

Wege aus dem Endlager-Dilemma.

Kurzfassung

Warum Deutschland ein technologieoffenes Referenzprogramm für die Entsorgung von Kernbrennstoffen braucht

Christof von Branconi

5. Juni 2026

Deutschland hat die Stromerzeugung aus Kernenergie beendet. Die Frage der nuklearen Entsorgung bleibt dennoch eine Generationenaufgabe von erheblicher Tragweite. Der rechtliche Grundpfad ist klar: sichere Zwischenlagerung, spätere Konditionierung und Verpackung sowie Endlagerung in einem noch zu bestimmenden tiefengeologischen Endlager in Deutschland. Das Nationale Entsorgungsprogramm hat diesen Pfad definiert.

Das Problem liegt in der wachsenden Diskrepanz zwischen festgelegtem Pfad und realen Langfristanforderungen. Der Standort eines Endlagers wird voraussichtlich erst deutlich später feststehen, als lange unterstellt wurde. Bau, Inbetriebnahme und Einlagerung werden anschließend weitere Jahrzehnte benötigen. Damit wird die Zwischenlagerung faktisch zu einer Langfristaufgabe. Sie verändert die Anforderungen an Sicherheit, Behälterintegrität, Transportfähigkeit, Repackaging, Wissenssicherung, Regulierung und Kosten.

Hinzu kommt die Größenordnung der Aufgabe. Ende 2023 waren in Deutschland rund 16.700 Tonnen Schwermetall aus bestrahlten Brennelementen angefallen; rund 10.000 Tonnen befanden sich noch im Inland. Diese Mengen sind rechtlich weitgehend an den deutschen Entsorgungspfad gebunden. Seit 2005 ist die Abgabe bestrahlter Brennelemente aus der gewerblichen

Stromerzeugung zur Wiederaufarbeitung verboten. Damit stellt sich nicht nur die Frage, wie Deutschland den bestehenden Pfad sicher umsetzt, sondern auch, ob er über sehr lange Zeiträume hinweg ohne geordnete Prüfung möglicher Korrekturen oder Weiterentwicklungen fortgeschrieben werden sollte.

Genau darin besteht das Endlager-Dilemma. Deutschland hat einen rechtlich klaren, institutionell verankerten Referenzpfad. Es fehlt aber ein ebenso klarer Prüfpfad, mit dem spätere Ergänzungen oder Korrekturen systematisch bewertet werden könnten. Dadurch wird jede technologieoffene Frage schnell politisch aufgeladen: entweder als Infragestellung des Endlagers oder als verdeckter Wiedereinstieg in die Kernenergie. Beides greift zu kurz. Es geht weder um eine vorschnelle Abkehr vom Endlager noch um Technikgläubigkeit, sondern um geordnete Entscheidungsfähigkeit unter langen Zeithorizonten.

Internationale Fachberichte weisen in dieselbe Richtung. Die ARTEMIS-Mission Deutschland 2019 und das Follow-up 2022 haben offene Fragen bei Systemsteuerung, Inventarlogik, Kostenfortschreibung und Risikoanalyse benannt. Der OECD/NEA-Bericht zu Extended Storage and Transportation zeigt darüber hinaus: Verlängerte Zwischenlagerung ist nicht nur eine verlängerte Betriebsphase, sondern eine strategische Schnittstelle zwischen heutigem Bestand, späterem Transport, möglichem Repackaging und endgültiger Entsorgung. Auch neue Brennstoffe, SMR-/AMR-Konzepte, Generation-IV-Technologien¹ und internationale Kooperationsmodelle verändern den Bewertungsrahmen, selbst wenn Deutschland politisch am Atomausstieg festhält.

Daraus folgt nicht, dass Deutschland jetzt auf Wiederaufarbeitung, Partitionierung und Transmutation, ADS-Systeme² oder neue Reaktorkonzepte umschwenken sollte. Daraus folgt aber sehr wohl, dass die Nicht-Prüfung solcher Optionen mit zunehmender Zeit schwerer zu begründen ist. Ein technologie- und ergebnisoffenes Referenzprogramm würde genau diese Lücke schließen. Es würde den bestehenden deutschen Pfad nicht schwächen, sondern als Benchmark absichern. Parallel würden wenige ernsthaft prüfbare Alternativen nach einem einheitlichen Raster bewertet: technische Reife, Sicherheitsanforderungen, Kosten, Infrastrukturbedarf, rechtliche Anschlussfähigkeit, Safeguards, Endlagerrelevanz und mögliche Entlastungseffekte.

Ein solches Referenzprogramm sollte in vier Schritten angelegt werden.

Erstens: Referenzrahmen schaffen. Dazu gehören die klare Definition des bestehenden Pfades, eine systematische Inventar- und Stoffstromanalyse sowie eine Bewertungsmatrix für Kosten, technische Reife, Risiken, Zeitbedarf und rechtliche Voraussetzungen. Das Inventar darf nicht nur als Gesamtmenge betrachtet werden. Unterschiedliche Brennelementtypen, Abbrandgrade, Lagerformen, verglaste Abfälle und Sonderinventare müssen so segmentiert werden, dass spätere Optionen sinnvoll vergleichbar werden.

