

Eine erste gesamte aeromagnetische Karte von Österreich und ihre Transformationen

A first complete aeromagnetic map of Austria and its transformations

Von Norbert H. BLAUMOSER*)

Mit 5 Abbildungen und 2 Tabellen

1. Abstract

Responding to the rugged topography of most parts of the country the aeromagnetic survey of Austria was flown at seven different flight levels. The campagne was carried out in two different field surveys (East- & West-Austria).

A first complete aeromagnetic map calculated for one altitude 3000 m a. m. s. was produced using up- and downward continuation procedures.

From this new residual map a map of "pole reduced" data, one of the "first vertical derivative" and one of the "second vertical derivative" is presented and compared with the geology of Austria.

For the discussed field transformation methods Fast-Fouriertransformation-filter techniques were applied.

2. Kurzfassung

Die Daten der aufgrund der uneinheitlichen Topographie in einzelnen Flughorizonten und in zwei Meßkampagnen (Ost-, Westösterreich) durchgeführte aeromagnetische Vermessung Österreichs wurden auf ein einheitliches Meßniveau (3000 m über N. N.) transformiert.

Neben Reduktionen an den einzelnen Horizonten wurden mit Hilfe der „Feldfortsetzung nach oben“ und „Feldfortsetzung nach unten“ diese Transformationen durchgeführt.

Das Ergebnis wurde als Restfeldkarte (ΔT) von Österreich dargestellt. Diese, sowie die weiteren Transformationen „Reduktion zum magnetischen Nordpol“ und „Erste & zweite vertikale Ableitung des Restfeldes“ wurden mit der Geologie von Österreich verglichen.

3. Einleitung

Die Republik Österreich und Süddeutschland wurden in den Jahren 1977 bis 1982 aeromagnetisch vermessen, um im Bestreben nach wirtschaftlicher Unabhängigkeit nutzbare Lagerstätten in diesem Raum zu erkunden (GUTDEUTSCH & SEIBERL, 1987).

Um die verschiedenen Kartierungs-Interessen vereinen zu können, wurde für die Kartierung des „magnetischen Grundgebirges“ ein Profilabstand von 2 km (bzw. 2,2 km in Westösterreich) gewählt.

*) Anschrift: Norbert H. BLAUMOSER, Geologische Bundesanstalt, FA Geophysik, Seidlgasse 28/4, A-1030 Wien.

Bedingt durch die uneinheitliche Topographie in Österreich wurde die Vermessung in Flughorizonten mit unterschiedlicher Flughöhe über Normal Null (N. N.) durchgeführt (Flughorizont 800 m, 1000 m, 1400 m, 2500 m, 3000 m und 4000 m über N. N., siehe Abbildung 1). Dies führte allerdings dazu, daß die Ergebnisse bis zu dieser Arbeit nur horizontweise als Isolinienpläne vorlagen.

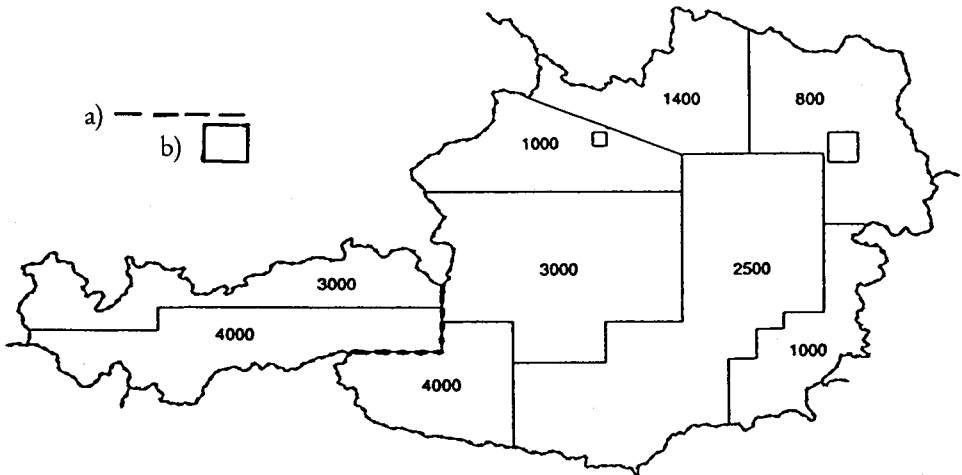


Abb. 1: **Einteilung der Flughorizonte.** Höhenangabe in Meter über N. N.
 a) Grenze der Befliegung West- und Ostösterreichs.
 b) Gestörte Messungen über dem Stadtgebiet von Linz und Wien.

Fig. 1: **Flightlevel-overview.** Altitude in meter a. m. s.
 a) Border between the surveys of the eastern and western part of Austria.
 b) Disturbed measurements over the cities of Linz and Vienna.

Folgende Publikationen, die die aeromagnetische Vermessung Österreichs betreffen, liegen bereits vor: PUCHER & HAHN (1979), WAGINI (1983), STRAUSS (1983), GUTDEUTSCH & SEIBERL (1987) sowie SEIBERL & HEINZ (1990).

Ziel der vorliegenden Arbeit war, die Daten der unterschiedlichen Flughorizonte sowie die Ergebnisse der verschiedenen Vermessungen (West-, Ostösterreich) auf ein einheitliches Meßniveau zu transformieren. In der weiteren Folge sollte das Ergebnis in Isolinienplänen dargestellt und mit der Geologie von Österreich verglichen werden.

3.1. Westösterreich

Westösterreich und Süddeutschland wurde von der Firma HUNTING Geology and Geophysics Ltd. (GB) in zwei Horizonten (3000 m und 4000 m über N. N.) befliegen.

Die verwendeten Meßsysteme sind bei PUCHER & HAHN (1979) sowie GUTDEUTSCH & SEIBERL (1987) beschrieben. Zur Ergänzung sei angemerkt, daß zur Positionierung des Flugzeuges ein Marconi Doppler-System (SEIBERL, pers. Mitt., 1991) zur Anwendung gelangte.

Als Meßinstrument wurde ein Protonenpräzessionsmagnetometer der Marke Geometrics G-804 mit einer Meßempfindlichkeit von 0,05 nT bei einer Meßfolge von 2 sec verwendet. Dieses Gerät mißt den Betrag (auch Totalintensität genannt) des Magnetisierungsvektors (\vec{T}).

Für die Messung der erdmagnetischen Tagesvariationen wurde ein weiteres Protonenpräzessionsmagnetometer G 803 in der Nähe von Innsbruck und ein Magnetometer G 826 im Magnetischen Observatorium in Fürstenfeldbruck bei München verwendet.

Die Meßprofile verlaufen N — S parallel zum Meridian 12°E mit 2,2 km Profilabstand. Die Kontrollprofile wurden in E — W-Richtung mit einem Profilabstand von 11 km geflogen.

Bei der Korrektur der Meßwerte wurde insbesondere der Ausgleich zwischen den Meß- und Kontrollprofilen an den Kreuzungspunkten berücksichtigt.

Von den korrigierten Meßwerten wurde das erdmagnetische Hauptfeld (IGRF 1977.7) und ein geeignetes Regionalfeld abgezogen.

Die Restwerte wurden auf ein 2,2×2,2 km-Raster interpoliert, das dann dem Autor für die folgende Arbeit zur Verfügung stand.

3.2. Ostösterreich

Die Befliegung Ostösterreichs erfolgte in Zusammenarbeit der Universität Wien mit der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, der Geologischen Bundesanstalt und dem Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen.

Das Meßsystem kann bei STRAUSS (1983), GUTDEUTSCH & SEIBERL (1987) sowie SEIBERL & HEINZ (1990) nachgelesen werden.

Als Meßinstrument wurde ein Kernpräzessionsmagnetometer der Marke Geometrics G-803 mit einer Meßempfindlichkeit von 1/8 nT bei einer Meßfolge von 1 sec verwendet.

Für die Erfassung der erdmagnetischen Tagesvariationen wurde anfänglich eine temporäre Bodenstation bei Seibersdorf, später eine permanente Station bei Gams (nördlich von Graz) sowie die Station Wien-Kobenzl eingesetzt.

Um jenen Feldanteil (ΔT) zu separieren, der die geologischen Informationen beinhaltet, wird von den korrigierten Meßwerten ein Regionalfeld (T_r) abgezogen. STRAUSS beschreibt 1983, daß für den von ihm bearbeiteten Horizont 800 von den Meßdaten ein Regionalfeld zur Epoche 1970.0, das als Polynom 2. Ordnung der Form

$$T_r = 47141.48 + 55.5(\gamma - 13.5) + 296.67(\varphi - 47.5)$$

dargestellt worden war, abgezogen worden ist. Bei den 47 141,48 nT handelt es sich offenbar um die von GUTDEUTSCH & SEIBERL (1987) erwähnten horizont-abhängigen Konstanten T_c für die Flughöhe 800 m über N. N. Ein ähnliches Regionalfeld wurde bei den anderen Flughorizonten in Rechnung gestellt, wobei nur die Konstante T_c wegen des Vertikalgradienten des Hauptfeldes geändert werden mußte. Die Konstanten T_c sind in der Tabelle 1 zusammengefaßt.

