

A 11369-R

7A1F

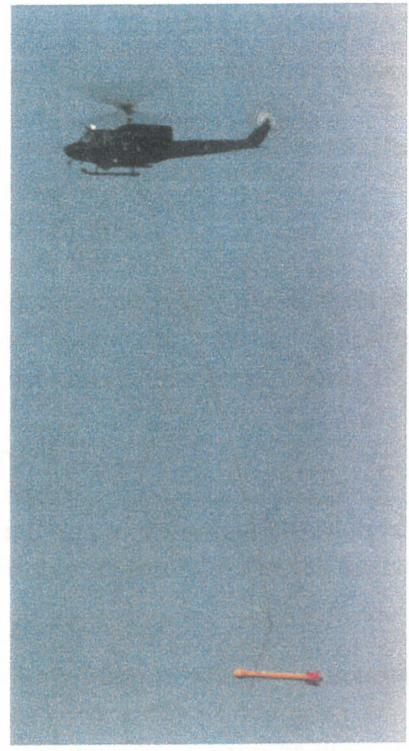
Handwritten signature

Bibliothek der Geologischen Bundesanstalt Wissenschaftliches Archiv	
Inv.Nr.	A 11369
Standort	R
Ordnungs-Nr.	
Vertraulichkeit	2 AZ.:



EDV:

GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT

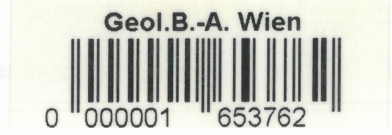


**AUSWERTUNG
AEROGEOPHYSIKALISCHER
MESSUNGEN**

Ergänzende Arbeiten 1998

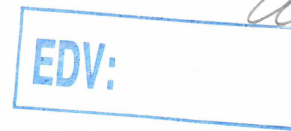
K. Motschka, G. Oberlercher, W. Seiberl, R. Supper

Vollzug des Lagerstättengesetzes: Projekt ÜLG-20/98

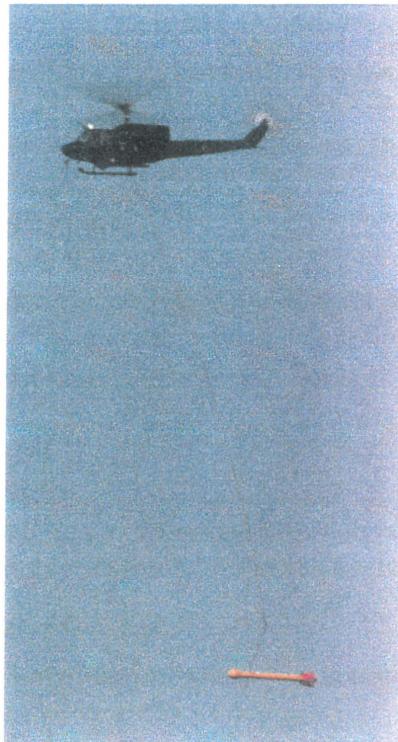


A 11369-R

7A1F



GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT



AUSWERTUNG AEROGEOPHYSIKALISCHER MESSUNGEN

Ergänzende Arbeiten 1998

K. Motschka, G. Oberlercher, W. Seiberl, R. Supper

Vollzug des Lagerstättengesetzes: Projekt ÜLG-20/98

Geol.B.-A. Wien



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	2
2. Aufbau einer aerogeophysikalischen Datenbank	3
3. Neuprozessierung und Kompilierung aerogeophysikalischer Daten am Ostrand der Böhmisches Masse und begleitende bodengeophysikalische Untersuchungen	4
3.1. Aeromagnetische Daten	4
3.2. Magnetische Modellrechnung an ausgewählten magnetischen Anomaliebereichen	6
3.3. Normal- und Regionalfeldreduktion in ausgewählten Gebieten	14
3.3.1. Feldfortsetzungen	14
3.3.2. Ausgleichspolynome	18
3.3.3. Reduktion zum Pol	18
3.4. Verifikation aeroelektromagnetischer messungen durch Bodengeoelektrik und Überprüfung durch Modellrechnung an einem Beispiel im Raum Röschitz (Meßgebiet Pulkau)	22
3.4.1. Geologie	22
3.4.2. Aerogeophysik	22
3.4.3. Bodengeophysik	24
3.4.4. Ein Vergleich von elektromagnetischen Meßdaten und Modellrechnungsergebnissen zur Kalibrierung aeromagnetischer Meßgeräte	26
4. Reprocessing der Daten der aeromagnetischen Vermessung Österreichs	28
4.1. Einleitung	28
4.2. Ausgleich der Horizontdaten Ostösterreichs	28
4.3. Ausgleich der Horizontdaten Westösterreichs	29
4.4. Vorschläge für die weitere Vorgangsweise	29
4.5. Literatur	29
5. Vergleichsmessungen mit dem schweizerischen und dem österreichischem Gammastrahlenspektrometer	31
6. Technische Verbesserungen am bestehendenaerogeophysikalischen Meßsystem	33
6.1 Datenerfassungssoftware	33
6.2 GPS und Navigation	33
6.3 Laserhöhenmesser	33
6.4 Digitalisierung der EM-Sonde	33
6.5 Magnetik- und GPS- Basisstation	34

1. Einleitung

Durch interne Maßnahmen im BMLV konnten im Jahr 1998 nur ca. 30 Flugstunden vom vorgesehenen Flugprogramm (ca. 25%) durchgeführt werden, so daß nur ein Meßgebiet (Donnerskirchen) abgeschlossen werden konnte.

Es wurde daher beschlossen ergänzende Arbeiten zum langjährigen aerogeophysikalischen Meßprogramm in die Projektarbeiten aufzunehmen. Diese umfassen:

- Bereitstellung von Datensätzen zum Aufbau einer aerogeophysikalischen Datenbank im Rahmen der übergeordneten Datenbank der GBA.
- Reprocessing von Teilen der Meßdaten der Meßgebiete Kremser Bucht (1981), Kamptal-Ziersdorf (1982), Pulkau (1994), Pulkau-Nord(1995), Geras(1996). Zweck dieser Arbeiten ist es eine Gesamtdarstellung der aerogeophysikalischen Meßergebnisse am Ostrand der Böhmisches Masse zu erstellen. Dabei wurden auch einige Datenreduktionsverfahren getestet, die in Zukunft routinemäßig zum Einsatz kommen sollen. Zusätzlich wurden bodengeophysikalische Messungen (Magnetik, Geoelektrik) durchgeführt um einerseits Widerstandsanomalien der Aeromessungen zu verifizieren und andererseits die Kalibrierung des aeroelektromagnetischen Meßsystems zu überprüfen.
- Die Publikationen über die österreichischen Tertiärbecken (erschieden sind bisher : Wr.Becken, Steirisches Becken) werden mit einem Kartenwerk über den niederösterreichischen Anteil der Molassezone fortgesetzt. Zu diesem Zweck war es daher notwendig die Daten der überregionalen aeromagnetischen Vermessung Österreichs (AMVÖ) neu zu prozessieren.
- Als Vorbereitung von Meßverfahren für gemeinsame Strahleneinsätze im Rahmen der europäischen Union (EU-concerted action: European coordination of airborne gamma-ray spectrometry, Contract No. F14P-CT95-0017) wurde ein Meßgebiet (Nauders) durch das österreichische und ein schweizer Meßteam vermessen. Im Jahr 1998 wurde eine gemeinsame Bearbeitung der Daten durchgeführt.

2. Aufbau einer aerogeophysikalischen Datenbank

Im Rahmen der Datenbank der Geologischen Bundesanstalt wird auch eine aerogeophysikalische Datenbank erstellt. Als erste Testdaten dazu wurden die Meßergebnisse des Projektgebietes „Wiesen“ in entsprechendem Format der Fachabteilung ADV übergeben.

3. Neuprozessierung und Kompilierung aerogeophysikalischer Daten am Ostrand der Böhmisches Masse und begleitende bodengeophysikalische Untersuchungen

3.1 Aeromagnetische Daten

In den Bezirken Horn, Hollabrunn und Krems wurden in den Jahren 1981-1997 fünf Detailmeßgebiete (Kremser Bucht, Kamptal-Ziersdorf, Pulkau, Pulkau Nord, Geras) aerogeophysikalisch untersucht (Abb.3.1.1 zeigt einen Überblick über die Verteilung der Einzelmeßgebiete). Im Laufe des Jahres 1998 wurden die magnetischen Daten der Meßgebiete Kremser Bucht und Kamptal-Ziersdorf mit aktuellster Software neu bearbeitet. Folgende Neuprozessingschritte wurden dabei angewandt, die zu einer bedeutenden Verbesserung der Datenqualität führte:

- Das vollkommen automatische Processing wurde durch interaktive Programme erweitert, mittels denen visuell die Datenqualität überprüft, manuell Korrekturen angebracht und über den weiteren Processingablauf entschieden werden konnte. Somit konnten auch stark gestörte Profile für die Enddarstellung verwendbar gemacht werden.
- Eine Korrektur bezüglich Höhenabhängigkeit des Bezugfeldes (IGRF80) wurde eingeführt. Dadurch konnte eine Korrektur bezüglich des Internationalen Geomagnetischen Referenzfeldes erstmals korrekt angebracht werden.
- Der Einfluß fehlender oder gestörter Tagangregistrierungen konnten durch manuelles Vergleichen mit Nachbarprofilen und Kontrollprofilen fast vollständig ausgeglichen werden.
- Eine „heading error“ Korrektur (Einfluß des Meßhubschraubers) wurde eingeführt, um die Abhängigkeit der Meßwerte von der Flugrichtung auszugleichen.
- Es wurde eine Reduktion zum Pol durchgeführt (Korrektur bezüglich dem Einfallen des Magnetfeldvektors), damit das Maximum der Anomalie direkt über dem Störkörper zu liegen kommt.

Anschließend wurden die Ergebnisse der Detailmeßgebiete untereinander angepaßt, zu einem



Abb.3.1.1: Lage der Einzelmeßgebiete

Datensatz zusammengefaßt und neue Gesamtkarten erstellt. Probleme ergaben sich hierbei bei der Magnetik vor allem deshalb, da verschiedene Referenzfelder und Regionalfeldkorrekturen in der Vergangenheit eingesetzt wurden. So mußten erst Korrekturfaktoren ermittelt werden, um die Ergebnisse vergleichbar zu machen. Hierzu wurde eine neue Software entwickelt, die es erlaubt, visuell die Einzelmeßgebiete untereinander abzugleichen. Die Ergebnisse der Zusammenfassung der aeromagnetischen Daten sind in Abb.3.1.2 dargestellt. Als letzter Schritt erfolgte eine Modellrechnung einzelner ausgewählter Anomaliebereiche mit neu entwickelter Auswertesoftware sowie eine Trendfeldkorrektur und Feldfortsetzung von einzelnen Meßgebietenbereichen.

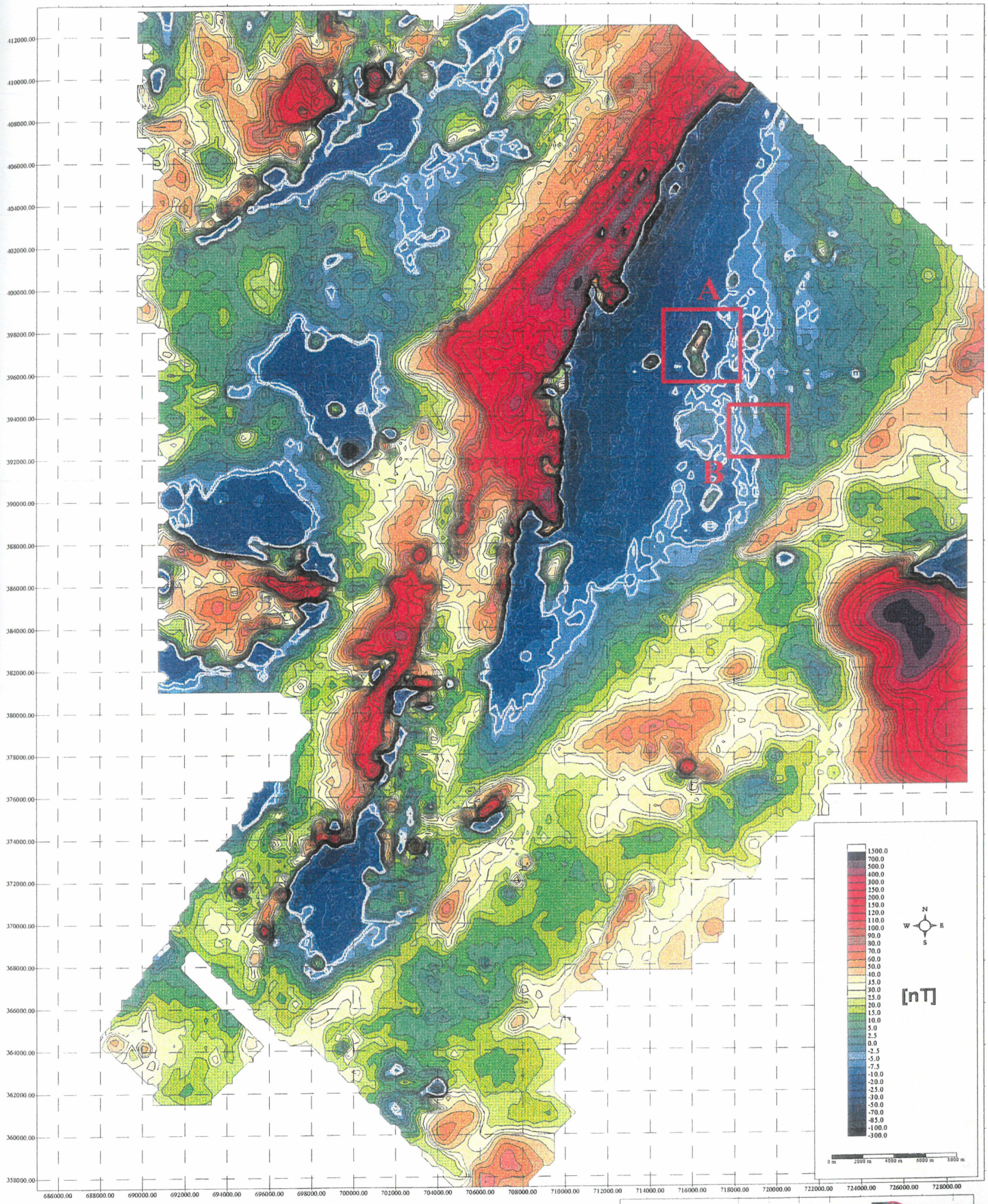
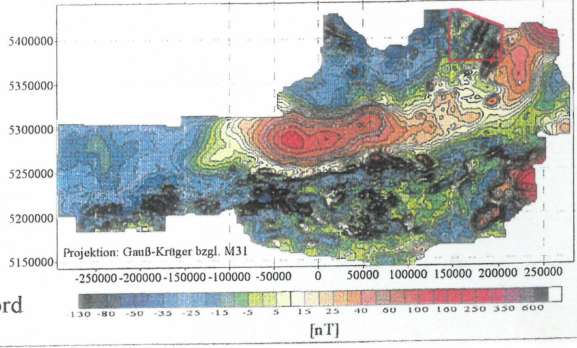


Abb.3.1.2:
Magnetik polreduziert
Meßgebiet: Niederösterreich Nord

 Geologische Bundesanstalt



kleine Abb.: Die aeromagnetische Karte der Republik Österreich
rote Markierung: Lage des Meßgebietes Niederösterreich Nord

3.2 Magnetische Modellrechnung an ausgewählten magnetischen Anomaliebereichen

Als Beispiel für magnetische Modellrechnung wurde ein Teilgebiet des Meßgebietes Pulkau Nord, der Bereich des Obermarkersdorfer Beckens, einer eingehenden Behandlung unterzogen. Dieses Gebiet wurde deshalb ausgewählt, weil dort ebenfalls im Jahr 1998 ein umfassendes geoelektrisches Untersuchungsprogramm durchgeführt wurde.

In den Daten der Aeromagnetik zeigt sich im Bereich des Teichgraben (Südrand des Obermarkersdorfer Beckens, Bereich A in Abb.3.1.2) eine große magnetische Anomalie. Um einen Anhaltspunkt für eine Interpretation zu geben, wurde mit dem Verfahren des „Totalen Normierten Gradienten“ eine profilweise automatische Inversionsrechnung durchgeführt, wobei nur die seichteren Strukturen betrachtet werden. Dieses Verfahren zeigt vor allem die Grenzflächen möglicher Störkörper (Kreuz vertikale, Ringe horizontale Grenzflächen) an. Abb.3.2.2-3.2.8 zeigen die Ergebnisse dieser Berechnungen. Abb.3.2.1 gibt die Lage der Profile wieder.

Zur Verifikation dieser Anomalie wurden auf den Profilen OM1 und OM3 der Bodengeoelektrik bodenmagnetische Messungen durchgeführt, die die aeromagnetischen Resultate bestätigen. Die Meßdaten und die Ergebnisse der Inversion sind in Abb.3.2.9 und 3.2.10 dargestellt. Die Abb.3.2.11 bis 3.12 zeigen eine Zusammenfassung der Inversionsergebnisse aller Profile in 3D-Darstellungen..

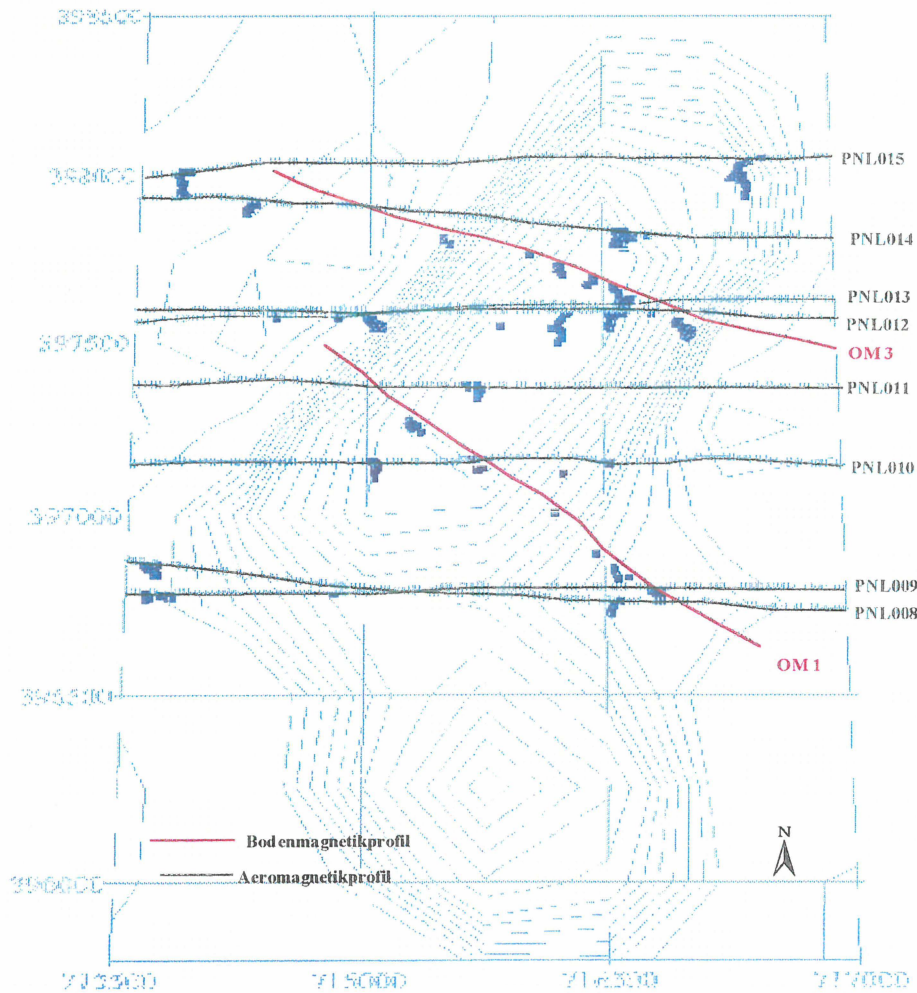


Abb.3.2.1: Lageplan der Meßprofile im Bezug zur magnetischen Anomalie im Teichgraben

