

und die geochemische Charakterisierung der Erze (Spurenelementgehalte, Isotopenverhältnisse) unerlässlich. Diese Daten bilden die Basis für Herkunftsstudien, wobei zunächst die Frage im Vordergrund stand, inwieweit eine Unterscheidung der Lagerstätten anhand geochemischer Parameter überhaupt möglich ist.

Im Rahmen des SFB HiMAT (History of Mining Activities in the Tyrol and Adjacent Areas - Impact on Environment and Human Societies) wurden in den letzten drei Jahren Erze von den bedeutenden Kupferkiesvorkommen am Mitterberg südlich von Salzburg, dem Viehhofener Revier bei Zell am See und von Kitzbühel-Jochberg sowie von den Fahlerzvorkommen im Unterinntal (Schwaz/Brixlegg) beprobt und analysiert (KRISMER et al. 2009, LUTZ et al. 2009). Insgesamt wurden bislang rund 120 Erzproben von den genannten Vorkommen untersucht. Alle Proben wurden mit instrumenteller Neutronenaktivierungsanalyse (NAA) gemessen, zusätzlich wurden bei einer Auswahl von Proben die Blei- und Wismutgehalte massenspektrometrisch bestimmt (QICP-MS, Quadrupol-Massenspektrometrie mit induktiv gekoppelter Plasma Anregung), da diese Elemente mit NAA nicht gemessen werden können. An derselben Probenserie wurden auch die Bleiisotopenverhältnisse mittels Multikollektor-ICP-MS bestimmt.

Die Analysen ermöglichen eine Differenzierung der Erzvorkommen anhand bestimmter geochemischer Charakteristika, insbesondere anhand der Elemente Ag, Ni, Bi, Sb und As. Die Bleiisotopenverhältnisse in den ostalpinen Vorkommen streuen sehr stark, dennoch gibt es auch hier tendenzielle Unterschiede zwischen den einzelnen Vorkommen.

Der Aufstieg und Niedergang der Bergbaureviere spiegelt sich in den in den Spurenelement- und Bleiisotopensignaturen der Artefakte wider. In der Frühbronzezeit dominiert in Südbayern, dem Salzburger Land und in Tirol Fahlerzkupfer im Fundbestand, das durch relativ hohe Gehalte an Antimon, Arsen und Silber gekennzeichnet ist. Die Spurenelement- und Isotopencharakteristika dieser Metallsorte entsprechen den Fahlerzen aus dem Unterinntal. Am Ende der Frühbronzezeit erscheint ein neue Metallsorte mit deutlich geringeren Anteilen an Spurenelementen, die aus Kupferkies erschmolzen wurde. Das Spurenelementmuster dieser Kupfersorte weist auf das Mitterberger Revier als bedeutender Herkunftsquelle hin. In der Mittelbronzezeit verdrängt dieses Metall das Fahlerzmetall vollständig, Fahlerze wurden in dieser Zeit offenbar nicht mehr gewonnen. In der Spätbronzezeit ändert sich das Bild erneut, neben Kupferkies werden auch wieder Fahlerze gewonnen und verhüttet, möglicherweise im Zusammenhang mit einer Erschöpfung der oberflächennahen Kupferkiesvorkommen oder eines allgemein gestiegenen Bedarfs an Metallen.

KRISMER, M., BECHTER, D., STEINER, M., LUTZ, J., TROPPER, P., VAVTAR, F. & PERNICKA, E. (2009): Pb-Isotopensignaturen von ausgewählten ostalpinen Kupferlagerstätten im Rahmen des SFB HiMAT. - (In: OEGGL, K. & PRAST, M. (Hrsg.): Die Geschichte des Bergbaus in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten), Proceedings zum 3. Milestone-Meeting des SFB HiMAT vom 23.-26.10.2008 in Silbertal. - 183-186, (Innsbruck University Press) Innsbruck.

LUTZ, J., PERNICKA, E., PILS, R., STEINER, M. & VAVTAR, F. (2009): Geochemische Charakterisierung der Erzvorkommen am Mitterberg und in Kitzbühel. - (In: OEGGL, K. & PRAST, M. (Hrsg.): Die Geschichte des Bergbaus in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten), Proceedings zum 3. Milestone-Meeting des SFB HiMAT vom 23.-26.10.2008 in Silbertal. - 175-181, (Innsbruck University Press) Innsbruck.

Petrographische und texturale Charakterisierung von Eisenerzen mittels automatisierter digitaler Bildverarbeitung

MALI, H. & SPUIDA, B.

