

Aerogeophysik an der Geologischen Bundesanstalt – Ein Anwendungsbeispiel der Aeromagnetik in Kärnten

ANDREAS AHL, GERHARD BIEBER, MARTIN HEIDOVITSCH, KLAUS MOTSCHKA, PETER SLAPANSKY & EDMUND WINKLER*)

5 Abbildungen

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blätter 180-183, 197-200

Kärnten
Hubschraubergeophysik
Aeromagnetik
Messmethodik
Anomalie

Inhalt

| | |
|--|-----|
| Zusammenfassung | 255 |
| Abstract | 255 |
| 1. Einleitung | 255 |
| 2. Messmethodik und Allgemeines zu aerogeophysikalischen Messungen | 256 |
| 3. Untersuchungsgebiet Kärnten | 258 |
| 4. Magnetikmessungen | 258 |
| 5. Geologische Interpretation | 258 |
| 6. Ausblick | 261 |
| Literatur | 261 |

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird ein Überblick der an der GBA eingesetzten Hubschraubergeophysik, bestehend aus den Messmethoden der Magnetik, Elektromagnetik, Gammaskpektrometrie, sowie der Messung von Bodenfeuchte und Oberflächentemperatur gegeben. Weiters werden in jüngster Zeit durchgeführte Magnetikmessungen in Oberkärnten als Anwendungsbeispiel vorgestellt. Es wurde dabei eine Anzahl von kleinen, aber sehr markanten magnetischen Anomalien in unterschiedlichen tektonischen Einheiten aufgefunden, deren mögliche geologische Interpretation diskutiert wird.

Aerogeophysical Investigation in the Geological Survey of Austria – A Casestudy of Aeromagnetics in Carinthia

Abstract

The paper presents an overview of the methodology of aerogeophysical analysis at the GBA. Recent aeromagnetic surveys of a substantial part of Carinthia are shown in some detail. A number of small, but significant magnetic anomalies was found in different tectonic units. Their geological interpretation is discussed.

1. Einleitung

Mit der Energiekrise 1973 und dem damit verbundenen Streben nach autarker Energie- und Rohstoffversorgung wurde ein komplexes, bundesweites Suchprogramm nach mineralischen Rohstoffen erarbeitet, das sowohl Geochemie wie auch ein aeromagnetisches Vermessungspro-

gramm umfasste. In den folgenden Jahren wurde das gesamte Bundesgebiet im Rahmen der „Aeromagnetik von Österreich“ (AMVÖ) in einem groben Raster in Flughorizonten zwischen 800 und 4000 m über NN befliegen (GUT-DEUTSCH & SEIBERL, 1987; SEIBERL, 1991).

*) Dr. ANDREAS AHL, Mag. GERHARD BIEBER, MARTIN HEIDOVITSCH, Mag. KLAUS MOTSCHKA, Dr. PETER SLAPANSKY, Dr. EDMUND WINKLER, Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, 1030 Wien.
andreas.ahl@geologie.ac.at · gerhard.bieber@geologie.ac.at · martin.heidovitsch@geologie.ac.at · klaus.motschka@geologie.ac.at
peter.slapansky@geologie.ac.at · edmund.winkler@geologie.ac.at

Noch vor Abschluss der überregionalen aeromagnetischen Vermessung erfolgten ausführliche Diskussionen über eine Weiterführung der Aerogeophysik auf regionaler Ebene unter Verwendung einer Methodenkombination von Magnetik, Elektromagnetik, Gammaskpektrometrie und Infrarotmessungen.

In einem Pilotprojekt in Zusammenarbeit der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hannover) und der Geologischen Bundesanstalt konnte gezeigt werden, dass entsprechende Messungen vom Hubschrauber aus sehr zielführend sind. Nach Abschluss umfangreicher Diskussionen und der Klärung der Bereitstellung eines Hubschraubers durch das Österreichische Bundesheer wurde 1982 mit der eigenständigen regionalen aerogeophysikalischen Vermessung Österreichs begonnen.

Seit den ersten Messflügen im Jahr 1982 (Dunkelsteinerwald, Ennstal) wurde das Messsystem mehrfach verändert und ausgebaut. Nicht zuletzt dank der anhaltenden Unterstützung seitens der Direktion der Geologischen Bundesanstalt zählt heute die in Österreich eingesetzte Gerätekonfiguration zu den weltweit modernsten und komplexesten Messsystemen. Parallel dazu wurde die Datenverarbeitung, die Inversion und die Interpretation der Messergebnisse im Hinblick auf die geologischen Erfordernisse weiterentwickelt.

Im Laufe der Jahre haben sich die Anwendungsgebiete von aerogeophysikalischen Messungen über die Rohstoffprospektion hinaus wesentlich erweitert:

- Unterstützung der geologischen Landesaufnahme

- Geogene und anthropogene Risiken
- Hydrogeologie
- Massenrohstoffe
- Bodenkunde
- Strahlenschutz

2. Messmethodik und Allgemeines zu aerogeophysikalischen Messungen

Die verschiedenen Gesteinsserien spiegeln sich in unterschiedlichster Weise in den geophysikalischen Messergebnissen wider. Für die Messung selbst sowie für die Interpretation der Daten sind insbesondere folgende Parameter wesentlich:

- Physikalische Eigenschaften der gesteinsbildenden Mineralien.
- Poren- bzw. Kluftraum der Gesteinsserien sowie dessen Füllungen
- Auflösungsvermögen der verwendeten Messverfahren.