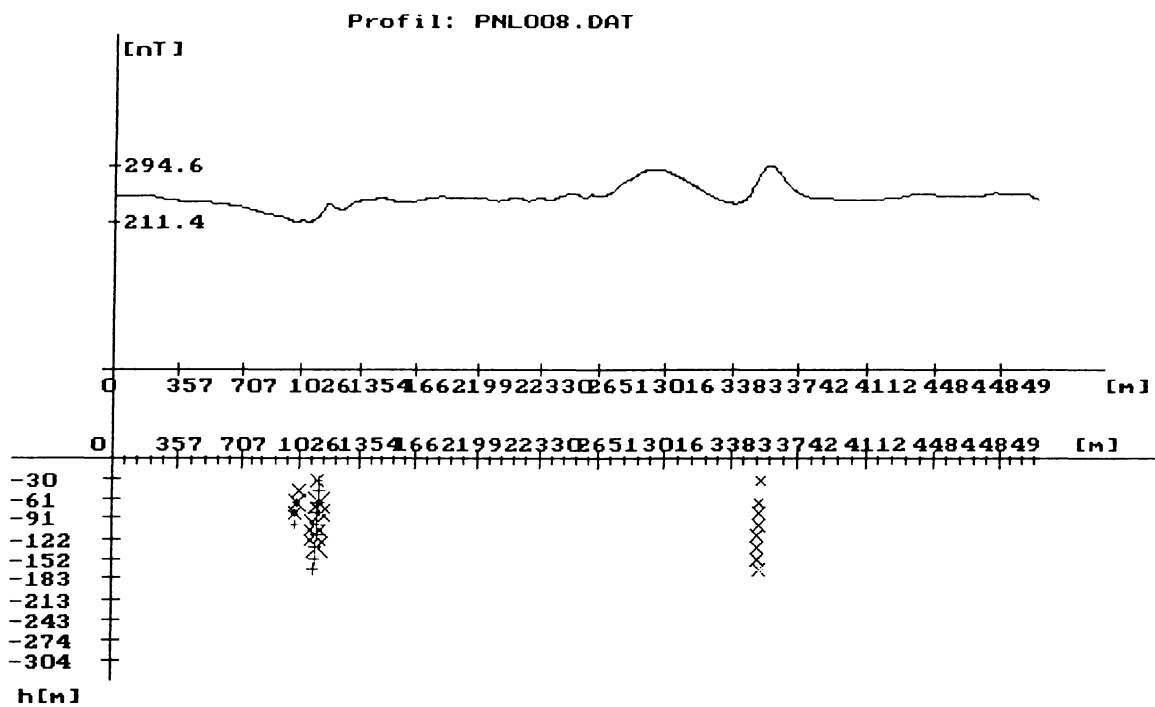


Abb. 3.2.2: Ergebnisse der aeromagnetischen Messung auf Profil PNL008 und Berechnung der möglichen Lage der Singularitäten (mögliche Grenzen magnetischer Störkörper) mit Hilfe des Verfahrens des Totalen Normierten Gradienten (h =Tiefe unter Meßsensor). Profilrichtung W-O

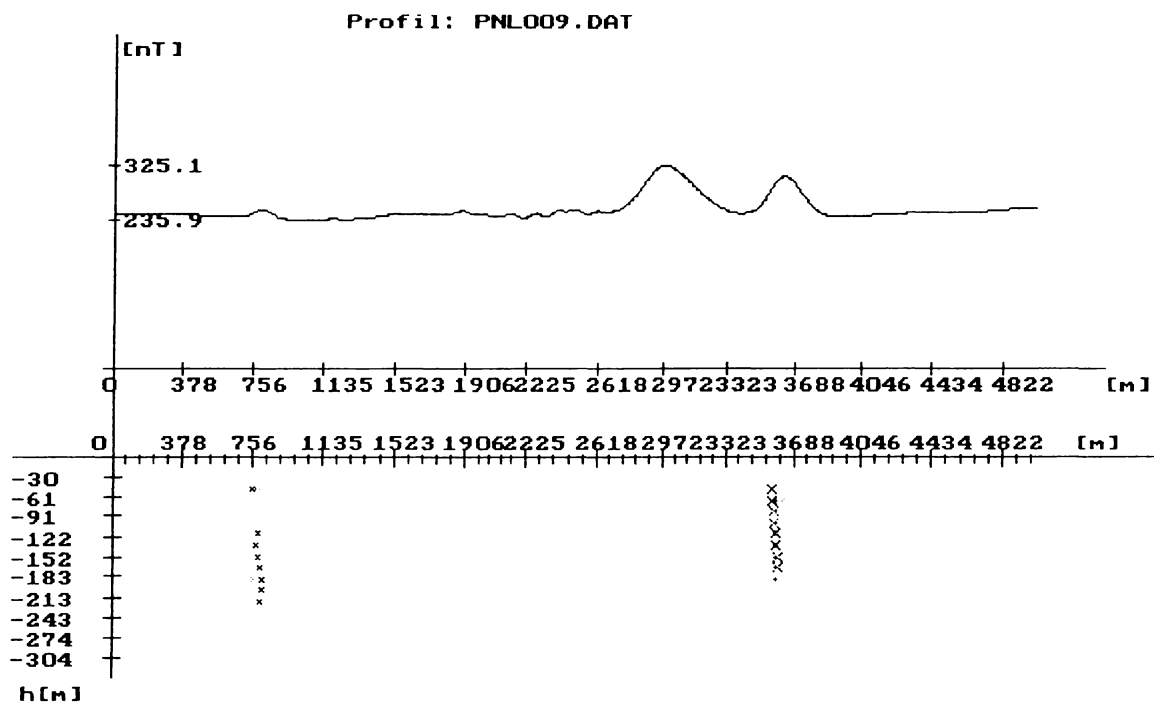


Abb. 3.2.3: Ergebnisse der aeromagnetischen Messung auf Profil PNL009 und Berechnung der möglichen Lage der Singularitäten (mögliche Grenzen magnetischer Störkörper) mit Hilfe des Verfahrens des Totalen Normierten Gradienten (h =Tiefe unter Meßsensor). Profilrichtung W-O

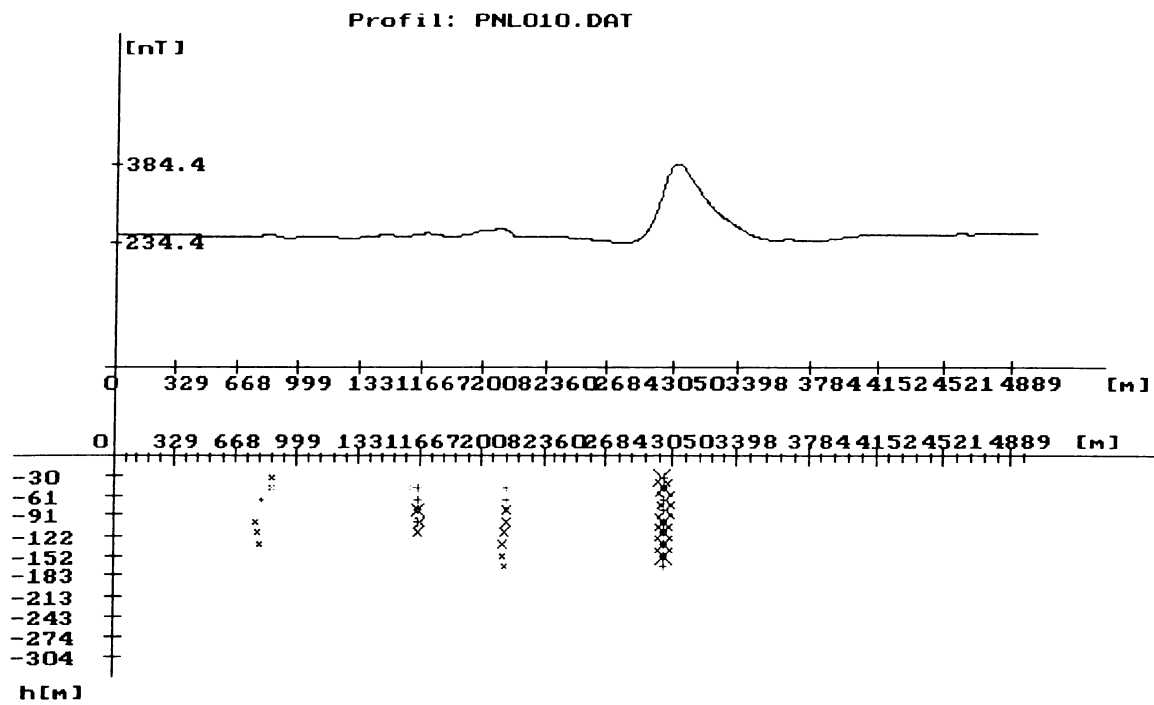


Abb. 3.2.4 Ergebnisse der aeromagnetischen Messung auf Profil PNL010 und Berechnung der möglichen Lage der Singularitäten (mögliche Grenzen magnetischer Störkörper) mit Hilfe des Verfahrens des Totalen Normierten Gradienten (h = Tiefe unter Meßsensor). Profilrichtung W-O

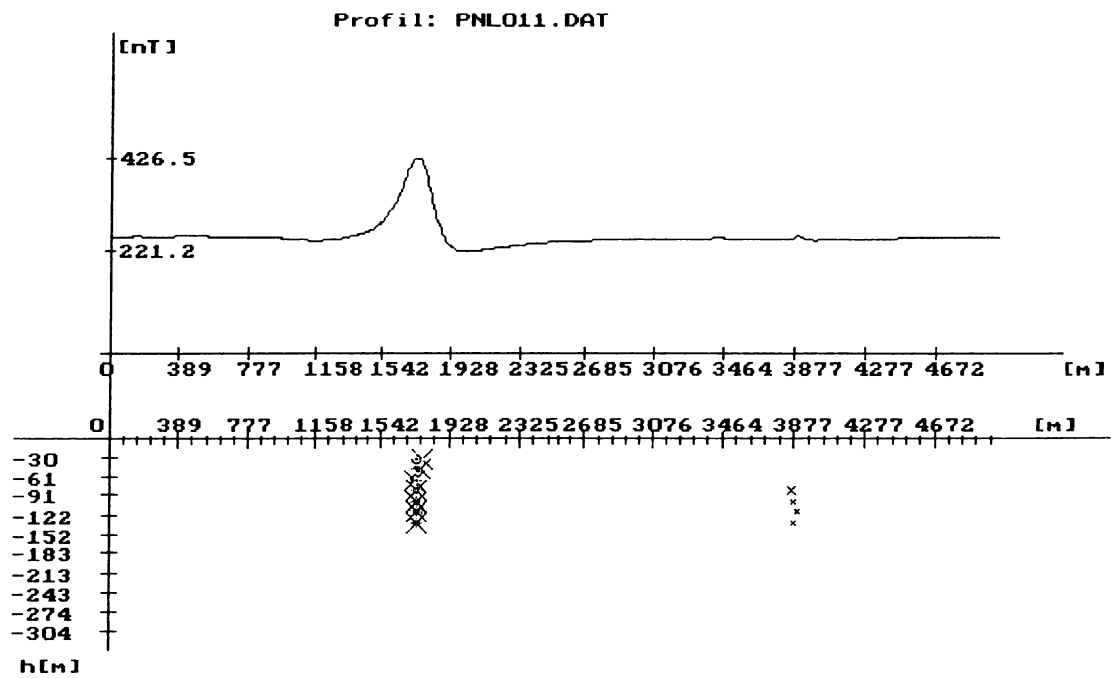


Abb. 3.2.5 Ergebnisse der aeromagnetischen Messung auf Profil PNL011 und Berechnung der möglichen Lage der Singularitäten (mögliche Grenzen magnetischer Störkörper) mit Hilfe des Verfahrens des Totalen Normierten Gradienten (h = Tiefe unter Meßsensor). Profilrichtung O-W

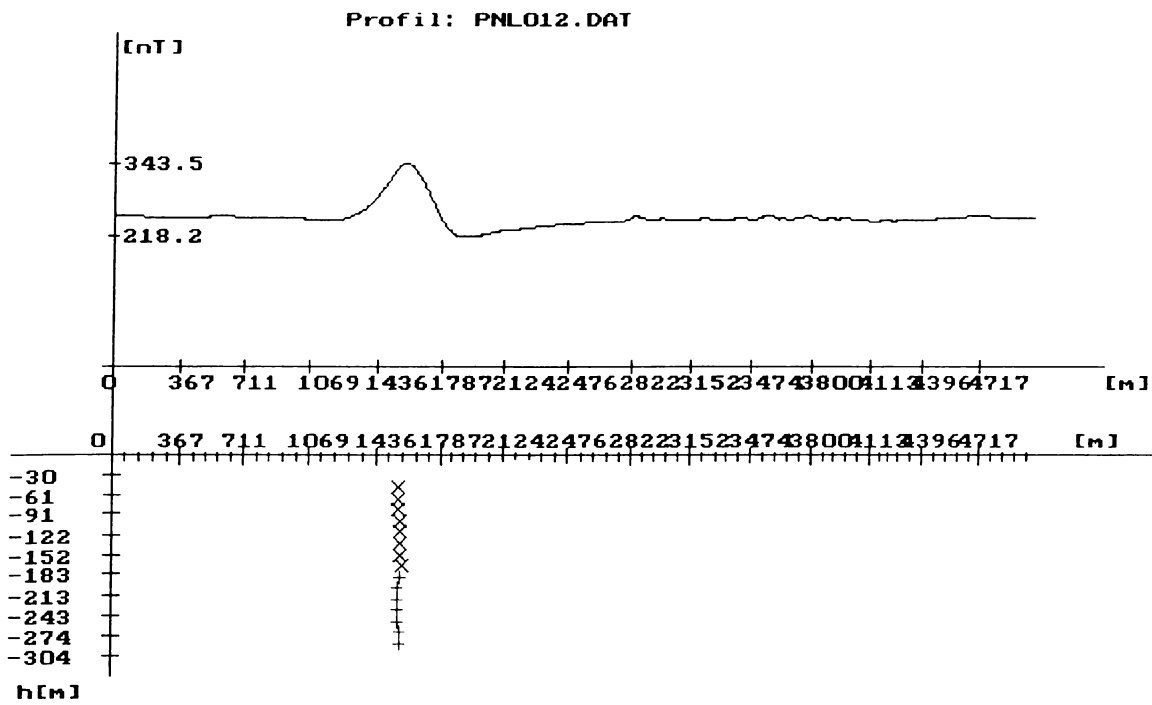


Abb. 3.2.6: Ergebnisse der aeromagnetischen Messung auf Profil PNL012 und Berechnung der möglichen Lage der Singularitäten (mögliche Grenzen magnetischer Störkörper) mit Hilfe des Verfahrens des Totalen Normierten Gradienten (h =Tiefe unter Meßsensor). Profilrichtung O - W

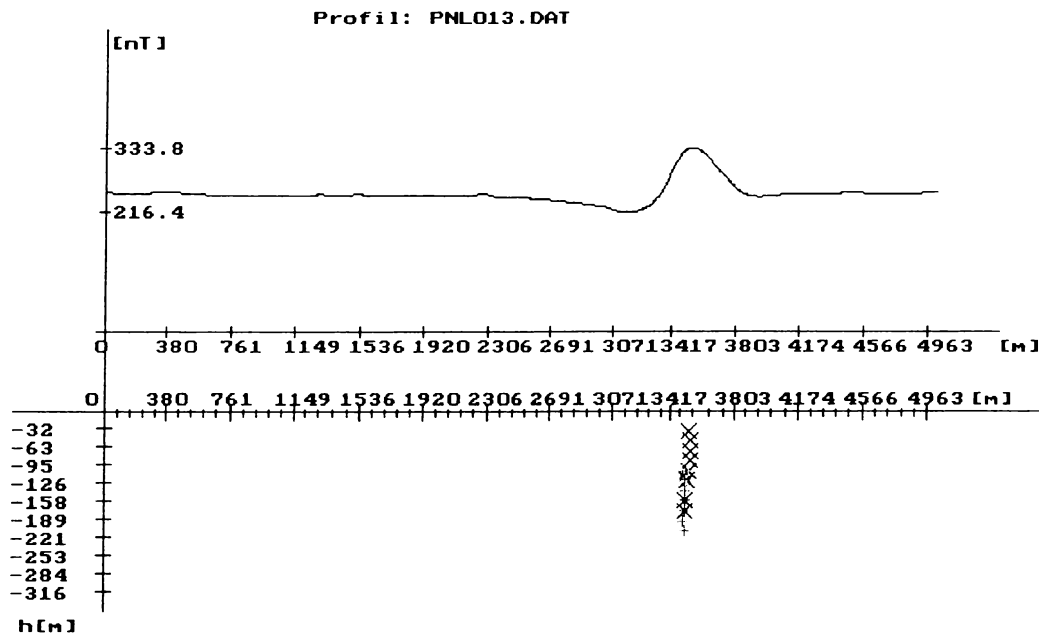


Abb. 3.2.7: Ergebnisse der aeromagnetischen Messung auf Profil PNL013 und Berechnung der möglichen Lage der Singularitäten (mögliche Grenzen magnetischer Störkörper) mit Hilfe des Verfahrens des Totalen Normierten Gradienten (h =Tiefe unter Meßsensor). Profilrichtung W- O

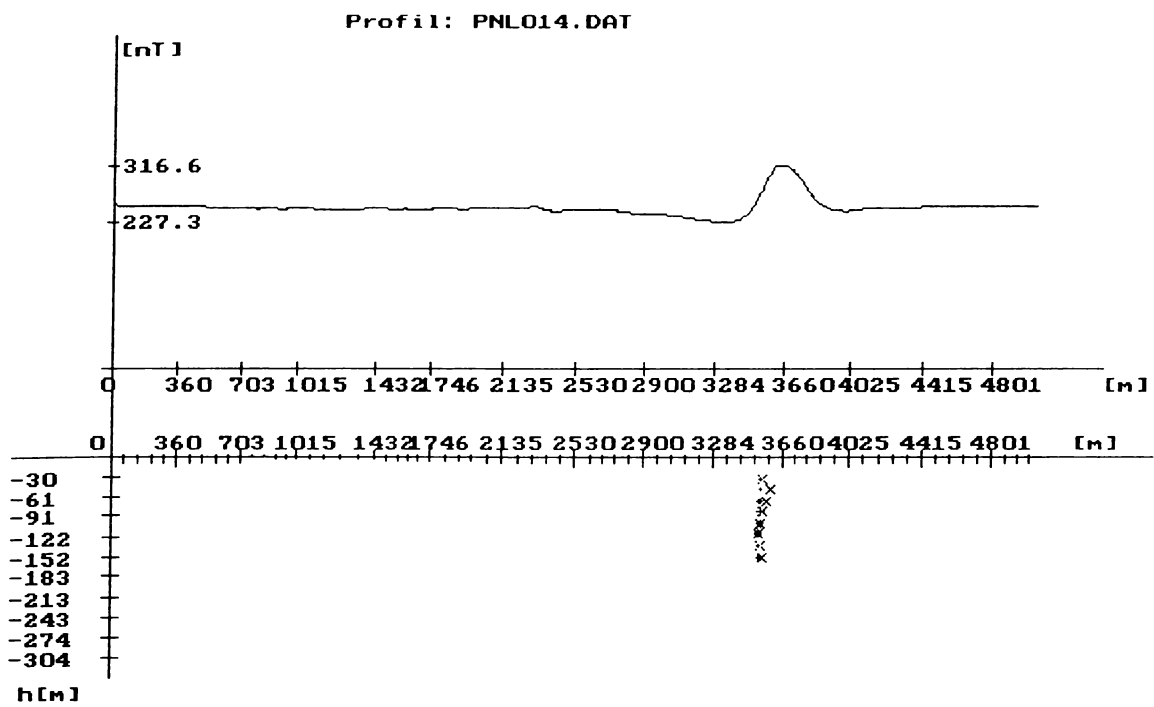


Abb. 3.2.8: Ergebnisse der aeromagnetischen Messung auf Profil PNL014 und Berechnung der möglichen Lage der Singularitäten (mögliche Grenzen magnetischer Störkörper) mit Hilfe des Verfahrens des Totalen Normierten Gradienten (h =Tiefe unter Meßsensor). Profilrichtung $W - O$

