

commodated by twinning as well as by grain boundary migration (SCHMID et al., 1987). The structural and textural profiles from GP to the micaschist marble complex support the idea that deformation was not distributed homogeneously within the wrench corridor. Quartz and calcite textures indicate that deformation partitioned into pure shear and simple shear dominated domains. Sinistral simple shear translation was mainly accommodated within discrete zones.

The second profile crosscut the normal fault with detachment of GP from the Koralm micaschists. Within the micaschists non-penetrative *ecc* fabric as well as localised dynamic recrystallisation of quartz is observed with increasing deformation intensity towards the border with GP. At the western border there are no marble intercalation within the crystalline of Koralm. To check fluid migration during normal faulting, stable isotope analysis on whole rock and associated subparallel quartz veins were done. No major variations of whole rock ($\delta^{18}\text{O}$ between 13.9 and 14.6‰) or vein quartz ($\delta^{18}\text{O}$ between 14.0 and 16.1‰) were observed toward the border with GP.

Calcite fabrics from the „Grenzmarmor“ are mainly deformed by twinning with LPO of „c“ axes displaying slightly asymmetrical patterns. The $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ values are around 25 respectively 2‰, values comparable with the „Grenzmarmor“ values from the wrench zone. There is no strong variation in the stable isotopic signature across the zone of normal faulting.

Preliminary results indicate: 1) Different lithologies preserve their primary isotopic composition (e.g. quartzites, marbles), between quartzite and marble layers there were no lateral fluid exchanges. A marble layer shows a much lower signature indicating a possible local infiltration. The strike slip zone was constant in space and homogeneously deformed during the exhumation of the Gleinalm dome. 2) In contrast, to the west the data support no fluid infiltration and no penetrative deformation. More probably different sets of normal faults were active during different periods of bulk extension.

Indiens nördlicher Kontinentalrand im Paläozoikum: Lithostratigraphie und Sedimentologie am Beispiel des Pin Valley (Spiti, NW-Indien)

ERICH DRAGANITS

Institut für Geologie, Althanstraße 14, A-1090 Wien
e-mail: Erich.Draganits@univie.ac.at

Spiti und speziell das Pin Valley stellt wegen seiner vorzüglichen Aufschlußsituation, des Fossilreichtums und der fast lückenlosen Schichtfolge vom Proterozoikum bis in die Kreide ein „El Dorado“ für Geologen und Paläontologen dar. Die Wiener Geologische Schule hat durch Ferdinand STOLICZKA, der in der Mitte des vorigen Jahrhunderts die ersten systematischen Geländearbeiten durchführte und mit Gerhard FUCHS, der das Pin Valley 1978 erstmals im Detail kartierte, einen besonderen Bezug zu Spiti. Trotz der weltweit unter Stratigraphen herausragenden Bedeutung dieser Schichtfolge fehlten bislang detaillierte Profile und auch moderne Datierungen der Formationen. In dieser Arbeit wurde die proterozoisch bis paläozoische Schichtfolge des Pin Valley bearbeitet, wobei der Schwerpunkt der Untersuchungen auf die MUTH FM. gelegt wurde, die durch ihre monotone, auffällig weiße Lithologie einen Leithorizont in den Sedimenten des NW-Himalayas darstellt, der von Kashmir bis Nepal verfolgt ist.

In Spiti wurden die Sedimente der Tethys Zone während der Himalaya Orogenese in großräumige, aufrechte Falten deformiert. Sie zeigen NNW-SSE streichende Faltenachsen und Wellenlängen von etwa 5 km (FUCHS 1982), die Metamorphose erreicht etwa die obere Anchizone. Die Schichtfolge des Pin Valley beginnt mit der PHE FM., charakterisiert durch dunkle Tonsteine und Siltsteine des Späten Proterozoikum, die ins Hangende eine Zunahme an Sandstein/Grauwacken Bänke zeigen. Ähnliche Lithologien sind sehr weit verbreitet und lassen sich von Kashmir bis Nepal im Higher Himalaya, aber auch mit zeitgleichen Sedimenten des Lesser Himalaya bis Pakistan korrelieren. Die Datierung erfolgt vor allem aus der stratigraphischen Position, der Zunahme von Spurenfossilien und des Karbonatgehaltes. Das Auftreten von Trilobiten, Brachiopoden und Protoconodonten im hangensten Abschnitt weist auf das Lage der Präkambriums/Kambriums Grenze innerhalb dieser Formation hin.

Die PHE FM. wird konkordant von den sandigen Dolomiten der PARAHIO FM. überlagert, in denen vier *coarsening-upward* Zyklen unterschieden werden können. Seltene Fossilfunde deuten auf ein Mittel- bis Spätkambrisches Alter hin. Die Hangendgrenze der PARAHIO FM. ist eine ausgeprägte Erosionsfläche, die im Pin Valley eine auffällige Winkeldiskordanz bildet. Diese Diskordanz lässt sich von Kashmir bis Nepal verfolgen und ist zeitgleich mit weitverbreiteten Granitintrusionen in der Higher Himalaya tektonischen Einheit.

