



Assessment of Partitioning and Transmutation of High-Level Waste and Hypothetical Implementation Scenarios in Germany

Friederike Frieß, Wolfgang Liebert, and Nikolaus Müllner

Institut für Sicherheits- und Risikowissenschaften (ISR), Universität für Bodenkultur (BOKU), Vienna, Austria

Correspondence: Friederike Frieß (friederike.friess@boku.ac.at)

Published: 10 November 2021

Abstract. In the context of the search for a deep geological repository for high-level radioactive waste from nuclear energy a preliminary waste treatment is repeatedly called into play by partitioning and transmutation (P&T). Proponents of this approach promise that with P&T, the requirements for and the risks posed by a – then still necessary – repository could be significantly reduced. However, such technological promises have to be prospectively, promptly and publicly reasonably verifiable.

Partitioning is reprocessing in which, in addition to separating uranium and plutonium from the fission products, other material streams (for example, the minor actinides) are extracted. In transmutation, radionuclides – especially through nuclear fission – are converted into other nuclides. Thus, conversion of the parent nuclides into nuclides with shorter half-lives, lower radiotoxicity, or into stable nuclides could be achieved.

For the assessment of P&T, essential aspects are the current degree of maturity of necessary technologies, the requirements for research and development, technological development risks, the basic feasibility and objective, risks of a hypothetical operation of corresponding plants and the possible effects on nuclear waste disposal. More specifically, on the technological side, it is all about development periods, technical security requirements and licensability, proliferation risks and implementation periods.

The presentation of the results of some hypothetical P&T scenarios is intended to help to assess the impacts on radioactive waste present in Germany, necessary facilities and operating periods. Thus, pyro-chemical and hydrochemical separation processes, special transuranic fuels based on mixed oxides (MOX) or uranium-free fuel types and critical fast reactors, subcritical (accelerator-driven) reactors, as well as molten salt reactors, are considered. One difficulty is that the multiple recycling of the transuranics changes the fuel composition. Detailed statements about these changes are only possible with complex simulation calculations and their influence on safe reactor operation. So far, this has not happened on an international scale. In the modelling presented here, an attempt was made to represent the restrictions that the reactor design has on the fuel composition more precisely, at least insofar as the element composition of the fuel remains the same for the duration of the scenario. Conclusions presented from the analysis of the hypothetical scenarios affect, among other things, necessary operating periods and the number of plants and changes achieved in the stock of both transuranics and fission products.

Kurzfassung. Im Kontext der Suche nach einem tiefeingeologischen Endlager für hochradioaktive Abfälle aus der Kernenergienutzung wird immer wieder eine vorausgehende Abfallbehandlung durch Partitionierung und Transmutation (P&T) ins Spiel gebracht. Von Befürwortern dieses Ansatzes wird versprochen, dass mit P&T die Anforderungen an und die Risiken durch ein – dann immer noch notwendiges – Endlager deutlich reduziert werden könnten. Solcherart technologische Versprechen müssen aber prospektiv, frühzeitig und öffentlich nachvollziehbar überprüfbar werden.

Partitionierung ist Wiederaufarbeitung, bei der zusätzlich zur Abtrennung von Uran und Plutonium von den Spaltprodukten andere Stoffströme (beispielsweise die minoren Aktiniden) extrahiert werden. Bei der Transmutation werden Radionuklide – insbesondere durch Kernspaltung – in andere Nuklide überführt. Dabei könnte

eine Umwandlung der Ausgangsnuklide in Nuklide mit geringeren Halbwertszeiten, geringerer Radiotoxizität oder in stabile Nuklide erreicht werden.

Für die Einschätzung von P&T sind wesentliche Aspekte der gegenwärtigen Reifegrad notwendiger Technologien, die Anforderungen an Forschung und Entwicklung, technologische Entwicklungsrisiken, die grundsätzliche Realisierbarkeit und Zielsetzung, Risiken eines hypothetischen Betriebs entsprechender Anlagen und die möglichen Auswirkungen auf die nukleare Entsorgung. Konkreter geht es auf der technologischen Seite um Entwicklungszeiträume, sicherheitstechnische Anforderungen und Genehmigungsfähigkeit, Proliferationsrisiken und Umsetzungszeiträume.

Die Vorstellung der Ergebnisse einiger hypothetischer P&T-Szenarien soll helfen, die Auswirkungen auf in Deutschland vorliegende radioaktive Abfälle, notwendige Anlagen und Betriebszeiträume einschätzen zu können. Dabei werden pyrochemische und hydrochemische Trennverfahren, spezielle transuranhaltige Brennstoffe auf der Basis von Mischoxiden (MOX) oder uranfreie Brennstofftypen und kritische schnelle Reaktoren, unterkritische (beschleunigergetriebene) Reaktoren sowie Salzschnmelzereaktoren berücksichtigt. Eine Schwierigkeit besteht darin, dass sich durch die Mehrfachzyklisierung der Transurane die Brennstoffzusammensetzung ändert. Nur mit aufwendigen Simulationsrechnungen sind detaillierte Aussagen über diese Veränderungen und ihren Einfluss auf den sicheren Reaktorbetrieb möglich. Dies ist bislang international nicht geschehen. In der hier vorgestellten Modellierung wurde versucht, die Restriktionen, die das Reaktordesign auf die Brennstoffzusammensetzung hat, wenigstens insofern etwas genauer abzubilden, indem die Elementzusammensetzung des Brennstoffs über die Szenariodauer gleich bleibt. Vorgestellte Schlussfolgerungen aus der Analyse der hypothetischen Szenarien betreffen u. a. notwendige Betriebszeiträume und Anzahl der Anlagen und erreichte Veränderungen sowohl im Bestand an Transuranen als auch an Spaltprodukten.