

Einsatz von Hubschrauber-geophysik bei der Naturraumanalyse von Wildbacheinzugsgebieten

Kurzfassung

Pirkl, H., Jaritz, W. & Markart, G.

Wien/Gmunden/Innsbruck, Oktober 2002

Inhalt:

1. Einleitung
2. Spezifische Messziele und Interpretationsmöglichkeiten
3. Beispielsauswertung Massenbewegung Rindberg (Sibratsgfäll)
4. Programmadaptierung für der Zwecke der Naturraumanalyse in Wildbacheinzugsgebieten
 - 4.1 Zusätzlicher Informationsgewinn für die Naturraumanalyse
 - 4.2 Messtechnische Rahmenbedingungen und Grenzen
5. Ausgewählte Literaturhinweise

1. Einleitung

Das Programm Hubschrauber-geophysik der Geologischen Bundesanstalt besteht seit 1980 als Instrument der Rohstoffforschung. Seit dem Start dieses Forschungsprogramms wurden zahlreiche Messgebiete in Österreich für dieses Ziel bearbeitet.

Eine detaillierte Beschreibung der Messausrüstung und der Interpretationsmöglichkeiten sind auf der Homepage der Geologischen Bundesanstalt (<http://www.geolba.ac.at/>) zu finden – und zwar unter Organisation → Fachabteilung Geophysik → Aufgaben und Arbeitsbereiche → Hubschrauber-geophysik oder Fachabteilung Geophysik → Projekte.

In den letzten Jahren wurde diese Messmethodik auch für die Bewertung von Grundwasservorkommen weiterentwickelt und testweise in Wildbacheinzugsgebieten eingesetzt.

Um die Rahmenbedingungen abzuklären, die der eventuell routinemäßige Einsatz der Hubschrauber-geophysik bei der Naturraumanalyse in Wildbacheinzugsgebieten erfordern würde, wurden im Auftrag der Sektion Vorarlberg des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach und Lawinenverbauung die Ergebnisse in den Messgebieten in Vorarlberg diesbezüglich diskutiert und evaluiert.

Die Auswertungen betreffen dabei die Messgebiete

- Doren, Langen und Sibratsgfäll im Vorderen Bregenzer Wald, sowie
- Schesatobel bei Bludenz.

Der entsprechende, ausführliche Forschungsbericht

PIRKL, H., JARITZ, W. & MARKART, G.:

Einsatz von Hubschrauber-geophysik bei der Naturraumanalyse von

Wildbacheinzugsgebieten. Beispielmessgebiete in Vorarlberg Sibratsgfäll, Doren, Langen und Schesatobel.-

Unveröffentl. Bericht, Wien/Gmunden/Innsbruck 2002

ist bei der Sektion Vorarlberg des FTD-WLV, Rheinstr.32/4, 6900 Bregenz oder im Archiv der Geologischen Bundesanstalt einzusehen.

An dieser Stelle wird nur eine kurze Zusammenfassung dieses Berichts vorgelegt.

2. Spezifische Messziele und Interpretationsmöglichkeiten

Hubschrauber-geophysikalische Messsysteme wurden primär für die Rohstoffsuche entwickelt. Die Kombination Magnetik/Elektromagnetik erlaubt rasch und ökonomisch Erzkörper aufzufinden. Schon im Zuge der ersten Messprogramme in Kristallingebieten zeigte sich, dass die Nebengesteins- und Tektonik-Strukturen miterfassbar waren und damit eine breitere Anwendbarkeit auch für die geologische Landesaufnahme gegeben war. In den letzten Jahren wurde die Messmethodik immer wieder auch mit Erfolg in Lockersedimentgebieten eingesetzt. Dort konnten Fragstellungen nach dem lithologischen Internaufbau der Sedimentkörper und nach der Lage von Grundwasservorkommen unterstützt werden.

