

REKONSTRUKTION VON PALÄOUMWELTBEDINGUNGEN: SAUERSTOFF- UND KOHLENSTOFFISOTOPE IN MIOZÄNEN MOLLUSKENSCHALEN

Christine LATAL^{1,2}, Werner E. PILLER² & Mathias HARZHAUSER³

¹ Institut für Angewandte Geowissenschaften, Technische Universität Graz, Rechbauerstraße 10, A-8010 Graz

² Institut für Erdwissenschaften, Universität Graz, Heinrichstraße 26, A-8010 Graz

³ Geologische-Paläontologische Abteilung, Naturhistorisches Museum, Burgring 7, A-1014 Wien

Eine häufig angewandte Methode zur Rekonstruktion von Paläoumweltbedingungen, beruhend auf einem aktualistischen Ansatz, ist die Ableitung der Umweltansprüche fossiler Taxa aus den Ansprüchen ihrer heute vorkommenden nahen Verwandten. Um die Risiken, die diese Methode hat, zu vermindern, können physikalische und chemische Methoden unterstützend eingesetzt werden. Zusätzlich zu den paläoökologischen Daten, die aus autökologischen und synökologischen Analysen hervorgehen, speichern biogene Karbonate sowohl in ihrer chemischen Zusammensetzung als auch in ihrer Isotopenzusammensetzung wertvolle Paläoumweltinformationen. Die Untersuchung von stabilen Isotopen in karbonatischen Organismenschalen entwickelte sich seit den 50-er Jahren zu der am häufigsten angewandten geochemischen Methode in der Paläoökologie. Sauerstoffisotopenanalysen dienen generell zur Abschätzung von Paläotemperatur und Paläosalinität, während Kohlenstoffisotopen in Beziehung zur Isotopenzusammensetzung des gelösten anorganischen Kohlenstoff stehen. Bestimmte Organismengruppen fallen ihre karbonatischen Schalen im isotopischen Gleichgewicht, während bei anderen „vitale Effekte“ zu Ungleichgewichtsbedingungen führen.

Mollusken eignen sich gut für die Anwendung stabiler Isotopenuntersuchungen, da sie ihre Schalen im Sauerstoffisotopengleichgewicht fällen (Grossman and Ku 1986; Cornu et al. 1993). Während die Sauerstoffisotopenzusammensetzung in Gastropodenschalen abhängig von der Wassertemperatur und der Sauerstoffisotopenzusammensetzung des umgebenden Meerwassers zur Zeit der Karbonatbildung ist, spielen für die Kohlenstoffisotopenzusammensetzung auch metabolische Prozesse eine wichtige Rolle.

Da jede dieser Methoden ihre Vorteile aber auch Grenzen aufweist, kann eine Kombination dieser unabhängigen Methoden zu einer detaillierten Rekonstruktion von Paläoumweltbedingungen führen.

Während des späten Eozäns bildeten sich das Mittelmeer und die Paratethys als neue Meeresbereiche. Vom Oligozän bis ins Miozän beeinflussten regionale geotektonische Vorgänge und globale Meeresspiegelschwankungen die Entwicklung der Paratethys. Besonders während des Miozäns kam es zu großen Veränderungen in den Umweltbedingungen durch das wiederholte Öffnen und Schließen von Meeresswegen mit dem Indischen Ozean im Osten, dem Mittelmeer und dem Atlantik im Westen. Diese Bedingungen führten zu ausgeprägten Veränderungen in den Fossilgemeinschaften.

Im Rahmen der FWF-Projekte „Stable isotopes and changing Miocene palaeoenvironments in the East Alpine region“ und „Evolution versus migration: Changes in Austrian Miocene molluscan paleocommunities“ wurden zahlreiche Isotopenmessungen an verschiedenen Gastropodengattungen aus mehreren miozänen Zeitschnitten durchgeführt. Schwerpunkte der Untersuchungen sind karpatische (frühes Miozän) Gastropodenschalen aus dem Korneuburger Becken und badenische (mittleres Miozän) Gastropodenschalen aus der Molassezone.

Das Korneuburger Becken weist ein komplexes Zusammenspiel von marinen und küstennahen bis terrestrischen Einflüssen auf. Obwohl die Geologie und Paläoökologie des Korneuburger Beckens in den letzten Jahren sehr intensiv untersucht wurden (Sovis & Schmid 1998, 2002), fehlten bisher geochemische Daten (Latal et al. eingereicht). Generell wurden bisher nur sehr wenige Isotopenstudien an Mollusken aus der Paratethys durchgeführt

(Geary et al. 1989, Matyas et al. 1996, Hladilova et al. 1998, Bojar et al. 2004, Latal et al. 2004). Das Korneuburger Becken weist eine der vielfältigsten karpatischen Molluskenfauna der Zentralen Paratethys mit 162 Gastropodenarten und 65 Bivalvenarten auf (Harzhauser 2002, Binder 2002, Ctyroky 2002, Zuschin et al. 2004).

