

compared to those obtained in Vienna, where the SG has acquired gravity data over a period of 12 years.

The investigation of environmental effects on gravity is focussed on two phenomena:

1. Long-term gravity residuals are dominated by local hydrological effects associated with water mass transport from topography (predominantly above the SG) down into the ground and with water mass storage below the SG level. Three events could be identified so far associated with periods of heavy rain or snow melt.
2. Short-term (period <5 min) air pressure variations are frequently observed in that area in case of specific weather conditions. This permits studying the sign-reversal of the pressure admittance to gravity and the gravity response on high frequency air pressure variations.

### Single-grain OSL Datierung - Potential und Limitation eines neuen Datierungswerkzeuges im Kontext archäologischer Sedimente

MEYER, M.C.<sup>1,2</sup>, JACOBS, Z.<sup>2</sup> & ROBERTS, R.G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Innsbruck, Innrain 52, 6020 Innsbruck;

<sup>2</sup> Centre of Archaeological Sciences, School of Earth and Environmental Sciences, University of Wollongong, New South Wales, Australia

Die Optisch Stimulierte Lumineszenz (OSL) Datierung hat sich in den letzten Jahren als eine wichtige Datierungstechnik in der Quartärforschung etabliert und gewinnt auch in der Archäologie rasant an Bedeutung (LIAN & ROBERTS 2006). Ausschlaggebend für diesen Bedeutungsgewinn der OSL Datierung im archäologischen Kontext war eine technische Verfeinerung der Datierungsmethodik: die Entwicklung der OSL Einzelkorndatierung (single-grain OSL dating), wo mittels eines fokussierten Lasers das Lumineszenzsignal mehrerer hundert bis tausend einzelner Sedimentkörner effizient ausgelesen werden kann. Die dadurch generierten hochauflösenden OSL Datensätze sind hilfreich um beispielsweise fluviatiles und glaziofluviatiles Sedimentmaterial mit nur teilweiser Nullstellung des Lumineszenzsignals zuverlässig zu datieren (DULLER 2006). Im Fall von archäologischen Sedimenten, welche stratigraphisch meist komplexe aufgebaut sind, kommen die Vorteile der single-grain OSL Datierung voll zum Tragen (JACOBS & ROBERTS 2007). So weisen archäologische Sedimentsequenzen oft (i) verschiedene Formen post-depositionaler Sedimentmischung auf, (ii) das Sedimentmaterial kann eine nur teilweise Nullstellung des OSL Signals erfahren haben oder (iii) im Falle von Höhleneingangssedimenten können die Sedimente mit Körnern, welche aus dem Höhlendeckenmaterial stammen, kontaminiert sein. Via single-grain OSL können diese Formen der Sedimentmischung und Kontaminationen erkannt werden und deren nachteiligen Effekte korrigiert werden bevor ein finales OSL Alter errechnet wird. Weiters können Sedimentkörner mit abnormalen OSL Verhalten identifiziert und von der weiteren Datenanalyse ausgeschlossen

sen werden (MEYER et al. 2009). Ähnlich rigorose Qualitätskontrollen wie über den single-grain Ansatz sind mittels herkömmlicher OSL Methodiken (multi-grain Ansatz) nicht erzielbar. Dieser Vortrag erläutert technische sowie statistische Aspekte der single-grain OSL Datierung anhand von Beispielen laufender archäologischer Projekte aus Süd Afrika (BROWN et al. 2009) und Nord-Afrika (MEYER et al. 2010) sowie aus Europa (MEYER et al. 2008).

BROWN, K.S., MAREAN, C.W., HERRIES, A.I.R., JACOBS, Z., TRIBOLO, C., BRAUN, D., ROBERTS, D.L., MEYER, M.C. & BERNATCHEZ (2009): Fire As an Engineering Tool of Early Modern Humans. - *Science*, **325**: 859-862.

DULLER, G.A.T. (2006): Single grain optical dating of glacial deposits. - *Quaternary Geochronology*, **1**: 296-304.

JACOBS, Z. & ROBERTS, R.G. (2007): Advances in optically stimulated luminescence (OSL) dating of individual grains of quartz from archaeological deposits. - *Evolutionary Anthropology*, **16**: 210-223.

LIAN, O.B. & ROBERTS, R.G. (2006): Dating the Quaternary: progress in luminescence dating of sediments. - *Quaternary Science Reviews*, **25** (19-20): 2449-2468.