Der derzeitige Ausbaustand des Messsystems in Österreich erlaubt die Erfassung von Informationen sowohl von oberflächennahen Strukturen, als auch des tiefergründigen Untergrundaufbaus. Eine Reihe von Informationen können dabei auch die Bewertung von Wildbacheinzugsgebieten unterstützen. In der folgenden tabellarischen Übersicht wird dies stichwortartig für die einzelnen Messeinrichtungen aufgelistet:

| Messparameter | Information |
|--|--|
| Flugwegdokumentation mit IR-Kamera | Landschaftsnutzung, Vegetationszustand und Hinweise auf Feuchflächen zum Befliegungszeitpunkt |
| relative Bodenfeuchte und relative Bodentemperatur | Hinweise auf Durchfeuchtungssituation zum Befliegungszeitpunkt; Zusatzinformationen zum Boden-/ Vegetationskomplex |
| natürliche Radioaktivität / Uran und Thorium | Hinweise zum lithologischen Aufbau bodennaher Schichten (Schwerminerale als Indikatoren) |
| natürliche Radioaktivität / Kalium | Hinweise auf Tonmineralgehalt und K-reiche Minerale in bodennahen Schichten (Informationskombination mit Bodenfeuchte) |
| technogene Radioaktivität / Cäsium | Information zur lokalen „Rest“-Belastung nach Tschernobyl |
| Elektromagnetik / höhere Frequenz(en) | Lithologie bodennaher Schichten, Ausstriche von Bewegungsflächen, seichte Auflockerungszonen, Wasserführung |
| Elektromagnetik / niedrigere Frequenz(en) | Lithologie tieferer Schichten, Hinweise auf geologischen Aufbau des Untergrundes, tiefgründige Auflockerungszonen, Wasserführung |
| Magnetik | Zusatzinformation zu Untergrundaufbau und Störungsmuster |

Für die Fragen der Wildbach-Einzugsgebietenbewertung sind somit drei Informationskombinationen relevant:

- Informationen für die Bewertung der Oberflächenabfluss-Entwicklung und der entsprechenden Flächen im Einzugsgebiet aus einer Kombination der Messergebnisse der Elektromagnetik/höhere Frequenzen, Bodenfeuchte und Radiometrie/Kalium
- Informationen über mögliche Rutschungsdisposition auf entsprechenden Flächen im Einzugsgebiet aus der Kombination der Messergebnisse der Elektromagnetik/höhere Frequenzen und Radiometrie
- Informationen über tiefgreifendere Bewegungen im Einzugsgebiet aus der Kombination der Messergebnisse Elektromagnetik/Magnetik

Bei allen Messsystemen ist zu beachten, dass die jeweiligen Messdaten einerseits einer topographischen Korrektur (z.B. Höhenkorrektur) unterworfen werden und andererseits erst Modellrechnungen zum gewünschten Ergebnis führen. Insbesondere die EM-Daten werden entweder transformiert in ein Halbraummodell (Einschichtfall/scheinbarer Widerstand) oder die Ergebnisse der verschiedenen Messfrequenzen werden mit Hilfe der Verrechnung über „neuronalen Netze“ zu Mehrschichtfällen verknüpft.

3. Beispielsauswertung Massenbewegung Rindberg (Sibratsgfäll)

Wie die geologischen Untersuchungen zeigten, ist das lithologische und tektonische Inventar der Talflanke maßgeblich für die jüngsten und auch länger zurückliegenden Hangbewegungen im weiträumigen Untersuchungsraum verantwortlich. Vor allem die Gesteinsserien der Feuerstätter Decke (Junghansen Schichten und Schelpen Serie) mit ihrem veränderlich festen Charakter und den vorherrschenden Tonschiefer- und Tonmergelabfolgen weisen eine geringe Verwitterungsresistenz auf. Hangabwärts lösen sich abgetrennten Großluftkörper kontinuierlich auf und zerfallen rasch zu feinteilreichen Lockermassen. Diese werden durch verschiedenste Prozesse (Hangkriechen, Rutschungen, Muren, etc.) umgelagert und im mittleren und unteren Hangabschnitt akkumuliert. Innerhalb dieser Materialien vollzieht sich die Bewegung kriechend bis fließend, d.h. durch Korn-an-Korn-Bewegung quasi bruchlos in der Dimension der bewegten Masse (ZT-Büro MOSER/JARITZ 2001).

In der Aero-Geophysik wird diese Feinkorn dominierte Masse im Mittel- und Unterhang durch die gemessenen, sehr niedrigen scheinbaren Widerstände deutlich. Dabei ist laut Messdaten

mit Mächtigkeiten > 50 m auszugehen. Diese Interpretation wurde durch die in diesem Hangareal abgeteufte Kernbohrung untermauert. Diese schloss bis 47 m unter Gelände ausschließlich feinteilreiche Lockermassen auf, die wiederum Junghansen Schichten auflagerten.