Die Restwerte wurden horizontweise auf ein Magnetband abgespeichert, das dann dem Autor für die folgende Arbeit zur Verfügung stand.

Tabelle 1: Übersicht über die reduzierten Meßdaten

Flughorizont in m über N.N.	Anzahl der Meßpunkte	\pm Feldf. in m	T_c in nT	T_k in nT
flightlevel	data points	\pm continuation		
800	116 354	-2200	47 141,48	—
1000-U	90 535	-2000	47 137,00	-3,0
1000-B	69 771	-2000	47 137,00	—
1400	105 211	-1600	47 128,34	+3,0
2500	230 621	- 500	47 104,25	-1,0
3000-Ost	175 211	—	47 093,30	—
3000-West	*	—	47 093,30	—
4000-Ost	68 177	+1000	47 071,10	—
4000-West	*	+1000	47 071,10	—

* Nur Rasterpunkte vorhanden (2,2×2,2 km).

U ... Oberösterreich

B ... Burgenland

T_c ... flughöhenabhängige Konstante in nT

T_k ... Korrekturwert bedingt durch die Horizontanpassung

4. Das Zusammenfügen der West- Ostvermessungen

Die zwei unterschiedlichen Vermessungen (Ost-, West-Österreich) mußten im Bereich der Flughorizonte 3000 m und 4000 m ineinander übergeführt werden. Während der Ostteil in Profilform im Koordinatensystem Gauß-Krüger (Bezugsmeridian M31) zur Verfügung stand, lag der Westteil in zwei Rastern (3000 m und 4000 m mit Rasterabstand 2,2 km; 120×40, 120×30) vor.

Die Rasterdaten des Westteils wurden mittels Koordinatentransformation (Translation, Rotation) in das Bezugssystem des Ostteils überführt. An den Überlappungszonen konnte die Paßgenauigkeit der Transformationen überprüft werden.

Aufgrund der in der Einleitung beschriebenen Gradienten des IGRF ergibt sich für die Station Wien-Kobenzl ($\varphi=48,265^\circ$; $\lambda=16,318^\circ$) ein Hauptfeld (T_r) von 47 625 nT. Daraus resultiert ein Unterschied der Bezugsniveaus Wien-Kobenzl — Innsbruck von 77 nT. Dieser Unterschied ist für die Angleichung der österreichischen aeromagnetischen Karte an die anderer mitteleuropäischer Staaten wichtig.

5. Die Transformationen

5.1. Theorie des Algorithmus

Transformationen von Geopotentialfeldern, wie die Feldfortsetzungen, Berechnung des Vertikalgradienten etc., können als nichtrekursive Filter gedeutet werden (STRAUSS, 1983). Diese Filterungen werden prinzipiell im Raum(Zeit)- oder Wellenzahl(Frequenz)bereich vollzogen. Um Datenverluste an den Randzonen der zu transformierenden Meßgebiete zu vermeiden, wird die Filterung im Frequenzbereich durchgeführt (STRAUSS, 1983).

Ein wichtiges Hilfsmittel dazu ist die Fourierintegraltransformation.

Die Fourierintegraltransformation $G(u, v)$ einer Funktion $g(x, y)$ ist definiert durch (siehe z. B. HILDENBRAND, 1983)

$$G(u, v) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} g(x, y) e^{-2\pi i(ux+vy)} dx dy, \quad (1)$$

wobei u und v die x (Nord) und y (Ost) Koordinaten im Wellenzahlbereich bedeuten.

In der Praxis ist die Potentialfeldfunktion $g(x, y)$ nur an diskreten Punkten (Rasterpunkten) bekannt. Im gegenständlichen Fall handelt es sich um die ΔT -Werte der aeromagnetischen Vermessung. Deshalb wird die diskrete Fouriertransformation verwendet. Sie ist definiert durch

$$G(k, l) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} g(m, n) e^{-2\pi i(\frac{km}{M} + \frac{ln}{N})}, \quad (2)$$

wobei m und n die ganzzahligen Rasterpunktpositionsindizes im Raumbereich, k und l die ganzzahligen Rasterpositionsindizes im Wellenzahlbereich und M und N die Anzahl der Reihen und Spalten der Datenfelder darstellen.

Wendet man das Faltungstheorem auf zweidimensionale Datenfelder an, kann man schreiben:

$$F(u, v) = H(u, v)G(u, v) \quad (3)$$

wobei $G(u, v)$ als Eingabedaten,
 $F(u, v)$ als gefilterte Ausgabedaten und
 $H(u, v)$ als Filterfunktion
 u und v die x, y -Koordinaten im Wellenzahlbereich darstellen.

Bekanntlich ist die Faltung im Raumbereich gleichbedeutend mit der Multiplikation der Fouriertransformierten im Wellenzahlbereich.

Die Eingabedaten werden mittels Gleichung (2) in den Wellenzahlbereich transformiert.

Die sich daraus ergebenden Fourierkoeffizienten $G(k, l)$ werden mit der Wellenzahlantwort des Filters $H(k, l)$ multipliziert. Dadurch erhält man die Fourierkoeffizienten $F(u, v)$ der gefilterten Daten (Gleichung 3). Mit Hilfe der inversen Fouriertransformation

$$f(m, n) = \frac{1}{M} \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{M-1} \sum_{l=0}^{N-1} F(k, l) e^{2\pi i(\frac{km}{M} + \frac{ln}{N})} \quad (4)$$

bestimmt man das gefilterte Ergebnis in Rasterform.

Die Ableitung der Wellenzahlantwort der Filterfunktionen kann bei STRAUSS (1983) nachgelesen werden. Eine Zusammenfassung der in dieser Arbeit verwendeten Transformationen und die Wellenzahlantwort ihrer Filterfunktionen ist in der Tabelle 2 dargestellt.

5.2. Transformation der einzelnen Flughorizonte auf einen einheitlichen Horizont

Wie in der Einleitung dargestellt, lagen die Meßergebnisse horizonteweise in unterschiedlicher Flughöhe über N. N. vor. Da aber der Vertikalgradient des Erdmagnetfeldes über Österreich nicht unberücksichtigt bleiben darf, dieser aber bei der Datenreduktion nur als flughöhenabhängige Konstante T_c (GUTDEUTSCH & SEIBERL, 1987) berücksichtigt wurde (siehe Tabelle 1), konnten die Isolinienkarten der einzelnen Horizonte schlecht miteinander verglichen werden.

Tabelle 2: Übersicht über die verschiedenen Transformationen

Transformationstyp	Wellenzahlantwort der Filterfunktion	Literatur
Reduktion zum Pol	$\frac{(u^2+v^2)}{(iua'+ivb'+wc')(iua+ivb+wc)}$	(LOURENÇO, 1972)
Feldfortsetzung	$e^{2\pi z\sqrt{(u^2+v^2)}}$	(FULLER, 1967)
1. vertik. Ableitung	$2\pi\sqrt{(u^2+v^2)}$	(HILDENBRAND, 1983)
2. vertik. Ableitung	$4\pi^2(u^2+v^2)$	(FULLER, 1967)

wobei $u, v \dots x, y$ -Koordinaten im Wellenzahlbereich

a, b, c , (Erdfeld); a', b', c' (Vektor einer remanenten Magnetisierung)

\dots Richtungscosinus

$z \dots$ Feldfortsetzungshöhe

$z < 0 \dots$ Feldfortsetzung nach oben

$z > 0 \dots$ Feldfortsetzung nach unten

$w = \sqrt{u^2+v^2}$

Eine Möglichkeit, die Meßergebnisse der unterschiedlichen Flughorizonte ineinander überzuführen, besteht durch die Feldfortsetzung des Restfeldes auf eine einheitliche Meßebene. Dies erscheint nach MILITZER et al. (1984) wesentlich genauer zu sein, als eine Höhenreduktion, berechnet aus einer Kugelfunktionsannäherung des Hauptfeldes, oder als eine Ableitung der Höhenreduktion aus dem Vertikalgradienten des Hauptfeldes.