Zu den wichtigsten für aerogeophysikalische Messungen relevanten physikalischen Eigenschaften von Mineralien bzw. Gesteinen zählen unter anderem die elektrische Leitfähigkeit, die magnetische Suszeptibilität und die natürliche Radioaktivität (K, U und Th). Weist eine Gesteinsserie einen signifikanten Unterschied bezüglich dieser physikalischen Eigenschaften gegenüber den umgebenden Gesteinen auf, können entsprechende Messmethoden zur Ortung herangezogen werden.



Abb. 1. Der Hubschrauber kurz vor dem Abheben der Messsonde, welche die Messapparaturen der Elektromagnetik und der Magnetik enthält. Die anderen Messsysteme sind direkt im Hubschrauber eingebaut.

Weiters ist das Auflösungsvermögen des verwendeten Messverfahrens entscheidend. Ein zu untersuchender Gesteinskörper muss eine Mindestgröße bzw. eine Position aufweisen, die ein nutzbares Messsignal erzeugt. Dabei hat der Messpunktraster (Profilabstand, Messpunktabstand, Flughöhe etc.) einen wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis. Aus wirtschaftlichen Überlegungen kann der Profil- und Messpunktabstand nicht beliebig verkleinert werden. Daher ist es durchaus möglich, dass bei einer bestimmten Messrasterdimension eine Gesteinsserie nicht festgestellt werden kann, weil sie entweder zu klein ist oder zu tief liegt bzw. der physikalische Kontrast zu gering ist.

Die Aerogeophysik liefert auch keine „punktgenauen“ Ergebnisse wie dies z.B. bei Bohrungen der Fall ist. Der Radius des kreisförmigen Messbereiches der verwendeten Messinstrumente liegt zwischen 65 und 190 Metern bei einer Flughöhe von 50 Metern (KOVACS, HOLLADAY & BERGERON, 1995). Der gemessene Wert stellt ein integriertes Mittel über diese Fläche dar. Aus all diesen Gründen empfiehlt es sich, bei einem Profilabstand von 200 Metern auf ein 200 x 200 Meter großes Grid zu interpolieren.

Bei den Flugprogrammen von Messgebieten werden entsprechend der Topografie teilweise parallele Profile (vor allem in den Tälern) sowie Konturprofile entlang von Höhenlinien (im Gebirge) befliegen. Dies deshalb, da im Gebirge bei parallelen Profilen die Sollflughöhe von 80 m über Grund kaum eingehalten werden kann und dadurch sehr große Datenlücken entstehen würden. Der Messpunktabstand entlang der Profile ist von der Messrate und der Fluggeschwindigkeit abhängig. So beträgt z.B. die Messrate für die Radiometrie 1 Sekunde, was einem mittleren Punktab-

stand von ca. 30 m entspricht. Die elektromagnetischen und magnetischen Messwerte werden 10 Mal pro Sekunde abgefragt, der Messpunktabstand beträgt somit etwa 3 m.

Elektromagnetik

Das elektromagnetische Messsystem ist in einer 5,4 m langen Flugsonde untergebracht, die an einem 30 m langen Kabel unter dem Hubschrauber hängt (Abb. 1). Bei der elektromagnetischen Messmethode werden auf induktivem Weg elektrische Wirbelstromsysteme im zu vermessenden Untergrund erzeugt. Diese sind eine Funktion der Verteilung der elektrischen Leitfähigkeit. Man kann daher umgekehrt aus den entstehenden elektromagnetischen Sekundärfeldern, sowie über bestimmte Modellannahmen auf die räumliche Verteilung der elektrischen Leitfähigkeit des Untergrundes schließen. Die Prospektionstiefe dieser Methode liegt etwa bei 80 m unter GOK.

Gammastrahlenspektrometrie

Natürliche radioaktive Isotope, die in Gesteinen in geochemisch relevanten Gehalten auftreten, sind für die Elemente Kalium, Uran und Thorium bekannt. Anhand der beim radioaktiven Zerfall entstehenden Gammastrahlung kann auf die Verteilung dieser Elemente im Untersuchungsgebiet geschlossen werden. Die Messung der Intensität der Gammastrahlung erfolgt mit Hilfe von zwei Natrium-Jodid Kristallpaketen, die im inneren des Hubschraubers montiert sind. Diese Methode erfasst das direkt an der Oberfläche anstehende Material, im Wesentlichen die obersten 10 cm des Untergrundes, nur bei kompaktem