Bereits in der geologischen Erstbeurteilung wurde deutlich, dass es sich mechanisch um eine äußerst komplex zusammengesetzte Hangbewegung handelt, wobei im verformten Böschungskörper mehrere, sich starr, mechanisch spröde verhaltende Teilkörper mit gänzlich anderem Versagensmuster stecken. Dabei konnten kleinräumige, ein- und auflagernde Körper aus Feuerstätter Sandstein (Rosslöcher, Kolb, Ochensberger, Vogt), sowie der großräumig auflagernde Körper der Aptychen Schichten im Bereich der Lustenauer Riesalpe unterschieden werden (Abb.1).

Diese, im Vergleich zu der feinkörnigen, sie umgebenden Masse, hochohmigen Körper sind in den Messdaten der Aero-Geophysik nur dann nachweisbar, wenn eine Größe von rd. 30 x 30 m überschritten wird. So konnten die isolierten Areale aus Feuerstätter Sandstein inmitten der Hangbewegungsmasse im Bereich Rosslöcher (1) und Kolb (2) deutlich, sowohl was Abgrenzung und Tiefenerstreckung betrifft nachgewiesen werden. Die Bereiche Vogt (3), und Gerbersgraben (4) sind undeutlich zu erkennen. Ein Umstand der auf die bereits kleinräumige Ausdehnung dieser Komplexe zurückzuführen ist. Der Feuerstätter Sandsteinkomplex Ochensberger (5) konnte nicht gemessen werden.

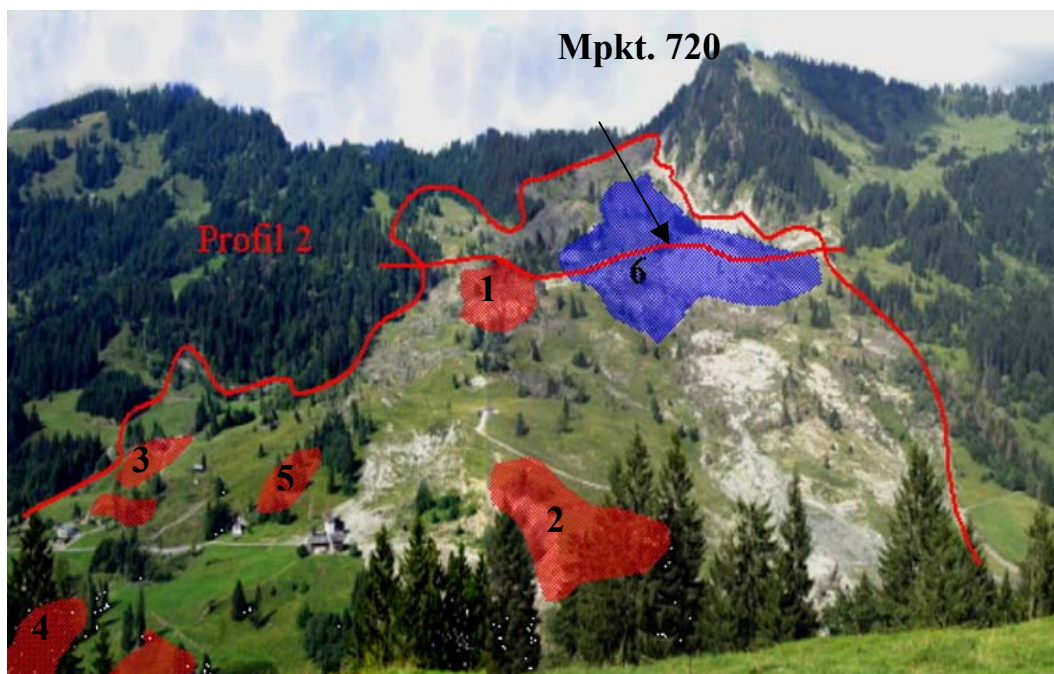


Abb.1: Areale aus Feuerstätter Sandstein (rot) und Aptychen Schichten (blau)

Besonders der Komplex Kolb ist in den Aero-Geophysikdaten klar erkennbar. Hier konnte sowohl durch den Geländebefund, als auch durch die terrestrische Geophysik das Messergebnis sowohl in Tiefe als auch Ausdehnung gut bestätigt werden.