Da die einzelnen Flughorizonte 5 km überlappend geflogen wurden, konnten an diesen Überlappungszonen die Ergebnisse der diversen Höhenreduktionen und Feldfortsetzungen überprüft werden. Die dabei vorgefundenen Fehler wurden horizontweise (siehe Tabelle 1) korrigiert. In diesen minimalen Fehlern T_k spiegelt sich die Tatsache wieder, daß die aeromagnetische Vermessung Österreichs über einen längeren Zeitraum hinweg durchgeführt worden ist und daher die Bearbeitung nicht einheitlich erfolgte. Weiters spielt dabei auch der regionale Verlauf der Säkularvariation und deren Reduktion eine Rolle.

Die korrigierten Meßdaten, die horizontweise in Profilform vorlagen, wurden anschließend auf ein quadratisches Raster interpoliert. Hiefür wurde ein Algorithmus von BRIGGS (1974) verwendet. Dem Profilstand entsprechend wurde ein Rasterpunktstand Δd von 2×2 km gewählt. Zwecks Vereinheitlichung wurden auch die westösterreichischen Horizonte nach Umrechnung der geographischen Koordinaten in das Gauss-Krüger-System (Bezugsmeridian M31) auf diesen Rasterstand interpoliert. Als einheitliche Meßniveauhöhe wurde $h = 3000$ m gewählt. Diese Meßebene eignet sich deshalb für einen Gesamthorizont, da große Teile der Alpen und des Alpenvorlandes in einer Flughöhe von 2500 m und 3000 m vermessen wurden, sodaß bei diesen Horizonten praktisch keine Informationsverluste auftreten. Der Horizont mit der niedrigsten Flughöhe war der mit 800 m über N. N. Aber auch bei diesem blieben alle interessanten Anomalien nach der „Feldfortsetzung nach oben“ erhalten.

Bei der „Feldfortsetzung nach unten“ der Daten der beiden 4000-m-Horizonte wurde darauf geachtet, daß die Fortsetzungsdistanz (z) nicht größer als der einfache Rasterabstand (2 km) ist. Dies ist durch $z = 1$ km gegeben. Diese Einschränkung ist notwendig, da der „Feldfortsetzung-nach-unten“-Filter ab $z > \Delta d$ ein Anomalienbild wiedergibt, das mit den physikalischen Ursachen, den Störkörpern, nichts zu tun hat (STRAUSS, 1983). Das Ergebnis wurde gefiltert, um die durch die Feldfortsetzung nach unten entstehenden hochfrequenten Anteile zu eliminieren.

5.3. Transformationen des Gesamthorizontes

5.3.1. Polreduktion

Die Richtung des Vektors des induzierten Feldes, im gegenständlichen Fall das Hauptfeld der Erde, sowie eine etwaige remanente Magnetisierung erzeugen im allgemeinen ein Anomalienmuster über den Störkörpern, das nicht unmittelbar mit der Lage letzterer korreliert. Dieses Phänomen tritt nicht auf, wenn das Magnetfeld mit 90° zur Erdoberfläche einfällt (wie an den Polen).

In der angewandten Magnetik betrachtet man die Anomalie bei 90° einfallendem Magnetfeld. Diese Betrachtungsweise nennt man „Reduktion der Anomalie zum magnetischen Nordpol“.

Die Vorteile liegen auf der Hand:

- ★ Verschwinden des im N vorgelagerten Minimums,
- ★ das Maximum der Anomalie kommt im allgemeinen über dem Zentrum des Störkörpers zu liegen.

Die Überlegenheit von zum Pol reduzierten magnetischen Isolinienplänen wird vor allem bei der Korrelation mit der Oberflächengeologie ersichtlich (STRAUSS, 1983). Weiters können zum Pol transformierte Karten direkt mit dem vertikalen Schweregradienten verglichen werden. Für den Bereich der Ostalpen wurde dies erstmalig von SEIBERL (1979) an Hand von 324 Meßpunkten der magnetischen Landesaufnahme von Österreich (Residuenkarte der Totalintensität zur Epoche 1970.0 (SEIBERL, 1977)) durchgeführt.

Der Einfall des Erdmagnetfeldes wird durch die Deklination D (Winkel zwischen magnetisch und geographisch Nord) und der Inklination I (Winkel zwischen Horizontalebene und T) bestimmt. In Österreich beträgt er im Mittel $I=63^\circ$ und $D=1^\circ$ zur Epoche 1977.0. Bei Vorhandensein remanenter Magnetisierung der Störkörper muß auch diese in Form von remanenter Inklination I_R und Deklination D_R berücksichtigt werden. Bei regionalen Betrachtungen wie etwa der des österreichischen Bundesgebietes kann diese eventuell vorhandene remanente Magnetisierung einzelner Störkörper nicht berücksichtigt werden, D_R und I_R wurden daher D und I gleichgesetzt.

Das Ergebnis der Polreduktion ist in Abbildung 3 als Isolinienkarte dargestellt.

5.3.2. Erste und zweite vertikale Ableitung

Schon in den Anfängen der angewandten Gravimetrie und Magnetik wurde die Notwendigkeit erkannt, die interessanten Anomalien vom allgemeinen Feldverlauf zu trennen (SEIBERL, 1979). Wegen der einfacheren Berechnungsmöglichkeiten wurden zuerst die höheren Ableitungen des Schwerepotentials bzw. des magnetischen Potentials den Feldfort-

setzungen vorgezogen. Ausschlaggebend für die Interpretation ist die Tatsache, daß die Wirkung eines Störkörpers bei der Gradientendarstellung mit der 3. Potenz des Abstandes abnimmt, bei der Darstellung der 2. Ableitung mit der 4. Potenz. Daher machen sich in erster Linie bei den 2. Ableitungen die oberflächennächsten, bei der 1. Ableitung etwas stärker die tiefer liegenden Störkörper bemerkbar (SEIBERL, 1979). Die näherungsweise Bestimmung der ersten und zweiten Ableitung nach z von gravimetrischen und magnetischen Meßdaten wurde bis anfang der Siebzigerjahre im verstärkten Umfang — besonders im Zuge der ausgedehnten Explorationstätigkeit — verwendet (SEIBERL, 1979).

Für Österreich wurde sowohl die erste als auch die zweite vertikale Ableitung des Restfeldes berechnet und in den Abbildungen 4 und 5 als Isolinienkarten dargestellt. Da die Zahlenwerte der Ableitungen sehr klein sind, wurden sie zur besseren Darstellung mit 10 000 (1. Abl.) und 10 000 000 (2. Abl.) multipliziert (siehe Abb. 4 und Abb. 5).

6. Diskussion der Ergebnisse

Um die Restfeldkarte des Gesamthorizontes und ihrer Transformationen mit der regionalen Geologie von Österreich vergleichen zu können, wurden die Karten im Maßstab 1:1 000 000 geplottet. Dies stellt im Vergleich zu Karten größeren Maßstabes eine Art „optischen Tiefpaßfilter“ dar. Vergleiche mit Restfeldkarten im Maßstab 1:500 000 zeigen allerdings, daß keine wesentlichen Informationen verloren gehen.

Die Isanomalien des ΔF Restfeldes, aber insbesondere die der polreduzierten Daten korrelieren teilweise mit der Geologie von Österreich, (BECK-MANNAGETTA, 1961, Karte 1:1 000 000).

Der Vergleich mit der Geologie soll von Nord nach Süd, bzw. von West nach Ost besprochen werden:

Böhmische Masse/Molassezone:

Die Grenze zwischen Moldanubikum und Moravikum ist durch einen starken Horizontalgradienten markiert. Das unruhige Anomalienmuster, wie es die Horizonte 800 m und 1400 m zeigten, löst sich einerseits durch die Feldfortsetzung auf 3000 m („Tiefpaßfilterung“), andererseits durch die Polreduktion auf. Zahlreiche kleine Minima verschwinden, die stark positiven Anomalienzüge bei Retz/Eggenburg sind kompakter. Die Diendorfer Störung ist erkennbar.

Die Molassezone ist in wesentlichen Teilen beherrscht von einem ausgeprägten, west-ost streichenden Minimum, das im Vergleich zur Restfeldkarte deutlich nach Norden verschoben ist. Der auf dem 800 m Horizont ersichtliche Anomalienzug nordwestlich und nördlich von Tulln mit Maximalwerten bis 400 nT erscheint nun als eine Anomalie mit einer maximalen Amplitude von zirka 100 nT.

Berchtesgadener Anomalie:

Die sogenannte „Berchtesgadener Anomalie“, die Anlaß verschiedener Untersuchungen war (GÄNGER, 1954; BLEIL & POHL, 1976; PUCHER & HAHN, 1979; REISNER, 1988; HÜBL, pers. Mitt., 1991), beginnt südlich von München und setzt sich über Salzburg, den Nördlichen Kalkalpen entlang, über Wien und die Tschechoslowakei („Mährische Anomalie“) bis nach Weißrußland fort (GUTDEUTSCH & SEIBERL, 1987). Neueste Überlegungen nehmen als östlichste Begrenzung die „Tornquist'schen Linie“ an (GNOJEK & HEINZ, 1992).

