



Abb. 1: Balkendiagramm neu gefundener Hinweise auf Erdbeben in Niederösterreich (jeweils links = bislang bekannte Anzahl von Erdbeben pro Jahrhundert, mittig = neue Hinweise auf Erdbeben, rechts = davon verwertbare Hinweise, die eine Parametrisierung des Erdbebens erlauben).

siert, die sich auf 332 Ereignisse bezogen, wovon 204 auf den Zeitraum vor 1900 entfielen.

In 106 Fällen ist eine Ergänzung - d.h. dezidierte Angaben über das Epizentrum oder die Epizentralintensität - für den Erdbebenkatalog wünschenswert, jedoch aufgrund der Datenlage derzeit nicht möglich. Hierbei handelt es sich um allgemeine Angaben, wie z. B. „in Niederösterreich war ein Erdbeben“. Diese Fälle entziehen sich damit bis auf weiteres statistischen Untersuchungen.

Auch „fakes“, also fälschlich als Erdbeben interpretierte Einträge im Erdbebenkatalog, als auch in den Originalquellen, wurden dokumentiert, um zukünftigen Untersuchungen diesen Arbeitsschritt zu ersparen. Es handelte sich dabei um 21 „fakes“, die alle vor 1900 auftraten. Das prominenteste dieser Ereignisse war das scheinbare Erdbeben von 1668 in Wiener Neustadt mit einer ursprünglich angenommenen Epizentralintensität vom Grad 7, gleichbedeutend mit mittelstarken Gebäudeschäden.

Das berühmte Erdbeben von 1590 - bekannt als „Neulengbacher Erdbeben“ - wurde im Rahmen der Studie ebenfalls in Detail untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass das Epizentrum entgegen der bisherigen Annahme nicht in Neulengbach gelegen haben dürfte, sondern westlich des Riederbergs - bei Reichersberg. Damit können sowohl die umfangreichen Schäden in Wien und die geringen Auswirkungen um St. Pölten erklärt werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass aus den letzten 100 Jahren ca. 100mal so viel Information vorhanden ist, wie aus dem Zeitraum 1000-1899. Das bedeutet jedoch nicht, dass die Seismizität in diesem Zeitraum zugenommen hat, sondern dass die Datenfülle historischer Ereignisse zunimmt, je mehr man sich der Gegenwart nähert. Mit Hilfe der Studie sind jetzt nicht nur verbesserte Einschätzungen der Erdbebengefährdung möglich, sondern es kann auch die „seismische Geschichte“ für die einzelnen Ortschaften in Niederösterreich angegeben werden.

Geothermie Tiefenkraftwerk

HÄMMERLE, H.¹, MUSER, C.¹, EGGL, K.H.¹,
SPENDLINGWIMMER, R.², JUNG, M.²,
NIEDERBRUCKER, R.² & LEOPOLD, P.²

¹ ARGE Energie hoch 10, 1070 Wien, Austria;

² AIT, Austrian Institute of Technology,
2444 Seibersdorf, Austria

Tiefe Geothermie: Die Nutzung von tiefen geothermischen Reservoiren kann unter anderem nach der Art des Wärmetauschverfahrens klassifiziert werden, wobei zwischen offenen und geschlossenen Systemen differenziert wird (SCHULZ 2008). In den letzten dreißig Jahren hat sich die Forschung hauptsächlich auf offene Systeme, die die Hochenthalpie-Lagerstätten natürlichen Ursprungs vom Funktionsprinzip nachzubilden versuchen, konzentriert. Ansätze zur Nutzung der Wärme aus größeren Tiefen mit Techniken, wie sie in der oberflächennahen Geothermie erfolgreich eingesetzt werden sind zwar schon Verwirklicht worden, z. B. die Geothermiebohrung RWTH-1 für das SuperC-Gebäude der Rheinisch-Westfälische Technischen Hochschule Aachen oder befinden sich noch im Entwicklungsstadium wie das „Closed Loop Geothermal System - CLGS“, (LEGARTH & WOLFF 2000, SCHMID 2005, SCHULZ 2008), beide Verfahrensansätze scheinen aber nicht das Potential für eine großtechnische Umsetzbarkeit zu besitzen. Das Projekt „Geothermie Tiefenkraftwerk“ setzt mit einem neuen Verfahrensansatz dabei neue Maßstäbe hinsichtlich Skalierung, Planungssicherheit und Steuerbarkeit. Die zugrundeliegende Überlegung ist, die Technik der oberflächennahen Geothermie mittels einer ultratiefen Bergwerksinfrastruktur in den Hochtemperaturbereich zu transformieren. Dabei sind neben logistischen Herausforderungen vor allem geotechnische, bohrtechnische und geo-thermodynamische Fragestellungen zu erforschen, entsprechende Technologien zu adaptieren und fortzuentwickeln. Im Hinblick auf die Art der Veranstaltung behandelt dieser Beitrag vor allem Fragen betreffend die Geologie.

