



Long-term storage of information about nuclear waste. 100 000 years and beyond

Martin Kunze^{1,2,3,4}

¹Memory of Mankind Foundation (e.V.), Salzfertigerasse 3, 4810 Gmunden, Austria

²CDS – ceramic data solutions GmbH, Gmunden, Austria

³CeraMicro GmbH, Gmunden, Austria

⁴Expert Group for Awareness Preservation (EGAP) of the NEA, OECD, Paris, France

Correspondence: Martin Kunze (m.kunze@memory-of-mankind.com)

Published: 10 November 2021

Abstract. In the 20th century, intertwined with the topic of “final nuclear repository”, the ethical requirement to *warn* about the danger of radioactive radiation over a period of 1 million years was debated.

In the meantime, a narrative is beginning to gain acceptance – also in public – that postulates that a repository should be described in terms of content and location in such a way that future generations are capable of making their own informed decisions.

After all, nuclear waste consists of materials ranging from dangerous to precious. From the concept of sustainability and responsible usage of resources comes the demand to not isolate, bury and forget nuclear waste in the biosphere forever, but rather to leave the information about it in such a way that even if the transmission of information is interrupted, it can be reconstructed by a technically industrialized civilization. The materials that we store in the depths, especially in places where one would not expect them geologically, could represent valuable resources for future generations.

The following questions arise:

- What time horizons are we talking about?
- In what form can information exist for so long?
- What language or symbols do we use for this?
- Who are the addressees?

Conventional information carriers are unsuitable for these purposes. Even the most durable, even with optimal storage, have a shelf life that is orders of magnitude below the temporal safety requirements of nuclear waste repositories.

In this lecture, the latest technologies and methods for long-term storage of information are introduced. *Ceramic-based data carriers.* Ceramic-based data carriers with a durability extending to millions of years even under the most extreme conditions. Originating from the Memory of Mankind project in Hallstatt, Austria, a research program is being carried out at the Vienna University of Technology for data carriers which, in addition to an extremely long durability, also have a high data density.

Data formats. There is no guarantee that the digital formats used today will be readable in the near or distant future.

Information that is intended for addressees in thousands of years must therefore be recognized as such and be directly legible. Data formats must be intuitively decodable and readable.

And finally, *universal icons* are needed for a “manual”, in order to describe the location and contents of a nuclear waste repository to a distant technical civilization.

Kurzfassung. Untrennbar verbunden mit dem Themenkomplex „nukleares Endlager“ war im 20. Jahrhundert die ethische Forderung, über die Dauer von 1 Mio. Jahre über die Gefahr radioaktiver Strahlung zu *warnen*.

Mittlerweile beginnt sich – auch in der Öffentlichkeit – ein Narrativ durchzusetzen, das davon ausgeht, ein Endlager inhaltlich und lokalisierbar so zu beschreiben, dass zukünftige Generationen ihre eigenen informierten Entscheidungen treffen können.

Schließlich besteht nuklearer Abfall aus zwar gefährlichen, aber dennoch sehr wertvollen Materialien. Aus der Gedankenwelt der Nachhaltigkeit und eines sorgfältigen Umgangs mit Ressourcen stammt die Forderung, nuklearen Abfall nicht für alle Zeit von der Biosphäre zu isolieren, zu vergraben und zu vergessen, sondern vielmehr die Information darüber so zu hinterlassen, dass selbst bei einer Unterbrechung der Weitergabe der Information, diese für eine technisch industrialisierte Zivilisation wieder rekonstruierbar ist. Die von uns in der Tiefe eingelagerten Materialien, noch dazu an Orten, an denen man es geologisch nicht erwartet, könnten für zukünftige Generationen wertvolle Rohstoffe darstellen.

Dazu drängen sich die folgenden Fragen auf:

- Über welche Zeithorizonte spricht man?
- In welcher Form kann Information überhaupt so lange bestehen?
- Welche Sprache oder Zeichen verwendet man dafür?
- Wer sind die Empfänger?

Herkömmliche Informationsträger sind für diese Zwecke ungeeignet. Selbst die dauerhaftesten haben – bei optimaler Lagerung – Haltbarkeiten, die um Größenordnungen unter den zeitlichen Sicherheitsanforderungen von nuklearen Endlagern liegen.

In diesem Vortrag werden neueste Technologien und Methoden der Langzeitspeicherung von Information vorgestellt:

Datenträger. Datenträger auf keramischer Basis mit Haltbarkeiten selbst unter extremsten Bedingungen von mehreren Millionen Jahren. Ausgehend vom Memory of Mankind Projekt in Hallstatt, Österreich, wird an der TU Wien an Datenträgern geforscht, die neben einer langen Haltbarkeit auch eine hohe Datendichte aufweisen.

Datenformate. Es gibt keine Garantie, dass die heute verwendeten digitalen Formate in naher oder ferner Zukunft lesbar sind.

Information, die für Adressaten in tausenden Jahren gedacht ist, muss daher als solche erkannt werden und unmittelbar lesbar sein. Datenformate müssen intuitiv decodierbar und lesbar sein.

Und schließlich braucht es *universelle Zeichen* für die „Erstinformation“, um einer fernen technischen Zivilisation die Lage und den Inhalt eines Atommülllagers zu beschreiben.