



Stiftung für die Rechte zukünftiger Generationen

Nach dem Atomausstieg: Wie geht es weiter mit der Lagerung des deutschen Atommülls?

SRzG-Positionspapier (Stand März 2025, 2. Auflage)



© Photo by Canva

Zusammenfassung

Der Umgang mit **Atommüll** ist eine tiefgreifende ethische und generationsübergreifende **Herausforderung**. Dabei geht es nicht nur um die Balance zwischen den Interessen der **heutigen und zukünftigen Generationen**, sondern auch um eine Abwägung zwischen den Interessen der **aktuell älteren und jüngeren Bevölkerung**. Deutschland hat den Ausstieg aus der Kernenergie 2023 vollzogen, doch die sichere Lagerung der entstandenen hochradioaktiven Abfälle bleibt ungeklärt. Der Weg zu einer sicheren Endlagerlösung wird voraussichtlich Jahrzehnte dauern, möglicherweise sogar bis zum Ende des Jahrhunderts, während die Gefahren der nuklearen Abfälle noch tausende Jahre bestehen. Dabei scheint es, dass die heute politisch Verantwortlichen die konfliktträchtige Entscheidung über einen Endlagerstandort treffen zu müssen, nicht schultern wollen.

Das Positionspapier gliedert sich in die folgenden Abschnitte: (1) die physikalischen Grundlagen der Radioaktivität, Halbwertszeit und Strahlungsarten, (2) die Geschichte der Kernkraft, von Atomgesetz bis Atomausstieg, (3) dem aktuellen Status der Zwischenlager und der Endlagersuche (4) und den Möglichkeiten, Beschleunigungspotenziale umzusetzen. Am Ende werden daraus Forderungen abgeleitet.

2017 hat das **Standortauswahlgesetz** die **Endlagersuche** neu gestartet – mit dem Ziel einer Standortentscheidung für ein geeignetes Endlager für hochradioaktive Abfälle **bis 2031** zu erreichen. Neue Berichte prognostizieren jedoch, dass dieser Prozess frühestens 2066, unter pessimistischen Annahmen sogar erst 2094, abgeschlossen sein könnte. Das **Positionspapier** stellt den rechtlichen Rahmen des Standortauswahlgesetzes dar, insbesondere der Ausschluss-, Mindestanforderungs- und Abwägungskriterien, um zu ermitteln, wo sich Zeit einsparen lassen könnte. Denn bei dem neu bekannt gewordenen Zeithorizont bis 2066-2094 stellen sich Fragen der **Generationengerechtigkeit** neu und anders als bisher. Bis zur Überführung aller hochradioaktiven Abfälle in ein tiefengeologisches Endlager sind diese **ein großes Risiko für heutige Generationen**. Im Tiefenlager wäre der Atommüll vor **Flugzeugabstürzen, Terrorismus und gezielten Angriffen** im Kriegsfall sicherer. In oberirdischen Zwischenlagern gilt das Gegenteil, daher stellt jedes Jahr der Verzögerung eine große Gefahr für die heutigen Generationen, v.a. für **die heute junge Generation mit ihrer großen Restlebenszeit**, dar. Ein internationaler Vergleich zeigt, dass einige Länder bereits weiter in ihrer Suche fortgeschritten sind, wodurch ihre Gesetze als Orientierung dienen könnten. Die **Stiftung für die Rechte zukünftiger Generationen (SRzG)** betont die Dringlichkeit einer beschleunigten Endlagersuche und fordert eine **Revision des Standortauswahlgesetzes (StandAG)**. Blicke das StandAG unverändert in Kraft, so würden noch jahrzehntelang 1250 strahlende Atommüllcontainer (Castor-Behälter) oberirdisch lagern und die Bevölkerung wäre an **16 verschiedenen Orten in Deutschland gefährdet**. Bei einem Tiefenlager, wie in Finnland, wäre die heutige deutsche Bevölkerung sicher. Wir brauchen **dringend** eine Umlagerung unter die Erde – diese Zeitdimension muss mehr Gewicht erhalten.

Neben diesem grundsätzlichen Umdenken muss zudem das **Management der Zwischenlager** überprüft und verbessert werden.

Forderungen der SRzG

Wir fordern die Politik, speziell den Bundestag, den Bundesrat und die Deutsche Bundesregierung, zu folgenden **Reformen** sowohl beim Weiterbetrieb der Zwischenlager als auch bei der Suche nach einem Standort für das Endlager für hochradioaktive Abfälle auf:

Teil 1: Beteiligung und Ermächtigung

- 1. Echte Beteiligung ermöglichen:** Auf dem Papier eröffnet das **Standortauswahlgesetzes (StandAG)** weitreichende Beteiligungsmöglichkeiten, gerade auch für die junge Generation. Aber mit dem geplanten Überbordwerfen des bisherigen Zeitplans bis 2031 kommt es zum echten Test: Wird die Forderung der jungen Generation, intensiv nach Beschleunigungspotenzialen zu suchen, ernst genommen und umgesetzt? Oder setzen die heute Älteren die Rahmendaten fest, um die junge Generation dann innerhalb dieses Rahmens „scheinpartizipieren“ zu lassen, ohne dass die Jüngeren am Rahmen selbst rütteln können?
- 2. Befähigung der Bevölkerung zu einer dauerhaften Überwachung der Strahlungsdosen, um Gesundheitsgefährdungen auszuschließen.** Die Bevölkerung muss in die Lage versetzt werden, in den oberirdischen Zwischenlagern in den nächsten Jahren bzw. Jahrzehnten selbst Messungen durchzuführen. Es sind ‚Bürgermessstellen‘ dort einzurichten, um Bürger:innen einen direkten Zugang zur aktiven Messung von Radioaktivität in Ihrer Umwelt zu ermöglichen. Damit würden Wissensbestände vor Ort gebündelt und Messexpertise aufgebaut. Speziell die Ausbildung an den Schulen der Region im Bereich Radioaktivität muss unterstützt werden.

Teil 2: Verfahrensverkürzung der Endlager-Suche

- 3. Reform des Standortauswahlgesetzes (StandAG):** Die SRzG sieht in mehreren Bereichen verfahrenskürzende Potenziale, vor allem nach dem Abschluss der Phase I im Jahr 2027. Das StandAG sollte in den Abschnitten geändert werden, welche bisher die Parallelisierung von Prozessen verhindern oder die Verfahrenslänge negativ beeinflussen.
- 4. Ausschluss von Standortregionen:** Die Auswahl der Standorte für die Phasen II und III sollte sich auf Regionen mit der höchsten Eignung und gleichzeitig dem geringsten Erkundungsaufwand konzentrieren. Die SRzG fordert, Standortregionen, welche sich frühzeitig als weniger geeignet als andere herausstellen, auszuschließen. Ein genereller Ausschluss aller Kristallingestein-Regionen sollte geprüft werden
- 5. Parallelisierung von Prozessen:** Durch die Parallelisierung von Genehmigungs- und Erkundungsprozessen sollten Verzögerungen vermieden werden. Hierfür ist neben der erwähnten Anpassung des StandAG auch eine Änderung des Bundesberggesetzes (BergG) nötig, damit die Genehmigungen für Erkundungen schon erteilt werden können, bevor die potenziellen Standorte schon per Bundesgesetz festgelegt wurden (BGE 2022: 85).
- 6. Verzicht auf Gesteins erkundung durch Bergwerke:** Die SRzG fordert den Verzicht auf Erkundungsbergwerke in Phase III der Standortauswahl. Wenn die Regionen mit Kristallingestein aussortiert würden, dann wäre die Erkundung der zwei verbleibenden Wirtsgesteine, also Ton und Salzgestein, nur mit Hilfe von Seismik und Bohrungen möglich. Die Entsorgungskommission, ein unabhängiger Expert:innenbeirat, spricht im Falle einer Erkundung möglicher Endlager mittels Bergwerken von einer Verfahrensverlängerung um Jahrzehnte (ESK 2024: 6). Dies gilt es unbedingt zu vermeiden.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung: Atommüll und Generationengerechtigkeit	5
2. Grundlagen zu Atommüll und Kernkraftwerken.....	7
2.1. Was ist Radioaktivität?	7
2.2. Verlauf des radioaktiven Zerfalls und Halbwertszeit	8
2.3. Alpha-, Beta- und Gammastrahlung.....	10
2.4. Arten von Kernkraftwerken	10
3. Der Status Quo: 16 Zwischenlager und die Endlagersuche	11
3.1. Vom Atomgesetz von 1960 zum Atomausstieg 2023	11
3.2. Die aktuelle Suche nach einem Endlager für hochradioaktive Abfälle	13
3.3. Arten und Mengen des zu lagernden Atommülls.....	16
3.4. Die Zwischenlager.....	17
3.5. Innereuropäischer Vergleich.....	20
4. Warum beschleunigen?	24
4.1 Sicherheit.....	25
4.2 Kosten	25
5. Wie beschleunigen?	26
5.1 Priorisierung und Begrenzung von Standorten.....	26
5.2 Parallelisierung von Prozessen.....	28
5.3 Sonstiges	30
6. Forderungen der SRzG	31
Anhang: Keine Alternative zur tiefen geologischen Endlagerung.....	33
Literaturverzeichnis	35
Über die Stiftung für die Rechte zukünftiger Generationen (SRzG)	40

1. Einleitung: Atommüll und Generationengerechtigkeit

Die Stiftung für die Rechte zukünftiger Generationen (SRzG) definiert den vieldiskutierten Begriff „Generationengerechtigkeit“ in der Einleitung ihres Fachbuchs zum Thema so: „Es gibt erstens die Gerechtigkeit aller heute Lebenden gegenüber den zukünftigen, noch nicht geborenen Menschen, und die sich daraus ergebenden Pflichten der erstgenannten. Und es gibt zweitens die Gerechtigkeit zwischen den heute Alten und den heute Jungen, und die sich daraus ergebenden Pflichten für beide Seiten.“ (SRzG 2025, Einleitung)

Damit ist offensichtlich, dass die Atommüll-Problematik in mehrfacher Hinsicht etwas mit Generationengerechtigkeit zu tun hat. Die nuklearen Abfälle sind ein gefährliches Erbe aller heute Lebenden gegenüber vielen, vielen noch ungeborenen Menschen (siehe Abschnitt 2.3 „Was ist Strahlung“). Und sie sind auch, und das ist neu und bisher fast noch undiskutiert, eine Frage der Gerechtigkeit zwischen heute Jungen und heute Alten, denn Fragen der Zwischenlagerung drohen die gesamte Lebensdauer der heute Jungen zu überschatten. Bildlich kann man den heutigen Entscheidungsträger:innen, und das sind die Älteren, folgenden Vorwurf machen:

Wer in seinem Haus einen Müllhaufen produziert, der darf den nicht einfach ins Kinderzimmer schaufeln und den Nachkommen sagen: „Kommt ihr mal damit klar.“ Vielmehr sind die Verantwortlichen moralisch verpflichtet, ihren eigenen Dreck auch selbst noch wegzumachen oder zumindest tatkräftig daran mitzuwirken.

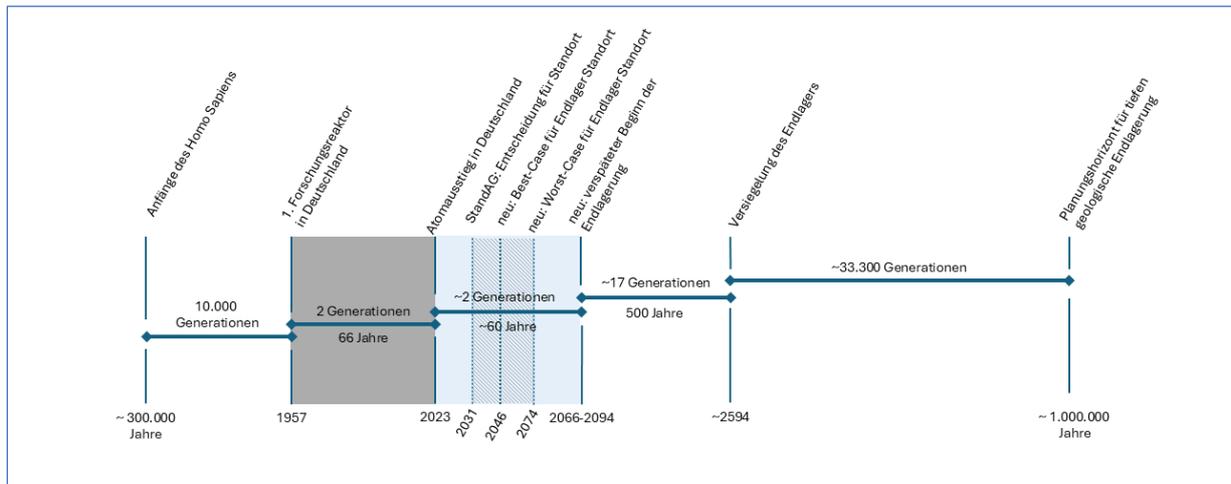
Oder wie Lewis Blackburn, Mitarbeiter beim britischen Nuclear Waste Services, mahnt:

„We've all benefitted from nuclear energy for over 60 years. It's our generation of scientists' and engineers' responsibility to undertake the challenge to dispose of the waste, instead of leaving it to future generations.“ (Benke 2024)

Abbildung 1 zeigt auf einem Zeitstrahl die Auswirkungen der nuklearen Abfälle auf die heute jungen und die zukünftigen Generationen in Deutschland. Als Grundlage wurde angenommen, dass eine Generation im Durchschnitt 30 Jahre umfasst.¹

¹ Bei den Recherchen für dieses Positionspapier besuchte die SRzG Schacht Konrad und Asse II und sprach mit Expert:innen und Anwohner:innen. Dies alles geschah im Rahmen des Workshops 2022, siehe Sachbericht hier: <http://generationengerechtigkeit.info/wp-content/uploads/2024/10/Sachbericht-zum-Walkshop-Endlagerung-2022.pdf>

Abbildung 1: Atomkraft und ihre Nachwirkungen: Wie viele Generationen von Atommüll betroffen sein werden



Anmerkung: Alle Angaben zu atomaren Aspekten beziehen sich auf Deutschland; 1 Generation entspricht 30 Jahren. Die Grafik verwendet auf der horizontalen Achse zu Anschauungszwecken unterschiedliche Zeitskalen. StandAG = Standortauswahlgesetz von 2017. Die Best-Case- und Worst-Case-Szenarien für das Ende der Endlagersuche sowie die Bauzeit des Endlagers basieren auf Einschätzungen der BASE (Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung). Der schraffierte Bereich zeigt die potenziellen Abweichungen von den im Standortauswahlgesetz festgelegten Zeitvorgaben.

