

biotites varies between 2.23 to 2.82 and the tetrahedral site of biotites is not completely filled with Si and Al. Possibly, Ti-substitution occurs in tetrahedral sites of biotites, which is also reinforced by the positive correlation between Ti/Fe vs. Ti/Al ratios.

F and Cl wt.% of biotite is correlated versus  $X_{Mg}$  values for each of the three rock types. F contents represent three distinctive populations of 0, ~1-2.2 and ~ 3.3-4.3 wt.%. Correlation between  $X_{Mg}$  values and F content of studied biotites show that the Fe-F avoidance principle (MUNOZ 1984) in crystal-chemical structure of biotites is not valid for the analyzed biotites, suggesting that biotite with lower  $X_{Mg}$  values coexisted with F rich fluids. Cl contents of biotites display a gradually variations in the range of 0-0.073 wt.% and biotite in all rock types shows additionally different  $X_{Mg}$  values. Correlation between  $X_{Mg}$  values and Cl content of biotites expresses that analyzed biotites coexisted with Cl-rich to Cl-poor solutions through the time of crystallization. Biotite chemistry implies that all studied samples are crystallized from highly oxidized magma with an average  $f_{O_2}$  of about  $10^{-12.5}$  to  $10^{-7.5}$  bars at assumed 700 to 800 °C crystallization temperatures and 2 kbars pressure. Highly oxidation state is characteristic for magmas which are associated with porphyry Cu-Mo deposits (ANTHONY 2005). The total Al content of biotites ( $Al_{tot} < 2.82$  apfu) corresponds with biotites from mineralized granitoidic suites (UCHIDA et al. 2007). F and Cl contents of biotites from Shah Jahan granitoids indicate that the coexisting solutions with F and Cl had possibly the potential for ore (Cu-Mo-Au) formation.

ANTHONY, E.Y. (2005): Source regions of granites and their links to tectonic environment: examples from the western United States. - *Lithos*, **80**: 61-74.

MOKHTARI, M.A.A. (2009): Petrology, geochemistry and petrogenesis of Qaradagh Batholith (East of Syahrood, Eastern Azarbaijan) and related skarns with considering mineralization. - 1-317, Diss. Tarbiat Modares University.

MUNOZ, J.L. (1984): F-OH and Cl-OH exchange in micas with applications to hydrothermal ore deposits. - (In: BAILEY, S.W. (Eds.): *Micas*), *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, **13**: 469-494.

SELBY, D. & NESBITT, B.E. (2000): Chemical composition of biotite from the Casino porphyry Cu-Au-Mo mineralization, Yukon, Canada: evaluation of magmatic and hydrothermal fluid chemistry. - *Chemical Geology*, **171**: 77-93.

UCHIDA, E., ENDOS, S. & MAKINO, M. (2007): Relationship between solidification depth of granitic rocks and formation of hydrothermal ore deposits. - *Resource Geology*, **57**: 47-56.

### Geologische Interpretation linearer und planarer Elemente aus LiDAR-Geländemodellen der Massenbewegung von Doren (Vorarlberg)

ZAMOly, A.<sup>1,2</sup>, SZEKELY, B.<sup>3,1</sup>, MOLNAR, G.<sup>3,1</sup>, RONCAT, A.<sup>3</sup>, DORNINGER, P.<sup>3</sup> & DREXEL, P.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Department of Geophysics and Space Science, Eötvös University, Budapest, Ungarn;

<sup>2</sup> Department für Geodynamik und Sedimentologie, Universität Wien, Österreich;

<sup>3</sup> Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung,

Technische Universität Wien, Österreich;

<sup>4</sup> Landesvermessungsamt Vorarlberg, Feldkirch, Österreich

Auf der Basis von lasergescannten digitalen Geländemodellen (DGMs), die zu unterschiedlichen Zeiten und mit unterschiedlicher Messverfahren (terrestrisch: TLS-DGM und flugzeuggetragen: ALS-DGM) aufgenommen wurden, wurde eine allgemeine struktureologische Auswertung eines der größten rezenten Massenbewegungen in Österreich, des Erdrutsches von Doren, unternommen. Das Untersuchungsgebiet dieser Fallstudie liegt in Vorarlberg, nordöstlich von Dornbirn in der Molassezone vor der Front der nördlichen Kalkalpen. Die Massenbewegung liegt in einer geomorphologisch markanten Lage am Rand eines Plateaus mit vom Gletscher geprägten Tälern und Geländerrücken. Lithologisch ist die Untere Süßwassermolasse bestimmend im Gebiet, gemeinsam mit Gletschermoränensedimenten.

