



International safeguards for the final disposal of spent nuclear fuel – why, what and how

Irmgard Niemeyer, Katharina Aymanns, Guido Deissmann, and Dirk Bosbach

Forschungszentrum Jülich GmbH, Institute of Energy and Climate Research (IEK),
IEK-6: Nuclear Waste Management and Reactor Safety, 52425 Jülich, Germany

Correspondence: Irmgard Niemeyer (i.niemeyer@fz-juelich.de)

Published: 10 November 2021

Abstract. The objectives of international safeguards are the timely detection of diversion of significant quantities of nuclear material from peaceful nuclear activities to the manufacture of nuclear weapons (or for other purposes), and deterrence of such diversion by the risk of early detection for states with comprehensive safeguards agreements with the International Atomic Energy Agency (IAEA). Following these objectives, several studies have focused on the developments of concepts and methods for safeguarding final disposal facilities as well as on identifying the most feasible technologies that could potentially be deployed for verifying final disposal programmes (IAEA, 1998, 2010, 2018).

These activities were coordinated through Member State Safeguards Support Programmes, including the joint tasks on the development of “Safeguards for Geological Repositories” (SAGOR, 1994–2004) and on the “Application of Safeguards to Geological Repositories” (ASTOR, 2005–2017). SAGOR performed a diversion path analysis for spent fuel disposal facilities, determined safeguards technical objectives and identified potential safeguards measures to meet those objectives. ASTOR supported the IAEA in assessing how safeguards measures could be effectively implemented and provided recommendations with respect to developing such measures. Specific verification technologies were developed under other Member State Support Programme tasks. A summary report on the progress and status of safeguards for spent fuel encapsulation plants and geological repositories was completed by ASTOR in 2017. ASTOR also identified areas and actions that need to be accomplished to support safeguards implementation in final disposal facilities, such as (1) establish performance requirements for the design of safeguards technologies relevant to geological disposal of spent fuel, (2) determine specific information needs of states and operators regarding safeguards implementation for geological disposal of spent fuel and develop appropriate guidance, (3) determine specific information needs of IAEA inspectors and analysts and develop a guidance document that provides recommendations for implementing safeguards for a geological repository system under the state-level concept and (4) develop and test appropriate safeguards equipment (IAEA, 2017; Moran et al., 2018).

While several measures and technologies related to verifying the geological disposal of spent fuel have been used by the IAEA at other facilities or are in development or testing, other technologies still need to be developed and tested. In addition, ASTOR identified the need for approaches to how information about disposed spent fuel and high-level nuclear waste should be managed, handled, organized, archived, read, interpreted and secured for the long term (for centuries after repository closure and beyond), including an international standard for states and facility operators on information management, data-retention methods and timescales for preserving safeguards data for geological repositories.

The presentation will introduce the objectives of international nuclear material safeguards for the final disposal of spent nuclear fuel, highlight the current status of developments and discussions in terms of approaches and technologies for safeguarding geological repositories, and give an outlook on implementing safeguards for final disposal in Germany.

Kurzfassung. Die internationalen Kernmaterialüberwachung (engl. „Safeguards“) durch die Internationale Atomenergieorganisation (IAEO) verfolgt zwei Ziele: Erstens eine Abzweigung signifikanter Mengen von Kern-

material aus der friedlichen Nutzung für die Herstellung von Kernwaffen (oder für andere Zwecke) rechtzeitig zu entdecken sowie zweitens Staaten durch das Risiko einer frühzeitigen Entdeckung vor einer solchen Abzweigung abzuschrecken.

Die internationale Kernmaterialüberwachung betrifft alle Anlagen im nuklearen Brennstoffkreislauf und so haben sich eine Reihe von Studien bereits mit der Entwicklung von entsprechenden Konzepten und Methoden für die geologische Endlagerung abgebrannter Brennelemente beschäftigt und die am besten geeigneten Technologien zur Überwachung untersucht (IAEA, 1998, 2010, 2018).

