

## «Wohin mit dem Atommüll: Rückblick und Ausblick»

Marcos Buser, Institut für nachhaltige Abfallwirtschaft INA GmbH, Zürich  
Vortrag im 55. Forum Politik und Wissenschaft  
der NORDAKADEMIE.Hochschule der Wirtschaft am 26. Oktober 2021

### Zusammenfassung

Der vorliegende Vortrag geht der Grundfrage nach, ob die heute verfolgten Entsorgungsstrategien in einem geologischen Tiefenlager – Endlager oder geologische Tiefenlager mit Lagerdauer von bis zu einer Million Jahre - tatsächlich die beste Strategie/Option im Umgang mit der atomaren Hinterlassenschaft darstellt. Wäre dies der Fall, müsste diese Strategie einen Kriterien gestützten Realisierungsprozess vorweisen können, der nach methodisch und prozessual erprobten Vorgehensweisen überprüfbar wäre und an dem sich die Reifegrade einer industriellen Umsetzung bewerten liessen. Um die oben gestellte Grundfrage zu beurteilen werden die bisherigen Projektideen und Projekte der nuklearen Entsorgung in den letzten achtzig Jahren kurz in einer kurzen Rückschau betrachtet und eine Auslegeordnung der gegenwärtigen naturwissenschaftlichen Probleme bei der Umsetzung der heute verfolgten Projekte dargelegt.

Nicht behandelt wurden in diesem knappen zeitlichen Rahmen alle sich daraus ergebenden Fragen zur Wissenschaftssoziologie und Erkenntnistheorie, die eigentlich den Kern des Problems im Umgang eines langfristigen naturwissenschaftlichen Problems durch eine Gesellschaft und ihre Wissensträger bilden müssten. Wie gehen Wissensträger in Wissenschaft, Industrie, Politik und Administration mit transgenerationalen Problemen um? Welche Methoden der Begleitung, der Erfolgskontrolle und der Korrektur von Entscheidungen sind in einem Prozess vorgesehen, entwickelt und installiert, der laut Gesetz als „wissensbasiert“, „hinterfragend“ und „lernend“ definiert ist? Was wurde institutionell bisher initiiert und umgesetzt, um diese prozessualen Voraussetzungen zu erfüllen? Usw. Die Fragen sind grundlegender Natur und sollten zwingend durch die hierfür verantwortlichen politischen, administrativen und prozessverfolgenden Gremien (z.B. Parlamente, zuständige Regulatoren, second-opinion-Gremien oder NBG in der BRD) aufgenommen und einer grundlegenden Bearbeitung zugeführt werden. Doch zurück zum Inhalt des Vortrags.

### *Ein kurzer Rückblick*

Ein kurzer Rückblick auf die weltweite Geschichte der nuklearen Entsorgung zeigt, dass nach über 80 Jahren kein einziges Projekt umgesetzt wurde, dass als langzeitsicher und damit erfolgreich gelten kann. Nach der dem zweiten Weltkrieg folgenden ersten Dekade, in der die in militärischen Anlagen erzeugten radioaktiven Abfälle entweder direkt in Flüsse oder im Meer bzw. in oberflächennahen ungeschützten Gräben oder Deponien der Verdünnung übergeben wurden, begannen die verantwortlichen Institutionen nach dauerhafteren Lösungen für ein zunehmend als umweltgefährdendes wahrgenommenes Problem zu suchen. Zum einen wurden Strategien zum dauerhaften «containment» - also zum Einschluss – der radioaktiven Stoffe mit Hilfe eines hintereinander geschalteten Barrierensystems im geologischen Untergrund entwickelt. Zum anderen suchten die zuständigen Behörden und Institutionen nach weiteren Lösungen, wie die Abfälle behandelt oder in anderen Umgebungen «ent-sorgt» werden könnten – etwa im Eis der Antarktis, tiefen Ozeangräben oder dem Weltall. All diesen bisherigen Versuchen gemeinsam ist das Ergebnis, dass sich keine befriedigende umweltgerechte langzeitliche Lösung für das Problem der radioaktiven Abfälle finden liess. Die allermeisten verfolgten Entsorgungskonzepte erwiesen sich nicht einmal als umsetzbar. Heute muss festgestellt werden, dass bei der konkreten Umsetzung von Entsorgungsprojekten im geologischen Untergrund in der über achtzig jährigen Entsorgungsgeschichte de facto nur nukleare Altlasten produziert wurden. Zur Illustration eines besonders dramatischen Falles: die Folgekosten für die Sicherung («Sanierung») des Geländes der ehemaligen Plutoniumfabrik Hanford in Oregon werden laut dem zuständigen amerikanischen Department of Energy bis 2070 auf weitere 670 Milliarden (nicht Millionen) US-Dollar geschätzt!