Die Flusstäler im Gebiet tragen alle die Merkmale schneller Einschneidung in den relativ leicht erodierbaren Untergrund. Dieser unausgeglichene Sedimenttransport beeinflusst die Talflanken, an denen sich an einigen Stellen Massenbewegungen unterschiedlicher Größe gebildet haben. Von diesen ist die Massenbewegung bei Doren die zur Zeit bekannteste; sie gefährdet bereits besiedeltes Gebiet.

Die bisherigen Untersuchungen beinhalteten die wiederholte Erstellung von TLS- und ALS-DGMs der Massenbewegung, um die kurzfristigen volumetrischen Veränderungen und die Neugestaltung der Geländeoberfläche im Bereich des Erdrutsches zu bestimmen. Zusätzlich wurde eine strukturell-geomorphologische Analyse mit Hilfe von GIS und dazugehörigen Methoden von der Arbeitsgruppe durchgeführt. Hierbei wurde die geologische Umgebung der Massenbewegung und angrenzender Gebiete untersucht, um eine mögliche Verbindung zwischen (mikro)tektonischen Strukturen und dem Erdrutsch aufzuweisen. Es wurden lineare und planare Elemente, die aus den DGMs durch (1) visuelle Lineamentanalyse und (2) automatische Segmentierung abgeleitet wurden, mit Hilfe struktureologischer Geländearbeit und Messungen verifiziert.

Bei der automatischen Segmentierung wurde ein Verfahren angewendet, das ursprünglich für die Gebäudeidentifizierung und Modellierung von Dachlandschaften entwickelt wurde (DORNINGER & PFEIFER 2008). Es basiert auf einem hochentwickelten, robusten Segmentierungsverfahren der dreidimensionalen Punktwolke anhand eines Nachbarschaftskriteriums, das eine Anzahl an lokalen 3D-Regressionsebenen sucht. Hierbei werden die Elementflächen gesucht, so dass die maximale Ausdehnung der einzelnen Elemente erreicht werden kann wobei die Anpassung der Punkte den vom Benutzer angegebenen Schwellenwert erfüllt. Von diesen Elementen ausgehend werden alle Punkte, die eine zusammenhängende, ebene Fläche bestimmen, ausgewählt. Aufgrund des Algorithmus können Millionen von Punkten zeitgleich auf einem Standard-PC innerhalb einer angemessenen Rechnerzeit bearbeitet werden. Somit können geomorphologisch relevante Gebiete gleichzeitig bearbeitet werden. Für jedes Segment werden zusätzliche Para-

meter berechnet (Lage, Flächengröße, Hangrichtung, Hangneigung, Rauigkeit), die dann später analysiert werden können. In den Gebieten rund um den Erdrutsch zeigen die Streichrichtungen der geologisch relevanten Ebenen eine gute Korrelation mit der Orientierung der Lineamente die auf ALS-DGMs kartiert wurden. Die Hauptstreichrichtung liegt ONO - WSW. Innerhalb des von der Massenbewegung beeinflussten Gebietes sind jedoch markante Unterschiede zwischen den geologischen Messungen und den Lineamenten erkennbar. Die OSO - WNW orientierten Lineamente auf den TLS-DGMs konnten nicht im Gelände kartiert werden. Die Ursachen für diese Abweichungen werden noch untersucht. Im Falle der automatischen Segmentierung zeigen Elemente im Bereich um die Massenbewegung herum ebenfalls gute Korrelation sowohl in den Streich-, als auch in den Fallrichtungen. Die Erkennung von steilen Störungsflächen innerhalb des Erdrutsches liefert vielversprechende Ergebnisse, die durch die Anpassung der Eingangsparameter noch verbessert werden könnten.

Die im Allgemeinen gute Korrelation der durch drei verschiedene Methoden kartierten Elemente (struktur-geologische Kartierung, Lineamentanalyse und Segmentierung) zeigen die Genauigkeit der LiDAR-Daten und die Verlässlichkeit der von diesen DGMs abgeleiteten Beobachtungen.