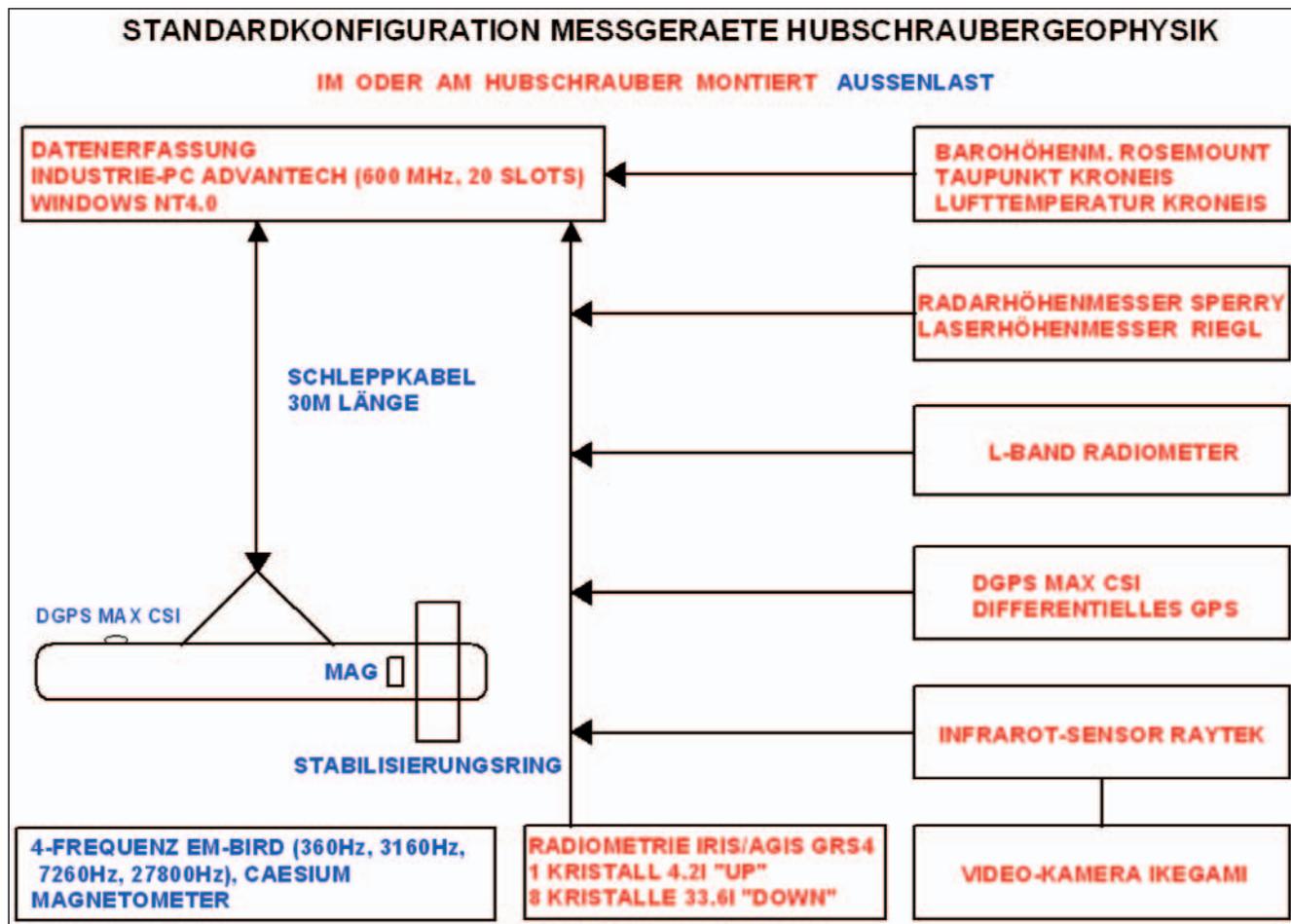


Abb. 2. Datenfluss des Hubschrauber-Messsystems.

Fels ohne Schuttbedeckung ist die Eindringtiefe etwas größer (maximal etwa 30 cm).

Magnetik

Dem globalen Erdmagnetfeld sind aufgrund der z.T. beträchtlichen Magnetisierbarkeitskontraste der unterschiedlichen Gesteine bzw. Minerale lokale Anomalien überlagert, die Information über den geologischen Aufbau des Messgebietes bis in mehrere Kilometer Tiefe ermöglichen. Erfasst wird die Totalintensität des erdmagnetischen Feldes mit Hilfe eines Absorptionszellen-Magnetometers, welches zusammen mit dem elektromagnetischen Messsystem in der Flugsonde untergebracht ist.

Oberflächentemperatur und Bodenfeuchte

Mittels eines Infrarotsensors bzw. einer passiven L-Band-Antenne wird der Prozent-Wassergehalt des Erdbodens in den obersten 20 cm ermittelt.

3. Untersuchungsgebiet Kärnten

In den Jahren 2003 bis 2005 lag ein Schwerpunkt der aerogeophysikalischen Landesaufnahme in der südlichen Hälfte Oberkärntens. Dabei wurde der südliche Anteil des Bezirks Spittal a.d.Drau, der westliche Anteile der Bezirke Villach und Villach Stadt und ein Großteil des Bezirks Hermagor befliegen. Von den Messflügen ausgespart blieben lediglich die bereits in den Achzigerjahren befliegenen Messgebiete „Drauzug“, „Zentraler Drauzug“ und „Kirchbach/Gailtal“ (SEIBERL & HEINZ, 1985, 1986 und 1987). Die Lage des Messgebiets ist in der Abb. 3, die aeromagnetische Karte in der Abb. 4 dargestellt.

Die Daten sind weitgehend noch in Bearbeitung. In der Auswertung und Interpretation der Magnetikdaten kann aber bereits ein zusammenschauender Überblick über das gesamte Untersuchungsgebiet gegeben werden. Dieser erfolgte zumeist anhand geologischer Karten 1 : 50 000, die für den überwiegenden Teil des Untersuchungsgebiets

vorliegen, sowie im Vergleich zu den Ergebnissen der „Aeromagnetischen Vermessung von Österreich“ (AMVÖ).

4. Magnetikmessungen

Die Hubschraubermessungen erfolgten mittels eines Absorptionszellen-Magnetometers in einer Sonde, die 30 m unter dem Hubschrauber mitgeführt wurde. Die Befliegung erfolgte topografisch, das heißt in Konturlinien parallel zu Höhenschichtlinien mit einem angestrebten Fluglinienabstand von etwa 200 m und einer Sollflughöhe von 80 m über Grund.

Starke Magnetisierungen in Gesteinen entstehen durch ferrimagnetische Minerale mit hoher magnetischer Suszeptibilität, zumeist Magnetit, Titanomagnetit, Maghemit und Pyrrhotin. Gesteine mit hoher Suszeptibilität sind vorwiegend mafische bis ultramafische Magmatite und aus diesen hervorgegangene Metamorphite sowie Mineralisierungen oder Erze der oben genannten Minerale.

