

Aerogeophysik als Beitrag zur Abschätzung von Naturgefahren

RÖMER, A.¹, SUPPER, R.¹, MOTSCHKA, K.¹ & TILCH, N.²

¹ Geologische Bundesanstalt, FA Geophysik, Neulinggasse 38, A-1030 Wien;

² Geologische Bundesanstalt, FA Ingenieurgeologie, Neulinggasse 38, A-1030 Wien

Einleitung

Die Geologische Bundesanstalt (GBA)/Fachabteilung Geophysik führt seit 1980 in Zusammenarbeit mit den Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend, sowie für Landesverteidigung und Sport aerogeophysikalische Messungen durch. Dieses, in Kanada in den 60er-Jahren entwickelte, Verfahren umfasste zunächst nur magnetische und elektromagnetische Messungen, welche im Zuge der Erzexploration zum Einsatz kamen. Im Laufe der Zeit wurden diese Methoden um mehrere Messsysteme erweitert und die Anwendungen dehnten sich auf die Aufgabenkreise Strahlenschutz, Grundwassererkundung und Umweltschutz aus. Zunehmend wird diese auch im Themenkomplex „Naturgefahren“, wie z. B. der Erfassung und Bewertung von Massenbewegungen, angewendet (PIRKL 2001, 2002a, 2002b). Der Vorteil der aero-geophysikalischen Methoden liegt in einer relativ schnellen, flächenhaften Informationserfassung über ein großes Gebiet. In diesem Artikel werden 3 Fallstudien präsentiert, um die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten der Aerogeophysik und deren potentiellen Beitrag zur Abschätzung von geogen bedingten Gefahrenpotentialen zu demonstrieren.

Systembeschreibung Aerogeophysik

Die Abbildung 1 zeigt den Hubschrauber und die Standardkonfiguration der zum Einsatz kommenden Messgeräte im Überblick. In den meisten Fällen wird ein Gebiet in Profilen im Abstand von 50-200 Metern beflogen. Der Hubschrauber fliegt in einer konstanten Höhe von 80 Metern über Grund mit einer Geschwindigkeit von ca. 100 km/h. Die Daten werden mit einer Sampling-Rate von 0.1 bis 1 Sekunde aufgezeichnet. Dies entspricht einem Messpunktabstand von 3 bzw. 30 Metern. Die Endprodukte dieses Verfahrens sind flächenhafte Darstellungen der einzelnen Messgrößen (Isolinienkarten).

Die Messausrüstung besteht aus folgenden Hauptkomponenten:

- **Elektromagnetische (EM) Sonde**

Bei diesem Verfahren wird der scheinbare elektr. Widerstand des Untergrunds bestimmt.

- **Gamma-Strahlen-Spektrometer**

Dieses Gerät misst die Intensität der aus den natürlichen (und künstlichen) Quellen stammenden radioaktiven Gammastrahlung.

- **Magnetik**

Dabei wird die Totalintensität des erdmagnetischen Feldes gemessen. Daraus kann die Magnetisierbarkeit des Gesteins berechnet werden.

Fallstudie 1: Sibratsgfäll

Anlassfall für die aerogeophysikalische Vermessung war eine ausgedehnte Hangbewegung (Rindberg/Sibratsgfäll Ost) im Frühjahr 1999. Mit dem Untersuchungsprogramm, bestehend aus Aerogeophysik und anschließenden bodengeoelektrischen Messungen, sollte geklärt werden, ob weitere gefahrenrelevante gravitative Massenbewegungen im Umfeld dieser Hangbewegung zu finden sind.

