

**UMWELTMINERALOGIE UND GEOCHEMIE IM RAHMEN DES  
INTERNATIONALEN KOLA-PROJEKTES**

von

**D. Gregurek<sup>1</sup>, C. Reimann<sup>2</sup> & E.F. Stumpfl<sup>1</sup>**

MinPet 98

<sup>1</sup>Institut für Geowissenschaften, Montanuniversität Leoben  
Peter-Tunner-Straße 5, A-8700 Leoben

<sup>2</sup>Norges geologiske undersøkelse (NGU), Leiv Eirikssons vei 39, N-7040 Trondheim

Fünfzehn Schnee- und Bodenproben wurden in unmittelbarer Nähe (1.5 - 8 km) von Werken der Ni-Cu-Industrie auf der Halbinsel Kola, NW Rußland im Rahmen des internationalen Kola-Projektes („Kola-ecogeochemistry“; <http://www.ngu.no/Kola>, REIMANN et al., 1988) genommen. Die Schneeproben wurden am Ende der arktischen Wintersaison (April 1996) genommen und geochemisch sowie mineralogisch untersucht. Im Juli 1997 sind an den gleichen Probennahmepunkte fünfzehn Bodenproben und zusätzlich drei Podsolprofile entnommen worden. Die hier präsentierten Ergebnisse beziehen sich nur auf die Schneeproben.

Die Hauptemittenten sind die Aufbereitungs- und Röstanlage in Zapoljarnij mit den großen Pechenga-Lagerstätten (6.5 mt Erz/Jahr), das Ni-Hüttenwerk in Nickel und der Ni-Cu-Co-Hütten- und Raffineriekomplex in Monchegorsk. Die Technologie der Ni-Cu-Gewinnung hat sich seit der Erstproduktion von Ni-Cu-Stein in den 30iger Jahren nicht wesentlich geändert. Die Umweltbelastung der drei Industriewerke zählt zu den zehn weltgrößten Emittenten (GUNN et al., 1995) und betrug 1995, 300.000 t SO<sub>2</sub>, 2000 t Ni, 1100 t Cu, 94 t V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und 92 t Co (Report of the Murmansk Region Committee of Ecology and Nature Resources, 1995, in: REIMANN et al., 1996). Eine vollkommene Zerstörung der Vegetationsdecke im Umkreis von wenigen Kilometern (< 10 km) um die Industriezentren und Entstehung von „technogenen Wüsten“ sind das Resultat, das auch auf Satellitenbildern sichtbar ist (HØGDA et al., 1995).

Die Schneeproben wurden vom Finnischen Geologischen Dienst (GTK) aufgeschmolzen und abfiltriert. Beide Fraktionen, das abfiltrierte Schmelzwasser (SW, < 0.45 µm) und der Filtrerrückstand (FR, > 0.45 µm) wurden getrennt auf mehr als 40 Elemente mit Hilfe der ICP-MS, ICP-AES und Ionenchromatographie analysiert. In der Filtrerrückstand-Fraktion wurden mit GFAAS zusätzlich Pd, Pt, Rh und Au gemessen. Filtrerrückstände wurden danach am Institut für Geowissenschaften, Leoben im Kunstharz eingebettet und anpoliert. Die polierten Anschliffe wurden mikroskopisch im Auflicht untersucht und mit der Elektronenstrahlmikrosonde qualitativ und quantitativ analysiert.

Die analytischen Daten für Spurenelemente (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Br<sup>-</sup>, Ca, Cd, Cl<sup>-</sup>, Co, Cr, Cu, F, Fe, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Rb, S, Sb, Sc, Se, Si, Sr, Th, Tl, U, V, Y, Zn) zeigen in unmittelbare Nähe der Industriewerke (Zapoljarnij, Nickel und Monchegorsk) sehr hohe Konzentrationen (GREGUREK et al., 1998). Die Gehalte in den Schneeproben sind um das 10000-100000 fache angereichert (beide Fraktionen - SM und FR), im Vergleich zu „background“ Gehalten in Finnland (eines der am geringst belasteten Gebiete Europas). Außerdem wurden in Schneeproben von Monchegorsk Konzentrationen bis zu 2700 ng/l Pd, 650 ng/l Pt und 180 ng/l Au nachgewiesen. Dies ist vermutlich auf die PGE- (Pd, Pt, Rh) und Au-reichen Noril'sk (Talnakh) Erze die im Hüttenkomplex von Monchegorsk verhüttet werden, zurückzuführen. Die einzelnen Edelmetalle korrelieren gut miteinander wie auch mit Te (Korrelationsfaktor  $r^2 > 90$ ).

Mineralogischen Untersuchungen von feinkörnigem, partikulärem Material das während eines Winters im Schnee abgelagert wurde zeigen, daß geogene und anthropogene (technogene) Komponenten vorliegen. Die Korngröße der einzelnen Phasen variiert zwischen wenigen  $\mu\text{m}$  bis zu  $>100 \mu\text{m}$ .