5. Geologische Interpretation

Die aeromagnetische Karte ist in Abb. 4 dargestellt. Das Messgebiet ist durch eine relativ inhomogene geomagnetische Struktur charakterisiert, die zahlreiche kleinräumige Anomalien aufweist, welche aber durchaus beträchtliche Amplituden aufweisen können.

Die tektonisch tiefsten Einheiten des Messgebiets sind die höheren penninischen Decken des Tauernfensters. Nordöstlich von Möllbrücke finden sich einige sehr markante magnetische Anomalien, die im Bereich von Aufschlüssen von Bündnerschiefern der Peripheren Schieferhülle (Glockner Deckensystem) liegen. Diese Metasedimentserien enthalten reichlich basische Metavulkanite in Form von Grünschiefern und Amphiboliten, welche als Ursache magnetischer Anomalien in Frage kommen.

Es ist allerdings offensichtlich, dass nicht die gesamten Metabasitserien gleichmäßig stark magnetisiert sind. Die Struktur der Anomalie lässt vielmehr auf mindestens vier

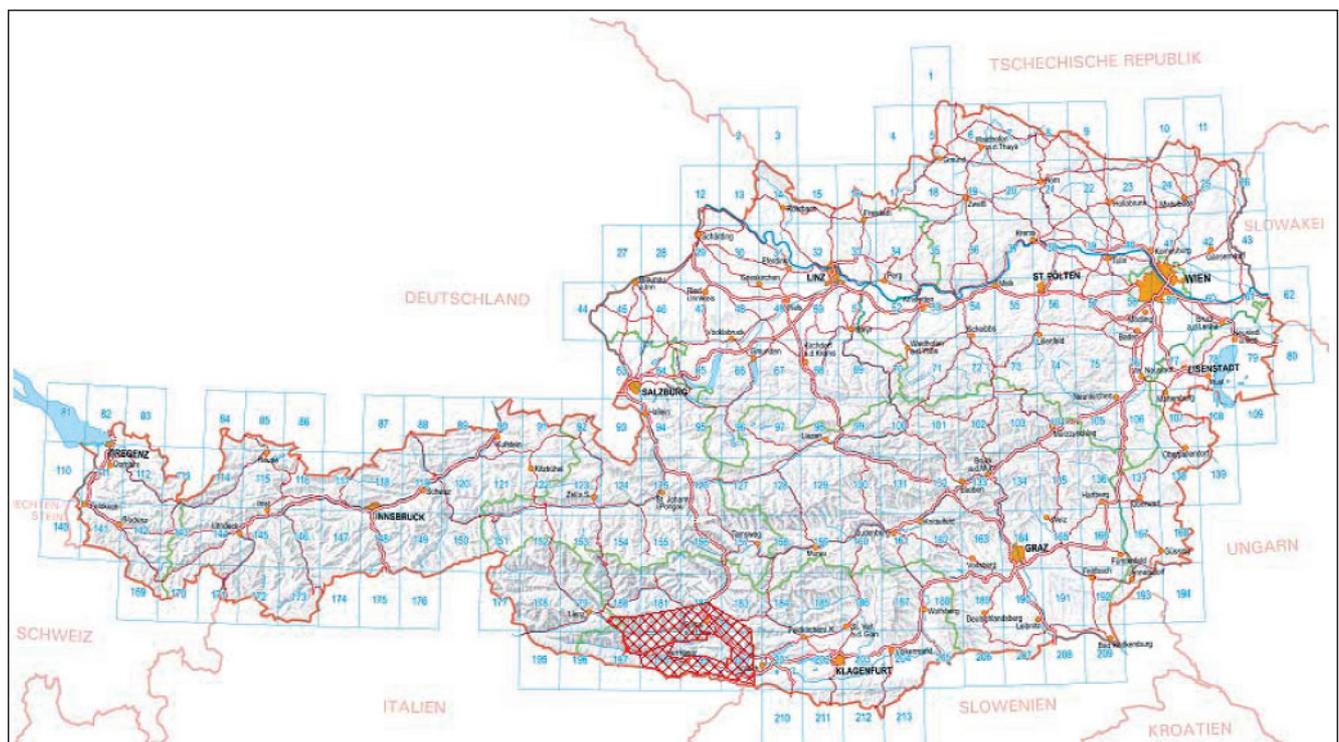


Abb. 3. Lage des Messgebietes (Karte aus AMap-Fly).

