

Pfadabhängigkeiten in der Endlagerpolitik

Die Bedeutung von Pfadentwicklungen im Kontext der Entsorgungsoptionen und Institutionenarchitektur in der Bundesrepublik Deutschland

Ana María Isidoro Losada

Zusammenfassung

Das Konzept der Pfadabhängigkeiten stellt einen fruchtbaren Ansatz für die Analyse der Entsorgungspolitik von hochradioaktiven Abfällen in der Bundesrepublik Deutschland dar. Die Geschichte des Umgangs mit Atommüll ist, so die hier verwendete Arbeitshypothese, durch spezifische (inter-)nationale Pfadabhängigkeiten geprägt. Dennoch deuten punktuelle Ereignisse und Prozesse in den vergangenen Jahrzehnten auf kontextbedingte Pfadbrechungen und nationale Besonderheiten hin. Der Beitrag liefert weiterführende Einsichten hinsichtlich der Frage, inwieweit der Umgang mit der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle sowie das gegenwärtige Standortauswahlverfahren durch Pfadabhängigkeiten geprägt ist und was sich daraus lernen lässt. Es wird analysiert, inwieweit die Genese des gegenwärtigen Endlagerkonzeptes durch sich (international) verändernde technische Grundannahmen, aber auch politisch-ökonomische Schwerpunktsetzungen bzw. -verlagerungen in der Vergangenheit mitgeprägt wurde. Darüber hinaus wird postuliert, dass auch die jeweiligen gesellschaftspolitischen Auseinandersetzungen und Erwartungen im Umgang mit hochradioaktiven Abfällen die jeweilige Endlagerpolitik mitbeeinflussten. Abschließend werden Voraussetzungen am Beispiel der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle abgeleitet, die erfüllt sein müssen, um künftig Pfadkreationen für das Standortauswahlverfahren, aber auch die Entsorgungsoptionen politisch gestalten zu können.¹

1 Dieser Text ist am Forschungszentrum für Umweltpolitik (FFU) der FU Berlin im Rahmen des Arbeitspakets 2.1. zu den »Interdependenzen zwischen Regulierung und Pfadabhängigkeiten in der nuklearen Entsorgung« als Teil des Projektes »Konzepte und Maßnahmen zum Umgang mit sozio-technischen Herausforderungen bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle – SOTEC-radio« entstanden, das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) von 2017 bis 2020 gefördert wurde (FK 02E11547C).

Einleitung

Im Rahmen des vorliegenden Beitrages wird das Konzept der Pfadabhängigkeiten für die Analyse der Entsorgung von hochradioaktiven Abfällen in der Bundesrepublik diskutiert. Ein solcher Zugang verspricht weiterführende Einsichten hinsichtlich der Frage, inwieweit der Umgang mit der Endlagerung hochradioaktiver Reststoffe durch Pfadabhängigkeiten geprägt ist und was sich daraus lernen lässt. Ziel ist es, relevante Aspekte des Konzeptes für unmittelbar sowie künftig anstehende Verfahrensschritte in der bundesdeutschen Endlagerpolitik fruchtbar zu machen. Die Geschichte des Umgangs mit Atommüll ist, so die hier verwendete Arbeitshypothese, durch spezifische (inter-)nationale Pfadabhängigkeiten geprägt. Dennoch deuten punktuelle Ereignisse und Prozesse in den vergangenen Jahrzehnten auf kontextbedingte Pfadberechnungen und nationale Besonderheiten hin.

Der Beitrag ist wie folgt strukturiert: Zunächst werden die Entstehung und Entwicklung des Pfadabhängigkeitskonzeptes nachgezeichnet und die theoretisch-konzeptionellen Schwerpunktsetzungen erläutert. Im Anschluss erfolgt eine Übertragung des Konzeptes auf den Endlagerungskontext. Empirisch werden die Pfadabhängigkeiten der naturwissenschaftlichen und (sozio-)technischen Aspekte internationaler Endlagerkonzepte nachgezeichnet. Diese werden dann mit Blick auf Pfadabhängigkeiten der Entsorgungsoptionen sowie der fachbezogenen Institutionenarchitektur im bundesdeutschen Kontext kritisch reflektiert. Es wird analysiert, inwieweit die Genese des gegenwärtigen Endlagerkonzeptes durch sich (international) verändernde naturwissenschaftlich-technische Grundannahmen, aber auch politisch-ökonomische Schwerpunktsetzungen bzw. -verlagerungen in der Vergangenheit mitgeprägt wurde. Darüber hinaus wird dargelegt, dass auch die jeweiligen gesellschaftspolitischen Auseinandersetzungen und Erwartungen im Umgang mit hochradioaktiven Abfällen die jeweilige Endlagerpolitik mitbeeinflussten. Abschließend werden Voraussetzungen am Beispiel der Entsorgung radioaktiver Abfälle abgeleitet, die erfüllt sein müssen, um künftig Pfadkreationen für das Standortauswahlverfahren, aber auch die Entsorgungsoptionen politisch gestalten zu können.

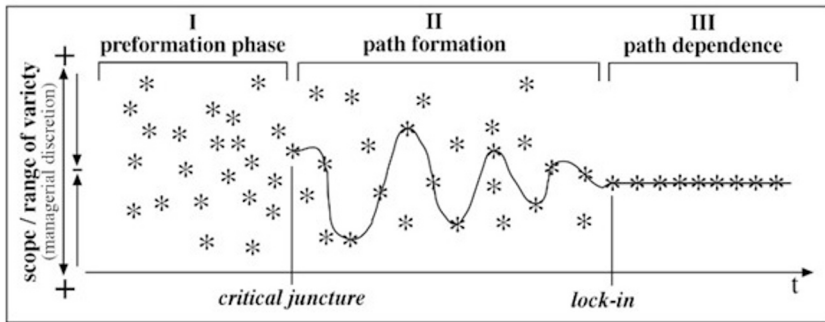
Pfadabhängigkeiten – eine Begriffsklärung

Das Konzept der Pfadabhängigkeit wurde in den 1980er und 1990er Jahren von den Wirtschaftswissenschaftlern Brian Arthur und Paul David entwickelt. Arthur und David fokussierten in ihren Arbeiten jene Dynamiken, in denen positive Feedback-Effekte zur Folge haben, dass wirtschaftliche Prozesse bzw. Marktentwicklungen sowie Technologien und Industrien sich auf zufälligen Pfaden durchsetzen (können) (Arthur 1989; David 1985).

Eine der grundlegenden Annahmen einer Pfadabhängigkeit lässt sich anhand eines dreistufigen Entwicklungsmodells veranschaulichen (vgl. hierzu Sydow, Schreyögg und Koch 2005): Am Anfang steht die Suche und Entwicklung bzw. Schaffung eines neuen Produktes, einer neuen Technologie, Industrie oder Institution bzw. Organisation (siehe Abbildung 1). Die Prozesse in dieser Phase sind meistens ergebnisoffen

und Entscheidungen oftmals kontingent. Verschiedene Optionen können während dieser Etappe zeitgleich erkundet und entwickelt werden, wodurch vielfältige Gabelungen und neue Optionen entstehen können. Zu einem gegebenen Zeitpunkt verzeichnet bspw. eine Technologieoption mittels sich selbstverstärkender Dynamiken² und dem Vorhandensein von positiven Rückkopplungen, sogenannter *increasing returns* (Arthur 1989, 1994)³, schließlich eine größere Nachfrage und Durchsetzungstiefe, so dass in der Folge eine Versterkung dieses eingeschlagenen Pfades erfolgt.

Abbildung 1: Konstitution eines technologischen oder institutionellen Pfades – Das klassische Modell



* Optionen; unterschiedliche Ereignisse
 ~ entstehender Pfad

Quelle: Sydow et al. 2005: 9

Pfadabhängigkeiten bedeuten im übertragenen Sinne, dass einmal beschlossene Maßnahmen und Strategien – d.h. die zu einem gegebenen Zeitpunkt eingeschlagenen Entwicklungswege – nur schwer bzw. nur unter spezifischen Rahmenbedingungen wieder verlassen oder modifiziert werden (können). Gründe hierfür können beispielsweise sein, dass bereits signifikante Investitionen getätigt wurden, die sich noch nicht amortisiert haben, Baustrukturen oder Infrastruktursysteme kurzfristig nicht oder nur schwer, unter Umständen gar nicht umkehrbar bzw. rückbaubar sind. Insbesondere wenn hohe Investitionskosten oder strukturelle Hürden zu Grunde liegen, sind die Widerstände groß, von der einmal gewählten Option abzuweichen (Cowan 1990). Interessegeleitetes Handeln relevanter Akteure kann ebenso Pfadabhängigkeiten zementieren und oftmals sogenannte Verriegelungen bzw. *lock-in*-Situationen zur Folge haben

- 2 Beispielsweise durch die gezielte Gewährung von Vorteilen bzw. positive Rahmenbedingungen, die dazu führen, dass diese Pfade sich nicht ausschließlich aufgrund ihrer Eignung und Qualität durchsetzen.
- 3 Vgl. hierzu auch Cowan (1990), der die Wirkmechanismen konkurrierender Technologien und die Dynamiken der »increasing returns« am Beispiel der Atomreaktoren und der Durchsetzung der Leichtwasserreaktoren nachzeichnete.

(ebd.). Mit *lock-in* wird das Beharren auf einen bereits eingeschlagenen Pfad bezeichnet: Rahmenbedingungen oder Akteure verhindern, dass diese revidiert werden, und begünstigen hingegen, dass potenziell erfolgversprechendere Alternativen, sogenannte *lock-out*-Optionen, ausgeschlossen oder unberücksichtigt bleiben.

Ereignisse mit ungewöhnlicher Eingriffstiefe: Random events and critical junctures

Pfadbrechungen, also wenn eingeschlagene Entwicklungen wieder verlassen werden, sind in der Regel als Ausnahmefälle zu betrachten. Haben sich bestimmte Technologien, Industrien, Institutionen oder Behördenstrukturen erst einmal etabliert, weisen die jeweiligen Entwicklungspfade häufig ein ausgeprägtes Beharrungsvermögen auf, selbst in jenen Fällen, in denen technologisch, infrastrukturell oder institutionell überlegene oder effizientere Alternativen zur Verfügung stünden oder andere Entwicklungspfade sich anböten (Arthur 1989). Insbesondere Zufallsereignisse (*random events*) oder tiefgreifende Ereignisse, sogenannte Erschütterungen (*critical junctures*), können jedoch entscheidend dazu beitragen, dass sich spezifische Entwicklungspfade oder -entscheidungen gegenüber Alternativen durchsetzen (Cowan 1990; vgl. Abbildung 1).