Anhand der Ergebnisse der Elektromagnetik-Modellrechnung lassen sich Bereiche mit geringen (scheinbaren) elektr. Widerständen im Untersuchungsgebiet gut abgrenzen. Hierbei handelt es sich vorwiegend um quartäre Sedimente in der näheren Umgebung von Sibratsgfäll und den Bereich der Hangbewegung Rindberg und deren westliche Fortsetzung. Für diese beiden Bereiche sind auch geringere Widerstände für größere Tiefen (30-40 m) nachzuweisen. Das bedeutet, dass in den pleistozänen Eisrand- und Stauseesedimenten, die die unteren Hänge und die Verebnungsflächen bei Sibratsgfäll und auf der gegenüberliegenden Talseite aufbauen, oberflächennah und in größerer Tiefe bedeutsame feinkörnigere Schichtpakete (Schluffe, „Seetone“) eingelagert sind. Hochbewegliche, tonige Serien treten auch verbreitet in den Hangbereichen östlich Sibratsgfäll auf, wobei diese Gesteinsserien eine größere Mächtigkeit besitzen und daher mit weiteren Hangbewegungen auf diesen Flächen gerechnet werden kann. Abb. 2 zeigt einen Ausschnitt aus dem Ergebnis der AeroEM (elektr. Widerstand) gemeinsam mit den Resultaten der Bodengeoelektrik. In Kombination mit den bodengeoelektrischen Untersuchungen konnten sehr plausible Tiefenmodelle für z. B. die rezente Rutschmasse und den Aufbau des Untergrundes erarbeitet werden.



STANDARDKONFIGURATION MESSGERAETE HUBSCHRAUBERGEOPHYSIK

IM ODER AM HUBSCHRAUBER MONTIERT AUSSENLAST

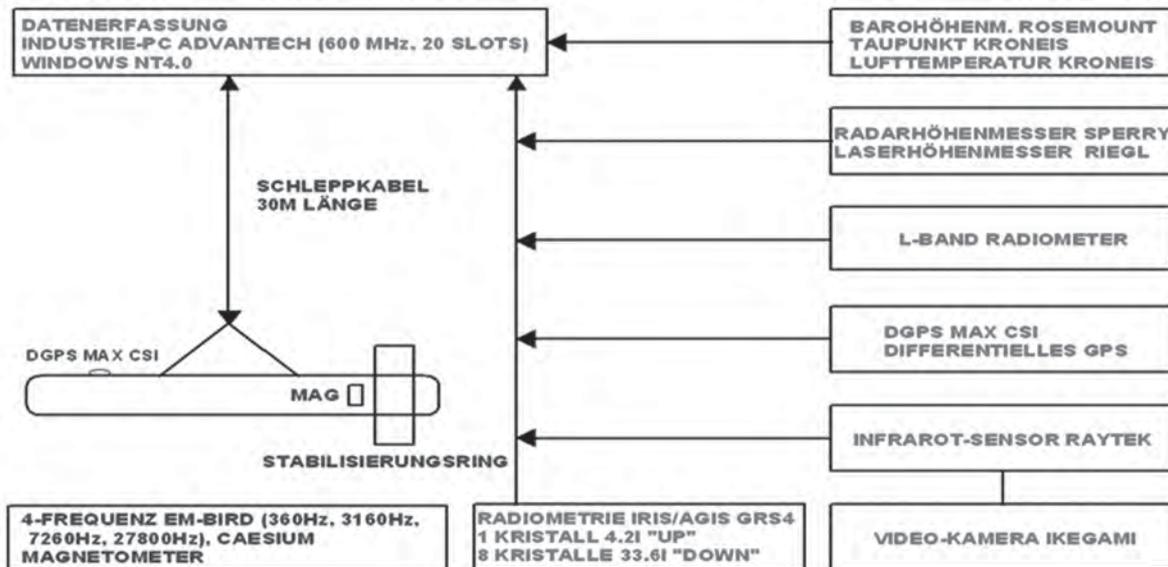


Abb. 1: Hubschrauber mit Messsonde und Systembeschreibung Aerogeophysik.