Für die Koordinierung dieser Aktivitäten sind vornehmlich die Safeguards-Unterstützungsprogramme der Mitgliedstaaten zuständig. Besonders hervorzuheben sind hier die gemeinsamen Vorhaben zur Entwicklung von „Safeguards for Geological Repositories“ (SAGOR, 1994–2004) und zur „Application of Safeguards to Geological Repositories“ (ASTOR, 2005–2017). Im Rahmen von SAGOR wurden mögliche Abzweigungspfade bei der Endlagerung abgebrannter Brennelemente analysiert, technische Ziele für die Safeguardsüberwachung festgelegt und mögliche Safeguardsmaßnahmen zur Erreichung dieser Ziele ermittelt. ASTOR unterstützte die IAEO bei der Beurteilung, wie Safeguardsmaßnahmen wirksam umgesetzt werden können, und sprach Empfehlungen für die Entwicklung solcher Maßnahmen aus. Spezifische Verifikationstechnologien wurden und werden im Rahmen anderer Vorhaben der Safeguards-Unterstützungsprogramme entwickelt. 2017 erstellte ASTOR einen zusammenfassenden Bericht über den Fortschritt und den Stand der Safeguardsüberwachung von Anlagen zur Einkapselung bzw. zur geologischen Endlagerung von abgebrannten Brennelementen. ASTOR hat darüber hinaus Bereiche und Maßnahmen identifiziert, die zur Unterstützung der internationalen Kernmaterialüberwachung bei der geologischen Endlagerung ergriffen werden müssen, wie z. B. (1) Festlegung von Leistungsanforderungen an relevante Überwachungstechnologien; (2) Ermittlung des spezifischen Informationsbedarfs von Staaten und Betreibern hinsichtlich der Durchführung von Safeguardsmaßnahmen und die Entwicklung geeigneter Leitlinien; (3) Ermittlung des spezifischen Informationsbedarfs der IAEO und Ausarbeitung eines Leitfadens mit Empfehlungen für die Durchführung von Safeguardsmaßnahmen im Rahmen des sog. „State Level Concept“; (4) Entwicklung und Erprobung einer geeigneten technischen Ausstattung. (IAEA, 2017; Moran et al., 2018).

Während mehrere Maßnahmen und Technologien, die sich potenziell zur Safeguardsüberwachung der geologischen Endlagerung abgebrannter Brennelemente eignen, von der IAEO bereits in anderen Anlagentypen eingesetzt werden oder sich in der Entwicklung oder Erprobung befinden, müssen andere Technologien noch entwickelt und getestet werden. Darüber hinaus hat ASTOR auch gezeigt, dass es Ansätze bedarf, wie relevante Daten und Informationen verwaltet, gehandhabt, organisiert, archiviert, verstanden, interpretiert und langfristig gesichert werden sollten (für Jahrhunderte nach der Schließung des Endlagers und darüber hinaus). Dies könnte auch einen internationalen Standard für das Informationsmanagement, die Methoden zur Speicherung der Daten sowie die Zeiträume für die Aufbewahrung von Safeguardsdaten beinhalten.

Der Vortrag stellt die Ziele der internationalen Kernmaterialüberwachung bei der geologischen Endlagerung abgebrannter Brennelemente vor, beleuchtet den aktuellen Stand der Entwicklungen und Diskussionen zu Ansätzen und Technologien und gibt einen Ausblick auf die Umsetzung der internationalen Kernmaterialüberwachung bei der geologischen Endlagerung in Deutschland.

References

- IAEA (International Atomic Energy Agency): Safeguards for the Final Disposal of Spent Fuel in Geological Repositories, STR-312, vol. 1–5, Vienna, September 1998.
- IAEA (International Atomic Energy Agency): Technological Implications of Comprehensive Safeguards for Disposal of Spent Fuel in Geological Repositories, NW-T-1.21, Vienna, 2010.
- IAEA (International Atomic Energy Agency): Technologies Potentially Useful for Safeguarding Geological Repositories, STR-384, Vienna, 2017.
- IAEA (International Atomic Energy Agency): International Safeguards in the Design of Facilities for Long Term Spent Fuel Management, IAEA Nuclear Energy Series, NF-T-3.1, Vienna, 2018.
- Moran, B. W., Davainis, M., Niemeyer, I., Hanks, D., Finch, R. F., and Tobin, S. J.: International Safeguards for Spent Fuel Encapsulation and Geological Repository Facilities, Proceedings of the INMM Annual Meeting, Abstract no. 194, 22–26 July 2018, Baltimore, Maryland, USA, 2018.