Pfadbrechungen und -kreationen können ebenso das Ergebnis gezielt hervorgerufener Handlungen und Entscheidungen von einflussreichen Akteuren und Stakeholdern darstellen (Martin und Sunley 2010: 65). In der Wirtschaft führen beispielsweise durch Wettbewerb ausgelöste (Innovations-)Prozesse oder aber auch durch Ressourcenknappheit induzierte Transformationen zu Pfadbrechungen. In der Politik sowie in Institutionen- und Regelsystemen hingegen sind Pfadbrechungen und -kreationen oftmals an *critical junctures*, also Krisen oder externe Ursachen gekoppelt, wie etwa Kriegsausbrüche, Regierungsumstürze, Naturkatastrophen oder eben die Reaktorkatastrophe von Fukushima, in deren unmittelbarer Folge die 2011 amtierende schwarz-gelbe Bundesregierung den Ausstieg aus der Atomkraft bis 2022 beschloss (Capoccia 2015; Feldhoff 2013).

Jürgen Beyer vertritt die These, dass einmal eingeschlagene Wege und Entwicklungen durchaus auch ohne *critical junctures* wieder verlassen werden können. Würde man alternative Optionen und Pfadentwicklungen gezielt mitberücksichtigen und parallel mitgestalten, so ergäbe sich nicht notwendigerweise der Zustand eines *lock-in* einer einzigen Lösung. Vielmehr könnten proaktiv *lock-out*-Optionen sondiert und in laufenden oder anstehenden Planungs- oder Gestaltungsprozessen mitgedacht und -eingeplant werden (Beyer 2005: 5ff., 14; 2006: 4).

Institutionelle Pfadabhängigkeiten

Die Einsichten der pfadabhängigen, sich selbstverstärkenden Dynamiken übertrug Douglas C. North als einer der Ersten auf Institutionen sowie Prozesse des institutionellen Wandels (1990). In diesem Zusammenhang bezieht sich eine Pfadabhängigkeit in der Regel nicht auf eine einzelne Institution, sondern nimmt vielmehr die gesamte Infrastruktur der staatlichen Institutionen in den Blick. North fasste dies unter dem Begriff der »institutionellen Matrix« des Staates zusammen. Die entsprechende An-

nahme lautet, dass bei pfadabhängigen Entwicklungen und Institutionenprozessen insbesondere kontinuierlich sichernde Mechanismen wirksam sind. Paul Pierson zufolge sind die Handlungs- und Entscheidungsmaxime von politischen Akteuren – ähnlich der in der Wirtschaft vorherrschenden Marktlogik – an die zu erwartenden *increasing returns*, folglich bspw. an die politischen Erfolge und Gewinne, geknüpft (2000). Diese Annahmen treffen jedoch nur bedingt auf Institutionen zu.

Im Gegensatz zu Technik- und Technologieartefakten (vgl. Ropohl 1999: 31) so wie sich verändernden politischen Mehrheitsverhältnissen sind Institutionen und Behördenstrukturen in demokratisch gefestigten, stark strukturkonservativen politischen Systemen statischer und weniger formbar: Institutionen und Behörden sind grundsätzlich nicht dafür geschaffen, sich flexibel an verändernde gesellschaftliche und politische Rahmenbedingungen anzupassen. Sie zeichnen sich vielmehr dadurch aus, dass sie sich explizit nicht einem tagespolitischen Trend anpassen, sondern ein ausgeprägtes Beharrungsvermögen aufweisen (vgl. hierzu auch Pierson 2000: 262). In liberal-repräsentativen Demokratien gewährleistet das bestehende politisch-institutionelle Setting die politische Stabilität und die Geltung von Gesetzen trotz wechselnder Regierungen und sich einander ablösender politischer Machtverhältnisse. Diese Arrangements sind von den politisch Verantwortlichen nicht nur so gewollt, sondern werden auch heute weiterhin von Seiten der Bevölkerung sowie den ökonomischen Akteuren als eine stabile Variable unabhängig vom politischen Wahlgeschehen wahrgenommen (Pierson 2000: 259).

Würden Institutionen regelmäßig tiefgreifenden Veränderungen unterzogen, könnten diese den Verlust des inkorporierten Institutionenwissens und der entwickelten Problemlösungstechniken bedeuten. Diese Antiadaptationslogik sichert einerseits Kontinuität, impliziert aber auch, dass Institutionen nicht bedenkenlos und hürdenfrei parallel bzw. im Einklang mit aktuellen gesellschaftlichen Forderungen oder gar volatilen tagespolitischen Stimmungen in der Gesellschaft verändert werden (können und sollen). Gerard Alexander (2001) verweist im Zusammenhang mit der Pfadabhängigkeit von demokratischen Institutionen dennoch darauf, dass spezifische Akteure durchaus auf Änderungen und Anpassungen drängen können. Institutionen per se können somit keineswegs als verfestigt aufgefasst werden, es gilt im Einzelfall zu prüfen, welche Bedingungen und Strukturen für die zu untersuchende Institution gelten (hierzu ausführlicher Beyer 2005: 15ff, Göhler 1997: 25).

Pfadentwicklungen der naturwissenschaftlichen und (sozio-)technischen Aspekte internationaler Endlagerungskonzepte und ihre Bedeutung im bundesdeutschen Kontext

Nachfolgend werden vier verschiedene Pfade (Pfad 1, Pfad 2, Pfad 3 a und b) unterschieden, die zum Teil aufeinander aufbauen, sich dann jedoch in Form von Pfadbrechungen (Pfade 3 a und b) weiterentwickelten und durchgesetzt haben (vgl. hierzu Abbildung 2). Die Entsorgungsoptionen Pfad 1 (Versenken, Verdünnen, Verteilen, Versickern und Vergraben) und Pfad 2 (Wiederaufarbeitung) wurden im bundesdeutschen Kontext zu einem gegebenen Zeitpunkt rechtskräftig verboten und somit nicht weiterverfolgt. Im

Rahmen dieses Beitrages werden die Pfadabhängigkeiten von weiteren Entsorgungsoptionen wie beispielsweise die langfristige Oberflächenlagerung und Langzeitzwischenlagerung aus Platzgründen nicht berücksichtigt.⁴

Abbildung 2: Pfadabhängigkeiten in den Entsorgungsoptionen hochradioaktiver Abfälle – mit besonderem Augenmerk auf die Relevanz für den bundesdeutschen Kontext



Quelle: Eigene Darstellung

Pfadentstehung/Pfad 1: Versenken, Verdünnen, Verteilen, Versickern und Vergraben

Seit dem Beginn der militärischen und zivilen Nutzung der Atomenergie Ende der 1940er Jahre dominierte über Jahrzehnte hinweg das Entsorgungsprinzip des Versenkens, Verdünnens, Verteilens, Versickerns und des Vergrabens. Dem ging die Erwartung voraus, dass bspw. bei der Verklappung von dünnwandigen – und somit kostengünstigen – Fässern im Meer, diese nach und nach durchrosten und/oder zerplatzen würden und die austretenden radioaktiven Substanzen weniger schädlich im Ozean verdünnt würden. Heute steht fest, dass die Radioaktivität dadurch keineswegs verringert, sondern lediglich unkontrolliert im marinen Ökosystem verteilt wurde (Deutscher Bundestag 2012). Allein die USA versenkten zwischen 1946 und 1970 mehr als 90.000 Gebinde mit radioaktiven Abfällen – auch hochradioaktive Abfälle aus militärischer Nutzung – im Pazifik und Atlantik (IAEA 1999: 64 und 89).⁵ Auf Initiative der Bundesrepublik

4 Für einen Überblick zu der Entsorgungsoption Langzeitzwischenlagerung siehe: EndKo (2015): K-MAT 44: Gutachten zur Langzeitzwischenlagerung abgebrannter Brennelemente und verglaster Abfälle von TÜV Nord EnSys Hannover GmbH & Co. KG, Hannover, Oktober 2015.

5 Den Spitzenplatz nehmen jedoch die ehemalige Sowjetunion und die Russische Föderation ein, die über Jahrzehnte hinweg nicht nur 13.150 Gebinde, 313.831 m³ flüssige Abfälle, 253 unverpackte Großkomponenten, sondern auch sechs Reaktoren mit abgebrannten Brennelementen im Pazifik

erfolgte 1967 400 km vor der Küste Portugals erstmals eine international abgestimmte Probeversenkung von mehr als 10.000 Tonnen »Abfällen mit begrenzter Radioaktivität« aus Belgien, der Bundesrepublik (GfK Karlsruhe), Frankreich, Großbritannien und den Niederlanden (IAEA 1991, Deutscher Bundestag 2012).

Die Ende der 1970er-, Anfang der 1980er Jahre erneut beabsichtigten Versenkungen von Atommüll im Atlantik durch verschiedene europäische Länder, darunter auch die Bundesrepublik, mussten u.a. auf Druck der Öffentlichkeit eingestellt werden. Anhaltende und massive Proteste durch regionale Anti-Atomkraft-Gruppen und betroffene (Fischer-)Gemeinden sowie die internationale Verurteilung des aggressiven Vorgehens gegen und der offenen Kriminalisierung von Greenpeace-Aktivist*innen und anderen Umweltorganisationen beförderten das Ende der Verklappungspraxis (Kaufmann 2013).

1972 erfolgte die Annahme und 1975 schließlich das Inkrafttreten des internationalen Übereinkommens zur Verhütung der Meeresverschmutzung durch das Einbringen von Abfällen und anderen Stoffen (*Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter*, kurz: London Convention), das unter anderem das Verbot der Verklappung hochradioaktiver Abfälle vorsah. In der Folge stufte 1975 die IAEA hochaktives Material als »ungeeignet für die Meeresversenkung« ein (IAEA 1975).

