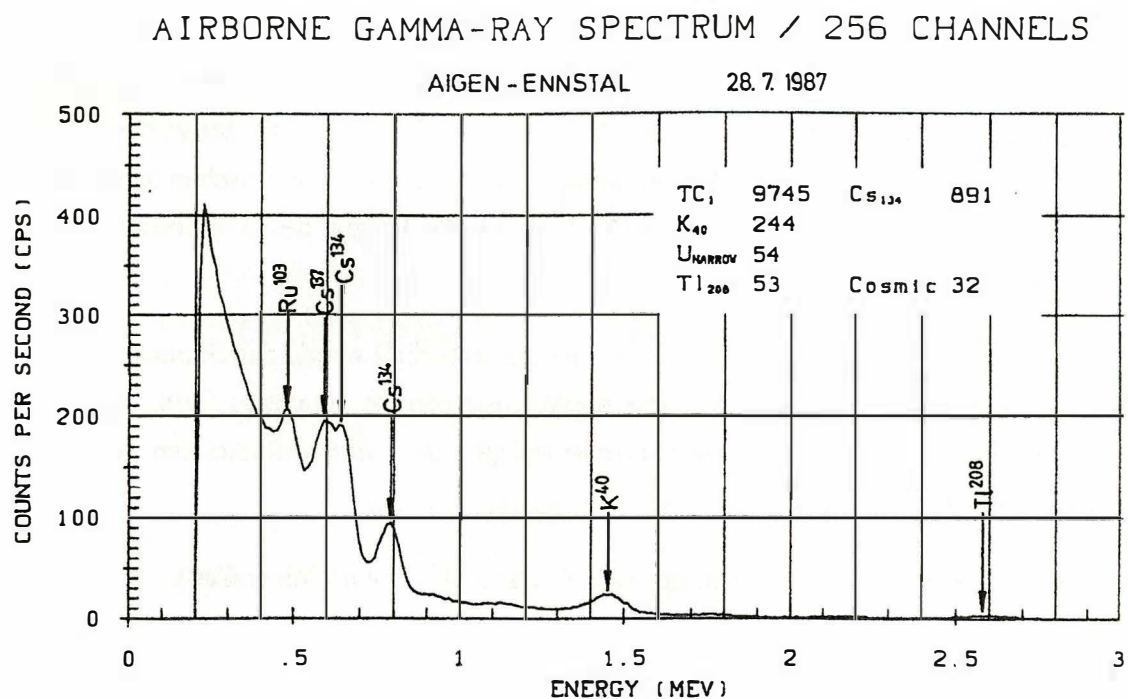
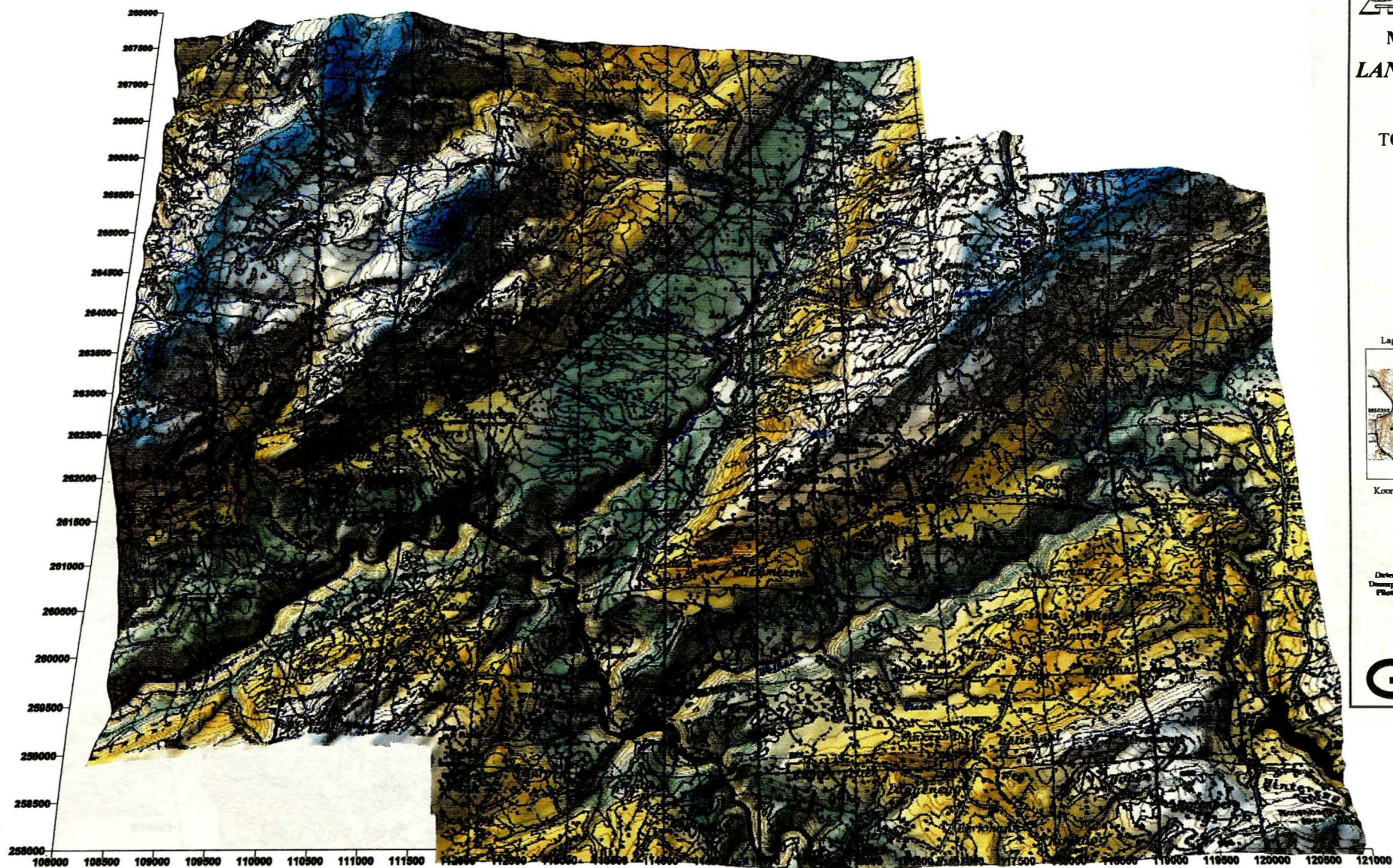
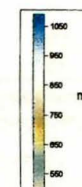


Abb. 14: Beispiel eines Gammastrahlenspektrums (MeV) im Bereich des Flugfeldes Aigen im Ennstal

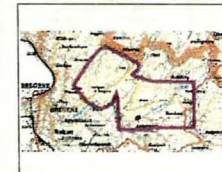


**MEßGEBIET:
LANGEN-DOREN**

Abb. 15
Meßparameter
TOPOGRAPHIE



0 250 500 750 1000 m
Lage des Meßgebietes - Übersicht:

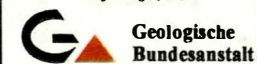


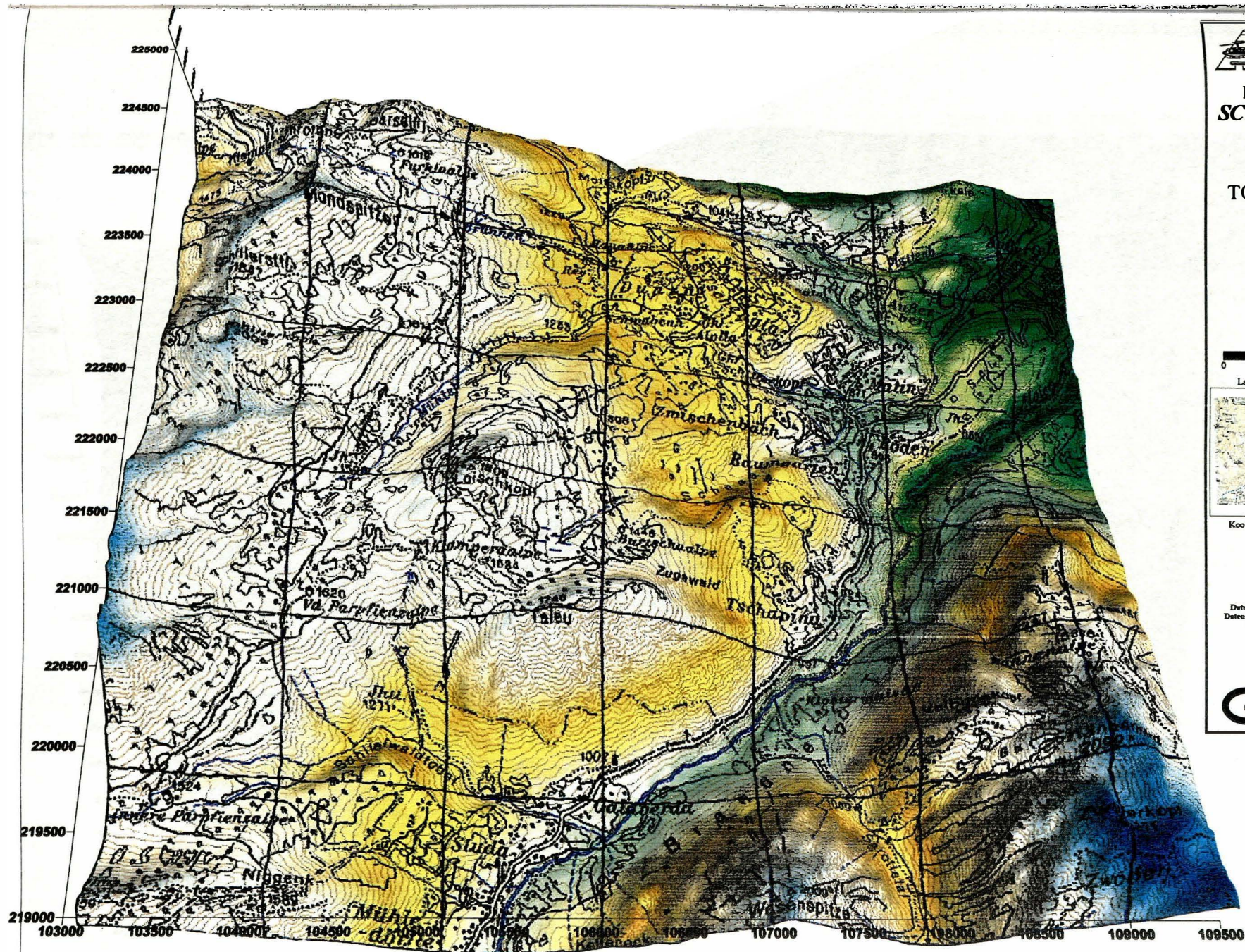
Koordinatensystem: Bundesmeldenetz



Projektleitung: W. Seibert
Dokumentation: Malschka, Haldorffsch
Datenverarbeitung: Juchacz, Winkler, Supper
Fotografie: Doppler, Lang, Leeb, Nohring
Strich, Wehrle
Technische Zeichnung: Strumpf, Waldmann

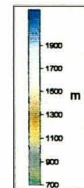
Datenerfassung: 7. 2001
Fertigstellung: 3. 2002





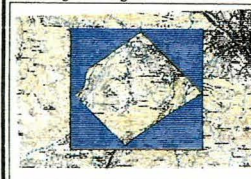
MEßGEBIET: SCHESATOBEL

Abb.16:
Meßparameter
TOPOGRAPHIE



0 250 500 750 1000

Lage des Meßgebietes - Übersicht:



Koordinatensystem: Bundesnetz

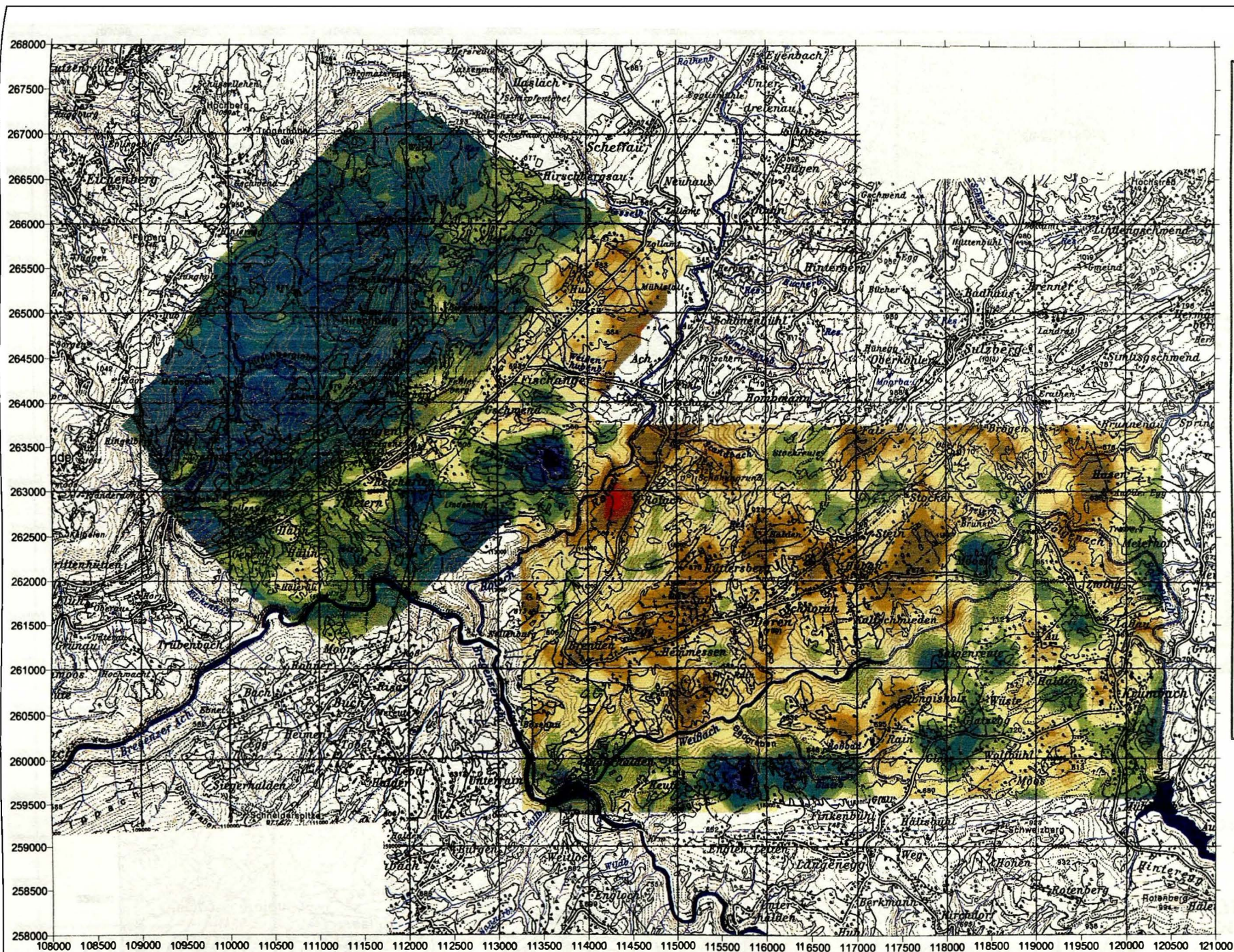


Projektleitung: W. Gölbert
Draufnahme: M. Stöckl, E. Kollmann
Dateneingabe: Juchacz, Winkler, Supper
Filmen: Doppler, Lang, Leeb
Nachbearb.: St. Rühl, Wehrle
Techniker: B. Stöckl, W. Stöckl