Lehrstuhl für angewandte Geologie und Lagerstättenlehre, Montanuniversität Leoben, Peter-Tunner-Strasse 5, A-8700 Leoben

Das Verhalten von Eisenerzen in metallurgischen Direktreduktionsverfahren wird nicht nur durch die Zusammensetzung und Korngrößenverteilung bestimmt, sondern auch wesentlich von der Petrographie des Erzes und der Morphologie der Erzpartikel (MALI & REIDETSCHLÄGER 2003, MALI 2005). Eine manuelle Analyse der entsprechenden Parameter ist aufgrund der hohen Anzahl zu bewertender Partikel sehr aufwendig und fehleranfällig. Im Rahmen von K-netmet und K1-met-Projekten wurde eine digitale Bildverarbeitungsmethode zur automatischen Analyse von Erzproben entwickelt.

Es wurden die untersuchten Erze aufgrund der mineralogische Zusammensetzung und des Gefüges in verschiedene Typen eingeteilt. Als Bewertungskriterien wurden durch Reduktionstests empirisch ermittelte reduktionskinetische Parameter von Limonit, Hämatit und Magnetit herangezogen (HAUZENBERGER et al. 2004, THURNHOFER et al. 2005). Die Phasen- und Kristallgrößen sowie deren spezifische Oberflächen sind für die Reduzierbarkeit von herausragender Bedeutung.

Darauf aufbauend werden die Phasen anhand von Mikrophotos von polierten Schlifflinien automatisch identifiziert und die morphologischen Parameter, die für metallurgische Prozesse von Bedeutung sind, ermittelt. In weiterer Folge wurde eine Methode zur Bestimmung der Reduzierbarkeit bzw. des erreichbaren Metallisierungsgrades über Flächenabbauraten entwickelt. Speziell wird näherungsweise die Reduzierbarkeit über Euklidische Distanzkarten (Abb. 1) der identifizierten Phasen und schrittweise Subtraktion von isodistanten Schalen der einzelnen Phasen bestimmt.

Einige Ergebnisse für verschiedene Erztypen (Feineisenerze, Pellets, Sinter und Stückerze) werden vorgestellt und erläutert. Von besonderem Interesse sind dabei die Verläufe der Flächenabbaukurven und daraus ableitbare Aussagen über den zeitlichen Verlauf des Reduktionsprozesses. Insbesondere der Möglichkeit der Eignungsbewertung von Erzen für den Einsatz in bestimmten Reduktionsprozessen ohne Reduktionstests im Labor kommt große Bedeutung zu. Ein großes Potential für die Anwendung des vorgestellten Verfahrens auf andere eisenmetallurgische Prozesse besteht dahingehend, dass es auch für die Bewertung von Pellets, Stückerze und Sinter in



Abb. 1: Isodistanzkarte von Hämatit eines Erzpartikels.

weiterentwickelter Form geeignet erscheint.

Danksagung: Die vorliegende Arbeit wurde vom Österreichischen Kompetenzzentrum COMET, vom BMVIT, BMWFJ, den Bundesländern Oberösterreich, Steiermark und Kärnten, von SFG und von der Tiroler Zukunftsstiftung gefördert.

HAUZENBERGER, F., REIDETSCHLÄGER, J., SCHENK, J.L. & MALI, H. (2004): Methods for Assessing the Properties of Fine Iron Ores for Reduction Processes. - *BHM*, **149**, H 11: 385-392, Wien.

MALI, H. (2005): A Petrographic Standard for Determination of Iron Ore Reducibility in Gas Based Direct Reduction Processes. - *Mitt. Österr. Miner. Ges.*, **151**: 85, Wien.

MALI, H. & REIDETSCHLÄGER, J. (2003): Mineralogy, Texture and Reducibility of Iron Ore Fines for Finmet® Fluidized Bed Reduction. - *Proc. Intern. Students Day of Metallurgy*, **10**: 100-104, Leoben.

THURNHOFER, A., SCHACHINGER, M., WINTER, F., MALI, H. & SCHENK, J.L. (2005): Iron Ore Reduction in a laboratory scale Fluidized Bed Reactor - Effect of pre-reduction on final reduction degree. - *ISIJ International*, **45**, 2: 151-158, Tokyo.