Das endgültige Verbot der Verklappung hochradioaktiver Abfälle durch die International Maritime Organisation (IMO) wurde jedoch erst am 10.02.1994 rechtskräftig (IAEA 1999). Bis zu diesem offiziellen Verklappungsverbot versenkten öffentlichen Angaben zufolge 14 Länder⁶ radioaktive Stoffe im Meer. Die letzte offiziell registrierte Verklappung von radioaktiven Abfällen führte die Russische Föderation im Jahr 1993 durch (ebd.). Die Einleitung flüssiger radioaktiver Substanzen ins Meer hingegen bleibt bis heute vom Verbot unberührt; so pumpen beispielsweise Wiederaufarbeitungsanlagen wie die in La Hague (Frankreich) und in Sellafield (Großbritannien) weiterhin hochkontaminierende Abwässer ungeklärt ins Meer.

Parallel zu dieser Entsorgungspraxis zählte über Jahrzehnte hinweg zudem die oberflächennahe Deponierung von Abfällen zu den gängigen Entsorgungsoptionen (Endko 2016: 92). Weltweit wurden an verschiedenen Standorten radioaktive Flüssigabfälle direkt in die Erde gepumpt oder, im Fall von hochradioaktiven Substanzen, ohne sicherheitstechnisch-relevante Vorkehrungen bzw. unter einer sehr fahrlässigen Handhabung von Sicherheitsvorschriften in Wasserbecken sowie ober- oder unterirdischen Großtanks eingelagert. Dieses Verfahren stellte bis 1998 die gängige Praxis bspw. auf dem Gelände des Atomkomplexes Hanford im Bundesstaat Washington dar: Dem ersten Anlagenkomplex in den USA, der auch für die Lagerung hochradioaktiver Flüssigabfälle aus militärischer Nutzung diente (Bergen 2016: 716). Ähnlich wie bei der Entsorgung auf dem Meeresgrund galt in diesem Zusammenhang die Annahme, dass die Radionuklide diffundieren, sich im Erdreich »irgendwie« verteilen und so die ionisierende Strahlung vermindert würde. Bis heute stellen hochverseuchte Areale

und der Japanischen See sowie zehn Reaktoren mit nicht abgebrannten Brennelementen in der Arktischen See versenkt haben (IAEA 1999: 69-120).

6 Belgien, Bundesrepublik Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Italien, Japan, Neuseeland, Niederlande, Schweden, Schweiz, USA, Sowjetunion und Russische Föderation, Südkorea (IAEA 1999).

und somit die Zerstörung der Umwelt- und Lebensgrundlagen ebenso wie die erhöhte Explosionsgefahr in diesen Gebieten die Folgen dieser Entsorgungspraxis dar (ausführlicher hierzu: Isidoro Losada 2016). In der ehemaligen Sowjetunion dominierte ein ähnliches Prozedere: Bereits 1957 führte – Jahrzehnte vor der Katastrophe von Tschernobyl 1986⁷ – die Explosion eines mit radioaktiven Flüssigabfällen gefüllten Großtanks in dem sowjetischen Atomkomplex Majak/Südural zu einer der größten nuklearen Umweltkatastrophen mit Hunderten von Toten und Betroffenen (Paul 2009). Die Öffentlichkeit und internationale Gemeinschaft erhielten erst Jahrzehnte später fragmentarische Informationen zu den Geschehnissen auf dem abgeschotteten Gelände.

Rückblickend spiegeln die exemplarisch aufgeführten Beispiele über die Anfänge der nuklearen Abfallbeseitigung wider, dass das wiederholte Auftreten von *critical junctures* in Form von Unfällen und Protesten eine politisch-regulatorische Debatte um den Entsorgungspfad »Versenken, Verdünnen, Verteilen, Versickern und Vergraben« angestoßen haben, ein Umdenken stattfand und im Zuge von internationalen Konventionen und nationaler Rechtsprechung schließlich zu einer Pfadbeendigung führte. Hinzu kam, dass im Hinblick auf den Stand von Wissenschaft und Technik und somit die Auswahl an ingenieurstechnischen Entsorgungsalternativen parallele Entwicklungen stattfanden, die dazu beitrugen, dass der Pfad 1 als Entsorgungsoption als wissenschaftlich überholt und politisch unhaltbar eingestuft wurde.

Pfad 2 – Pfadentwicklung in eine Sackgasse – Die Wiederaufarbeitung in der Bundesrepublik

Als ein direktes Erbe des Manhattan-Projektes⁸ und somit explizit aus militärischen Erwägungen stellte die Wiederaufarbeitung in den Anfängen der Nutzung der Atomenergie eines der zentralen Elemente im Umgang mit radioaktiven Abfällen in den USA dar. Entsprechend wurde ein signifikanter Anteil der kommerziellen Nutzung der Atomkraft in einem geschlossenen Brennstoffkreislauf realisiert. Im Jahr 1956 legte einer der Vorsitzenden der Atomic Energy Commission (AEC) ein Programm vor, das Anreize für den Einstieg der Privatindustrie in die Wiederaufarbeitung schaffen sollte (Andrews 2008).

In der Bundesrepublik gewann die Atomwirtschaft im Zuge der Ölkrise 1973 an Bedeutung und Aufmerksamkeit. Die Mehrzahl der politischen Entscheidungsträger*innen vertrat die Meinung, dass die bundesdeutsche Wirtschaft ohne Atomkraft zu sehr von importierten fossilen Energieträgern abhängig und somit anfällig sei. Um den nationalen Energiebedarf und die notwendige Energieversorgung entsprechend zu si-

7 Am 26. April 1986 kam es in Block 4 des Atomkraftwerks in Tschernobyl (Ukraine) zu einer vollständigen Kernschmelze und anschließend zu Explosionen, bei denen hochradioaktives Material in die Luft gestoßen wurde. Auf der internationalen Bewertungsskala für nukleare Ereignisse wurde das Ereignis in die höchste Kategorie (*INES 7*) eingeordnet.

8 Das »Manhattan Project« (ursprünglich Manhattan Engineer District) bezeichnete den Projektverbund, unter dem ab 1942 alle US-amerikanischen Forschungstätigkeiten zur Entwicklung und zum Bau einer Atombombe gebündelt wurden. Für einen ausführlichen Überblick über das »Manhattan Project« siehe Fehner und Gosling (2012).

chern, setzte die sozialliberale Regierung unter Willy Brandt einen Akzent auf den Ausbau der Atomenergie. Mit der Verabschiedung der 4. Atomgesetz-Novelle im Jahr 1976 wurde erstmals explizit die Entsorgung hochradioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland geregelt: In dem Paragraphen 9a wurde der »schadlosen [Verwertung]« abgebrannter Brennelemente Vorrang eingeräumt und die Wiederaufarbeitung zum primären Pfad im Umgang mit hochradioaktiven Abfällen erklärt. Eine »geordnete [Beseitigung]« von radioaktiven Abfällen (direkte Endlagerung bzw. vorgeschaltete Zwischenlagerung) war somit in jenen Fällen vorgesehen, in denen eine Wiederaufarbeitung »nach Stand von Wissenschaft und Technik nicht möglich, wirtschaftlich nicht vertretbar, oder mit den in § 1 Nr. 2 bis 4 bezeichneten Zwecken unvereinbar ist« (BGBl 1976: 2574).

Dieser Pfad wurde bereits 1971 mit der Inbetriebnahme der Pilotanlage Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe – in der (bis 1990) abgebrannte Brennelemente zu Versuchszwecken wiederaufgearbeitet wurden – eröffnet (*path creation*). Als von der Politik abgesegnetes und angestoßenes Vorhaben erlangte das Verfahren der Wiederaufarbeitung schließlich Ende 1973 an Relevanz, als die Bundesregierung das Unternehmen KEWA (Kernbrennstoff-Wiederaufarbeitungs-Gesellschaft) mit der Erkundung eines geeigneten Standortes für ein sogenanntes nukleares Entsorgungszentrum in Niedersachsen beauftragte.

Die Decide-Announce-Defend-Strategie, der zufolge die nationale Entsorgungspolitik an zentraler Stelle (Bundesregierung) entschieden und organisiert und nach unten hin, über die nachgeordneten politisch-administrativen Instanzen hinweg durchgesetzt wird, scheiterte sowohl an den partikularen Interessen der Landesregierung von Niedersachsen als auch an dem vehementen Widerstand (lokaler und bundesweiter) zivilgesellschaftlicher Akteure. Während die Bundesregierung an ihrem integrierten Entsorgungskonzept festzuhalten versuchte, erklärte die Niedersächsische Landesregierung 1979 die Ansiedlung einer Wiederaufarbeitungsanlage (WAA) bzw. eines Integrierten Entsorgungszentrums in der Region für politisch nicht durchsetzbar (Deutscher Bundestag 2013: 101).⁹

Im Rahmen der nationalen Entsorgungspolitik zählte die Wiederaufarbeitung und spätere Abfallendlagerung jedoch weiterhin zu den drei Säulen der Empfehlungen für einen Umgang mit abgebrannten Brennelementen.¹⁰ Zu diesem Ergebnis gelangte die mit Entsorgungsaspekten beauftragte Arbeitsgruppe der Enquete-Kommission Zukünftige Kernenergie-Politik in ihrem 1980 dem Bundestag vorgelegten Bericht (Deutscher Bundestag 1980: 156f.). In der politischen Realität sahen die Entwicklungen anders aus. Aufgrund des anhaltenden gesellschaftlichen Widerstandes musste 1989 auch die Bayerische Landesregierung den zuvor gefällten Beschluss (1985), eine WAA

9 Das Jahr 1979 markierte auch das Jahr, in dem sich der erste medial international wahrgenommene Reaktorunfall im Three Miles Island in Harrisburg/USA ereignete (Rogovin, Frampton 1979). Die partielle Reaktorschmelze und die von der ausgetretenen ionisierenden Strahlung ausgehende Gefahr schürte auch in der Bundesrepublik die Angst und die Ablehnung der Atomenergie.