War ihre Ursache lange Zeit unbekannt, so setzt sich auf Grund zahlreicher Modellrechnungen die Meinung durch, daß die Quellen dieser Anomalie Reste ozeanischer Kruste darstellen. Die Karte der Polreduktion zeigt die Anomalie nach Norden verschoben. Das nördlich vorgelagerte Minimum verschwindet nicht, was auf einen remanenten Feldanteil oder auf eine eigenständige negative Anomalie, die durch das Molassebecken verursacht werden könnte, schließen läßt. Bei der ersten vertikalen Ableitung ist diese regionale Anomalie dominierend, bei der zweiten vertikalen Ableitung ist sie nur noch schwach erkennbar. In den Bereich der Berchtesgadener Anomalie fällt südwestlich von Wien eine Anomalie in der Nähe Kaumbergs. Diese wurde von SACHS et al. (1989) versuchsweise zur Klärung des Verlaufes des subalpinen kristallinen Untergrundes herangezogen.

Betrachtet man den Verlauf der „Mährischen Anomalie“ über die Staatsgrenze hinaus nach Norden, so kann man an Hand tschechoslowakischer Magnetikkarten annehmen, daß diese markante Anomalie in etwa dem Verlauf der Berchtesgadener Anomalie folgt, aber von lokalen magnetischen Strukturen mit NNW-SSO-Streichrichtung überlagert wird.

Zentralalpen:

Während die „Berchtesgadener Anomalie“ den Bereich der Nördlichen Kalkalpen überlagert, ist an der Grenze Zentralalpen/Nördliche Kalkalpen eine Anomalienkette im Bereich der Grauwackenzone erkennbar, die ebenfalls Resten ozeanischer (Südpeninnscher) Kruste zugeordnet werden könnte (HEINZ, 1989; HEINZ & SEIBERL, 1990). Die Südflanke dieses Anomalienzuges ist besonders in der ersten und zweiten vertikalen Ableitung sehr ausgeprägt. Dies läßt den Schluß nahe, daß sich hier tiefer liegende Strukturen bis in oberflächennahe Schichten fortsetzen.

Westösterreich:

Im Westteil Österreichs zeigen sich im allgemeinen wesentlich ruhigere Anomalienmuster (HEINZ, 1979, 1989). Die Autoren HEINZ (1989) und HEINZ & SEIBERL (1990) klassifizierten die Anomalienmuster westlich und östlich des Tauernfensters.

Weiters finden sich im Westen Österreichs zwei ausgeprägte Anomalien im Bereich der Silvretta und der Ötztaler Alpen. Die Quellen der Anomalien scheinen einerseits die Ultrabasite der Silvrettagruppe zu sein, andererseits im tieferen Untergrund der Zentralalpen zu liegen. Das Engadiner Fenster bildet sich sehr gut bei der Polreduktion als Minimum in SW — NO-Richtung ab. Es kann als Fortsetzung eines Minimums angesehen werden, das dem Maximum der Anomalie in den Ötztaler Alpen nördlich vorgelagert ist.

Südösterreich:

Weiter östlich, im Bereich der Hohen Tauern, sind die zahlreichen Anomalien den ultrabasischen Anteilen der Hüllserien zuordenbar (GUTDEUTSCH & SEIBERL, 1987). In der ersten und zweiten Ableitung zeigen sich diese Anomalienketten mit West — Ost-Streichrichtung, die von NW-SO-streichenden Anomalienmustern gekreuzt werden. Letztere könnten dem Streichen der „Möll-Drau-Linie“ entsprechen.

Die dominierenden magnetischen Anomalien im Steirischen Becken lassen sich zum Großteil auf den tertiären Vulkanismus zurückführen. Die Achse des Weststeirischen Beckens ist durch ein langgestrecktes Minimum markiert. Im Bereich der südburgenländischen Schwelle herrschen vom Typ her ähnliche Anomalienstrukturen vor, doch sind deren Quellen dem prätertiären Untergrund zuzuordnen (SEIBERL & WALACH, 1988).

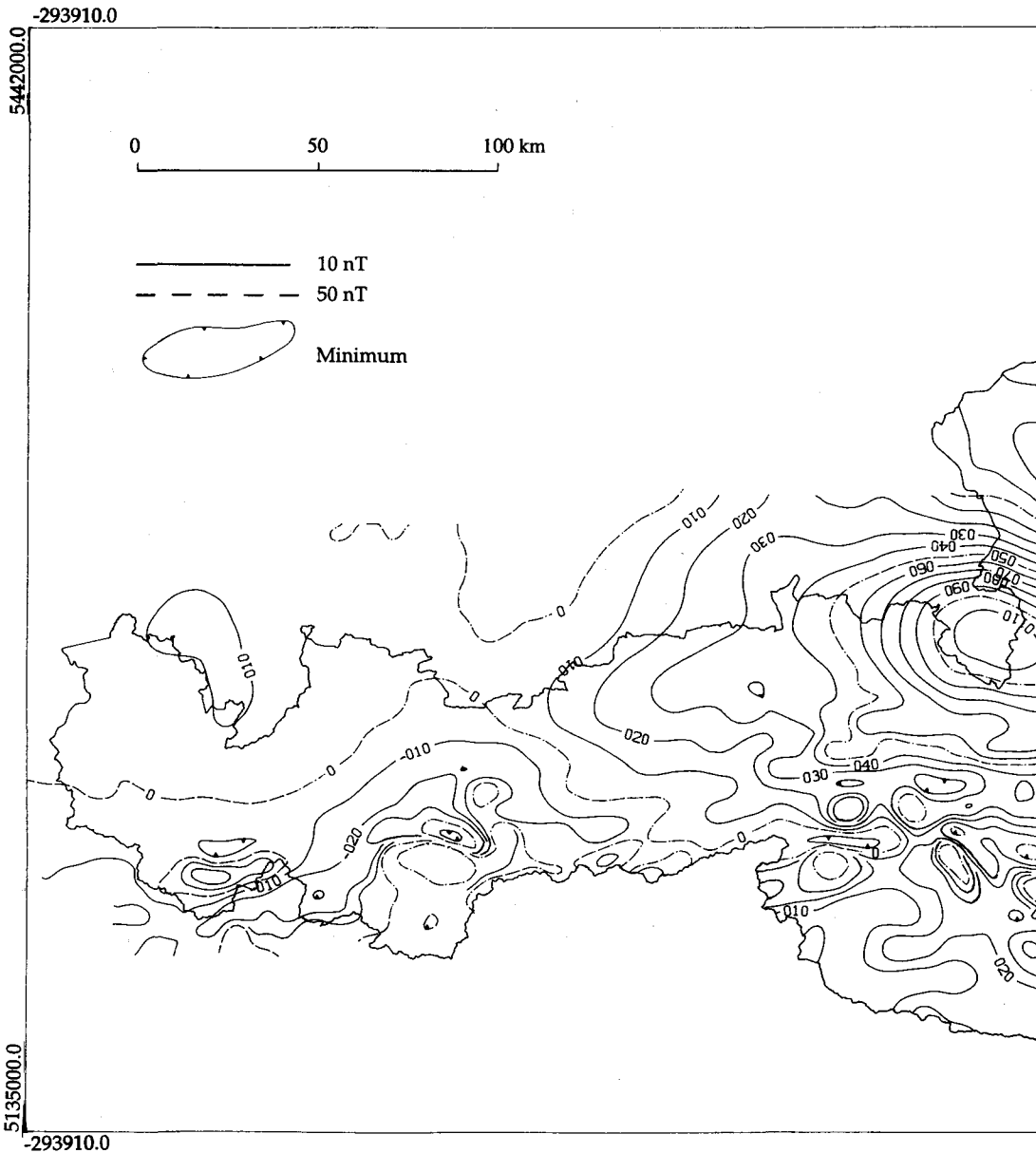


Abb. 2: **Karte des Restfeldes (ΔT) in nT von Österreich.** Berechnungshöhe: 3000 m über N. N., IGRF Epoche 1977.7 ($T_c = 47\,093,3$ nT), Gradient 2,67 nT/km Richtung Nord, 0,74 nT/km Richtung Ost; Koordinatensystem: Gauß-Krüger (M31), Koordinatenursprung des Rasters: x_0 (Ost) = -293910,0 m, y_0 (Nord) = 5142152,0 m, Raster (Δd): 2,0×2,0 km, Spalten und Reihen des Rasters: 290×150.