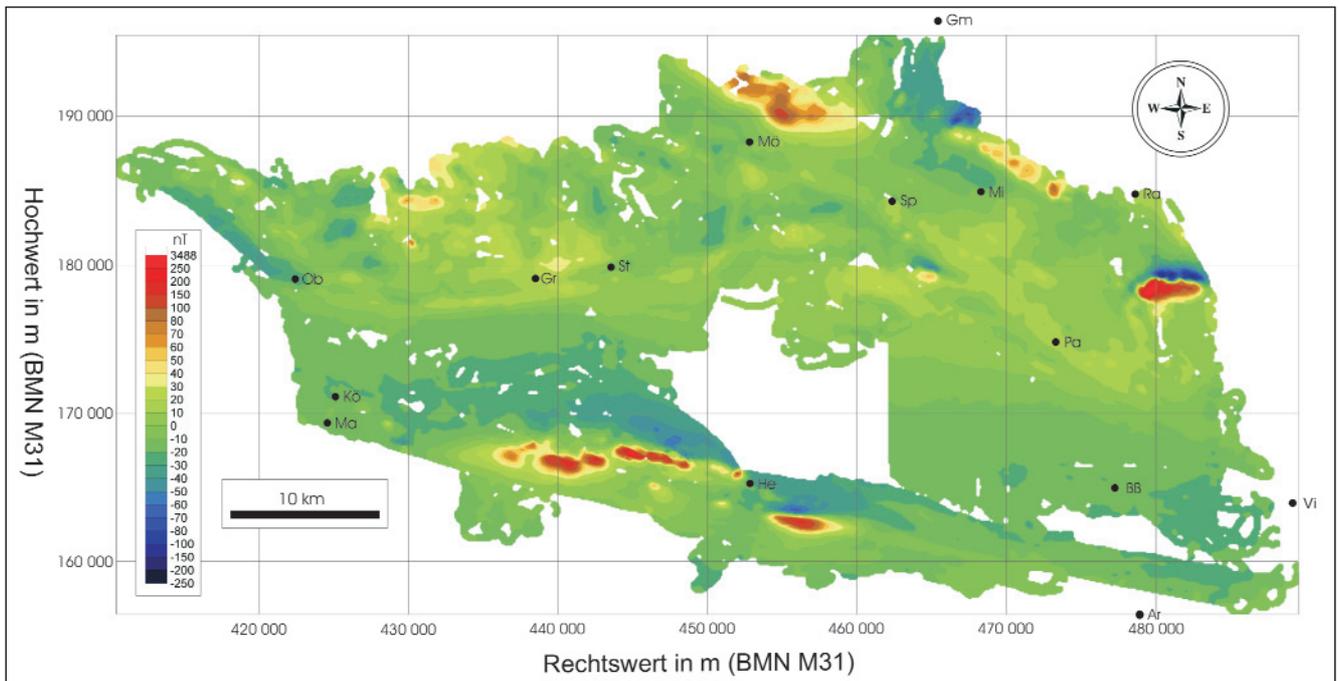


Fig. 4. Aeromagnetische Karte der magnetischen Totalintensität. Ar = Arnoldstein; BB = Bad Bleiberg; Gm = Gmünd; Gr = Greifenburg; He = Hermagor; Kö = Kötschach; Ma = Mauthen; Mi = Millstatt; Mö = Möllbrücke, Ob = Oberdrauburg; Pa = Paternion; Ra = Radenthein; Sp = Spittal an der Drau; St = Steinfeld; Vi = Villach.

lokale separate Störkörper schließen, die eventuell durch andere Ursachen bedingt sind. Die Anomalie könnte möglicherweise auch auf kleine, aber hoch magnetisierte Körper, eventuell Serpentine, zurückzuführen sein. Serpentine der Bündnerschiefer treten zwar in diesem Bereich an der Oberfläche nicht auf, sie finden sich aber in der Fortsetzung dieser Einheiten gegen NW (ANGEL & STABER, 1952; EXNER, 1957), wo auch eine Zone magnetischer Anomalien bis in den Bereich des Hohen Sonnblicks verfolgbar ist (HEINZ et al., 1987). Messwerte der magnetischen Suszeptibilität von penninischen Mafiten und Ultramafiten des zentralen Tauernfensters (Venediger Deckensystem) wurden von HEINZ & PESTAL (1988) publiziert.

Es ist ebenso möglich, dass diese Anomalie durch Metabasite, eventuell auch Serpentine des auf den Zentralgneisen auflagernden Altkristallins (Storz-Komplex) im Untergrund bedingt ist, wie dies auch für etwas weiter nördlich liegende magnetische Anomalien angenommen wird (HÄUSLER et al., 1995).

Wenn man allerdings das magnetische Maximum NE Möllbrücke in Zusammenhang mit einem in der AMVÖ erfassten deutlichen nördlichen Minimum im Bereich des Maltatales (HEINZ et al., 1987), sieht, würde diese relativ langwellige Struktur auf einen wesentlich tiefer liegenden Störkörper schließen lassen. Da die Zentralgneise aufgrund ihrer Lithologie dafür nicht in Frage kommen, müsste der Störkörper jedenfalls unterhalb des Gößkernes liegen. Die Daten der AMVÖ legen eine solche Interpretation ebenfalls nahe (SCHUSTER et al., in Vorbereitung).

Modellierungen der Störkörper könnten Klarheit über die mögliche Tiefenlage bringen. Es ist allerdings hierbei mit Schwierigkeiten durch bedeutende remanente Magnetisierungen zu rechnen, die sich deutlich im Vergleich von polreduzierter und nicht polreduzierter Berechnung der Anomalien zeigen.

Im östlich an das Penninikum und die unterostalpine Katschbergzone, welche magnetisch nicht in Erscheinung tritt, anschließenden Bereich der Oberostalpinen Decken tritt innerhalb des Radenthein-Komplexes ein zusammenhängender Zug von markanten Anomalien auf, der mit dem

Auftreten lokal mächtigerer Amphibolitserien zusammenfällt (PESTAL et al. im Druck; PISTOTNIK, 1996). Amphibolite können als magnetische Störkörper durchaus in Betracht kommen. Es müsste allerdings eine Erklärung dafür gefunden werden, warum die Anomalien auch hier nur lokal über einem Teil der Amphibolite auftreten und öfters dort, wo die Amphibolite z.T. sehr mächtig sind, manchmal zur Gänze fehlen. Es könnten lithologische Inhomogenitäten der Amphibolite vorliegen, die sich in Bezug auf die Magnetik durch Kappametermessungen im Gelände belegen lassen müssten. Andererseits könnten die magnetischen Anomalien auch auf andere, tiefer liegende Gesteinsserien zu beziehen sein, eventuell auch auf den gegen NNE unter den Radenthein Komplex abtauchenden Millstatt Komplex. Zur Lösung dieser Frage werden Modellrechnungen angestrebt.