10 Die Empfehlungen der Arbeitsgruppe an den Bundestag ruhten auf den nachfolgend aufgezählten Säulen: I. Die Demonstration der direkten Endlagerung ohne Wiederaufbereitung, II. Die Demonstration der Wiederaufarbeitung und Abfallendlagerung, III. Die vergleichende Bewertung der beiden Wege (Deutscher Bundestag 1980: 156-157).

in Wackersdorf zu bauen, aufgeben. In der Folge wurde der Bau einer WAA endgültig eingestellt und bundesweit aufgegeben.

Am 22. April 2002 – 16 Jahre nach der Tschernobyl-Katastrophe – beschloss der Deutsche Bundestag mit dem »Gesetz zur geordneten Beendigung der Kernenergie-nutzung zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität« den ersten Atomausstieg. Im Zuge der Konsensverhandlungen mit den vier Energieversorgungsunternehmen (EVU) RWE, VIAG, VEBA und EnBW wurde das Prinzip der »schadlosen Verwertung« für den bundesdeutschen Kontext endgültig für nichtig erklärt. Neben politischen Motiven sprachen auch handfeste ökonomische Kriterien gegen eine weitere Verfolgung der Wiederaufarbeitungsoption (vgl. Deutscher Bundestag 2001a: 15f.). In der Änderung des Atomgesetzes wurde die Aufarbeitung bestrahlter Kernbrennstoffe aus kerntechnischen Anlagen zur Energieerzeugung ab dem 1. Juli 2005 untersagt und somit die Entsorgung hochradioaktiver Abfälle auf die direkte Endlagerung beschränkt (BMU 2000: 8, Paragraph 9a, 1 (2), BGBI 2002: 1353). Der Entsorgungspfad Wiederaufarbeitung endete in einer Sackgasse.

Eine weitaus langlebigere und bis heute staatlich geförderte Pfadgestaltung der Wiederaufarbeitung erfolgt hauptsächlich in jenen Ländern, die zu den Atommächten zählen, wie beispielsweise Frankreich und Großbritannien.¹¹ In diesen Staaten erfolgt der Anreiz bzw. das Interesse an der Weiterführung der Wiederaufarbeitung vorrangig aus militärischen Erwägungen.

Pfad 3a: Entsorgungsoptionen in tiefen geologischen Formationen ohne Rückholung

Während desselben Zeitraums der Pfad 2-Ausgestaltung (Wiederaufarbeitung) erfolgte die Ausdifferenzierung eines parallelen Entsorgungspfades: Die Endlagerung in tiefen geologischen Formationen ohne Rückholung. Inwieweit die Unterzeichnung der vier internationalen Übereinkommen im Rahmen der ersten United Nations Conference on the Law of the Sea (UNCLOS) 1958 als *random event* zu werten sind, das katalysierend dazu beigetragen hat, langfristige Endlagerungsoptionen an Land stärker in den wissenschaftlichen Fokus zu rücken, kann im Rahmen dieses Beitrages nicht eingehend nachgezeichnet werden. Fest steht, dass das Jahr 1957 den Beginn einer neuen inhaltlichen Schwerpunktsetzung in den internationalen Entsorgungskonzepten markiert und die folgenden wissenschaftlichen und politischen Debatten um eine langfristige Lagerung von hochradioaktiven Abfällen fortan die Einbringung in tiefegeologische Formationen fokussierten.

Ausschlaggebend für die Prominenz dieser Entsorgungsoption war der 1957 präsentierte Bericht »*The disposal of radioactive waste on land*« des National Research Council (NRC) (NRC 1957). Der Report kann als Gründungsschrift des in tiefegeologischen Formationen konzipierten Entsorgungspfades betrachtet werden. Die Autoren sprachen sich dafür aus, zukünftig primär – anders als die bisherige gängige Praxis der Verbringung von radioaktiven Abfällen in flüssiger Form – die Möglichkeiten für die Verfestigung bzw. Vitrifizierung (Verglasung) hochradioaktiver Substanzen zu erforschen

11 Zu nennen wären des Weiteren die Russische Föderation sowie die faktische Atommacht Indien.

(ebd.: 6). Außerdem galt seither als wissenschaftlich gesetzt, dass zukünftige Forschung es ermöglichen würde, hochradioaktive Abfälle sicher und ohne Bedenken in tiefegeologische Formationen zu verbringen. Dementsprechend wurden die Optionen explizit mit Verschluss und ohne Rückholmöglichkeit konzipiert (ebd.: 86).

Den aufstrebenden EVU und Befürworter*innen der Atomenergie diente dieser Bericht als Argumentationsgrundlage für weitere Investitionen und somit Expansionen in diesem Sektor, schließlich wurde mit baldigen Lösungen in der Frage der langfristigen und sicheren Einlagerung der hochradioaktiven Substanzen gerechnet. Der Energiepfad des robusten »Atomstaates« (Jungk 1977, siehe auch den Beitrag von Achim Brunnengräber in diesem Band) mit der zivilen Nutzung der Atomenergie als Allheilmittel für die Gewährleistung der nationalen Energiesicherheit und der Verheißung von wirtschaftlicher Prosperität gewann an Fahrt und politische Unterstützung (Rucht 1980: 17-43).

Bereits 1959 präsentierte die Bundesanstalt für Bodenforschung (heutige Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) auf einer Tagung der IAEA Empfehlungen für die Einlagerung radioaktiver Abfälle in Steinsalz-Formationen (IRG 1978:76). Im Juli 1961 wurde im Rahmen eines Arbeitskreises der Deutschen Atomkommission resümiert, dass für eine »Langzeitlagerung radioaktiver Abfallstoffe nur unterirdische geologische Schichten infrage kämen«, wobei insbesondere Salzstöcke sowie Salzbergwerke eingehender zu betrachten seien (Endko 2016: 90). Die Schriften des NRC und der Bundesanstalt wurden bis 2010 als Meilensteine und Referenzen herangezogen, um die sichere, dauerhafte und passive Beseitigung in tiefen geologischen Steinsalz-Formationen, ohne die Optionen der Überwachung und der Rückholung, als Königspfad der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik zu markieren (ENTRIA-Arbeitsbericht-01: 133-144, EndKo 2016: 90ff.).¹² Noch 2011 bekräftigte der Ausschuss Endlagerung radioaktiver Abfälle der Entsorgungskommission (ESK) in einem Diskussionspapier, dass ein Entsorgungskonzept mit Rückholbarkeit sowie Offenhalten des Endlagers über längere Zeiträume dem bisherigen Vorgehen der Bundesrepublik grundlegend widerspräche (ESK 2011). Die Studien der Bundesanstalt für Bodenforschung, die einen hauptsächlich auf die Eignungsuntersuchung von Salzgesteinsformationen gerichteten Forschungsfokus hatten, bestimmten folglich bis zu Beginn der 2010er Jahre die favorisierte Entsorgungsoption im bundesdeutschen Kontext. Die jahrzehntelange Pfadabhängigkeit wurde schließlich durch die erneute Optionenöffnung im Rahmen des StandAGs 2013 und der Arbeit der Endlagerkommission aufgehoben. Der Entsorgungspfad wurde mit der Ankündigung der Suche auf der weißen Landkarte wieder zur Diskussion gestellt.

12 Für einen ausführlicheren Überblick der Ziele und charakteristischen Merkmale ausgewählter Entsorgungsoptionen siehe: ENTRIA-Arbeitsbericht-01: Darstellung von Entsorgungsoptionen. Detlef Appel, Jürgen Kreusch und Wolfgang Neumann, Hannover.

Pfad 3b: Entsorgungsoptionen in tiefen geologischen Formationen mit Rückholung – und Reversibilität

Im Jahr 1978 veröffentlichte die Interagency Review Group on Nuclear Waste Management (IRG) eine ausführliche Studie zur Verbringung von radioaktiven Abfällen in tiefe geologischen Formationen unter Berücksichtigung verschiedener Wirtsgesteine.¹³ Anders als in den meisten bis zu diesem Zeitpunkt veröffentlichten offiziellen Studien, sind in dem Bericht explizit Passagen zu dem Themenfeld der Rückholbarkeit enthalten. Aspekte der Reversibilität finden jedoch noch keine Erwähnung. Im Zentrum stehen dabei neben den Diskussionen um die Wirtschaftlichkeitsaspekte der Rückholbarkeit insbesondere die Überlegungen zu der möglichen Verwertung der radioaktiven Rest- bzw. Rohstoffe in der Zukunft (IRG 1978: 18f.). Unter Rückholbarkeit werden alle Prozesse verstanden, die es ermöglichen, eingelagerte Abfälle planmäßig und mit kalkulierbarem technischem Aufwand aus einem Endlager zurückzuholen.

Überlegungen zur Rückholbarkeit werden seit Beginn der 1980er Jahre in verschiedenen nationalen Entsorgungskonzepten mit jeweils unterschiedlichen inhaltlichen Foci gezielt integriert. Wird im schwedischen Entsorgungskonzept beispielsweise die Offenhaltung der Handlungsmöglichkeiten und der Ressourcenzugriff zukünftiger Generationen als Schwerpunkt diskutiert, weist das US-amerikanische Konzept insbesondere Überlegungen zu den Sicherheitsaspekten auf (NEA 2011: 14). Demnach impliziert eine Endlagerung mit Rückholbarkeit eine größere Sicherheit, da, zumindest über einen kalkulierbaren Zeitraum, die Verbringung sachgemäß und entsprechende Gebinde so konstruiert sein müssen, dass sie gefahrlos geborgen werden können und somit ein unkontrolliertes Eindringen in die Biosphäre zumindest konzeptionell ausgeschlossen wird (ebd.). Den meisten Herangehensweisen aus dieser Zeit ist gemeinsam, dass eine Rückholung prinzipiell nicht ausgeschlossen werden soll.

Die systematische Mitberücksichtigung der baulich-technischen Voraussetzungen sowie die Einbeziehung lernfähiger Entscheidungssysteme für eine aktive und systematische Rückholung und Reversibilität wird schließlich seit Ende der 1990er Jahre unter anderem als Reaktion auf den gesellschaftlichen Druck und die Forderungen aus der kritischen Öffentlichkeit gezielt in die Konzepte integriert (Aparicio 2010, Weiss et al. 2013, NEA 1999: 37). Es setzt ein *participatory turn* in den Endlagerungsstrategien ein, der daraus resultiert, dass von den Entscheidungsträgern zur Kenntnis genommen wird, dass eine Endlagerung auf der Grundlage rein naturwissenschaftlicher und technischer Entscheidungskriterien gesellschaftlich nicht (mehr) durchsetzungsfähig ist (Bergmans et al. 2008, Bergmans et al. 2015). Seit Beginn der 2010er Jahre werden Rückholbarkeit und Reversibilität als »attributes of the decision-making and design processes that can facilitate the journey towards the final destination of safe, socially accepted geological disposal« diskutiert (NEA 2012: 22, NEA 2011).