Fallstudie 2: Vandans-Tschagguns

Dieses Messgebiet wurde ausgewählt, weil sich einerseits dort zahlreiche Massenbewegungen befinden, für die eine nähere, prioritäre Untersuchung vorgeschlagen wurde (BERTLE, MÄHR & PIRKL 1995), andererseits die komplexe Geologie eine Reihe von Fragestellungen aufwirft. Die geologische Kartierung der in diesem Gebiet vorkommenden gravitativen Massenbewegungen und Lockersedimentkörper (BERTLE, MÄHR & PIRK 1995) erfolgte sowohl auf Basis der vorhandenen geologischen Karten, als auch an Hand neuerer Geländeaufnahmen und des IR-Luftbildmaterials (PIRKL 2003).

Anhand der EM-Modellrechnung für alle drei Frequen-

zen - mit den Randbedingungen: (i) die Mächtigkeit der 1.Schicht soll <15 Meter sein und (ii) die 2.Schicht einen Widerstand >200 Ohm haben – werden jene Bereiche abgegrenzt, die in flachgründigen Bereichen (nur wenige Meter) sehr geringe Widerstände aufweisen. Es wurde dabei eine flächenverrechnete Darstellung mit sehr geringer Flächeninterpolation benutzt, damit eine Verzerrung (nicht vorhandene Vergrößerung) der Flächen möglichst ausgeschlossen werden kann. Dieser Auswerteschritt sollte somit Flächen definieren, an denen eventuell mit einer erhöhten Disposition für oberflächennahe Rutschungen und/oder Hangkriechen gerechnet werden kann. Die Verteilung dieser abgeleiteten Dispositionsbereiche ist weitgehend plausibel und zum größten Teil durch die Gelände-

daten auch nachzuvollziehen. In den meisten Fällen handelt es sich bei den Risikobereichen entweder um rutschungsanfällige Lockersedimente (lehmiger Hangschutt, bindiges Moränenmaterial, Verwitterungsschutt veränderlich fester Gesteine, u. a.) oder um stark aufgelockerte Felspartien mit starker Kluftwasserführung. In einer Reihe von Fällen decken sich die interpretierten Bereiche direkt mit aktiven Rutschungsarealen und/oder aktuellen Erosionsprozessen in Lockersedimentkörpern nach der Massenbewegungskarte Montafon (siehe Abb. 3).

Fallstudie 3: Bucklige Welt

Im Rahmen des für die Wildbach- und Lawinenverbauung

durchgeführten Projektes „Naturgefahrenmanagement Bucklige Welt-Wechselland (BUWELA)“ sollten die bei Hochwasser auftretenden Geschiebepotentiale möglichst flächendeckend im Untersuchungsgebiet für mikroskalige Einzugsgebiete (<10 km²) integral abgeschätzt werden. Wesentliche Aspekte dabei waren dabei die geologische Grunddisposition einerseits hinsichtlich hydrologischer Gebietsreaktionen (Hydrotöpfe) und Hochwasserentstehung, andererseits hinsichtlich der räumlich differenzierten Bereitstellung von Geschiebematerial durch geschiebeinduzierende Prozesse (gravitative Massenbewegungen, fluviatile Erosion).

Vor diesem Hintergrund sollten im geophysikalischen Teil des Projektes die Einsatzmöglichkeiten der Aeroelektromagnetik zur großflächigen Abschätzung der