Der Zeitstrahl beginnt vor etwa 300.000 Jahren mit dem Auftreten des Homo Sapiens, was ungefähr 10.000 Generationen zurück liegt. Damals gab es natürlich noch keinen Atommüll. Aber dieser Startpunkt verdeutlicht die enorme Zeitspanne, über die der Atommüll noch wirken wird, gemessen an der Existenzdauer der Menschheit, wie wir sie heute verstehen.

Im Jahr 1957 wurde der erste Forschungsreaktor in Deutschland in Betrieb genommen, womit die nukleare Ära hierzulande begann. (1962 begann dann die kommerzielle Nutzung, vgl. Hamm 2023: 10). Nach dem Atomausstieg im Frühjahr 2023 endete die kommerzielle Nutzung der Kernenergie in Deutschland, also nach rund zwei Generationen.

Das Jahr 2031 markiert den im StandAG (Standortauswahlgesetz) „angestrebten“ (§1 Abs. 5) Zeitpunkt zur Entscheidung über einen Endlagerstandort. Dieser Zeitplan ist, wie 2024 bekannt wurde, hinfällig (BASE 2024a). Ein Best-Case-Szenario der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) sieht nun eine Entscheidung für einen Endlagerort bis 2046 vor (BASE 2024a). Im Worst-Case-Szenario könnte die Entscheidung sich jedoch bis 2074 verzögern. Nach der Entscheidung für einen Endlagerort rechnet die BASE mit einer Dauer von weiteren 20 Jahren für die Planung, Genehmigung und Bau des Endlagers. Demnach könnte die Einlagerung des hochradioaktiven Abfalls frühestens 2066 (Best-Case) bzw. 2094 (Worst-Case) beginnen. Es ist also 2024 eine völlig neue Situation entstanden. Während man bisher beruhigt auf das Jahr 2031 geschaut hatte, droht nun eine Hängepartie von mehreren Jahrzehnten. Um es mit den Worten von (Ott et al. 2024: 7) zu sagen: „die Verschiebung bedeutet einen Risiko- und Kostentransfer in die nähere Zukunft, das heißt eine

Externalisierung in der Zeitdimension. Belastungen werden Generationen aufgebürdet, die keinen Atomstrom mehr konsumieren werden und die sich auch um viele andere Probleme (Migration, militärische Sicherheit, Klimawandel, Alterung der Bevölkerung, Staatsverschuldung u.v.m.) werden kümmern müssen.“ Zwei Generationen werden in den nächsten rund 60 Jahren durch oberirdisch gelagerten Atommüll gefährdet sein, wenn nicht gegengesteuert wird. Bis zum Ende der oberirdischen Zwischenlagerung müssen diese Standorte aktiv geschützt werden, da sie im Gegensatz zu tiefeingeologischen Einlagerungen anfällig für Risiken wie Flugzeugabstürze, Terrorismus und gezielte Angriffe im Krieg sind.

Der Zeitstrahl zeigt dann noch die Situation der ferneren zukünftigen Generationen: Während der Betriebsphase muss gewährleistet sein, dass die Abfälle „zurückgeholt“ werden können. In dieser Phase muss das Endlager gesichert und überwacht werden. Danach wird das Endlager verschlossen und es beginnt eine Phase von etwa 500 Jahren (17 Generationen), in der ausreichende Vorkehrungen bestehen müssen, um die Abfälle zu „bergen“. Ungefähr im Jahr 2600 soll das deutsche Endlager endgültig versiegelt werden.

Der Zeitstrahl endet mit einem Blick in die ferne Zukunft: Erst nach weiteren 33.300 Generationen oder 1.000.000 Jahren endet der Planungshorizont. Bis dahin wird die Strahlenbelastung auf ein Bruchteil des heutigen Niveaus zurückgegangen sein. Nach menschlichen Zeitmaßen ist das eine Ewigkeit. Diese Dimension veranschaulicht, wie lange zukünftige, heute noch ungeborene Generationen von den Auswirkungen des bis 2023 in Deutschland produzierten Atommülls betroffen sein werden.

Bezüglich der Abbildung könnte man nun argumentieren, dass im Jahr 2300 oder 2400 aufgrund des erwartbaren technischen Fortschritts von den dann lebenden Menschen ein viel besseres zweites Endlager gebaut werden könnte, als wir jetzt im 21. Jahrhundert auch bei bestmöglichen Ergebnissen unserer Ingenieurskunst und Technik zu Stande bringen können.

2. Grundlagen zu Atommüll und Kernkraftwerken

2.1. Was ist Radioaktivität?

Das Periodensystem umfasst 118 chemische Elemente. Diese bestehen jeweils aus verschiedenen Isotopen, also Varianten mit unterschiedlicher Anzahl von Neutronen im Atomkern. Die meisten dieser Isotope sind instabil und zerfallen im Laufe der Zeit. Jedoch kommen in unserer Umwelt zu einem Großteil stabile Isotope vor. Radioaktivität ist eine Eigenschaft, die den wenigen Elementen zugeschrieben wird, die sich verändern. Sie beschreibt das Umwandeln oder Zerfallen der Atomkerne in andere instabile oder stabile Kerne, ohne dass es dabei eine äußere Einwirkung auf den Atomkern gibt. Dabei entstehen neue Elemente. Deren Kerne können ihrerseits in weitere instabile Kerne zerfallen. Uran-238 verwandelt sich beispielsweise in das Element Thorium, dieses über mehrere Zwischenstoffe in Radium, das wiederum zum Edelgas Radon zerfällt, bis nach weiteren Umwandlungen eine Form von Blei entsteht, die sich nicht weiter umwandelt. Bei diesem radioaktiven Zerfall wird eine energiereiche Strahlung ausgesendet, die sogenannte ionisierende Strahlung (BASE

2020). Die Anzahl der radioaktiven Zerfälle pro Sekunde, also die Aktivität, wird in der Einheit Becquerel gemessen. Die Strahlenbelastung auf den Menschen wird in Sievert gemessen, sie berücksichtigt die Art sowie die Wirkung der Strahlung (BfS 2022a).

Natürlicher Radioaktivität ist jeder Mensch ausgesetzt durch die kosmische Strahlung im Weltraum oder terrestrische Strahlung, die u.a. von der Erdkruste ausgeht. Künstliche (d.h. menschengemachte) Strahlung entsteht z.B. bei der Spaltung von Kernen in Atomkraftwerken, bei Reaktorunfällen, bei Atomwaffentests oder bei der medizinischen Anwendung von z. B. Krebstherapien (Schwenner 2022). In Deutschland liegt die jährliche Gesamtstrahlenbelastung pro Person bei ungefähr 3,8 Millisievert im Durchschnitt, zusammengesetzt aus 2,1 Millisievert natürlicher und 1,7 Millisievert künstlicher Strahlung (BfS 2022b). Bei der künstlichen Strahlung gibt es eine große Varianz, d.h. die Personen in medizinischen Behandlungen (speziell Röntgenverfahren) haben eine weitaus höhere Dosis künstlicher Strahlung, so dass der Durchschnitt von 1,7 Millisievert stark variiert und Personen, die sich nicht in medizinischer Behandlung befinden, oft deutlich darunter liegen. Je nach Wohnort, Ernährungs- und Lebensgewohnheiten bzw. Lebenssituation variiert dieser Wert zwischen 1 und 10 Millisievert (BfS 2024). So führt beispielsweise ein einzelner Flug von Frankfurt nach New York zu einer durchschnittlichen effektiven zusätzlichen Strahlenbelastung von 0,1 Millisievert (BfS 2023). Pilot:innen und Vielflieger:innen haben daher z.T. eine doppelt so hohe künstliche Strahlenbelastung wie die Gesamtbevölkerung. Medizinische Anwendungen können auch erheblich zur Strahlenbelastung beitragen. Eine Röntgenaufnahme des Brustkorbs verursacht eine Dosis von 0,01 bis 0,03 Millisievert, während eine Ganzkörper-Computertomographie den Körper mit 10 bis 20 Millisievert belastet (BfS 2024).

Für kerntechnische Anlagen gilt nun: Gemäß dem Strahlenschutzgesetz darf die zusätzliche Belastung für Einzelpersonen 1 Millisievert pro Jahr nicht überschreiten.

2.2. Verlauf des radioaktiven Zerfalls und Halbwertszeit

Die Halbwertszeit beschreibt die Zeitspanne, in der die Hälfte der Atomkerne eines radioaktiven Stoffes zerfallen ist. Jeder Atomkern kann nur einmal radioaktiv zerfallen. Wann dieser Zerfall stattfindet, ist für einen einzelnen Atomkern nicht absehbar, lediglich die Wahrscheinlichkeit für den Zerfall kann bestimmt werden. Wird aber eine größere Gruppe an Atomkernen betrachtet, so kann gemessen werden, wann jeder zweite Atomkern zerfallen ist. Die Halbwertszeit ist also das Zeitintervall, in dem sich die Anzahl der radioaktiven Atome halbiert hat. Nach dieser Halbwertszeit schrumpft dementsprechend auch die Aktivität, also die Anzahl radioaktiver Zerfälle pro Sekunde, sowie folglich auch die Strahlung, auf die Hälfte (Vogt/Schultz 2011: 16). Nach zwei Halbwertszeiten ist noch ein Viertel der radioaktiven Atomkerne vorhanden, also die Hälfte der Hälfte. Diese Rechnung kann so endlos fortgeführt werden und zeigt den exponentiellen Verlauf radioaktiver Zerfälle (Träbert 2011: 248). Der exponentielle Verlauf bewirkt, dass die Strahlung eines radioaktiven Materials praktisch

niemals vollständig aufhört, aber mit jeder weiteren Halbwertszeit schwächer wird und irgendwann nur noch eine geringe Gefahr darstellt bzw. einen geringen zusätzlichen Beitrag zur natürlichen Strahlung leistet. Jedes radioaktive Isotop hat eine individuelle Halbwertszeit – von Bruchteilen einer Sekunde bis hin zu Millionen von Jahren (Schwenner/Brüning 2022). Die Halbwertszeit der Atomabfälle lässt Rückschlüsse darüber zu, für welche Zeitspanne ein Endlager konzipiert werden muss (z.B. 100.000 Jahre oder 1 Mio Jahre). Dabei muss nicht nur die Halbwertszeit eines einzelnen Elements, sondern auch die gesamte Zerfallskette bis hin zu stabilen Endprodukten betrachtet werden. In Deutschland soll das gesuchte Endlager für 1 Million Jahre sicher sein. Die Zahl ist griffig, aber in gewisser Weise willkürlich gewählt. Die Halbwertszeiten einiger Elemente in den bestrahlten Brennelementen der ausgemusterten deutschen Kernkraftwerke betragen weit über eine Million Jahre, z.B. Uran²³⁵ mit 703 Millionen Jahren. In jedem Fall geht es hier um Zeiträume, die die Vorstellungskraft über mögliche menschliche Zukünfte sprengen. Es gilt also einen Kompromiss zu finden, sowohl menschliche als auch geologische Zeitmaße berücksichtigt. Auch der für das Schweizer Endlager gewählte Zeithorizont, 10.000-100.000 Jahr, wäre denkbar und wissenschaftlich begründet.

Erklärbox: Was sind Isotope?

Tendenziell gilt, dass je größer ein Atomkern ist, desto mehr Neutronen sind erforderlich, um ihn stabil zu halten. Neutronen helfen dabei, die abstoßenden Kräfte zwischen den Protonen, die alle positiv geladen sind, auszugleichen. Daher beeinflusst eine Änderung der Anzahl der Protonen die Stabilität eines Atomkerns. Uran²³⁵ (92 Protonen und 143 Neutronen) ist das Isotop, das in Kernreaktoren und bei der Atomwaffenherstellung verwendet wird, während Uran²³⁸ (92 Protonen und 146 Neutronen) das häufigste Isotop in der Natur ist. Plutonium hat ebenfalls verschiedene Isotope, wobei Plutonium²³⁹ für die Kernenergiegewinnung und die Herstellung von Atomwaffen von Bedeutung ist. Isotope sind also Atomvarianten eines Elements, die gleiche Anzahl von Protonen, aber unterschiedliche Anzahlen von Neutronen im Atomkern haben. Dies führt zu unterschiedlichen Massenzahlen (in hochgestellten Ziffern nach dem Element angegeben).

2.3. Alpha-, Beta- und Gammastrahlung

Strahlung wird im allgemeinen Sprachgebrauch in drei Typen unterteilt: Alpha-, Beta- und Gammastrahlung. Die ersten beiden Arten, Alpha- und Beta-Strahlung, transportieren ihre Energie als Teilchenströme, während Gammastrahlung aus hochenergetischen elektromagnetischen Wellen besteht. Jede Strahlungsart unterscheidet sich in ihrer Durchdringungskraft, was die Anforderungen an die Handhabung, Isolation und Lagerung von Atommüll entscheidend beeinflusst. Alpha- und Betastrahlung zeichnen sich durch eine hohe Energieabgabe auf einer kurzen Distanz aus. Sie können unkompliziert abgeschirmt werden, bspw. durch Papier oder ein Aluminiumblech. Für die elektromagnetische Gammastrahlung hingegen sind dichtere Materialien notwendig, wie etwa Stahl, Beton oder Blei, da diese Art der Strahlung sehr durchdringend wirkt. Gammastrahlung entsteht beim radioaktiven Zerfall oft zusätzlich zur Alpha- und Betastrahlung (BfS 2022c).