Datenaufnahme: 7. 2001

Fertigstellung: 2. 2002





AERO-GEOPHYSIK
ÖSTERREICH

MEßGEBIET:
LANGEN-DOREN

Abb. 17
 Meßparameter
DOSISLEISTUNG

0 250 500 750 1000 m
 Lage des Maßgebietes - Übersicht:

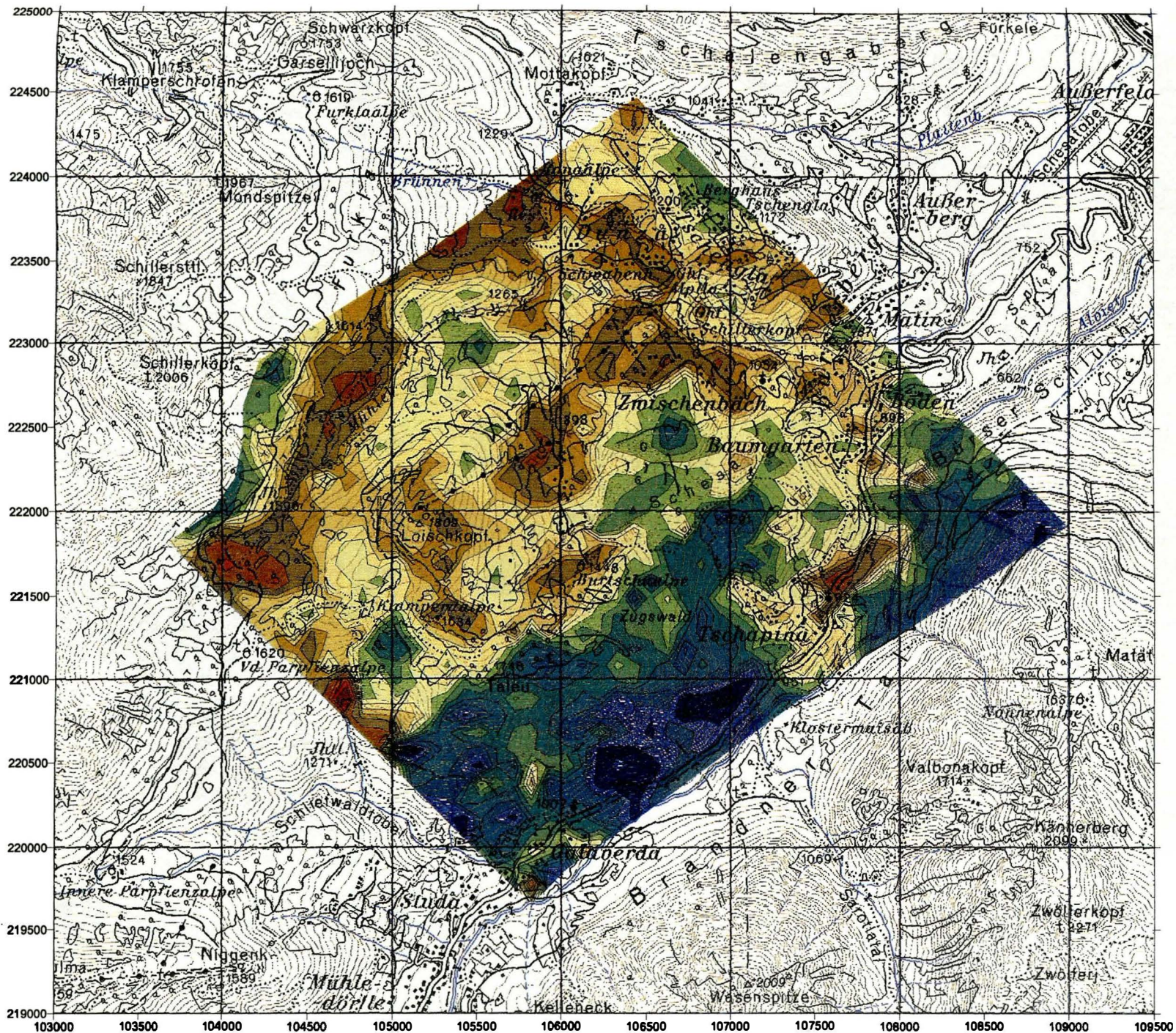
Koordinatensystem: Bundesmeldenetz

W N E

Projektleitung: W. Seiberl
 Datenerhebung: Molnárka, Heidevitch
 Datenumarbeitung: Jochen, Winkler, Supper
 Ploteur: Doppler, Lang, Leeb, Nohring, Strauß, Wörle
 Techniker: Gschlössner, Grömpf, Waldbauer

Datenerfassungsdatum: 7. 2001
 Fertigstellungsdatum: 3. 2002

G **Geologische Bundesanstalt**

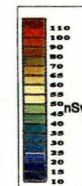


AERO-GEOPHYSIK
ÖSTERREICH

MEßGEBIET: **SCHESATOBEL**

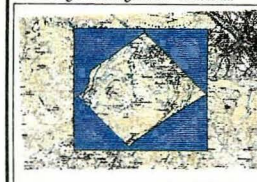
Abb.18:
Meßparameter

DOSISLEISTUNG



0 250 500 750 m 1000

Lage des Meßgebietes - Übersicht:



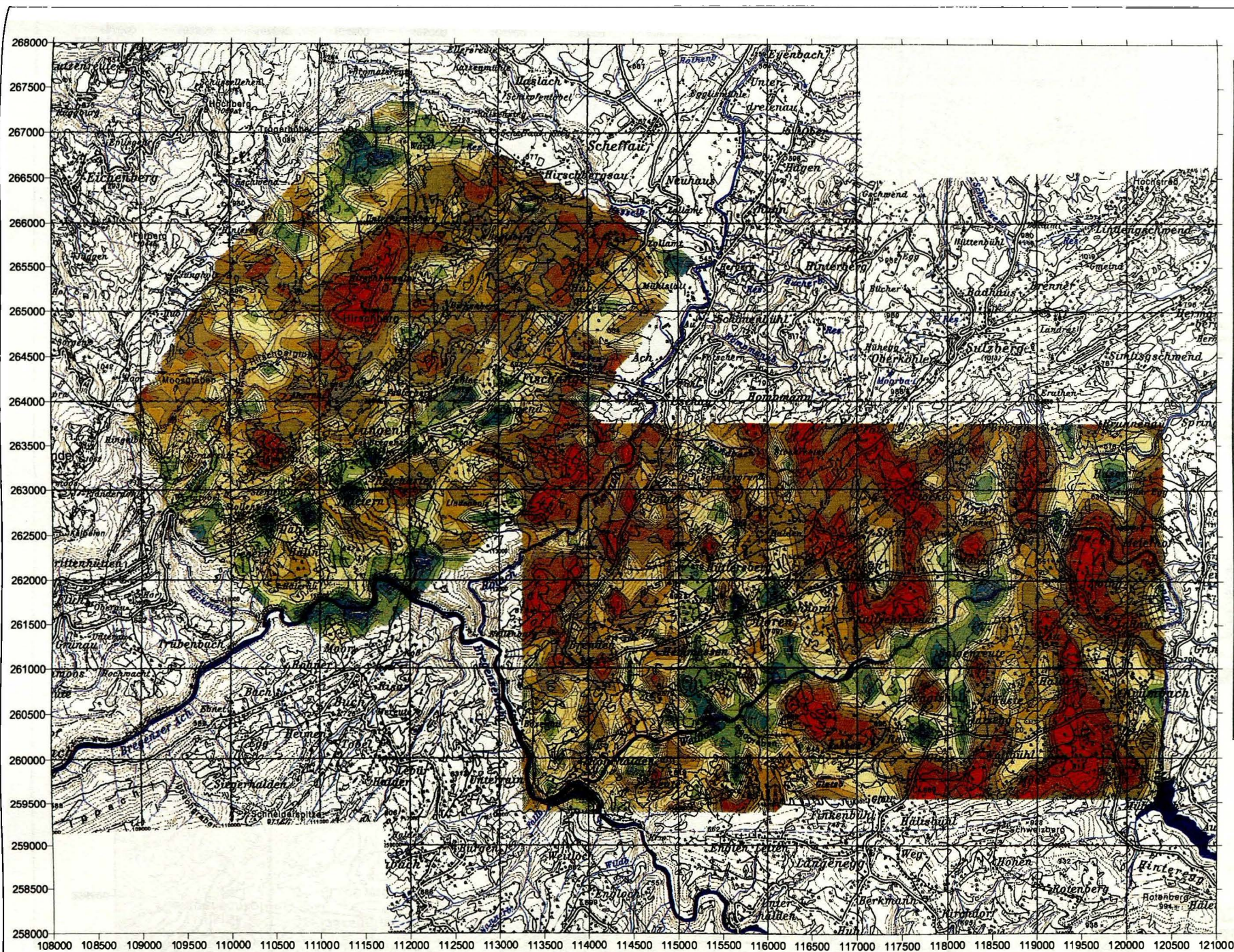
Koordinatensystem: Bundesnadelnetz



Projektleitung: W. Seherl
Datenaufnahme: Motzka, Gleditsch
Datenverarbeitung: Jochum, Winkler, Supper
Plotten: Doppler, Lang, Leeb,
Rehring, Gysik, Weberle
Techniker: Benschke, Strumpf, Winkbauer

Datenaufnahme: 1. 2001
Fertigstellung: 2. 2002

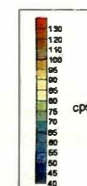
G Geologische
Bundesanstalt



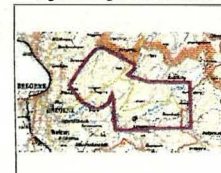
AERO-GEOPHYSIK
ÖSTERREICH

MEBGEBIET:
LANGEN-DOREN

Abb. 19
Meßparameter
CÄSIUM



0 250 500 750 1000 m
Lage des Maßgebietes - Österreich:



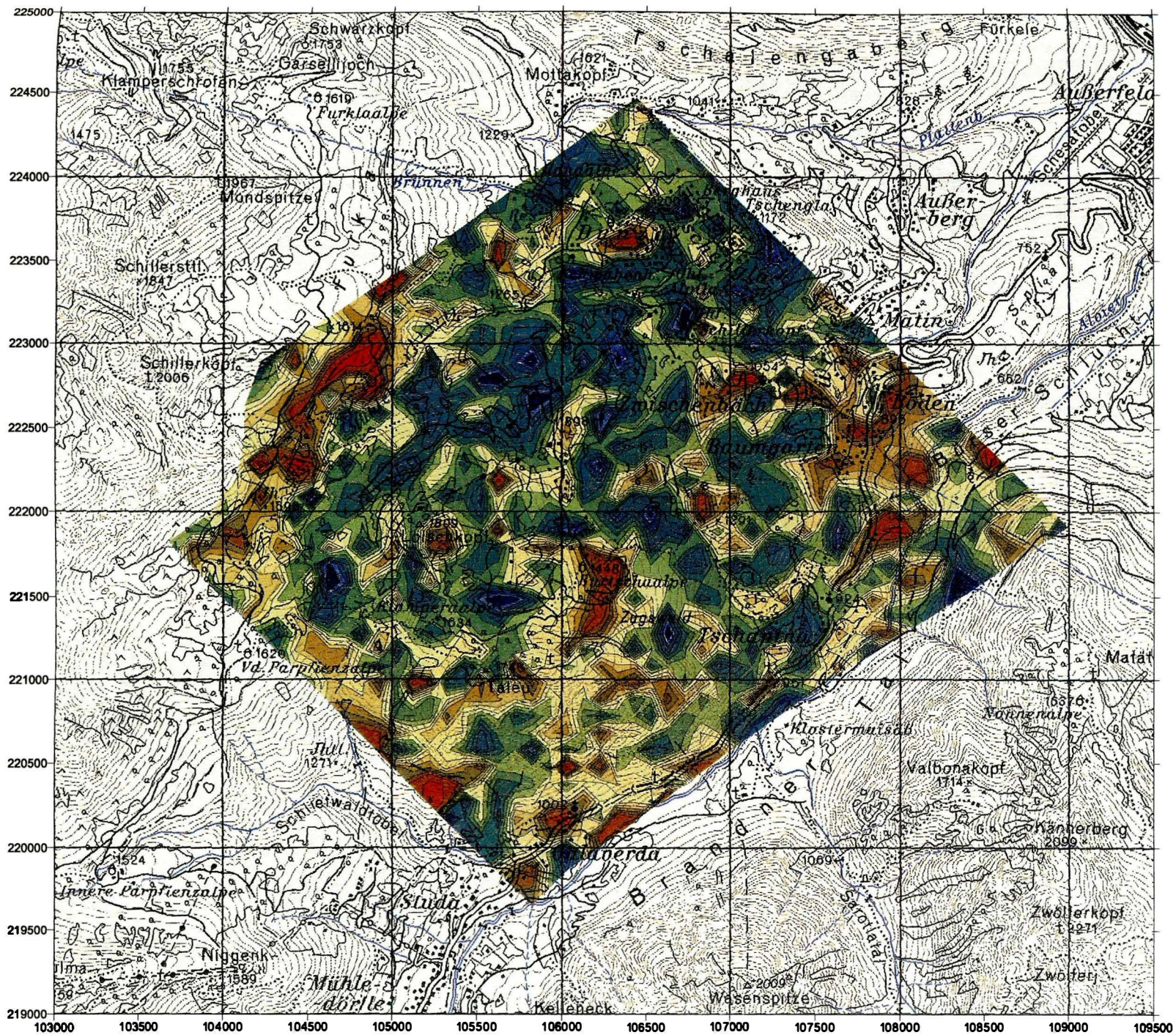
Koordinatensystem: Bundesnetz



Projektleitung: W. Seibert
Datenaufnahme: Matzka, Haidovitsch
Datenverarbeitung: Juchacz, Winkler, Supper
Platte: Doppler, Lang, Leeb, Nohring,
Strobl, Wehrle
Techniker: Gschlauer,
Strobl, Waldauer

Datenaufnahme: 7. 1981
Veröffentlichung: 3. 1982

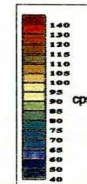
G **Geologische**
Bundesanstalt



AERO-GEOPHYSIK
ÖSTERREICH

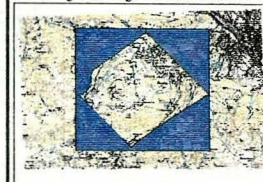
MEßGEBIET:
SCHESATOBEL

Abb.20:
 Meßparameter
CÄSIUM



0 250 500 750m 1000

Lage des Meßgebietes - Übersicht:



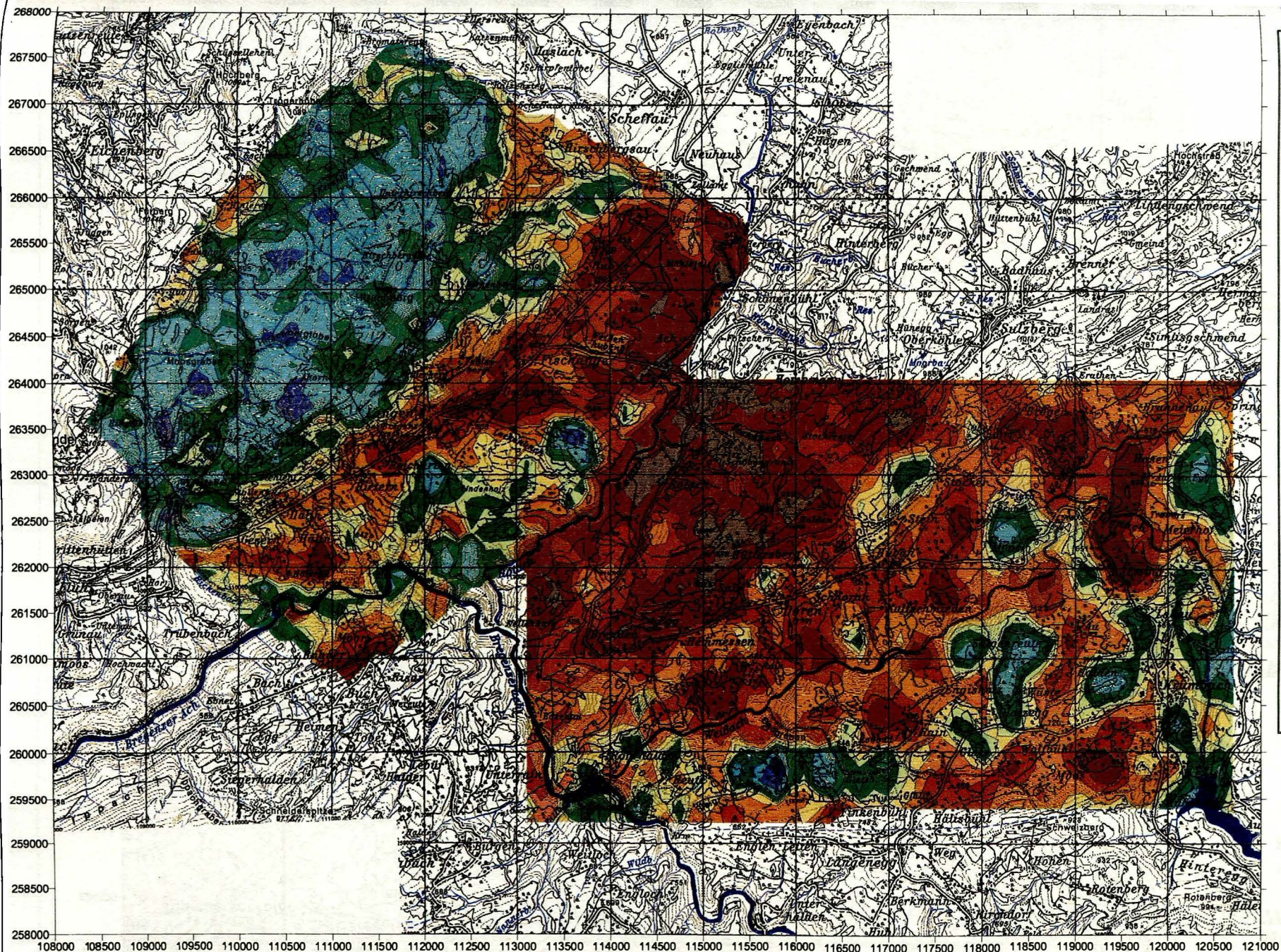
Koordinatensystem: Bundesmeldenetz



Projektleitung: W. Seiberl
 Datenaufnahme: Motzchka, Eickelmann
 Datenverarbeitung: Jochum, Winkler, Supper
 Plots: Doppler, Lang, Leeb,
 Nahrung, Grotz, Wehrle
 Techniker: Gschlösser,
 Strumpf, Waldbeuer

Datenaufnahme: 7. 2001
 Fertigstellung: 2. 2002

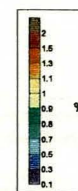
G **Geologische Bundesanstalt**



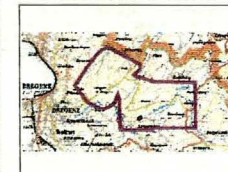
**MEßGEBIET:
LANGEN-DOREN**

Abb. 21
Meßparameter

KALIUM



0 250 500 750 1000 m
Lage des Meßgebietes - Übersicht.



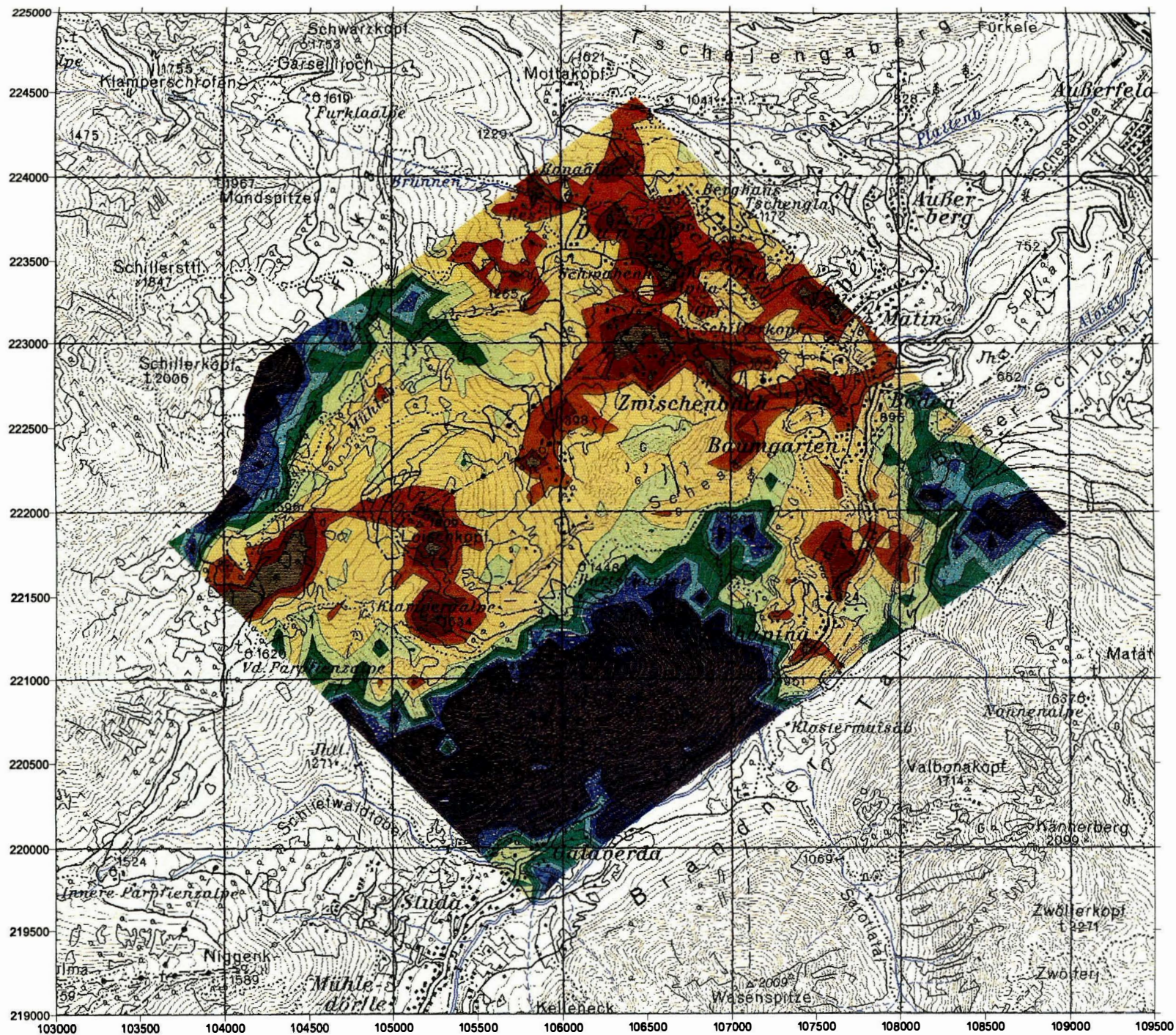
Koordinatensystem: Bundesmeldenetz



Projektleitung: W. Seibert
Daten erfasser: Motzahn, Hildebrandt
Auswertung: Jocham, Winkler, Supper
Fotografen: Doppler, Lang, Lisch, Jochim.
Tischler: Buchner, Strassl, W. K. Bauer

Ortsausgabe: 7.2001
Fertigstellung: 3.2002

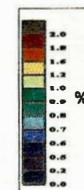




MEßGEBIET:
SCHESATOBEL

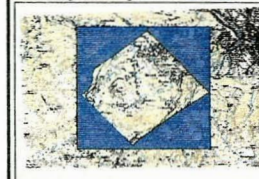
Abb.22:
Meßparameter

KALIUM



0 250 500 750m 1000

Lage des Meßgebietes - Übersicht:

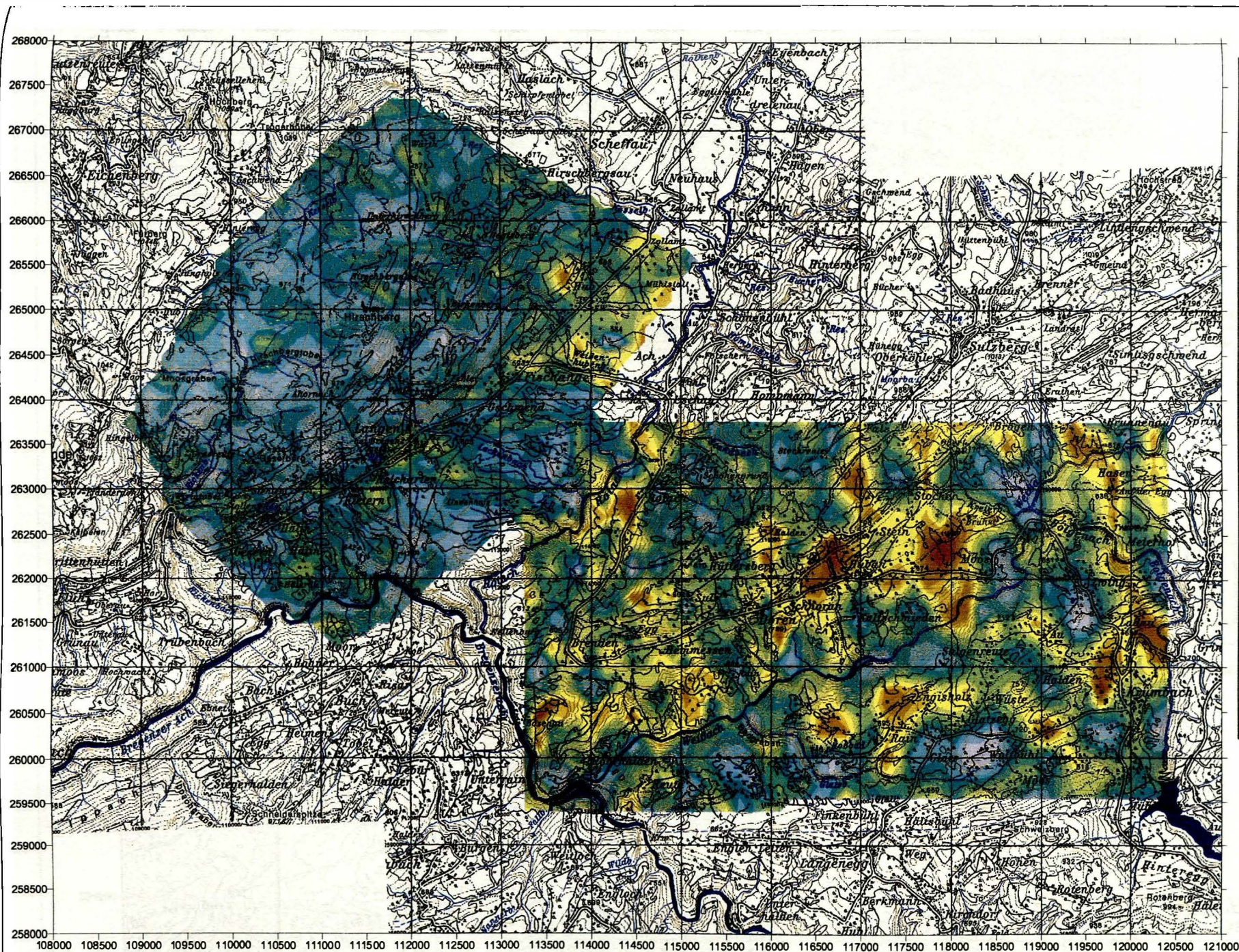


Koordinatensystem: Bundesmeldenetz



Projektleitung: W. Selberl
Datenaufnahme: Motuch, Hekovitch
Datenverarbeitung: Jochem, Winkler, Supper
Flatten: Doppler, Lang, Leeb,
Neubring, Stöckl, Wehrle
Techniker: Benckewitz,
Strim pf, Waldbauer

Datenaufnahme: 7. 2001
Fertigstellung: 2. 2002



AERO-GEOPHYSIK
ÖSTERREICH

MEßGEBIET:
LANGEN-DOREN

Abb. 23
 Meßparameter
URAN

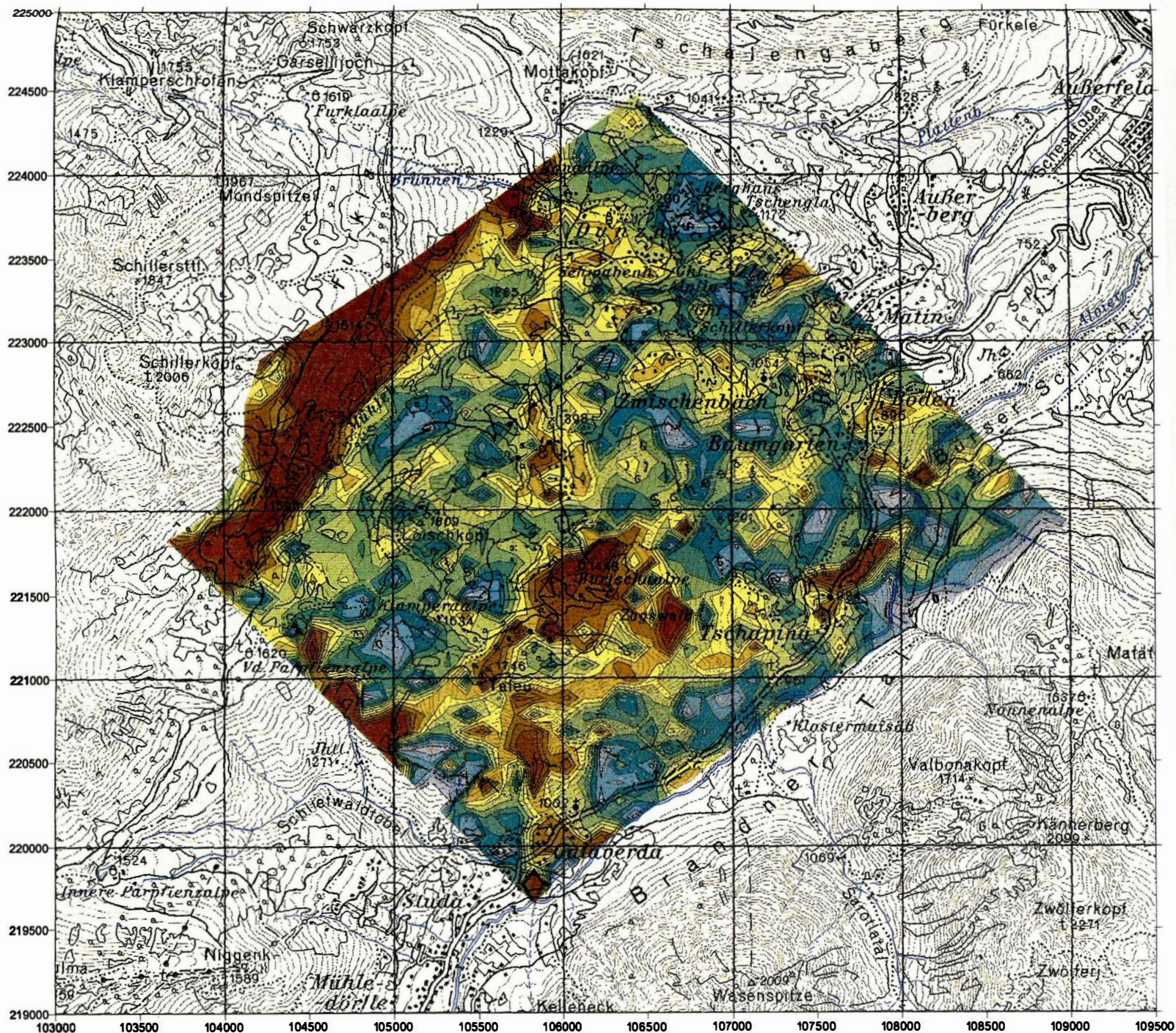
0 250 500 750 1000 m
 Lage des Meßgebietes - Österreich:

Koordinatensystem: Bundesmeldenetz

Projektskizze: W. Seibert
 Datenerhebung: M. Stuchlik, H. Sedwitsch
 Auswertung: J. Jochim, W. Winkler, G. Supper
 Pläne: D. Doppler, L. Lang, L. Neuhart
 Techniker: R. Schuster, S. Schuster, W. Schuster

Datenerhebung: 7. 2001
 Fertigstellung: 3. 2002

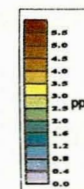
G **Geologische Bundesanstalt**



AERO-GEOPHYSIK
ÖSTERREICH

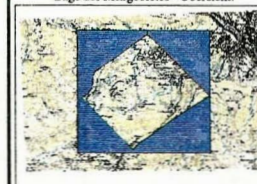
MEßGEBIET: **SCHESATOBEL**

Abb.24:
Meßparameter
URAN



0 250 500 750m 1000

Lage des Meßgebietes - Übersicht:



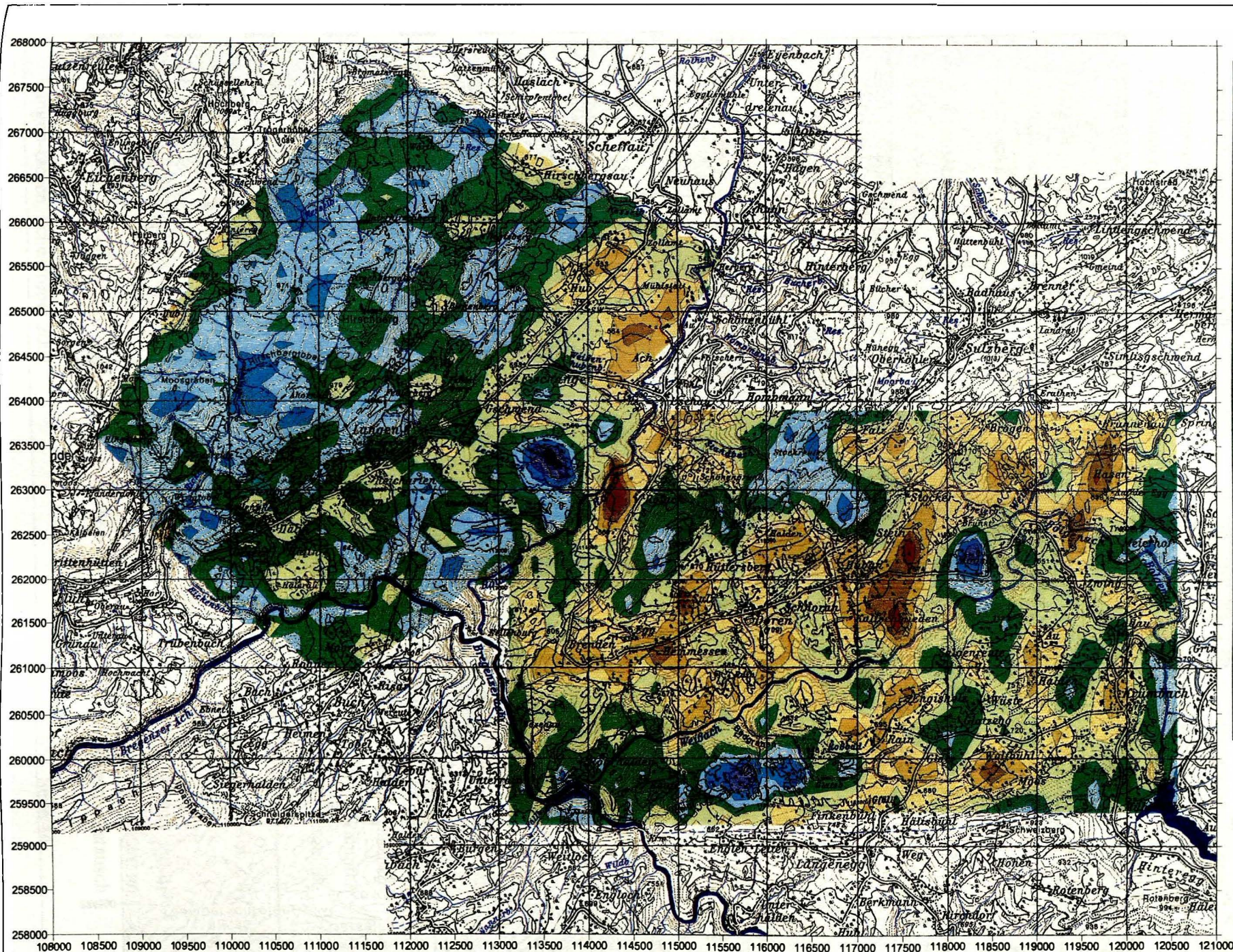
Koordinatensystem: Bundesnetz



Projektion: W. Seiberl
Datenaufnahme: Motzkin, Geldortsch
Datenverarbeitung: Jochim, Winkler, Supper
Flächen: Doppler, Lang, Leeb,
Nehring, Strubl, Wehrle
Techniker: Gschlauer,
Strumpf, Waldbauer

Datenaufnahme: 7.2001
Fertigstellung: 2.2002

G Geologische
Bundesanstalt

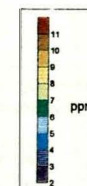


AERO-GEOPHYSIK
ÖSTERREICH

MEßGEBIET:
LANGEN-DOREN

Abb. 25
 Meßparameter

THORIUM



0 250 500 750 1000 m
 Lage des Meßgebietes - Übersicht:



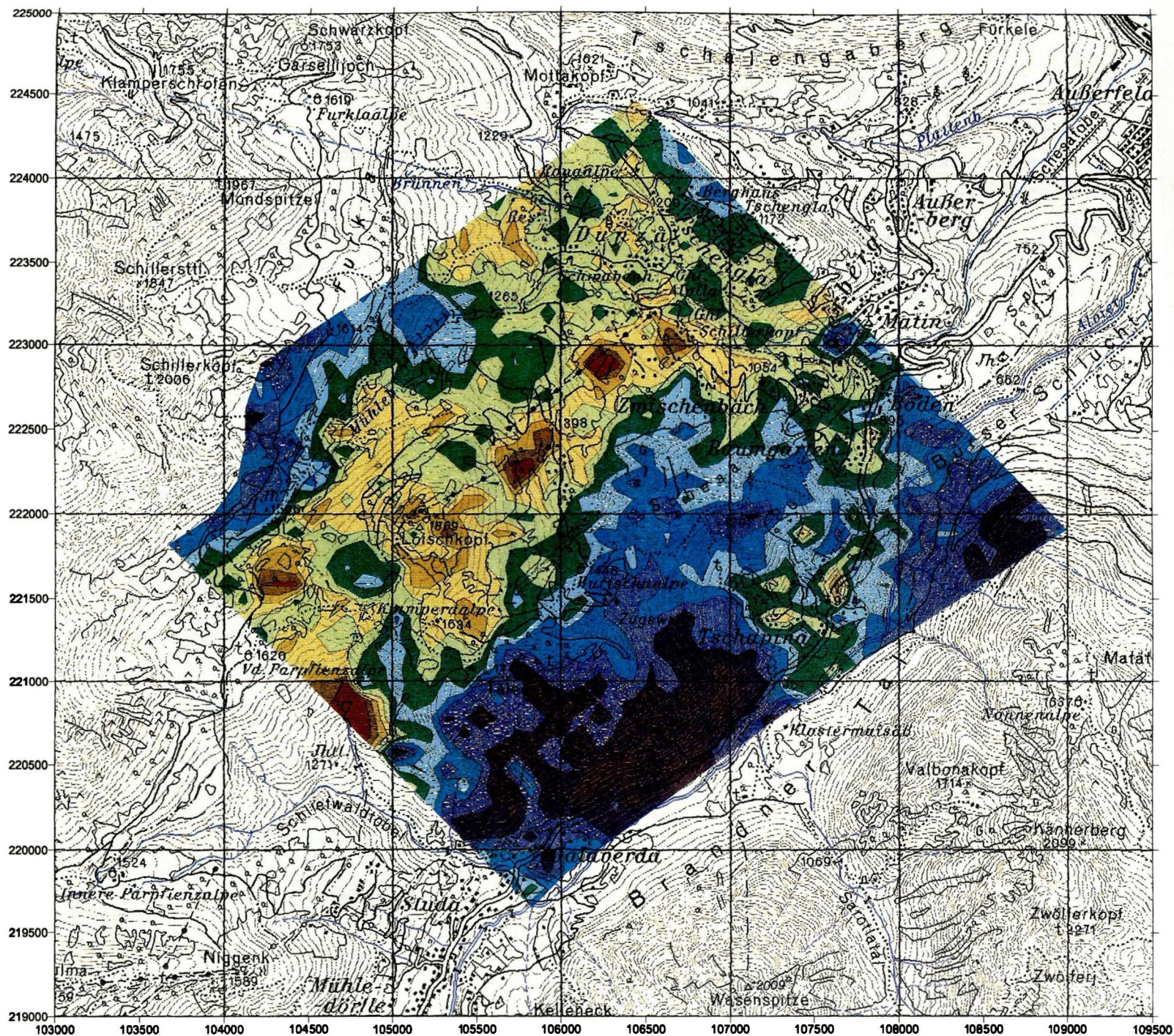
Koordinatensystem: Bundesmeldenetz



Projektleitung: W. Seibert
 Datenaufnahme: Metzke, Ederwisch
 Datenumgebung: Jochim, Winkler, Gupper
 Platten: Doppler, I. und II. ord., Neuring,
 Strobl, Weber
 Techniker: Gschweiner,
 Strumpf, Waldauer

Datumerfassung: 7. 2001
 Fortsetzung: 3. 2002

G **Geologische Bundesanstalt**

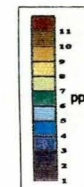


AERO-GEOPHYSIK
ÖSTERREICH

MESGEBIET: SCHESATOBEL

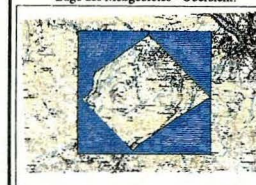
Abb.26:
Meßparameter

THORIUM



0 250 500 750m 1000

Lage des Meßgebietes - Übersicht:



Koordinatensystem: Bundesroßnetz



Projektleitung: W. Seiberl
Datenaufnahme: Motchka, Hildevituch
Datenverarbeitung: Jochum, Winkler, Supper
Flächenberechnung: J. Lang, I. Sch. N. K. Strobl, Wehrle
Techniker: Reischle, Strumpf, Waldner

Datenaufnahme: 7. 2001
Fertigstellung: 2. 2002

G Geologische
Bundesanstalt

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 ^{137}CS -, K-, U- und Th-Fenster durch Farbrasterkarten flächenhaft zur Darstellung gebracht (Abb. 19 bis Abb. 26).

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 und der Bodenfeuchtekartierung sind in Abb. 27/Abb. 28 sowie in Abb. 29/Abb. 30 dargestellt.

Der Bodenwassergehalt ist von großer Bedeutung für viele hydrologische, agrar-meteorologische, ökologische und biologische Prozesse. Obwohl das Gesamtvolumen an Bodenfeuchte gering ist, kontrolliert der oberflächennahe Wassergehalt den Energieaustausch

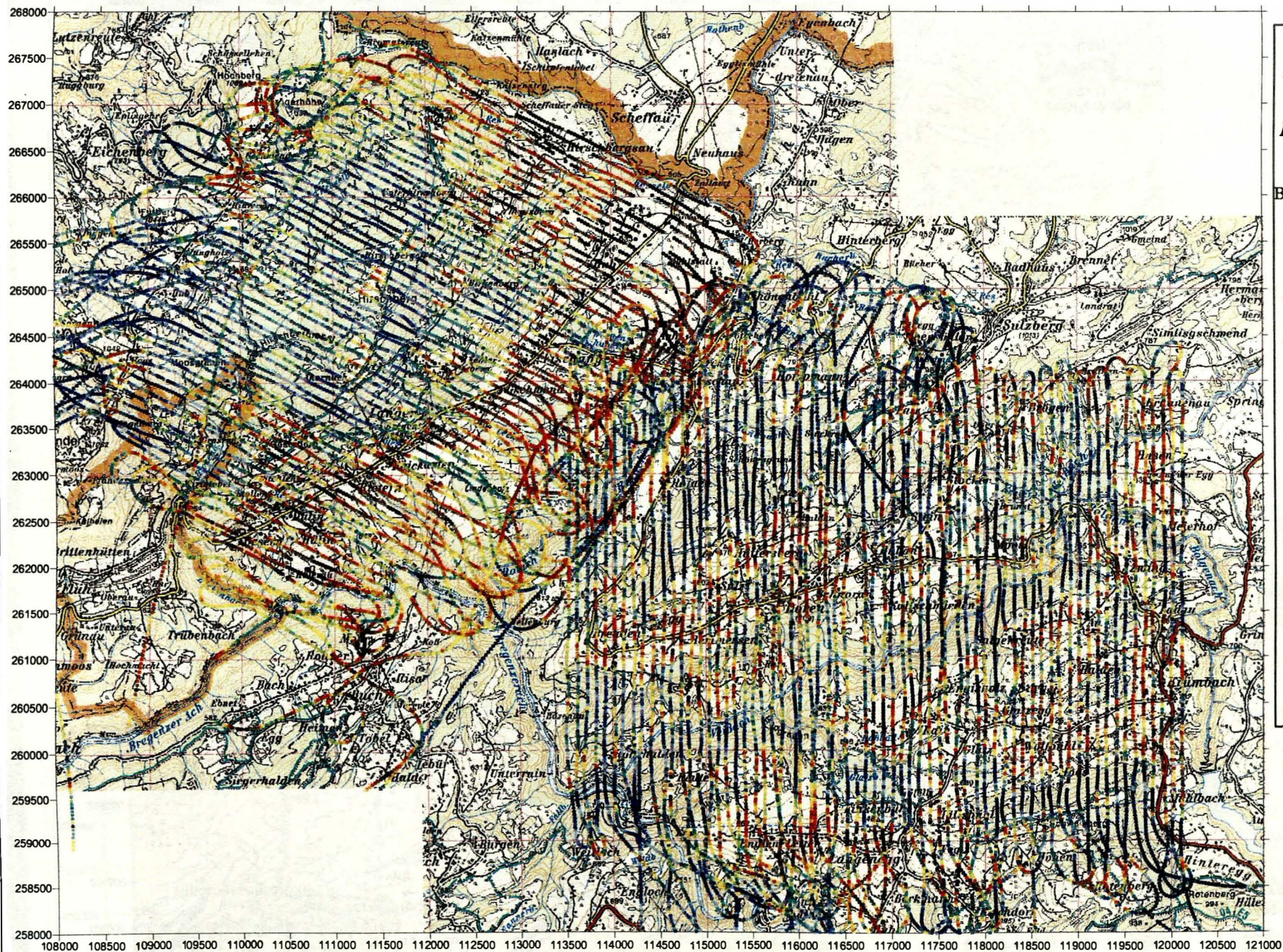
zwischen dem Erdboden und der Atmosphäre. Die Verbindung der Bodenfeuchte zu Evaporation und Transpiration ist äußerst wichtig zur Vorhersage der reziproken Einflüsse der Erdoberfläche auf das Klima und Wetter.