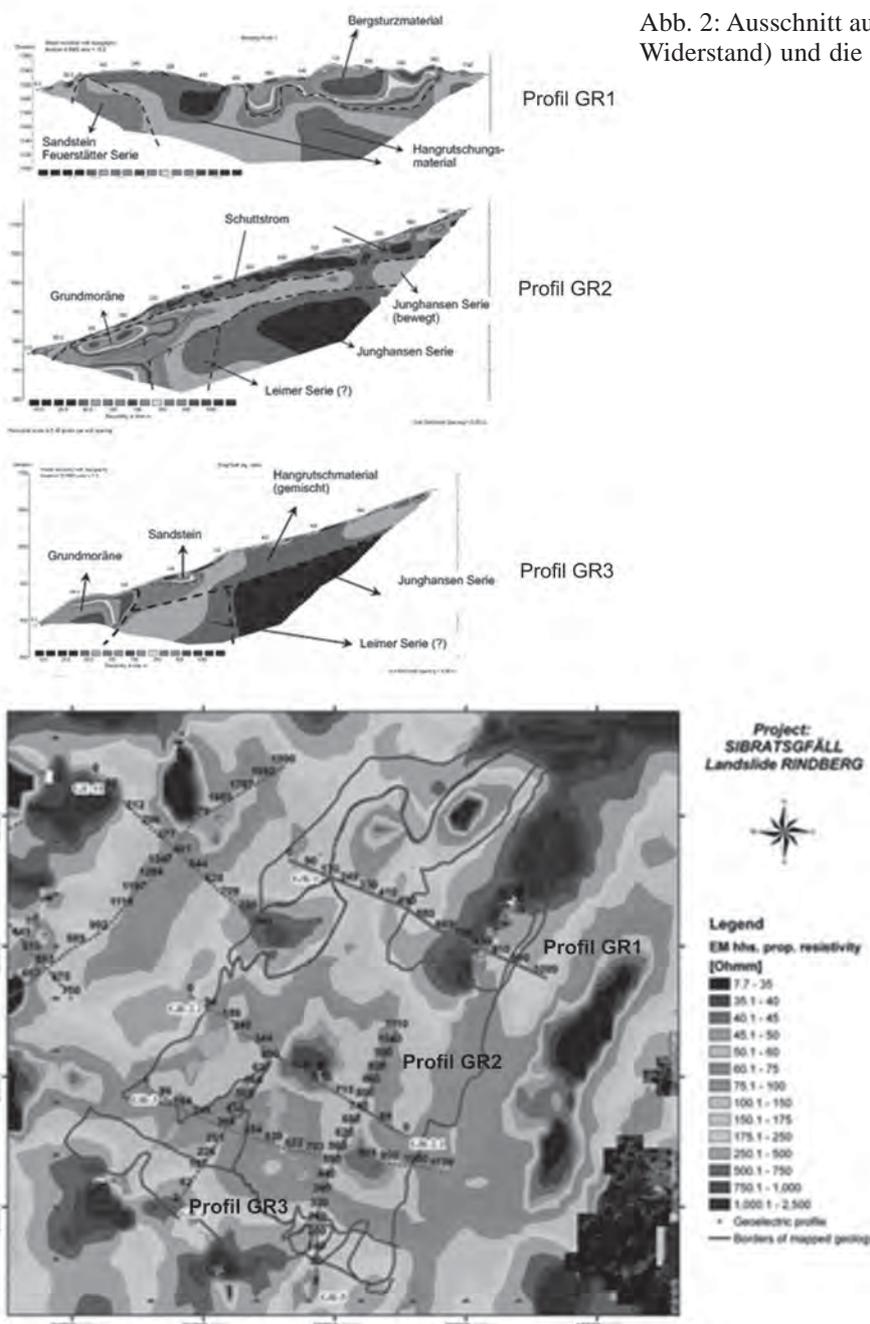


Abb. 2: Ausschnitt aus dem Ergebnis der AeroEM (elektr. Widerstand) und die Ergebnisse der Bodengeoelektrik.

