

Das Projekt: Research @ Zentrum am Berg: Spätestens seit den Bränden im Mont Blanc- und Tauerntunnel wurde der Fachwelt klar, dass zur Beherrschung bzw. Vermeidung derartiger Ereignisse intensive Anstrengungen aus verschiedensten Blickwinkeln unternommen werden müssen. Grundlage hierfür sind Forschungen unter realitätsnahen Bedingungen bzw. Insitu-Schulungen - also eine Ausbildung unter realen Bedingungen - um vertiefte Kenntnisse auf diesen Gebieten entwickeln zu können. Um Spitzenforschung sowie auch die Aus- und Weiterbildung in diesen Fachbereichen gewährleisten zu können, ist ein Insitu-Labor, welches mit dem Zentrum am Berg - kurz ZaB - errichtet und betrieben werden soll, dringend erforderlich. Neben Geologie und Geomechanik wurden in der Machbarkeitsstudie wirtschaftliche Aspekte erhoben.

Zur Geologie: Der steirische Erzberg liegt in der höheren Norischen Decke der östlichen Grauwackenzone. Diese wird von den permischen Präbichlformation und den mesozoischen Kalkalpen überlagert.

Auf Etage Dreikönig im Bereich des geplanten Tunnelprojekts kommen im Wesentlichen vier Lithologien vor. Der unvererzte Sauberger Kalk ist ein feingeschichteter Kalk mit Typuslokalität „Sauberger Steinbruch“ am steirischen Erzberg. Der Blasseneck Porphyroid, welcher ein vulkanisches Gestein aus dem späten Ordovizium darstellt. Dieser erreicht am steirischen Erzberg eine maximale Mächtigkeit von 400 Metern. Die Eisenerzer Schichten bzw. Zwischenschiefer, welche vorwiegend aus bunten Schiefern und Phylliten bestehen und meist stark mechanisch durchbewegt sind. Als vierte Einheit ist das Erz (Siderit, Rohwand) mehr oder weniger lagenförmig in die devonischen bis karbonen Karbonatabfolgen eingeschaltet. Die maximale Mächtigkeit des Erzes erreicht 300 Meter (SCHÖNLAUB 1982, SCHÖNLAUB et al. 1980).

Im Zuge der Machbarkeitsstudie wurde eine ingenieurgeologische Kartierung durchgeführt. Die Orientierungen der Trennflächen sowie die geotechnisch relevanten Gesteinsparameter und Wasserzutritte wurden dabei dokumentiert. In den ausgebauten Bereichen des bereits vorhandenen Stollensystems wurden Anomalien wie Risse, Druckerscheinungen an den Ulmen sowie Nachbrüche aufgenommen. Die Daten des Trennflächengefüges wurden einer „Unwedge Analysis“ unterzogen, um potentielle Gleitkeile, welche durch Trennflächenverschnitte entstehen, zu erkennen.

Zur Geomechanik: In einem ersten Schritt wurde jeder Lithologie eine Gebirgsart in Anlehnung an die ÖGG Richtlinie für geotechnische Planung von Untertagebauwerken bei zyklischem Vortrieb (2008) zugewiesen. Im Anschluss wurden für jede Gebirgsart ein Datensatz mit durchschnittlichen und einer mit pessimistisch erwarteten Gesteins- bzw. Gebirgskennwerten festgelegt. Abschnitte mit derselben Gebirgsart wurden in weiterer Folge zu Gebirgsbereichen zusammengefasst. Auf Grundlage der einzelnen Parameter der verschiedenen Gebirgsarten bzw. Gebirgsbereiche konnte mittels Kennlinienverfahren das Gebirgsverhalten und in direkter Folge daraus die Gebirgsverhaltenstypen mit Hilfe verschiedener Abgrenzungskriterien (FEDER 1981, SCHUBERT & GROSSAUER 2002, STEINER et al. 2005, VAVROVSKY 1987) ermittelt werden.

Nach der Ermittlung der Gebirgsarten und Gebirgsverhaltenstypen wurde in Anlehnung an die ÖGG Richtlinie für geotechnische Planung von Untertagebauwerken bei zyklischem Vortrieb (2008) der Ausbau mit Hilfe des Kennlinienverfahrens festgelegt. Als Stützmittel kommen Spritzbeton und SN-Anker zum Einsatz. Der Spritzbeton wurde hierbei vereinfachend mit einem linear elastischen - ideal plastischen Materialverhalten angesetzt, die Implementierung der SN-Anker erfolgt über eine „passive Kohäsionserhöhung“ als bodenverbessernde Maßnahme nach WULFSCHLÄGER (1988). Stahlbögen flossen nicht in die Berechnung des Ausbaustützdruckes ein.