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.

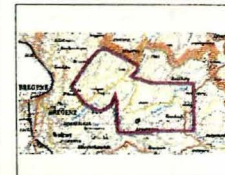


MEßGEBIET: LANGEN-DOREN

Abb. 27
Meßparameter
BODENTEMPERATUR



0 250 500 750 1000 m
Lage des Meßgebietes - Übersicht:



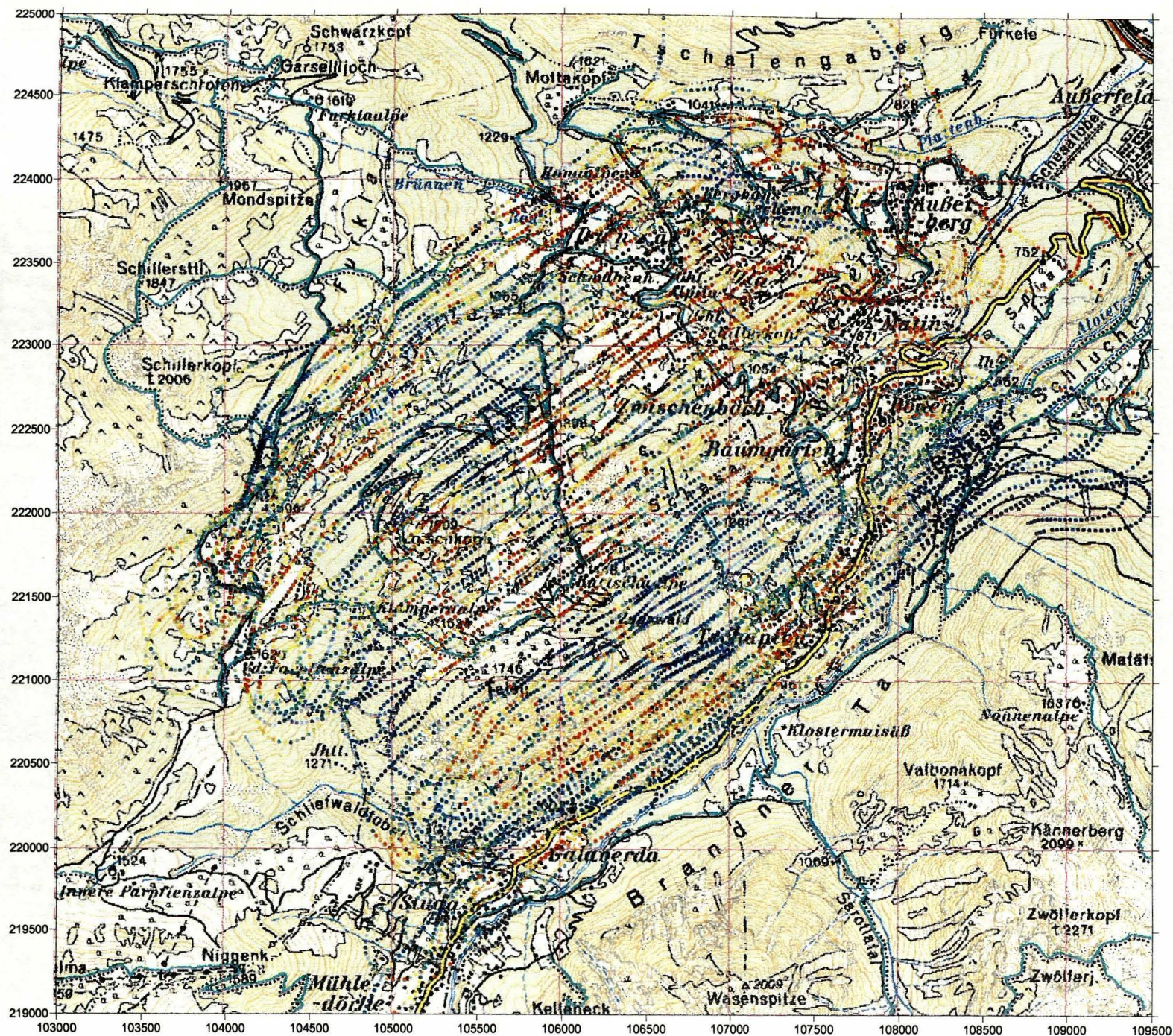
Koordinatensystem: Bundesmeldenetz



Projektion: W. Seifert
Datenaufnahme: Mischke, Heldovitch
Auswertung: Jochim, Winkler, Supper
Fläche: Doppler, Lang, Leeb, Nohring,
Strobl, Wehrle
Techniker: Buchbauer,
Stumpf, Wolfner

Datenerfassung: 7.2001
Veröffentlichung: 3.2002





AERO-GEOPHYSIK
ÖSTERREICH

**MEßGEBIET:
SCHESATOBEL**

Abb.28:
Meßparameter
BODENTEMPERATUR

• 19.0 - 20.7
• 20.7 - 21.7
• 21.7 - 22.4
• 22.4 - 22.9
• 22.9 - 23.4
• 23.4 - 23.8
• 23.8 - 24.3
• 24.3 - 24.8
• 24.8 - 25.4
• 25.4 - 26.1
• 26.1 - 26.9
• 26.9 - 27.6
• 27.6 - 28.5
• 28.5 - 29.6
• 29.6 - 31.3

°C

0 250 500 750 m 1000

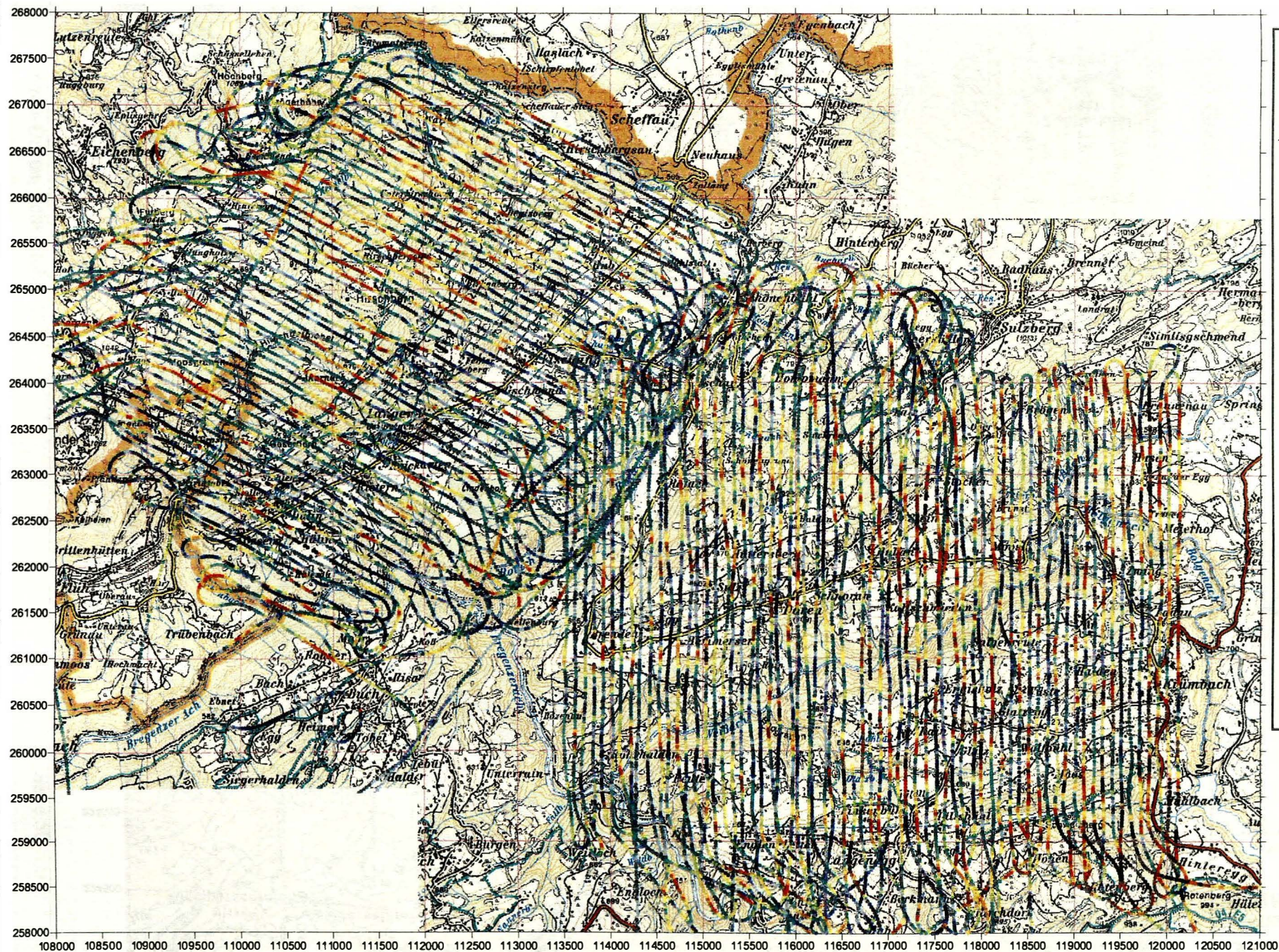
Lage des Meßgebietes - Übersicht:

Koordinatensystem: Bundesmeldenetz

Projektleitung: W. Seibert
 Datenaufnahme: Mutschka, Heidervitch
 Datenprozessing: Jochum, Winkler, Supper
 Platten: Doppler, Lang, Lech,
 Röhling, Strobl, Wehrle
 Techniker: Buchsbaum,
 Strumpf, Waldmaier

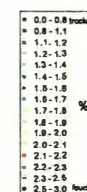
Datenaufnahme: 7. 2001
 Fertigstellung: 2. 2002

G **Geologische Bundesanstalt**



MEBGEBIET: LANGEN-DOREN

Abb. 29
Meßparameter
BODENFEUCHTE



0 250 500 750 1000 m
Lage des Meßgebietes - Übersicht:



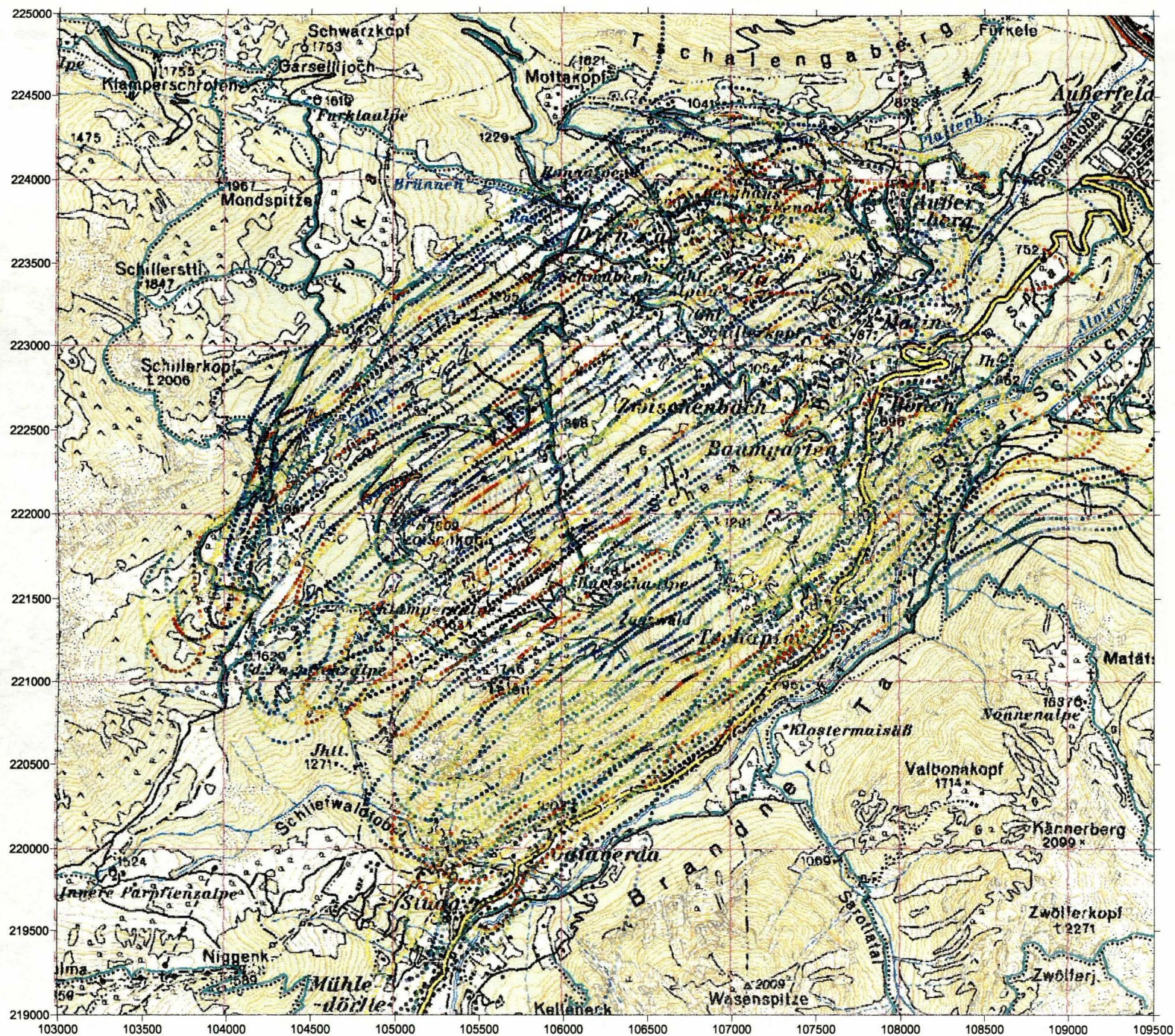
Koordinatensystem: Bundesmeldenetz



Projektleitung: W. Seibert
Geophysikalische Messungen: M. Bock, H. Bock, H. Bock
Datenverarbeitung: J. Bock, W. Bock, S. Bock
Fotografieren: C. Bock, L. Bock, N. Bock
Technische Zeichnungen: S. Bock, W. Bock

Österreichische Bundesanstalt
Veröffentlichung: 3. 2002





AERO-GEOPHYSIK
ÖSTERREICH

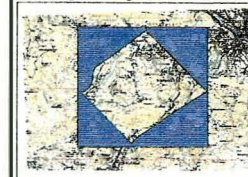
MEßGEBIET: SCHESATOBEL

Abb.30:
Meßparameter
BODENFEUCHTE

• 0.0 to 0.3 trocken
• 0.3 to 0.6
• 0.6 to 0.8
• 0.8 to 0.9
• 0.9 to 1.0
• 1.0 to 1.1
• 1.1 to 1.2
• 1.2 to 1.3 [%]
• 1.3 to 1.4
• 1.4 to 1.5
• 1.5 to 1.8
• 1.8 to 1.7
• 1.7 to 1.8
• 1.8 to 1.9
• 1.9 to 2.0
• 2.0 to 2.5 feucht

0 250 500 750 m 1000

Lage des Meßgebietes - Übersicht:



Koordinatensystem: Bundesmeldenetz



Projektleitung: W. Seibert
Ortsaufnahme: Motzsch, Heiderich
Datenerfassung: Jochum, Winkler, Stupper
Fotografen: Doppler, Lang, Lach,
Nähring, Strobl, Wehrle
Techniker: Bachlauer, Stumpf, Waldauer

Datumerfassung: 7.2001

Veröffentlichung: 2. 2002

G Geologische
Bundesanstalt

5. Geologie der Meßgebiete und erste Ergebnissdiskussion

5.1 Meßgebiet Langen-Doren

5.1.1 Geologische Situation

Die geophysikalischen Messungen betreffen Abschnitte der westlichen Molassezone im Vorderen Bregenzer Wald östlich Bregenz und wurden in zwei Messkampagnen durchgeführt (Langen, Doren).