MEYER, M.C., MARJANAC, L., JACOBS, Z. & ROBERTS, R. (2008): Luminescence geochronology and evaluation of the environmental dose rate for the Neanderthal deposits at Vindija Cave (Northern Croatia). - EGU General Assembly, Vienna, conference proceedings EGU2008-A-05899, April 13-18 2008.

MEYER, M.C., JACOBS, Z., ROBERTS, R.G., DIBBLE, H., SCHURMANS, U. & EL HAJRAOUI, M.A. (2009): Aberrant OSL behaviour of single grains of quartz from Smugglers Cave (Morocco): component-resolved analysis and implications for multi-grain De estimates. - Second Asia Pacific Conference on Luminescence and Electron Spin Resonance Dating November 12-15, 2009 Ahmedabad, India.

### Geothermische Erkundung bei Tunnelprojekten - Beispiele aus den Anden

MILLEN, B.<sup>1</sup>, HÖFER-ÖLLINGER, G.<sup>2</sup> & MOLTERER, S.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Geoconsult ZT GmbH, Maximilianstraße 9, A-6020 Innsbruck; bernard.millen@geoconsult.at;

<sup>2</sup> Geoconsult Deutschland GmbH, Gewerbegasse 6, D-83395 Freilassing; giorgio.hoefer-oellinger@geoconsult.eu;

<sup>3</sup> Geoconsult ZT GmbH, Hölzlstraße 5, A-5071 Wals bei Salzburg; stefan.molterer@geoconsult.at

Die Gebirgstemperatur bzw. die Temperatur des angetroffenen Bergwassers ist für die Tunnelplanung äußerst wichtig. Einerseits stellen hohe Temperaturen Erschwernis bei der Errichtung und beim Betrieb dar. Besonders hohe Temperaturen spielen auch bei Materialeigenschaften der Tunnelausrüstung eine Rolle. Andererseits können ausreichend hohe Temperaturen für energetische Nutzungen verwendet werden.

Die Temperatur hängt theoretisch ab von der Wärmestromdichte, der thermischen Leitfähigkeit des Gebirges und vom geothermischen Gradienten - drei Größen, die über die Formel  $Q = K \times I$ , mit:  $Q$  [mW/m<sup>2</sup>] = Wärmestrom,  $K$  [W/mK] = thermische Leitfähigkeit des Gebirges,  $I$  [°C/km] = geothermischer Gradient, voneinander abhängen.

Praktisch wird die Temperatur nahe der Erdoberfläche - und jedes durch Menschenhand geschaffene Untertagebauwerk ist, geologisch gesehen, oberflächennah - durch eine Reihe von „Störfaktoren“ beeinflusst, die die tatsächlich angetroffene Temperatur stark von einer theoretisch berechneten abweichen lässt.

Die thermische Leitfähigkeit eines Gebirges (im geomechanischen Sinne) hängt von drei Faktoren ab:

- Thermische Leitfähigkeit der Gesteine
- Temperatur
- Grad der Verwitterung und Zerlegung des Gebirges

Die thermische Leitfähigkeit von Gesteinen kann beträchtliche Unterschiede aufweisen. Während Werte für Gips (~0,5 bis 1) nahe bei dem von Wasser (0,5) liegen, ist der Großteil der Gesteine im Bereich zwischen 2 und 3,5 angesiedelt. Einzelne Gesteine, z.B. saure Granite, Quarzite etc. können hingegen Werte bis über 7 aufweisen (CLAUSER & HUENGES 1995).

Die Abhängigkeit von der absoluten Temperatur selbst wird wirklich relevant ab 150, meist 200 °C (CLAUSER & HUENGES 1995) und ist im Betrachtungsraum für Infrastrukturbauwerke unerheblich.

Verwitterung und Zerlegung des Gebirges können die thermische Leitfähigkeit durch die geringere Leitfähigkeit der Kluffüllungen (z. B. Ton, Wasser) reduzieren. In diesem Punkt zeichnet sich eine Parallele zur Geomechanik ab.

Wenn man, vereinfachend, K für ein gewisses Gebirge als konstant betrachtet, sind Wärmefluss und Gradient proportional zueinander. Sie werden oberflächennah maßgeblich von den nachstehenden Faktoren beeinflusst:

- Temperatur an der Oberfläche und deren Schwankungen
- Zirkulation des Grundwassers, initiale Temperatur desselben
- Morphologische Einflüsse (Geometrie der Landoberfläche, Einflüsse von Meerwasser etc.; JABOYEDOFF 1999)
- Tektonische Einflüsse (Hebungen, Senkungen)