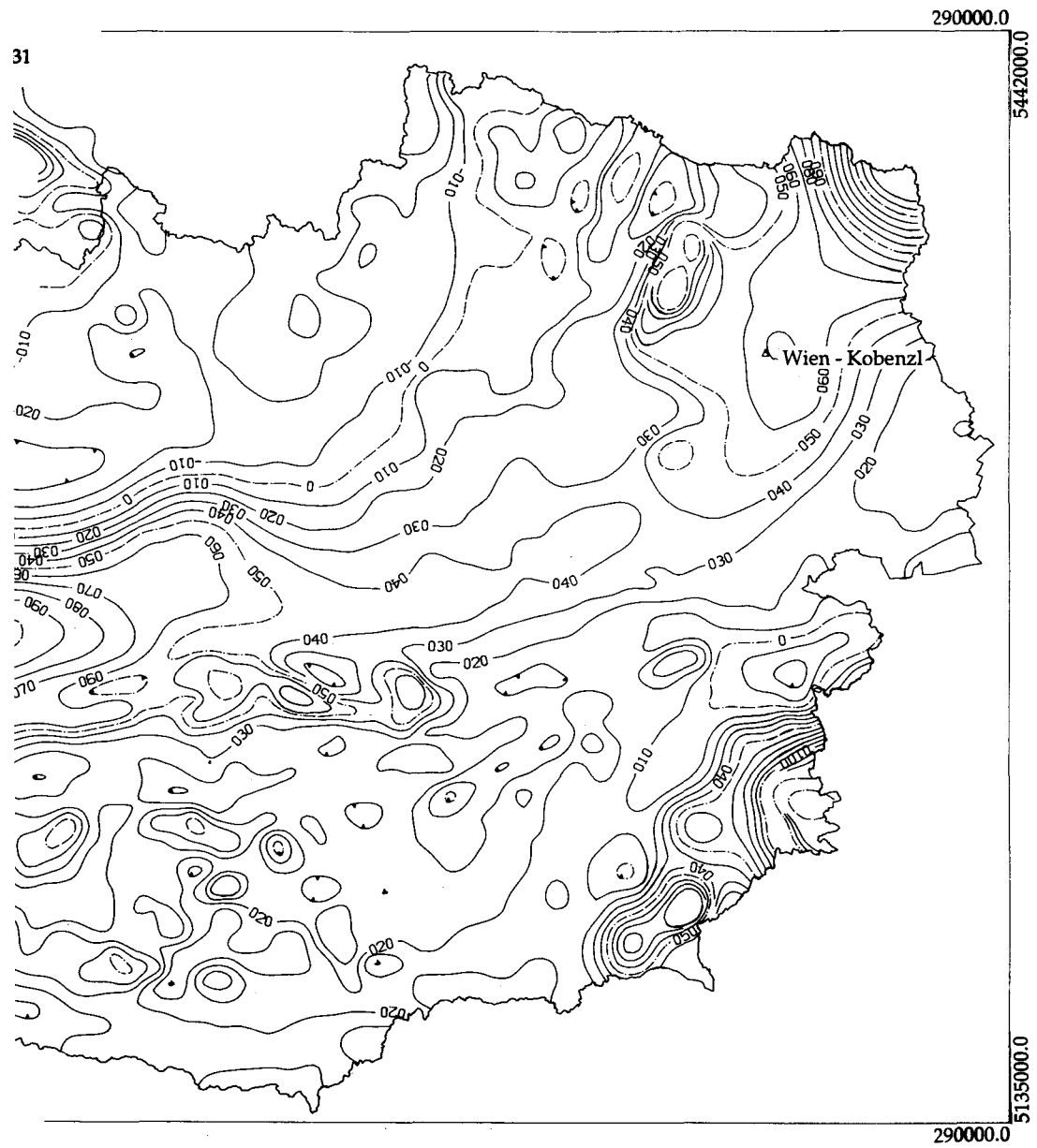


Fig. 2: **Residual map (ΔT) in nT of Austria.** Niveau: 3000 m a. m. s., IGRF 1977.7 ($T_c = 47093,3$ nT), gradient 2,67 nT/km direction north, 0,74 nT/km direction east; Koordinatensystem: Gauß-Krüger (M31), Grid origin: x_0 (east) = -293910,0, y_0 (north) = 5142152,0, grid (Δd): 2,0x2,0 km, grid columns and rows: 290x150.

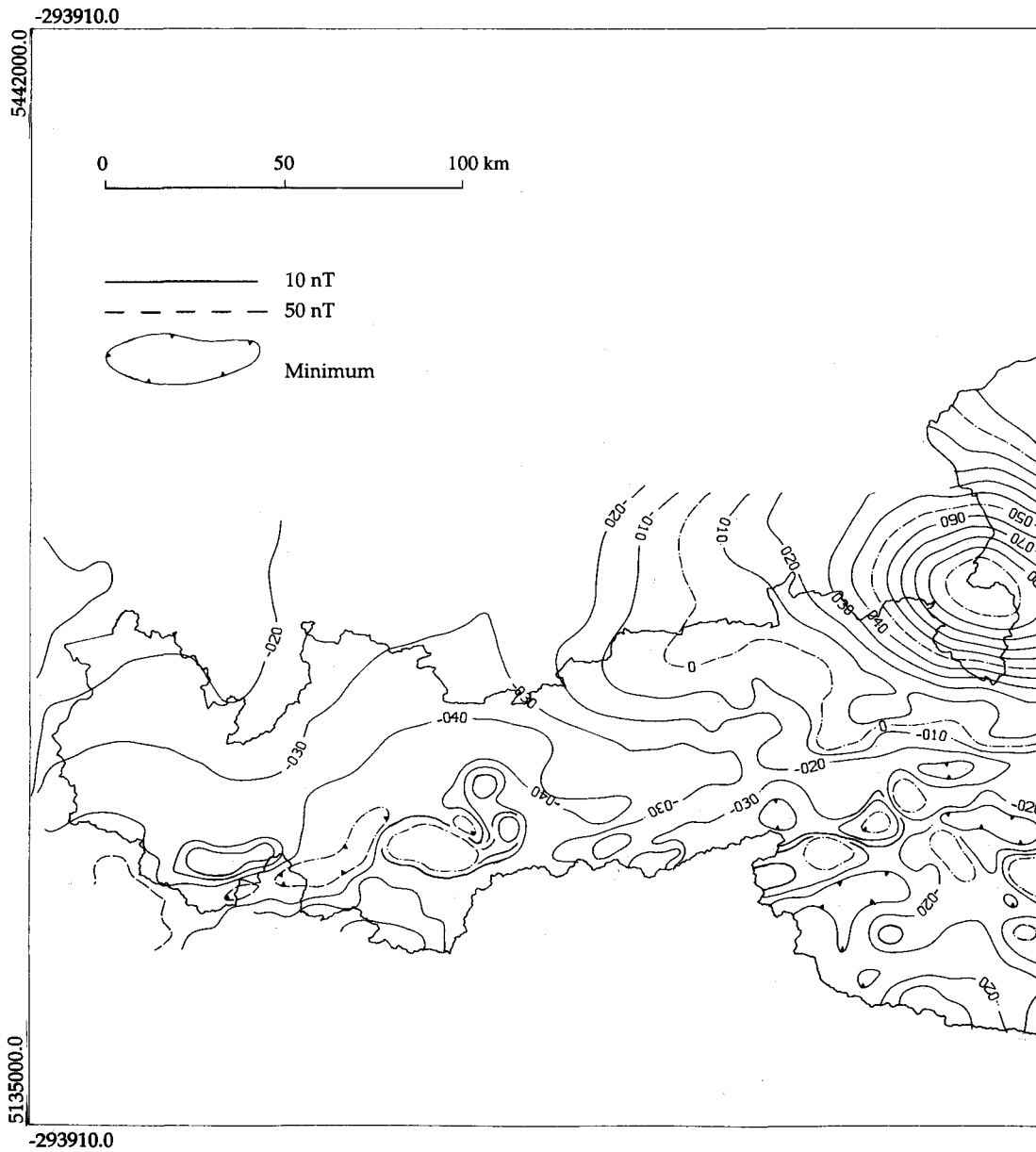


Abb. 3: Reduktion zum Pol (ΔT_P) in nT. Erdfeld über Österreich: Inklination = 63°, Deklination = 1°; remanenter Magnetisierungsvektor: Inklination = 63°, Deklination = 1°.