Das Messgebiet Langen liegt zur Gänze in Serien der „aufgerichteten Molasse“; das zum Teil überlappende Messgebiet Doren hat seinen Schwerpunkt in Serien der „abgeschürften Molasse“. Der Ort Doren selbst liegt direkt an der Aufschiebungsfläche der abgeschürften Molasse.

Im Gegensatz zur Molassezone in Ostösterreich (Salzburg bis Niederösterreich) wurden die Molasseabschnitte in Vorarlberg großteils in die alpidische Gebirgsbildung einbezogen.

Die Gliederung der Molasseriesen ist von zwei Gesichtspunkten aus möglich, nach

- a. der Stellung in der Tektonik (abgeschürfte Molasse, aufgerichtete Molasse) oder
- b. Fazies und Stratigraphie (Süßwasser-, Meeresmolasse)

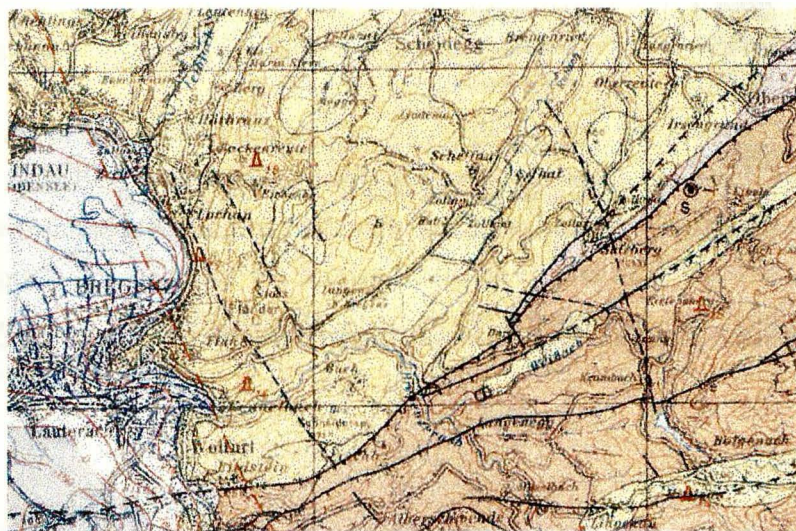


Abb. 31: Molassezone östlich Bregenz/Vorderer Bregenzer Wald; Ausschnitt aus „Geologisch-tektonische Übersichtskarte von Vorarlberg 1:200.000“ (OBERHAUSER & RATAY 1998)

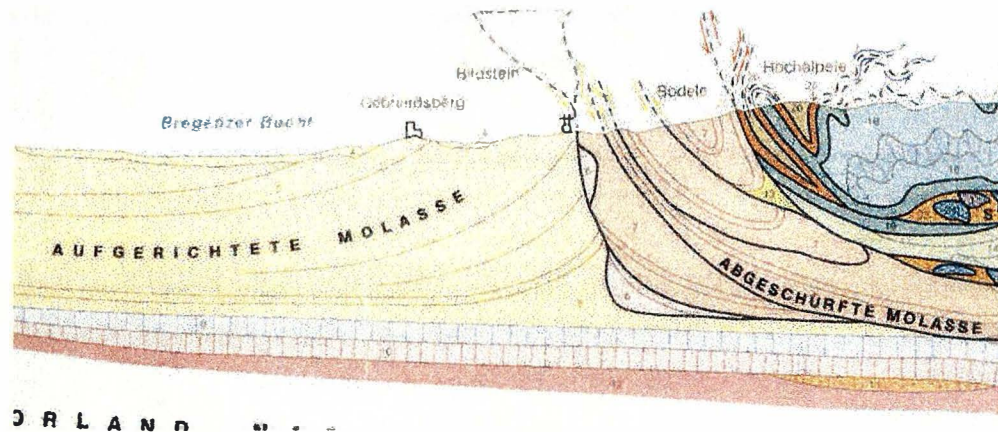


Abb. 32: Tektonischer Schnitt durch die westliche Molassezone; aus OBERHAUSER & RATAY 1998

Stratigraphisch-faziell ist die westliche Molassezone grob eine zweimalige Abfolge von marin und terrestrisch – Untere Meeresmolasse → Untere Süßwassermolasse → Obere Meeresmolasse → Obere Süßwassermolasse.

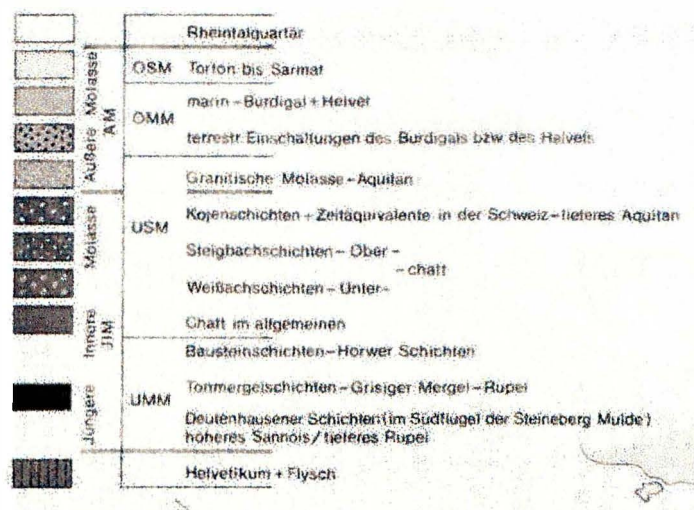


Abb. 33: stratigraphisch-fazielle Abfolge der westlichen Molassezone; aus: OBERHAUSER 1980

Im Detail sind jedoch auch innerhalb der großen Gruppen kurzfristige fazielle Veränderungen zu finden. Motor dieser Entwicklung sind jeweils die tektonischen Veränderungen im Hinterland (Überschiebungen, Hebungen, starke Sedimentanlieferung, u. a.), die sich durch

Absenkungen des vorgelagerten Molassetroges (marine Phasen) oder Hebungen des Vorlands (terrestrische Phasen) auswirken.

Eine dieser terrestrischen Phasen (Verlandung) innerhalb der Oberen Meeresmolasse führt zu Kohlevorkommen (HEINRICH 1980). Diese Kohle wurde (trotz geringer Mächtigkeit) zum Beispiel im Wirtatobel Ost des Pfänder noch während des 1. Weltkrieges abgebaut (HEINRICH 1980; WEBER & WEISS 1983).

Lithologisch sind diese Molasse-Serien sehr eintönig und bauen sich durchwegs aus Abfolgen von Sandsteinen, Mergeln und Konglomeraten (Nagelfluh) auf. Je nach Fazies und Nähe zu den Liefergebieten überwiegen entweder feinkörnige Serien (Mergel, Tonmergel) oder grobkörnige Serien (Konglomerate).

Das *Messgebiet Langen* baut eine weite stratigraphische Abfolge von der Unteren zur Oberen Süßwassermolasse auf.

Serie	Lithologie	Alter
	Mergel, Nagelfluh, Sandstein	? Ottnang-Obermiozän
St.Galler Schichten	Sandstein, Nagelfluh, Mergel	Eggenburg-Ottnang
Luzerner Schichten	Sandstein, Nagelfluh, Mergel	Eggenburg
	Sandsteine, Mergel	Eggenburg-Ottnang
Granitische Molasse	Sandsteine, Mergel	Ober-Eger

Bei den pleistozänen Sedimenten dominieren die Auswirkungen der letzten Großvereisung (Würm), die praktisch alle vorhergehenden Prägungen überlagert. Während des letzten Würm-Hochstandes erreichte der Rheingletscher noch die Höhe des Pfändergipfels und schickte sein Eis über das Rotach-Tal weit über die heutige deutsche Grenze nach Norden. Aus diesem Grund ist verbreitet auf den flacheren Hangpartien Grundmoränen- und Seitenmoränen-Material anzutreffen.

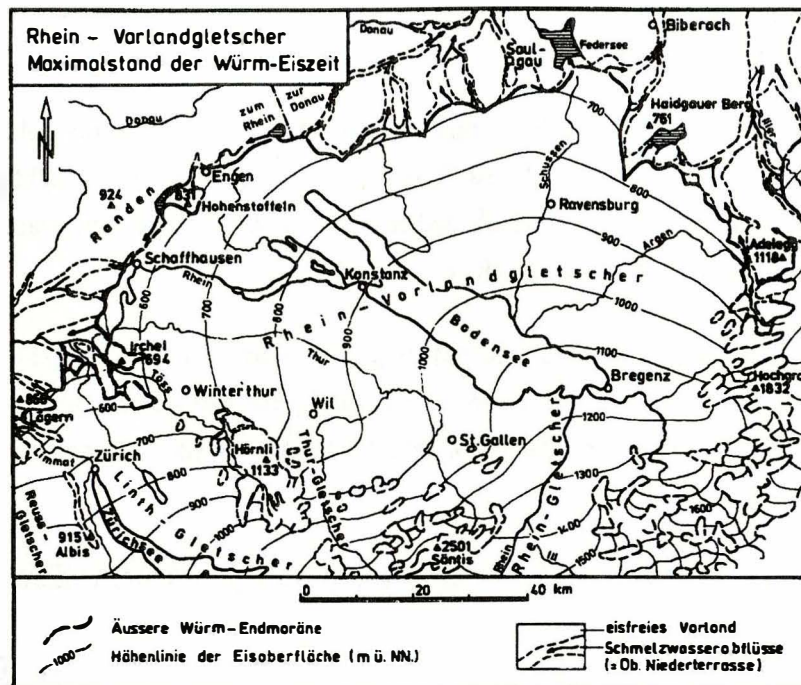


Abb. 34: Höchststand des Würmgletschers in der Bodenseeregion; aus: SCHREINER 1992

Während der Rückzugsphasen des Würmgletschers wurden die Seitentäler früher eisfrei als das Rheintal. Durch den Stau am Eis des Rheintales bildeten sich Seen in den Seitentälern. Im Messgebiet Langen sind davon ausgedehnte Seetonareale zurückgeblieben. Auf diesen entstanden häufig Moore in Flachstellen und Mulden.

In den etwas steileren Hängen sind Molassesedimente aufgeschlossen. Nagelfluhbänke bilden weithin sichtbare Steilstufen.

Auf Grund der relativ hohen Reliefenergie zum Vorfluter Bodensee erodierten die Bäche sofort nach Abschmelzen des Rheintalgletschers rasch und sehr tief. Das verbreitete Hangkriechen und mehrere, auch größere Rutschungen im Messgebiet sind einerseits auf diese Reliefenergie zurückzuführen und andererseits auf die lokalen klimatischen Verhältnisse mit häufigen Nordstaulagen – Niederschlägen.

Das Messgebiet Doren überschneidet sich im Nordwesten mit dem Messgebiet Langen. An die südlichsten Serien des Messgebiets Langen, die noch zur aufgerichteten Molasse gehören, schließen im Messgebiet Doren, mit einer Überschiebungszone, Serien der abgeschürften Molasse (Untere Süßwassermolasse) an.

Serie	Lithologie	Alter
Kojenschichten	Sandstein, Nagelfluh, Mergel	Obereger
Steigbachschichten	Sandstein, Mergel, Nagelfluh	Untereger
Weißbachschichten	Mergel, Sandstein	Untereger

5.1.2 Erste Beurteilung der aerogeophysikalischen Meßergebnisse

Radiometrie

Die Intensität der Messignale der natürlichen radioaktiven Strahlung sind nicht nur vom Aufbau des Untergrundes abhängig, sondern auch von der Verteilung der Landschafts-nutzung, der Bodenmächtigkeit, von der Art und Dichte der Vegetation sowie des Feuchtigkeitsgrads der Böden.

Die Messgebiete sind kleinräumig landwirtschaftlich strukturiert; Grünland und Waldflächen wechseln sich unregelmäßig ab.

Hinzuweisen ist auf die Tatsache, dass im Überlappungsbereich der beiden Messgebiete unterschiedliche Messergebnisse zu verzeichnen sind! Dies ist auf unterschiedliche hydrologische Randbedingungen zu den Messzeitpunkten (unterschiedliche Vorbefeuchtung) zurückzuführen.

Radiometrie/Thorium

Wenn man davon ausgeht, dass Thoriumquellen überwiegend in Schwermineralen wie z.B. Xenotim zu suchen sind, muss die Lieferung in Zusammenhang mit Kristallinserien im Einzugsgebiet stehen. Dies kann sowohl bei Tertiär-(Molasse-)Sedimenten, als auch bei pleistozänen Sedimenten (Moränenmaterial) der Fall sein.

Im Messgebiet Langen (Pfänderstock) dürfte die Situation so sein, dass die Tertiärsedimente eher Minima bilden, und die Maxima auf Moränenmaterial zu beziehen sind.

Im Messgebiet Doren ist das Bild nicht ganz so eindeutig. Neben höheren Messwerten, die pleistozänen Sedimenten zuzuordnen sind, dürften auch die Kojen- und Weißbachschichten einen höheren Thorium-Background aufweisen. Dies ist freilich im Gelände nachzuprüfen!

Radiometrie/Uran

Die Verteilung der Uranmesswerte deutet in beiden Messgebieten darauf hin, dass eher ein Zusammenhang zwischen pleistozänen Sedimenten und höheren Urangehalten gesehen werden kann. Auch dies ist im Gelände zu verifizieren!

Radiometrie/Kalium

Im *Messgebiet Langen* ist eine relativ klare Gliederung festzustellen. Die tonreicheren Quartärsedimente heben sich mit höheren Messwerten gegen die sandstein- und nagelfluhreichen Serien des Pfänderstockes ab. Feuchtfelder und Moore auf Seetonen sind demgegenüber eher durch niedrigere Messwerte gekennzeichnet (Absorption der Gammastrahlung). Dies liegt am hohen Wassergehalt der Böden, die die Abstrahlung stark reduzieren (– auf diesen Flächen sind auch Minima bei Thorium und Uran zu finden).

Im *Messgebiet Doren* ist diese Gliederung nicht so deutlich. Hier dürften auch mergeligere Serien in tertiären Schichten die bodennahe Kalium-Verteilung mitbeeinflussen.

Radiometrie/Cäsium

Der Tschernobyl-Fallout wurde mit den damaligen Niederschlägen in den Messgebieten sehr unregelmäßig verteilt; teilweise an Höhenkuppen konzentriert, teilweise streifenförmig quer zu morphologischen Formen. Festzuhalten ist, dass die Maximalwerte noch sehr hoch sind!

Im Bereich Süd Fischanger sind auch die sehr unterschiedlichen Messbedingungen der beiden Messkampagnen zu beobachten. Im Messflug Langen sind dort nur kleinräumige Anomalien zu sehen, im Messflug Doren vereinigen sich die Anomalien zu einer großen zusammenhängenden Fläche.

Bodentemperatur und Bodenfeuchte

Die Bodentemperatur wird durch berührungslose Infrarot-Messung erfasst. Es erfolgt dabei keine Kontrolle am Boden während der Befliegungszeitpunkte. Die Bodentemperaturverteilung spiegelt die Morphologie, Exposition und Vegetationsverteilung wider. Zum Teil kommt es je nach Befliegungszeit auch zu Abschattungen.

Auch in den Messungen der Bodentemperatur zeigen sich die unterschiedlichen Messbedingungen der beiden Gebiete, wie schon bei der Radiometrie hingewiesen.