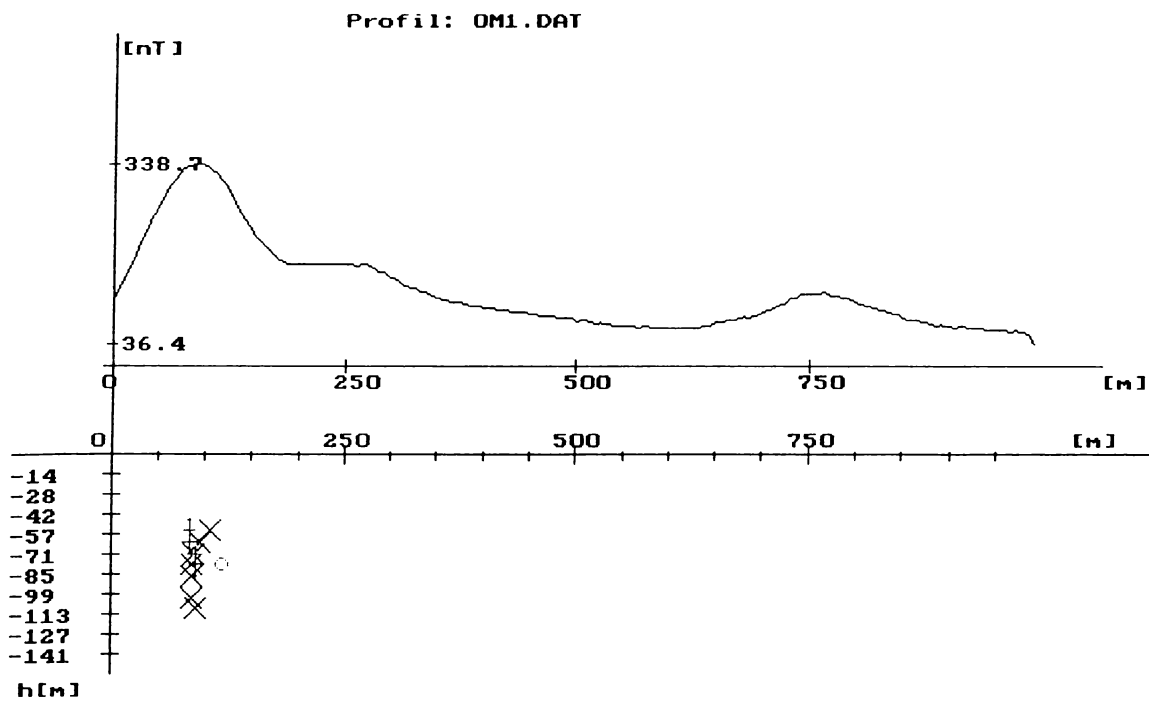


Abb. 3.2.9: Ergebnisse der bodenmagnetischen Messung auf Profil OM1 und Berechnung der möglichen Lage der Singularitäten (mögliche Grenzen magnetischer Störkörper) mit Hilfe des Verfahrens des Totalen Normierten Gradienten (h =Tiefe unter Meßsensor).
 Profilrichtung W - O

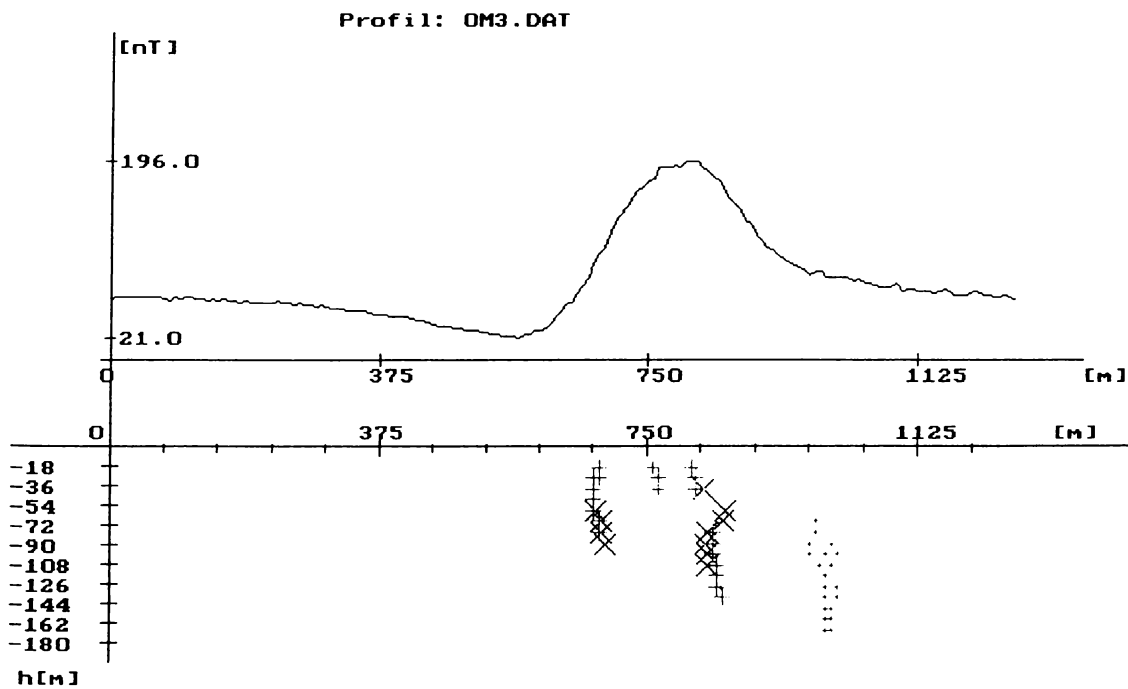


Abb. 3.2.10: Ergebnisse der aeromagnetischen Messung auf Profil OM3 und Berechnung der möglichen Lage der Singularitäten (mögliche Grenzen magnetischer Störkörper) mit Hilfe des Verfahrens des Totalen Normierten Gradienten (h Tiefe unter Meßsensor).
 Profilrichtung W- O

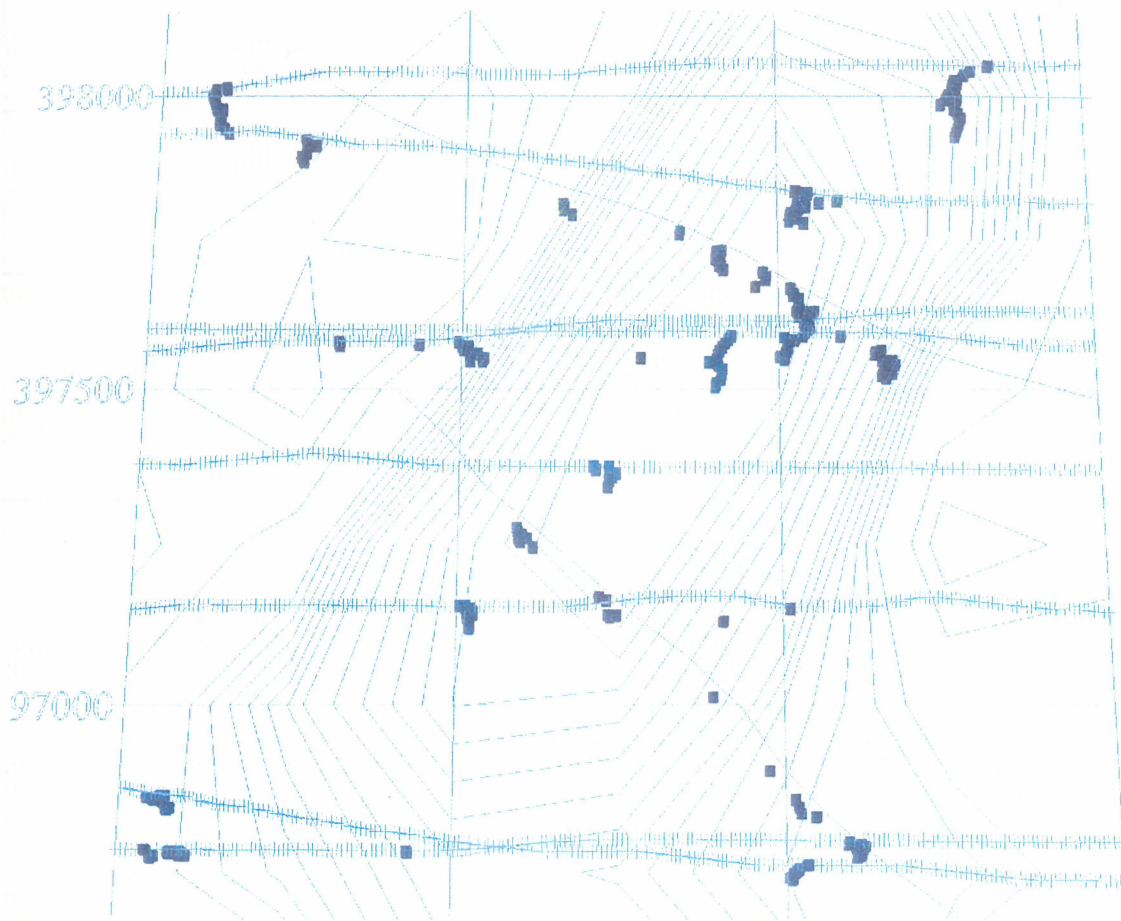


Abb. 3.2.11: 3D Darstellung der möglichen Lage der Singularitäten (mögliche Grenzen magnetischer Störkörper) mit Hilfe des Verfahrens des Totalen Normierten Gradienten aus den Profilen PNL008 bis PNL015 sowie OM1 und OM3 – Blick von Süden nach Norden

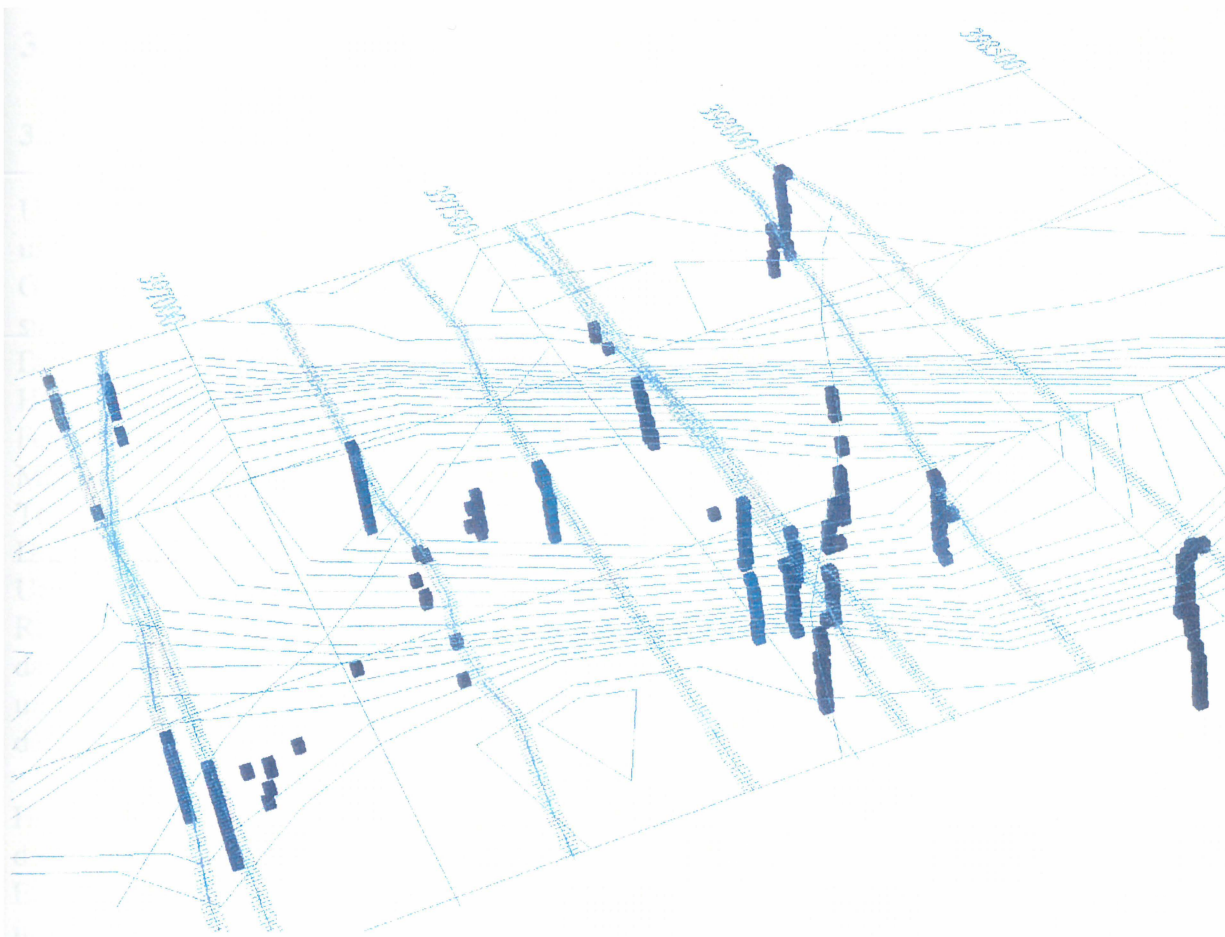


Abb. 3.2.12: 3D Darstellung der möglichen Lage der Singularitäten (mögliche Grenzen eines Störkörpers) mit Hilfe des Verfahrens des Totalen Normierten Gradienten von den Profilen PNL008 bis PNL015 sowie OMI und OM3 – Blickrichtung von SO nach NW.

Die Inversion der aero- und bodenmagnetischen Daten zeigt, daß es sich bei den magnetischen Störkörpern im Bereich des Obermarkersdorfer Beckens um i.a. seichtliegende (Oberkante des Störkörpers ca. 20m unter GOK) und steileinfallende Strukturen handelt. Ihre Tiefenerstreckung bewegt sich zwischen 150 und 200 m.

3.3 Normal- und Regionalfeldreduktion in ausgewählten Gebieten

3.3.1 Feldfortsetzungen

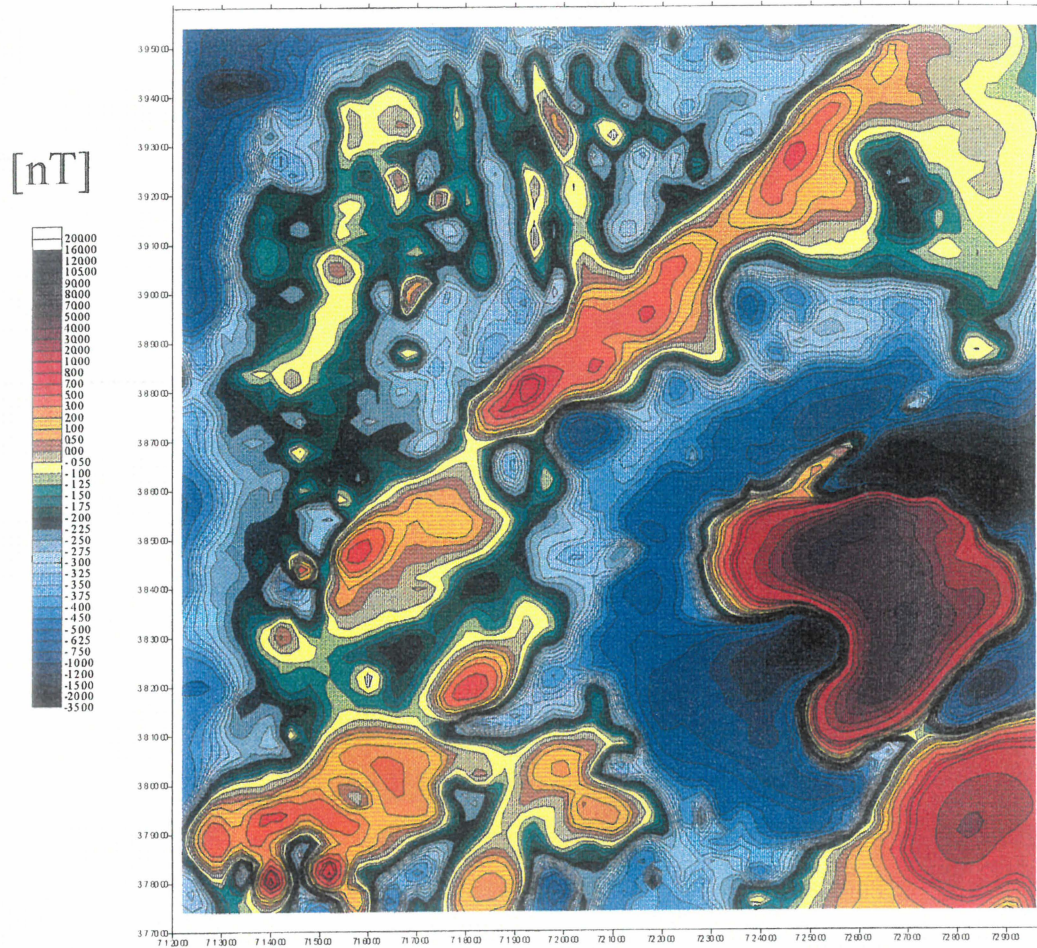
Um Lineamentstrukturen, Störungszonen und kleinräumige Anomalien geeignet darzustellen und ihren Verlauf hervorzuheben, wurden, zusätzlich zur Reduktion nach dem Internationalen Geomagnetischen Referenzfeld, Regional- und Lokalfeldanteile von den Meßergebnissen subtrahiert.

Diese Feldanteile wurden durch Feldfortsetzen der Meßwerte nach oben (ffs) auf eine gewisse Höhe ermittelt. Dabei werden die hochfrequenten Feldanteile relativ – je nach Feldfortsetzungshöhe – unterdrückt. Das auf diese Weise ermittelte Regionalfeld wurde vom Meßwertgrid subtrahiert und die Differenz als Restfeld dargestellt. Nach verschiedenen Testläufen hat sich eine Feldfortsetzungshöhe von 100m als am günstigsten erwiesen. Dieses Restfeld 1 ist in Abb.3.3.1 wiedergegeben.

Um die oberflächennahen Strukturen noch besser zur Darstellung zu bringen, wurde diese Rechenoperation wiederholt, indem das Restfeld 1 auf 150m feldfortgesetzt wurde. Das sich daraus ergebende Transformationsergebnis wird, gleich wie im ersten Schritt, vom ursprünglichen Restfeld 1 abgezogen. Diese Differenz (Restfeld 2) ist in Abb.3.3.2 dargestellt.

Hier sind deutlichst Lineamentstrukturen (z.B. die SW-NO verlaufende Diendorfer Störung), die mit der tektonischen Entwicklung des Gebietes zusammenhängen dürften, erkennbar. Eine Kartierung dieser Lineamente ausgehend vom Muster der magnetischen Anomalien ist in Abb.3.3.3 wiedergegeben.

Abb.3.3.1: Regionalfeldkorregierte Magnetik
(polred.-ffs 100m)