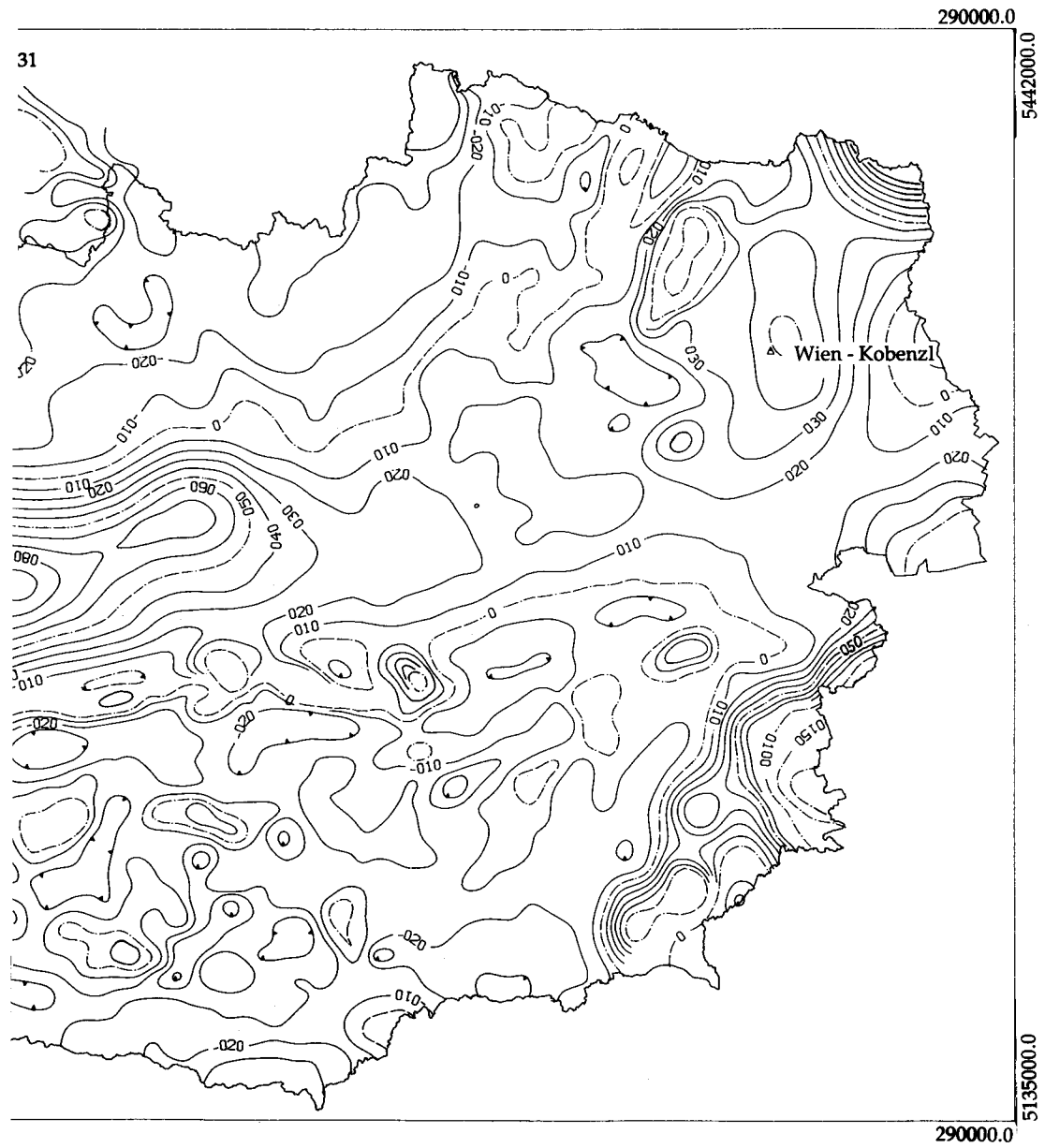


Fig. 3: **Reduction to the Pole (ΔT_p) in nT.** Earth's magnetic field for Austria: Inclination = 63°; declination = 1°; Magnetization vector associated with the magnetic source: inclination = 63°; declination = 1°.

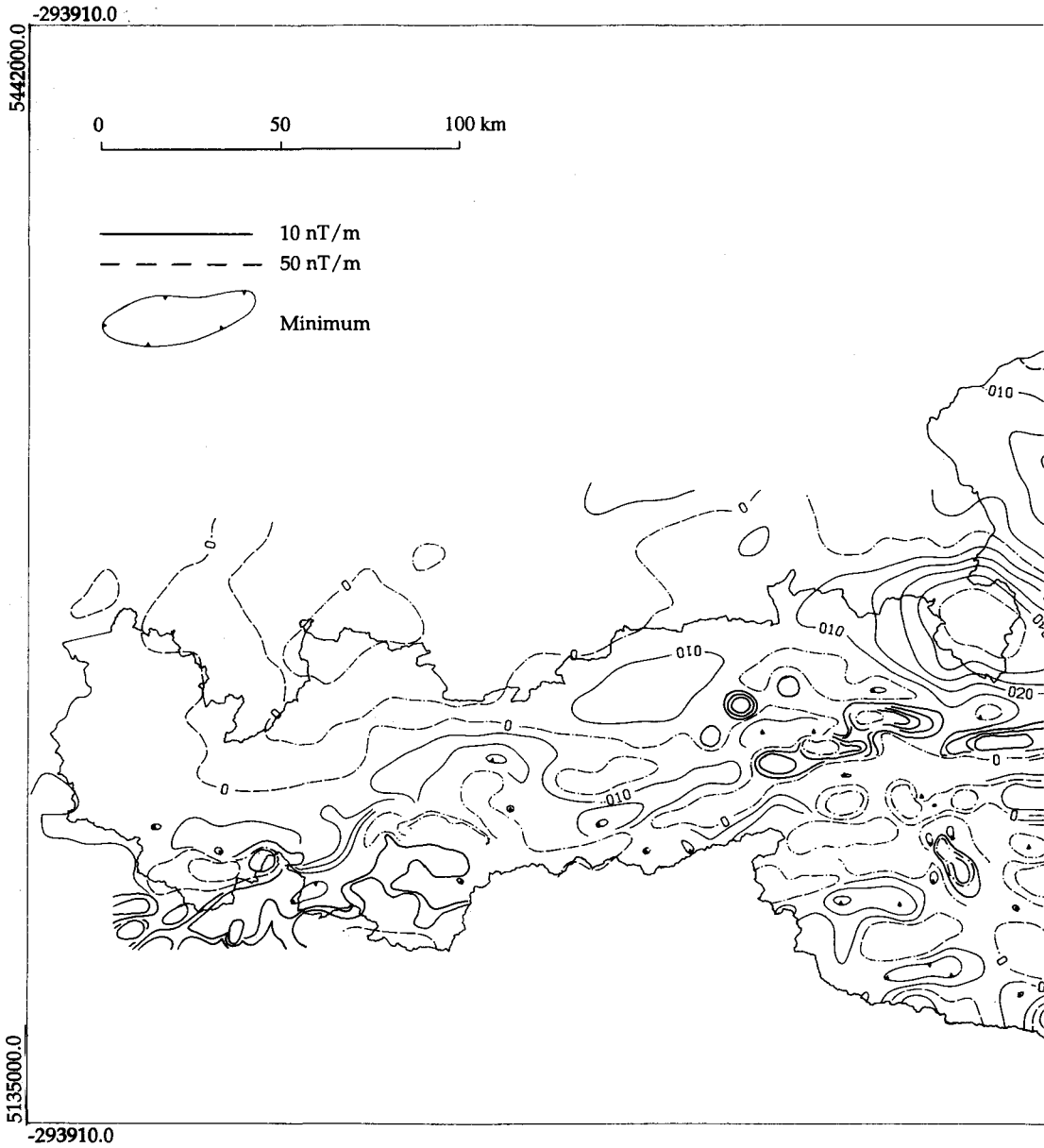


Abb. 4: Karte der Ersten vertikalen Ableitung des Restfeldes (nT/m) von Österreich. (Werte wurden mit 10^4 multipliziert).