13 Zu den untersuchten Wirtsgesteinen zählen Steinsalz, Anhydrit, Granit und kristallines Felsgestein, Schiefer und ähnliche Gesteinsformen, sowie Flutbasalt, Tuffstein und ungesättigtes Gestein (IRG 1978: 53-74). Zu den weiteren Optionen, die zu jenem Zeitpunkt in der Technik-Community am Rande diskutiert wurden, zählten die Verbringung im All, die Endlagerung im Meeresgrund, die Einschmelzung in der Arktis sowie die Verbringung in tiefe Bohrlöcher (ebd.).

Im bundesdeutschen Kontext führten die anhaltenden gesellschaftspolitischen Konflikte dazu, dass im Jahr 2000 die rot-grüne Bundesregierung ein Moratorium zur Erkundung des Salzstocks Gorleben verhängte (Deutscher Bundestag 2001b).¹⁴ Neben den genannten Ursachen für das Moratorium wurde dieser Schritt auch damit begründet, Forschungsfortschritte auf dem Gebiet der Rückholung abwarten zu wollen.

Betrachtet man diese Entwicklungen unter dem Konzept der Pfadabhängigkeiten, so können die gesellschaftlichen Auseinandersetzungen und die Forderungen nach technischen Möglichkeiten der Rückholbarkeit und Reversibilität als *critical junctures* interpretiert werden, die eine Angleichung der Endlagerungskonzepte an gesellschaftliche Erwartungen erforderlich machten.

Die international stattfindenden Entwicklungen wirkten im bundesdeutschen Kontext sicherlich auch als Hintergrundfolie bei der Erarbeitung und Priorisierung der jeweiligen Optionen. In ihrem Abschlussbericht richtete die Endlagerkommission bei ihren Empfehlungen die Priorität auf die einschlusswirksame Verbringung hochradioaktiver Abfallstoffe in ein Endlagerbergwerk in einer tiefeingeologischen Formation.¹⁵ Dabei sollten Konzepte der Rückholbarkeit und/oder Bergbarkeit der Abfälle beziehungsweise der Reversibilität von Entscheidungen explizit berücksichtigt werden. Den Kommissionsmitgliedern zufolge erlaubt diese Entsorgungsoption eine Umsteuerung im laufenden Verfahren, um Fehlerkorrekturen zu ermöglichen sowie Handlungsoptionen für zukünftige Generationen offenzuhalten. Es bietet eine hohe Flexibilität zur Nutzung neuer Wissensbestände, so dass »[e]in Umschwenken auf andere Entsorgungspfade (...) über lange Zeit im Prozess möglich [bleibt]« (EndKo 2016: 33).

Die existierenden Kostenkalkulationen im Zusammenhang mit dem Bau von tiefeingeologischen Entsorgungsoptionen zeugen jedoch davon, dass es sich bei dieser Art von Endlagerungssystem um komplexe ingenieurstechnische Großinfrastruktursysteme mit besonderen baulichen Eingriffen handelt, die mit signifikanten Investitionen und im Vorfeld nicht endgültig prognostizierbaren Kosten einhergehen. In den Ländern mit den am weitesten fortgeschrittenen Endlagerbauprojekten gehen die für den Bau und Betrieb kalkulierten Investitionssummen in die Milliardenbeträge: Die Kosten für das geplante französische Endlager bspw. werden gegenwärtig auf mindestens 25 Milliarden Euro veranschlagt. Es stellt somit Frankreichs teuerstes Bauprojekt dar (Federl 2019). In Finnland werden die Kosten für den Bau des Endlagers mit 3,5 Milliarden Euro beziffert (Paulitz 2017). Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMU) bezifferte bereits 2015 die vorläufige Gesamtkostenschätzung für die Errichtung, den Betrieb und die Stilllegung eines Endlagers für hoch-

14 Mit dem Inkrafttreten des StandAGs vom 23.07.2013 wurde der Rahmenbetriebsplan für den Standort Gorleben aufgehoben, seither findet lediglich der Offenhaltungsbetrieb für das Bergwerk statt (§36 Abs. 2 S. 3 StandAG).

15 Neben der favorisierten Option der tiefeingeologischen Endlagerung, wurden von der Endlagerkommission auch die Verbringung in Salzkavernen und in tiefen Bohrlöchern näher beleuchtet (EndKo 2016: 230). Diese Alternativen sind bereits in dem Bericht des AkEnd als weitere realisierbare Optionen berücksichtigt und wissenschaftlich untersucht worden. In den finalen Empfehlungen der Endlagerkommission traten beide Verbringungsmöglichkeiten jedoch in den Hintergrund, insbesondere, weil diese Formen der Endlagerung nicht reversibel sind: weder tiefe Bohrlöcher noch Kavernen sind nach Befüllung kontrolliert zugänglich.

radioaktive Abfälle bereits auf ca. 7,7 Milliarden Euro (BMU 2015: 14). Inwieweit spezifische Konzepte und Maßnahmen mitberücksichtigt und mitgedacht werden und wie bspw. mit diesen in der Zukunft einmal getätigten Milliardeninvestitionen und den damit einhergehenden Schwierigkeiten und Herausforderungen bei zukünftigen Pfadänderungen umgegangen werden könnte, bleibt unklar. Zahlreiche Erfahrungen aus der Praxis im Zusammenhang mit der Planung und Ausführung von anderen Großinfrastrukturprojekten deuten darauf hin, dass sowohl mit Blick auf die infrastrukturellen bzw. bauingenieurstechnischen Maßnahmen, als auch auf die Investitionssummen, so manches dafürsprechen könnte, dass der Pfad für ein einmal begonnenes tiefergeologisches Endlagerprojekt nur äußerst schwer wieder revidiert bzw. verlassen werden könnte. Insofern besteht die Gefahr, dass die pfadabhängige Entwicklung der tiefergeologischen Entsorgungsoption in ein *lock-in* mündet. Das von der EndKo geäußerte Umschwenken auf andere Entsorgungsoptionen setzt somit nicht nur die Möglichkeit für entsprechende Rücksprünge im Verfahren voraus, sondern in gewisser Weise auch eine gesicherte staatliche Finanzierungsfähigkeit in der Zukunft.

Pfadabhängigkeiten im bundesdeutschen Institutionengefüge der Endlagerung

Die entsorgungsbezogene Institutionenarchitektur hat ihren Ursprung Mitte der 1970er Jahre. Im Rahmen des Vierten Gesetzes zur Änderung des Atomgesetzes 1976 wurde die Endlagerung zur staatlichen Aufgabe erklärt und die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig mit der Sicherstellung und »staatlichen Verwahrung« bzw. Endlagerung radioaktiver Abfälle betraut (BGBl 1976: 2576). Ein Jahr später wurde der PTB die Verantwortung für das »Projekt Gorleben« übertragen.

Als Reaktion auf die gesellschaftlichen Erwartungen im Zuge der nuklearen Katastrophe von Tschernobyl 1986 sowie des Nukem- und Transnuklear-Skandals¹⁶ um die Enthüllungen von Bestechungen für die Genehmigung zum Transport radioaktiver Abfälle (1987), aber auch um den stockenden Fortschritten in der Endlagerpolitik einen neuen Anstoß zu geben, wurde 1989 das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) gegründet. Mit der Schaffung des BfS wurde erstmals die Zuständigkeit auf dem Gebiet des Strahlenschutzes und der Entsorgung radioaktiver Abfälle in einer selbständigen Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des BMU gebündelt (BfS 2015: 12, BGBl 1989).

Nennenswerte Veränderungen an dem Verfahren und dem bisherigen Prozess der Standortauswahl erfolgten durch die Gründung dieser neuen Behörde nicht. Das BfS kristallisierte sich vielmehr zu einem zentralen institutionellen Akteur in den Auseinandersetzungen zwischen der Anti-Atom-Bewegung und dem Staat heraus. Über Jahr-

16 Dem Hanauer Unternehmen Nuklear-Chemie und Metallurgie (Nukem) wurde die Betriebsgenehmigung für die Herstellung von Brennelementen entzogen, nachdem dem Tochterunternehmen Transnuklear, dass sich auf den Transport von kontaminierten Abfallstoffen sowie bestrahlten Brennelementen spezialisiert hatte, Bestechungen und überhöhte Abrechnungen im Zusammenhang mit dem Umgang von radioaktiven Abfällen nachgewiesen werden konnte. Siehe ausführlicher: Glaser-Lotz 2008.

zehnte hinweg war die politisch-institutionelle Einflussnahme auf einen vom Prinzip her als wissenschaftsbasiert definierten Standortauswahlprozess prägend für die bundesdeutsche Endlagerpolitik: Immer wieder setzten sich Entscheidungsträger*innen auf der Landes- und Bundesebene – samt den untergeordneten Instanzen – politisch motiviert über bestehende wissenschaftliche Eignungszweifel bzw. widerstreitende Bewertungen von Expert*innen hinweg. Kritische Einschätzungen bzw. alternative Empfehlungen wurden gezielt marginalisiert (Deutscher Bundestag 2013: 65, 216-225). Hinzu kam, dass aufgrund der seit 1979 im Zusammenhang mit der Standorterkundung in Gorleben getätigten hohen Investitionen die Widerstände der EVU enorm waren, von der gewählten Standortfestlegung Gorleben abzuweichen. Das jahrzehntelange Beharren der politischen Entscheidungsträger*innen auf einer Erkundung des Salzstockes Gorleben als favorisiertem Endlagerstandort sowie die bestehenden Sachzwänge (getätigte Investitionen) auf der einen Seite und die anhaltenden gesellschaftlichen Widerstände auf der anderen Seite hatten zu einem *lock-in* des Prozesses und somit der bundesdeutschen Endlagerpolitik geführt.