Im Messgebiet Langen wurden nur auf sehr kleinen Flächen Bodentemperaturen >25 Grad erreicht. In den bewaldeten Hängen des Pfändestocks sind die Bodentemperaturen meist <20 Grad. Demgegenüber liegt die Bodentemperatur im Messgebiet Doren überwiegend >25 Grad!

Bodenfeuchte wird durch Rückstrahlung in einem bestimmten Frequenzbereich (L-Band) bestimmt. Es erfolgen dabei keine Bodenkontrollen oder Bodenfeuchtemessungen an ausgewählten Standorten zur Kalibrierung. Die Darstellung der gemessenen Bodenfeuchte kann somit „nur“ die relativen Unterschiede wiedergeben.

Die Darstellungen der Bodenfeuchte-Messwerte sind in beiden Messgebieten nur schwer zu interpretieren und sollten im Gelände verifiziert werden.

Magnetik

Die Messergebnisse der Magnetik sind vorläufig schwer zu interpretieren und müssen durch Geländekontrollen überprüft werden und entsprechende terrestrische Messungen ergänzt werden.

Elektromagnetik

Die Ergebnisse der elektromagnetischen Messungen wurden für beide Gebiete gemeinsam ausgewertet und nach Tiefenstufen dokumentiert. Die oberflächennahe geologische Situation erlaubt dabei eine sinnvolle Auswertung der EM-Messungen bis in ca. 65m Tiefe. Eine erste Durchsicht und Vergleich mit den geologischen Karten läßt festhalten, dass die Messergebnisse sehr plausibel erscheinen.

Oberflächennah ergibt sich ein komplexes Bild wechselnder niedriger und höherer Widerstände mit Längserstreckung der „Anomalien“ nach NE-SW. Diese Orientierung richtet sich teilweise nach der Talausrichtung und/oder der eiszeitlichen Gletscher. Eine erste Interpretation geht somit in Richtung Verteilung der Quartärsedimente einerseits und der Aufschlussituation der Untergrundserien andererseits. Im Bereich des Rotach-Tales und im Raum Sulzberg/Doren stimmt dies sehr gut mit der geologischen Karte überein.

Auffällig ist zum Beispiel eine NE-SW-streichende „Muldenstruktur“ niedriger Widerstände im Bereich Hirschberggau-Hirschberg NW des Pfänder, die sich jedoch aus der geologischen Situation nicht erklären lässt. Insbesondere auch, da sie sich bis in Tiefen von >40m

abzeichnet. Zum Vergleich dazu kann die ebenfalls NE-SW verlaufende Zone niedriger Widerstände bei Hub (etwas östlich obiger „Anomalie“), die ebenfalls bis >40m Tiefe verfolgt werden kann, als mächtiges Grundmoränenpaket identifiziert werden.

Im Gegensatz dazu lässt sich die im Bereich Unterhirschberg in der geologischen Karte ausgewiesene Hangbewegungen aus den EM-Daten nur undeutlich herauslesen.

Im einzelnen sind somit die Strukturen im Gelände oder an Hand von Detailkartierungen zu verifizieren!

5.2 Meßgebiet Schesatobel

Im Mittellauf der Schesa (Gemeinde Bürserberg) hat sich im Laufe der letzten hundertfünfzig Jahre ein riesiger Abbruchkessel gebildet. Rutschungen und Muren bedrohen Bereiche des Siedlungsgebiets der Gemeinden Bürserberg und Bürs, sowie Abschnitte der Bundesstraße, der Arlbergschnellstraße und der Bundesbahn. Die bisherigen, umfangreichen Maßnahmen des forsttechnischen Dienstes der Wildbach- und Lawinenverbauung (WLV) haben noch nicht ausgereicht, die Erosion im Schesa-Abbruchkessel zu stoppen.

Die hubschraubergeophysikalische Vermessung sollte Daten zum Aufbau des Lockersedimentkörpers, sowie zur Oberflächenabfluss- und Grundwasser-Situation liefern.

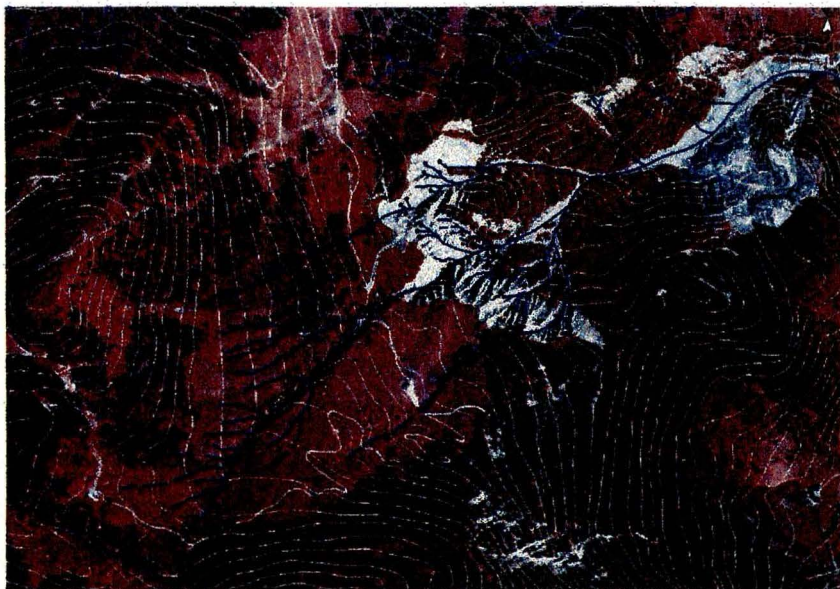


Abb. 35: IR-Falschfarben-Orthofoto des oberen Schesa-Einzugsgebiets und des Abbruchkessels mit aktuellem Abfluss-System

5.2.1 Geologische Situation und aktuelle Maßnahmenplanung der WLV

Untergrund- und Quartärgeologie

Das Messgebiet liegt im westlichsten Abschnitt der Nördlichen Kalkalpen (Rätikon). Im Gegensatz zu den östlich anschließenden Teilen der Nördlichen Kalkalpen fehlt hier nahe an der West-Ostalpengrenze der extreme Decken- und Überschiebungsbau. Hier dominiert Großfaltenbau und Zerlegung in große Schollen wie die Fundelkopfscholle und Schesaplanascholle (OBERHAUSER 1980). In den Schwächezonen zwischen den Großschollen wird Material aus dem Untergrund aufgepresst – die unterliegende Arosazone.

An so einer Nahtstelle zwischen Schesaplana- und Fundelkopfscholle liegt das Messgebiet Bürserberg/Schesatobel.

Die geologische Karte des Rätikon zeigt hier sehr deutlich den tektonischen Aufbruch der Arosazone (orange) im Zentrum des Arbeitsgebiets – mit Sandsteinen, Feinkonglomeraten und Mergel. In diese Schwächezone wurden tektonisch zusätzlich mächtige Gipskörper (grün/rot – gestreift) eingelagert, die aus der Raibler-Formation stammen. Im Süden schließt der Hauptdolomitstock des Daleu das Messgebiet ab. Auch im Westen begrenzt Hauptdolomit den Arbeitsbereich. Mit Nordwest-Südost-Streichen schließen Serien vom Muschelkalk über Partnach-/Arlbergschichten bis Raiblerschichten im Norden die tektonische Aufbruchzone ein.



Abb. 36: Ausschnitt aus der Geologischen Karte des Rätikon (HEISSEL, OBERHAUSER, REITHOFER & SCHMIDEGG 1965)

Morphologisch liegt das Messgebiet knapp am Südrand des Illtales und linksufrig des Alvierbaches (Brandnertal) – somit während der Eiszeit im Zwickel zwischen Illgletscher im Norden und Alviergletscher im Süden und Osten.

Die intensiven quartärgeologischen Untersuchungen der letzten Jahre, die auch durch Bohraufschlüsse ergänzt wurden, erbrachten ein Bild der Erosion und Mehrfachausräumung und Wiederauffüllung dieser Schwächezone (insbesondere BERTLE 1999). Gletscher der letzten Großvereisungen räumten eine tiefen Kolk in den weicheren Gesteinen der Arosazone und der Gipskörper aus (belegt durch Grundmoränenaufschlüsse). Interglazial und interstadial begannen Zyklen der Auffüllung mit Eisrandsedimenten und Wildbachschutt und darauffolgende Wiederausräumung. Die Wiederauffüllungsgeschichte dieses Zwickels zwischen Ill- und Alviergletscher nach der letzten Großvereisung (Würm) ist im Detail nachzuvollziehen und durch BERTLE 1999a und b dokumentiert. Parallel zu den einzelnen Rückzugsstadien der Würm-Gletscher werden wildbach- und murenartige Sedimente durch den „Ur-Mühlebach“ in einen Stausee im Freiraum zwischen den Eismassen geschüttet. Die Rückzugsstadien sind sowohl hinsichtlich ihrer jeweiligen Seitenmoränenständen und den zugehörigen Eisrandsediment-Schüttungen auskartiert.

Die letzte Phase der Eiszeit hat somit im Bereich des oberen Einzugsgebiets der heutigen Schesa ein Lockersedimentpaket von mehreren hundert Meter Mächtigkeit als riesiges Geschiebepotential hinterlassen.

Hydrogeologische Situation

Der Abfluss aus dem oberen Schesa-Einzugsgebiet erfolgt auf mehreren Wegen. Im Bereich der Arosazonen-Serien entwickeln sich meist dichte Unterböden (Pseudogley), wodurch dort der Oberflächenabfluss dominiert. Im Bereich der Schutthalden aus Hauptdolomit und dem Eisrandsediment-Körper überwiegt Versickerung und unterirdischer Abfluss. Die intensive Bewirtschaftung durch die Almweide hat auf großen Flächen aber zu Bodenverdichtung geführt, wodurch auch auf diesen Flächen zunehmend Oberflächenabfluss zu beobachten ist. Durch zahlreiche Beregnungsversuche und bodenphysikalische Analysen wurde diese Entwicklung bestätigt (MARKART, KOHL & ZANETTI 1997). An Hand der hydrogeologischen Kartierung und den bodenphysikalischen Analysen wurde eine Klassifizierung der Oberflächenabflüsse bei Starkregen vorgenommen (PIRKL 2000).

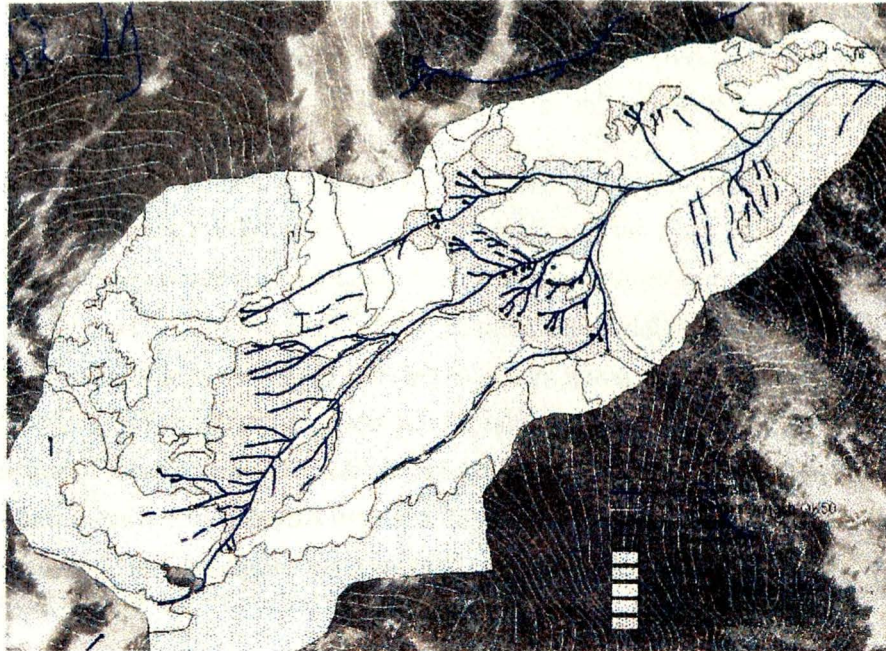


Abb. 37: Klassifizierung der Oberflächenabflüsse bei Starkregen im oberen Einzugsgebiet der Schesa

Neben den Oberflächenabflüssen spielt der unterirdische Abfluss im Bereich des Schesa-Abbruchkessels eine große Rolle. Die einzelnen Sedimentpakete, die den verschiedenen Rückzugstadien zugeordnet werden können, besitzen unterschiedliche Durchlässigkeiten. Dadurch treten im Lockersedimentpaket der Abbruchwand an unterschiedlichen Horizonten bis zum Hangfuß Quellen aus. Schüttungsschwankungen an diesen Quellhorizonten können zum Aufbau von Bergwasserdrücken führen und in weiterer Folge zu Grundbrüchen.

An mehreren Stellen (ober- und unterirdisch) mischen sich Wässer unterschiedlicher chemischer Milieus – einerseits aus Karbonateinzugsgebieten und andererseits aus Gipseinzugsgebieten. In den Mischbereichen dieser Wässer kommt es zu Karbonatausfällung und Verkittungen des Sediments (Konglomerat- und Nagelfluh-Bildung). Diese Prozesse sind aktuell zu beobachten und führten auch schon spät- und nacheiszeitlich zu Konglomerat-Entstehung (PIRKL 1994).

Wildbachsituation

Nach den historischen Aufzeichnungen (Wildbachkataster der WLV) machte sich die Schesa im Jahr 1802 durch ein Muren-Ereignis aus dem heutigen Abbruchgebiet zum erstem Mal bemerkbar. Bis dahin scheint die Schesa ein harmloser Bach gewesen zu sein. Schon im Jahr

1810 wurden Bereiche von Bürs durch Muren aus dem Schesakessel erreicht. Weitere große Murgänge wurden in den Jahren 1879 bis 1885 verzeichnet. Im letzteren Jahr kam es auch bereits zur Verlegung und Rückstau der Ill.

Als Auslösegrund der plötzlichen Erosionstätigkeit der Schesa wurden bis vor relativ kurzer Zeit Rodungsarbeiten im Umfeld der Franzosenkriege im Bereich Bürserberg angenommen. Die detaillierten geologischen und tektonischen Untersuchungen im Zuge der Maßnahmenplanungen der WLV der letzten Jahren erbrachten jedoch einen anderen – geologisch bedingten Auslösungsgrund. Es wird angenommen, dass die aktuelle Ausräumungsphase wie die vorhergehenden (interglazialen und interstadialen) Erosionsphasen durch das Einbrechen von Gipskarsts im Bereich Brennerbrücke (am unteren Ende des Abbruchkessels) gestartet wurde (BERTLE 1999a). Bisher wurden über 40 Mio m³ aus dem Kessel durch Muren und Geschiebetransport abgeführt. Aktuell bestehen Hinweise auf mögliche Nachbrüche aus der Kesselwand von jeweils mehreren hunderttausend m³.

Da die technischen Verbauungs-Maßnahmen, die durch die WLV bis jetzt getätigt wurden, nicht ausreichen, den Abbruchkessel auf Dauer zu stabilisieren, wird geplant, die Erosionstätigkeit durch Rückböschung der Abbruchwand zu stoppen.

5.2.2 Erste Beurteilung der aerogeophysikalischen Meßergebnisse

Radiometrie

Die Intensität der Messsignale der natürlichen radiaktiven Strahlung sind nicht nur vom Aufbau des Untergrundes abhängig, sondern auch von der Verteilung der Landschaftsnutzung, der Bodenmächtigkeit, von der Art und Dichte der Vegetation sowie des Feuchtigkeitsgrads der Böden.

Die Landschaftsgliederung des Messgebiets wird durch zwei Nutzungen dominiert – Grünland (in den höheren Lagen Almweide) und Wald. Die Waldflächen sind großteils stark durch Waldweide belastet und daher eher lockerer aufgebaut.