**Abb.3.3.2: Regionalfeldkorregierte Magnetik
(polred.-ffs 100 m -ffs 150m)**

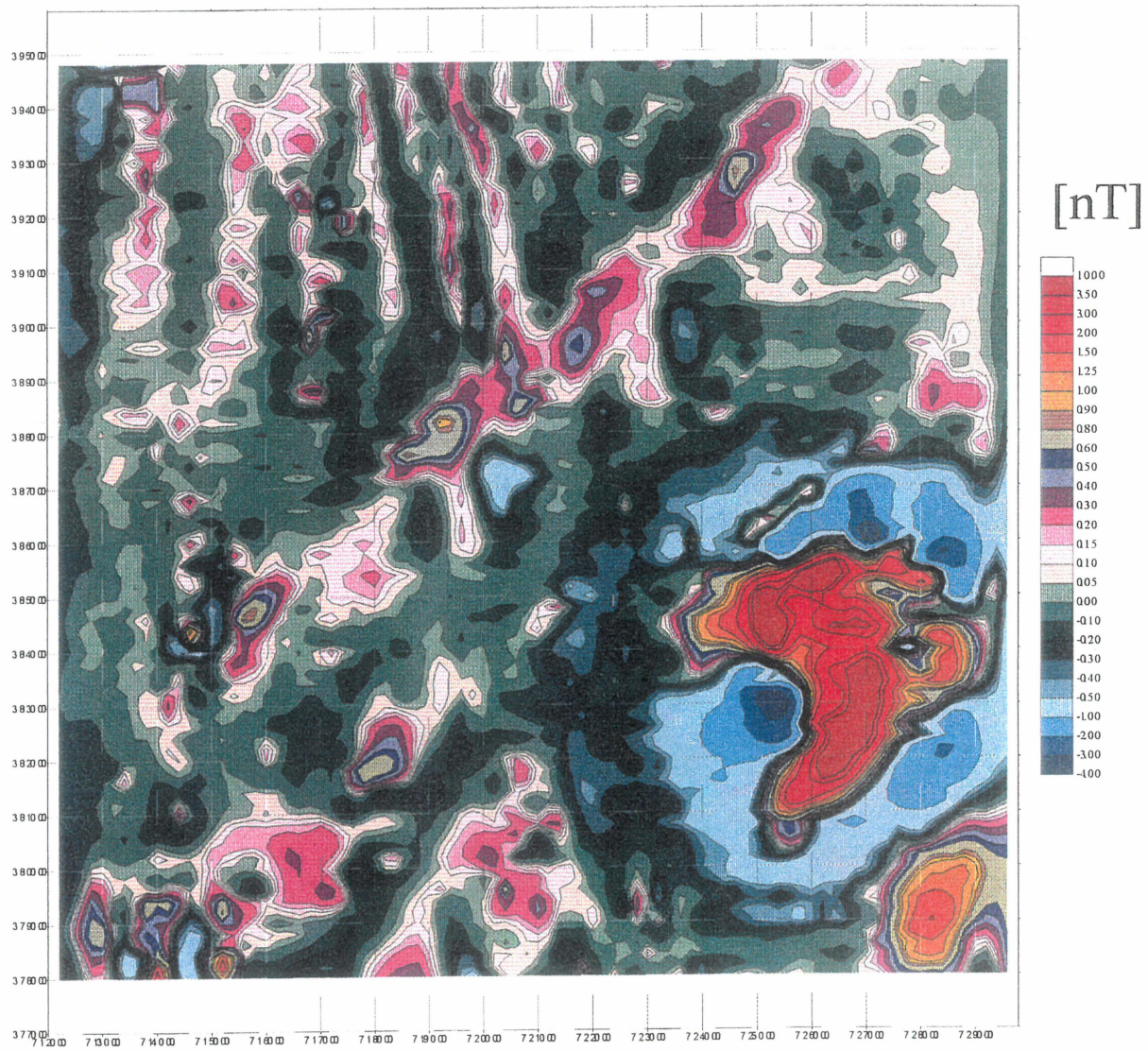
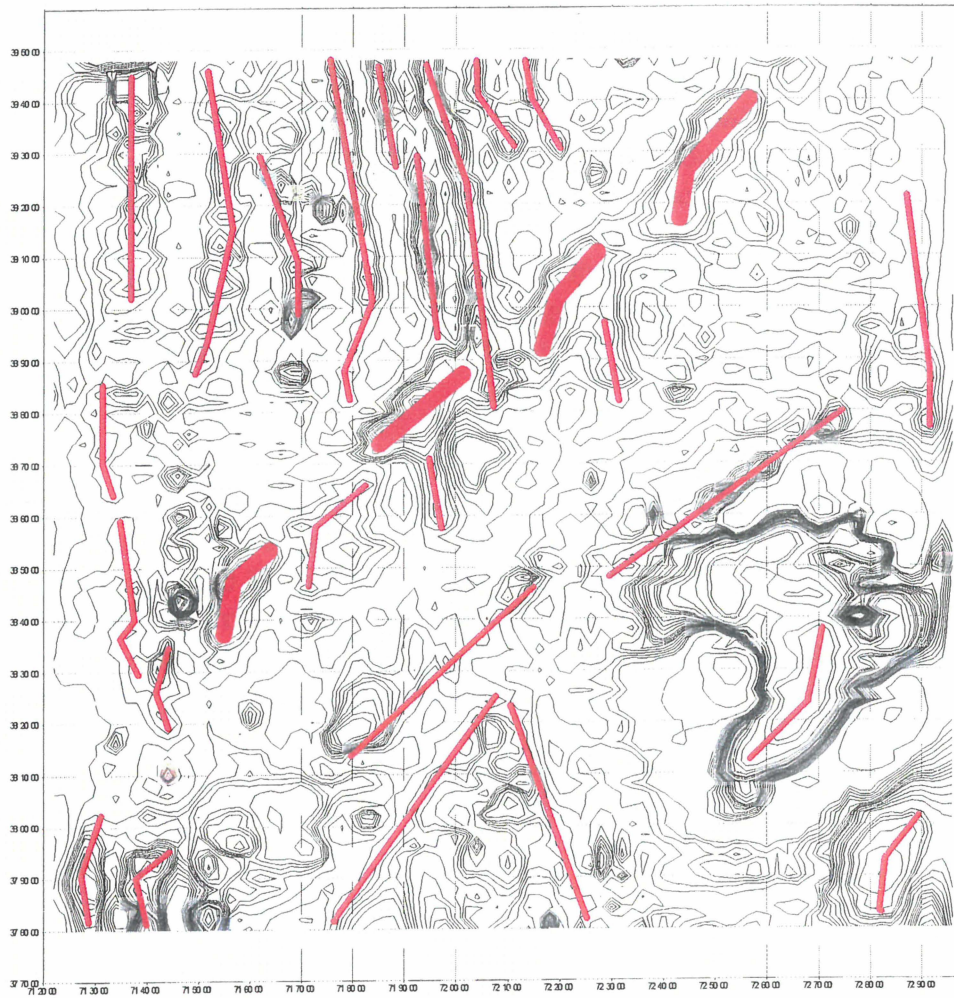


Abb.3.3.3: Magnetik mit daraus abgeleiteten Lineamenten



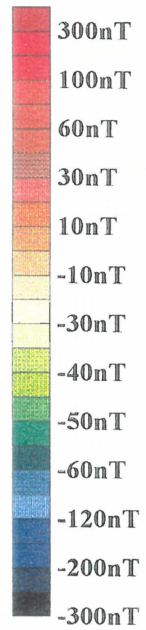
3.3.2 Ausgleichspolynome

Eine weitere Möglichkeit zur Regionalfeldreduktion kann durch Subtraktion eines Ausgleichspolynoms durchgeführt werden. Diese Reduktionsmöglichkeit ist jedoch nur in Bereichen sinnvoll, wo das Regionalfeld durch ein Polynom angenähert werden kann, das heißt, wenn nicht mehrere, sehr unterschiedliche regionale Anomalien vorliegen. Bezüglich des Meßgebietes Pulkau beeinflusst die große magnetische Anomalie im Südosten die Ermittlung der Polynomkoeffizienten so stark, daß eine sinnvolle Korrektur für das gesamte Meßgebiet nicht möglich ist (siehe Abb.3.3.4). Deshalb wurde nur der Bereich nordwestlich der Diendorfer Störung getrennt prozessiert. Die Ergebnisse mit einem Reduktionspolynom 1. und 5. Ordnung sind in den Abb.3.3.5-3.3.6. dargestellt.

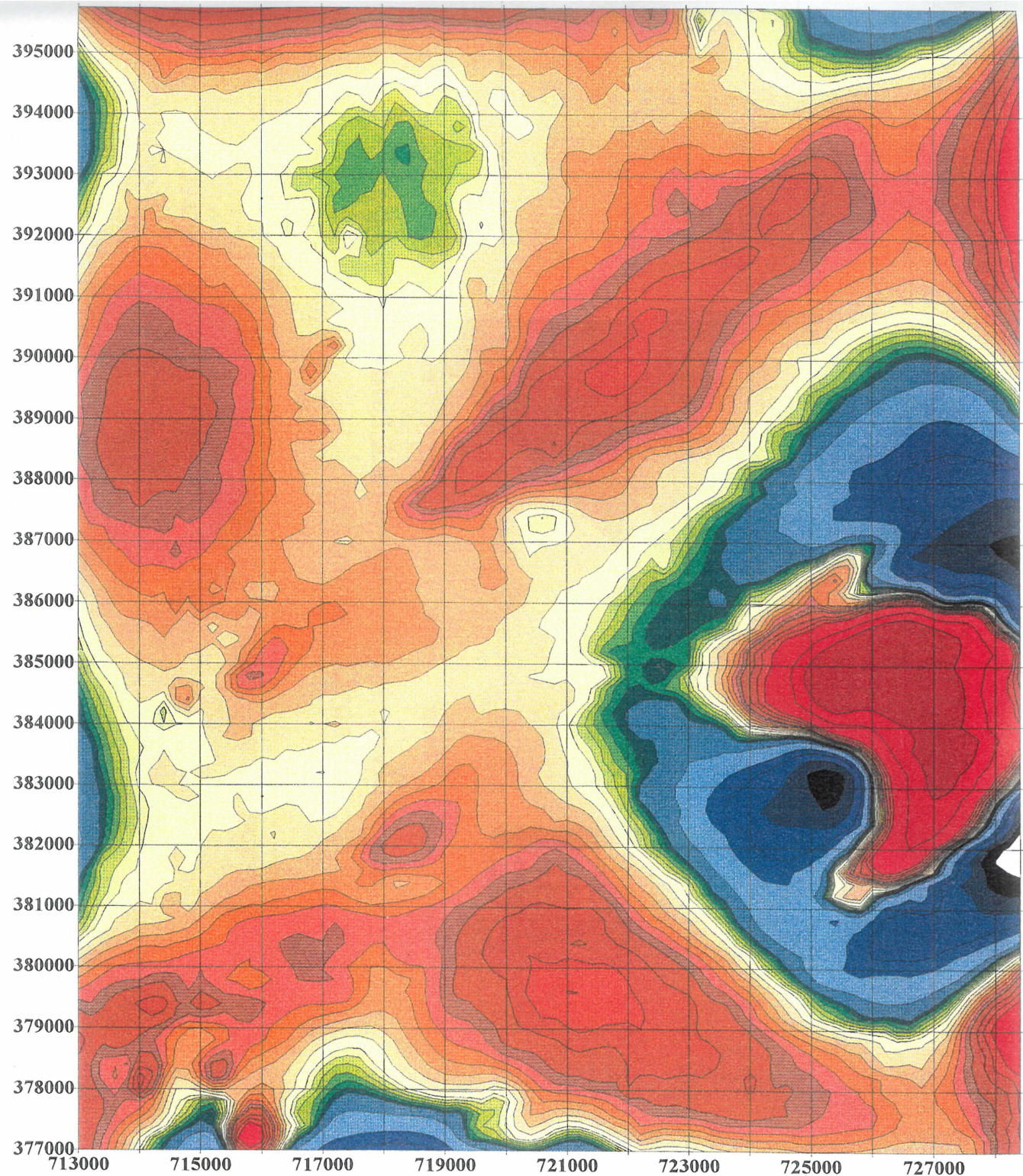
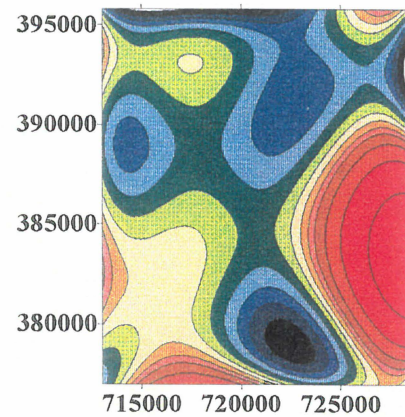
3.3.3 Reduktion zum Pol

Die Lage der magnetischen Anomalie im Bezug zum Störkörper selbst hängt vom Einfallen des Hauptfeldvektors ab. Um diesen Einfluß zu reduzieren, wurde das Meßergebnis im Meßgebiet Pulkau (Abb.3.3.7) mittels des Verfahrens der Polreduktion auf ein Einfallen des Hauptfeldes normal zur Erdoberfläche (wie im Polbereich, Abb.3.3.8) umgerechnet. Ist keine zusätzliche remanente Magnetisierung vorhanden, so kommt das Maximum der magnetischen Anomalie direkt über dem Störkörper zu liegen. Ist nach Durchführung der Polreduktion bei einer Anomalie nach wie vor ein vorgelagertes Minimum erkennbar, so dürfte eine remanente Magnetisierung vorhanden sein. Bei der Betrachtung der Abb.3.3.8 ist bei der markanten Anomalie (Hollabrunner Anomalie) im SO des Meßgebietes trotz der Reduktion zum Pol ein nordöstliches vorgelagertes Minimum erkennbar (leider konnte die gesamte Anomalie im durchgeführten Meßprogramm nicht erfaßt werden). Falls diese bekannt ist, kann auch eine Reduktion bezüglich dieser durchgeführt werden. Abb.3.3.9 zeigt eine Reduktion der Meßwerte mit einer Feldvektorrichtung von $D=50^\circ$ und $I=50^\circ$. In Abb.3.3.9 sind sowohl die Normalrichtung wie auch eine eventuelle remanente magnetisierung der Hollabrunner Anomalie berücksichtigt. Es zeigt sich jetzt ein symmetrisches Minimum um das Maximum dieser Anomalie.

Abb.3.3.4:
MAGNETIK des Meßgebietes Pulkau
 nach Polreduktion und Berücksichtigung
 einer remanenten Magnetisierung,
 abzüglich eines Trendfeldes
 (Polynoms 5.Grades; siehe kleine Abb.li)



Trendfeld



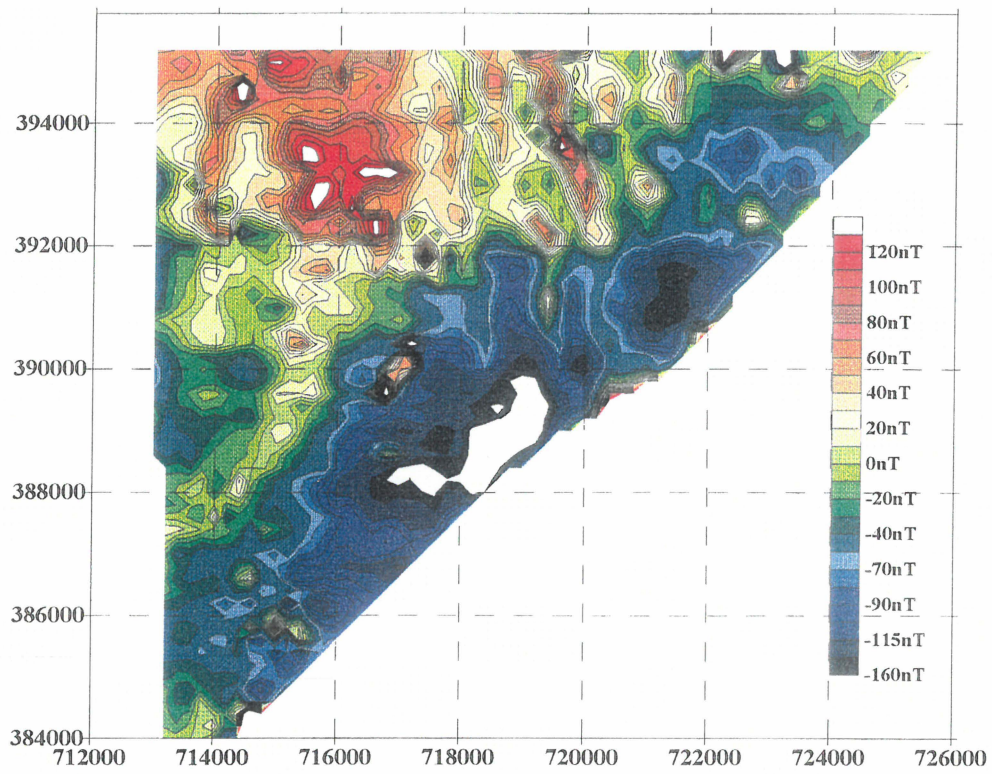


Abb.3.3.5 : Regionalfeldkorrektur mit Polynom 1.Ordnung

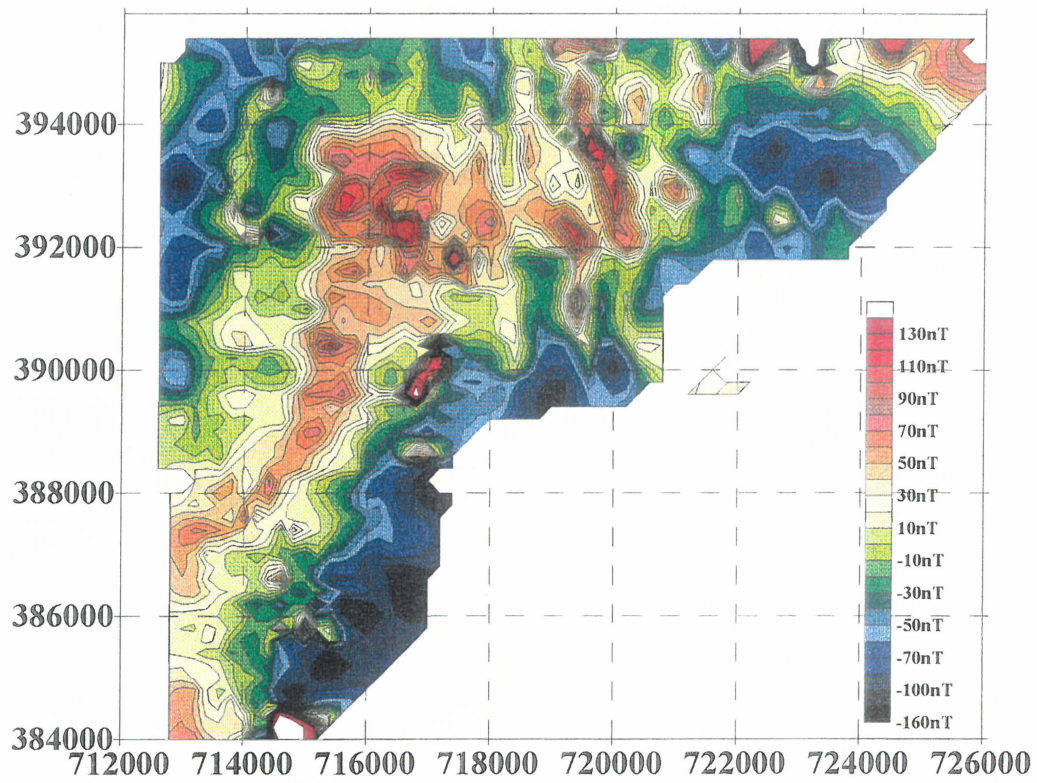


Abb.3.3.6 : Regionalfeldkorrektur mit Polynom 5.Ordnung

Feldreduktionen der Aeromagnetik des Meßgebietes Pulkau

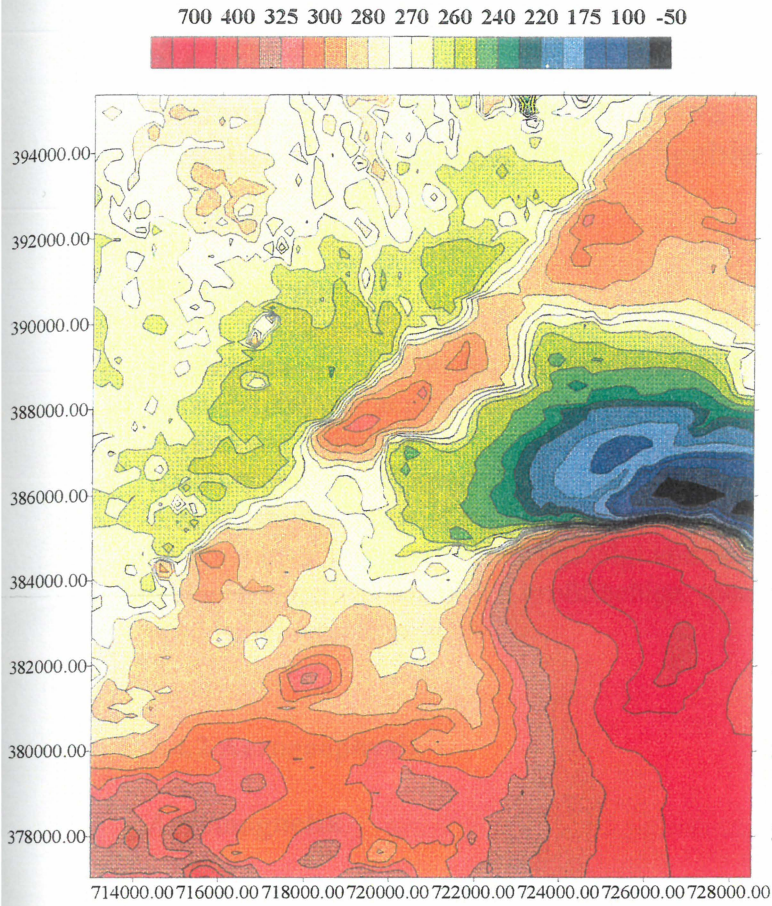


Abb.3.3.7: Magnetfeld im Meßgebiet Pulkau

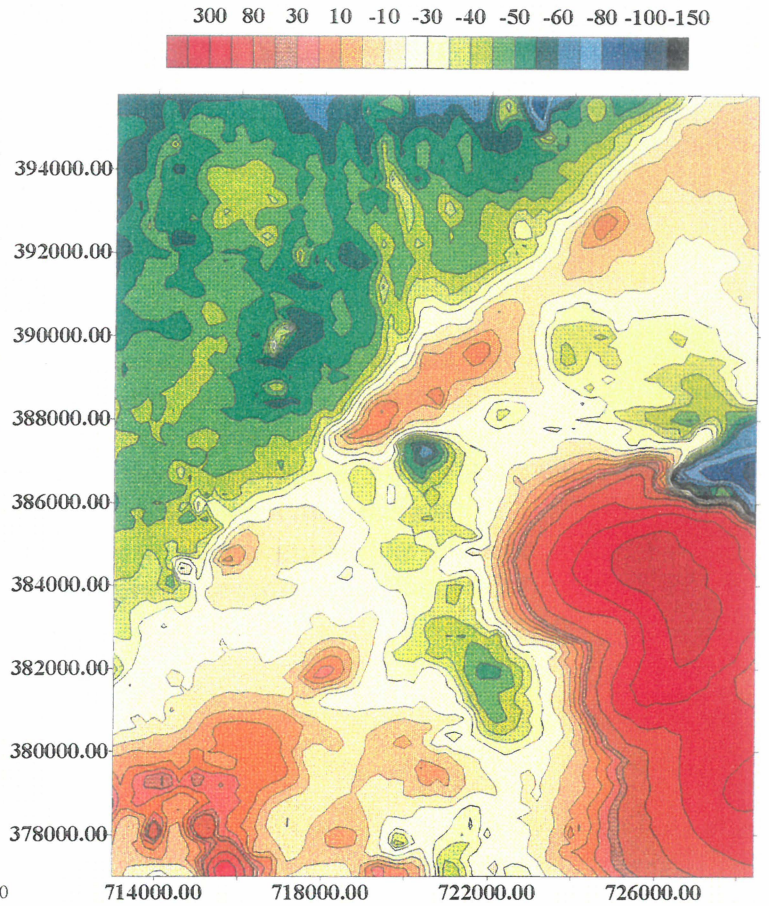


Abb.3.3.8 :Polreduktion ($I=63^\circ/D=1^\circ$)