Alle Arten von Strahlungen können nicht von menschlichen Sinnesorganen erfasst werden. Sowohl Beta- als auch Gammastrahlung können die Haut durchdringen, nur Alpha-Strahlung nicht. Sobald Strahlung einmal in den Körper eingedrungen ist, ist kein Gegensteuern mehr möglich (BfS 2022c). Die ionisierende Strahlung stört die menschliche Zellteilung und kann damit eine Veränderung oder eine Zerstörung des Erbguts bedingen. Dies geschieht bei kurzfristig hoher Strahlenbelastung, oder wenn die natürlichen Abwehrmechanismen des menschlichen Körpers von der Menge an Strahlung überfordert sind und versagen. Bei geringer Strahlendosis treten die Folgen wahrscheinlich erst Jahre später auf (BASE 2020). Wie sich Radioaktivität aber im Einzelfall auswirkt, hängt von verschiedenen Randbedingungen ab und kann nicht pauschal gesagt werden (Schwenner 2022). Politisch ist der Schutz vor Strahlung, der essenziell für die Gesundheit der Bevölkerung ist, sowohl im Atom- als auch im Strahlenschutzgesetz und in der Strahlenschutzverordnung geregelt (BASE 2020).

2.4. Arten von Kernkraftwerken

Kernkraftwerke nutzen die bei der Kernspaltung freigesetzte Energie, um – wie andere Kraftwerke auch – Wasser zu erhitzen, dessen Dampf Turbinen antreibt, wodurch schließlich Strom erzeugt wird. Um Energie aus den Brennstäben zu gewinnen, muss die Kernreaktion kontrolliert ablaufen. Seit Mitte des 20. Jahrhunderts wurden dafür verschiedene Technologien entwickelt, die jeweils eigene Vor- und Nachteile haben.

Leichtwasserreaktoren sind weltweit die am häufigsten genutzte Art von Kernreaktoren und lassen sich in zwei Haupttypen unterteilen, von denen beide auch in Deutschland im Einsatz waren. Die erste Art eines Leichtwasserreaktors ist der Druckwasserreaktor (DWR). Hier wird normales Wasser (H_2O) unter hohem Druck als Kühlmittel und Moderator verwendet. Es nimmt die Wärme, die bei der Kernspaltung entsteht (etwa 320 °C), auf. Das Wasser bleibt aber aufgrund des hohen Drucks flüssig statt in den gasförmigen Zustand zu wechseln. Diese Wärme wird an einen separaten, zweiten Wasserkreislauf abgegeben, dessen Wasser ver-

dampft und die Turbine antreibt. Der Vorteil dieses Systems liegt in der erhöhten Sicherheit, da das Kühlmittel des Reaktors vom Turbinenkreislauf getrennt ist. Der Siedewasserreaktor (SWR), die zweite Art des Leichtwasserreaktors, verzichtet hingegen auf einen zweiten Wasserkreislauf. Hier wird das Wasser direkt im Reaktor zum Sieden gebracht, und der entstehende Dampf treibt unmittelbar die Turbine an. Diese einfachere Konstruktion bringt jedoch größere Gefahren im Umgang mit dem radioaktiven Dampf mit sich.

Schwerwasserreaktoren, wie zum Beispiel der in Kanada entwickelte CANDU-Reaktor, verwenden schweres Wasser (Deuteriumoxid) als Moderator und Kühlmittel. Schweres Wasser ist zwar teuer in der Herstellung, ermöglicht jedoch den Einsatz von naturbelassenem Uran, was die kostspielige Aufbereitung des Brennstoffs überflüssig macht.

Neben diesen Reaktortypen gibt es auch andere Technologien, die z.B. in den USA, China und Russland zum Einsatz kommen, darunter spätere Bau-Generationen von Reaktoren wie Flüssigsalzreaktoren, Brutreaktoren und Hochtemperaturreaktoren. Sie zeichnen sich durch höhere Effizienz und besondere Kühl-, Moderator- und Brennstoffnutzung aus.

Neben den Leistungsreaktortypen, die für die Stromerzeugung genutzt werden, sind auch die Forschungsreaktoren relevant, die an verschiedenen Standorten (meist in den alten Bundesländern) betrieben werden (BASE 2023a). Diese experimentieren mit unterschiedlichen Brennstoffzusammensetzungen, Arbeitstemperaturen, Kühlmitteln und Moderatoren. Sie dienen der Ausbildung von Fachkräften und stellen Materialien für medizinische Anwendungen, wie beispielsweise die Strahlentherapie, zur Verfügung.

3. Der Status Quo: 16 Zwischenlager und die Endlagersuche

3.1. Vom Atomgesetz von 1960 zum Atomausstieg 2023

Das 1960 beschlossene Atomgesetz regelte die zivile Nutzung und den Schutz gegen ihre Gefahren, enthielt aber bis 1976 keine Auflagen für die Endlagerung. Eine explizit zuständige Behörde für die Suche, Errichtung und Erhaltung eines nuklearen Endlagers in Deutschland wurde erst 1989 gegründet: das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS).

Nachdem der Export und alternative Entsorgungswege (vgl. Anhang) ausgeschlossen worden waren, begann die Bundesrepublik mit der Suche eines unterirdischen Endlagers im Bundesgebiet. Da die Energieversorgungsunternehmen als Betreiber der Kernkraftwerke an schnellen und juristisch sicheren Lösungen interessiert waren, schlossen sie Verträge zur Wiederaufbereitung bestrahlter Brennelemente mit Frankreich und Großbritannien. Damit war aus gesetzlicher Sicht der ‚Entsorgungsnachweis‘ erbracht worden. Die Wiederaufbereitung, bei der es sich um die chemische Auftrennung von Spaltprodukten zur Rückgewinnung von wiederverwertbarem Material wie Uran und Plutonium für den Einsatz in Reaktoren handelt, war jedoch in Deutschland rechtlich nicht vorgesehen. Dass diese Praxis dennoch als

Nachweis der Entsorgung bestrahlter Brennelemente diene, ist besonders aus der Sicht der Generationengerechtigkeit zu kritisieren. Eine Generation hat damit – bildlich gesprochen – ihren Müll in das Kinderzimmer der nächsten Generation verfrachtet. Denn der Müll wurde (bzw. wird noch) von den Briten und Franzosen ja zurückgegeben. Und für die Endlagerung gab es lange keinen Plan.

Die überraschende Entscheidung des Landes Niedersachsen von 1977, Gorleben als mögliches nukleares Entsorgungszentrum mit Wiederaufarbeitungsanlage, Brennelementefabrik *und Endlager* in Betracht zu ziehen, schien die Entsorgungsproblematik zu lösen. Das Vorhaben stieß auf erheblichen Widerstand. Seitens der Politik war aufgrund der niedrigen Bevölkerungsdichte und der Aussicht auf neue Arbeitsplätze wenig Protest erwartet worden (Meyer 2021). Doch entgegen dieser Annahme lehnten die Ansässigen, insbesondere die Bauernschaft und viele Frauen, die Entscheidung ab. Die Proteste führten letztendlich dazu, dass die Landesregierung den Plan eines integrierten Entsorgungszentrums aufgab. Übrig blieb der Plan für ein Endlager. Ab 1979 begann die Erkundung des Gorlebener Salzstocks. Diese Erkundung als mögliches Endlager erfolgte bis zum Jahre 2000 und wieder ab 2010 bis zum Inkrafttreten des ersten Standortauswahlgesetzes 2013 (Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung o.J., NDR 2021). Was das Zwischenlager in Gorleben angeht, so begann bereits 1982 dessen Bau. Zwei Jahre später wurden erstmals Castor-Behälter mit schwachradioaktivem Abfall in Gorleben zwischengelagert, 1995 folgten hochradioaktive Abfälle (NDR 2021). Bis 2011 erreichten fast jährlich weitere Castor-Transporte Gorleben, begleitet von Blockaden und Protest der Anti-Atomkraft-Bewegung (Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung o.J.).

Seit der Verkündung der Teilgebiete (siehe Abschnitt 3.2 Endlagersuche in Deutschland) im Jahre 2020 ist endgültig klar, dass es in Gorleben aufgrund geowissenschaftlichen Abwägungskriterien kein nukleares Endlager geben wird. 2021 begann der Rückbau des Bergwerks in Gorleben, das für die Endlager-Erkundung gedient hatte (NDR 2021). Als Zwischenlager wird Gorleben jedoch bis heute benutzt (BASE 2023f).

In der Schachtanlage Asse II im Landkreis Wolfenbüttel in Niedersachsen wurde 1967 mit der Einlagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen begonnen. Das ehemalige Salzbergwerk wurde von der Bundesregierung offiziell als Endlager betrachtet. Bis 1978 wurde fast alles, was als schwach- und mittelradioaktiver Abfall gilt, dort eingelagert (Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung o.J.; BGE o.J.b). Jedoch kam es in den Folgejahren zu Wasser- und Laugenzuflüssen (wässrige, salzhaltige Lösung), die das Gestein im Bergwerk destabilisieren und damit bis heute die Stabilität der gesamten Anlage gefährden. Nachdem mehrere Versuche unternommen worden waren, das Bergwerk zu sichern, wurde 2008 die Aufsicht über die Anlage dem Bundesamt für Strahlenschutz übergeben, die mit der Stilllegung beauftragt wurde. Neben der nachlassenden Stabilität der Anlage besteht die Sorge, dass das eingedrungene Wasser radioaktive Stoffe freisetzen könnte. Wenn diese ins Grundwasser gelangten, so könnten das Grundwasser in der Region kontaminiert werden.

Daher wird aktuell fortlaufend Lauge aus der Anlage abgepumpt. Asse II wird inzwischen als komplett ungeeignet für die Lagerung eingestuft. Der Betrieb und Vorbereitung der Rückholung bis 2033 wird von dem Betreiber auf ungefähr 4,7 Milliarden Euro geschätzt – mit Betonung auf ‚ungefähr‘. „Die Gesamtkosten für die Rückholung der radioaktiven Abfälle sind zurzeit ebenso wenig prognostizierbar wie die Kosten für die Stilllegung der Schachanlage Asse II nach der erfolgten Rückholung“ (BGE o.J. a). Die Ortsansässigen in Asse haben gegenüber der SRzG die Hoffnung ausgedrückt, dass die Fässer kein neues Zwischenlager an der Oberfläche in Asse bilden werden. Die Verzögerung bei der Standortauswahl für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle verschlechtert die Zukunftsaussichten für die Region Asse. Denn das StandAG legt in § 1 Absatz 6 fest: „Die Endlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle am auszuwählenden Standort [für das Endlager für hochradioaktive Abfälle] ist zulässig, wenn die gleiche bestmögliche Sicherheit des Standorts wie bei der alleinigen Endlagerung hochradioaktiver Abfälle gewährleistet ist.“ Wenn also bis 2031 ein Endlagerstandort gemäß StandAG gefunden würde, und dann dort in zwanzig Jahren Bauzeit das Endlager für hochradioaktiven Atommüll erreicht würde, so wäre auch die prekäre Situation in der Region rund um Asse damit beendet.

Neben der Anlage Asse II existieren bereits zwei weitere Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle. 1971 begann in der damaligen DDR die Einlagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen im ehemaligen Salzbergwerk Morsleben, welches seit 1979 ein genehmigtes Endlager ist (Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung o.J.). Ab 1975 wurde der schon erwähnte Schacht Konrad als ehemaliges Erzbergwerk wissenschaftlich erkundet und auf seine Eignung hin als nukleares Endlager untersucht (Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung o.J.), und schließlich auch als Endlager genehmigt.

3.2. Die aktuelle Suche nach einem Endlager für hochradioaktive Abfälle

Im Jahr 2013 hatten Bundestag und Bundesrat die Suche nach dem bestmöglichen Standort für ein Endlager von hochradioaktiven Abfällen in Deutschland neu gestartet. Die erste Fassung des StandAG wurde beschlossen. Es wurde die „Kommission zur Lagerung hochradioaktiver Abfallstoffe“ bestehend aus Vertreter:innen der Wissenschaft, Gesellschaft und des Bundestages sowie des Bundesrates einberufen. Diese arbeitete bis zum Jahr 2016 daran, Regeln, Kriterien und Anforderungen an ein Endlager aufzustellen – auf Basis einer weißen Landkarte. Auf Basis der Ergebnisse der Kommission wurde im Mai 2017 das „StandAG in einer neuen Fassung verabschiedet. Dabei wurde der bis dahin festgeschriebene Zeitpunkt des Jahres 2031 als Entscheidungszeitpunkt über einen Endlagerstandort abgeschwächt und mit dem Wort „anzustrebend“ versehen (Ott et al. 2024: 4).