DORNINGER, P. & PFEIFER, N. (2008): A Comprehensive Automated 3D Approach for Building Extraction, Reconstruction, and Regularization from Airborne Laser Scanning Point Clouds. - Sensors, 8 (11): 7323-7343.

### Maximum Grain Size (MGS) in marble provenance studies: various methods and their influence on the results - a review

ZÖLDFÖLDI, J.<sup>1</sup>, & SZEKELY, B.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Institut für Geowissenschaften, Universität Tübingen, Wilhelmstr. 56, 72074 Tübingen, Germany;

<sup>2</sup> Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, Technische Universität Wien, Gußhausstr. 27-29, 1040 Wien, Austria;

<sup>3</sup> Department of Geophysics and Space Science, Eötvös University, 1117 Budapest, Pazmany P. setany 1/C., Hungary

The Maximum Grain Size (MGS) analysis, a technique that is based on the finding and measurement of the largest grain in a polished surface or in this section of a stone sample, has been found as a straightforward, and often decisive provenance method in marble provenance (e.g., SCHMID et al 1995). Owing to the successful provenance determinations in Mediterranean marbles (e.g., MOENS et al. 1988), numerous authors have started to publish their results measured primarily on material from classic antique marble quarries and important historic artefacts (e.g., PERUGINI et al. 2003, ZÖLDFÖLDI & SATIR 2003, CRAMER 2004; UNTERWURZACHER et al. 2005, ATTANASIO et al. 2006, MORBIDELLI et al. 2007, ZÖLDFÖLDI & SZEKELY 2004, 2005, 2008, SZEKELY & ZÖLDFÖLDI 2009). Despite the numerous contributions and the high number of published MGS values, for the most studied marbles like e.g., Proconnesian

(Marmara), Penteli, Naxos and Carrara types, there is some discrepancy in the data and this is often beyond the expected scatter (PERUGINI et al. 2003, SZEKELY & ZÖLDFÖLDI 2009). The purpose of this paper is to tackle the problem of various measurement techniques and their possible effect on the MGS values.

The most comprehensive database of maximum grain size with more than 1300 samples was published by ATTANASIO et al. (2006). Their measurement of marble grain size is generally based on the microscopic examination of the thin sections. Since a large number of samples needed to be measured, they used a simpler, rapid method. A cut and polished sample surface is treated with HCl 2N for approximately 30 seconds in order to display the edges of the crystalline grains more clearly. After having rinsed and dried the sample, the crystalline grains, or at least the largest of them, have been observed with the aid of a normal reflecting microscope, equipped with a polarising filter. In this way the value of the MGS, the maximum dimension of the largest microcrystal present in the sample, have been measured in mm with the aid of a graduated eyepiece. In some cases, the observation value depends on the direction of the surface cut of the polished section, and for this reason it is often useful to compare the results from two different sections, with cuts that are perpendicular to each other. A series of controls was carried out by ATTANASIO et al. (2006) and they show that the classical thin section method and that just described provide MGS results in agreement within 10 %. This is not true when an estimate of the average value of the crystalline grain size is necessary. Extremely small crystals, in fact, are difficult to observe due to reflection from the polished surface and this reduces the accuracy of the results.

CRAMER (1998) used a different approach investigating of the Telephosfries marbles. He measured parameters of the grains along a traverse in the thin section. Of these grains the longest diameters and perpendicularly to those the width of each grain was measured. In his approach, for some cases the „mean grain size“ („*mittlere Kornanschnitt*“) was also derived, that means, the measured distance was divided by the number of the grains that was crossed by the track of the traverse. This procedure can result in a smaller grain diameter than with the first procedure. A similar procedure was applied in CRAMER (2004). However, the measurements were not carried out directly in the microscope. Average grain size (AGS) was calculated by dividing the measured distance by the number of the crossed grains along several measuring traverses on the enlarged image of the thin section. For determining the maximum grain size (MGS) the three biggest punches in each case were measured. The quotient from MGS and AGS can be a measure of the heterogeneity or homogeneity of the crystal lattice structure. Recognizing the ambiguity of the MGS parameter, Cramer used the second largest grain as an important property. These values of the second largest grain are of course lower, however, because of statistical reasons; they describe somewhat better the heterogeneous grain structure, because an isolated big grain cannot bias accidentally the values. Thus, the values often turn out to be larger in the second that offers a more realistic picture. However, using the second largest, and not a certain