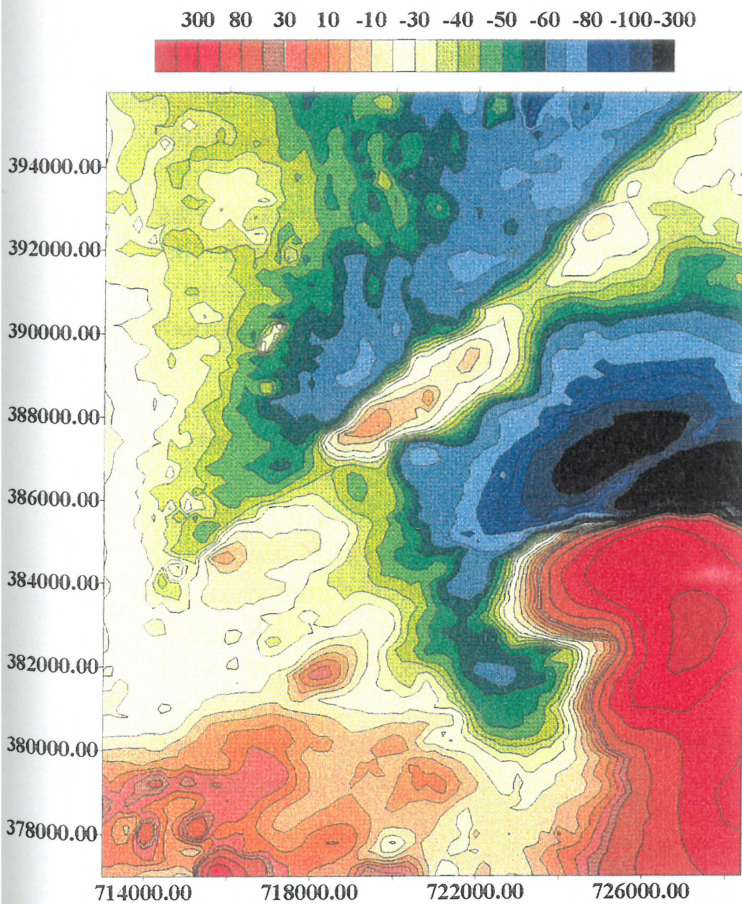


Abb.3.3.9: Reduktion nur mit remanenter Magnetisierung ($50^\circ/50^\circ$)

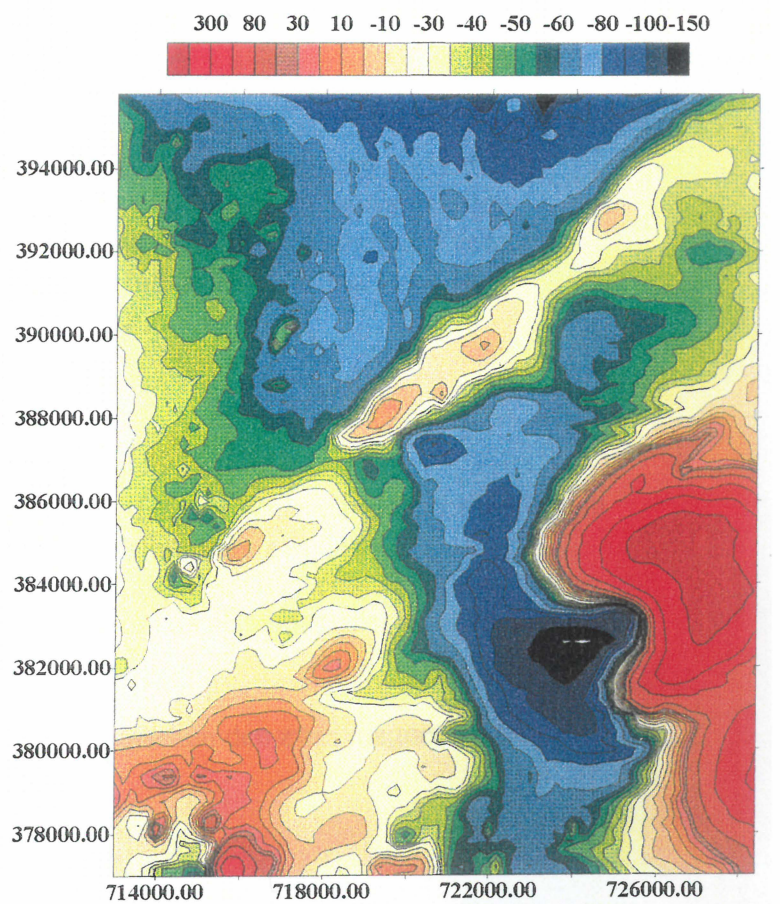


Abb.3.3.10: Reduktionen: Polreduktion ($63^\circ/1^\circ$) remanente Magnetisierung ($50^\circ/50^\circ$)

3.4. Verifikation aeroelektromagnetischer Messungen durch Bodengeoelektrik und Überprüfung durch Modellrechnung an einem Beispiel im Raum Röschitz (Meßgebiet Pulkau)

3.4.1 Geologie

Im Bereich nördlich bis östlich von Röschitz ist die Landschaft durch eine Vielzahl von Kristallinkuppen geprägt, die aus den tertiären Molassesedimenten und der quartären Bedeckung aufragen. Es handelt sich dabei durchwegs um die kristallinen Gesteine der Böhmisches Masse, speziell hier um moravischen Granit der Thaya-Masse. An der Basis über dem Kristallin ist meist ein Geröllhorizont entwickelt. Darüber folgen die sandigen Sedimente des Eggenburgiums gefolgt von siltigen Tonen des Ottnangiums. Die tertiären Ablagerungen werden durch großflächige, quartäre Lößgebiete bedeckt (z.B: Hungerfeld nordöstlich von Röschitz).

3.4.2 Aerogeophysik

Aeromagnetik

Die prozessierten magnetischen Meßdaten der hubschraubergeophysikalischen Messung wurden polreduziert, das Regionalfeld als Polynom 3. Ordnung im Teilbereich nordöstlich der Diendorfer Störung berechnet und von den polreduzierten Meßdaten abgezogen. Das verbleibende Restfeld ist ausschnittsweise für den Bereich östlich von Röschitz (Bereich B in Abb.3.1.2) in Abb.3.4.1 dargestellt.

Auffallend sind zwei längliche, NNW-SSE gerichtete magnetische Anomalien von einer Amplitude von bis zu 20 nT.

Rötzl kommt aufgrund der Übereinstimmung einiger solcher Anomalien mit kartierbaren Störungszonen zu dem Schluß (siehe Seiberl, et al., 1996), daß diese an Störungszonen gebunden sind. Die magnetische „Anomalie“ selbst könnte durch die Neubildung von ferrimagnetischen Mineralien im Störungsbereich durch meteorische Wässer im oberflächennahen Bereich verursacht werden.

Aeroelektromagnetik

Die Abb.3.4.2 zeigt die Verteilung des scheinbaren spezifischen Widerstandes, der mit einem neuronalen Netz unter der Annahme eines homogenen Halbraumes aus den elektromagnetischen Meßwerten berechnet wurden. Auffallend ist hier eine Anomalie mit 100 bis 200 Ohmm. Bei dieser Anomalie könnte es sich um anstehendes oder seichtes Kristallin handeln.

Bemerkenswert ist, daß sich die elektrische Anomalie zwischen den zwei magnetischen Anomalien befindet.

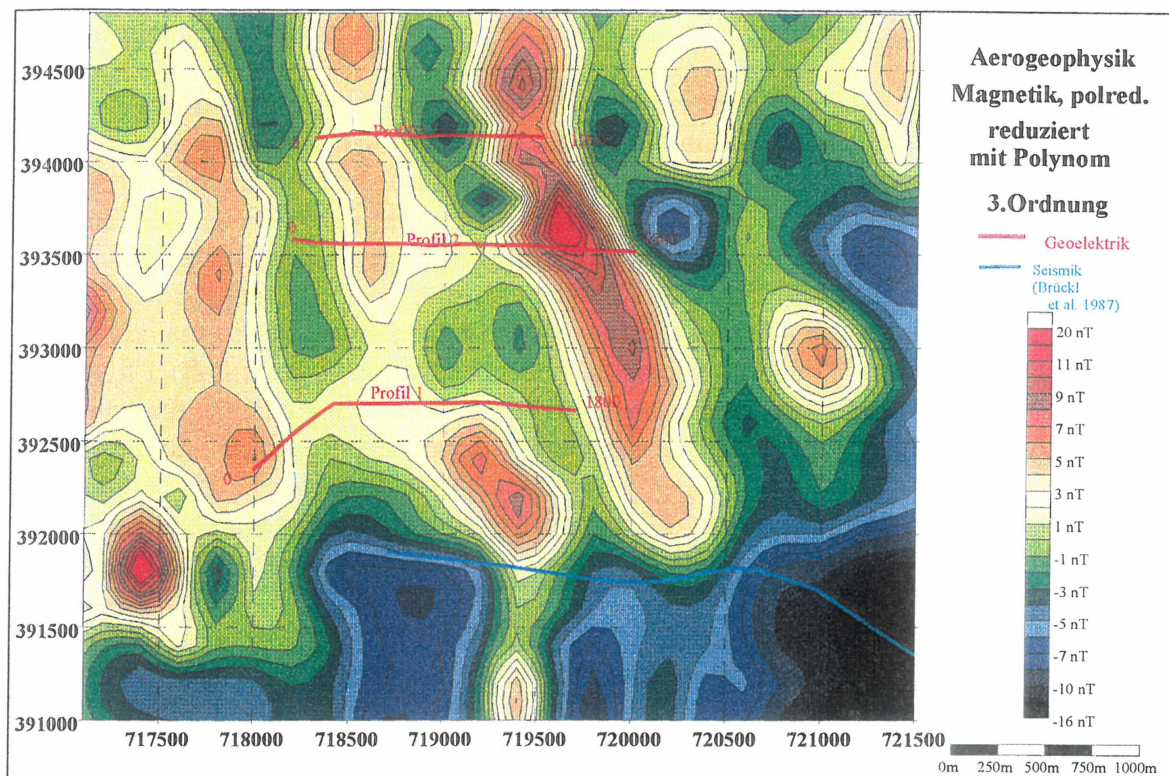


Abb. 3.4.1: Ausschnitt aus der aeromagnetischen Vermessung des Meßgebietes Pulkau

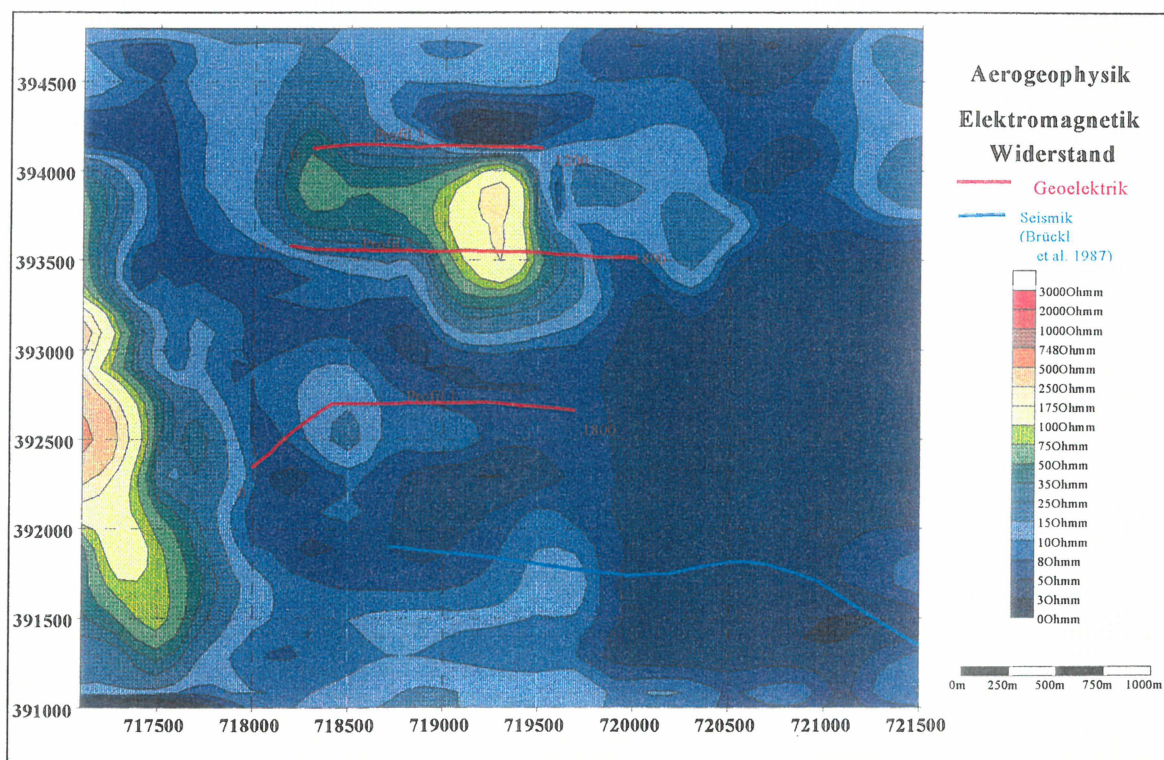


Abb.3.4.2: Auschnitt aus der elektromagnetischen Vermessung des Meßgebietes Pulkau

3.4.3. Bodengeophysik

Um die Ursache dieser Widerstandsanomalien zu erkunden, wurden drei geoelektrische Profile (Lage siehe Lageplan Abb.3.4.3), wobei nur die Ergebnisse von Profil 1 und 2 dargestellt sind, im Bereich nordöstlich von Röschitz mit einer Multielektrodenapparatur der Marke STING/SWIFT gleichstromgeoelektrisch vermessen.

Die Profile 1 und 2 haben beide eine Länge von 1800m. Der größte Außenelektrodenabstand betrug 780 m. Somit konnten Tiefen bis ungefähr 190 m aufgelöst werden.

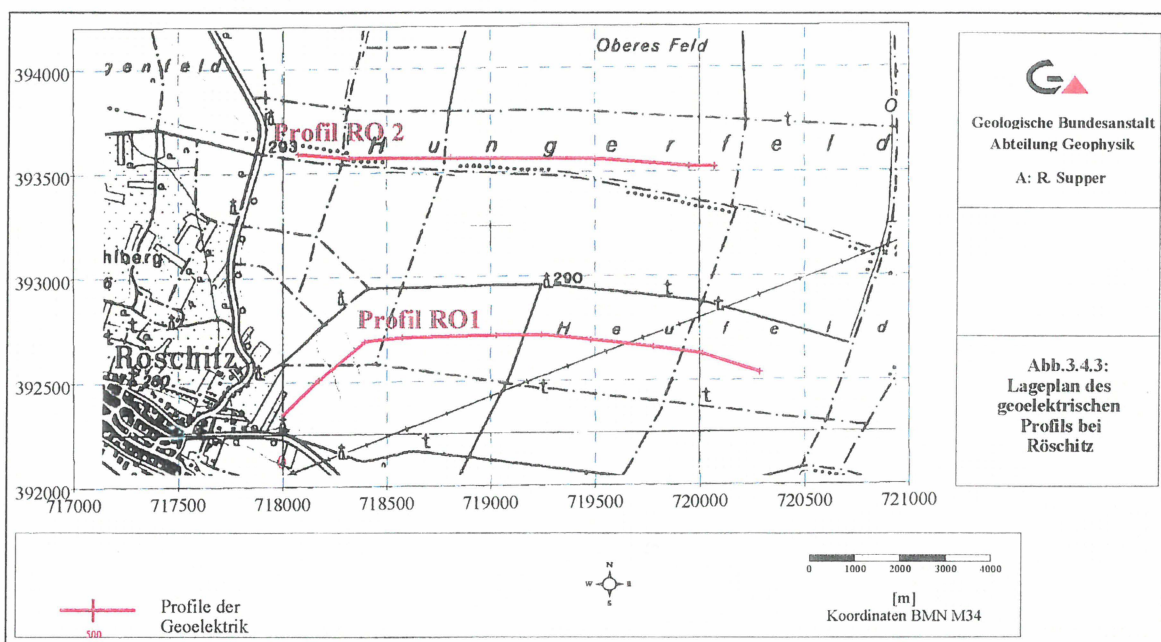
Die Ergebnisse der Inversion beider Profile sind in Abb.3.4.4 dargestellt.

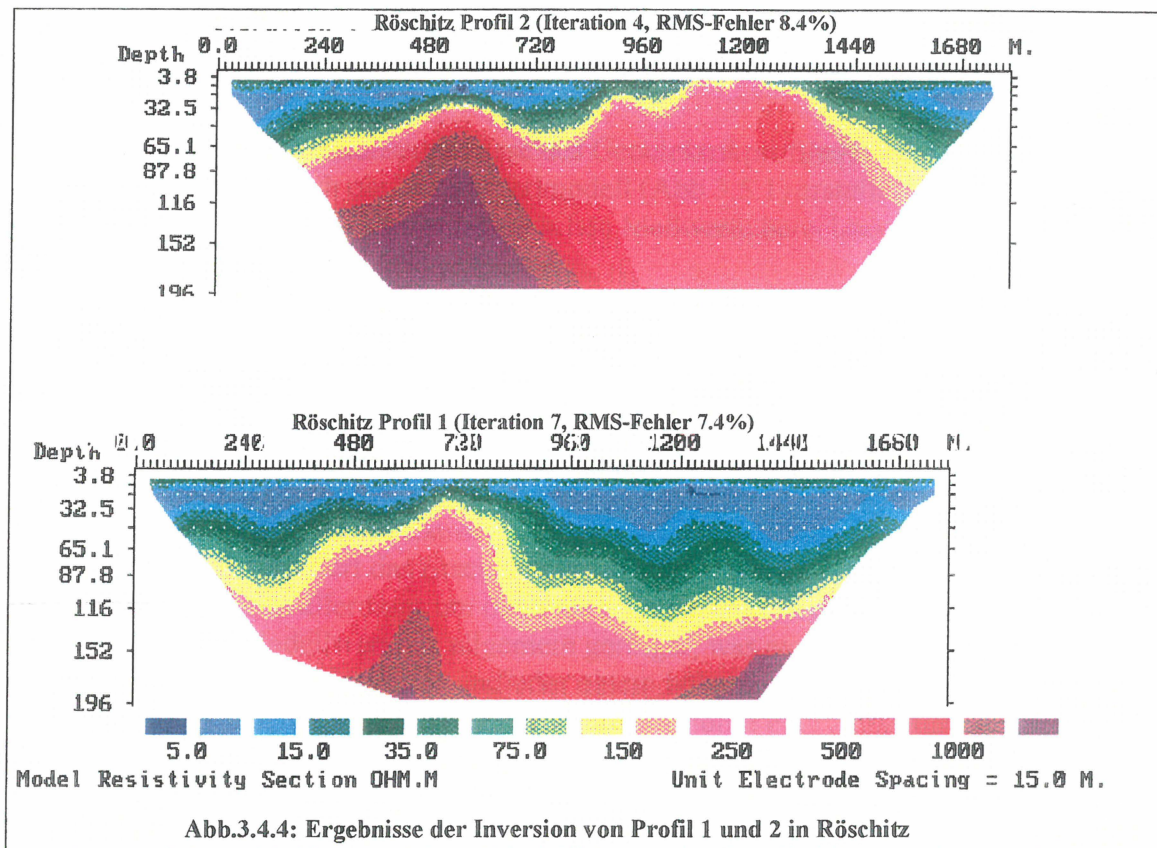
Bei Profil 1 erkennt man deutlich zwischen Laufmeter 300 und 800 eine Aufragung der hochohmigen Schichten, die als Kristallin interpretiert werden. Die Grenze zwischen Festgestein und auflagerndem Geröll ist nicht genau feststellbar. Es dürfte sich das Kristallin von randlich 100 m Tiefe auf 30 m aufwölben.

In Profil 2 sind zwei solche Kristallinerhebungen feststellbar. Um den Laufmeter 500 kommt es bis auf 30 m an die Geländeoberkante heran, zwischen Laufmeter 1000 und 1200 dürfte es nahezu auskeilen.

Vergleicht man diese Ergebnisse mit der aeroelektromagnetischen Kartierung (Abb.3.4.2), so sieht man deutlich eine Korrelation der Widerstandsanomalien (hohe Widerstände) mit dem Ort der Kristallinaufragungen.

Ebenso korrelieren die magnetischen Anomalien mit den Kristallinkuppen, sie sind aber generell gegen Osten verschoben. Dies könnte damit erklärt werden, daß die magnetischen Anomalien die Störungszonen - also die Begrenzung der Kristallinhorste - markieren, die Widerstandsanomalien aber den Körper selbst abbilden.