Das Moratorium für Erkundungsaktivitäten am Standort Gorleben (2000-2010), »Zweifel an dem Konzept der Endlagerung allgemein und im Salzgestein im Besonderen« (Deutscher Bundestag 2001b: 1) sowie die Ergebnisse des im Jahr 2010 eingesetzten parlamentarischen Untersuchungsausschusses Gorleben (Deutscher Bundestag 2013) markieren zentrale Meilensteine, welche die Rahmenbedingungen für ein *lock-out* setzten. Auf politischer Ebene stellte der 2011 vom Deutschen Bundestag mit Zustimmung des Bundesrates beschlossene Ausstieg aus der Kernenergie – und somit die absehbare Begrenzung der Menge der zu entsorgenden radioaktiven Abfälle – eine weitere wesentliche Voraussetzung für einen Neuanfang dar (siehe Abbildung 3).

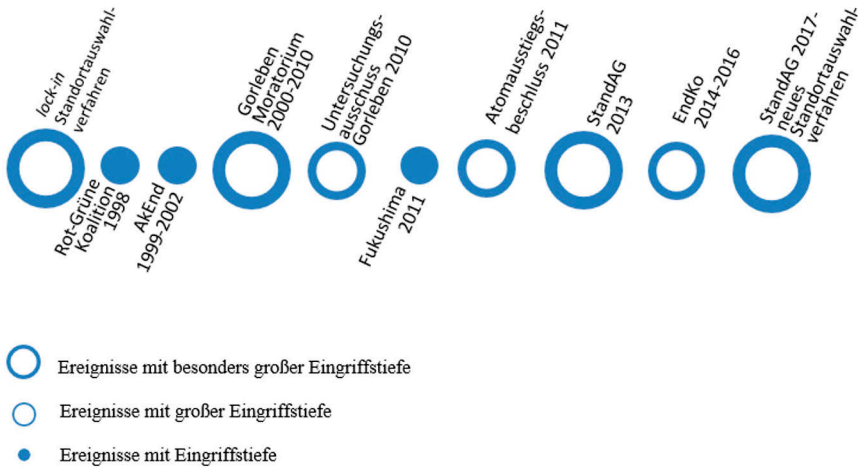
Unter dem Druck der Richtlinie 2011/70/Euratom (Europäische Rat) über einen verbindlichen Gemeinschaftsrahmen für die verantwortungsvolle und sichere Entsorgung abgebrannter Brennelemente und hochradioaktiver Abfälle legte der Deutsche Bundestag mit der Verabschiedung des Standortauswahlgesetzes (StandAG) 2013 ein nationales Verfahren für die Suche nach einem »Standort zur dauerhaften Lagerung radioaktiver Abfälle« fest. Von Seiten der Anti-Atom-Initiativen wurde jedoch bereits seit Vorlage des ersten Entwurfs des StandAGs 2012 Kritik sowohl an den Inhalten als auch am Gesetzgebungsverfahren selbst geäußert. Zeitdruck und mangelnde Beteiligungskorridore führten schließlich dazu, dass zahlreiche Anti-Atom- und Bürgerinitiativen sowie Umweltverbände ihre Teilnahme an dem »in letzter Minute« vom Bundesumweltministerium einberufenen »Bürgerforum zum Standortauswahlgesetz« im Mai 2013 absagten und das Bürgerforum als reine Alibi-Veranstaltung kritisierten (vgl. Brunnengräber/Syrovatka 2016).

Gemäß Paragraf 3 des StandAGs setzte der Bundestag Mitte 2013 die Kommission zur Lagerung hochradioaktiver Abfallstoffe (nachfolgend: Endlagerkommission) ein, die im Mai 2014 ihre Arbeit aufnahm. Proklamiertes Ziel des Gesetzgebers war es, über die gemeinsame Arbeit und Diskussion in einer pluralistisch zusammengesetzten, multidisziplinären Kommission einen breiten gesellschaftlichen Konsens hinsichtlich der Zeitdimensionen, des Prozesses und der Kriterien für eine Standortauswahl zu erzielen. Mit der Vorlage des Abschlussberichtes der Endlagerkommission im Juli 2016 wurde

schließlich von staatlicher Seite ein »neuer und ergebnisoffener« Standortsuchprozess eröffnet.

Offiziell wurde mit dem StandAG 2013¹⁷ und der Einsetzung der Endlagerkommission ein neues Verfahren zur Suche eines Endlagerstandortes eröffnet. Beide Maßnahmen können als politisch-institutionelle Schritte hin zu einem weiteren Aufbrechen der *lock-in*-Situation interpretiert werden.

Abbildung 3: Meilensteine des lock out aus den Pfadabhängigkeiten



Quelle: Eigene Darstellung

Das StandAG unterscheidet sich grundlegend von der vorherigen Rechtsform, der Planfeststellung, die das Atomgesetz vorsah. Besondere Neuerungen stellen die Hinweise auf ein »partizipative[s], wissenschaftsbasierte[s], transparente[s], selbsthinterfragende[s] und lernende[s]« Verfahren« dar (StandAG 2017, §1(2)). Die mangelnde Konkretisierung bzw. Ausdifferenzierung dieser Aspekte stellen einerseits die verantwortlichen Akteure vor die Herausforderung, einen Umgang in der Praxis damit zu finden. Sie eröffnen aber andererseits neue Gestaltungsspielräume im Hinblick auf Reversibilität und Anpassungen.

Ab 2013 leiteten die politisch Verantwortlichen und staatlichen Akteure mit der Schaffung von neuen Regulierungsinstrumenten und -instanzen wie das StandAG, der Einsetzung der Endlagerkommission sowie der Neustrukturierung der Institutionenarchitektur einen verfahrenstechnischen Neuanfang im festgefahrenen Endlagerstandortsuchprozess ein.

17 Mit dem StandAG wurde auch die bergmännische Erkundung des Salzstocks Gorleben bis auf weiteres beendet.

Mit dem Inkrafttreten des Gesetzes zur Neuordnung der Organisationsstruktur im Bereich der Endlagerung 2016 erfolgte schließlich die Anpassung der Behördenlandschaft und der jeweiligen Zuständigkeiten im Bereich der Endlagerung und des Strahlenschutzes. Das Ergebnis ist eine veränderte Organisationsstruktur, die mit einer neuen Aufgabentrennung einhergeht (siehe Abbildung 4). Dem BASE¹⁸ und der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) wurden die ehemals dem BfS gebündelt obliegenden Aufgaben und Verantwortlichkeiten im Bereich der (Zwischen-)Lagerung, des Transportes und die Aufbewahrung von radioaktiven Abfällen sowie die kerntechnische Sicherheit übertragen. Das BASE ist fortan die zentrale Aufsichts-, Genehmigungs- und Regulierungsbehörde im Bereich der Entsorgung. Die BGE zeichnet sich für die konkreten Erkundungsarbeiten im Rahmen der Standortauswahl sowie den späteren Bau und Betrieb des Endlagers verantwortlich.

Diese Neuorganisation im Bereich der Entsorgung von hochradioaktiven Abfällen entspricht in groben Zügen den Vorschlägen, die der langjährige Präsident des BfS (1999 bis 2017) Wolfram König in verschiedenen Gremien vor- und zur Diskussion gestellt hatte. Auch die Endlagerkommission hatte sich bereits im März 2015 bei ihren Empfehlungen weitestgehend an den Vorschlägen des BfS-Präsidenten orientiert.

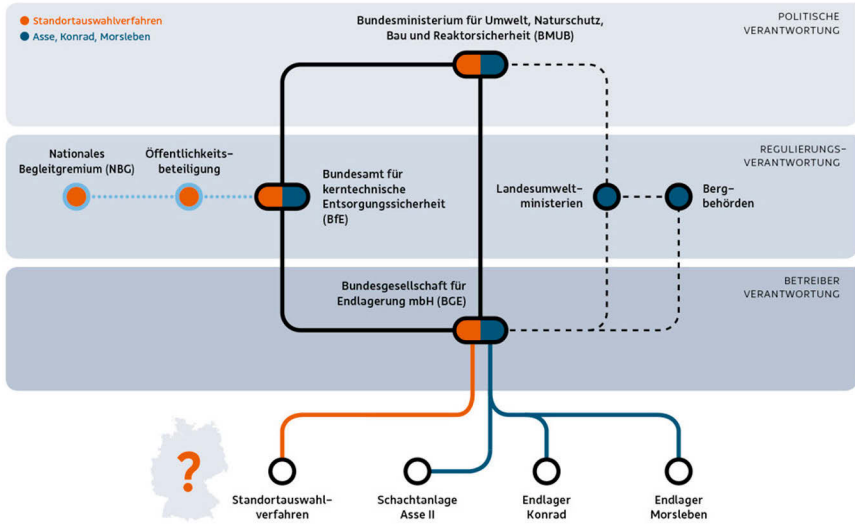
Mit Blick auf bestehende Pfadabhängigkeiten in der Endlagerpolitik in der Bundesrepublik fällt auf, dass die Kristallisationsfigur, die über 18 Jahre die Arbeit des BfS geprägt und ausgerichtet hat, nun im Rahmen der institutionellen Neuordnung erneut das wichtigste Amt bekleidet. Diese personelle Kontinuität birgt die Gefahr der Fortsetzung von Pfadabhängigkeiten im Umgang mit Prozessen und Akteuren, insbesondere im Dialog und Austausch mit der Anti-Atom-Bewegung und den Umweltverbänden. Auch wenn personelle Kontinuitäten einen Wissenserhalt in Institutionen gewährleisten, wurde hier möglicherweise eine Gelegenheit vertan, über personelle Neubesetzungen einen klaren, aber vor allem symbolischen Neustart auf den Weg zu bringen. Personalentscheidungen in den zentralen Institutionen der Endlagerung können Barrieren für einen Vertrauensaufbau darstellen. Für Unverständnis und Kritik aus der Zivilgesellschaft sorgt zudem die Tatsache, dass das BASE zugleich Aufsichtsbehörde und verantwortliche Instanz für die Öffentlichkeitsbeteiligung im Standortauswahlverfahren ist. Zahlreiche zivilgesellschaftliche Akteure sehen darin eine Unvereinbarkeit von Zuständigkeiten und befürchten eine mögliche interessengeleitete Einflussnahme auf ein vom Prinzip her als offen und transparent definiertes Verfahren (vgl. Kotska 2018: 22f.).