Bei der Interpretation der radiometrischen Messdaten ist jedoch zu beachten, dass große Flächen des Messgebietes durch dichtere Vegetation bedeckt sind.

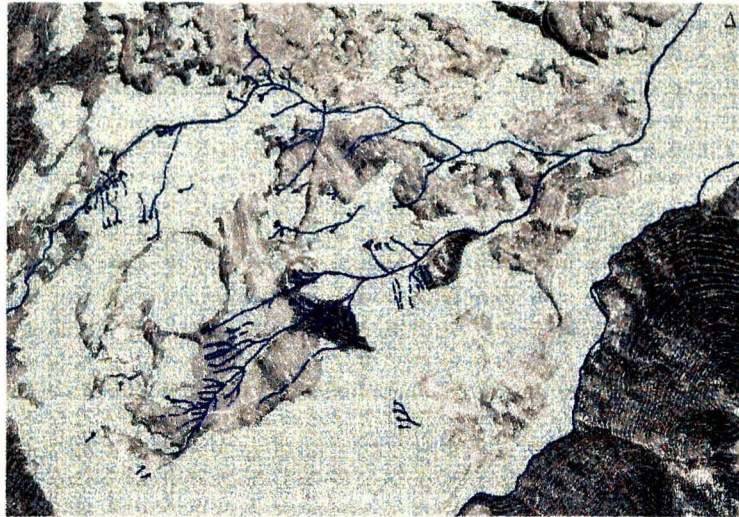


Abb. 38: Einzugsgebiet des Mühlebaches (oben) und der oberen Schesa; Waldflächen grün

Radiometrie/Thorium

Die Verteilung der Thorium-Messwerte ist klar interpretierbar.

- Minima und geringe Messwerte verweisen auf kalkalpine Serien, insbesondere die Hauptdolomitverbreitung, sowie deren Schuttbildungen. Der Einfluss kalkalpiner Lithologie ist bis in die Lockersedimentserien des Schesatobels zu verfolgen.
- Maxima und hohe Messwerte sind primär in den Verbreitungsgebieten der Arosazonengesteinen zu finden. Ausnahme ist der Bereich der aufgeschlossenen Arosazone St.Martin-Zugswald (NE Daleu); da dürfte der dichte Hochwald die Messungen verfälschen. Hohe Messwerte treten auch in Verbreitungsgebieten von abgerutschtem oder verschwemmten Arosazonen-Gesteinsmaterial auf. In der Grund- und Seitenmoränenlandschaft Dunza/Tschengla dürfte auch die Führung von Kristallinmaterial (Illgletscher aus der Silvretta) eine Rolle spielen.

Radiometrie/Uran

Die Minima-/Maxima-Verteilung von Uran ist unüblicherweise der von Thorium praktisch gegengleich. Das hat wahrscheinlich seinen Grund in der Tatsache, dass die Uran-Anomalien überwiegend nicht mit Kristallinmaterial in Verbindung zu bringen sind, sondern mit höheren Urangelhalten in bestimmten Abschnitten des Hauptdolomits. Solche Uranführung in Hauptdolomit ist aus anderen Gebieten der Nördlichen Kalkalpen bekannt und wurde z.B. im Bereich Kirchberg in Tirol im Detail untersucht (BELOCKY, SEIBERL & SLAPANSKY 1998). So liegen die Hauptmaxima der Uranmesswerte in Abschnitten anstehenden Hauptdolomits oder dessen ausgedehnter Schutthalden. Bereiche mit Arosazonengesteinen, Gips oder anderen kalkalpinen Serien im Untergrund sind durch Minima markiert. Das

kleinräumige Muster höherer Messwerte dürfte auch hier mit Kristallinmaterial in Grund- und Seitenmoränen in Verbindung zu bringen sein.

Radiometrie/Kalium

Auch bei der Messwertverteilung von Kalium bestehen klare Verhältnisse.

- Minima sind eindeutig den anstehenden kalkalpinen Serien und deren Schuttbildungen zuzuweisen.
- Maxima sind dort anzutreffen, wo tonreichere Substrate auf Grund der entsprechenden Untergrundlithologie anzutreffen sind – Arosazone und Grundmoränenlandschaft. Auch hier fehlt der Maxima-Bereich entlang der Arosazone St.Martin-Zugswald auf Grund des dichten Hochwaldbestandes.

Radiometrie/Cäsium

Hohe Cäsium-Messwerte konzentrieren sich hier auf Bereiche intensiv genutzter Weideflächen! Da auf Grund der Kalkgehalte in den Böden das Cäsium aus dem Tschernobyl-Ereignis in den Oberböden gebunden bleibt, wäre in diesem Zusammenhang die Frage zu stellen, ob sich dadurch eine langfristige Gefährdung der Wurzelmasse der Pflanzen entwickeln könnte?

Bodentemperatur und Bodenfeuchte

Die Bodentemperatur wird durch berührungslose Infrarot-Messung erfasst. Es erfolgt dabei keine Kontrolle am Boden während der Befliegungszeitpunkte. Die Bodentemperaturverteilung spiegelt die Morphologie, Exposition und Vegetationsverteilung wider. Zum Teil kommt es je nach Befliegungszeit auch zu Abschattungen. Etwas höhere Bodentemperaturen in Waldgebieten verweisen auf eine geringere Baumdichte einerseits infolge der Standortbedingungen (z.B. steilere Südflanke Daleu) oder andererseits durch Bewirtschaftsmaßnahmen wie Waldweide (z.B. Süd und Ostflanke Loischkopf). Temperaturspeicherung erfolgt auch an bodenfeuchten Standorten, An- oder Niedermooren, wie z.B. West der Burtscha Alpe.

Bodenfeuchte wird durch Rückstrahlung in einem bestimmten Frequenzbereich (L-Band) bestimmt. Es erfolgen dabei keine Bodenkontrollen oder Bodenfeuchtemessungen an ausgewählten Standorten zur Kalibrierung. Die Darstellung der gemessenen Bodenfeuchte kann somit „nur“ die relativen Unterschiede wiedergeben. Der aus Bodenuntersuchungen abgegrenzte Risikobereich für hohe Oberflächenabflüsse West der Burtschaalpe wird auch durch die Messungen erkannt. Die dabei gemessenen Bodenfeuchte-Prozente müssen aber

noch kalibriert werden! Es fehlt auch die entsprechende Einordnung in den jeweiligen hydrologischen Zustand (Vorbefeuchtung?).

Magnetik

Eine Interpretation der Messergebnisse nur aus dem Anomalienmuster ist relativ schwierig, besonders in Folge der geringen Suszeptibilitätsunterschiede. Deutlich zu unterscheiden sind Karbonatgebiete und Gips (Minima) einerseits und Arosazone (Maxima) andererseits. Schwierig sind lokale Suszeptibilitätsunterschiede in den Lockersediment- und Grundmoränenkörpern zu interpretieren. Wahrscheinlich spielen hier auch unterschiedliche Gehalte von Kristallinmaterial aus dem Montafon (Amphibolit, Serpentin) eine Rolle.

Elektromagnetik

Die EM-Messungen 2001 im Bereich Schesatobel sind auf Grund meßtechnischer Probleme nur schwer zu bearbeiten. Es wird daher auf die entsprechenden Meßergebnisse aus dem Jahr 1995 verwiesen.

Die Darstellung des scheinbaren Widerstands der Frequenz 7200Hz aus der Messkampagne 1995 zeigt aber die prinzipielle Brauchbarkeit der Methodik. Diese Messfrequenz gibt die Widerstandsverhältnisse in Bodennähe wider. Hohe Widerstände markieren die Verbreitung von Gips (trockener Karst), sowie anstehende Karbonate und deren (trockene) Schutthalden. Niedrige Widerstände umschreiben die Verbreitungsgebiete der Arosazonen-Gesteine und geschlossenerer Grundmoränenflächen. Widerstandsminima verweisen auf Feuchtflächen und Moore. Die Übereinstimmung mit Geländeaufnahmen und Kartierungen ist dabei sehr hoch.

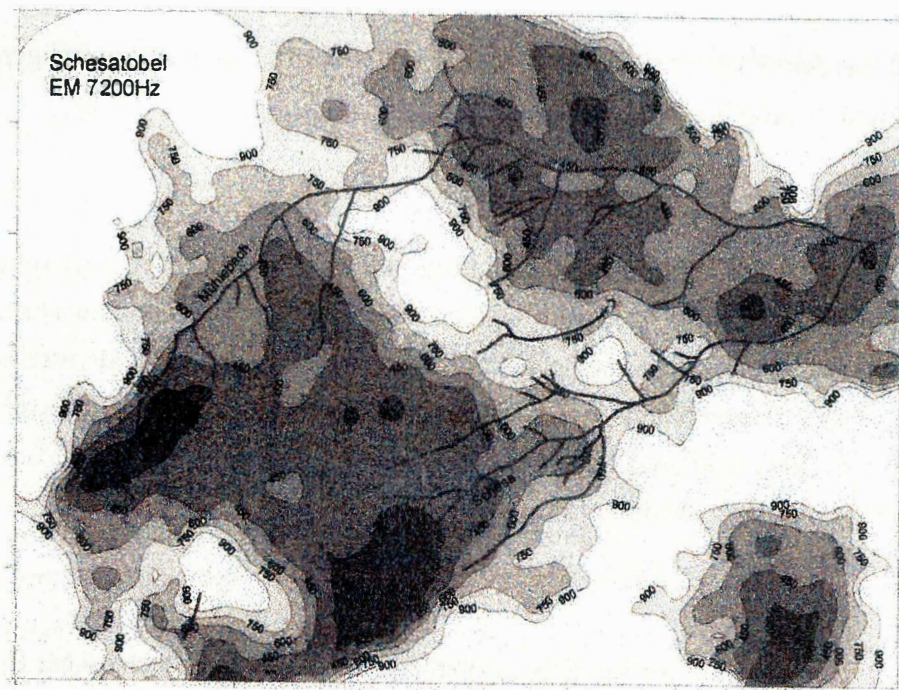


Abb. 39: Schesatobel - Elektromagnetik Messung 1995 / scheinbarer Widerstand 7200Hz

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

BELOCKY, R., SEIBERL, W. & SLAPANSKY, P.: Verifizierung und fachliche Bewertung von Forschungsergebnissen und Anomalienhinweisen aus regionalen Basisaufnahmen und Detailprojekten (ÜLG 28/97).- Unveröffentl.Bericht Archiv Geol.Bundesanstalt, Wien 1998

BERTLE, H.: Pilotprojekt Schesasanierung. Geologischer Abschlussbericht.- Unveröffentl.Bericht, Schruns 1999a

BERTLE, H.: Schesa Bruchkessel, Bürserberg-Vorarlberg: Mehrphasiger Murschuttflächenaufbau, Ausräumungsgeschichte, Sanierung durch Rückböschung.- Mitt.Ges.Geol.Bergbaustud.Österr., **42**, 139-179, Wien 1999b

DE GRAAFF, L.W.S.: Zur Morpho- und Chronostratigraphie des Oberen Würm in Vorarlberg.- Jb.Geol.BA, **135**, 809-824, Wien 1992

DE JONG, M.G.G., DE GRAAFF, L.W.S. & RUPKE, J.: Der Eisabbau im Vorderen Bregenzerwald und in den Nachbargebieten (Vorarlberg, Österreich ; Bayern, Deutschland) nach dem letzteiszeitlichen Eishochstand.- Jb.Geol.BA, **138**, 27-54, Wien 1995

FERNANDEZ-STEEGER, T.M.: Geologische Kartierung des Weißbachtals bei Doren (Vorarlberg, Österreich).- Diplomarbeit/1. Teil, Inst.f.Angewandte Geologie Univ.Karlsruhe, Karlsruhe 1998

FERNANDEZ-STEEGER, T.M.: Geologische und geotechnische Kartierung in Bregenz und Umgebung (West).- Diplomarbeit/2. Teil, Inst.f.Angewandte Geologie Univ.Karlsruhe, Karlsruhe 1998

HEINRICH, M.: Übersicht über die Braunkohlevorkommen Vorarlbergs.- Unveröffentl.Bericht Archiv Geol.Bundesanstalt, Wien 1980

HEISSEL, W, OBERHAUSER, R., REITHOFER, O. & SCHMIDEGG, O: Geologische Karte des Rätikon 1:25.000.- Geologische Bundesanstalt, Wien 1965

HERRMANN, P.: Geol.Karte der Republik Österreich 1:25.000, Blatt 83 Sulzberg.- Geol.Bundesanstalt, Wien 1984

HERRMANN, P. & SCHWERD, K.: Geol.Karte der Republik Österreich 1:25.000, Blatt 82 Bregenz.- Geol.Bundesanstalt, Wien 1982

KIENZLE, A.: Bericht zur geologischen Kartierung an der Bregenzerach im Bereich Weißach- und Rotach-Mündung (Vorarlberg, Österreich).- Diplomarbeit/1. Teil, Inst.f.Angewandte Geologie Univ.Karlsruhe, Karlsruhe 1998

KIENZLE, A.: Geologische und geotechnische Kartierung in Bregenz und Umgebung (östliches Stadtgebiet und Pfänder).- Diplomarbeit/2. Teil, Inst.f.Angewandte Geologie Univ.Karlsruhe, Karlsruhe 1998

LOACKER, H.: Kraftwerksbauten im Bregenzer Wald und ihre Anpassung an die geologischen Verhältnisse.- Jb.Geol.BA, 135, 857-866, Wien 1992

MARKART, G., KOHL, B. & ZANETTI, P.: Oberflächenabfluss bei Starkregen – Abflussbildung auf Wald-, Weide- und Feuchtfächen (am Beispiel des oberen Einzugsgebiet der Schesa – Bürserberg, Vorarlberg).- Centralblatt für das gesamte Forstwesen, 114, 123-144, Wien 1997

OBERHAUSER, R. (Red.): Der Geologische Aufbau Österreichs.- Springer, Berlin/New York 1980

OBERHAUSER, R.: Geol.Karte der Republik Österreich 1:25.000, Blatt 110 St.Gallen Nord und 111 Dornbirn Nord.- Geol.Bundesanstalt, Wien 1994

OBERHAUSER, R. & RATAJ, W.: Geologisch-tektonische Übersichtskarte von Vorarlberg 1:200.000.- Geologische Bundesanstalt, Wien 1998

PIRKL, H.: Bericht über hydrogeologisch-geohydrologische und geophysikalische Arbeiten im Bereich Schesa-Abbruchkessel für den Zeitraum 1993-1994.- Unveröffentl.Bericht, Wien 1994

PIRKL, H.: Pilotprojekt Schesasanierung. Geowissenschaftliche Arbeiten im Rahmen der Hauptstudie. 1.Phase/1995.- Unveröffentl.Bericht, Wien 1995

PIRKL, H.: Geohydrologische Situation des Schesatobeleinzugsgebiets – Implikationen für eine Sanierung durch Rückböschung.- Unveröffentl.Bericht, Wien 2000

SALZMANN, H.: Geophysikalische Untersuchungen des Festgesteinsuntergrunds im Schesatobel (Vorarlberg). Ergebnisse der Geoelektrik.- Diplomarbeit Inst.f.Geophysik und Meteorologie Univ.Wien, Wien 1994

SCHREINER, A.: Einführung in die Quartärgeologie.- Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1992

WEBER, L. & WEISS, A.: Bergbaugeschichte und Geologie der Österreichischen Braunkohlenvorkommen.- Archiv f.Lagerstättenforschung der Geol.Bundesanstalt, 4, Wien 1983

ZACHER, W.: Geol.Manuskriptkarte Blatt 112 Bezau.- Unveröffentl.Manuskriptkarte Archiv Geol.Bundesanstalt, München 1995