

# Fortschritte zur ortssensitiven Spektroskopie-Visualisierung mit Neutronen PGA-Imaging und NT am MLZ (FRM-II)

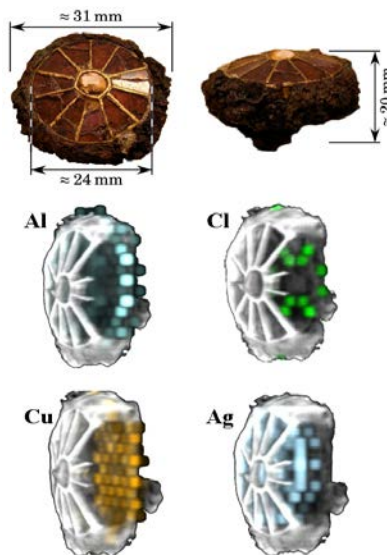
Eschly Kluge <sup>a,\*</sup>, Petra Kudejová <sup>b</sup>, Zsolt Révay <sup>b</sup>, Mario Cappellazzo <sup>a</sup>, Jan Jolie <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universität zu Köln, Institut für Kernphysik, Zùlpicher Str. 77, 50937 Köln, Deutschland; <sup>b</sup> Technische Universität München, Maier-Leibnitz Zentrum (FRM-II), Lichtenbergstraße 1, D-85748 Garching, Deutschland; \* Korrespondenz: ekluge@ikp.uni-koeln.de

Dank voranschreitender digitaler Aufnahmetechniken, sowie der Zunahme geeigneter Neutronenquellen hat sich die Palette der zur Verfügung stehenden Spektroskopie- und Bildgebungsverfahren mittels Neutronen innerhalb der letzten Jahre erheblich vergrößert. Speziell das noch relativ junge *Prompt Gamma Neutron Activation Analysis Imaging* (PGAI) liefert vielversprechende Resultate bei der zeitnahen Erhebung und übersichtlichen Visualisierung von immer hochauflösenderen PGAA Ortsdatensätzen.

## PGAI-NT Methode

PGAI-NT ist die Kombination aus einer positions-sensitiven dreidimensionalen Erweiterung der PGAA einer Probe und ihrer Tomographie durch Neutronen [1-2]. Dabei werden die durch PGAA gewonnen Verteilungen der Elemente innerhalb einer Probe entsprechend ihrer relativen Häufigkeiten durch verschieden farbige Voxel entsprechender Farbintensität visualisiert und zur Orientierung in eine Tomographie der Probe eingebettet (siehe Abb. 1).



**Abbildung 1:** PGA-Imaging einer Fibula aus dem 6. Jahrhundert. Die ortssensitiven PGAA Daten von Aluminium, Chlor, Kupfer und Silber sind durch farbige Voxel visualisiert und in eine Neutronen-Tomographie der Fibula eingebettet [2].

Die PGAI Sub-Volumina einer Probe werden durch die Intersektion von kollimiertem Neutronenstrahl und kollimiertem *Field of View* der in 90 Grad zum Strahl aufgestellten Gamma-Detektoren gebildet.

## Optimierung

War bisher wegen der Neutronenleitereigenschaften des PGAA-Instruments für einen divergenzarmen Strahl ein zusätzliches Flugrohrsystem von Nöten, kann jetzt schnell und unkompliziert der 2 cm x 2 cm Bor-Blei Kollimator des neu installierten Kollimator-Systems [3] genutzt werden.

Die in Kombination verwendete Lochblende hat einen Durchmesser von 2 mm und besteht aus einer 3 mm dicken Bor-Carbid (B<sub>4</sub>C) Platte und einem 7 mm dicken Li-6-Polymer. Das resultierende Strahlprofil am Probenort hat einen Fluss von  $1,34 \times 10^9 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  und eine Auflösung bestimmenden Strahldurchmesser von 3,2 mm (x,z-Achse).

Der bis vor kurzem eingesetzte, 150 mm lange, aus Treppensektionen bestehende Gamma-Kollimator mit 3 mm x 9 mm Eintrittsprofil wurde durch zwei um 50 mm längere, konische PbSn(1,25)Ca(0,05) Kollimatoren mit 2 mm x 8 mm Profil ersetzt. Die  $\gamma$ -energieabhängige Auflösung in Strahltiefe (y-Achse) verbessert sich dadurch im Mittel um 42% und liegt zwischen 3,5 mm bei 122 keV und 4 mm bei 1408 keV. Durch die Verwendung von zwei Detektoren kann je nach Effizienzen die Messzeit halbiert werden.

Das zusätzliche Flugrohrsystem für Parallelstrahl-Tomographie wurde durch einen Kegelstrahl-Tomographie Aufbau wegen Platzmangel und Abschirmaufwand ersetzt. Dieser wird durch das simple Einbringen einer Lochblende in den Fokuspunkt der elliptischen Neutronenleiter-Verjüngung des neuen Kollimator-Systems realisiert [4]. Eine Bor-Carbid Blende mit 3mm Durchmesser und Dicke erzeugt am Aufnahmeort ein um 47% verbessertes L/D von 247(2).

Der Radiograph erreicht dank der neuen 5.5 Megapixel CMOS-Kamera und einem  $100 \mu\text{m}$  <sup>6</sup>LiFZnS(Ag)P Szintillator eine um 130% verbesserte Objektauflösung von  $175(4) \mu\text{m}$ . Die Rekonstruktion unter Kegelstrahl-Algorithmen gibt nun  $140 \mu\text{m}$  Details bei negativen, und erfreuliche  $40 \mu\text{m}$  Details bei positiven Kontrastdifferenzen wieder.

- [1] T. Belgya, Z. Kis, L. Szentmiklosi, Z. Kasztovszky, P. Kudejová, R. Schulze, T. Materna, G. Festa, P.A. Caroppi, and the ANCIENT CHARM collaboration, First elemental imaging experiments on a combined PGAI and NT setup at the Budapest Research Reactor, *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **2008**, 278(3), p. 751 ff.
- [2] R. Schulze, L. Szentmiklós, P. Kudejová, L. Canella, Z. Kis, T. Belgya, J. Jolie, M. Ebert, T. Materna, K. T. Biró, Z. Hajnal, The ANCIENT CHARM project at FRM II: three-dimensional elemental mapping by Prompt Gamma Activation Imaging and Neutron Tomography, *J. of Ana. Atom. Spec.* **2013**, Vol. 28(9), p. 1508 ff.
- [3] E. Kluge, Neutron Beam Simulations and the Optimization of the PGAA Instrument at MLZ for Neutron Imaging Applications, Dipl. Thesis, *Universität zu Köln*, **2015**, p. 91 ff.
- [4] Z. Révay, P. Kudejová, K. Kleszcz, S. Söllradl, Christoph Genreith, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A.* **2015**, Vol. 799, p. 114 ff.