Als ein Novum im Institutionensetting wurde im Jahr 2016 das Nationale Begleitgremium (NBG) eingesetzt – ein pluralistisch zusammengesetztes gesellschaftliches Gremium, dem über die Einsicht in das Verfahren und die Möglichkeit der Stellungnahme sowohl gegenüber dem BASE als auch der BGE eine kritische Begleitung des

18 Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE, bis 2020 Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit – BfE). Bereits 2014, und somit noch bevor das Gesetz zur Neuordnung der Organisationsstruktur im Bereich der Endlagerung (2016) verabschiedet worden war, war das BASE als Bundesamt für kerntechnische Entsorgung (BfKE) gegründet worden, das später in BfE umbenannt wurde.

Standortauswahlverfahrens zukommt. Das NBG birgt das Potenzial, ein wichtiger Akteur zu werden, insbesondere in der Rolle als Transmissionsriemen für Forderungen und Erwartungen aus der Gesellschaft an die staatlichen Akteure und zugleich Resonanzkörper eines lernenden Verfahrens (siehe auch den Beitrag von Ana María Isidoro Losada, Dörte Themann und Maria Rosaria Di Nucci in diesem Band).

Abbildung 4: Neuordnung der Endlagerung. BGE o.J.



Quelle: BGE o. J.

Schlussbetrachtungen zu den Pfadabhängigkeiten in der Endlagerpolitik der Bundesrepublik Deutschland

Mit der neuen Aufgabenzuordnung von Regulierung und Aufsicht, Betrieb, politischer Verantwortung und kritischer Begleitung wurden neue Zuständigkeitsstrukturen für das komplexe Standortauswahlverfahren und die Endlagerung geschaffen. Mit Blick auf die über die Jahre hinweg anhaltenden gesellschaftlichen Erwartungen und Forderungen werden Veränderungen in der Politikgestaltung, d.h. der Öffnung von Räumen für Beteiligungsmöglichkeiten vorgenommen. Stichworte wie lernendes oder selbsthinterfragendes System adressieren auf direkte Weise Aspekte einer reflexiven Fehlerkultur und eröffnen in der Theorie neue Rahmenbedingungen für die Berücksichtigung von gesellschaftlichen Bedenken bezüglich bestehender Fehlentwicklungen oder Verfahrensdefizite. Aus einer Betrachtung der Pfadabhängigkeiten heraus konfrontiert die konkrete Umsetzung eines lernenden Verfahrens die behördeninternen Verfahrens- und Arbeitspraktiken indes mit neuen und noch unbekannten An- und Herausforderungen. Diese Herausforderungen sind vielgestaltig, insbesondere weil das Erbe der Vorgängerinstitutionenarchitektur die Startbedingungen für einen Neuanfang der in-

stitutionellen Akteure in gewisser Weise vorstrukturiert hat. Strukturelle Gegebenheiten, personelle Besetzungen und interne Behörden- und Hierarchiestrukturen stärken eher die bestehenden Beharrungsdynamiken.

Pfadabhängigkeiten müssen erkannt und ernstgenommen werden, nur durch eine ernstgemeinte Fehlerkultur in den Institutionen können interne Lernprozesse angestoßen und gezielt gefördert werden. Gegenwärtig zeichnet sich ab, dass sich alte Konflikte und tradierte Rollenverständnisse (Institutionen, Betreiber, Öffentlichkeit, Wissenschaft) auch unter dem StandAG und dem darauf aufbauenden vergleichenden Standortauswahlverfahren fortsetzen können.

Die Anfänge der auf die Endlagerung bezogenen Konfliktlandschaft im bundesdeutschen Kontext liegen weit in der Vergangenheit und können ohne eine Rezeption und Reflexion der vergangenen Prozesse nicht erfasst und verstanden werden. Betrachtet man weltweit die gegenwärtig bevorzugte Entsorgungsoption für hochradioaktive Reststoffe, so kann eine Wirkungskette für die frühe Vorfestlegung auf tiefengeologische Endlagerung nachgezeichnet werden. Nur über eine entsprechende Aufarbeitung und Berücksichtigung kann nachvollzogen werden, warum die Kontinuität von Strukturen und Akteuren – also institutionelle und personelle Pfadabhängigkeiten auf politischer und administrativer Ebene, aber auch auf gesellschaftlicher Seite – es so schwierig macht, ein *lock-out* in dem Verhältnis zwischen staatlichen Akteuren und kritischen gesellschaftlichen Akteuren einzuleiten.

Die neu geschaffene Institutionenlandschaft stellt von Seiten des Staates ein Bemühen um einen Neuanfang dar. Auch die Bereitstellung von Informationen und das Angebot von Informationsveranstaltungen zum Stand des Standortauswahlprozesses oder zu themenbezogenen Aspekten wurden staatlicherseits verbessert. Von Seiten der Zivilgesellschaft werden jedoch weiterhin weitreichende Beteiligungsmöglichkeiten, die über eine verbesserte Transparenz und Informationspolitik hinausgehen eingefordert. Es geht um eine tiefergehende Öffnung von Räumen für das Vorbringen und das Einfließen von gesellschaftlichen Belangen in den Entscheidungsprozess.

Mit Paragraph 1 des StandAG von 2017 wurde ein prozedurales, selbsthinterfragendes und lernendes System juristisch auf den Weg gebracht. Eine erfolgreiche Endlagerpolitik kommt nicht umhin, neue politisch-gesellschaftliche Entwicklungen und technisch-wissenschaftliche Erkenntnisse fortwährend zu reflektieren. Der vorliegende Beitrag versucht, aufzuzeigen, dass ein erfolgreiches Standortauswahlverfahren und somit der Weg zu einer robusten Entscheidungsfindung nur gelingen wird, wenn die Offenlegung und Diskussion über vergangene, bestehende sowie bereits neu eingeschlagene, aber möglicherweise auch zukünftige technologische und institutionelle Pfadabhängigkeiten und -entwicklungen offen, transparent und mit allen Beteiligten geführt wird. Sowohl das Institutionengefüge und die Verfahrensweisen als auch der gewählte ingenieurtechnische Entsorgungspfad müssen entsprechend angepasst und justiert werden können. Geht man von diesem Grundsatz aus, so wäre die Folgerung daraus, dass der gegenwärtig eingeschlagene Entsorgungspfad samt der einzelnen Pfade der Technikoptionen, Infrastrukturen, Prozessgestaltung und Institutionen je nach Erfordernis in der Zukunft auch wieder verlassen bzw. verändert werden könnte (*lock out* und Pfadkreation). Es wird sich zeigen, wie reflexiv die Institutionenlandschaft auf zukünftige gesellschaftliche Herausforderungen reagieren kann.

Literatur

- AkEnd (2002). Auswahlverfahren für Endlagerstandorte. Empfehlungen des AkEnd - Arbeitskreises Auswahlverfahren Endlagerstandorte. https://www.bundestag.de/endlager-archiv/blob/281906/c1fb3860506631de51b9f1f689b7664c/kmat_o1_akend-data.pdf, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- Andrews, Anthony (2008): Nuclear Fuel Reprocessing: U.S. Policy Development, Congressional Research Service (CRS) Report for the Congress. <https://fas.org/sgp/crs/nuke/RS22542.pdf>, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- Aparicio, L. (Ed.) (2010): Making nuclear waste governable – Deep underground disposal and the challenge of reversibility. Andra. www.andra.fr/download/andra-international-en/document/editions/381-va.pdf, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- Arthur, W. Brian (1994): Increasing returns and path dependency in the economy. *Ann Arbor*.
- Arthur, W. Brian (1989): Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-In by Historical Events. In: *The Economic Journal* 99 (394), S. 116. DOI: 10.2307/2234208.
- Bergmans, Anne; Sundqvist, Göran; Kos, Drago; Simmons, Peter (2015): The participatory turn in radioactive waste management: Deliberation and the social-technical divide. *Journal of Risk Research* 18/3: 347-363.
- Bergmans, Anne; Elam, Mark; Kos, Drago; Polič, Marko; Simmons, Peter; Sundqvist, Göran; Walls, John (2008): Wanting the Unwanted: Effects of Public and Stakeholder Involvement in the Long-term Management of Radioactive Waste and the Siting of Repository Facilities. Final Report CARL Project. Universiteit Antwerpen; Göteborg University; Univerza v Ljubljani; University of East Anglia. Antwerpen. <http://uaho.st.uantwerpen.be/carlresearch/docs/20080222112500ZGYI.pdf>, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- Beyer, Jürgen (2006): Pfadabhängigkeit: Über institutionelle Kontinuität, anfällige Stabilität und fundamentalen Wandel, Schriften aus dem Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung Köln, No. 56, ISBN 978-3-593-38182-4, Campus Verlag, Frankfurt a.M.
- Beyer, Jürgen (2005): Pfadabhängigkeit ist nicht gleich Pfadabhängigkeit!. *Wider den impliziten Konservatismus eines gängigen Konzepts. ZfS, Jg. 34, Heft 1 (2005)*.
- Brunnengräber, Achim; Syrovatka, Felix (2016): Konfrontation, Kooperation oder Ko-optation? Staat und Anti-Atom-Bewegung im Endlagersuchprozess. *PROKLA. Heft 184, 46. Jg. 2016, Nr. 3, 383 – 402*.
- BfS (Hg.) (2015): Bundesamt für Strahlenschutz 1989-2015. <https://doris.bfs.de/jspui/bitstream/urn:nbn:de:0221-2015081713341/3/BfS-1989-2014.pdf>, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- BGE (o.J.): Neuordnung der Endlagerung. https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/180904_Neuordnung_Endlagerung_1000x617.jpg, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- BGBL (2002): Gesetz zur geordneten Beendigung der Kernenergienutzung zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität, Teil I Nr. 26, ausgegeben zu Bonn am 26. April 2002 www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&jumpTo=bgbl102s1351.pdf, zuletzt geprüft am 12.07.2020.