Die aeromagnetischen und elektromagnetischen Anomalien konnten durch gleichstromgeoelektrische Messungen verifiziert werden. Es dürfte sich dabei um Kristallinauftragungen im Untergrund, gebunden an tektonische Störungen, handeln.

3.4.4 Ein Vergleich von elektromagnetischen Meßdaten und Modellrechnungsergebnissen zur Kalibrierung aeromagnetischer Meßgeräte

Auf Grundlage der Inversionsergebnisse des Geoelektrikprofils RO2 (siehe Abb.3.4.3) wurde für diesen Bereich ein Untergrundmodell (Abb.3.5.1) erstellt. Zu diesem Modell wurden die theoretischen elektromagnetischen Meßwerte berechnet (Abb.3.5.2) und mit den gemessenen Werten (Abb.3.5.3) verglichen.

Es zeigt sich, daß die Lage des Minimums um ungefähr 90 m verschoben erscheint. Dies kann auf eine ungenaue Lagebestimmung des Flugprofils (systematischer GPS-Fehler) zurückzuführen sein. Ebenso entspricht die Lage des Profils Pul066 nicht genau dem Geoelektrikprofil. Allgemein zeigt der Vergleich (Abb.3.5.4) der Modell- mit den Meßwerten im Bereich des großen Minimums zwischen Profillaufmeter 1000 und 1300 außer für die 7200 Hz out – Phase (möglicher Einfluß einer dritten Schichte: Verwitterungsschichte auf Kristallinhorst) eine gute Korrelation.

Im Bereich davor korreliert das Erscheinungsbild ebenfalls sehr gut, die Lage der Maxima und Minima erscheint allerdings um mehr als 90m versetzt.

Die Dynamik der Modellwerte ist allgemein geringer, was auf geringere Kristallintiefen, geringere Bedeckungswiderstände und/oder einem höheren Kristallinwiderstand schließen läßt. Zu einer genaueren Kalibrierung der Meßwerte sollte eine Anpassung des Modells an die Meßwerte (Streckung und Verschiebung in X) überlegt werden.

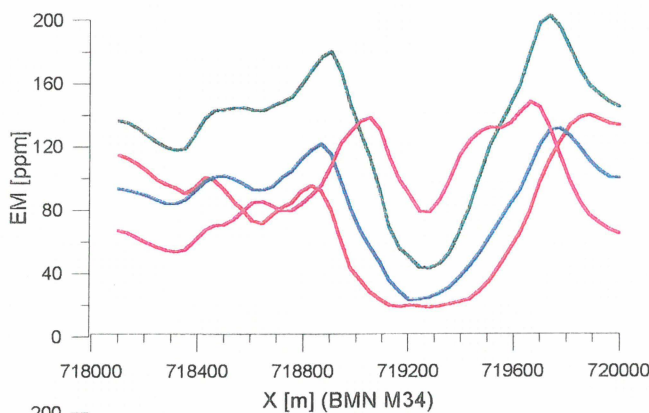


Abb.3.5.1: Meßwerte der Elektromagnetik auf Profil Pul066

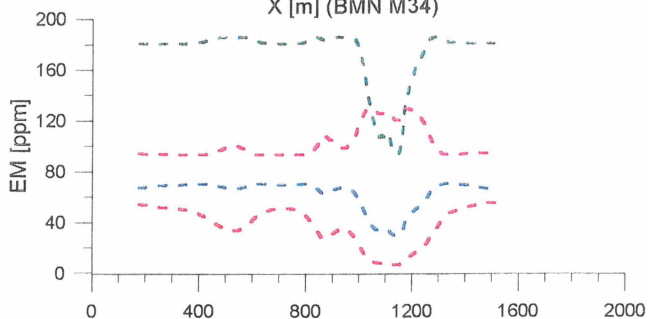


Abb.3.5.2: zum Untergrundmodell berechnete EM-Werte

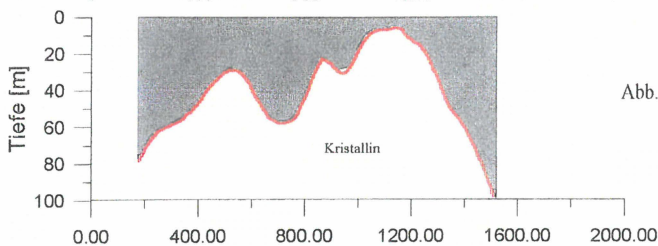


Abb.3.5.3: vereinfachtes Untergrundmodell aus Geoelektrik abgeleitet

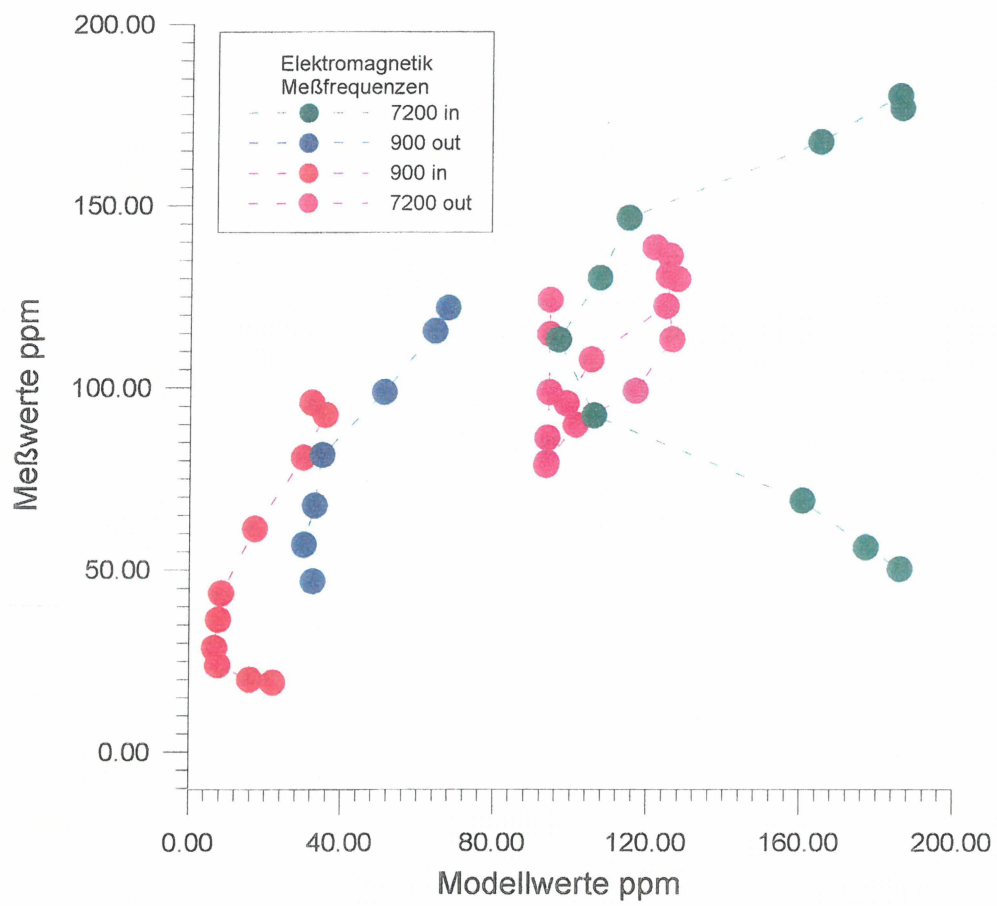


Abb.3.5.4: Korrelation der Modellwerte mit den Meßwerten

4. Reprocessing der Daten der aeromagnetischen Vermessung Österreichs (AMVÖ)

4.1 Einleitung

Die aeromagnetische Vermessung Österreichs fand in den Jahren 1977 bis 1982 statt. Dabei wurde das gesamte Bundesgebiet überdeckt. Die Befliegung erfolgte in verschiedenen, konstanten Flughöhen (Horizonten).

Der Westen des Bundesgebietes wurde von der Firma Hunting Geology and Geophysics Ltd. befliegen. Die reduzierten und korrigierten Horizontdaten liegen in Form von Isanomalienkarten der Totalintensität sowie als auf ein regelmäßiges Raster von 2200 m Griddistanz interpolierte Daten vor.

Die Befliegung Ostösterreichs erfolgte in Zusammenarbeit der Universität Wien mit der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und dem Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen. Für diese Horizonte stehen sämtliche Informationen zur Verfügung. Die reduzierten und korrigierten Daten liegen als 2000 m Gridrasterdaten vor.

Allgemein wurden bei der Befliegung der verschiedenen Horizonte Überlappungsbereiche von 5 km eingehalten, wodurch sich eine gute Möglichkeit für die Überprüfung von quantitativen Abweichungen der Horizonte innerhalb der Überlappungsbereiche ergibt. Für die im folgenden beschriebenen Schritte wurden die vollständig mit den Standardverfahren (Kreuzpunktausgleich, Taggang, Regionalfeld, Interpolation mittels minimum curvature) vorbearbeiteten Griddaten verwendet. Stellt man diese Griddaten auf ein gemeinsames Niveau feldfortgesetzt dar, sind die Horizontgrenzen in den Daten deutlich sichtbar.

4.2 Ausgleich der Horizontdaten Ostösterreichs

Um die Überlappungsbereiche der verschiedenen Horizonte vergleichen zu können, wurde der jeweils in größerer Höhe geflogene Horizont auf das Niveau des tieferliegenden Horizontes nach unten feldfortgesetzt. Anschließend wurden die Abweichungen der jetzt auf gemeinsamen Niveau liegenden Horizonte berechnet. Als Hauptursache für die Abweichungen ergeben sich Fehler in den verwendeten Gradienten des Regionalfeldes sowie Abweichungen von der konstanten Sollflughöhe eines Horizonts.

In einem iterativen Verfahren wurden daher die nicht feldfortgesetzten Rasterdaten solange mit einer ebenen Ausgleichsfläche korrigiert, bis die Abweichungen aller Überlappungsbereiche der feldfortgesetzten Horizonte ein Minimum ergaben.

Als Reihenfolge wurde die Folge der Horizonte so gewählt, daß der Ausgleich mit jenen Nachbar-Horizonten erfolgte, die eine größtmögliche gemeinsame Grenze haben. Folgende Reihenfolge erwies sich als am günstigsten:

H1000Nord mit H1400, H3000 mit H1000Nord, H800 mit H1400, H2500 mit H800 und H1400, H3000 mit H1000 und H2500, H1000SüdOst mit H2500.

Besonders hervorzuheben sind dabei die beobachteten Abweichungen der Horizonte 800 und 3000, die sich nicht durch ebene Flächen beschreiben lassen.

Anschließend wurden die so ausgeglichenen Daten auf ein gemeinsames Niveau von 1600m feldfortgesetzt. Diese Höhe stellt einen vernünftigen Kompromiß zwischen Informationsverlust bei Feldfortsetzung nach oben und dem Auftreten von Überschwingungen

bei den nach unten fortgesetzten Daten dar. Die in den Anomalienkarten der unausgeglichenen Daten doch recht deutlichen Unterschiede an den Horizontgrenzen konnten deutlich verringert werden und sind ab einer Isoliniendistanz von $\geq 4\text{nT}$ nicht mehr sichtbar, im Gegensatz zu ca. 10nT ohne Ausgleich.

4.3 Ausgleich der Horizontdaten von Westösterreich

Die Horizontdaten Westösterreichs wurden analog zur Vorgangsweise im Osten ausgeglichen und auf eine gemeinsame Höhe von 3000 m feldfortgesetzt.

Anschließend wurde ihre Niveau soweit angehoben, daß die Differenz zu den auf 1600 m feldfortgesetzten Horizonte im Osten minimal wurde. Da die Anomalien im Überlappungsbereich eher große Wellenlängen haben, sind die Stufen die sich aus den unterschiedlichen Feldfortsetzungshöhen ergeben jedoch von sich aus gering.

4.4 Vorschläge für die weitere Vorgangsweise

Eine Erhöhung der Genauigkeit ist mit dem vorliegenden Verfahren nicht mehr möglich. Die mittlerweile verfügbaren grafischen Werkzeuge für die Korrektur der Originalprofile würden aber sicherlich eine weitere Verbesserung bringen.

Ein Test mit einigen Profilen der Horizonte 800 und 2500 zeigte, daß eine Genauigkeit von 2nT möglich sein sollte. Abweichungen in den Profilen wurden vor allem im Bereich der Profildaten beobachtet, wo vermutlich die Flughöhe nicht konstant gehalten wurde und auch nicht genügend Kreuzungspunkte mit den Kontrollprofilen zur Verfügung stehen.

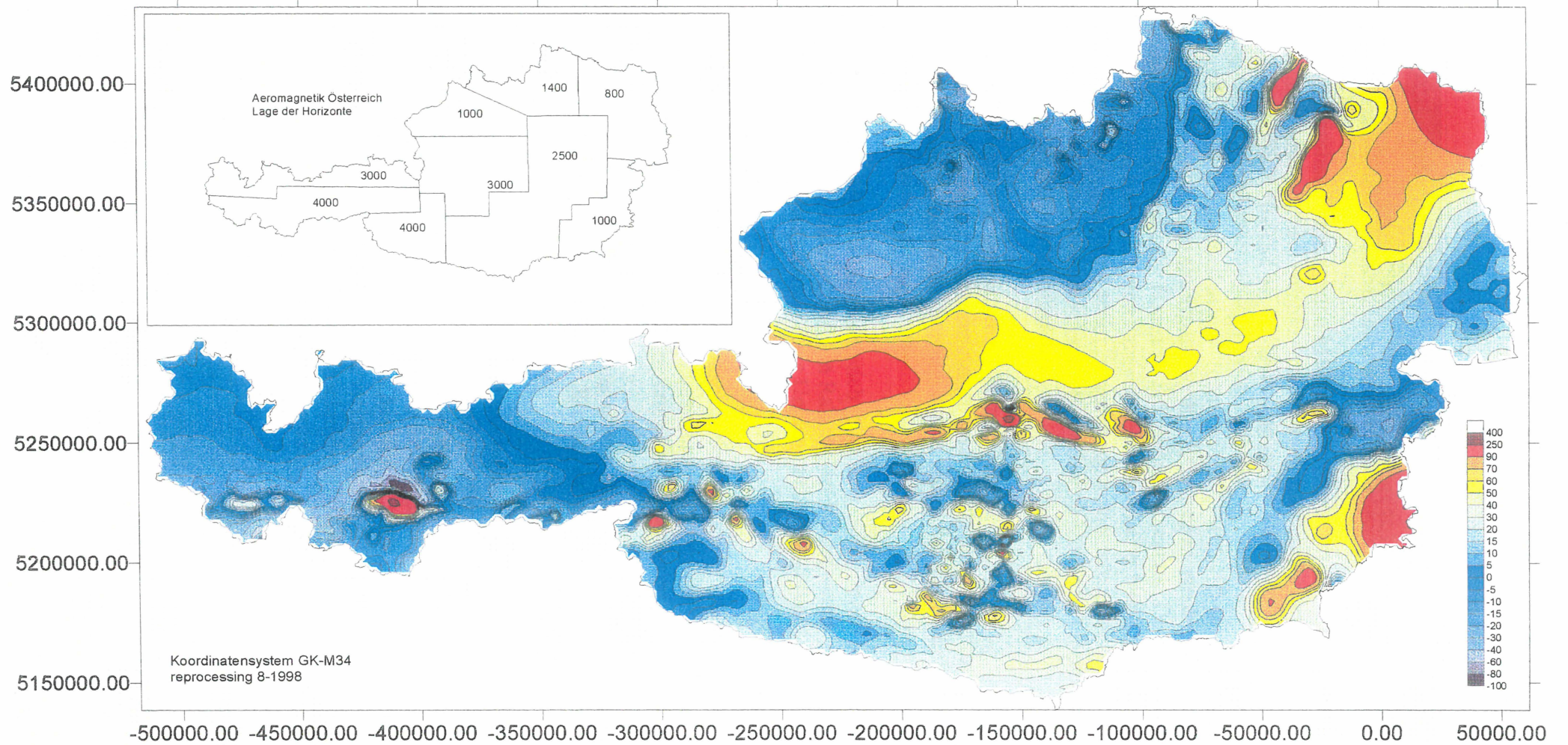
Ein Reprocessing müßte demnach folgende Schritte beinhalten:

- Durch grafische Werkzeuge gestützte Korrektur der Profildaten eines Horizonts unter Beachtung der Nachbarprofile und der auf das jeweilige Niveau feldfortgesetzten Daten der überlappenden Nachbarhorizonte.
- Neuberechnung der exakten Regionalfeldgradienten
- Ausgleich der eventuell verbleibenden Abweichungen an den Grenzen mit dem oben beschriebenen Verfahren

4.5 Literatur

Norbert H. Blaumoser; Eine erste gesamte aeromagnetische Karte von Österreich und ihre Transformationen; Mitteilungen der Österreichischen Geologischen Gesellschaft, Nr. 84, 1991, S. 185-203.

Aeromagnetik Österreich
Isanomalien der Totalintensität [nT]
Osteil feldfortgesetzt auf 1600m



5. Vergleichsmessungen mit dem schweizerischen und dem österreichischem Gammastrahlenspektrometer

Von Seiten der Europäischen Union werden Maßnahmen vorbereitet um bei zukünftigen Strahlenunfällen unter anderem auch entsprechende Strahlenmeßgeräte bereitstellen zu können. Wegen ihrer hohen Effizienz bei der Erfassung großer kontaminierter Flächen sollen hier luftfahrzeuggestützte Meßsysteme zum Einsatz kommen.

Die EU finanziert über eine „concerted action“ (contract Nr. F14P-CT95-0017: European coordination of airborne gamma ray spectrometry) diese Aktivitäten. An diesem Vorhaben beteiligen sich die EU-Mitgliedsländer Finnland, Schweden, Dänemark, Deutschland, Frankreich, Großbritannien und Österreich sowie die Nichtmitglieder Norwegen und die Schweiz. Im Rahmen dieser „concerted action“ wurden schon mehrere gemeinsame Übungen zum Aufspüren von Strahlungsquellen durchgeführt. Österreich konnte an diesen wegen der langen Planungsphasen bis jetzt nicht teilnehmen.

Es wurde daher beschlossen, eine gemeinsame Übung mit dem Hubschrauberstrahlenmeßteam der schweizer Armee im Jahr 1997 durchzuführen. Ursprünglich wollte sich auch Frankreich beteiligen, was aber durch Terminkollision letztendlich doch nicht möglich war.

Ausgewählt wurde ein Testgebiet in Westösterreich (Nauders) mit extremen topographischen Bedingungen (bis 1500m Höhenunterschied). Im Rahmen der bundesweiten geochemischen Landesaufnahme wurden in diesem Raum einige Urananomalien aufgefunden.

Zweck dieser Übung war es einerseits die

- meßtechnischen Unterschiede zwischen dem schweizerischem und dem österreichischem Meßsystem zu erfassen und andererseits die
- teilweise unterschiedlichen Datenverarbeitungsschritte zu vergleichen.

Daraus sollten entsprechende Maßnahmen erarbeitet werden, damit es in der Zukunft möglich sein wird beide Geräte bei Bedarf gleichzeitig zum Einsatz zu bringen, wobei vergleichbare Ergebnisse erzielt werden können.

Die Auswertarbeiten und die Systembewertungen wurden 1998 abgeschlossen. Diesem Projektbericht sind im Anhang zwei Berichte beigegeben, wobei der erste – mit dem Titel „A comparison of the Austrian and Swiss airborne gamma spectroscopy systems in alpine terrain“ (G. OBERLERCHER, B. BUCHER) - die Ergebnisse der gemeinsamen Übung zusammenfaßt. Dabei zeigt sich, daß trotz technischer Unterschiede und teilweise unterschiedlicher Datenverarbeitungsschritte gut vergleichbare Meßergebnisse erzielt wurden (Fehler $\pm 20\%$). In diesem Zusammenhang muß nochmals auf die extrem topographischen Bedingungen im Testgebiet Nauders hingewiesen werden.

Im zweiten Bericht („Environmental Mapping: Comparison of ground and airborne gamma spectrometry results under alpine conditions“ B. BUCHER, L. RYBAEH, G. SCHWARZ) wird gezeigt, daß die luftfahrzeuggestützt ermittelten Radiometriedaten durchaus vergleichbar sind mit jenen, die am Boden erfaßt wurden. In der Untersuchung wurden auch Bodenmessungen, die zeitgleich mit den Messungen im Rahmen der gemeinsamen Übung Schweiz-Österreich in Nauders registriert wurden, berücksichtigt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß mit der Übung in Nauders gezeigt wurde, daß ein gemeinsamer Einsatz der beiden Gammastrahlenspektrometer bei Bedarf möglich und sehr sinnvoll ist.