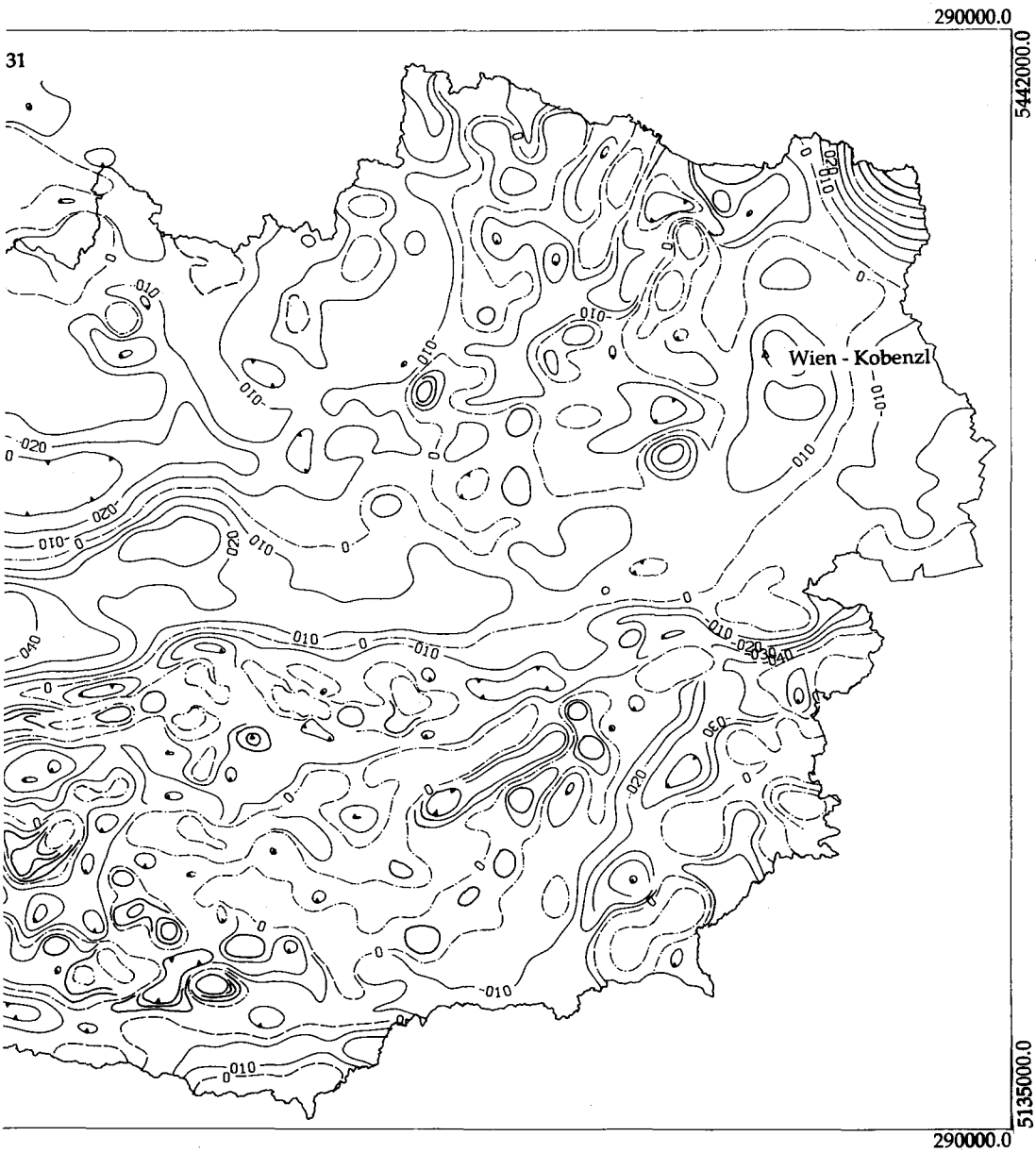


Fig. 4: Map of the first vertical derivative of the residual map (nT/m) of Austria. (Values were multiplied by 10^4).

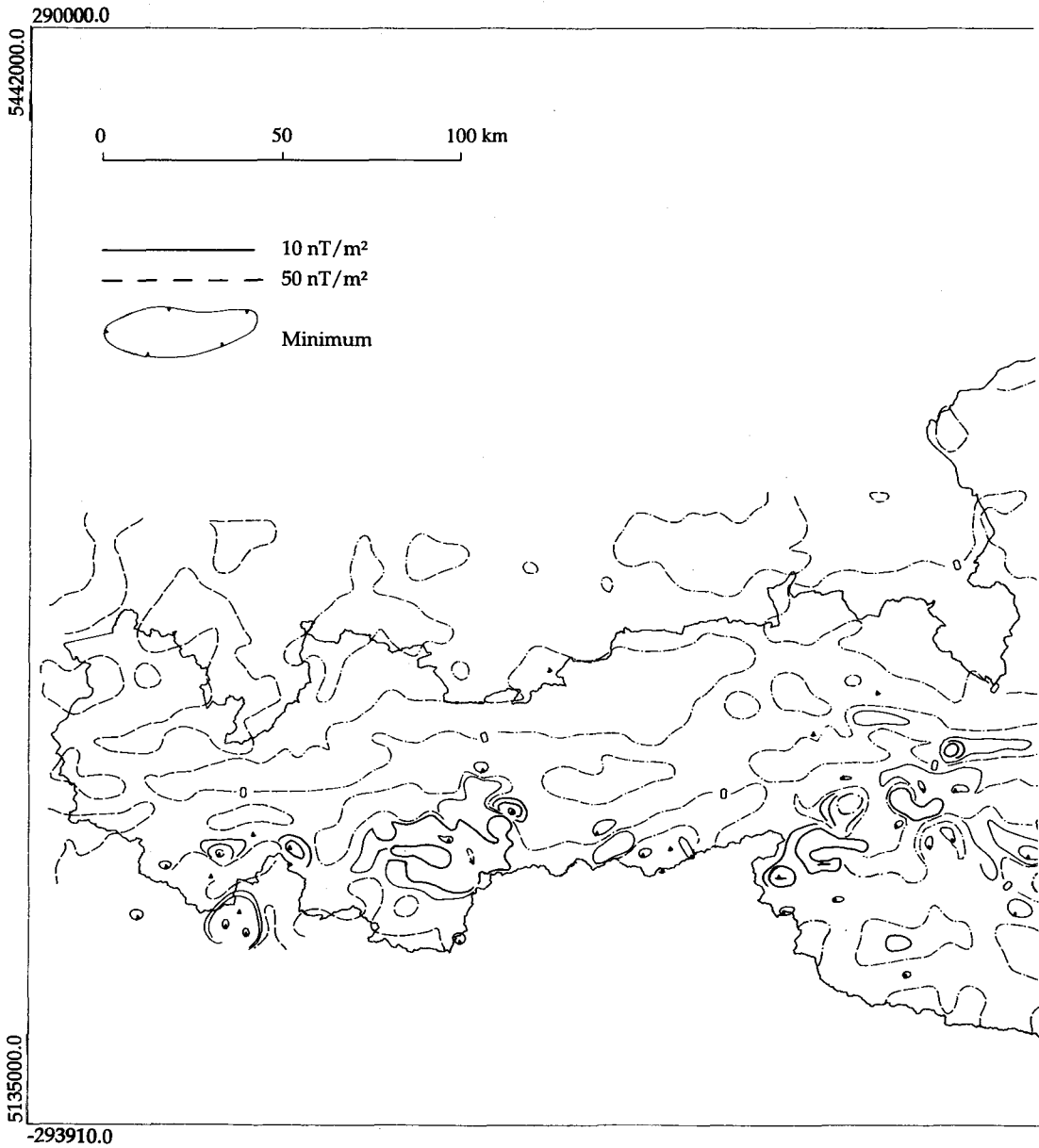


Abb. 5: Karte der Zweiten vertikalen Ableitung des Restfeldes (nT/m^2) von Österreich. (Werte wurden mit 10^7 multipliziert).