Folgende Prinzipien der Standortsuche sind dabei im StandAG beschrieben: wissenschaftsbasiert, partizipativ, transparent, selbsthinterfragend und lernend (StandAG §1, Absatz 2). Der Suchraum soll laut Gesetz in drei Phasen immer weiter eingengt werden. Zuerst sollen Teilgebiete ernannt werden, welche günstige geologische Voraussetzungen aufweisen, danach soll zuerst übertägig und anschließend untertägig erkundet werden, bis der bestmög-

liche Standort bestimmt wird. Verantwortlich hierfür ist die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE). Als mögliche Wirtsgesteine für die Lagerung hochradioaktive Abfälle wurden Steinsalz, Tongestein und Kristallin-Gestein bestimmt (StandAG §1, Abs. 3). Zudem wurden Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und Abwägungskriterien beschlossen. Zunächst müssen die Ausschlusskriterien berücksichtigt werden, die festlegen, ob ein Standort grundsätzlich ungeeignet ist. Ein Gebiet ist beispielsweise nicht geeignet, wenn dort geologische Bewegungen zu erwarten sind oder wenn die seismische Gefährdung höher ist als in der geringsten Erdbebenklasse. Zudem kann ein Standort laut Gesetz nicht in Betracht gezogen werden, wenn vulkanische Aktivitäten möglich sind oder junge Grundwässer in den Gesteinschichten vorhanden sind, da diese Faktoren die Sicherheit des Endlagers gefährden können. Wenn diese Ausschlusskriterien nicht zutreffen, so kann ein Standort für die Endlagerung in Betracht gezogen werden. In diesem Fall müssen jedoch auch die Mindestanforderungen eingehalten werden, um die langfristige Stabilität des Endlagers zu gewährleisten. Die Durchlässigkeit des Gesteins, in dem die Abfälle gelagert werden, muss sehr gering sein, um das Risiko einer Kontamination der Umgebung durch radioaktives Material zu minimieren. Darüber hinaus ist die Tiefe des Endlagers entscheidend; es sollte mindestens 300 Meter unter der Erdoberfläche liegen, um vor möglichen Einflüssen von der Oberfläche geschützt zu sein. Das Gebiet muss außerdem ausreichend groß sein, um den Bau des Endlagers zu ermöglichen. Schließlich ist es wichtig, dass keine Informationen vorliegen, die Zweifel an der Stabilität und Sicherheit des Gesteins über einen Zeitraum von einer Million Jahren aufkommen lassen.

Zusätzlich zu den Ausschlusskriterien (StandAG § 22) und den Mindestanforderungen (StandAG § 23), gibt es auch im Gesetz geologische Abwägungskriterien, die bei der Bewertung eines potenziellen Standorts herangezogen werden (StandAG § 24). Diese Kriterien analysieren die geologische Gesamtsituation des Gebiets und stellen sicher, dass der Gebirgsbereich ein günstiges Umfeld für die sichere Lagerung der radioaktiven Abfälle bietet. Dabei werden geowissenschaftliche Eigenschaften berücksichtigt. Durch diese umfassende Bewertung soll gewährleistet werden, dass die Anforderungen an Sicherheit und Umweltschutz langfristig erfüllt sind.

Im ersten Schritt wurden die geologischen Daten durch Abfragen bei Landes- und Bundesbehörden eingeholt (BGE 2020). Ergebnisse dieser Untersuchung waren insgesamt 90 Teilgebiete mit einer Fläche von ca. 240.874 km² (wobei sich mehrere Teilgebiete überlagern). Zusammengefasst entspricht dies ca. 54% der Landesfläche (BGE 2020). Nachdem die Teilgebiete im September 2020 festgelegt wurden, begann der nächste Schritt: die Vorbereitung für die übertägige Erkundung. Hierbei werden die geologischen Gegebenheiten jedes der 90 Teilgebiete untersucht durch geologische Kartierungen, um ein vollständiges Bild der lokalen Strukturen zu erhalten. Diese ‚Vorbereitung‘ dauert also jetzt schon vier Jahre an. Und 2024 wurde dann wie beschrieben bekannt, dass es viel, viel länger dauern könnte als im bisherigen Zeitplan vorgesehen.

Im Oktober 2022 veröffentlichte die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) ihre Einschätzung für den Zeitbedarf für die Standortauswahl: im Best-Case Scenario bis 2046 und im Worst-Case Scenario für 2068 (BASE 2024a). Das Öko-Institute nannte 2074 als Worst-Case Scenario (Öko-Institut 2024). Die BASE, welche als Bundesamt die Aufsicht über den Entsorgungsprozess hat, hält diese Zeiträume unter den derzeitigen vom Standortauswahlgesetz vorgegebenen Rahmenbedingungen für „durchaus realistisch“ (BASE 2024a). Somit würde im Best-Case Scenario die Zwischenlager mindestens bis 2066 (2046 + 20 Jahre Bau des Endlagers) bzw. mindestens 36 Jahre länger als geplant betrieben werden müssen.

Abbildung 2: Schematischer Ablauf des Standortauswahlverfahrens



Stand 2022 (Quelle BGE 2022)

Wie Abb. 2 zeigt, sieht der derzeitige Zeitplan der BGE vor, bis zum 2. Halbjahr 2027 Phase I abzuschließen, d.h. bis dann sollen mögliche Standorte für die übertägige Erkundung gefunden und von der BGE an die BASE übermittelt werden. Danach müssen laut StandAG noch Phase II und Phase III abgeschlossen werden, bevor es einen Endlagerstandort geben wird. In Phase II soll die **übertägige** Erkundung der festgelegten Standortregionen erfolgen. Wie Abb. 2 zeigt, sind dafür laut BGE zwei Szenarien möglich: Wenn sechs Standortregionen erkundet würden, so ließe sich diese Phase inklusive Base-Prüfung auf zehn Jahre begrenzen. Wenn hingegen zehn Standortregionen übertägig erkundet würden, so würde diese Phase II zwölf Jahre andauern.

Das Gesetz sieht vor (§ 19, Abs. 1), dass am Ende der übertägigen Erkundung mindestens zwei Standorte auch **untertägig** geprüft werden, dies ist dann die Phase III. Wie Abb. 2 zeigt, sind auch dafür laut BGE zwei Szenarien möglich: Wenn die vorläufig gefundenen Standorte dann mit **Bohrungen** erkundet würden, so sind für Phase III fünf bis sechs Jahre zu veranschlagen. Würden hingegen **Bergwerke** errichtet, so würden 13 bis 23 Jahre, je nach Wirtsgestein, veranschlagt werden müssen. Das Gesetz erlaubt beide Szenarien. Diese Bohrungen sollen dazu dienen, um Gesteinsproben zu entnehmen und deren physikalische sowie chemische Eigenschaften zu analysieren. So soll die Durchlässigkeit und Stabilität des Gesteins bewertet wer-

den. Darüber hinaus sollen hydrologische Untersuchungen durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass Grundwasser nicht in das Endlager eindringen kann. Dabei sollen auch Seismische Messungen zum Einsatz kommen.

Es gibt also für die geologisch-hydrologischen Arbeiten drei Phasen. Der Deutsche Bundestag beschließt nach jeder Phase, welche Regionen bzw. Standorte weiter zu erkunden sind bzw. wo der endgültige Standort sein soll.

Parallel zu diesen wissenschaftlichen Arbeiten soll die Öffentlichkeit informiert und in den Prozess einbezogen werden, um Transparenz und Akzeptanz zu schaffen. Das StandAG räumt der Beteiligung einen hohen Stellenwert ein. So wurde z.B. ein Nationales Begleitgremium eingerichtet. Dieses muss nach § 8 StandAG auf 18 Mitgliedern bestehen, von denen zwölf anerkannte Persönlichkeiten des öffentlichen Lebens sein sollen, die vom Bundestag und Bundesrat gewählt werden. Daneben werden sechs Bürger:innen, darunter zwei Vertreter:innen der jungen Generation, vom Bundesumweltministerium ernannt.

Im Rahmen der Bürgerbeteiligung findet schon seit einigen Jahren das bundesweite Fachforum Teilgebiete statt. Auch die SRzG nimmt daran seit 2021 teil und begrüßt dieses Format. Aber mit dem drohenden Fallenlassen des Termins 2031 ist eine neue Situation entstanden. Setzen die heute Älteren alleine neue Rahmendaten fest, und die junge Generation kann dann innerhalb dieses Rahmens „scheinpartizipieren“, ohne jedoch am Rahmen selbst rütteln zu können? Oder wird die Forderung der jungen Generation, intensiv nach Beschleunigungspotenzialen zu suchen, ernst genommen und umgesetzt?

3.3. Arten und Mengen des zu lagernden Atommülls

Radioaktive Abfälle werden häufig in die Kategorien niedrig-, mittel- und hochradioaktiv unterteilt, wobei hierfür kein international einheitlicher Standard existiert. Während in einigen Ländern schwach- und mittelaktive Abfälle an der Oberfläche gelagert werden dürfen, differenziert Deutschland bei der Lagerung nicht nach Strahlendosis oder Halbwertszeit, sondern nach der Wärmeentwicklung der Abfälle. Alle radioaktiven Abfälle sollen nach deutschem Gesetz in tiefen geologischen Schichten gelagert werden, aber in unterschiedlichen Tiefenlagern (BASE 2020). Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die etwa 90 % des Volumens, aber nur rund 1 % der Strahlung ausmachen – wie z. B. Anlagekomponenten (Pumpen, Rohre, Filter) und Schutzkleidung –, können unter anderem im Schacht Konrad gelagert werden. Zu Beginn der 2030er Jahre soll die Einlagerung von bis zu 303.000 Kubikmetern schwach- und mittelradioaktiver Abfälle beginnen (BGE o.J.c).

Wärmeentwickelte Abfälle, wie beispielweise abgebrannte Brennelemente, müssen seit dem Ende des Brennstoffkreislaufs 2005 (in diesem Jahr erging das Verbot des Exports von Brennelementen) bis zur Abgabe an ein Endlager in Zwischenlagern aufbewahrt werden. Aktuellen Schätzungen zufolge werden nach dem Rückbau der Kernkraftwerke, Forschungsanlagen sowie der Bergung der Abfälle aus der Schachanlage Asse II und der Urananreicherungsanlage Gronau – was noch Jahrzehnte dauern wird – insgesamt knapp

650.000 m³ radioaktive Abfälle in Deutschland angefallen sein (BASE 2023d). 27.000 m³ (also rund ein Zwanzigstel davon) entfallen auf hochradioaktive Kernbrennstoffe. Für ihren Transport und ihre Zwischenlagerung wurden die gigantischen, bis 120 Tonnen schweren Castor-Behälter entwickelt, die durch ein drucküberwachtes Doppeldeckel-Dichtsystem mit Schutzplatte verschlossen sind. Die Brennstäbe im Inneren sind bis zu 400 ° C heiß, an der Außenseite der Castor-Behälter immerhin noch bis zu 118 ° C.

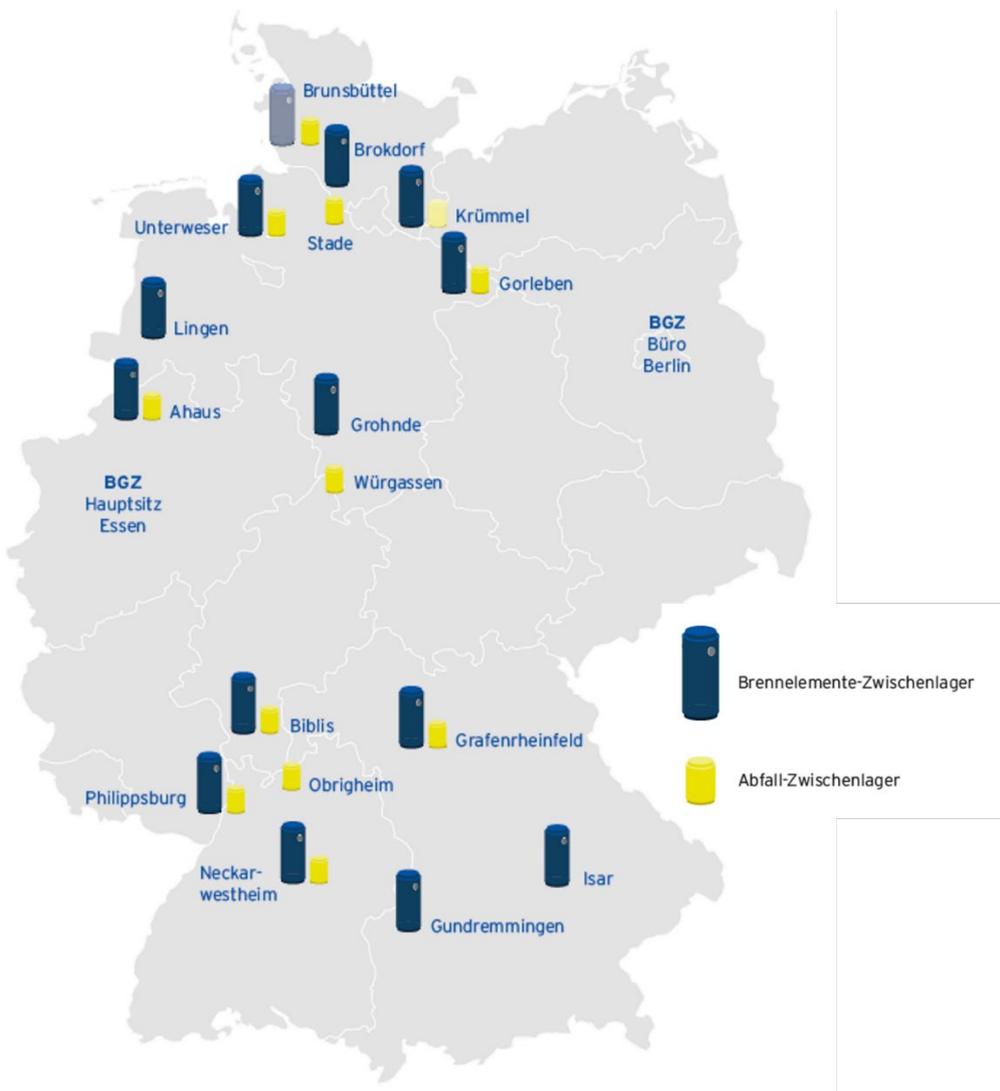
Wie sind diese 27.000 m³ zusammengesetzt? Für die zivile Nutzung wird Uran in den Kernbrennstoffen auf 3–5 % leicht spaltbares Uran angereichert. So geschah es auch in Deutschland. Während des Betriebs der Kernkraftwerke wurden etwa 94 % des Urans in den Brennstäben nicht gespalten und müssen nun als hochradioaktiver Abfall gelagert werden (BASE 2021a). Weitere 1,5 % der Brennstäbe bestehen aus sogenannten Transuranen – Varianten von Uran –, die wesentlich zur Strahlung und Wärmeentwicklung der abgebrannten Brennelemente beitragen. Etwa 4 % des Abfalls resultieren aus der Spaltung des Urans. Diese Spaltprodukte sind in den ersten Jahrzehnten die Hauptquelle für Strahlung und Wärmefreisetzung.