- BGBI (1989): Gesetz über die Errichtung eines Bundesamtes für Strahlenschutz Bundesgesetzblatt Teil I, Nr. 47 vom 09.10.1989. www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&jumpTo=bgbl189s1830.pdf, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- BGBI (1976): Viertes Gesetz zur Änderung des Atomgesetzes (AtG), Bundesgesetzblatt Teil I, Nr. 113 vom 04.09.1976. https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav#__bgbl_%2F%2F%5B%40attr_id%3D%27bgbl176s2573.pdf%27%5D__1527524336390, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- BMU (2015): »Bericht über Kosten und Finanzierung der Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle«. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Nukleare_Sicherheit/abfallentsorgung_kosten_finanzierung_bf.pdf, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- BMU (2000): »Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Kernenergieversorgungsunternehmen vom 14. Juni 2000«. http://m.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Nukleare_Sicherheit/atomkonsens.pdf, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2000): Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Energieversorgungsunternehmen vom 14. Juni 2000, Berlin, Juni 2000. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Nukleare_Sicherheit/atomkonsens.pdf, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- Capoccia, Giovanni (2015): Critical junctures and institutional change. In: James Mahoney und Kathleen Ann Thelen (Hg.): *Advances in comparative-historical analysis*. Cambridge: Cambridge Univ. Press (Strategies for social inquiry), S. 147-179.
- Chandler, Alfred Dupont (1970): *Strategy and structure. Chapters in the history of the industrial enterprise*. 2. printing. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Cowan, Robin (1990): Nuclear Power Reactors: A Study in Technological Lock-in. In: *J. Eco. History* 50 (03), S. 541-567. DOI: 10.1017/S0022050700037153.
- David, Paul A. (1985): Clio and the Economics of QWERTY. In: *The American Economic Review* 75 (2), S. 332-337.
- Deutscher Bundestag (2017): Standortauswahlgesetz für ein atomares Endlager fortentwickelt, <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2017/kw12-de-atommuell-standortauswahl-496742>, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- Deutscher Bundestag (2013): Beschlussempfehlung und Bericht des 1. Untersuchungsausschusses nach Artikel 44 des Grundgesetzes, Drucksache17/13700, 23.05.2013, <https://dip21.bundestag.de/dip21/btd/17/137/1713700.pdf>, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- Deutscher Bundestag (2012): Antwort der Bundesregierung. »Endlager Meeresgrund«, Drucksache 17/10437, 27.08.2012, <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/17/105/1710548.pdf>, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- Deutscher Bundestag (2001a): Antwort der Bundesregierung. »Zukunft der friedlichen Nutzung der Kernenergie – Zukunft der Entsorgung- Drucksache 14/1365«, Drucksache14/5162, 25.01.2001, <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/14/051/1405162.pdf>, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- Deutscher Bundestag (2001b): Antwort der Bundesregierung. »Das Moratorium zur Erkundung des Salzstocks Gorleben und die Untersuchung alternativer Standorte für die Endlagerung radioaktiver Abfälle -14/6376«, Drucksache 14/6691, 16.07.2001, <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/14/066/1406691.pdf>, zuletzt geprüft am 12.07.2020.

- s://archive.org/stream/ger-bt-drucksache14-6691/1406691#page/no/mode/2up, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- Deutscher Bundestag (1982): Zwischenbericht und Empfehlungen der Enquete-Kommission »Zukünftige Kernenergie-Politik« über die Inbetriebnahme der Schnellbrüter — Prototypanlage SNR 300 in Kalkar. Drucksache 9/2001. <http://di-pbt.bundestag.de/doc/btd/09/020/0902001.pdf>, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- EndKo (2016): Abschlussbericht der Kommission »Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe«, K-Drs. 268.
- ENTRIA-Arbeitsbericht-01 (o.A.): Darstellung von Entsorgungsoptionen, Detlef Appel, Jürgen Kreusch, Wolfgang Neumann, Hannover.
- ESK (2011): Rückholung/Rückholbarkeit hochradioaktiver Abfälle aus einem Endlager – ein Diskussionspapier, 02.09.2011. www.entsorgungskommission.de/downloads/epanlage2el19homepage.pdf, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- Federl, Fabian (2019): Bis in alle Ewigkeit. Endlagersuche für Atommüll in Frankreich, 01.05.2019, Der Tagesspiegel, <https://www.tagesspiegel.de/themen/reportage/endlagersuche-fuer-atommuell-in-frankreich-bis-in-alle-ewigkeit/24269352.html>, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- Fehner, Terrence R.; Gosling, Francis G. (2012): The Manhattan Project, U.S. Department of Energy, Office of Management, Office of the Executive Secretariat, Office of History and Heritage Resources, <https://www.energy.gov/sites/prod/files/The%20Manhattan%20Project.pdf>, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- Feldhoff, Thomas (2013): New Challenges After Fukushima: Nuclear Energy, Critical Junctures and Regional Development Policies in Japan. In: *Electronic Journal for Contemporary Japanese Studies* Vol. 13 (Issue 1).
- Glaser-Lotz, Luise (2008): Mit Atommüll Millionenaufträge ergaunert, 25.01.2008, Frankfurter Allgemeine Zeitung, <https://www.faz.net/aktuell/rhein-main/region-und-hessen/hanau-mit-atommuell-millionenauftraege-ergaunert-1515429.html>, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- Göhler G. (1997): Wie verändern sich Institutionen? Revolutionärer und schleicher Institutionenwandel. In: Göhler G. (Hg.): Institutionenwandel. Leviathan (Zeitschrift für Sozialwissenschaft), Vol 16. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- IAEA (1999): »Inventory of radioactive waste disposal at sea«, IAEA-TECDOC-1105, Vienna. https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1105_prn.pdf, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- IAEA (1991): Inventory of radioactive material entering the marine environment: sea disposal of radioactive waste, IAEA-TECDOC-588, Vienna. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_588_web.pdf, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- IAEA (1975). Convention on the prevention of marine pollution by dumping of wastes and other matter. IAEA-INFIRC/205/add.1, IAEA, Vienna. <https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/documents/infircs/1974/infirc205a1.pdf>, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- IRG (1978): Subgroup Report on Alternative Technological Strategies for the Isolation of Nuclear Waste, Appendix A, TID-28818 (draft). Washington, D.C.: IRG.

- Isidoro Losada, Ana María (2016): Nuklearer Kolonialismus. Atommüll und die Persistenz quasi-kolonialer Logiken, in: Brunnengräber, Achim (Hg.): Problemfälle Endlager. Gesellschaftliche Herausforderungen im Umgang mit Atommüll. Baden Baden: Edition sigma, S. 313-336.
- Jungk, Robert (1977): Der Atom-Staat. Vom Fortschritt in die Unmenschlichkeit, München: Kindler.
- Kaufmann, Dieter (2013): Anti-Atom-Geschichte: Verklappung von Atommüll in die Weltmeere und der weltweit erfolgreiche Kampf von vielen Anti-Atom-Gruppe, 09.02.2013, <https://www.windkraft-journal.de/2013/02/11/verklappung-von-n-atommuell-in-die-weltmeere/36103>, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- Kotska, Dieter (2018): Öffentlichkeitsbeteiligung bei der Standortsuche für ein langfristiges Atommüll-Lager nach StandAG. Eine Expertise im Auftrag von .ausgestrahlt e. V.
- NRC (1957): The disposal of radioactive waste on land. Washington D.C.: National Academy Press.
- NEA (2011): Reversibility and retrievability (R&R) for the deep disposal of high-level radioactive waste and spent fuel. Paris. www.oecd-nea.org/rwm/rr/documents/RR-Final-Report_GD.pdf, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- OECD (2001), »Reversibility and Retrievability in Geologic Disposal of Radioactive Waste – Reflections at the International Level«, NEA-3140, Paris, November 2001
- NEA (1999): Geological Disposal of Radioactive Waste: Review of Developments in the Last Decade, NEA/RWM (99)6. Paris. <https://www.oecd-nea.org/rwm/pubs/1999/2048-geological-disposal.pdf>, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- North, Douglass C. (1990): Institutions, institutional change and economic performance. Cambridge: Cambridge Univ. Press (Political economy of institutions and decisions).
- Paul, Reimar (2009): *Dokumentation über Atommüll: Und ständig wächst der Abfallberg*, 13. Oktober 2009, taz.de., www.taz.de/!5154538/, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- Paulitz, Henrik (2017): Endlagerbau in Finnland, 13.11.2017, <https://www.ipnw.de/atomenergie/atommuell/artikel/de/endlager-bau-in-finnland.html>, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- Pierson, Paul (2000): Increasing Returns, Path Dependence, and the Study of Politics. In: *Am Polit Sci Rev* 94 (02), S. 251-267.
- Rogovin, Mitchell, Frampton, George T. (1979): Three Mile Island; A Report To The Commissioners And To The Public, 4/5/79. <http://threemileisland.org/wp-content/uploads/2019/03/354.pdf>, zuletzt geprüft am 12.07.2020.
- Roose, Jochen, (2010): Der endlose Streit um die Atomenergie. Konfliktsoziologische Untersuchung einer dauerhaften Auseinandersetzung. In: Feindt, Peter Henning; Saretzki, Thomas (Hg.): Umwelt- und Technikkonflikte. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 79-103.
- Rucht, Dieter (1980). *Von Why! nach Gorleben. Bürger gegen Atomprogramm und nukleare Entsorgung*, München: C.H. Beck.
- StandAG (2017): Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle. https://www.gesetze-im-internet.de/standag_2017/BJNR107410017.html, zuletzt geprüft am 12.07.2020.

- Sjöberg, Lennart (2009): Precautionary attitudes and the acceptance of a local nuclear waste repository. *Safety Science*, 47: 542-546
- Sydow, Jörg; Schreyögg, Georg; Koch, Jochen (2005): Organizational paths: Path dependency and beyond. Paper presented at 21st Colloquium. June 30 – July 2, 2005. Berlin. Germany.
- Weiss, W.; Larsson, C-M.; McKenney, C.; Minon, J-P.; Mobbs, S.; Schneider, T.; Umeki, H.; Hilden, W.; Pescatore, C.; Vesterlind, M. (2013): Radiological protection in geological disposal of long-lived solid radioactive waste. ICRP Publication 122. *Annals of the ICRP*, 42(3):1-57.