

# Instrumentelle Neutronenaktivierungsanalyse (INAA) von mineralogischen Proben

J. Hampel, S. Zauner, G. Hampel

*Institut für Kernchemie, Universität Mainz, D-55099 Mainz, Germany;*

Um Informationen über ihre Zusammensetzung zu erhalten, wurden verschiedene mineralogische Proben mittels INAA untersucht. Die Zielsetzung bestand in einer qualitativen Analyse von Elfenbein, Korund und Topas. Darüber hinaus wurde, soweit die jeweiligen Standards vorhanden waren, eine quantitative Analyse angestrebt. Es sollte die Frage geklärt werden, ob es möglich ist, die Proben anhand der hier gezeigten Analysen den entsprechenden Fundorten bzw. Lagerstätten zuzuordnen. Speziell für Elfenbein sollte untersucht werden, ob mit Hilfe der INAA eine Unterscheidung zwischen Elefant- und Mammutelfenbein möglich ist.

Es wurden 7 Elefanten- und 7 Mammutelfenbeinproben untersucht. Außerdem standen 11 Korundproben aus Vietnam und Thailand und 7 Topase aus Fundorten in Brasilien, Chile, Nigeria und Pakistan zur Verfügung. Für Elfenbein wurden folgende drei Messprogramme verwendet:

Bestrahlungsposition	Bestrahlungsdauer	Abklingzeit	Messzeit
Rohrpostsystem	10 min	ca. 10 min	10 min
Karussell (1 h - Messung)	6 h	ca. 15 h	1 h
Karussell (15 h - Messung)	6 h	ca. 8 d	15 h

Für Korund und Topas konnte die Kurzzeitbestrahlung nicht verwendet werden, da beide Mineralien große Mengen Aluminium enthalten, das bei einer 10min-Bestrahlung große Aktivitäten verursacht und die Analyse anderer Elemente deutlich erschwert hätte.

Die Bestrahlungen wurden im Mainzer TRIGA -Reaktor mit einem thermischen Neutronenfluss von  $\Phi_{th} = 1,7 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  im Rohrpostsystem und einem Fluss von  $\Phi_{th} = 7 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  im Karussell durchgeführt. Die Messungen wurden in HPGe-Halbleiterdetektoren der Firmen Ortec und Canberra gemessen und mithilfe des Programms „Genie 2000 V 2.1“ ausgewertet.

Als Hauptbestandteil wurde Calcium neben seinem Homologen Strontium, das in Spuren zu finden war, in allen Elfenbein-Proben erwartungsgemäß nachgewiesen. Auch Natrium, Magnesium und Aluminium wurden in Konzentrationen von ca. 2000-18000 ppm, 200-1200 ppm bzw. 60-290 ppm in allen Proben gemessen. Cobalt, Zink, Brom und Tantal konnten in den meisten Elfenbein-

proben nachgewiesen werden, wobei Eisen nur in zwei Elefant- und drei Mammutproben analysiert werden konnte. Der Zinkgehalt lag mit 10-55 ppm etwas tiefer. Die Cobalt- und Strontiumkonzentrationen betragen zwischen 0,1 und 1,4 ppm. Bei Mangan und Eisen schwankten die Werte zwischen 3 und 430 bzw. 390 und 13200 ppm. Der einzige Anhaltspunkt auf Unterschiede zwischen Elefant- und Mammutelfenbein lag bei Mangan. Dieses wurde in vier Mammut-, aber nur in einer Elefantenprobe gefunden, woraus sich schließen lässt, dass sich Mangan durch das Lagern in der Erde im Mammutelfenbein angereichert haben könnte.

In allen Korundproben wurden Natrium, Eisen, Zink, Cer sowie Cadmium und Tantal nachgewiesen. Chrom, Cobalt, Lanthan und Protactinium wurden im Spurenelementbereich in den meisten, Mangan und Europium in zwei Proben gemessen. Die höchsten Konzentrationen zeigte Eisen mit bis zu 10000 ppm (1%). Für Natrium wurden weitaus geringere, aber im Vergleich zu anderen Elementen relativ konstante Werte gemessen. Auffällig waren zwei Proben aus Vietnam, die sehr viel höhere Konzentrationen von Chrom, Lanthan, Cer, Hafnium und Protactinium aufwiesen als die übrigen Korundproben, was auf Einschlüsse hinweist.

Bei der Analyse der Topase wurde Natrium in allen Proben im gleichen Konzentrationsbereich von ca. 120 ppm gemessen. Daneben war Eisen in relativ großen Konzentrationen und Cobalt, Lanthan, Neodym, sowie Samarium in geringen Konzentrationen in den meisten Proben vorhanden. Kalium, Chrom und Mangan wurden nur in einer Probe aus Brasilien und Wolfram in einer Probe aus Nigeria nachgewiesen.

Die Zuordnung zu den jeweiligen Fundorten der Proben aufgrund der hier vorgestellten Ergebnisse war sowohl bei Korund als auch bei Topas nicht möglich, da keine Elementzusammensetzungen bzw. Elementkonzentrationen ausgemacht werden konnten, die signifikant für bestimmte Lagerstätten wären. Für die Unterscheidung von Elefant- und Mammutelfenbein könnte das Element Mangan herangezogen werden. Um zuverlässige Aussagen machen zu können, sollten allerdings weitere Untersuchungen durchgeführt werden.