3.4. Die Zwischenlager

Neben den bestehenden Endlagern für schwach- und mittelradioaktive Abfälle wie in Morsleben und Schacht Konrad stellt sich die dringende Frage, wo hochradioaktive Abfälle, die weitaus gefährlicher und langlebiger sind, sicher untergebracht werden können. Bis ein tiefengeologisches Endlager für diese Abfälle gefunden wird, lagern sie derzeit in Zwischenlagern, die über ganz Deutschland verteilt sind. Diese 16 Zwischenlager lassen sich in dezentrale Lager in der Nähe ehemaliger Kernkraftwerke, sowie zentrale Lager (nur Gorleben und Ahaus) unterteilen. Die dezentralen Zwischenlager befinden sich direkt an den jeweiligen Standorten der Kernkraftwerke, weswegen sie auch als Standort-Zwischenlager bezeichnet werden. Die Kapazität der Zwischenlager ist in den jeweiligen Genehmigungen durch Obergrenzen für die eingelagerte Menge an Schwermetallmasse, Aktivität, Wärmeleistung und die Anzahl der Behälter festgelegt (BASE 2024b). Die Genehmigungen für diese Zwischenlager wurden um die Jahrtausendwende bewusst auf 40 Jahre befristet, da man annahm, dass bis 2030 ein Endlager in Betrieb genommen werden würde. Daher läuft die erste Genehmigung im Jahre 2034 (Gorleben) aus und die letzten in 2046 (Isar, Lubmin, Unterweser, Philippsburg) aus.

Das Zwischenlager Brunsbüttel verlor 2013 nach einem Urteil des Oberverwaltungsgericht Schleswig seine Aufbewahrungsgenehmigung (BASE 2021d). Das Oberverwaltungsgericht nannte dafür Ermittlungs- und Bewertungsdefizite in Bezug auf die Sicherheitslage (ohne die Sicherheitslage selbst zu bewerten). 2015 wurde ein Antrag auf Neugenehmigung und Verlängerung der Genehmigung bis 2046 eingereicht. Bis heute sind nicht alle Sicherheitsnachweise eingereicht, weswegen das Genehmigungsverfahren andauert. Dies verdeutlicht die Dringlichkeit des Problems.

Abbildung 3: Karte der Zwischenlager in Deutschland

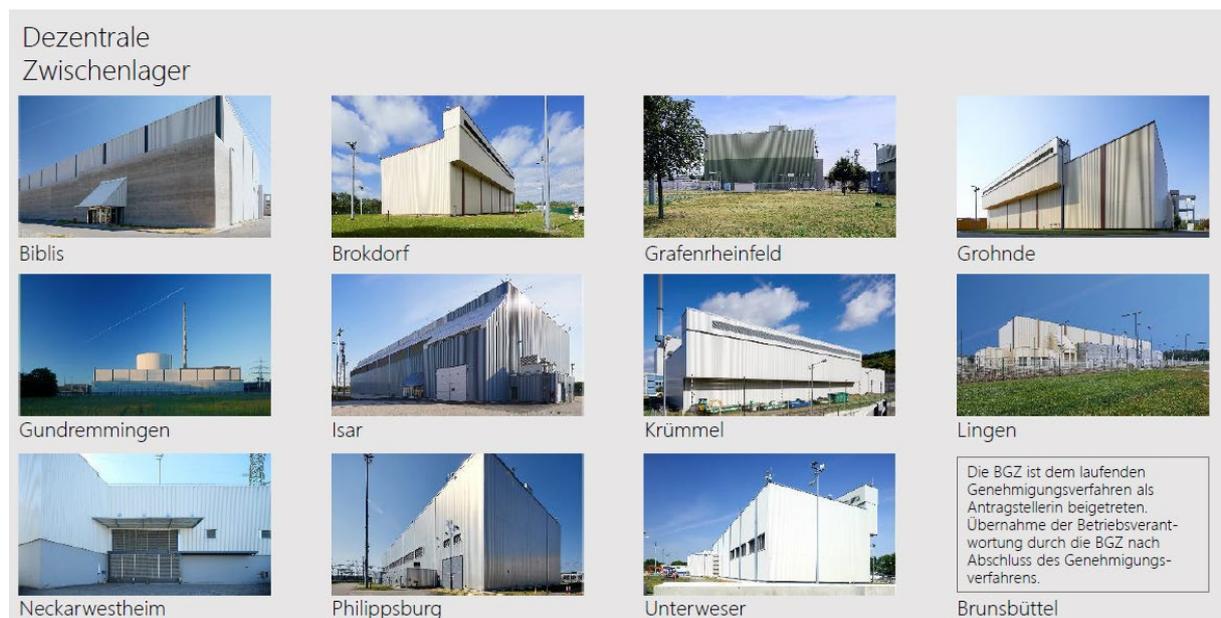


Anmerkung: Zeigt die 13 Zwischenlager für mittel- und hochradioaktive Abfälle in Deutschland und 3 Zwischenlager für schwachradioaktive Abfälle (Obrigheim, Würgassen, Brunsbüttel). Quelle: Bundesgesellschaft für Endlagerung

Natürlich wird einiges für die Sicherheit getan, etwa durch zwei Zäune (einen inneren und einen äußeren) sowie durch die Aufbewahrung des Atommülls in den Spezialbehältern (meist Castor-Behälter). Beton, Stacheldraht und Wachleute können aber nicht annähernd den gleichen Schutz bieten wie ein Endlager in tiefen geologischen Schichten. Zwischenlager sind nicht für den Krieg bzw. unruhige Zeiten ausgelegt, sondern für den Frieden. Das BASE (2024b: 42) sagt selbst: „Der Schutz gegen Störmaßnahmen und sonstige Einwirkungen Dritter beinhaltet jedoch nicht den Schutz des Zwischenlagers gegen kriegerische und militärische Auseinandersetzungen. (...) Eine umfassende Sicherheit kann nur in einem funktionierenden Staat und bei gegebener innerer Sicherheit gewährleistet werden.“ Und weiter: „Zwischenlager sind, wie das Wort andeutet, eine Übergangslösung. Auf lange Sicht können sie nicht den gleichen Schutz gewährleisten, wie ihn ein Endlager in stabilen

Gesteinsschichten tief unter der Erde bietet.“ (BASE 2024b: 47) Ist es realistisch davon auszugehen, dass Deutschland in den nächsten drei bis sieben Jahrzehnten nicht in einen Krieg verwickelt wird? Können wir einfach annehmen, dass die innere Sicherheitslage immer stabil bleibt? Bei vielen denkbaren Szenarios ist es höchst problematisch, dass die Behälter mit strahlendem Atommüll viel, viel länger oberirdisch gelagert werden sollen, als das StandAG vorgesehen hatte.

Abbildung 4: Die dezentralen Zwischenlager in Deutschland



Quelle: BGZ (2024)

Ein Außerkräftsetzen des bis 2031 reichenden Zeitplans ist für die junge Generation nicht akzeptabel. Eine jahrzehntelange Hängepartie darf es nicht geben. 2017, als das StandAG gemacht wurde, handelten die politisch Mächtigen nach der Devise: „Unsere heutige Generation hat die Aufgabe, einen dauerhaft sicheren Ort für diese Abfälle zu finden“. Es kann nicht sein, dass sich heute im Jahr 2024, nur acht Jahre später, ebendiese Generation an den Schalthebeln der Macht nun aus dieser Verantwortung verabschieden und der nächsten Generation diese Aufgabe aufbürden will.

3.5. Innereuropäischer Vergleich

Die sichere Entsorgung radioaktiver Abfälle stellt weltweit eine große Herausforderung dar. Es besteht aber inzwischen breiter Konsens, dass hochradioaktive Abfälle zum Schutz von Mensch und Umwelt in tiefen geologischen Schichten gelagert werden können und müssen, weil alle anderen Methoden mehr Nachteile und Gefahren bergen (vgl. Anhang). Für viele Länder stellt sich aber nun parallel die Frage nach dem Wirtsgestein. Während z.B. Finnland, Schweden und Tschechien ihre Endlager im Granit bauen wollen, setzen Frankreich, Belgien, Ungarn und die Schweiz auf Tongestein. Die verschiedenen Länder haben auch unterschied-

liche Strategien für die Standortfestlegung entwickelt. Technische Möglichkeiten, geologische Gegebenheiten und gesellschaftliche Akzeptanz spielen dabei eine entscheidende Rolle. Nachfolgend wird die Situation in Finnland, Schweden, Frankreich, Schweiz und England etwas detaillierter dargestellt.

Finnland gilt als Vorreiter in der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle. Mit dem Tiefenlager Onkalo (übersetzt: „Höhle“) verfügt das Land über das weltweit erste geologische Endlager, das bereits gebaut ist. Es befindet sich im Kristallingestein (Granit) unter der Insel Olkiluoto an der finnischen Westküste. Die Brennelemente aus den bestehenden fünf Reaktoren in Olkiluoto und Loviisa werden hier in ca. 400-500 m Tiefe in Kupferbehältern eingelagert. In Finnland steht die Bevölkerung der Kernkraft sowieso recht positiv gegenüber, und durch intensive Beteiligung der Bevölkerung konnte eine breite Akzeptanz des Projekts erreicht werden (BASE 2022). In Finnland startete der Auswahlprozess 1983, wobei wie in Deutschland zunächst das gesamte Staatsgebiet gescreent wurde. Zwischen 1993 und 2000 wurden vier mögliche Standorte ober- und unterirdisch untersucht. 1994 hatte das finnische Parlament mit dem Finnish Nuclear Energy Act zudem festgelegt, dass nukleare Abfälle aus Finnland nicht exportiert, sondern in Finnland endgelagert werden müssen. Nachdem sich mehrere Gemeinden aktiv beworben hatten, wurde 2001 die Standortentscheidung getroffen. 2004 begannen dann die Bauarbeiten und seit 2024 läuft der Probebetrieb (Posiva 2024a). Es wird geschätzt, dass es noch 100-120 Jahre dauert, bis sämtliche Kammern des Bergwerks mit Atommüll gefüllt sein werden und die Anlage verschlossen wird (Benke 2024).

Schweden verfolgt einen ähnlichen Ansatz wie Finnland. Auch hier setzt man auf die Endlagerung in geologischen Formationen, um hochradioaktive Abfälle sicher zu entsorgen. Das schwedische Unternehmen SKB (Svensk Kärnbränslehantering AB) ist für die Entwicklung der Lagerungstechnik KBS-3 verantwortlich, die auch in Finnland eingesetzt wird. In Schweden sollen abgebrannte Brennelemente in Kupferbehältern in mehreren hundert Metern Tiefe in Granit eingelagert werden. Zusätzlich wird Bentonit, eine tonartige Substanz, als Barriere genutzt, um die Verbreitung radioaktiver Stoffe zu verhindern (eine Substanz die auch in Finnland ihren Einsatz findet). Der Bau des Endlagers wurde im Januar 2022 genehmigt und wird voraussichtlich mindestens ein Jahrzehnt in Anspruch nehmen (BASE 2022a).