Zweitens: realistische Alternativpfade prüfen. Dazu zählen offene Langfristlagerung mit späterem Decision Gate, selektive Wiederaufarbeitung oder begrenztes Recycling, endlagerrelevante Vorbehandlung, Repackaging-Strategien und alternative

SMR-/AMR-Konzepte = kleine bzw. fortgeschrittene modulare Reaktoren; Generation-IV-Technologien = neuartige Reaktorsysteme mit weiterentwickelten Sicherheits- und Brennstoffkonzepten.¹

² ADS-Systeme = beschleunigergetriebene, unterkritische Systeme zur Transmutation bzw. Nutzung bestimmter Bestandteile abgebrannter Kernbrennstoffe.

Entsorgungsarchitekturen. Entscheidend ist keine politische Vorentscheidung, sondern eine belastbare Ampelbewertung: weiter vertiefen, nur beobachten oder vorerst nicht weiterverfolgen.

Drittens: fortgeschrittene Technologiepfade gesondert bewerten. Dazu gehören Partitionierung und Transmutation, ADS-Systeme, Mehrfachrecycling in schnellen Reaktoren, SMR-/AMR-bezogene Entsorgungspfade und mögliche europäische Service- oder Kooperationsmodelle. Diese Optionen müssen an Reifegrad, Zeitbedarf, Systemwechselfaufwand, Sicherheitsfragen, Proliferationsschutz und internationale Anschlussfähigkeit gebunden werden.

Viertens: Ergebnisse in eine politische Roadmap übersetzen. Diese sollte zwischen kurzfristigen No-regret-Maßnahmen, mittelfristigen Pilot- und Vorentwicklungsoptionen sowie langfristigen Pfadentscheidungen unterscheiden. Ziel wäre ein Prioritätenpapier, das benennt, welche Optionen aktiv vorbereitet, welche beobachtet und welche aus guten Gründen verworfen werden sollten.

Für die Glaubwürdigkeit eines solchen Programms ist die Organisation entscheidend. BASE, BGZ und BGE³ erfüllen unverzichtbare Aufgaben im bestehenden System: Regulierung, sichere Zwischenlagerung und Umsetzung des Endlagerpfades. Auch die Entsorgungskommission bleibt als fachtechnisches Beratungsgremium wichtig. Keine dieser Institutionen ist jedoch dafür angelegt, Referenzpfad und Alternativpfade in einer unabhängigen, plural besetzten Gesamtbewertung miteinander zu vergleichen. Genau dafür braucht es eine zusätzliche Prüfschicht.

Sinnvoll wäre ein plural kontrolliertes Prüf- und Bewertungsprojekt: mit unabhängiger Steuerung, wissenschaftlichem Kernkonsortium, kritischem Review-Beirat, gesellschaftlichem Begleitforum und internationalen Peer Reviewern. Die frühere Endlagerkommission hat gezeigt, dass Deutschland bei hochradioaktiven Abfällen breitere Verständigungsprozesse organisieren kann. Das vorgeschlagene Referenzprogramm würde daran nicht inhaltlich anknüpfen, wohl aber an die Einsicht, dass Langfristfragen dieser Tragweite mehr brauchen als die Perspektive einzelner Vollzugs- oder Fachinstitutionen.

Auch die Finanzierung sollte Glaubwürdigkeit sichern. Naheliegend wäre eine öffentliche Grundfinanzierung über BMUKN⁴, BASE und den Ressortforschungsplan, ergänzt durch projektbezogene Sicherheitsforschung und gegebenenfalls europäische Komponenten über Euratom. Der KENFO⁵ sollte wegen seines gesetzlichen Zwecks und seiner Rolle als Finanzierungsfonds eng eingebunden werden, aber nicht primärer Geldgeber eines offenen strategischen Prüfprogramms sein.

Die Quintessenz lautet: Deutschland braucht beim Umgang mit hochradioaktiven Abfällen weder ein bloßes „Weiter so“ noch einen Technologiesprung. Es braucht eine belastbare Prüflogik. Ein technologie- und ergebnisoffenes Referenzprogramm wäre kein Gegenentwurf zum Endlager, sondern ein Weg, den bestehenden Entsorgungspfad belastbarer, lernfähiger und entscheidungsfähiger zu machen. Es ersetzt die Endlagerung nicht, relativiert sie nicht und verzögert sie nicht. Es schafft vielmehr den Rahmen, in dem Deutschland systematisch klären

³ BASE = Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung; BGZ = BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH; BGE = Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH.

⁴ BMUKN = Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit; zuständig u. a. für das Nationale Entsorgungsprogramm und die Fachaufsicht im Bereich der nuklearen Entsorgung.

⁵ KENFO = staatlicher Fonds zur Finanzierung der nuklearen Entsorgung; er verwaltet die von den Kernkraftwerksbetreibern übertragenen Mittel zur Finanzierung von Zwischen- und Endlagerung.

kann, ob spätere Korrekturen fachlich, wirtschaftlich, rechtlich und politisch sinnvoll wären. Genau das ist der sachgerechte Weg aus dem Endlager-Dilemma.

Hinweis: Dieses Dokument wurde unter Nutzung KI-gestützter Hilfsmittel erstellt bzw. überarbeitet. Für die inhaltliche Prüfung, Einordnung und abschließende Verantwortung zeichnet allein der Autor verantwortlich.