Geologie: Die grundsätzliche Idee eines bergmännisch errichteten Geothermiefiefenkraftwerks bis in große Teufen ist sowohl aus geotechnisch-bergmännischer Sicht als auch hinsichtlich der hydrogeologischen Bedingungen und der Wasserhaltung noch Neuland; zur Lösung diverser Fragestellungen hierzu besteht mangels vorhandener Beispiele noch großer Forschungs- und Entwicklungsbedarf.

- Welche Tiefen werden benötigt?

Ausgehend vom erwartbaren, durchschnittlich Tiefengradienten von ca. 30 °C pro km ist bei einem angestrebten Temperaturniveau von >180 °C ein Teufenbereich um 6.000 m erforderlich (HIRSCHMANN 1996, ZHARIKOV et al. 2003).

- Was sind die geologisch-geotechnische Anforderungen an einen möglichen Standort?

Aus geologischen, geo- und tunnelbautechnischen und hydrogeologischen Gründen ist ein möglichst homogenes, kluftwasserarmes und nicht allzu sprödes Gebirge anzustreben. Derartige Gesteine sind sowohl in der Böhmisches Masse (Granitplutone) als auch in den metamorphen Kristallinkomplexen des Ostalpins zu erwarten.

- Wie verhalten sich das Gebirge und die Kluftwässer bei Temperaturen über 100 °C beim Vortrieb?

Durch den hohen hydraulischen Gradienten der durch den Schacht gegenüber dem Kluftwasser induziert wird, ergeben sich insbesondere im Siedebereich von Wasser kaum prognostizierbare Effekte, wobei zu erwarten ist, dass Kluftwässer als Dampf austreten, sofern das Gebirge nicht ausreichend gekühlt werden kann. Noch ungeklärt ist die Frage des Gebirgsverhalten unter derartigen Bedingungen.

HIRSCHMANN, G. (1996): KTB - The structure of a Variscan terrane boundary: seismic investigations - drillings - models. - *Tectonophysics*, **264**: 327-339, (Elsevier) Amsterdam.

LEGARTH, B. & WOLFF, H. (2000): Technische Machbarkeit eines Untertägig Geschlossenen Geothermischen Wärmetauschersystems (UGGW) für die standortunabhängige Energiegewinnung. - Scientific Technical Report STR00/23 (GFZ Potsdam).

SCHMID, S.P. (2005): Erhöhung des Energieertrages eines Untertägig Geschlossenen Geothermischen Wärmetauschers durch die Verwendung geeigneter wärmeleitender Zementrezepturen. - Dissertation TU-Berlin.

SCHULZ, S.U. (2008): Investigations on the Improvement of the Energy Output of a Closed Loop Geothermal System (CLGS). - Dissertation TU-Berlin.

ZHARIKOV, A.V., VITOVTOVA, V.M., SHMONOV, V.M. & GRAFCHIKOV, A.A. (2003): Permeability of the rocks from Kola superdeep borehole at high temperature and pressure: implication to fluid dynamics in the continental crust. - *Tectonophysics*, **370**: 177-191, (Elsevier) Amsterdam.

3D Dokumentation und räumliche Analyse von archäologischen Funden am Mitterberg bei Mühlbach

HANKE, K., KOVAS, K. & MOSER, M.