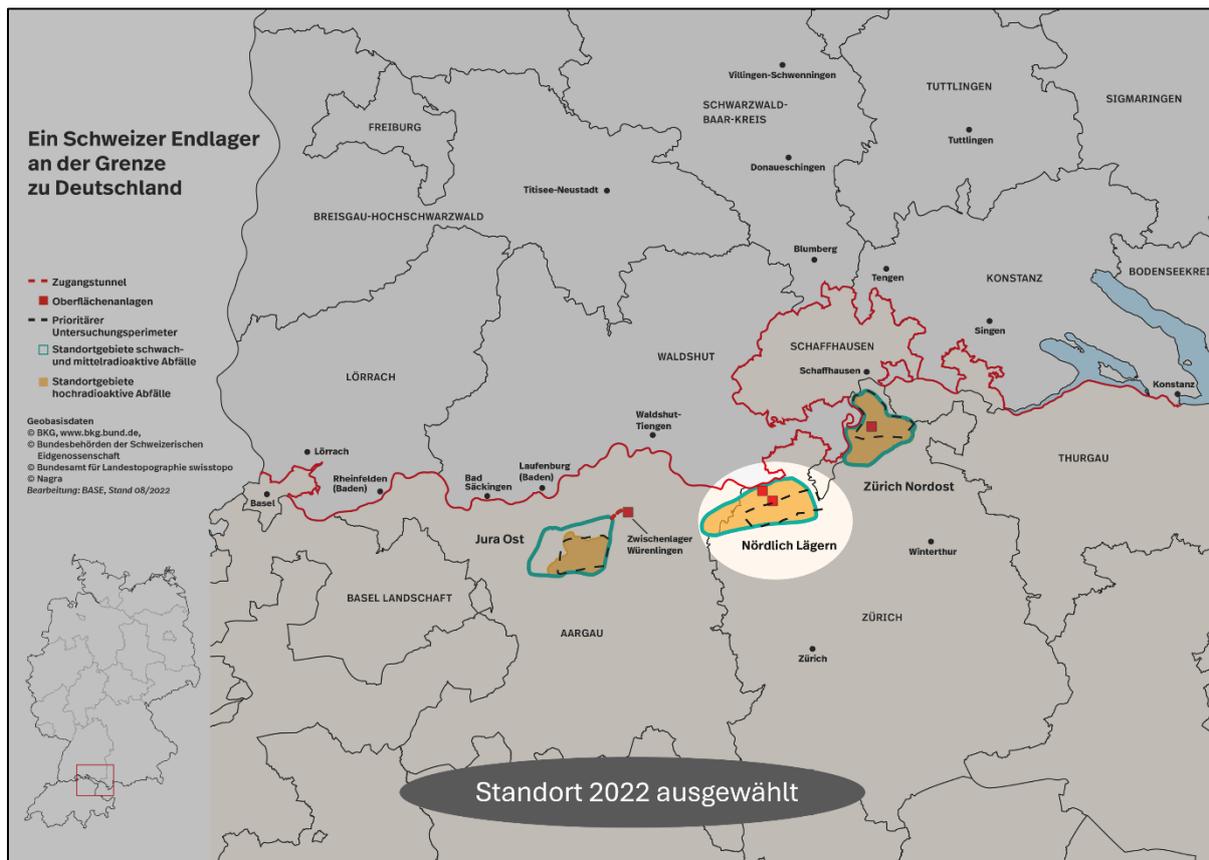
Frankreich verfolgt einen zweigleisigen Ansatz. Zum einen werden hochradioaktive Abfälle in speziellen Wiederaufarbeitungsanlagen aufbereitet, um das Abfallvolumen und die Strahlungsdauer drastisch zu reduzieren. Zum anderen setzt das Land auf die Endlagerung in geologischen Formationen. Als Standort für das Endlager für hochradioaktiven Atommüll, neben den drei bereits existierenden Endlagern für schwach- und mittelradioaktive Abfälle (CSA, CIRES und CSM), wurde die Region der Kleinstadt Bure im Nordosten des Landes ausgewählt (BASE 2023b). Hier sollen die Abfälle in einer 500 Meter tiefen Tongesteinsschicht eingelagert werden. Diese Gesteinsart wurde aufgrund ihrer Fähigkeit, gegen Wasser abzudichten

und die Abfälle über lange Zeiträume zu isolieren, ausgewählt. 2023 wurde der Antrag auf Baugenehmigung eingereicht und ist seitdem in Bearbeitung (BASE 2023b).

Die **Schweiz** hat sich, ähnlich wie Deutschland, für ein mehrstufiges Verfahren zur Ermittlung eines Standorts für ein geologisches Tiefenlager entschieden. In der Schweiz sind allerdings nicht allein die geologischen Bedingungen, sondern Faktoren wie Bevölkerungsdichte und Transportwege auch bei der Gesamtabwägung berücksichtigt worden. Vom Zeitplan her ist die Schweiz weiter als Deutschland (das immer noch in Phase I ist), nämlich schon in Phase III. Das heißt nach und nach sind weniger gut geeignete Gebiete ausgeschlossen worden, so dass in der letzten Runde des Auswahlverfahrens drei mögliche Standorte übriggeblieben waren: Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost. In allen würde das Lager in Opalinuston-Formationen errichtet. Es hat überall Regionalkonferenzen, gegeben, ohne Proteste. Das Pendant zur deutschen BGE, die schweizerische NAGRA, hat sich 2022 auf einen Standort festgelegt, wo in 800 m Tiefe Opalinuston das Wirtsgestein bildet (BASE 2023c). Dieser Standort liegt in der Grenzregion zu Deutschland (Gemeinde Nördlich Lägern) nahe der deutschen Gemeinde Hohentengen am Hochrhein (siehe Abbildung 5).

Da die Schweiz nur gut die Fläche von Baden-Württemberg aufweist, war natürlich das Suchgebiet an sich kleiner. Und es ist auch richtig, dass die Schweizer circa acht Jahre früher als die Deutschen mit der Suche nach einem Standort begonnen haben. Dennoch konnte die Schweiz aufgrund ihres fortschrittlichen Verfahrens erhebliche Zeit einsparen (ESK 2024: 16). Zwei Maßnahmen die sich dabei als besonders zielführend für eine geringere Verfahrensdauer herausstellten, waren zum einen, die Parallelisierung von Prozessen und zum anderen, der Ausschluss von überdecktem Kristallingestein als mögliches Wirtsgestein (ESK 2024: 16).

Abbildung 5: Nördlich Lägern: Der Standort für das geplante Schweizer Tiefenlager



Quelle: BASE 2023c.

Die Endlagersuche in **England** ist durch ein gesetzlich verankertes, gemeinschaftsorientiertes Verfahren geregelt, das sowohl auf geologischer Eignung als auch der freiwilligen Beteiligung von Gemeinden basiert. Ziel ist es, eine Gemeinde zu finden, die bereit ist, ein geologisches Endlager für radioaktive Abfälle zu hosten. Im Gegenzug soll diese Gemeinde zusätzliche Finanzierung erhalten, beispielweise in Bildungskapazitäten, Verkehrsinfrastruktur und Freizeiteinrichtungen. Der aktuelle Stand der Suche konzentriert sich auf drei Gemeinden, zwei in Cumbria und eine in Lincolnshire, die sich in der Evaluationsphase befinden. Diese Phase umfasst umfangreiche geologische Untersuchungen, die Bewertung der Umweltverträglichkeit und Gemeinschaftsbeteiligung. Die endgültige Entscheidung über den Standort wird durch einen „Test der öffentlichen Unterstützung“ in den betroffenen Gemeinden getroffen. Die derzeitige Planung sieht vor, dass ein Endlager für mittelradioaktive Abfälle in den 2050er Jahren einsatzbereit sein wird, und in dieses hochradioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente ab 2075 eingelagert werden können (Nuclear Waste Services 2024). Für einen Überblick stellt Tabelle 1 dar, wie lange die Planungshorizonte bei den genannten Ländern sind, d.h. für wie viele Jahre ein Endlager ausgerichtet sein soll.

Tabelle 1: Planungshorizont der Endlager der ausgewählten Länder

Finnland	100.000 bis zu einer Million Jahre
Schweden	100.000 bis zu einer Million Jahre
Schweiz	für Zehntausende bis Hunderttausende von Jahren
England	Für Hunderttausende von Jahren
Deutschland	Für eine Million Jahre

Quellen: StandAG (2017); Nuclear Waste Services (2024); BFE (2024); Posiva (2024b); SKB (2021)

Angesichts dieser immensen Zeitspannen ist es durchaus wahrscheinlich, dass in einigen Jahrhunderten die dann lebenden Menschen ganz andere nationale Grenzen und politische Rahmenbedingungen, aber auch technische Möglichkeiten haben werden. Dann bestünde die Möglichkeit, ein zweites und besseres Endlager zu errichten. Für die heute in Deutschland lebende junge Generation drängt hingegen die Zeit, die unhaltbare Zwischenlagerung durch eine Standortfestlegung bis 2031 und ein Endlager, das bis 2050 fertig wird, zu beenden.

4. Warum beschleunigen?

Das StandAG, also das Gesetz, welches die Regeln für die Suche und Auswahl der Endlager für hochradioaktive Abfälle in Deutschland regelt, definiert in seinen Anforderungen an ein Endlager, dass es unzumutbare Lasten für zukünftige Generationen verhindert und das über einen Zeitraum von über einer Millionen Jahren. In Anbetracht dieses gewaltigen Zeitraums mag es als überhastet erscheinen, das im Vergleich dazu kurze Standortauswahlverfahren beschleunigen zu wollen, dennoch ist es notwendig. (Ott et al.2024: 6) formulieren es sogar so drastisch: „Es gehört nicht viel Fantasie dazu, in der Verschiebung des laufenden Prozesses um mehrere Jahrzehnte gleichsam auch das realwirtschaftliche (de facto) Ende des mit großen Hoffnungen gestarteten Verfahrens zu sehen. Das öffentliche Interesse, das bereits heute gering ist, würde schwinden, und somit auch der Druck auf die Politik, in der Sache weiterzukommen. Das Wissensmanagement in den beteiligten Behörden zwischen Erfahrungsträgern und den nachfolgenden Generationen würde unterbrochen. Dies gilt auch für die zivilgesellschaftliche Beteiligung, die bereits heute an Überalterung und geringer Durchdringung der Gesellschaft leidet.“

Die SRzG fordert eine breitere Einbindung der Bevölkerung, um zu diskutieren, wie das Prinzip „Sorgfalt vor Eile“ mit der Notwendigkeit, eine jahrzehntelange Verzögerung zu vermeiden, in Einklang zu bringen ist. Als Prämisse für die weiteren Dialog-Verfahren sollte gelten: „Alle Beteiligten gehen von „2031+x“ aus und erkennen an, dass x unter Wahrung der Prinzipien von Sicherheit und Gerechtigkeit zu minimieren ist.“ (Ott et al. 2024: 8). Je größer x wird, desto mehr hat die verantwortliche Generation, die den Atomstrom genutzt hat,

versagt. Die beiden Themen Sicherheit und Kosten, die nachfolgend ausgeführt werden, sollten bei den künftigen Beteiligungsformaten in den Mittelpunkt gestellt werden.²

4.1 Sicherheit

Der Angriffskrieg Russlands auf den EU-Beitrittskandidaten Ukraine wurde von Spitzenpolitikern als Zeitenwende (Olaf Scholz) und Epochenbruch (Frank Walter Steinmeier) bezeichnet. Mit zunehmender Dauer des Kriegs nimmt die Zahl von Russlands Sabotageakten zu, was als hybride Kriegsführung bezeichnet wird. Hybride Kriegsführung umfasst eine Mischung aus regulären und irregulären Strategien, die politische, wirtschaftliche, mediale, subversive, geheimdienstliche, cybertechnische und militärische Mittel einbeziehen (bpb 2025). Konkret kam es zu Beschädigungen von Unterseekabeln in der Ostsee, welche mutmaßlich von der russischen Schattenflotte verübt wurden (ZDF 2025). Unter der Annahme, dass Russland bereit ist, diese hybride Kriegsführung auszuweiten, ist heute (2025) eine grundsätzlich andere Sicherheitsbewertung der Zwischenlagerstandorte von Nöten als im Jahr 2017. Das 21. Jahrhundert droht kriegerisch zu werden, deshalb muss die Zwischenlagerung ohne unnötige Verzögerungen in eine Endlagerung, in tiefen geologischen Gesteinsschichten, umgewandelt werden. Selbst der bisher eingeplante Zeitraum bis in die zweite Hälfte des 21. Jahrhunderts könnte ein zu langer Zeitraum sein, um die Sicherheit für die Zwischenlager zu garantieren. Es sollte nicht ausgeblendet werden, welche "politischen Großwetterlagen" Deutschland in den letzten 120 Jahren durchgemacht hat: zwei Weltkriege, zwei Diktaturen, massive Gebietsverschiebungen, eine Teilung, eine Wiedervereinigung (ESK 2024: 3). Wenn die nächsten 120 Jahre ähnlich unruhig werden wie die letzten 120 Jahre, und niemand kann dies ausschließen, dann scheint es ratsam, die Endlagersuche so weit zu verkürzen wie im Rahmen des Paradigmas „2031 + x“ möglich. Betrachtet man die Menschheitsgeschichte in längeren Zeiträumen, so ist es auch nicht ausgeschlossen, dass spätere Generationen in zwei bis drei Jahrhunderten den ganzen Prozess der Endlagersuche, der immer einige Jahrzehnte dauern wird, wiederholen, um dann ein zweites, besseres Endlager zu finden und zu bauen.

4.2 Kosten

Das zweite Argument für eine Beibehaltung des Zieljahres 2031 (bzw. der Minimierung der Überschreitung) in der Endlagersuche ist kostenbezogen. Es wäre nicht generationengerecht, die enormen Kosten des verlängerten Erkundungsprozess und der verlängerten Zwischenlagerung voll den nachrückenden Generationen aufzubürden. Um

² Die SRzG ist bereits in Beteiligungsformate eingebunden – so nahmen wir am Forum ‚next generation‘ am 29.10.24 im Futurium Berlin teil. Bei den Begrüßungsworten des an sich sehr schön gestalteten Events hieß es lapidar von Seiten der Veranstalter, dass sich nun alles ja um Jahrzehnte verzögern würde. Eine Diskussion, ob diese Zeitverzögerung für die junge Generation akzeptabel sei, fand nicht statt.

diese Kosten für die Zwischen- und Endlagerung des radioaktiven Abfalls zu tragen, wurde im Jahr 2017 der KENFO (Fonds zur Finanzierung der kerntechnischen Entsorgung) eingerichtet. Dieser verwaltet ein Fondsvermögen in Höhe von 24 Milliarden Euro, welches aus einer Einmalzahlung der Betreiber der 25 deutschen Kernkraftwerke hervorging.

Die Höhe des Vermögens mag auf den ersten Blick hoch erscheinen, wenn man sich allerdings den Verwendungszweck bewusst macht, so ist es relativ gering. Zur Veranschaulichung über welche Summen bei der Zwischen- und Endlagerung geredet wird, ein kurzes Beispiel:

Die desolate Schachanlage Asse 2, aus der der dort gelagerten Atommüll geborgen werden muss, wird allein für den Zeitraum zwischen 2019 bis 2033 geschätzte 3,35 Milliarden Euro kosten; der Betreiber gibt dazu eine mögliche Kostenschwankung von 30 Prozent an (BGE 2020: 135). In einem Worstcase-Szenario sprechen wir hier also von Kosten von über vier Milliarden Euro über einen Zeitraum von 14 Jahren, nur für die Zwischenlagerung und Vorbereitung der Bergung. Die Bergung ist in den Kosten noch nicht inbegriffen. Aktuell besitzt Deutschland 16 Zwischenlager. Diese sollen alle nun über einen deutlich längeren Zeitraum als 14 Jahre in Betrieb gehalten werden, zusätzlich dazu kommen noch die Kosten für die Suche der möglichen Endlagerstandorte sowie Bohrungen und Seismik zur Erkundung der Gesteinsschichten als auch die Errichtung des Endlagers an sich und letztendlich die Gefahrguttransporte von tausenden von Tonnen an atomaren Müll.