Eine weitere äußerst markante starke Anomalie liegt im Bereich S des Mirnockgipfels, etwa 8 km NE Paternion. Sie ist eher kurzweilig ausgebildet und lässt somit auf eine relativ oberflächennahe Lage des Störkörpers schließen. Eine tektonische Zuordnung ist derzeit aber trotzdem noch nicht möglich, da sich die geologische Situation durch die Auffindung einer Deckscholle des Radenthein Komplexes über den Gesteinen des Millstatt Komplexes (SCHUSTER, 1998) als komplexer erweist, als in den bisherigen Karten (ANDERLE, 1977; PISTOTNIK, 1996) dargestellt ist. Zur Klärung dieser Situation ist eine 3D-Modellrechnung an der GBA in Planung.

Flachwellige und relativ schwache Anomalien im Bereich der Goldeckgruppe dürften auf Strukturen des tieferen Untergrundes zurückzuführen sein und sind somit geologisch nicht eindeutig zuordenbar.

Eine Anomalie etwa 6 km SSE Spittal a. d. Drau besitzt hingegen eine kurzweilige scharfe Amplitude, was auf einen oberflächennahen Störkörper hinweist. Dabei könnte es sich um jene Grünschiefer (Metadiabase, -tuffe und -tuffite) des Goldeckkomplexes handeln, die in diesem Bereich lokal an der Oberfläche anstehen (SCHÖNLAUB, 1989; PESTAL et al., im Druck). Auch hier stellt sich wiederum die Frage, warum diese Gesteine, die in vergleichbarer Litho-

logie im gesamten Goldeckkomplex immer wieder auftreten, gerade hier stärker magnetisiert sind bzw. ob die Ursache der Magnetisierung eventuell wo anders liegt.

Eine kleine, aber gut erkennbare Anomalie südlich Spital a.d. Drau, am Südufer der Drau, ist eindeutig anthropogener Natur und auf eine Deponie zurückzuführen.

Das Drauzugmesozoikum ist entsprechend der überwiegend karbonatischen Lithologie seiner permomesozoischen Schichtfolgen nur sehr gering magnetisiert.

Im Bereich des Ostalpinen Kristallins der Kreuzeckgruppe finden sich im Messgebiet die südlichen Ausläufer einer größeren magnetischen Anomalie, die in der AMVÖ deutlich in Erscheinung tritt (HEINZ et al., 1987) und ihr Zentrum etwa im Bereich des Gipfelgrates zwischen Hochkreuz und Kreuzeck hat. Diese Struktur dürfte dem tieferen Untergrund zuzuordnen sein (HEINZ et al., 1987). Allerdings scheinen hier Überlagerungseffekte eine Rolle zu spielen, die ein sehr inhomogenes Anomalienbild erzeugen. An der Oberfläche anstehende mächtige Amphibolitserien im Bereich der Hochtristen (BECK et al.; 1958, PUTIS, 1997) sind in der Magnetik nur undeutlich erkennbar. Mehrere sehr kleinräumige, starke Anomalien werden mit Mineralisationen in Zusammenhang gebracht. Sie liegen z.T. in direkter Fortsetzung der sulfidischen Vererzungen von Draßnitz – Riedschacher Kammer bzw. Rotwieland und Kristallspitz, die wesentlich durch Pyrrhotin geprägt sind (FRIEDRICH, 1963, QUEDNAU, 1993; FEITZINGER et al., 1995). Einzelne kleine Anomalien sind bislang nicht eindeutig zuordenbar, anthropogene Ursachen sind anhand der Flugwegevideos jedoch nicht erkennbar.

Die in der Kreuzeckgruppe kartierten wesentlichen Störungszonen (SCHUSTER, mündl. Mitt.) sind in der Magnetikarte nicht direkt abzulesen. Sehr wohl bilden sich aber die Richtungen dieser Störungssysteme in der Magnetik ab, wobei die dreidimensionale Feldverteilung nicht direkt in die Topografie einer zweidimensionalen Karte projiziert werden kann.

Geologische Störungszonen können magnetisch identifizierbar werden, weil entweder Gesteine mit deutlich unterschiedlicher magnetischer Suszeptibilität an der Störung aneinander grenzen, oder weil es an den Störungsf lächen selbst zur Ausfällung magnetischer Minerale kommt, wobei die exakte räumliche Lage solcher magnetischer Störungszonen nur durch eine Modellierung ermittelt werden kann.

Auffällig sind weiters die über größere Strecken feststellbaren leicht erhöhten Magnetisierungen im Bereich des Talbodens des Drautals, sowohl im Ober- wie im Unterdrautal. Neben möglichen Effekten talparalleler Störungen dürfte dies vor allem dadurch bedingt sein, dass die Sedimentfüllung des Drautals aufgrund ihrer lithologischen Zusammensetzung eine pauschal etwas höhere magnetische Suszeptibilität besitzt als die angrenzenden Gesteinsserien. Exakte Untersuchungen zur lithologischen Zusammensetzung dieser Sedimente sind allerdings bisher noch nicht durchgeführt worden. Lokal unterschiedliche Zusammensetzungen der Sedimente können allerdings auch zu entsprechend unterschiedlichen Magnetisierungen führen. So sind z.B. im Bereich der Einmündung des Mölltales in das Drautal im Talbereich nur auffällig niedrige Werte zu beobachten, ebenso im Einzugsbereich einzelner größerer Schwemmfächer im Oberdrautal.

Ob die leicht erhöhten Werte auch anthropogen bedingt sein könnten, kann nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Das Periadriatische Lineament tritt in der Magnetik nur undeutlich in Erscheinung, was auch schon die AMVÖ zeigte (HEINZ et al., 1987).

