



## The use of muon radiography in safeguarding geological repositories

Lee Thompson<sup>1,2</sup>, Katharina Aymanns<sup>3</sup>, Irmgard Niemeyer<sup>3</sup>, Christiane Vieh<sup>4</sup>, and Michael Weekes<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Physics and Astronomy, University of Sheffield, Sheffield, UK

<sup>2</sup>Geoptic Ltd, Hook, RG29 1HS, UK

<sup>3</sup>FZJ, 52425 Jülich, Germany

<sup>4</sup>BGE, 38226 Salzgitter, Germany

**Correspondence:** Lee Thompson (l.thompson@sheffield.ac.uk)

Published: 10 November 2021

**Abstract.** Muon radiography is a technique that harnesses naturally occurring cosmic radiation to noninvasively determine the density of an object of interest. The technique has many similarities to that of medical X-ray examinations and can supply detailed density maps of the object. We propose the application of muon radiography to aspects of the long-term monitoring of nuclear waste. In particular, muon radiography would provide valuable information on the overburden of a prospective underground geological repository and would be able to identify unknown features, such as undocumented underground passages. Similarly, muon tomography is capable of confirming that containers that have nominally been emptied are in fact empty. Such safeguard measures are important to maintain continuity of knowledge and to develop robust deterrent strategies against the removal of monitored nuclear material.

The presentation focuses on the results of simulations that address some of these questions. Details of assumptions regarding the detector requirements and run times necessary to perform the imaging are discussed and results from the various removal and misuse scenarios are presented.

**Kurzfassung.** Die Myon-Radiografie nutzt natürlich vorkommende kosmische Strahlung zur nichtinvasiven Bestimmung der Dichte eines Objekts von Interesse. Diese Technik hat Ähnlichkeiten mit der medizinischen Röntgenuntersuchung und kann detaillierte Dichtekarten des Objekts erstellen. Wir empfehlen, die Myon-Radiografie im Bereich des langfristigen Monitorings von nuklearen Abfällen anzuwenden. Die Myon-Radiografie würde insbesondere wertvolle Informationen über das Deckgestein eines potenziellen geologischen Endlagers liefern und wäre in der Lage, unbekannte Merkmale zu identifizieren, wie beispielsweise nicht kartografisch erfasste unterirdische Gänge. Ferner lässt sich mithilfe der Myon-Tomografie nachweisen, dass nominell entleerte Behälter auch tatsächlich kein Material mehr enthalten. Solche Sicherungsmaßnahmen sind wichtig, um die Kontinuität des Fachwissens zu gewährleisten und um eine robuste Abschreckungsstrategie gegen die Entwendung von überwachtem nuklearem Material zu entwickeln.

Die Präsentation wird sich auf die Ergebnisse von Simulationen konzentrieren, die einige dieser Anliegen behandeln. Diskutiert werden Einzelheiten zu den Annahmen hinsichtlich der Detektoranforderungen sowie der für die Bildgebung erforderlichen Laufzeiten, und vorgestellt werden Ergebnisse der verschiedenen Szenarien zu Entwendung und missbräuchlicher Verwendung.

**Financial support.** This research has been supported by the Horizon 2020 (CHANCE (grant no. 755371)).