Um noch einmal mit Nachdruck zu warnen : „Mit jeder Verzögerung der Einlagerung erhöht sich das potenzielle Risiko eines Zahlungsausfalls des Fonds zur Finanzierung der kerntechnischen Entsorgung (KENFO) durch möglicherweise zu niedrige Renditen und Projektkosten, die den Rahmen einer nachhaltigen Finanzierbarkeit sprengen. Fehlende Finanzierung könnte sicherheitsrelevant werden, wenn dadurch Know-How abfließt, weil z. B. spezifisch ausgebildetes Personal nicht gehalten werden kann oder Endlagerbehälter nicht bestellt werden können.“(Ott et al. 2024: 9f.).

5. Wie beschleunigen?

5.1 Priorisierung und Begrenzung von Standorten

In den Forderungen dieses Positionspapiers werden Arten der Verfahrensverkürzung bzw. der Verfahrensbeschleunigung angesprochen, um zukünftige Generationen nicht länger als nötig mit den Risiken der Zwischenlagerung von Atommüll zu belasten. Im Folgenden werden Vorschläge von Fachleuten, präsentiert. Sie zeigen Ansatzpunkte für ein schnelleres Verfahren auf, ohne jedoch die notwendige Sicherheitskomponente zu vernachlässigen. Das Motto ‚Sorgfalt vor Eile‘ bleibt dabei zentral. Mit der Frage, wie man den Prozess der Endlagersuche beschleunigen kann, haben sich unter anderem Konrad Ott, Klaus-Jürgen Röhlig, Fabian Präger und Christian von Hirschhausen (2024) auseinandersetzt. Sie kommen zum Ergebnis, dass der am besten geeignete Zeitpunkt für Beschleunigungen in etwa das

Jahr 2027 ist, das Jahr, indem die erste Phase des Suchprozesses, prognostiziert, abgeschlossen werden soll und es sowieso eine Befassung des Parlaments mit der Thematik geben muss (Ott et al. 2024: 2). Dabei erwähnen (Ott et al. 2024:9) allerdings auch, „dass 2027 kompetente Erkundungs-Teams einsatzbereit“ sein müssen. Eine Vorbereitung, die Beschleunigungsprozesse 2027 dann umsetzen zu können, muss aus diesen Gründen also mit Nachdruck schon in den Jahren 2025 und 2026, verfolgt werden. Auch dem ESK-Positionspapier zu Beschleunigungspotenzialen bei der Identifikation von Standortregionen lässt sich entnehmen, dass zum Abschluss der Phase I (siehe Abbildung 2) ein passender Zeitpunkt zur Revision der gesteckten Ziele und Vorgehensweise des StandAG ist (ESK 2024: 7 f.).

Welche Vorschläge können nun aber konkret gemacht werden? Um dies zu beantworten, sollen im Folgenden die Vorschläge, chronologisch, entlang des geplanten Ablaufs des Standortauswahlverfahrens (siehe Abbildung 2), dargestellt werden.

Phase I:

Um die Phase I des Standortauswahlverfahrens schneller abzuschließen, und durch Folgeeffekte, Phase II und III zu verkürzen, können „Untersuchungsräume aus der weiteren Betrachtung frühzeitig ausgeschlossen werden, wenn bereits erkennbar ist, dass diese Untersuchungsräume keine oder nur eine geringe Aussicht haben, in die Gruppe der am besten geeigneten Standortregionen zu gelangen“ (ESK 2024: 7). Generell soll als Grundsatz, gelten: Die Standortsuche darf sich nicht dadurch verlängern, dass durch die Verlängerung der Standortsuche nur noch „hypothetisch [...], marginale [...] Sicherheitsgewinne [...] für Generationen in ferner Zukunft nach Endlagerverschluss“ erzielt werden können (ESK 2024: 7 f.).

Weitere Leitlinien für die Gebiete, welche aus Phase I in die weiteren Phasen übernommen werden sollen, sind laut Empfehlung der ESK jene, welche „hinsichtlich Eignung und Qualität die größten Chancen [besitzen] in der Endauswahl als bestmöglicher Standort infrage zu kommen, und die gleichzeitig einen möglichst geringen Erkundungsaufwand erfordern, um ihre Eignung und Qualität nachzuweisen“ (ESK 2024: 7). Unter Berücksichtigung dieser Kriterien ließen sich möglicherweise ganze Wirtsgesteinsgruppen ausschließen, was dadurch sowohl Phase I, aber vor allem die ober- und untertägige Erkundung in den Phasen II und III beschleunigen würde. Eine Gesteinsgruppe, die hierfür in Frage kommt ist das Kristallingestein, da es zum einen eine geringe Erkundbarkeit von Wasserwegsamkeit im Wirtsgestein bietet und zum anderen laut (ESK 2024: 8) möglicherweise nicht die Einhaltung von §4 Abs. 5 Endlagersicherheitsanforderungsverordnung (EndLSiAnfV) sicherstellen kann.

Zusätzliche Empfehlungen, die in Phase I des Standortauswahlverfahrens noch für eine Minimierung von Verfahrensrisiken und Ungewissheit führen können, sind der Ausschluss von Regionen, die „keinen Sicherheitsgewinn (gegenüber anderen Standortregionen)

erwarten lassen, deren Erfolgsaussichten aber mit großen Ungewissheiten belastet sind“ (ESK 2024: 10) und der Ausschluss von Regionen die „keinen Sicherheitsgewinn (gegenüber anderen Standortregionen) erwarten lassen, jedoch einen im Vergleich zu anderen Standortregionen erhöhten Erkundungsaufwand erfordern“ (ESK 2024: 10).

Phase II:

Da es gesetzlich nicht festgelegt ist, wie viele Standorte in Phase II des Standortauswahlverfahrens erkundet werden sollen, geschweige denn welche Gesteinsschichten nicht ausgeschlossen werden dürfen, ist eine starke Eingrenzung, sowie ein Ranking der Standorte nach den, im oberen Abschnitt erwähnten Standards, für die Beschleunigung des Standortauswahlverfahrens, nahezu unumgänglich.

Beim Erstellen der Rangfolge der aussichtsreichsten Regionen müssen Ungewissheiten und Verfahrensrisiken minimiert werden, das heißt, dass nicht auf spätere technische Entwicklungen spekuliert werden darf oder darauf, dass durch Erkundungen per Bergwerk später in Frage kommen könnten (ESK 2024:12). Aus diesem Grund sollte der Fokus in Phase II laut (ESK 2024: 12,20) auch auf einer zügigen Erkundung durch Seismik und Bohrungen liegen. „Dies beträfe [allerdings nur] Tongestein und Salz in flacher Lagerung“ (ESK 2024: 12).

Phase III:

Die letzte Phase des Standortauswahlverfahrens ist die längste der drei Phasen. In ihr soll nach §18 StandAG die untertägige Erkundung stattfinden. Nach §19 StandAG sollen dabei mindestens zwei Standorte auf Basis der untertägigen Erkundung verglichen werden. Diese untertägige Erkundung kann entweder mittels Bergwerken oder Bohrungen durchgeführt werden, ein genaues Verfahren sieht das Gesetz allerdings nicht vor (ESK 2024: 6). Der Einsatz eines Bergwerks anstatt Bohrungen würde das Verfahren laut der (ESK 2024: 6) um Jahrzehnte verlängern, obwohl wir aus anderen Ländern wie der Schweiz, Schweden und Kanada bereits wissen, dass eine „untertägige Erkundung entweder mittels eines Bergwerks für die Standortfestlegung nicht zwingend erforderlich ist“. Aus diesem Grund fordert die SRzG mit Berufung auf die Expertise der ESK auf die untertägige Untersuchung mittels Bergwerken zu verzichten um die Lagerung des Atommülls in Zwischenlagern nicht um einige weitere Jahrzehnte zu verzögern.

5.2 Parallelisierung von Prozessen

Ein weiterer Punkt der die Endlagersuche beschleunigen, und damit die oberirdische Zwischenlagerung verkürzen würde, ist die Parallelisierung von Prozessen während der Endlagersuche (BGE 2022, ESK 2024, Öko-Institut 2024). Der nächste Abschnitt wird die unterschiedlichen Möglichkeiten für Ansätze bezüglich der Parallelisierung aufzeigen und beruft sich dabei auf die Expertisen der BGE (2022), ESK (2024) und des Öko-Instituts(2024). Einige dieser Ansätze werden bereits verfolgt, können allerdings noch effizienter gestaltet

werden, andere hingegen sind bisher nur Empfehlungen, welche auf ihre Implementierung hoffen müssen.

Zu den zwei bereits implementierten Prozessen gehören die parallele Erkundung mehrerer Standorte und eine parallele Umweltbewertung mit zeitgleicher sozioökonomischer Analyse. Dass dieses kritische Hinterfragen von Zeitaufwänden sowie eine gleichzeitige Parallelisierung von Arbeitsprozessen zu Beschleunigungen führen kann ist absehbar, da die BGE angibt durch diese Prozesse bereits den Zeitbedarf für Schritt 2 der Phase I um den Faktor 1,4 verglichen mit der ersten Abschätzung erreicht zu haben (BGE 2022:34).

Parallele Erkundungsprozesse an mehreren Standorten

Um den Prozess der Standortauswahl zu beschleunigen, wird aktuell schon ein „Bearbeitungsansatz der parallelen Fertigstellung der [repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchung]“ verfolgt, bei dem mehrere Teilgebiete gleichzeitig bearbeitet werden, anstatt „einzelne[...] Prüfschritte für sämtliche Teilgebiete schrittweise abzuschließen“(BGE 2022: 33). Die BGE sieht hier allerdings weiteres Potential für Beschleunigung, da sie selbst schreibt: „es wurden parallellaufende Arbeiten bereits berücksichtigt, allerdings wurde zu diesem Zeitpunkt noch bewusst auf eine echte Verknüpfung der Arbeitsabläufe verzichtet“ (BGE 2022: 33). Die SRzG hofft auf diese Verknüpfung dieser Abläufe.

Parallelisierung von sozio-ökonomischer Analyse und Umweltbewertung

Zwei weitere Prozesse, die bereits in der Planung parallelisiert wurden, sind im Verfahrensschritt „Übertägige Erkundung und Vorschlag für untertägige Erkundung“ in Phase II, die von der BGE durchzuführende sozio-ökonomische Potenzialanalyse und die Überwachung der Umweltauswirkungen (Öko-Institut 2024: 249). Diese Planung und weitere ähnlicher Art sollten beibehalten werden, um erneute Verzögerungen im Standortauswahlverfahren zu vermeiden.

Im Gegensatz dazu stehen 2 noch nicht implementierte Prozesse der Parallelisierung, welche weitere Möglichkeiten zur Verfahrensverkürzung der Endlagersuche bieten könnten. Dazu gehören die Parallelisierung von Genehmigungs- und Erkundungsprozessen, und die Einführung des „Early Contractor Involvement“

Parallelisierung von Genehmigungs- und Erkundungsprozessen

Ein aktuelles Problem, welches im BBergG verankert ist, ist, dass „für die übertägigen Erkundungen frühestens mit der Festsetzung der Standortregionen durch Bundesgesetz und Bekanntgabe der standortbezogenen Erkundungsprogramme im Bundesanzeiger“ die Genehmigungsunterlagen eingereicht werden können (BGE 2022: 85). Würde man ermöglichen, dass die Genehmigungsplanungen bereits zeitgleich zum Auswahlprozess der Standortregionen laufen dürften, dann wäre potenziell möglich nach der Festsetzung der Standortregionen direkt mit der übertägigen Erkundung zu beginnen. Für Beantragung

dieser Genehmigungen bleibt allerdings nicht mehr viel Zeit, da Phase I des Standortauswahlverfahrens nahezu abgeschlossen ist und damit auch die übertägige Erkundung bereits bald (2027) beginnen soll.

Early Contractor Involvement

Beim Konzept des Early Contractor Involvements (kurz ECI) handelt es sich um einen Prozess der die Einbindung von Auftragnehmern (beispielsweise Bohrfirmen) möglichst früh in den Arbeitsprozess. Für das Standortauswahlverfahren könnte das so aussehen, dass man anstatt drei Schritten (1. Standorteingrenzung 2. Verträge mit Auftragnehmern aushandeln 3. Beginn der überirdischen Erkundung), zwei Schritte festlegt, indem man den ersten und zweiten Schritt parallelisiert. Bindet man die Auftragnehmer früh in den Auswahlprozess ein, verhindert man eine Pause zwischen den Schritten 1 und 3. Zusätzlich ergibt sich der positive Nebeneffekt, dass die Auftragnehmer bereits mit den Projekten vertraut sind und dadurch effizienter arbeiten könnten.

Das Konzept des Early Contractor Involvements wird von der Bundesgesellschaft für Endlagerung unterstützt und bereits geprüft (BGE 2022: 86).

5.3 Sonstiges

Des Weiteren sieht die SRzG ein Problem in der Formulierung von § 1 Absatz 2 des StandAG. In diesem wird „ein Standort mit der bestmöglichen Sicherheit für eine Anlage zur Endlagerung“ (StandAG §1, Absatz 2) gefordert.