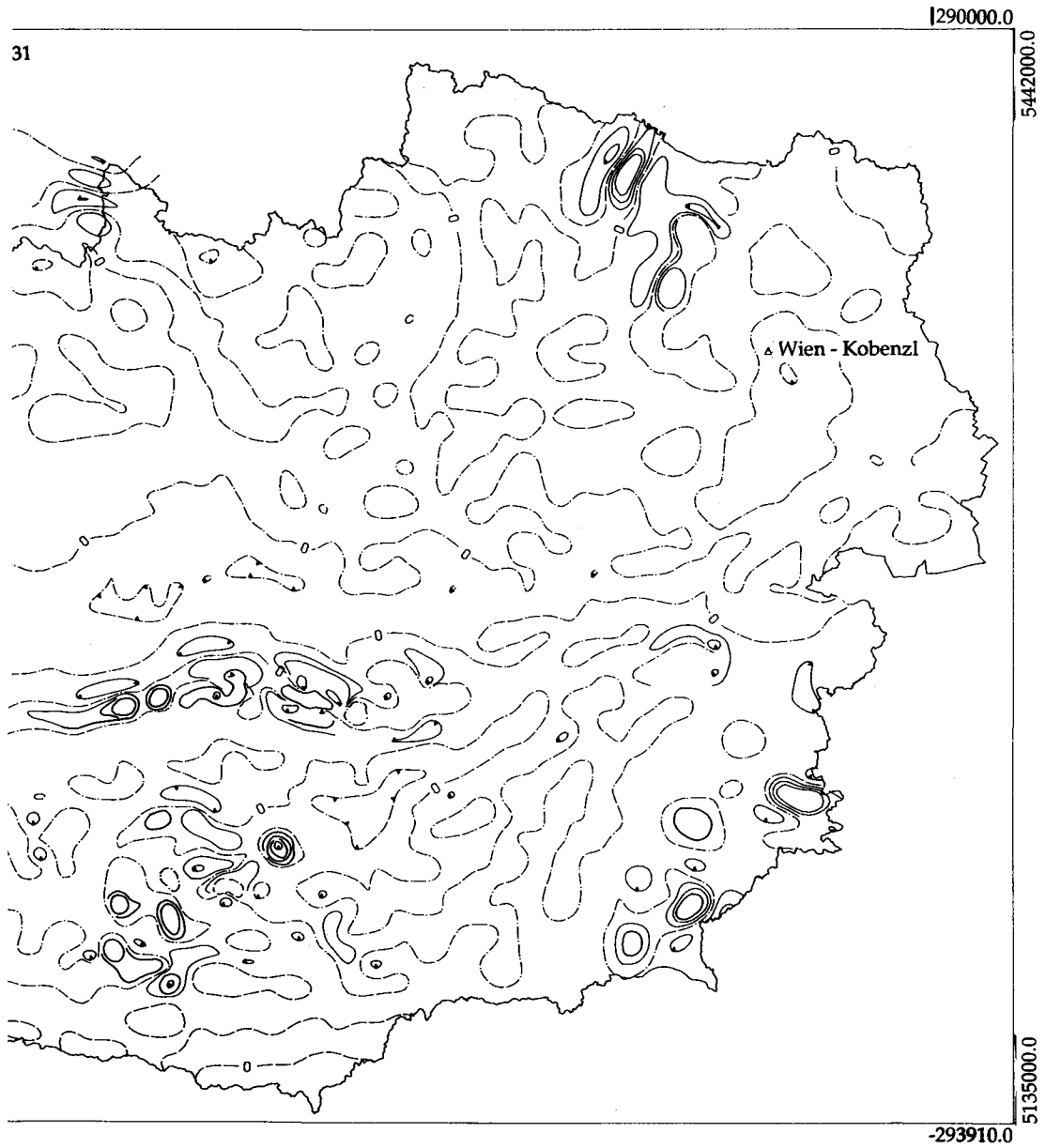


Fig. 5: Map of the second vertical derivative of the residual map (nT/m^2) of Austria. (Values were multiplied by 10^7).

7. Danksagung

Diese Arbeit wurde aus Mitteln des Projekts „Geophysik der Erdkruste“ / Potentialfeld Arbeitsgruppe finanziert. Das Ergebnis wurde als Poster bei der 20. Jahrestagung der IUGG (IAGA GAM 5.19) in Wien 1991 präsentiert.

Für die Anregung zu dieser Arbeit sowie für die laufende Betreuung danke ich Herrn Prof. Dr. Wolfgang Seiberl, für die geologische Beratung Herrn Dr. Herbert Heinz.

Literatur

- BECK-MANNAGETTA, P., 1961: Geologische Übersichtskarte der Republik Österreich, 1:1000000. Geol. B.-A., 1 Kt., Wien.
- BLEIL, U., POHL, J., 1976: The Berchtesgaden Magnetic Anomaly. — Geol. Rundsch., **65**, 756-767, 4 Abb., F. Enke, Stuttgart.
- BRIGGS, I. C., 1974: Machine contouring using minimum curvature. — Geophysics, **39**, 39-48, 3 fig., 3 tab., Tulsa.
- GÄNGER, R., 1954: Regionale magnetische Untersuchungen in den Berchtesgadener Kalkalpen und ihrem Vorland. — Unveröff. Diss. Natw. Fak. Univ. München, 62 S., München.
- GNOJEK, I. & HEINZ, H. (1992): Middle European (Alpine — Carpathian) Belt of Magnetic Anomalies and its Geological Interpretation. — Geologica Carpathica, Bratislava, in press.
- GUTDEUTSCH, R. & SEIBERL, W., 1987: Die aeromagnetische Vermessung Österreichs — Endbericht. — Inst. Meteor. Geoph. Univ. Wien, 34 S., 8 Abb., 1 Tab., 1 Kt., Wien.
- FULLER, B. D., 1967: Two-dimensional frequency analysis and design of grid operators. — Mining Geophysics, **2**, 658-708, 44 fig., Tulsa.
- HEINZ, H., 1979: Bericht über die erste Interpretation des Kartenwerkes „Aeromagnetische Vermessung von Teilen Westösterreichs und Süddeutschlands“. — Unver. Bericht, Geol. B.-A., 12 S., 1 Kt., Wien.
- HEINZ, H., 1989: Aeromagnetic measurements in the Eastern Alps: the area east of the Tauern Window. — Tectonophysics, **163**, 25-33, 6 Abb., Elsevier, Amsterdam.
- HEINZ, H. & SEIBERL, W., 1990: Magnetic structures of the eastern Alps west of the Tauern window. — Mém. Soc. géol. France, n. s., **156**, 123-128, Paris; Mém. Soc. géol. Suisse, **1**, 123-128; Vol. spec. Soc. Geol. Italiana, **1**, 123-128.
- HILDENBRAND, T. G., 1983: FFTFIL — A filtering program based on two-dimensional Fourier analysis. — Open File-Report 83-237, U. S. Geological Survey, 31 S., Denver.
- LOURENÇO, J. S., 1972: Analysis of three-component magnetic data. — Unpubl. Ph. D. Dissert., Univ. of California, 153 p., 44 fig., 4 tab., Berkeley.
- MILITZER, H., SCHEIBE, R., SEIBERL, W., 1984: Angewandte Magnetik. — [In:] MILITZER, H., WEBER, F. [Hrsg.]: Angewandte Geophysik. — Bd. 1, 127-189, 45 Abb., Springer-Verlag & Akademie-Verlag, Wien — New York — Berlin.
- PUCHER, R., HAHN, A., 1979: Abschlußbericht zum BMFT — Forschungsvorhaben ET3017A — Aeromagnetik Alpen — Niedersächs. Landesamt Bodenforsch., 60 S., 9 Abb., 2 Tab., Hannover.
- REISNER, M., 1988: Ein Beitrag zur Komplexinterpretation für den Kohlenwasserstoffaufschluß in den Nördlichen Kalkalpen. — Unveröff. Dipl. Arb., Mont. Univ. Leoben, 90 S., 49 Abb., 3 Tab., Leoben.
- SACHS, B., GUTDEUTSCH, R., ZYCH, D., SEIBERL, W. & STRAUSS, U., 1989: Die Kaumberganomalie in Niederösterreich — Versuch einer Interpretation zur Klärung des Verlaufs des subalpinen kristallinen Untergrundes. — Erdöl, Erdgas & Kohle, **105**, 501-504, 7 Abb., Hamburg — Wien.
- SEIBERL, W., 1977: Das Restfeld der erdmagnetischen Totalintensität in Österreich zur Epoche 1970.0. — Arbeiten aus der Zentralanst. Meteor. u. Geodyn., **21**, 8 S., 1 Kt. Beil., Wien.
- SEIBERL, W., 1979: Die Transformationen des Schwere- und Magnetfeldes im Bereich der Ostalpen. — Sitzber. österr. Akad. Wiss., Abt. I, math.-natw. Kl., **187**, 70-138, 19 Abb., 16 Tab., Wien.
- SEIBERL, W. & HEINZ, H., 1990: Die aeromagnetische Vermessung Österreichs. — [In:] HEINZ, H. & SEIBERL, W., 1990: Bewertung und Problematik aerogeophysikalischer Anomalien im österreichischen Bundesgebiet (Stand: Mitte 1990). — Abh. geol. B.-A., **44**, 4-8, 8 Taf., Wien.

- SEIBERL, W., WALACH, G., 1988: Aeromagnetische Karte und qualitative Interpretation. — [In:] KRÖLL, A., FLÜGEL, H., W., SEIBERL, W., WEBER, F., WALACH, G. & ZYCH, D., 1988: Erläuterungen zu den Karten über den prätertiären Untergrund des steirischen Beckens und der südburgenländischen Schwelle. — 6-11, 1 Abb., Geol. B.-A., Wien.
- STRAUSS, U., 1983: Die Bearbeitung der aeromagnetischen Daten Nordostösterreichs. — Unver. Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, 135 S., 34 Abb., 12 Beil., Wien.
- WAGINI, A., 1983: Ein automatisches Inversionsverfahren zur Störkörperberechnung, dargestellt am Beispiel einer magnetischen Anomalie südlich von Wörgl/Tirol. — Sitzber. österr. Akad. Wiss., Abt. I, math.-natw. Kl., 192, 307-332, 17 Abb., 3 Tab., Wien.

Bei der Schriftleitung eingelangt am 25. November 1991