Im Verlauf des Gailtals tritt eine Gruppe von talparallel angeordneten starken Anomalien im Gebiet etwa zwischen Reisach im W und Dellach im E auf. Sie liegen z.T. über der Sedimentfüllung des Talbodens, z.T. über Serien des Gailtalkristallins (SCHÖNLAUB, 1985, 1987, 1989). Diese

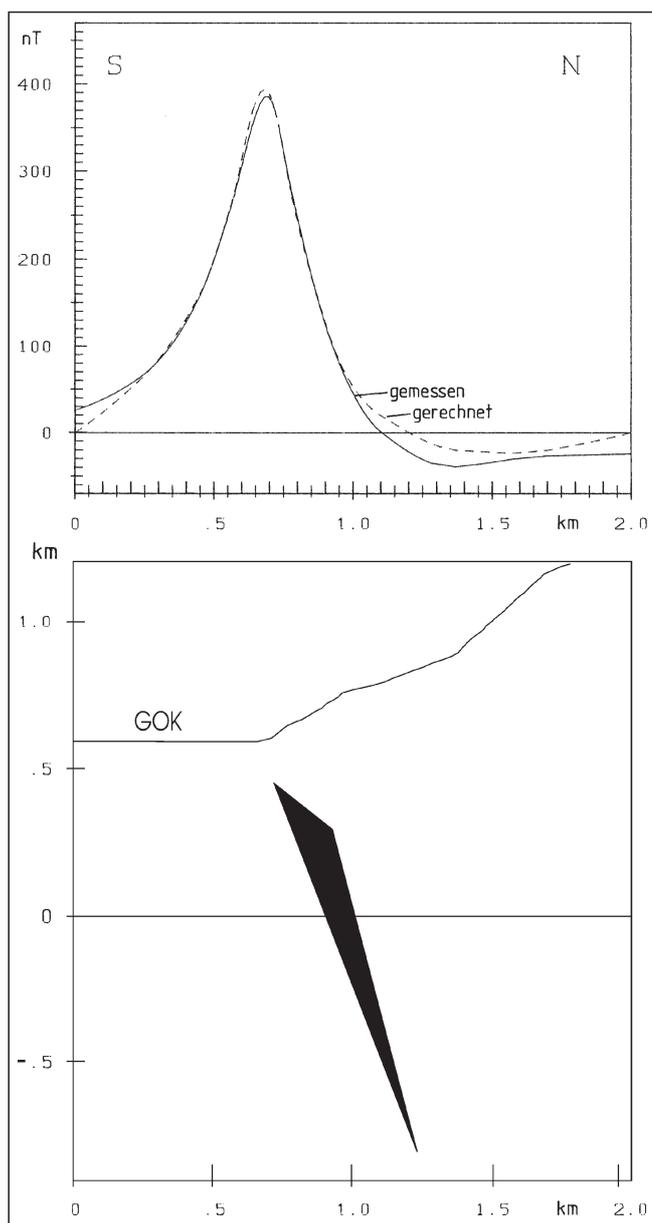


Abb. 5. 2D-Modellierung der Anomalie Kirchbach im Gailtal, etwa 14 km W Hermagor (HEINZ et al., 1987).

Die Modellrechnung basiert auf den Daten der „Aeromagnetischen Vermessung von Österreich“. Die Anomalie liegt östlich von Kirchbach am nördlichen Rand des Talbodens des Gailtals.

magnetischen Anomalien werden mit Intrusiva an der Periadriatischen Naht und ihren Begleitgesteinen in Verbindung gebracht (HEINZ et al., 1987). In Zusammenhang mit der Periadriatischen Naht treten lokal, vor allem östlich des Bearbeitungsgebiets, basische und ultrabasische Gesteine auf (EXNER & SCHÖNLAUB, 1973; EXNER, 1976). Im Bereich östlich von Villach liegen auch umfangreiche bodenmagnetische Messungen vor (SEIBERL & STEINHAUSER, 1980).

Für drei der Anomalien im Gailtal wurden durch HEINZ et al. (1987) 2D-Modellierungen auf Basis der Daten der AMVÖ durchgeführt. Die oft deutlich langgestreckte Form der Anomalien gibt 2D-Modellierungen eine hohe Aussagekraft, da in diesen die x- und y-Achse (normal zur Längsachse der Anomalie) als Variable modelliert werden, während die z-Achse (parallel zur Längsachse der Anomalie) als theoretisch unendlich betrachtet wird.

Deutliche nördliche Minima fehlen hier zum Teil. Dies könnte durch lokale Überprägungen durch weitere kleinere

Anomalien bedingt sein, eventuell auch durch ein generelles Einfallen der Störkörper gegen Norden.

Als Beispiel ist das Modell „Kirchbach“ (HEINZ et al., 1987) in Abb. 5 dargestellt.

6. Ausblick

Mit den hubschraubergeomagnetischen Untersuchungen wurde eine umfangreiche Datenbasis geschaffen, auf die je nach Fragestellung spezifische Detailuntersuchungen aufgebaut werden können. Die bisher vorliegenden Daten sollen im Rahmen von Projekten der GBA durch weitere gesteinsphysikalische Messungen (vor allem Kappametermessungen im Gelände) und durch numerische Modellierungen ergänzt werden.