Bereits bei der Interpretation der terrestrischen Geophysik wurde die besondere Bedeutung des großen, zusammenhängenden Aptychenschichten-Komplex im Bereich der Lustenauer Ries-Alpe für das Verständnis der Hangbewegungsmechanik deutlich. Dabei konnte die Verbreitung der Aptychen Schichten, die laut Oberflächengeologie im Westen bis zum tiefsten Punkt des Forstweges zwischen Sommerstadel und Lustenauer Alpe und im Osten bis zur Begrenzung des gegenständlichen Hangbewegungsareals reichte, auch in der Geoelektrik gut nachgewiesen werden. Im östlichen Abschnitt erreichen die Gesteine der Aptychenschichten laut terrestrischer Geophysik eine Gesamtmächtigkeit von ca. 60 m bis 65 m (Bereich Lustenauer Alpe, Messpunkt 720; Lage lt. Profil 2). Die im geoelektrischen Profil ausgewiesene scharfe Grenze zu niedrigohmigen Serien ($< 100 \text{ ohm}\cdot\text{m.}$) stellt vermutlich den Bewegungshorizont bzw. die Bewegungsfläche unterhalb des Aptychenschichten-Komplexes dar. Als Bewegungshorizont werden wasserstauende, Feinteil-dominierte Junghansen Schichten ($< 50 \text{ ohm}\cdot\text{m.}$) angenommen. Die Aptychenschichten sind hingegen mit sehr hohen spezifischen Widerständen ($> 300 \text{ ohm}\cdot\text{m.}$) aufgrund einer, durch die Bewegung verursachten, starken internen Zerrüttung und Gefügauflockerung (Bildung von offenen Klüften und Schichtflächen) stark wasserdurchlässig und erscheinen daher im Vergleich zu allen anderen Hangbewegungsarealen als vergleichsweise „trocken“.

Die aerogeophysikalischen Messdaten bestätigen dieses Bild sowohl hinsichtlich Verbreitung als auch Tiefe. Dabei ist eine kontinuierliches Auftauchen niedrigohmiger Bereiche von Nordwesten Richtung Südosten (generelle Einfallrichtung der Serien !) unter den Aptychenschichten ab einer Tiefe von rd. 40 m festzustellen.

Die zwischen der östlichen Begrenzung des Hangbewegungsareals und bis zur Höhe der Wildalpe im Schichtverband aufgeschlossenen Aptychen Schichten setzen sich östlich der Hangbewegung nicht mehr fort, sondern werden dort von einer Wechselfolge von Junghansen Schichten und der Serie mit Feuerstätter Sandstein abgelöst. Diese geologische Situation äußert sich in den aerogeophysikalischen Messdaten in Form niedriger Widerstände, die vor allem in den höheren Hangregionen unterhalb des Feuerstätter Gipfels ab einer Tiefe von rd. 23 m deutlich erkennbar sind.

Im untersten Hangabschnitt des Hangbewegungsareals befindet sich ein mächtiger Eisrandstaukörper, der überwiegend aus grobkörnigem Lockermaterial aufgebaut wird. Die demnach zu erwartenden hohen Widerstandswerte wurden sowohl in der terrestrischen als auch in der aerogeophysikalischen Vermessung nachgewiesen. Besonders eindrucksvoll

erkennt man den hochohmigen Körper in der 3-D Ansicht der Widerstandsverteilung des Befliegungsgebietes (Abb.2; Pfeil).