Ab den späten siebziger Jahren begann sich bei den Betreibern von Atomanlagen und den zuständigen Behörden die Einsicht durchzusetzen, dass bessere Planungen für die Untertagelagerung radioaktiver Abfälle erforderlich wurden. Ab diesem Zeitpunkt begannen wissenschaftliche Institutionen nach Kriterien gestützten Standortwahlprozessen im geologischen Tiefuntergrund Ausschau zu halten. Allerdings bezogen sich Kriterien ausschliesslich auf geologische Eigenschaften des Untergrundes, nicht aber auf Kriterien zur Abfallqualität und Reaktivität derselben oder auf gesellschaftspolitische Fragestellungen. Bis heute folgen die allermeisten mit radioaktiven Abfällen konfrontierten Länder einzig und allein diesem Konzept der geologischen Tiefenlagerung, wobei die Variante der Einlagerung in speziell hierfür geschaffenen Bergwerken gegenüber dem Tiefbohrkonzept im mehreren Kilometern Tiefe eindeutig der Vorzug gegeben wird. Bis heute wurde nur ein einziges Endlagerprojekt für langlebige schwach- und mittelaktive Abfälle aus der militärischen Nutzung nach diesen Grundprinzipien errichtet, das mit teils schweren Störfällen und beschränktem Erfolg betrieben wird. Die meisten kernenergienutzenden Länder verfolgen ähnliche Strategien für Endlager im geologischen Tiefuntergrund bis ca. 1000 m Tiefe.

### *Konsequenzen*

Als wichtigste Konsequenz dieser konzeptuellen Festlegung begannen die Betreiber von Kernanlagen und die bewilligenden Behörden Zwischenlager bei den KKW oder zentrale Zwischenlager dauerhaft zu betreiben. Heute liegt der Meiste der auf 350'000 bis 400'000 t geschätzte abgebrannte Brennstoff in Zwischenlagern an der Oberfläche, die keinen ausreichenden Schutz gegenüber schweren Unfällen oder Terroranschlägen bieten. Verzögerung in den Endlagerplänen wurden und werden deshalb weiterhin laufend auf die Zwischenlager übertragen, die ursprünglich für 40 Jahre bewilligt wurden und nachgerüstet werden müssen. Eine grundlegende Überprüfung dieser Strategie findet nicht statt, was nicht nur risikomäßig sondern auch seitens der Akzeptanz von solchen Zwischenlagern durch die lokal-regionale Bevölkerung ins Gewicht fällt. Dabei zeigt sich schon jetzt, dass sich weitere Verzögerungen bei der Umsetzung der geplanten Endlagerprojekte in den veranschlagten Zeiträumen ergeben werden, was die heutigen Zwischenlagerungsstrategien grundsätzlich in Frage stellt.

### *Ein Ausblick in die Zukunft*

Mit der Ausnahme der Niederlande, welche ihre radioaktiven Abfälle in einem oberirdischen Zwischenlager über 100 Jahre «hüten», verfolgen heute alle kernenergienutzenden Länder weltweit das Konzept der geologischen Tiefenlagerung mit oder ohne Option auf Rückholbarkeit der Abfälle. Die Frage der Überwachung der Lagerprozesse durch sogenannte Pilotlager, in denen eine bestimmte Menge eingelagerter Abfälle über längere Zeitdauer beobachtet werden können, wird heute nur im Schweizer Entsorgungskonzept verfolgt. Alle anderen Projekte – insbesondere die weit fortgeschrittenen Projekte in Frankreich, Finnland und Schweden -, gehen immer noch von einer Einlagerung ohne direkte langfristige Begleitung der Lagerentwicklung aus.