Literatur

- ANDERLE, N. (1977): Geologische Karte der Republik Österreich 1 : 50.000, 200 Arnoldstein. – Wien (Geol. B.-A.).
- ANGEL, F. & STABER, R. (1952): Gesteinswelt und Bau der Hochalm-Ankogel-Gruppe. – Wiss. Alpenvereinshefte, **13**, 112 S., 4 Abb., 10 Profilblätter, 1 geol. Kt.; Innsbruck.
- BECK, H., HOLZER, H. & VOHRZYKA, E. (1958): Geologische Karte Kreuzeckgruppe. – Unveröff. Manuskriptkarte 1 : 50.000, Archiv der Geol. B.-A.; Wien.
- EXNER, Ch. (1957): Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebung von Gastein 1 : 50.000. – 168 S., 8 Abb., 8 Taf., Wien.
- EXNER, Ch. (1976): Die geologische Position der Magmatite des periadriatischen Lineamentes. – Verh. Geol. B.-A., **1976**, 3–64, 13 Abb., Wien.
- EXNER, Ch. (1980): Geologie der Hohen Tauern bei Gmünd in Kärnten. – Jb. Geol. B.-A., **123**, 343–410, 10 Abb., 6 Taf., Wien.
- EXNER, Ch. & SCHÖNLAUB, H. P. (1973): Neue Beobachtungen an der Periadriatischen Narbe im Gailtal und im Karbon von Nötsch. – Verh. Geol. B.-A. 1973, 357–365, 1 Abb., Wien.
- FEITZNER, G., PAAR, W.H., TARKIAN, M., RECHE, R., WEINZIERL, O., PROCHASKA, W. & HOLZER, H. (1995): Vein type Ag-(Au)-Pb, Zn, Cu-(W,Sn) mineralization in the Southern Kreuzeck Mountains, Carinthia Province, Austria. – Mineral. Petrol., **53**, 307–332, 10 Abb., 2 Tab., Wien.
- FRIEDRICH, O.M. (1963): Monographie der Lagerstätten in der Kreuzeckgruppe, Monographien Kärntner Lagerstätten, 3. Teil. – Arch. Lagerstättenforsch. Ostalpen, **1**, 220 S., zahlreiche Abb., Leoben.
- GUTDEUTSCH, R. & SEIBERL, W. (1987): Die aeromagnetische Vermessung Österreichs (Endbericht). – 32 S., 5 Abb, 1 Beil., 1 Anh., Inst. f. Meteor. u. Geophys., Univ. Wien.
- HÄUSLER, H., BECHTOLD, D., BRANDECKER, H., DEMMER, W. & HEINZ, H. (1995): Geologische Karte der Republik Österreich: Erläuterungen zu Blatt 156 Muhr, 59 S., Wien.
- HEINZ, H., SEIBERL, W. & BIEDERMANN, A. (1987): Aeromagnetische Vermessung des Bundeslandes Kärnten. – Bericht Projekt KC-16/85, 16 S., 5 Abb., 9 Beil., Wien (Geol. B.-A.).
- HEINZ, H. & PESTAL, G. (1988): Geologisch-geophysikalische Analyse von Ultrabasiten aus den zentralen Hohen Tauern. – Jb. Geol. B.-A., **131**, 285–289, 1 Abb.; Wien.
- QUEDENAU, M. S. (1993): Gold in der Kreuzeck- und Goldeck-Gruppe Kärnten, Österreich: Geochemie und Metallogenie. – Berliner geowiss. Abh. A, **154**, 138 S., 70 Abb., 11 Tab., Berlin.
- PESTAL, G., RATAJ, W., REITNER, J. & SCHUSTER, R. (2006): Geologische Karte der Republik Österreich 1 : 50 000, 182 Spittal an der Drau. – Wien (im Druck).
- PISTOTNIK, J. (1996): Geologische Karte der Republik Österreich, 1 : 50.000, 183 Radenthein. – Wien (Geol. B.-A.).
- PUTIS, M. (1997): Kompilation der Kartierungen auf ÖK Blatt 181 Obervellach. – Unveröff. Manuskriptkarten 1 : 25 000, Archiv der Geol. B.-A.; Wien.
- SCHÖNLAUB, H.P. (1985): Geologische Karte der Republik Österreich 1 : 50 000, 197 Kötschach. – Wien (Geol. B.-A.).
- SCHÖNLAUB, H.P. (1987): Geologische Karte der Republik Österreich 1 : 50 000, 199 Hermagor. – Wien (Geol. B.-A.).
- SCHÖNLAUB, H.P. (1989): Geologische Karte der Republik Österreich 1 : 50 000, 198 Weißbriach. – Wien (Geol. B.-A.).
- SCHUSTER, R. (1998): Bericht 1997 über geologische Aufnahmen im Kristallin auf Blatt 182 Spittal a.d. Drau. – Jb. Geol. B.-A., **141**, 323–325, Wien.
- SCHUSTER, R., PESTAL, G. & REITNER, J. (2006): Geologische Karte der Republik Österreich: Erläuterungen zu Blatt 182 Spittal a.d. Drau. – Geol. B.-A. (in Vorbereitung), Wien.
- SEIBERL, W. (1991): Aeromagnetische Karte der Republik Österreich 1 : 1.000.000 (Isanomalien der Totalintensität). – Wien (Geol. B.-A.).
- SEIBERL, W. & STEINHAUSER, P. (1980): Magnetische Messungen entlang dem östlichen Teil des Periadriatischen Lineaments. – Mitt. österr. geol. Ges., **71/72** (1978/1979), 291–298, 4 Abb., Wien.
- SEIBERL, W. & HEINZ, H. (1985): Aerogeophysikalische Vermessung des Drauzuges. – Bericht Auftragsforschungsprojekt KC-8/80, 45 S., 12 Abb., 8 Anl., Wien.
- SEIBERL, W. & HEINZ, H. (1986): Aerogeophysikalische Vermessung des zentralen Drauzuges. – Bericht Forschungsprojekt KA-33d/84, 37 S., 12 Abb., 11 Anl., Wien.
- SEIBERL, W. & HEINZ, H. (1987): Aerogeophysikalische Vermessung im Raum Kirchbach/Gailtal. – Bericht Forschungsprojekt KA-33a/84, 39 S., 12 Abb., 11 Anl., Wien.