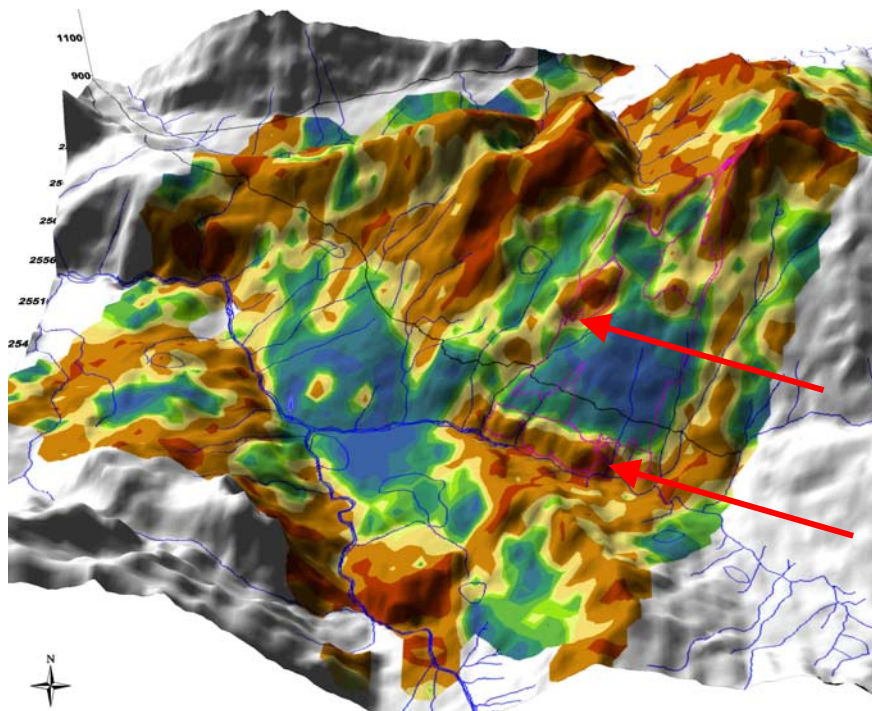


Abb.2: „3-D“-Darstellung des Messparameteres Elektromagnetik im Messgebiet Sibratsgfall

4. Programmadaptierung für die Zwecke der Naturraumanalyse in Wildbacheinzugsgebieten

4.1 Zusätzlicher Informationsgewinn für die Naturraumanalyse

Im Zuge der Naturraumanalyse von Wildbacheinzugsgebieten sind flächenhaft Indikatoren für die beiden Hauptproblemkreise – Abflussentwicklung bei Starkregen und Rutschungs- und Erosionsdisposition – zu erheben. Diese flächenhafte Erhebung sollte in tausenden Einzugsgebieten rasch und ökonomisch ausgeführt werden. Die Methodik der Hubschrauber-geophysik kann dazu einen bedeutenden Beitrag liefern, wenn sie gezielt eingesetzt wird und die Rahmenbedingungen (siehe Kap.4.2) beachtet werden.

Gut eignen sich Einzugsgebiete, deren Aufbau und Struktur prinzipiell bekannt ist, die jedoch gesamtflächig aufgenommen werden müssen. Gebiete, in denen aus geologisch-

lithologischen Gründen kaum Kontrastunterschiede zwischen Untergrundserien und aufgelagernden pleistozänen Lockersedimenten bestehen, eignen sich schlecht für eine Vermessung mit dieser Methodik.

Aus den bisherigen Erfahrungen kann abgeleitet werden, dass folgende Methodenkombinationen eine Unterstützung der Naturraumanalyse in Wildbacheinzugsgebieten ermöglichen:

- Bodenfeuchte, jeweils höchste Frequenz Elektromagnetik und mit gewissen Einschränkungen Radiometrie/Kalium → Flächen mit Disposition zu Oberflächenabfluss
- Hohe Frequenzen Elektromagnetik (oberflächennahe Widerstandsverteilungen) → Rutschungsdisposition
- Radiometrie/alle Kanäle und alle Frequenzen Elektromagnetik → Lithologie von Lockersedimentkörpern
- niedrigere Frequenzen Elektromagnetik → Mächtigkeit von Lockersedimentkörpern und Abgrenzung tiefgründiger Massenbewegungen (Auflockerungszonen)

Messergebnisse der Magnetik sind nur bedingt für die spezifische Naturraumanalyse einsetzbar, ergänzen aber das Bild über Untergrundstrukturen und den geologischen Aufbau.

4.2 Messtechnische Rahmenbedingungen und Grenzen

- Die Messflüge müssen während der Sommermonate ausgeführt werden (insbesondere innerhalb des alpinen Raums). Gründe dafür sind die Anforderung an eine möglichst stabile Wetterlage bei geringem Wind für die Flugsicherheit und ruhige Fluglage (Aussenlast des Messkörpers), sowie geringe Temperaturunterschiede in verschiedenen Höhenlagen (Temperaturtrift der Messelektronik für die EM-Steuerung).
- Die Kooperation mit dem Bundesheer hat zwei unterschiedliche Seiten: Einerseits positiv – einen ständig voll ausgerüsteten und adaptierten Hubschrauber zur Verfügung, andererseits negativ – eine zeitlich beschränkte Verfügbarkeit des Fluggeräts (Priorität haben Bundesheer-interne Einsätze)
- Bei privaten Hubschraubereinsätzen ist neben den höheren Kosten zu bedenken: Der Einsatz der Elektromagnetik und Magnetik ist zwar leicht zu implementieren (als Außenlast einfach zu montieren); für alle anderen Messgeräte sind umfangreiche