Dabei gibt es eine Vielzahl von offenen Fragen, die umfassender Art und Weise geklärt werden müsste, damit ein sogenanntes Endlager ohne weitere Überwachung der Zukunft überlassen werden kann. Das allergrösste Problem stellt die «Reaktivität» des Abfallgutes dar, das in ein geologisches Medium eingebracht werden soll: die Zerfallswärme (im Falle von hochaktiven Stoffen), die Gasbildung durch bakterielle Aktivität und Korrosion aufgrund der Einbringung von organischen Stoffen oder Metallen, der Einbau starrer Materialkörper wie Beton oder Metallstützen in ein plastisches Mediums wie die ausgewählten Tongesteine usw. Hinzu kommt, dass grundlegende und langfristige Probleme der Einbringung von potentiellen Ressourcen und bombenfähigen Materialien (z.B. Plutonium, Americium) kaum thematisiert werden. Die vielen heute offenen Fragen bedingen, dass diese zunächst abgeklärt werden, bevor eine Umsetzung der Einlagerung überhaupt erfolgen kann. Es gilt das Prinzip, dass keine Unsicherheiten vergraben werden dürfen (burying uncertainty), wie dies die angesehene Wissenschaftlerin K. Shrader-Frechette in einem bemerkenswerten Buch bereits Anfangs der 1990er Jahre dargelegt hatte. Wir riskieren mit der gegenwärtigen Beschleunigung bei der Realisierung von Endlagern, dass wir neue, nicht beherrschbare Probleme und damit nukleare Altlasten nach dem Prinzip «trial and error» schaffen. Die heute verfolgten Projekte sind zudem in vielen grundlegenden

Techniken industriell nicht ausgereift. Der Nachweis der bautechnischen Machbarkeit ist mit der Erfordernis nach Langzeitsicherheit nicht zu verwechseln geschweige denn gleichzusetzen.

### *Bilanz*

Die Industriegesellschaften sind ohne Zweifel auf dem Weg zu einem neuen Verständnis in der Behandlung der nuklearen Entsorgung, aber die Umsetzung der heute verfolgten Endlagerprojekte ist weit davon entfernt, in gesichert Art und Weise zu erfolgen. Dieser Weg ist äußerst anspruchsvoll und schwierig und braucht viel länger als vorgesehen (Mehrgenerationen-Programme). Hinzu kommt, dass die Umsetzung der Projekte und Programme nicht etappenweise erfolgen kann, sondern dass die verfolgten Konzepte regelmäßig überprüft gehören (z.B. alle 10 Jahre) und unter Einbindung von Erfolgskontrollen stattzufinden haben (Sicherheits- und Fehlerkultur). Es steht die Erfordernis im Raum, dass ein Einlagerungsprozess in ein geologisches Tiefenlager erst dann Sinn macht, wenn die eingelagerten Stoffe nicht mehr reaktiv, also immobilisiert sind, und keine wesentliche Störung des Wirtgesteins oder des Gesteinsverbundes zu erwarten ist. Die heute angedachten Umsetzungszeitpläne in den heutigen Konzepten sind allesamt unrealistisch. Ob die heutigen Projekte angesichts der raschen technischen Entwicklung und Erkenntnis längerfristig Bestand haben, ist fraglich.

Damit stehen die heutigen Gesellschaften und ihre Vertreter in Politik, Verwaltung und Wissenschaft in erster Linie vor der Herausforderung, sich der heute weiterhin riskanten Strategie der an vielen Standorten umgesetzten Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle in Nass- und Trockenlagern in Oberflächenanlagen anzunehmen. Eine grundlegende und dringliche Analyse der heutigen Situation und der heutigen Risiken bleibt vorzunehmen. Die längerfristige Zwischenlagerung über mehrere Generationen ist zwingend in Betracht zu ziehen, auch im Hinblick auf die Rekonditionierung der bisher erzeugten reaktiven Abfälle.

Inwieweit eine Fortführung der heute unter zeitlichem Hochdruck verfolgten Endlagerprogramme unter solchen Voraussetzungen Sinn macht, sei in diesem Rahmen dahingestellt.