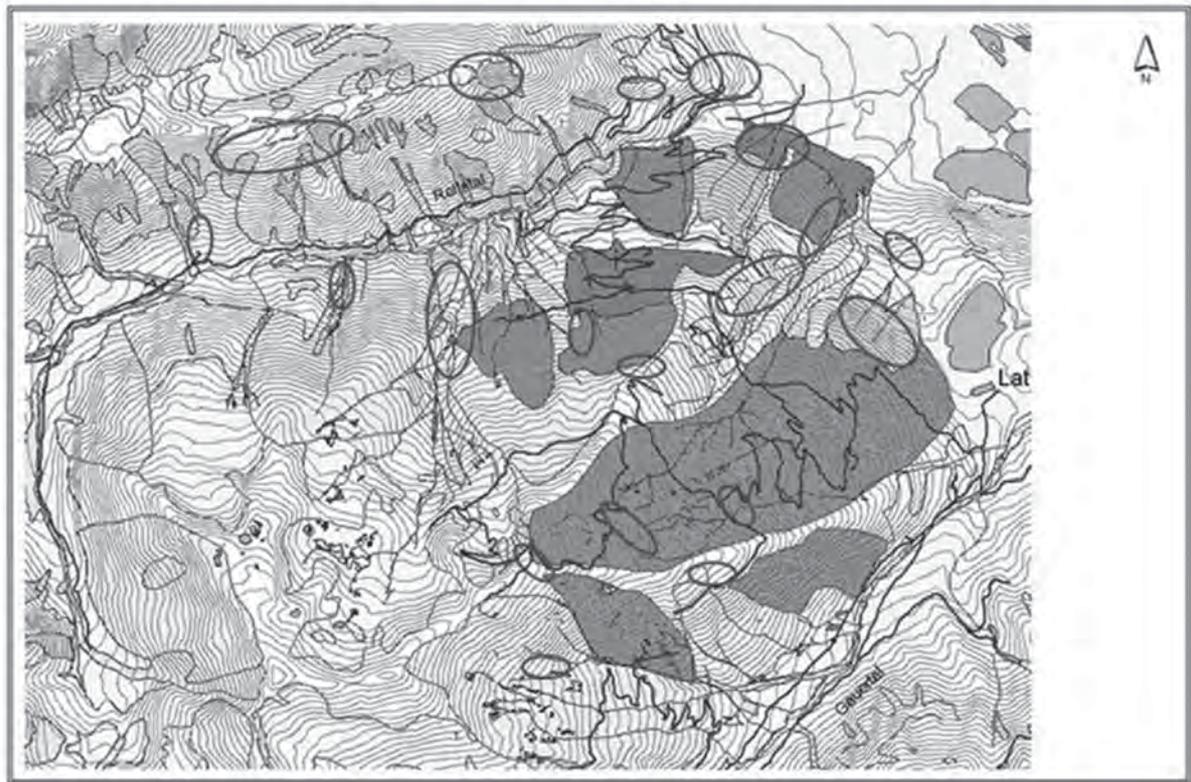


Abb. 3: abgeleiteten Risikobereiche aus AeroEm in der Massenbewegungskarte Montafon (Ausschnitt aus BERTLE, MÄHR & PIRK 1995).

Beschaffenheit der geschieberelevanten Verwitterungsschwarte (Lockergestein+ aufgelockertes/verwittertes Festgestein) zur Erstellung und Verfeinerung von Prozessgrunddispositions-karten evaluiert werden. Da im Projektgebiet meist nur oberflächennahe Aufschlüsse vorhanden sind, wurde der Ansatz verfolgt, mit verschiedensten geophysikalischen Messmethoden eine überblicksmäßige Charakterisierung, insbesondere in Hinblick auf räumlich variablen Beschaffenheiten und Mächtigkeitsverteilungen der Verwitterungsschicht, durchzuführen. Auf Grund der Großflächigkeit des Projektgebietes (ca. 1300 km²) erschien hierbei der Einsatz der Aeroeophysik sinnvoll. Da eine flächendeckende Überfliegung des Gesamtgebietes zu kosten- und zeitintensiv gewesen wäre, wurden in sie-

ben kleineren, für verschiedenen Naturräume repräsentativen Teilgebieten, die u.a. durch unterschiedliche geologische Einheiten charakterisiert sind, ausgewählt. Weiters wurden, um die Rahmenbedingungen für eine zielgerichtete Dateninversion der Aero-Elektromagnetik zu ermitteln, bodengeoelektrische Messungen für eine Validierung (= eine Zuordnung zu geologischen Einheiten wie Grundgebirge verwittert, Grundgebirge massiv und verschiedenartige Sedimentbedeckung) durchgeführt. In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der aeroelektromagnetischen Modellrechnung in Abhängigkeit von der geologischen Einheit zusammengefasst dargestellt. Obwohl die Schwankungsbereiten sowohl der Widerstände als auch der Mächtigkeiten zwischen den unterschiedlichen Einheiten