Leopold-Franzens - Universität Innsbruck, Institut für Grundlagen der Bauingenieurwissenschaften, Arbeitsbereich Vermessung und Geoinformation

Im Jahr 2007 wurde der Spezialforschungsbereich HiMAT (Die Geschichte des Bergbaus in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten - Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft) an der Universität Innsbruck als interdisziplinäres Projekt gestartet. Eine grundlegende Aufgabenstellung unseres Projektteils „Vermessung und Geoinformation“ ist die kontinuierliche Dokumentation der archäologischen Ausgrabungen und Funde (HANKE et al. 2009). Das Gebiet um den Mitterberg zählt zu den eindrucksvollsten bronzezeitlichen Bergbaurevierern (STÖLLNER 2008). Der mehr als 3000 Jahre alte Holzkasten vom Mitterberg war einer der wichtigsten Funde im Jahr 2009 und wurde mit einer Kombination verschiedener Vermessungsmethoden genauestens dokumentiert.

Die Datenerfassung erfolgte mit einem terrestrischen Laserscanner Trimble GX 3D im Oktober 2009. Die Dokumentation wurde in einer ersten Phase durchgeführt, als die Archäologen die etwa 1,5 m × 1,5 m breit und 0,5 m hohe Holzkonstruktion gerade gefunden hatten. Die zweite Datenerfassung erfolgte nach der Freilegung, vor dem Beginn des eigentlichen Konservierungsprozesses. Als

Auflösung der beiden Schichten und Holzteile wurde 2 mm gewählt und zusätzlich die Umgebung des Holzkastens mit einer Auflösung von 20 mm erfasst. Die beiden Epochen wurden in zwei Tagen aus insgesamt 14 verschiedenen Positionen gescannt. Das Volumen der Rohdaten beträgt etwa 14 Millionen Punkte. Der Holzkasten wurde



Abb. 1: 3D Modell des Holzkastens.

anschließend noch mit einer kalibrierten Nikon D200 Digitalkamera photogrammetrisch aufgenommen. Die hochauflösenden Fotos liefern die benötigten Bilddaten für die anschließende Texturierung des Objektes (MOSER et al. 2009).

Den Arbeitsablauf während der Datenauswertung kann man in vier Schritten zusammenfassen: 1. Vorverarbeitung der Punktwolken, 2. Vermaschung der Punktwolken und Erzeugung eines 3D Modells, 3. gemeinsame Orientierung der Fotos, 4. Texturierung der 3D Modelle mit dem generierten Bildverband (Abb. 1). Während des angewendeten Arbeitsablaufs wurden die verschiedenen Datensätze komplett registriert und passgenau zusammengeführt.

Der Arbeitsbereich Vermessung und Geoinformation konnte darüber hinaus nach der Bergung der Teile im März 2010 mit einem FARO LaserScanArm™ einen Detail-Laserscan der einzelnen Holzbretter mit einer Auflösung von 0,2 mm durchführen. Das Ziel dieser Aufnahme war eine allseitige Datenerfassung und 3D Modellierung der geborgenen Holzteile.

Neigungs- und Richtungsanalysen des hochauflösenden räumlichen Modells der Holzbretter zur Untersuchung der bronzezeitlichen Bearbeitungsspuren mit ArcGIS bestätigen die Erwartungen der Archäologen und werden vorgestellt.

HANKE, K., HIEBEL, G., KOVACS, K. & MOSER, M. (2009): Surveying and Geoinformation - Contributions to an interdisciplinary special research program on the history of mining activities. 22nd CIPA Symposium, October 11-15, 2009, Kyoto, Japan. - The ISPRS International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences and The CIPA International Archives for Documentation of Cultural Heritage Vol. XXII.

MOSER, M., HYE, S., GOLDENBERG, G., HANKE, K. & KOVACS, K. (2009): Digital documentation and visualization of archaeological excavations and finds using 3D scanning technology. - (In: Proc. ARQUEOLOGICA 2.0), 1st International Meeting on Graphic Archaeology and Informatics, Cultural