6. Technische Verbesserungen am bestehenden aerogeophysikalischen Meßsystem

6.1 Datenerfassungssoftware

Bis 1997 erfolgte die Datenerfassung auf einem PC unter dem Betriebssystem MS-DOS. 1998 wurde diese Software unter WINDOWS NT 4.0 vollkommen neu entwickelt. Während man unter MS-DOS für ein neu hinzu kommendes Meßgerät das gesamte Programm ändern mußte, ist dies unter WINDOWS NT nicht mehr notwendig. Neue Geräte können wesentlich einfacher in das Gesamtmeßsystem integriert werden.

6.2 GPS und Navigation

1998 wurde der TRIMBLE 2000 GPS - Empfänger durch einen ASHTECH GPS/GLONASS - Empfänger ersetzt. Dieser 24-Kanal-GPS-Empfänger kann sowohl die amerikanischen (GPS) als auch russischen (GLONASS) Satellitensignale empfangen. Da die russischen Signale nicht künstlich verrauscht werden, erhöht sich die Genauigkeit der Positionsbestimmung auf +/- 10 m ohne nachfolgende Korrektur. Ein weiterer Vorteil liegt in der besseren Überdeckung durch die größere Anzahl an vorhandenen Satelliten (keine Signalausfälle im Gebirge).

Von der Fa. PICODAS wurde zusätzlich das Navigationssystem PNAV angeschafft. Dieses ermöglicht eine rasche Flugwegplanung eines Meßgebietes und eine exakte Befliegung der Profile infolge einer graphischen Anzeige der momentanen Position.

Die GPS-Antenne sowie zwei LCD-Displays (Pilot Indikator und Flugweg/Bedienungs-Display) wurden in den Hubschrauber installiert, die Abfrage der Position (1 mal pro Sekunde) wurde in die Datenerfassungssoftware integriert.

6.3 Laserhöhenmesser

1998 wurde ein Laserhöhenmesser der Fa. RIEGL in das Meßsystem integriert. Dieser wurde in die Bodenplatte des Meßhubschraubers eingebaut, die Stromversorgungs- und Datenübertragungskabel wurden verlegt. Das Datenerfassungsprogramm fragt die Meßwerte 10 mal pro Sekunde ab.

Auf Grund der hohen Genauigkeit (10 cm) ist dieser einem Radar- oder barometrischen Höhenmesser vorzuziehen. Kombiniert mit einem Radarlaserhöhenmesser können über bewaldetem Gebiet die Baumhöhen abgeschätzt werden.

6.4 Digitalisierung der EM-Sonde

Ende 1997 wurde mit einem völligen Umbau der Elektromagnetiksonde begonnen. Bisher sind alle derartigen Meßsysteme rein analog. Die digitale Datenerfassung bietet große Vorteile gegenüber der analogen Technik. Diese reichen von geringerem Noise, besserer Auflösung bis hin zu Vorteilen bei der Kalibrierung und einer wesentlich höheren Informationsdichte. Bisher konnten nur 4 Frequenzen an der Empfängerseite gemessen werden. Nun ist es möglich auch die Sender, 50 Hz, 16 2/3 Hz, den Cross-talk, den Gesamt-Noise und zwei weitere, beliebig wählbare, Frequenzen aufzuzeichnen. Es besteht auch die Möglichkeit das gesamte Spektrum von DC bis 38 kHz zu registrieren. Dies erleichtert die Fehlersuche ungemein und gibt eine wertvolle Hilfestellung bei der Auswertung der Daten. In Zukunft ist daran gedacht die zweite EM-Sonde ebenfalls umzubauen und neue Sender zu entwickeln. In weiterer Folge soll die gesamte Sonde ein neues Design erhalten. Dabei soll

Platz für den Laserhöhenmesser, GPS, Magnetometer und ev. Radiometrie geschaffen werden. Im Hubschrauber selbst wäre dann nur mehr ein PC (Laptop) zur Datenerfassung notwendig.

6.5 Magnetik- und GPS- Basisstation

Seit 1997 erfolgt die Aufzeichnung des Tagesganges der Magnetik mit einem Cäsium - Magnetometer und ist an eine GPS - Basisstation gekoppelt. Daher werden die im Hubschrauber und an der Basisstation gemessenen Werte exakt zur gleichen Zeit registriert.

A comparison of the Austrian and Swiss airborne gamma spectroscopy systems in alpine terrain

Gernot Oberlercher¹, Benno Bucher²

¹ Geological Survey of Austria

² Institut of Geophysics ETHZ, ETH Hoenggerberg, Zurich, Switzerland

Abstract

In summer 1997 a common survey using the Austrian and Swiss airborne gamma ray systems was carried out in the Austrian Alps. The chosen 7 x 7 km test area is located near the Austrian - Swiss border, showing rough topography with elevations above sea levels changing for almost 1500m within a few kilometers of flight path, meaning an extreme challenge to the helicopter teams. Due to former sampling of stream sediments some spots of higher uranium concentration were expected in the area. To proof the results of the airborne measurements additional in-situ measurements at some dedicated points were carried out by a Swiss team at the same time.

While both airborne teams use NaJ - detectors, the systems differ in detector volume, spectrometer type, system mounting and calibration procedure. Despite these differences the final results show good accordance. Comparison with the ground measurements proof the correctness of calibration and processing procedures, showing the usefulness of airborne gamma ray systems even in areas of extreme topography.

1. Survey area

The chosen area is located in the Austrian Alps near the border to Switzerland and shows rather rough topography with elevations above sea level varying for almost 1500 m within some kilometers of flight path. 14 parallel profiles of 7 km length were flown from WSW to ENE crossing the „Radurschtal“ - a small, deep valley, enclosed by high mountains. Line spacing was 500 m with an average flight altitude of 100 m. Due to the extreme topography both teams could not risk to keep the flight height at a constant low level in the centre of the valley.

From former geochemical sampling of stream sediments in the area some spots of higher uranium concentration with levels up to more than 70 ppm had been expected in the area. Except one anomaly in the eastern part of the area these uranium anomalies could not be found in the airborne measurements. Experience from other areas has shown that many elements tend to enrich in stream sediments, thus giving much higher concentrations than measurements in soil samples.

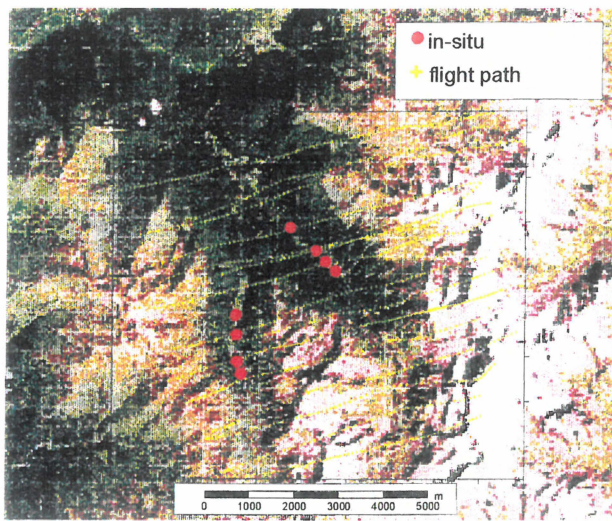


Fig. 1a Survey area

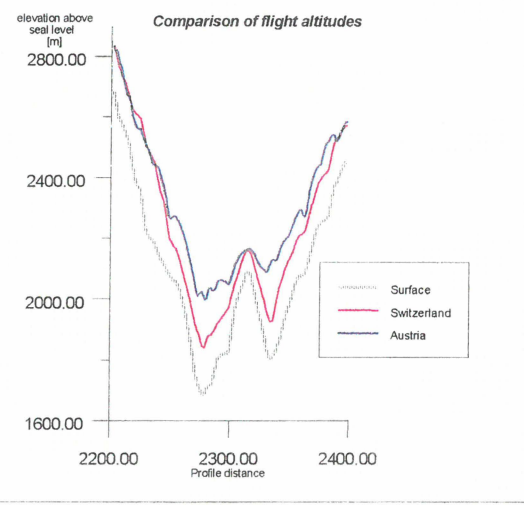


Fig 1b Sample flight profile

2. Comparison of systems

The common survey offered a good chance for a direct comparison of systems and for exchange of experience with the equipment.

Table 1 summarises the main differences in equipment of both airborne systems.

Table 1. comparison of the Swiss and Austrian systems

<i>Swiss system</i>	<i>Austrian system</i>
detector: 16 l NaJ	33.6 l down + 4.2 l up NaJ
detector location: slot beneath floor of the passenger cabin	Separated into 2 packages in the passenger cabin
Spectrometer: Exploranium GR820: gain control and spectrum calibration with K-40	Picodas PGAM 1000: Seperate ADC on each crystal, using transputers that individually manage each crystal. Gain control and spectrum calibration with Th-peaks
calibration facilities: point sources, in-situ measurements	calibration pads, test site

The meeting during the common survey was used by the system operators for a discussion on the experiences with the handling of the system. Some of the main aspects are mentioned in the following sections.

2.1 System Initialisation

The Exploranium GR820 offers an easy calibration and initialisation procedure for energy calibration and spectrum stabilisation, using K-40. Some problems arise with spectrum stabilisation during surveys with very low K-40 count rates, when the K-40 peak is too low to be accurately detected. After the initialisation procedure the system needs a permanent power supply - else calibration information is lost. The problem was solved by the installation of a separate battery that can maintain continuous power supply to the spectrometer independent from the helicopters supply.

The Picodas PGAM-1000 uses a rather complex calibration procedure with a thorium source, carrying out a 2nd order energy calibration with the 4 strongest peaks of Th in the spectrum. The procedure needs some spectrometric knowledge and leads to problems in areas with higher Cs-137 levels, which might partially overlap the 582 keV peak of Tl-208. Some inconveniences arise from the fact that coarse gain adjustment has to be done with opened detector packages. Calibration parameters are stored in each crystals transputer EPROM. Usually the system is able to automatically reset the system to proper operation even after some hours of power off. All in all the GR-820 offers the simpler and slightly faster initialisation procedure compared to the more complicated solution offered by the PGAM-1000.

2.2 Counting statistics and detector sensitivity

The Austrian gamma ray system is part of a complex geophysical equipment dedicated to geological studies, including electromagnetic and magnetic sensors, infrared detectors and an antenna for the measurement of soil humidity. The complexity of the system causes some problems with "place management" in the rather small helicopter Bell 212. The chosen position of the NaJ detector packages in the passenger cabin is a compromise to this fact.

The humidity antenna with its large cooling body is mounted outside the helicopter beneath the pilots seat and should not influence the gamma ray system under normal flight conditions. The comparison of Austrian count rates to the results from the Swiss team showed some differences in dynamics. The only reasonable explanation was an absorption of gamma rays by the humidity antenna, depending on different horizontal angle of the helicopter. The rough topography forced strong acceleration and slowing down of the helicopters thus causing some kind of swinging. Because the helicopter has to "bend forward" during acceleration, the humidity antenna can come to a position under one of the detector packages where shielding effects start to be of importance. Additional collimation effects arise from the fuel tanks in the rear of the helicopter which shield radiation with flat angles of incidence.

A direct comparison of spectra of the two teams at same flight positions with almost similar flight altitudes showed additional differences with evidently higher Compton background of Austrian spectra and count rates smaller than expected from the two times larger detector volume. The effect was already expected from the stripping factors obtained from calibration pads and from sensitivity values derived from the calibration area. Obviously the location of detectors in the passenger cabin is not as optimal as the Swiss installation in a slot beneath the helicopter floor.

2.3 Processing

There are no main differences in processing (Schwarz, 1991), except calculation of the Compton background in the Cs-137 window, where the Swiss team uses the standard stripping process, whereas the Austrian team calculates the background directly through evaluation of the local minima of the spectrum (Oberlercher 1997). Some problems arose with topographic corrections in the areas where a constant flight altitude could not be maintained without safety risks. The Swiss "Super Puma" helicopter with its stronger turbines achieved better results in keeping a constant altitude above ground - the Swiss profile sections with altitudes larger than 1000 ft over the deep valleys are usually short compared to that of Austrian profiles (see Fig. 1).

The standard 2-D topographic correction (Schwarz et al, 1992) uses all detected values along a 700m long part of the profile to correct the value in the centre of this part of profile, using attenuation information for each value. The accuracy of the attenuation calculation decreases with high flight altitudes. This effect can add up to rather large errors at topographic corrections when a lot of the measurements have been recorded at high altitudes, leading to an overestimation of correcting factors.

Therefore the Austrian team tried successfully a rather simple topographic correction. The radiation detected at some point is associated to the nearest point at the surface of the topography instead of using the vertical position under the detector. Attenuation effects are then calculated with the distances to this positions and the corrected value is projected to the new position. The process can be considered a 3-D correction and reduced the problems along flight lines flown rather close and parallel to the crests or flanks of mountains.

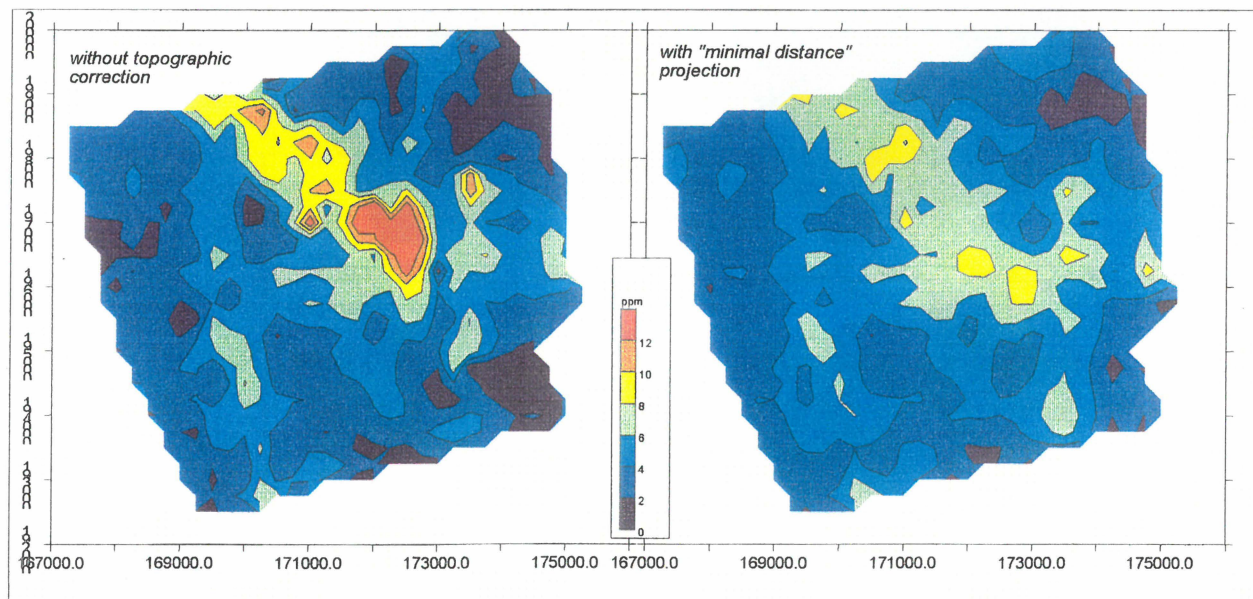


Fig. 2 uranium anomaly map with and without topographic correction. The simple "nearest distance projection" remarkably reduces overestimation of anomalies in deep gorges.

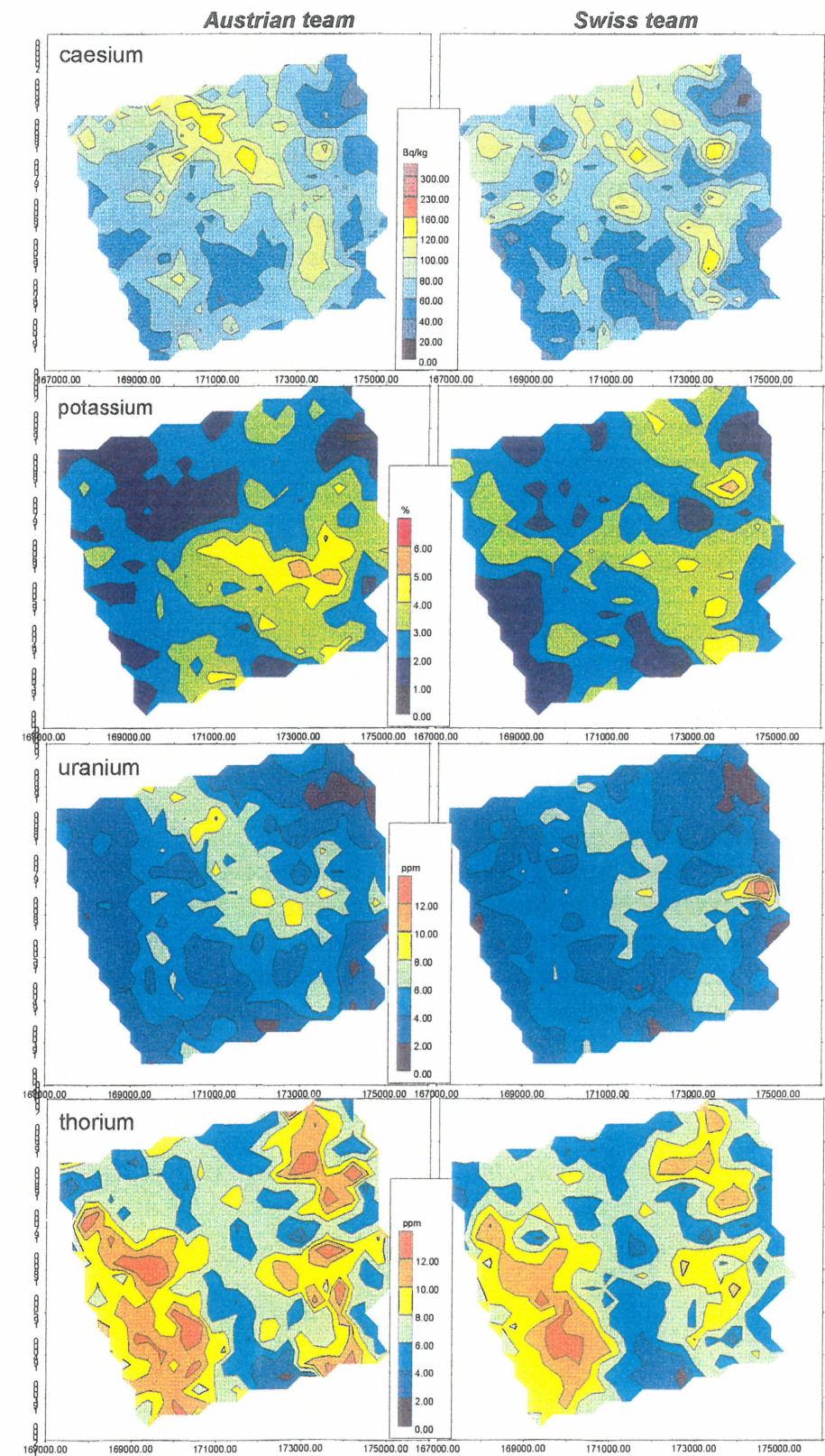


Fig.3 Anomaly maps of processed data

3. Results

Despite all problems and differences of the systems the comparison of anomaly maps of the processed data show very good correlation and match the results of in-situ measurements carried out additionally at some points in the valleys of the area. The agreement of results proofs the correctness of calibration and data processing of both teams, although different procedures were used for topographic correction and Compton stripping of the Cs-137 window. Fig. 3 shows the anomaly maps of all processed parameters. Data were interpolated with a minimum curvature algorithm to a 300m grid.

While most of the differences of the data are within a 20% variation some anomalies show an evidently larger variation. Most of this differences are related to parts of profiles with large flight altitudes (over 350 m) or to profiles parallel to flanks or very close to crests of mountains.

In future, additional profiles along the valleys will be included to get more information about geometric effects in rugged terrain and to reduce flight altitudes in these areas.

All in all the Austrian maps show slightly more dynamics of amplitudes than the Swiss maps.

As mentioned above shielding effects caused by the humidity antenna during strong acceleration and collimation effects due to the location of the detector in the passenger cabin could be reasonable explanations.

The higher uranium values along the northern part of the Radursch valley may be caused by overestimation of the attenuation coefficient. In this broader part of the valley the Austrian flight amplitudes are rather high .

The anomalies in the NE of the Swiss potassium map are not visible in the Austrian map – the shape of thorium anomaly might be some indication for an incomplete Compton stripping of the Swiss uranium window.

The uranium anomaly detected by the Swiss team in the east of the area was not found with the Austrian system, but the values calculated from the Austrian upward looking detector indicated a higher radon background in this area. Because the measurements of the Swiss team at this location were carried out approximately one hour after the Austrian measurements an increasing level of radon in air during the morning hours could be a reasonable explanation.

It should be mentioned that a correct radon estimation was almost impossible because many profiles were flown along the flanks of mountains, where the upward looking detector sees as much of the radiation field as the downward looking packages, because radiation is more likely to come from the side than from the terrain beneath the helicopter.