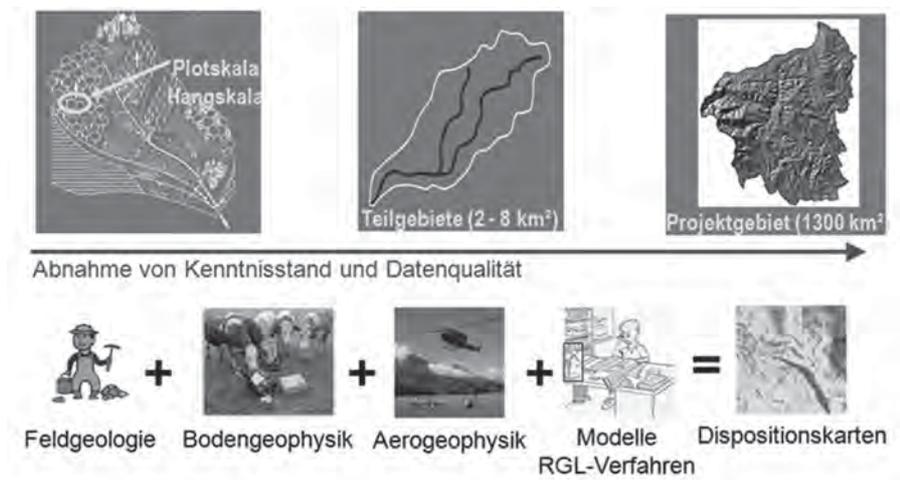


Abb. 4: Vorgangsweise in unterschiedlichen Maßstäben.

SUBSTRAT	Widerstand	Mächtigkeit	Widerstand	Mächtigkeit	Sigma*T
	Bereich [Ohmm]	Bereich [m]	Mittel [Ohmm]	Mittel [m]	Produkt [mS]
Karbonate	250-350	0-5	300	2.5	8.3
Rotlehm	175-400	0-20	285	10	35
Gneis	175-350	5-25	270	15	55
Glimmerschiefer	100-300	5-25	200	15	75
Hüllschiefer	100-250	7.5-30	175	19	109
Krumbacher Formation	100-250	15-30	175	23	143
Hornblendgneis	75-250	>25	160	30	188
Sinnersdorfer Formation	15-150	>25	85	30	353

Tab. 1: Zusammenfassung der Ergebnisse der Aero-EM-Inversion bezogen auf die Substrate in den jeweils unterschiedlichen geologischen Einheiten.

(auch naturgemäß) einen weiten Überlappungsbereich aufweisen, lassen die Mittelwerte dennoch eine Charakterisierung der jeweiligen Einheit mittels geophysikalischer Parameter zu.

Geht man davon aus, dass geringerer Widerstand mit einem höheren Verwitterungsgrad/höherer Verwitterungsanfälligkeit eines Gesteinsduktes zu korrelieren ist, so kann für eine Charakterisierung der Verwitterungszone



Abb. 5: Karte des relativen Geschiebepotentials (Untersuchungsgebiet Buwela).

- 1 sehr geringes gebietsspezifisches Geschiebepotential ($\leq 0,47$)
- 2 geringes gebietsspezifisches Geschiebepotential ($0,47 < x \leq 0,95$)
- 3 moderates gebietsspezifisches Geschiebepotential ($0,95 < x \leq 1,42$)
- 4 hohes gebietsspezifisches Geschiebepotential ($1,42 < x \leq 1,90$)
- 5 sehr hohes gebietsspezifisches Geschiebepotential ($1,90 < x \leq 2,37$)

einer Einheit (wie auch für viele andere Fragestellungen in der Geophysik) im Besonderen das $\Sigma \cdot T$ -Produkt (Leitfähigkeit der Schichte * Mächtigkeit) herangezogen werden. Betrachtet man die in Tabelle 1 angegebenen Werte für das $\Sigma \cdot T$ -Produkt, so lässt sich eindeutig ein Trend ausgehend vom Verwitterungsbereich in den Karbonaten über jenen der Gneise bis hin zu den tonreichen Tertiärfolgen ableiten.