Umbauten und Änderungen notwendig, die teilweise eine zusätzliche Typisierung und technische Abnahme erfordern! Zur sinnvollen Umsetzung im Rahmen der WLV sind freilich alle Messsysteme erforderlich.

- Für regionale Übersichten sind rasch und ökonomisch Daten zu erhalten.
- Einschränkung bestehen freilich bei engen Schluchtstrecken und steilen Einschnitten. Auswertbare Daten sind in diesen Fällen nur durch zusätzliche und zeitlich aufwändige Konturflüge zu bekommen. Falls die zu messenden Schluchtstrecken <150m breit sind, sind Messungen sinnlos, da durch 3D-Effekte die Radiometrie- und Elektromagnetikdaten verfälscht werden.
- Beim Einsatz in lokalen Projekten und bei der Bewertung von Kleineinzugsgebieten sind unbedingt flankierende Untersuchungen und Messungen zur Kalibrierung notwendig. Um auch im Detail auswertbare Messdaten zu erhalten, sollte der Abstand der Messprofile nicht größer als 50m sein.
- Im Bereich von Siedlungen und Infrastruktureinrichtungen muss mit Störungen der Messsignale gerechnet werden. Direkt über Siedlungen kann die notwendige Messhöhe von 80m nicht eingehalten werden!

5. Ausgewählte Literaturhinweise

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

HEINZ, H. & SEIBERL, W.:
Bewertung und Problematik aerogeophysikalischer Anomalien im österreichischen Bundesgebiet.-
Abh.Geol.Bundesanstalt, 44, Wien1990

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

SEIBERL, W. et al.:
Aerogeophysikalische Vermessung im Bereich Krumbach-Doren/Vlbg.-
Unveröffentl.Bericht Geol.Bundesanstalt, Wien 2002

SEIBERL, W. et al.:
Aerogeophysikalische Vermessung im Bereich Krumbach-Langen/Vlbg.-
Unveröffentl.Bericht Geol.Bundesanstalt, Wien 2002

SEIBERL, W. et al.:
Aerogeophysikalische Vermessung im Bereich Sibratsgfall/Vlbg.-
Unveröffentl.Bericht Geol.Bundesanstalt, Wien 2002

SEIBERL, W. et al.:
Aerogeophysikalische Vermessung im Bereich Schesatobel/Vlbg.-
Unveröffentl.Bericht Geol.Bundesanstalt, Wien 2002

ZT-BÜRO MOSER:
Hangbewegung Rindberg, Gde.Sibratsgfäll. Geologische Erstbeurteilung.-
Unveröffentl.Bericht, Gmunden 1999a

ZT-BÜRO MOSER:
Hangbewegung Rindberg, Gmd.Sibratsgfäll. Weiterführende Untersuchungen.-
Unveröffentl.Bericht, Gmunden 1999b

ZT-BÜRO MOSER:
Hangbewegung Rindberg, Gmd.Sibratsgfäll. Geologische Interpretation der geophysikalischen Untersuchungen.-
Unveröffentl.Bericht, Gmunden 2000

ZT-BÜRO MOSER/JARITZ:
Großhangbewegung Rindberg – Schadensbild, Ursache , Prognose in: Georischen – Geologisch bedingte
Naturgefahren in Österreich.-
Bericht zu Seminar und Workshop Geol.Bundesanstalt, Wien 2001

ZT-BÜRO MOSER/JARITZ:
Gde.Sibratsgfäll – Aufschlussarbeiten 2001. Bohrdokumentation.-
Unveröffentl.Bericht, Gmunden 2002a

ZT-BÜRO MOSER/JARITZ:
Geomonitoring Rindberg – Rutschungsüberwachung und Methodenentwicklung.-
Jahresbericht 2001 Forsttechn.Dienst WLV/Sektion Vorarlberg, Bregenz 2002