Die Grund-Formation (Unteres Badenium) wurde zwar schon seit dem späten 19. Jhd. im Hinblick auf taxonomische Fragen untersucht, detaillierte sedimentologische und taphonomische Studien wurden aber erst kürzlich veröffentlicht (Roetzel et al. 1999, Harzhauser et al. 1999, Zuschin et al. 2001, Daxner Höck 2003).

Ein Vergleich der karpatischen und badenischen Mollusken der Zentralen Paratethys wurde kürzlich von Harzhauser et al. (2003) publiziert.

Zur Abschätzung der diagenetischen Überprägung wurden die Gastropodenschalen mit Röntgendiffraktometrie und Rasterelektronenmikroskopie untersucht. Die für die Isotopenanalysen verwendeten Gastropodenschalen bestehen aus Aragonit und weisen auf einen primären Schalenerhaltungszustand hin, sodaß die Isotopensignatur der Schalen für Paläoumweltrekonstruktionen herangezogen werden können.

Die Gastropodenschalen wurden mit einem Bohrer mit einer Bohrspitze von 0.3 mm Durchmesser entlang ihrer Wachstumsachse in regelmäßigen Abständen beprobt. Sauerstoff- und Kohlenstoffisotopen in den Proben wurden nach der Reaktion mit 100% Phosphorsäure bei 70°C in einer automatischen Probenaufbereitungsanlage (Finnigan Kiel II) und mit einem Finnigan Delta Plus Massenspektrometer am Institut für Erdwissenschaften der Universität Graz gemessen. Messungen von NBS-19 und einem internen Laborstandard ergeben eine Standardabweichung von 0.1‰ für $\delta^{18}\text{O}$ und $\delta^{13}\text{C}$. Die Isotopendaten sind in ‰ relativ zu VPDB angegeben.

Isotopenmessungen wurden an verschiedenen Gastropodenarten (z.B. *Turritella gradata*, *T. bicarinata*, *T. bellardii*, *T. eryna*, *Granulolabium bicinctum*, *Ocenebra crassilabiata*, *Tympanotonus cinctus*, *Tudicla rusticula*) durchgeführt. Der Schwerpunkt der Analysen liegt bei Schalen von Turritellen, da Studien an rezenten Turritellen zeigen, daß die Isotopenzusammensetzung von Turritellenschalen sehr gut die Umweltparameter zur Zeit der Karbonatbildung widerspiegeln. Turritellen leben in vielen verschiedenen Environments, bevorzugen aber normal marine Bedingungen (Allmon 1988). Detaillierte Beprobung einzelner Schalen aus dem Korneuburger Becken (Kleinebersdorf, Teiritzberg) und Grund zeigen im $\delta^{18}\text{O}$ einen zyklischen Verlauf, der als jahreszeitliche Temperaturschwankung interpretiert werden kann.

Schalen von *Turritella gradata*, *T. bicarinata* und *T. bellardii* aus dem marin beeinflussten Bereich des Korneuburger Beckens ergeben $\delta^{18}\text{O}$ -Werte von -2.0 bis 0.5 ‰ und $\delta^{13}\text{C}$ -Werte von 0.9 bis 3.5‰, während die Schalen von *Turritella eryna* aus Grund $\delta^{18}\text{O}$ -Werte von 0.7 bis 2.6‰ und $\delta^{13}\text{C}$ -Werte von 1.9 bis 4.0‰ aufweisen. Die Turritellen aus Grund weisen deutlich höhere $\delta^{18}\text{O}$ und $\delta^{13}\text{C}$ auf als die Turritellenschalen aus dem marinen Teil des Korneuburger Becken. Diese Unterschiede können einerseits durch Änderungen in der Wassertemperatur oder in der Sauerstoffisotopenzusammensetzung des Meerwassers begründet sein.

Unter der Annahme eines durchschnittlichen $\delta^{18}\text{O}$ -Wertes des Meerwassers von -1.0‰ SMOW für das Frühe Miozän (Lear et al. 2000), ergibt sich nach der Paläotemperaturgleichung von Böhm et al. (2000) ein Temperaturbereich von 13-26°C für das Korneuburger Becken, aber eine deutlich kühlere Temperatur von 4-19°C für die Molassezone (Grund).

Da unabhängige Paläoklimadaten keine derartig großen Klimaunterschiede für diese beiden Zeitschnitte belegen (in Sovis & Schmid 1998, Böhme 2003), können diese großen Unterschiede nur auf unterschiedliche Isotopenzusammensetzungen des Meerwassers in den einzelnen Teilbecken der Zentralen Paratethys zurückzuführen sein.