4. Conclusions

Finally the major conclusions can be summarised:

- In areas of extreme topography at least a 2D topographic correction is necessary to get comparable results.
- A simple topographic correction, based on shortest distance projection, was successfully implied – the estimation of the distance to the source of radiation is the main subject in rugged topography.
- Radon correction with an upward looking detector is impossible when large parts of the profile are flown along the flanks of mountains.
- Additional profiles along the valleys are necessary to get more information about geometric effects and to obtain reasonable flight altitudes.
- If the detector is not optimally mounted away from sources of absorption, collimation effects lead to visible variations in dynamics, depending on the deviation from a horizontal position of the helicopter during acceleration and slowing down and on the angle of incidence of radiation.

References

Schwarz, G.F., (1991). Methodische Entwicklungen zur Aerogammaspektroskopie. Beitrage zur Geologie der Schweiz, Geophysik Nr. 23, Schweizerische Geophysikalische Kommission.

Schwarz, G.F., Rybach, L. and Klingelé, E.E. (1992). How to handle rugged topography in airborne gamma-ray spectrometry. First Break 10, 11-17.

Oberlercher, G. , Seiberl, W. (1997). Quantitative Cs-137 distributions from airborne gamma ray data. IAEA-TECDOC-980, p. 181-192.

Environmental Mapping: Comparison of ground and airborne gamma spectrometry results under Alpine conditions

B. Bucher¹, L. Rybach¹, G. Schwarz²

1) Institute of Geophysics, ETH Hoenggerberg, CH-8093 Zurich, Switzerland

2) Swiss Nuclear Safety Inspectorate, CH-5232 Villigen-HSK, Switzerland

Abstract

Even in a country where two thirds of the area is covered by mountains airborne gamma spectrometry should give reliable results. Ground gamma spectrometry can be the tool to test the reliability of data acquisition, calibration and data processing. The comparison of ground and airborne gamma spectrometry results showed a good correspondence in the flat part of Switzerland as well as in Alpine areas. Almost all the data points lie inside normal error ranges. This points to well working equipment, good calibration and powerful software.

Introduction

The montaineous Alps and the Folded Jura chains cover a big part of Switzerland. For that reason airborne gamma spectrometry (AGS) equipment and the appropriate software must work under Alpine conditions which is especially difficult due to problems like topography effects, strongly varying flight altitude etc. Such different conditions need good calibration and correction procedures which have to be reliable everywhere. The comparison of airborne gamma spectrometry and high resolution ground gamma spectrometry results can prove the reliability of equipment, calibration and data processing.

Equipment and data processing

The Swiss equipment consists of a package of 4 NaI crystals with a total volume of 16.7 l. The Exploranium spectrometer has 256 channels and automatic gain control based on the potassium-40 peak. The detector package is mounted underneath a Swiss army Super Puma helicopter. A PC based system is used to store the spectra with flight altitude, atmospheric pressure, temperature, GPS, co-ordinates and other data, taken at 1 sec intervals, on Memory-Cards of 4 Mbytes. This capacity is sufficient to store the data of more than 2 hours flight.

For the ground gamma spectrometry a 20 % high sensitivity pure Germanium semiconductor detector is used. The spectrometer has 4096 channels. It is cooled by liquid nitrogen. The detector 1 m above ground is connected to an analyser which is also connected to a PC. The PC controls the measurement and stores the spectra data. The processing of spectra data can be carried out by the PC in the field using software from Canberra or ORTEC. The sample time was one hour which allows to produce results with an error range of 10 to 20 %. Soil samples at different depths were also taken to provide a depth distribution of the radionuclides. During the ground gamma spectrometry measurement the dose rate 1 m above the ground was also determined by an ionization chamber. The evaluation method of ground gamma spectrometry measurements corresponds to the ICRU-report 53 (1994). The calibration of the equipment is regularly proved by international intercomparison measurements.

In the processing procedure the AGS data are corrected for the background of the aircraft, cosmic, Compton scattering as well as for radon, flight altitude and topography effects (Schwarz, 1991;

Schwarz et al., 1992). With the help of conversion factors the count rates in 100 m above ground are converted to activity per mass (Bq/kg). During the processing the errors of the measurements and corrections are calculated. The resulting signal to noise ratio gives indications about the quality of the results. Finally the processed data are graphically displayed by pixel representation on maps. In case of emergency this can already be done on a laptop computer in the aircraft.

Comparison of ground and airborne gamma spectrometry

Since 1989 several measurements were carried out for comparisons of ground and airborne gamma spectrometry to prove the reliability of the system, the appropriate data processing software and the point source calibration described in detail in Schwarz (1991). Comparisons between measurements of soil samples in the lab and airborne gamma spectrometry were also done.

Comparing ground and airborne gamma spectrometry the different field of view has to be considered (10 x 10 m in ground gamma spectrometry; 250 x 250 m in AGS). For both methods the sort of ground should be more or less the same in the field of view. As we could see ground gamma spectrometry points near river borders and edges of the forest aren't suitable because the count rates in the AGS spectra are lowered by the attenuation of the water or the forest. Those points were left out for the comparisons.

In a first step we will consider the comparisons of ground and airborne gamma spectrometry in the flatter part of Switzerland (figure 1). Those measurements were mainly carried out near the nuclear power plants. The data points mostly lie inside the error ranges of ground and airborne gamma spectrometry. In the figures 1 to 3 the dashed lines are the statistical error range of the airborne gamma spectrometry results without data processing errors. The dotted lines are the total error range including the statistical error of AGS results and a maximum error of ground gamma spectrometry of 20 %. Although the errors of the correction steps aren't included here, the correspondence between ground and airborne gamma spectrometry is reasonably well. The points for Caesium-137 are more scattered. That could point to laterally and also vertically more inhomogeneous concentrations of Caesium than of Potassium, Uranium and Thorium.

The results near the Swiss NPPs point to a well working equipment and a good evaluation software for more or less flat areas. The comparison of ground and airborne gamma spectrometry under Alpine conditions should show whether the equipment is working also there. For that we used data points of a survey in the southern part of Switzerland, a survey in the Austrian Alps (together with the Austrian AGS team in area CA) and soil samples from the central Alps. Topography effects and strongly varying flight altitude can lead to problems in Alpine areas. The rough topography often is a great challenge for pilots, engine and equipment.

Nevertheless, as can be seen in figure 2, the correspondence between ground and airborne gamma spectrometry is really good. Almost all the points lie inside the error ranges. Such a good correspondence surprises because the flight altitude over the ground gamma spectrometry measurement points was usually often > 200 m.

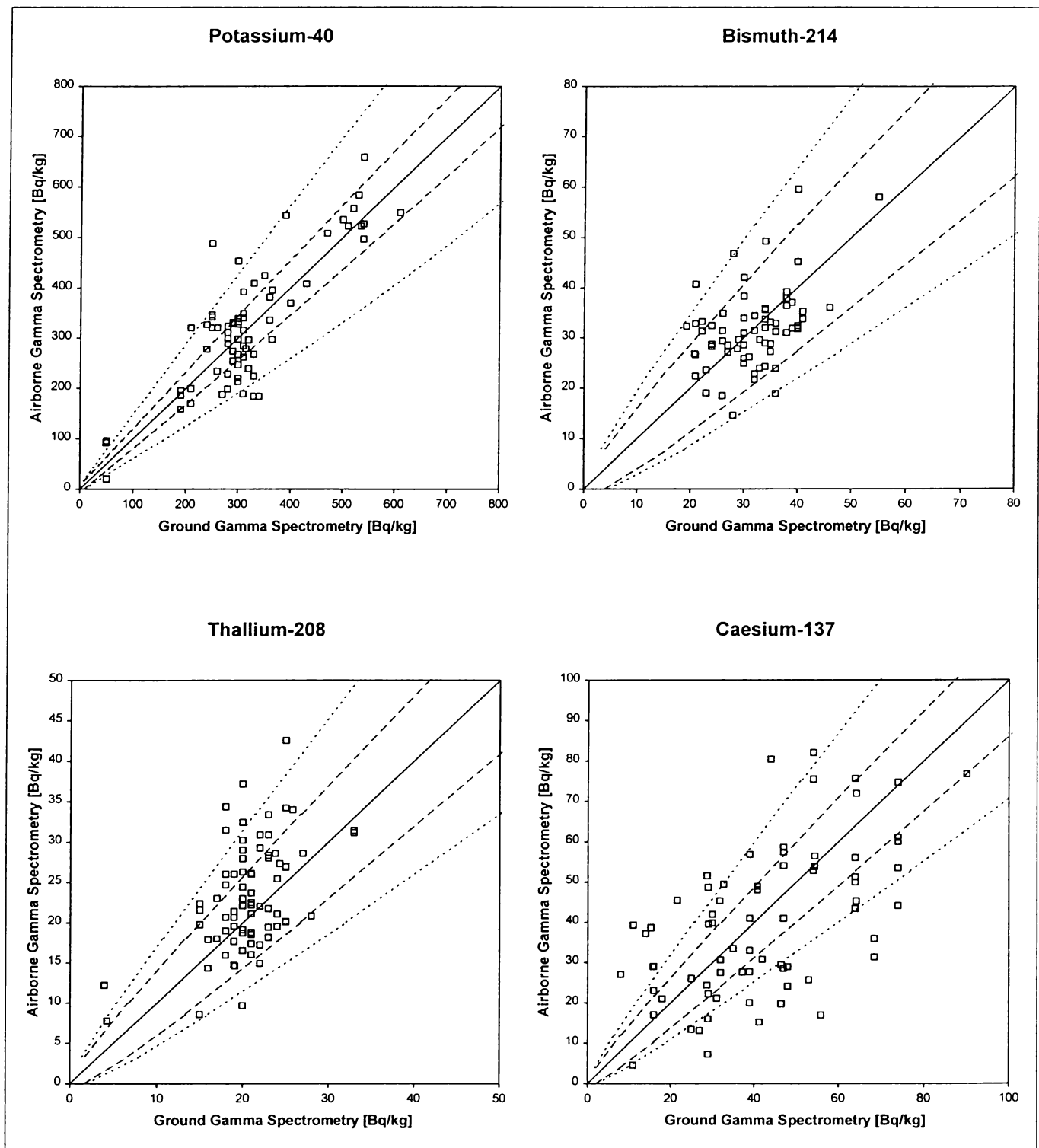


Figure 1: Comparison of ground and airborne gamma spectrometry near the Swiss NPPs with error ranges. For significance of dashed and dotted lines see text.

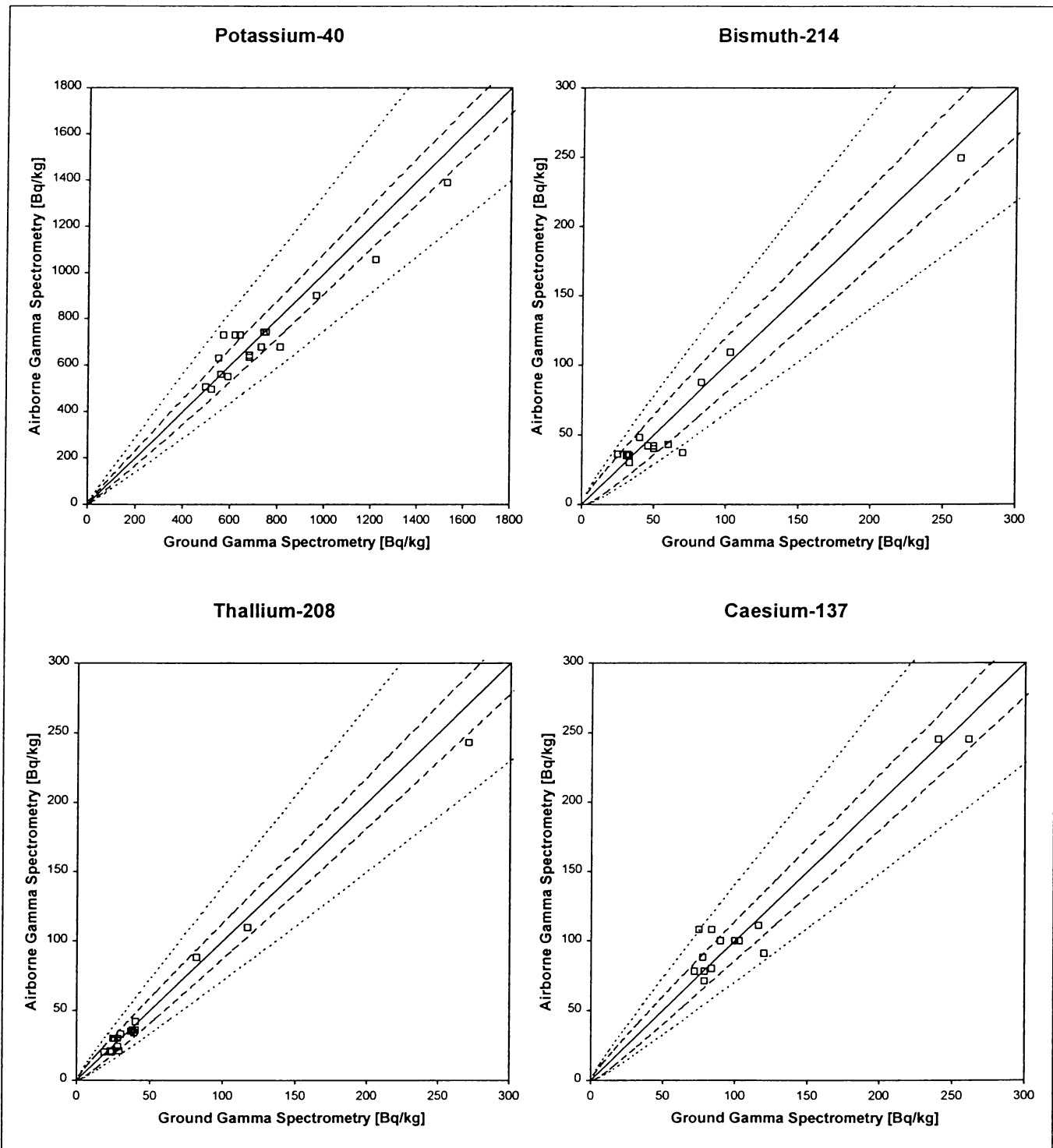


Figure 2: Comparison results of ground and airborne gamma spectrometry under Alpine conditions with error ranges. For significance of dashed and dotted lines see text.

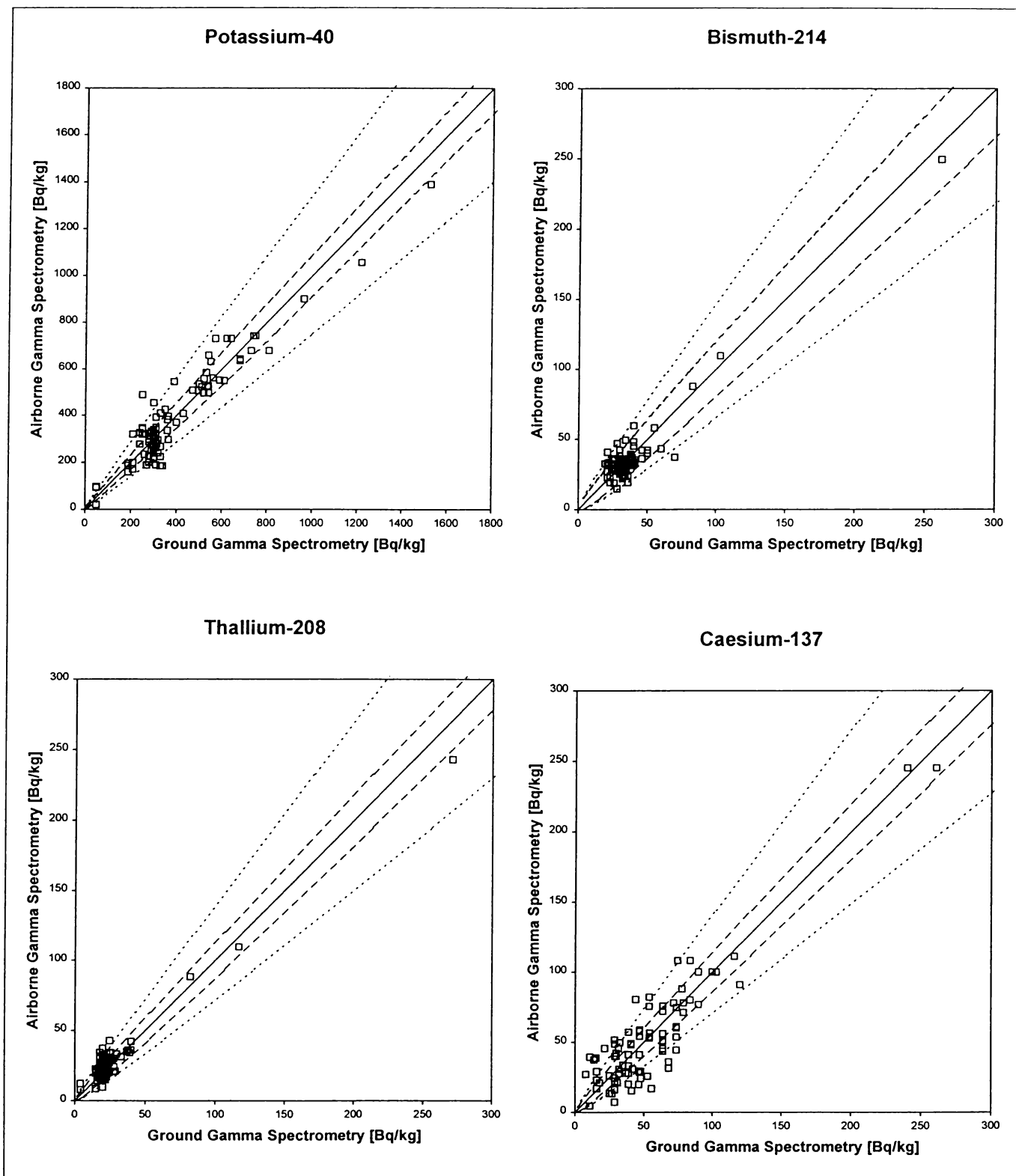


Figure 3: Comparison of all the available data points of ground and airborne gamma spectrometry. For significance of dashed and dotted lines see text.

Taking all the measurements near the nuclear facilities and in Alpine areas (after corrections) the results are depicted in figure 3. Here Caesium also shows a good trend although the points are the most scattered. In the figures for Potassium, Uranium and Thorium the measurements near the nuclear facilities look like a cloud of points. But the trend over the whole range of values shows a good correspondence.

Conclusions and Outlook

As the comparisons of ground and airborne gamma spectrometry show the equipment and the data processing software work well in flat areas as well as under Alpine conditions. That points to a good calibration of the system. The AGS equipment leads to reliable results everywhere in Switzerland. Nevertheless ground gamma spectrometry is a good tool to prove the AGS results and can be done as a quality control of AGS data.

Further work is planned with the tasks of online data processing, data transmission from the aircraft to a ground base and the building of a GIS data base with all AGS data measured in Switzerland.

Acknowledgements

We thank Dr. S. Prêtre and W. Jeschki (Nuclear Safety Inspectorate, HSK, Wuerenlingen) and Dr. D. Frei (Swiss National Emergency Operation Center, NAZ, Zurich) for their continuous support. We thank also Dr. Ch. Murith (SUER, Fribourg), Dr. M. Astner (AC-lab, Spiez), W. Baur and M. Schibli (HSK, Wuerenlingen) for carrying out the ground gamma spectrometry measurements.

Bibliography

Baur, W., Schibli, M., 1997: Resultate der Messkampagne Oesterreich-Schweiz, U ARM 1997, Messbericht HSK, p. 1.

Bucher, B., Schwarz, G. F., Rybach, L., Baerlocher, Chr., 1998: Aeroradiometrische Messungen im Rahmen der Uebung ARM98. Bericht für das Jahr 1997 zuhanden der Fachgruppe Aeroradiometrie (FAR). Interner Bericht, Institut fuer Geophysik, ETH Zurich.

International Commission on Radiation Units and Measurements, 1994: ICRU-Report 53, Gamma-Ray Spectrometry in the Environment. ISBN 0-913394-52-1

Murith, Ch., Astner, M., 1997: Resultate der Messkampagne Oesterreich-Schweiz, U ARM 1997, Messbericht SUER/BAG, p. 3.

Schwarz, G.F., Klingele, E. E., Rybach, L., 1989, 1990, 1991b, 1992b, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997: Aeroradiometrische Messungen in der Umgebung der schweizerischen Kernanlagen; Berichte fuer die Jahre 1989-1997 zuhanden der Hauptabteilung fuer die Sicherheit der Kernanlagen (HSK). Interne Berichte, Institut für Geophysik, ETH Zurich.

Schwarz, G., 1991: Methodische Entwicklungen zur Aerogammaspektrometrie. Beitrage zur Geologie der Schweiz, Geophysik Nr. 23, Schweizerische Geophysikalische Kommission.

Schwarz, G. F., Klingele, E. E., Rybach, L., 1992: How to handle rugged topography in airborne gamma-ray spectrometry. First Break Vol 10, No 1, 11-17.