Fazit: Beim Durchörtern der Sauberger Kalke und der vererzten Bereiche kann es auf Grund ungünstiger Trennflächenverschnitte zu gefügebedingten Mehrausbrüchen kommen. Eine Spritzbetonschale ist hier notwendig um das Gebirge zu versiegeln und weiteres Nachbrechen zu verhindern. Im Blasseneck Porphyroid wird neben der Spritzbetonschale eine Systemsicherung mit SN-Ankern als Ausbaumaßnahme vorgeschlagen. In den Eisenerzer Schichten ist neben der Spritzbetonschale und der Systemankerung noch eine Voraussicherung mit unvermörtelten Spießen vorgesehen, da die Phyllite und Schiefer auf Grund der mäßigen Gebirgsverhältnisse und der starken tektonischen Beanspruchung des Gesteins bereits beim Vortrieb zu Nachbrüchen neigen.

- FEDER, G. (1981): Firstniederbrüche im Tunnelbau. - Forschung und Praxis, **27**: 52-63, Köln.
 ÖSTERREICHISCHE GESELLSCHAFT für GEOMECHANIK (2008): Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit zyklischem Vortrieb, Salzburg.
 SCHÖNLAUB, H.P., FLAJS, G. & THALMANN, F. (1980): Conodontenstratigraphie am Steirischen Erzberg (Nördliche Grauwackenzone). - Jb. Geol. B.-A., **123**: 169-229, Wien.
 SCHÖNLAUB, H.P. (1982): Die Grauwackenzone in den Eisenerzer Alpen (Österreich). - Jb. Geol. B.-A., **124**: 361-423, Wien.
 SCHUBERT, W. & GROSSAUER, K. (2002): Definition von Abgrenzungskriterien zur Ermittlung von Gebirgsverhaltensotypen. - (Institut für Felsmechanik und Tunnelbau) TU Graz.
 STEINER, A., SCHUBERT, W. & GROSSAUER, K. (2005): Criteria for the Determination of Ground Behaviour Types. - Diplomarbeit Institute for Rock Mechanics and Tunneling TU Graz, Graz.
 VAVROVSKY, G.M. (1987): Entspannung, Belastungsentwicklung und Versagensmechanismen bei Tunnelvortrieben mit geringer Überlagerung. - Dissertation MU Leoben, Leoben.
 WULFSCHLÄGER, D. (1988): Ein Verbundwerkstoffmodell im Tunnelbau. - Dissertation Karlsruhe, Karlsruhe.

The Gaisberg Gosau of Salzburg: lithostratigraphy, facies, structure

WAGNER, R. & NEUBAUER, F.

Dept. Geography and Geology, University of Salzburg,
Hellbrunnerstr. 34, 5020 Salzburg, Austria

The Gaisberg Gosau, part of the Upper Cretaceous-Eocene Gaisberg-Reichenhall Gosau basin, is the key region for unraveling the tectonic history of a Gosau basin at the northern margin of the Northern Calcareous Alps. The Gaisberg Gosau likely formed as part of a pull-apart-type

basin. In terms of preservation, a southern subunit with exclusively thick Kreuzgraben Conglomerate can be distinguished from a northern subunit with only fragments of Conglomerate and a well exposed section of mainly marls of the Nierental Formation. Both subunits are separated by an east-trending dextral strike-slip fault. The Kreuzgraben Conglomerate of the southern subunit represents a thick-bedded terrestrial fluvial conglomerate with well rounded components. Upper portions of the Kreuzgraben Fm. also contain fluvial, cross-bedded sandstones indicating paleo-transport to west and up to 8 m thick mudstone intercalated with tempestitic sandstone layers. The Kreuzgraben Fm. comprises mainly Triassic - Jurassic limestone and dolomite clasts of nearby origin within the Central Northern Calcareous Alps and minor, sand-sized ophiolitic detritus in sandstones. The origin of the ophiolitic detritus is disputed and could have its origin in the very rare ophiolite boulders occurring within the tectonic mélange of the Permian to Lower Triassic Haselgebirge Formation.