In den Schneefiltraten (Rückständen) von Zapoljarnij kommen Magnetkies, Pentlandit, Kupferkies, Bornit, Magnetit, Chromit und Ilmenit vor, die weitgehend noch nicht durch den Röstprozeß beeinflusst wurden. Die Texturen und Mineralphasen sind ähnlich denen in den lokalen Pechenga-Erzen. Außerdem wurden zahlreiche Gangminerale wie Titanit, Pyroxen, Amphibol, Talk, Chlorit, Serpentin, Plagioklas und Quarz beobachtet. Diese Partikel (Sulfide, Oxyde und Silikate) repräsentieren entweder den Staub von Bergbauaktivitäten und/oder Material aus dem Röstprozess. Auch technogen veränderte Sulfide (meist monosulphide solid solution - „mss“) und Oxyde (Magnetit, teilweise oder zur Gänze in Maghemit/Hematit umgewandelt) kommen vor.

In den Schneefiltraten von Nickel und Monchegorsk überwiegen technogene Partikel - Phasen die durch den Metalgewinnungsprozess verändert worden sind. Diese sind: a) globuläre Phasen mit sulfidischer Zusammensetzung (Verbindungen von Cu, Ni, Fe, Co mit S), häufig am Rande oxidiert (Magnetit/Wüstit), b) Schlackenpartikel, besonders häufig in den Schneefiltraten von Nickel, glasig oder auskristallisiert, mit den Hauptkomponenten  $\text{SiO}_2$ , FeO, CaO, MgO  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , c) metallische Partikel (Ni-Cu-Fe-Co-Legierungen) - nur in den Proben von Monchegorsk und d) Koks und Graphit. Neben den technogenen sind besonders in Monchegorsk zahlreiche Silikate nachgewiesen worden (Granat, Epidot/Zoisit, Titanit, Pyroxen, Amphibol, Glimmer, Chlorit, Serpentin, Plagioklas, Alkalifeldspat, Quarz) die vermutlich aus geogenem Staub stammen.

Die vergleichende mineralogische Untersuchungen von Bodenproben zeigen die Dominanz von oxidischem und silikatischem feinkörnigem, partikulärem Material. Vereinzelt wurden auch die sulphidischen Partikel (Pyrrhotit, Pyrit, Kupferkies und Pentlandit) sowie globuläre Phasen gefunden; diese sind aber weitgehend durch die Verwitterung/Alteration in Fe-Oxide/Hydroxide (Hämatit/Goethit) umgewandelt worden. In Monchegorsk treten verbreitet metallische Partikel mit unterschiedlicher Zusammensetzung (Verbindungen von Si, Ti, Cr, Al, Ni, Fe, Co, Cu) auf.

Die Partikel im Schnee repräsentieren das unalterierte, partikuläre Emissionsmaterial aus den umliegenden Industriezentren. Die Ergebnisse ermöglichen den Vergleich mit anderen Probenmedien wie etwa Boden sowie eine Korrelation mit verschiedenen Stadien der Prozeßtechnik und der im Prozeß eingesetzten Erze. Geochemische und mineralogische Untersuchungen von Bodenproben und Podsolprofilen, in Korrelation mit Ergebnissen von Schneeproben sollen zur Entwicklung eines geochemischen Modelles für den Transport von Schwermetallen vom Erz über Konzentrate, Röstgut, Hüttenprodukte und über Schnee in die Böden beitragen.

Wir danken den Österreichischen Forschungsfond (FWF) für die finanziellen Unterstützung (Projekt 11983 CHE; E.F. Stumpfl), V. Pavlov für die Geländearbeiten, H. Niskavaara für die analytischen Daten, H. Mühlhans für die exzellenten Anschliffe und F. Melcher für anregende Diskussionen.

## Literatur

- GREGUREK, D., REIMANN, C. & STUMPFL E.F. (1998): Trace elements and precious metals in snow samples from the immediate vicinity of nickel processing plants, Kola Peninsula, NW Russia. - *Environ. Pollut.* (in press).
- GUNN, J.M., CONROY, N., LAUTENBACH, W.E., PEARSON, D.A.B., PURO, M.J., SHORTHOUSE, J.D. & WISEMAN, M.E. (1995): From restoration to sustainable ecosystem. In: GUNN, J.M. (eds) *Restoration and Recovery of an Industrial Region. Progress in Restoring the Smelter-damaged Landscape near Sudbury, Canada.* Springer Verlag, New York, pp 335-344.
- HØGDA, K.A., TØMMERVIK, H., SOLHEIM, I. & MARHAUG, O. (1995): NORUT Information Technology Ltd.
- REIMANN, C., NISKA VAARA, H., CARITAT, P.de., FINNE, T.E., ÄYRÄS, M. & CHEKUSHIN, V.A. (1996): Regional variation of snowpack chemistry in the vicinity of Nikel and Zapoljarnij, Russia, northern Finland and Norway. - *Sci. Total Environ.* 182, 147-158.
- REIMANN, C., ÄYRÄS, M., CHEKUSHIN, V.A., BOGATYREV, I., BOYD, R., CARITAT, P.de, DUTTER, R., FINNE, T.E., HALLERAKER, J.H., JÆGER, Ø., KASHULINA, G., LEHTO, O., NISKA VAARA, H., PAVLOV, V., RÄISÄNEN, M.L., STRAND, T. & VOLDEN, T. (1998): A geochemical atlas of the central parts of the Barents region. - *CKE-GTK-NGU Spec. Publ.*, 745 pp.