Literatur

- ALLMON, W.D. (1988): Ecology of Recent Turritelline Gastropods (Prosobranchia, Turritellidae): Current Knowledge and Paleontological Implications. - *Palaios* 3, 259-284.
- BINDER, H. (2002): Die Land- und Süßwasserschnecken aus dem Karpat des Korneuburger Beckens. - *Beiträge zur Paläontologie* 27, 161-203.
- BÖHM, F., JOACHIMSKI, M.M., DULLO, W.-C., EISENHAUER, A., LEHNERT, H., REITNER, J., WOERHEIDE, G. (2000): Oxygen isotope fractionation in marine aragonite of coralline sponges. - *Geochimica et Cosmochimica Acta* 64, 1695-1703.
- BÖHME, M. (2003): The Miocene Climatic Optimum: evidence from ectothermic vertebrates of Central Europe. - *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 195, 389-401.
- BOJAR, A.-V., HIDDEN, H., FENNINGER, A., NEUBAUER, F. (2003): Middle Miocene seasonal temperature changes in the Styrian basin, Austria, as recorded by the isotopic composition of pectinid and brachiopod shells. - *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 203, 95-105.
- CORNU, S., PÄTZOLD, J., BARD, E., MECO, J., CUERDA-BARCELO, J. (1993): Palaeotemperature of the last interglacial period based on $\delta^{18}\text{O}$ of *Strombus bubonius* from the western Mediterranean Sea. - *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 103, 1-20.
- CTYROKÝ, P. (2002): Marine und brachyhaline Bivalven aus dem Karpatium des Korneuburger Beckens (Österreich, Untermiozän). - *Beiträge zur Paläontologie* 27, 215-258.
- DAXNER-HÖCK, G. (Ed.) (2003): Middle Miocene vertebrates from the Austrian Moalss Basin – tie points for marine/continental correlation. – *Annalen Naturhistorisches Museum Wien*, 104A.
- GEARY, D.H., RICH, J., VALLEY, J.W., BAKER, K. (1989): Stable isotopic evidence of salinity change: Influence on the evolution of melanopsid gastropods in the late Miocene Pannonian basin. - *Geology* 17/11, 981-985.
- GROSSMAN, E.L., KU, T.-L. (1986): Oxygen and carbon isotope fractionation in biogenic aragonite: Temperature effects. - *Chemical Geology* 59, 59-74.
- HARZHAUSER, M., MANDIC, O., ZUSCHIN, M., PERVESLER, P., ROETZEL, R. (1999): Allochthone Molluskenschille aus der Grund-Formation (Unteres Badenium) in einer Thyasiridae-Fazies. – Abstracts Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1999, Retz-Hollabrunn, 223.
- HARZHAUSER, M., BÖHME, M., MANDIC, O., HOFMANN, Ch-Ch. (2002b): The Karpatian (Late Burdigalian) of the Korneuburg Basin – A Palaeoecological and Biostratigraphical Synthesis. - *Beiträge zur Paläontologie* 27, 441-456.
- HARZHAUSER, M., MANDIC, O., ZUSCHIN, M. (2003): Changes in Paratethyan marine molluscs at the Early/Middle Miocene transition: diversity, palaeogeography and palaeoclimate. - *Acta Geologica Polonica*, 53/4, 323-339.
- HLADILOVA, S., HLADIKOVA, J., KOVAC, M. (1998): Stable Isotope record in Miocene Fossils and Sediments from Rohoznik (Vienna Basin, Slovakia). - *Slovak Geological Magazine* 4/2, 87-94.
- LATAL, C., PILLER, W.E., HARZHAUSER, M. (eingereicht): Small-scaled environmental changes: indications from stable isotopes of gastropods (Early Miocene, Korneuburg Basin, Austria). - *International Journal of Earth Sciences*.
- LEAR, C.H., ELDERFIELD, H., WILSON, P.A. (2000): Cenozoic Deep-Sea Temperatures and Global Ice Volumes from Mg/Ca in Benthic Foraminiferal Calcite. - *Science* 287, 269-272.
- MATYAS, J., BURNS, S.J., MÜLLER, P., MAGYAR, I. (1996): What can stable isotopes say about salinity? An example from the late Miocene Pannonian Lake. - *Palaios* 11, 31-39.
- ROETZEL, R., MANDIC, O., STEININGER, F.F. (1999): Lithostratigraphie und Chronostratigraphie der tertiären Sedimente im westlichen Weinviertel und angrenzenden Waldviertel. – Abstracts Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1999, Retz-Hollabrunn, 38.
- SOVIS, W., SCHMID, B. (eds) (1998): Das Karpat des Korneuburger Beckens Teil 1. - *Beiträge zur Paläontologie* 23, 9-413.
- SOVIS, W., SCHMID, B. (eds) (2002): Das Karpat des Korneuburger Beckens Teil 2. - *Beiträge zur Paläontologie* 27, 9-467.
- ZUSCHIN, M., MANDIC, O., HARZHAUSER, M., PERVESLER, P. (2001): Fossil Evidence for Chemoautotrophic Bacterial Symbiosis in the Thyasirid Bivalve *Thyasira michelottii* from the Middle Miocene (Badenium) of Austria. – *Historical Biology* 15, 123-134.
- ZUSCHIN, M., HARZHAUSER, M., MANDIC, O. (2004): Spatial variability within a single parautochthonous Paratethyan tidal flat deposit (Karpatian, Lower Miocene – Kleinebersdorf, Lower Austria). - *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* 246, 153-168.