The northern subunit includes fragments of red Kreuzgraben Conglomerate likely overlain by a ca. 60-80 m thick marly succession of the Nierental Formation and a grayish limestone representing a new lithostratigraphic formation. Discovery of undetermined ammonites within marls indicate that major portions of the succession belong to the Late Cretaceous. The northern subunit indicates rapid deepening of the depositional realm during Late Cretaceous.

On the map-scale, we could recognize gently WNW plunging upright folds predating deposition of the Gaisberg Gosau. Structures within the Gaisberg Gosau well monitor basin inversion during several stages. All these structures are likely younger than Middle Eocene (youngest sedimentary infill of the Gaisberg-Reichenhall Gosau). Main structures include: Ca. W plunging folds and reverse faults formed during N-S shortening, dextral strike-slip fault separating the northern and southern subunits, and sinistral strike-slip faults.

Pliocene to Pleistocene faulting at the transition between Alps and Pannonian Basin: Constraints from dating fault activity by the $^{26}\text{Al}/^{10}\text{Be}$ burial age method

WAGNER, T.¹, FRITZ, H.¹, STÜWE, K.¹ & FABEL, D.²

¹ Institute of Earth Sciences, Karl-Franzens University, Universitätsplatz 2, 8010 Graz, Austria;

² Department of Geographical and Earth Sciences, University of Glasgow, G12 8QQ, Scotland, UK

For the geodynamic interpretation of the Alpine-Carpathian-Pannonian realm, the Pliocene to Pleistocene tectonic evolution at the transition between the Eastern Alps and the Pannonian Basin poses a series of open questions: (1) What is the significance of the fault pattern that evolved during latest orogenic evolution? The general Lower- to Middle Miocene fault pattern accommodated much of the Eastern Alpine eastward extrusion and is fairly

well known. However, some of these major faults are found to be still active at kinematics typical for Middle Miocene times (e.g., Bus et al. 2009), although it has been suggested that the stress regime at the orogen-basin transition changed substantially during the Miocene. (2) Why are there apparently no structures related to basin inversion at the Alpine - Pannonian transition as found elsewhere in the central Pannonian Basin? General consensus holds that roll back and retreat of the Carpathian Slab steered extensional tectonics in the Miocene, but ceased around Late Miocene. This resulted in inversion of the Pannonian Basin (HORVATH & CLOETINGH 1996). The observed surface uplift at the western termination of the Pannonian Basin, i.e. the Styrian Basin is commonly associated with this process. (3) What is the interpretation of ~ 10 km vertical steps of the Moho at the transition between Eastern Alps and the Pannonian Basin as revealed by seismic experiments? BRÜCKL et al. (2010) identified a triple junction between European, Adriatic and Pannonian / Tisza plates west of the SE corner of the study area. Hence, the question arises whether the simple picture of Miocene extension by extrusion between Adriatic and European plates and renewed Pliocene compression induced by cease of the Carpathian slab pull has to be modified.

Lineament analysis and fault plane solution data in the transition between Alpine orogen and Pannonian Basin shows that a kinematically coherent and seismically inactive block can be defined in this region. This block - here called the „Styrian Block“ - is delineated by the Mur-Mürz Fault System in the north, the Pöls-Lavanttal Fault System in the west and the Periadriatic Fault System in the south and includes both the eastern most part of the Alps and the westernmost part of the Pannonian Basin. Fault analysis shows that the young stress field within this block appears to be extensional in W-E direction. An 1.56 ± 1.11 Ma age of fault activity is constraint by burial age data of quartz rich sediments entrapped within a fault using the nuclide pair ^{26}Al and ^{10}Be . Here we interpret the post-Miocene fault pattern as result of north-south convergence between European and Adriatic plates and displacement partitioning along margins of coherent crustal fragments. The Styrian Block is part of the Pannonian fragment. Strike-slip displacement resolved along margins of this coherent block, especially along the northern Mur-Mürz Fault System. Here the European plate acts as a rigid backstop along which N-S plate motion trajectories are deflected into eastward flow, thereby releasing strike slip displacement. The Styrian Block is continuously extending since Early to Middle Miocene and it experiences uplift since about the Miocene-Pliocene boundary. We explain this by two interfering processes: (1) The weak Pannonian fragment is underthrusted from north and southwest by European and Adriatic plates and (2) decreasing extension rates towards east. While the eastern Pannonian Basin experiences W-E convergence since the cease of Carpathian subduction, the Styrian Block is still extending eastwards. This scenario reflects a multiplate interference system and highlights the complex interplay of plate motion and its consequences to topography and landforming processes.