Im Hangenden der Diskordanz setzt die Sedimentation der THANGO FM. im Frühen Ordovizium mit einem auffälligen, roten Transgressionskonglomerat ein. Diese fluviatilen Konglomerate sind im Pin Valley etwa 30 m mächtig und gehen im Hangenden in flachmarine monotone rote Quartzite über, die ihrerseits eine Mächtigkeit von mehr als 900 m erreichen.

Die Grenze zur PIN FM. ist scharf aber konkordant. Die PIN FM. erreicht im Pin Valley eine Mächtigkeit von 300 m und besteht zum Großteil aus gelblich verwitternden sandigen Dolomiten. Zwei *coarsening und thickening up-wards* Zyklen sind erkennbar, wobei jeweils sandige Dolomite in dunkelgraue Kalke mit Korallen in Lebensstellung übergehen. Diese Kalke sind reich an Biogenen, bei denen Brachiopoden, Trilobiten, Crinoiden und Korallenbruchstücke dominieren. Die Hangendgrenze der PIN FM. ist eine *disconformity*, eine Schichtlücke wird durch die auffällig rötliche Oxidation der obersten Bank der PIN FM. mit einem schwachen Relief angedeutet.

Mit einem scharfen lithologischen Kontrast folgen schnee-weiße Quarzarenite der MUTH FM. Bis auf eine wenige Meter dünne Dolomiteinschaltung im oberen Teil der Formation besteht die gesamte Formation aus reinen Quarzareniten. Sedimentologisch lassen sich 4 Fazies Bereiche unterscheiden, die gesamte Abfolge wird hier als ein *barrier island* System interpretiert. Zahlreiche, vorzüglich erhaltene Laufspuren von Arthropoden deuten auf eine subaerische Ablagerung von Teilen der MUTH FM. hin und geben Einblick in Lebensgewohnheiten von Myriapoden und Eurypteriden zur damaligen Zeit. Fossilien fehlen nahezu vollständig, weshalb die Formation nach ihrer stratigraphischen Stellung grob ins Frühe bis Mittlere Devon zu stellen ist.

Der Übergang in die hangende LIPAK FM. ist graduell und durch eine Zunahme von dolomitischen Sandsteinen gekennzeichnet, die in brachiopoden- und crinoidenreiche Kalke übergehen. Der hangendste Abschnitt zeigt schwarze mikritische Kalke. Eine vorläufige Datierung mit Conodonten belegt ein Alter von Givet bis ins Späteste Devon, möglicherweise auch Teile des Frühesten Karbons (pers. Mitt. John TALENT 1999). Die Hangendgrenze der LIPAK FM. ist eine Winkeldiskordanz, wo Brekzien der basalen GECHANG FM. (Mittleres Unter-Perm) den hangendsten Abschnitt LIPAK FM. erodier-

ten. Die Diskordanz oberhalb der LIPAK FM. wird mit den rifting Ereignissen bei der Öffnung der Neo-Tethys in Zusammenhang gebracht.

Die Paläozoische Schichtfolge wird durch die sehr einheitlichen und weit verbreiteten Tonsteine der oberpermischen GUNGRI FM. beendet.

Diese Arbeit wurde vom FWF (Fond zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung) unter der Projektnummer P-11765-Geo finanziell unterstützt.

Literatur

- FUCHS, G., 1982. The geology of the Pin valley in Spiti, H. P., India. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt (Wien), 124/2: 325-359.
- STOLICZKA, F., 1866. Geological section across the Himalayan mountains of Wangtu Bridge on the river Sutlej to Sungdo on the Indus: with an account of formation of Spiti, accompanied by a revision of all known fossils from the district. Mem. Geol. Surv. India. 5: 1-173.

Eine stark positive Kohlenstoffisotopenanomalie in den untertriassischen Karbonaten in den Dolomiten

¹HORACEK, M., ²BRANDNER, R. UND ¹ABART, R.

¹Institut für Mineralogie-Kristallographie und Petrologie
Karl-Franzens-Universität Graz, Österreich

²Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Innsbruck
Österreich

Während des Späteren Perms und der Früheren Trias bildeten die heutigen Dolomiten ein flachmarines Becken am Rande der westlichen Tethys. In dieser Zeit gab es starke Meeresspiegelschwankungen, während deren Tiefständen diese Region fallweise im inter- bis supratidalen Bereich lag. Dieser Abschnitt stellt sich durch die von Silt- und Sandstein dominierten Sedimente des oberen Seis und des Campil Member dar.

Die Kohlenstoffisotopensignatur dieser Abfolge zeigt nach einer Periode von gleichmäßigen Werten knapp über +1‰ im unteren Seis Member einen unregelmäßigen Anstieg im oberen Seis Member zu einem Maximum von +6‰ im Campil Member. Darauf folgt ein steiler Abstieg zu Werten unter -1‰, der sich dann langsam weiter bis zu -2‰ im oberen Campil Member fortsetzt.