Es obliegt dem Geologen, diese Einflüsse zu bewerten und zu quantifizieren, um damit eine entsprechende Prognose durchführen zu können. Hiefür liegt eine Reihe von Methoden vor, die je nach Aufgabenstellung, Projektphase, Relevanz und vorhandenen Mitteln angewandt werden kann. Die nachfolgende Auflistung wird sukzessive genauer und geht damit tiefer in die Projektierung:

- Berechnung unter Annahme eines durchschnittlichen Gradienten  $T(z) = z \times I$
- Einbeziehung von regionalen Wärmeflusskarten aus der Literatur
- Versuch einer Zonierung unter Einbindung der thermischen Leitfähigkeit der Gesteine bzw. des Gebirges
- Versuch der Berücksichtigung des Geometrieeffektes
- Hydrogeologische Kartierungen mit Laboranalytik und Interpretation
- Bohrungen mit Messungen in situ

Bohrungen geben direkten Aufschluss über die Temperatur, wenn das Bohrloch nur lange genug für Beobachtungszwecke zur Verfügung steht, dass die durch den Bohrvorgang selbst beeinflusste Temperatur ihren ursprünglichen Status wieder erreicht hat. Kostspielige Bohrungen werden vor allem in frühen Projektphasen noch nicht durch-

geführt.

Zwei Fallbeispiele wurden in letzten drei Jahren in den südamerikanischen Anden anhand zweier Tunnelvorhaben mit Überlagerung von jeweils deutlich über 1000 m durchgeführt.

Während für eines der Projekte, einen 52 km langen Bahntunnel, lediglich Überlegungen zur Machbarkeit durchgeführt wurden, befindet sich das zweite Projekt, ein 14 km langer Straßentunnel, in einem Stadium intensiver Erkundungen, einschließlich Bohrungen.

Die Projekte durchqueren die Anden in unterschiedlichen Höhen, die maximalen Überlagerungen liegen zwischen 1750 und 2250 m. Der regionale Wärmefluss ist im Betrachtungsraum sehr inhomogen (UYEDA & WATANABE 1982). Er liegt, regional stark schwankend, zwischen 60 und 100 mW/m<sup>2</sup>. Für eine durchschnittliche thermische Leitfähigkeit des Gebirges von 2,5 W/mK ergibt sich damit ein Gradient von 24 bis 40 °C/km.

Aus den genannten Überlegungen, sowohl theoretischer Natur als auch durch Interpolation von bereits durchgeführten Bohrlochmessungen, sind für beide Tunnelvorhaben Temperaturen von etwa 55 bis 70 °C prognostiziert.

CLAUSER, C. & HUENGES, E. (1995): Thermal conductivity of rocks and minerals. - (In: AHRENS, T.J. (Ed.): Handbook of Physical Constants). - 105-126, (American Geophysical Union) Washington, D.C.

JABOYEDOFF, M. (1999): Modèles thermiques simples de la croute terrestre : un regard sur les Alpes. - Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat., 86/4: 229-271.

UYEDA, S. & WATANABE, T. (1982): Terrestrial heat flow in western South America. - Tectonophysics, 83: 63-70.

### **Neudefinition der Saalachzone in den Nördlichen Kalkalpen (Österreich, Deutschland): was ist sie, woher kommt sie und woraus besteht sie?**

MISSONI, S. & GAWLICK, H.-J.

University of Leoben, Department for Applied Geosciences and Geophysics, Prospection and Applied Sedimentology, Peter-Tunner-Strasse 5, 8700 Leoben, Austria;  
hans-juergen.gawlick@mu-leoben.at;  
s.missoni@daad-alumni.de

Die Saalachzone im westlichen Bereich des Zentralabschnittes der Nördlichen Kalkalpen ist bis heute eine der umstrittensten, weil tektonisch isoliert stehenden Zonen innerhalb der Nördlichen Kalpen. Ohne hier auf die Historie der Entwicklung der unterschiedlichen Interpretationsversuche der Saalachzone eingehen zu können, sei die generelle und meist vertetene Auffassung erwähnt, daß die Saalachzone als Teil der Hallstätter Zonen in den Nördlichen Kalkalpen gesehen wird und bis 2003 (MISSONI 2003, FRISCH & GAWLICK 2003) als Teil des die Berchtesgadener Decke unterlagernden Hallstätter „Schollenkranzes“ im Sinne von TOLLMANN (1976) angesehen wurde und vielfach bis heute fälschlicherweise wird. Jüngste Arbeiten (ORTNER et al. 2008, MISSONI & GAWLICK 2010) fassen den jeweils bekannten Untersuchungsstand zusammen und interpretieren die Stellung der Saalachzone auf Grund des