Abbildung 4 zeigt die in unterschiedlichen Maßstäben und Skalen Bearbeitungsstrategie, in dem ausgehend von einer Kartierung im Hangskalenbereich, den Einsatz der Aero- und Bodengeophysik über Modellbildung und Raumgliederungsverfahren (RGL) schlussendlich zur Erstellung von verschiedensten Prozess- und Dispositionskarten für das Untersuchungsgebiet (1300 km²) führt (TILCH et. al. 2008). Die aus der Aerogeophysik ermittelten Kenngrößen und deren räumlichen Verteilung ermöglichten es jene Arbeitshypothesen und Methoden zu falsifizieren/plausibilisieren, die zur Erstellung von Substrat-Konzeptkartengeführt haben. Dies ist sehr wichtig, da die erstellten Substrat-Konzeptkarten letztendlich auch eine wichtige Datengrundlage zur Erstellung von Dispositionskarten für geschiebeinduzierende Prozesse waren (siehe als Beispiel die Karte des relativen Geschiebepotentials in Abb. 5).

Zusammenfassung

Anhand von 3 Fallstudien kann aufgezeigt werden, inwieweit mittels aerogeophysikalische Messungen Zusatzinformationen in unterschiedlichsten Maßstäben und Skalen erzielt werden können, die für Fragestellungen im Kontext geogener Naturgefahren von Bedeutung sind.

Finanzierung

Die jeweiligen aero- und bodengeophysikalischen VLG Projekte (ÜLG20/28/35) wurden (unter etwaiger zusätzlicher Finanzierungsbeitrag) im Rahmen des Vollzugs des Lagerstättengesetzes (VLG) finanziert.

Literatur

- BERTLE, H. MÄHR, L. & PIRKL, H. (1995): Flächenhafte Darstellung von Georischen des Montafons auf Basis einer Luftbilddarstellung. - Unveröffentl. Bericht, Schruns/Wien.
- PIRKL, H. (2001): Hubschrauber-geophysik Messgebiete Vorarlberg 2000-2001. Geologische Situation und Auswertungshinweise. - Unveröffentl. Bericht, Wien.
- PIRKL, H. (2003): Hubschrauber-geophysik Vandans-Tschagguns. Naturraumerkundung und Georiskenerkennung. Zwischenbericht. - Unveröffentl. Bericht, Wien/Innsbruck.
- PIRKL, H. (2004): Abflussverhalten alpiner Landschaftseinheiten - Vergleiche von Messmethoden der Bodenfeuchte am Beispiel Golmerhang/Tschagguns.-Unveröffentl. - Bericht im Auftrag FTD f. WLW / Sektion Vorarlberg, Wien.
- PIRKL, H., JARITZ, W. & MARKART, G. (2002a): Einsatz von Hubschrauber-geophysik bei der Naturraumanalyse von Wildbacheinzugsgebieten. Beispielmessgebiete in Vorarlberg - Sibratsgfall, Doren, Langen und Schesatobel. - Unveröffentl. Bericht, Wien/Gmunden/Innsbruck.
- PIRKL, H., JARITZ, W. & MARKART, G. (2002b): Einsatz von Hubschrauber-geophysik bei der Naturraumanalyse von Wildbacheinzugsgebieten. - Wildbach- und Lawinverbau, **148**: 169-177, Imst.
- TILCH, N., MELZNER, S., JANDA, C., HABERLER, A., KOCIU, A., SUPPER, R., MOTSCHKA, K., WINKLER, E., JOCHUM, B., RÖMER, A., ITA, A. & LÖWENSTEIN, A. (2008): Naturgefahrenmanagement BUWELA – Grundlagenmodul „Geologie und Geomorphologie“. - Poster Expertentagung BUWELA, Krumbach. (WWW.GEOLOGIE.AC.AT/DE/GEONEWS/POSTER2008.HTML)