Geodynamik und Klimaänderung als Motor der Evolution: miozäne Langzeitseen der Balkanhalbinsel

MANDIC, O.¹, HARZHAUSER, M.¹, DE LEEUW, A.², KRIJGSMAN, W.², PAVELIC, D.³ & HRVATOVIC, H.⁴

¹ Geologisch-Paläontologische Abteilung, Naturhistorisches Museum in Wien, Burggring 7, 1010 Wien, Österreich; oleg.mandic@nhm-wien.ac.at;

² Paleomagnetic Laboratory Fort Hoofddijk, Utrecht University, Budapestlaan 4, 3584 CD, Utrecht, Niederlande;

³ University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottieva 6, 10000 Zagreb, Kroatien;

⁴ Federal Institute for Geology - Sarajevo, Ustanicka 11, 71210 Ilidza, Bosnien & Herzegowina

Im Rahmen des FWF-Projektes (Nr. P18519-B17): „Molluskenevolution der miozänen Dinariden Seesysteme“ konnten zum ersten Mal das genaue Alter und die Dauer der Sedimentation im bis zu 75.000 Quadratkilometer großen, miozänen Dinariden Seesystem im heutigen Südosteuropa bestimmt werden. Diese Altersbestimmung ermöglichte in der Folge einen neuen Einblick in die Evolutions-

geschichte der einzigartigen Molluskenfauna dieser Paläoseen. Die Untersuchungen fanden in Kroatien und in Bosnien und Herzegowina statt, wo diese Sedimente in zahlreichen tektonischen Becken der Dinarischen Alpen oder an den Inselbergen des südlichen Pannonischen Becken gut aufgeschlossen sind (MANDIC et al. 2009). Altersberechnungen, basierend auf zahlreichen geophysikalischen und geochemischen Messungen, definierten die Dauer der Sedimentation mit der Zeitspanne zwischen 18 und 14 Millionen Jahre vor Heute (DE LEEUW et al. 2010, JIMENEZ-MORENO et al. 2009). Ihre auffallende zeitliche Übereinstimmung mit der Entstehung und mit der frühen tektonischen Phase des Pannonischen Beckens deutet darauf hin, dass Geodynamik die treibende Kraft hinter der Initialisierung und Entwicklungsgeschichte des Dinariden Seesystems war. Ebenso zeigt sich eine auffallende zeitliche Koinzidenz zwischen Seenentwicklung, Molluskenradiation und der globalen miozänen Erwärmungsphase. Gerade die zahlreichen in Bosnien und Herzegowina abgebauten Kohlelager können somit als Produkte des temporären CO₂-Maximums in der miozänen Erdatmosphäre gesehen werden. Die Molluskenfauna der Dinariden Seen schließen ungefähr 200 Arten ein. Die meisten von ihnen sind ausschließlich aus dieser Region bekannt, und sind offensichtlich Produkte autochthoner Evolutionsprozesse (HARZHAUSER & MANDIC 2008). Unsere Daten deuten darauf hin, dass sich derartig hohe Diversitätswerte am ehesten aus einer Kombination der autochthonen Artenbildung in einem langlebigen System und der Ansammlung langlebiger Arten aus vorhergehenden Phasen ergeben. Die Dauer eines solchen Evolutionspulses beträgt etwa 200000 Jahre. Auf die Umweltstörungen reagieren die Mollusken durch erhöhte morphologische Variation und Artbildung. Mollusken der Dinariden Seen zeigen auffallende morphologische Konvergenzen zur Fauna des spätmiozänen Pannon-Sees. Die neuen Altersbestimmungen schließen nun aber eine zeitliche Koexistenz definitiv aus. Hier zeigt sich, dass aufgrund der Anpassung an ähnliche Lebensräume über lange Zeitspannen, auch in nicht verwandten Linien ähnliche Morphologien entwickelt werden. Die Analysen belegen einen bisher unbekanntem faunistischen Gradienten innerhalb des Dinariden See-Systems. Der taxonomisch diversere und evolutiv fortschrittlichere Süden unterscheidet sich klar von den ärmeren und einfacheren Faunen im Norden. Ursachen dafür, wie die etwa die frühe Existenz der heute wirksamen Wasserscheide in den Dinariden oder ein klimatischer Nord-Süd Gradient konnten durch vorhandene Daten nicht herausgefiltert werden und sollten in Rahmen eines Folgeprojektes untersucht werden.

DE LEEUW, A., MANDIC, O., VRANJKOVIC, A., PAVELIC, D., HARZHAUSER, M., KRIJGSMAN, W. & KUIPER, K.F. (2010): Chronology and integrated stratigraphy of the Miocene Sinj Basin (Dinaride Lake System, Croatia). - *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, doi:10.1016/j.palaeo.2010.03.040.

HARZHAUSER, M. & MANDIC, O. (2008): Neogene lake systems of Central and South-Eastern Europe: Faunal diversity, gradients and interrelations. - *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **260**: 417-434.

JIMENEZ-MORENO, G., DE LEEUW, A., MANDIC, O., HARZHAUSER, M., PAVELIC, D., KRIJGSMAN, W. & VRANJKOVIC, A. (2009): Integrated stratigraphy of the early Miocene lacustrine deposits of Pag Island (SW Croatia): palaeovegetation and environmental