Diese Isotopensignatur ist in den westlichen Dolomiten am Profil L'Om Picol beim Passo San Pellegrino und am Straßenprofil Pufels im Grödener Tal gefunden worden. Diese beiden Profile liegen etwa 30 Kilometer voneinander entfernt. Außerhalb der Dolomiten konnte diese Kohlenstoffisotopenanomalie an den Profilen Nammal Gorge und Landu Nala (beide Pakistan) identifiziert werden (BAUD, a. et al., 1996). Das Vorkommen dieses Phänomens an räumlich weit entfernten Lokalitäten lässt einen diagenetischen Effekt oder ein lokales Ereignis ausschließen. Diese Signatur ist ein Hinweis auf ein zumindest großregionales, vielleicht sogar globales Umweltereignis. Das Ausmaß der positiven Kohlenstoffisotopenexkursion ist vergleichbar in seiner Größe mit der Isotopenveränderung an der Perm-Trias Grenze. Es könnte ein Zeichen für eine Verschlechterung der marinen Zirkulation zwischen Tiefsee und flachmarinen Regionen sein, oder für die Verschlechterung der Zirkulation zwischen den Ozeanen. Eine Klimaänderung hin zu einem Treibhausklima als alleinige Ursache für die Isotopensignatur dürfte auf Grund der Größe der Exkursion auszuschließen sein. Die Umweltveränderung, von der die-

ses Phänomen Zeugnis ablegt, könnte, da sie knapp unterhalb der Smith-Spath Zeitgrenze stattfand, auch die Ursache des Faunensterbens an dieser Zeitgrenze gewesen sein.

Literatur

- BAUD, A., ATUDOREI, V. und SHARP, Z. (1996): Late Permian and Early Triassic evolution of the Northern Indian margin: carbon isotope and sequence stratigraphy. *Geodynamica Acta*, 9,2; 57-77.

Hydrogeologische Untersuchungen eines Dolomitstocks in den nördlichen Kalkvoralpen (Reichraminger Hintergebirge, OÖ)

THOMAS KEIMEL

Institut für Geologie, Universität Wien

Im Rahmen des europaweiten Kooperationsprogramms „Integrated Monitoring“, welches als Ziel die Erfassung von Luftschadstoffen und deren Auswirkungen auf Ökosysteme hat, wurde der Zöbelboden in den nördlichen Kalkvoralpen vom Umweltbundesamt als Langzeitbeobachtungsstandort eingerichtet. Ziel dieser Arbeit war es, anhand von Wasserdaten und von strukturgeologischen Messungen Aussagen über die Hydrogeologie des Zöbelstocks zu treffen, und ein erstes Abflussmodell aufzustellen. Die Ergebnisse sind als Grundlage für die Vorbereitung eines Tracerversuchs zu sehen, welcher genauere Aufschlüsse über die Abflussverhältnisse erbringen soll. Zusätzlich wurden Untersuchungen über die mineralogische und geochemische Zusammensetzung von 16 ausgewählten Gesteinsproben durchgeführt, sowie acht Dünnschliffe angefertigt und beschrieben.

Lithologisch handelt es sich beim Arbeitsgebiet um einen Hauptdolomitstock, welcher stellenweise geringe Auflagerungen von Plattenkalk aufweist. Die Schichtflächen des meist deutlich gebankten Hauptdolomits streichen im Allgemeinen Nordwest-Südost und sind zum Teil verfaultet. Die weitverbreitetsten Großstrukturen stellen nach Nordwest bis Nord einfallende Aufschiebungsflächen und, parallel zu den meisten Gräben, Nordwest-Südost streichende Blattverschiebungen dar. Flach einfallende Aufschiebungsflächen sind vermutlich die Ursache für höherliegende lokale Quellhorizonte. Da sich die Porosität der untersuchten Gesteine ausschließlich aus Klufthohlräumen zusammensetzt und keine tiefgreifende Verkarstung beobachtet wurde, ist der Zöbelstock als Klufftaquifer anzusehen.

Quellwässer des Zöbelstocks treten entweder direkt im anstehenden Gestein durch Klüfte aus oder sie fließen in Gräben und Rinnen unter einer Boden- bzw. Schuttbedeckung hervor. Schichtquellen mit einem mehreren Meter breiten Austrittshorizont sind häufig. Eine überwiegende kurzfristige, oberflächennahe Abflusskomponente zeigt sich aufgrund der Schüttdynamik und der höheren Standardabweichungen bei den Feldparametern Wassertemperatur und Leitfähigkeit vor allem bei höherliegenden Quellen (ab etwa 700 Meter Seehöhe). Talnahe Quellen hingegen besitzen ausgeglichene Werte.

Bei den ausschließlich im Hauptdolomit austretenden Quellwässern lassen sich fast immer unterschiedlich alte Abflusskomponenten nachweisen. Dabei handelt es sich vereinfacht um einen kurzfristigen Basisabfluss, welcher aus der oberen Auflockerungszone des Gesteins oder aus Schuttkörpern stammt, und einen langfristigen Basisabfluss, der den Trockenwetterabfluss darstellt. Vor allem geringe Öffnungs-