Das dieses Konzept der „bestmöglichen Sicherheit“ unter Bauzeitaspekten ein Fass ohne Boden werden könnte, merken auch Ott et al. (2024: 3) an: „Insbesondere der Anspruch der bestmöglichen Sicherheit für eine Million Jahre ist eine Quelle von Missverständnissen, die das Verfahren komplizieren und lähmen können.“ Weiter geben die Autoren (Ott et al. 2024:9) an: „Wenn „bestmöglich“ gleichbedeutend mit „unübertrefflich“ wäre, so müsste man so lange vergleichend nach Standorten suchen, wie nicht ausgeschlossen werden kann, einen noch sichereren Standort zu finden. Die Suche nach dem „allerbesten“ Standort schließe [...] um in das Dauerprovisorium der Oberflächenlagerung.“

Das hier gezeichnete Szenario einer dauerhaften Zwischenlagerung an der Oberfläche kann sowohl für die jetzigen als auch die folgenden Generationen nicht erstrebenswert sein. Aus diesem Grund fordert die SRzG eine Anpassung des StandAG §1 Absatz 2. Die Formulierung „ein Standort mit der bestmöglichen Sicherheit für eine Anlage zur Endlagerung“ sollte geändert werden in die Formulierung „ein Standort mit der bestmöglichen Sicherheit, unter den aktuellen technischen Voraussetzungen nach Abschluss des Standortauswahlverfahrens“. Unter dieser Formulierung wird das ständige Anpassen an neue Techniken, die Verfahrensverzögerungen mit sich bringen, ausgeschlossen. „Eine Verzögerung zum Zwecke des Wartens auf (hypothetische) Alternativen ist nicht akzeptabel.“ (Ott et al. 2024: 7)

6. Forderungen der SRzG

Wir fordern die Politik, speziell den Bundestag, den Bundesrat und die Deutsche Bundesregierung, zu Reformen sowohl in Bezug auf die Zwischenlager als auch bei der Suche nach einem Standort für das Endlager für hochradioaktive Abfälle auf:

Teil 1: Weiterbetrieb der Zwischenlager

- 1. Echte Beteiligung ermöglichen:** Auf dem Papier eröffnet das StandAG weitreichende Beteiligungsmöglichkeiten, gerade auch für die junge Generation. Aber mit dem geplanten Überbordwerfen des bisherigen Zeitplans bis 2031 kommt es zum Test: Wird die Forderung der jungen Generation, intensiv nach Beschleunigungspotenzialen zu suchen, ernst genommen und umgesetzt? Oder setzen die heute Älteren die Rahmendaten fest, und die junge Generation kann dann zwar innerhalb dieses Rahmens „scheinpartizipieren“, ohne jedoch am Rahmen selbst rütteln zu können?
- 2. Neubewertung der Sicherheitslage:** Seit dem Angriffskrieg Russlands auf die Ukraine bzw. der Unterstützung westlicher Staaten für die Ukraine, wähnt sich Russland im Krieg mit dem Westen und hat die hybride Kriegsführung verstärkt, auch gegen Ziele in Deutschland. Die verantwortlichen Stellen in Deutschland sollten überprüfen, ob die vor dem Krieg entwickelten Sicherheitskonzepte angepasst werden müssen.
- 3. Befähigung der Bevölkerung zu einer dauerhaften Überwachung der Strahlungsdosen, um Gesundheitsgefährdungen auszuschließen.** Die Bevölkerung muss in die Lage versetzt werden, in den oberirdischen Zwischenlagern in den nächsten Jahren bzw. Jahrzehnten selbst Messungen durchzuführen. Es sind ‚Bürgermessstellen‘ dort einzurichten, um Bürger:innen einen direkten Zugang zur aktiven Messung von Radioaktivität in Ihrer Umwelt zu ermöglichen. Damit würden Wissensbestände vor Ort gebündelt und Messexpertise aufgebaut. Auch die Ausbildung an den Schulen der Region im Bereich Radioaktivität muss unterstützt werden. Bisher existiert eine Bürgermessstelle nur beim Endlager Asse in Niedersachsen (<https://www.transens.de/buergermessstelle/ausstattung>).

Teil 2: Verfahrensverkürzung der Endlager-Suche

- 4. Reform des Standortauswahlgesetzes (StandAG):** Das Jahr 2027 bietet die Möglichkeit mit dem Abschluss der 1. Phase noch einmal das geplante Vorgehen, wie es im StandAG dargelegt ist, zu überdenken, um Beschleunigungspotenziale während der Endlagersuche wahrzunehmen und umzusetzen. Die SRzG sieht hier in mehreren Bereichen verfahrenskürzende Einsparpotenziale.

- 5. Ausschluss von Gesteinsgruppen und Parallelisierung von Prozessen:** Die SRzG empfiehlt sich den Vorschlägen der ESK anzuschließen, Gesteinsgruppen, welche sich frühzeitig als ungeeignet, aufgrund von hoher Unsicherheit oder hohem Erkundungsaufwand herausstellen, auszuschließen. Die Auswahl der Standorte für die Phasen II und III soll sich auf Regionen mit der höchsten Eignung und gleichzeitig dem geringsten Erkundungsaufwand konzentrieren. Zusätzlich sollen durch die Parallelisierung von Genehmigung und Erkundungsprozessen Verzögerungen vermieden werden.
- 6. Verzicht auf Gesteinserkundung durch Bergwerke:** Die SRzG fordert den Verzicht auf Erkundungsbergwerke in Phase III der Standortauswahl. Sollte wie in Forderung 5 beschrieben, eine Reduktion der möglichen Gesteinsgruppen stattfinden, welche die Standorte für mögliche Endlager auf Ton und Salzgestein begrenzt, so ist eine Erkundung dieser Standorte, nur mit Hilfe von Seismik und Bohrungen möglich. Die ESK spricht in Folge einer Erkundung mittels Bergwerken von einer Verfahrensverlängerung um Jahrzehnte (ESK 2024: 6).

Anhang: Keine Alternative zur tiefen geologischen Endlagerung

Die Lagerung „unter Tage“ galt zunächst nur als eine Option unter vielen. In den 1960er- bis 80er-Jahren wurde in den Ländern, die Atomkraft nutzen, mit Alternativen experimentiert, z.B. in Berg- und Salzwerken, oder man hat schwach- und mittelradioaktive Abfälle einfach im Atlantik versenkt. Noch heute werden immer wieder im öffentlichen Diskurs verschiedene Alternativen zur tiefeingeologischen Endlagerung von Atommüll ins Spiel gebracht. Einige dieser Vorschläge erscheinen auf den ersten Blick vielversprechend, erweisen sich jedoch bei näherem Hinschauen als keine tragfähige Lösung.

Die **Partitionierung und Transmutation (P&T)** bietet einen Ansatz zur Verringerung der langfristigen Gefährlichkeit von Atommüll. Durch die Abtrennung langlebiger radioaktiver Substanzen aus den nuklearen Abfällen und deren Umwandlung in kurzlebigere oder stabile Elemente könnte das Volumen und die Gefährlichkeit des hochradioaktiven Mülls erheblich reduziert werden. Dennoch kann P&T ein Endlager nicht vollständig ersetzen, da auch die umgewandelten Produkte für mindestens einige Jahrhunderte sicher verwahrt werden müssten. Nach Einschätzung der BASE erfordert eine effektive Reduzierung der Radioaktivität mehrfach durchgeführte Aufbereitungsprozesse sowie den langfristigen Betrieb (55–300 Jahre) zahlreicher Transmutationsreaktoren (3–23), deren Entwicklung noch Jahrzehnte an Forschung erfordern würde (BASE 2021b; BASE 2023e). Im besten Fall müsste nach diesem Prozess nur noch 20 % des ursprünglichen Volumens hochradioaktiven Materials eingelagert werden (BASE 2021c). Daher stellt die Transmutation zwar ein vielversprechendes Forschungsfeld dar, bietet aber bestenfalls eine Ergänzung und keinen Ersatz für ein tiefes geologisches Endlager. Wenn ein Bergwerk unter der Erde neu als Endlager errichtet wird, wie in Onkalo, Finnland, dann ist der reine Lagerplatz kein Engpassfaktor. Eine zusätzliche Kammer zu graben erscheint weniger aufwändig als die Partitionierung und Transmutation.

Wohin also mit dem Atommüll? Es gibt verschiedene alternative Ansätze, die für die Endlagerung von Atommüll-Castoren diskutiert wurden, jedoch alle erheblichen technischen und ethischen Herausforderungen mit sich bringen:

- **Bohrlochlagerung:** Dabei würden die Abfälle tiefer eingelagert werden wie bei der Endlagerung in einem Bergwerk. Ein Vorteil wäre, dass das Erstellen von Bohrungen viel weniger aufwändig ist als das Errichten eines Bergwerks. Da diese Technologie aber noch nicht ausgereift ist und erhebliche Forschungs- und Entwicklungsarbeit erfordert, stellt sie keine tragfähige Alternative dar. Zwar existieren geeignete Bohrtechniken, doch es gibt bisher kein industriell umsetzbares Konzept für die Lagerung hochradioaktiver Abfälle in Bohrlöchern. Zudem ist die Überwachung schwierig und die Bergbarkeit nach Verschluss eines Bohrlochs nicht gewährleistet, was den gesetzlichen Anforderungen widerspricht (BASE 2024h). Die Tiefe und der heutzutage maximal mögliche Durchmesser der Bohrlöcher begrenzen die Nutzung technischer Barrieren, was die mittel- und langfristige Sicherheit einschränkt.

- **Gletscher:** Die Entsorgung von Atommüll im antarktischen oder grönländischen Inlandeis wurde als attraktive Option betrachtet, da die Abgeschiedenheit, niedrigen Temperaturen und das dauerhafte Einschließen der Abfälle im Eis als Vorteile galten. Die Wärme der Abfälle würde das Eis aufschmelzen, sodass die Behälter langsam versinken und anschließend vom wiedergefrorenen Eis eingeschlossen würden (BASE 2023d). Dies versprach einen natürlichen und robusten Verschluss. Allerdings gibt es erhebliche praktische und rechtliche Hürden. Zum einen besteht die Gefahr, dass Eisbewegungen oder Schmelzwasser zur Freisetzung der radioaktiven Stoffe führen. Zudem bedrohen klimatische Veränderungen die Stabilität des Eises, was Vorhersagen zur Sicherheit dieser Lagerung über die erforderlichen Zeiträume hinweg praktisch unmöglich macht. Zudem verbieten internationale Verträge, wie der Antarktis-Vertrag von 1959 und dänische Regelungen für Grönland, diese Entsorgungsoption. Und nicht zuletzt würde es erfordern, dass die Abfälle sich außerhalb des deutschen Staatsgebiets befinden würden, was gesetzlich ausgeschlossen ist.
- **Meeresgrund:** Wasser ist, alles in allem sehr effektiv darin, gegen Strahlung abzuschirmen. Daher war die Versenkung von Atommüll im Meer einst als einfache und technisch machbare Option betrachtet worden (BASE 2023d). Die radioaktiven Abfälle sollten dabei ohne besondere Vorkehrungen auf den Meeresboden fallen und durch das große Volumen des Ozeans freigesetzte Stoffe ausreichend verdünnt werden. Diese Methode wurde bis in die 1980er Jahre von mehreren Staaten praktiziert, jedoch beendete die London Convention diese Praxis aufgrund der potenziellen Umweltrisiken. Durch den Verzicht auf langfristige Barrieren entspricht dieses Konzept nicht den Anforderungen an eine angemessene Endlagerung und gefährdet den Schutz der Ozeane.
- **Weltraum:** Die Entsorgung von Atommüll im Weltraum mag auf den ersten Blick als eine attraktive Option erscheinen, da sie ermöglicht, hochradioaktive Abfälle weit von der Erde zu entfernen und damit als potenzielle Gefahren für Mensch und Umwelt langfristig zu bannen. Konzepte aus den 1970er und 1980er Jahren legten nahe, dass die technischen Herausforderungen grundsätzlich lösbar seien, und es wurde theoretisch untersucht, wie Abfälle in Umlaufbahnen um die Erde, den Mond oder die Sonne, sowie sogar außerhalb des Sonnensystems transportiert werden könnten. Allerdings stehen dieser verlockenden Idee erhebliche praktische und sicherheitstechnische Hürden entgegen. Die Kosten für den Weltraumtransport wären mindestens zehnmals höher als die einer geologischen Endlagerung. Zudem besteht ein nicht auszuschließendes Risiko katastrophaler Fehlstarts oder Havarien, die zu einer weitflächigen Kontamination mit hochradioaktiven Abfällen führen könnten. Darüber hinaus wäre es erforderlich, das Volumen des Atommülls durch eine hochspezialisierte nukleare Entsorgungskette (Partitionierung) zu reduzieren, um den Transport ins Weltall überhaupt realisierbar zu machen (BASE 2023d).

Literaturverzeichnis

- Benke, Erika (2024): Finland's plan to bury spent nuclear fuel for 100,000 years.
<https://www.bbc.com/future/article/20230613-onkalo-has-finland-found-the-answer-to-spent-nuclear-fuel-waste-by-burying-it> (Zugegriffen am 30.10.2024).
- BGZ (2024): Die BGZ. Präsentation zum Workshop am 29.10.2024.
- Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) (2024a): BASE veröffentlicht wissenschaftlichen Bericht zur Ablaufplanung des Standortauswahlverfahrens
<https://www.base.bund.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/BASE/DE/2024/forschung-pasta.html> (Zugegriffen am 24.09.2024)
- Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) (2024b): Zwischenlager für hochradioaktive Abfälle. Sicherheit bis zur Endlagerung
https://www.base.bund.de/SharedDocs/Downloads/BASE/DE/broschueren/bfe/zwischenlager-broschuere.pdf;jsessionid=8C11341052E2EA0ECB9CF1D2140091AF.internet961?__blob=publicationFile&v=32 (Zugegriffen am 30.10.2024)
- Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) (2023a) Statusbericht zur Kernenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland 2023.
https://www.base.bund.de/SharedDocs/Downloads/BASE/DE/berichte/kt/statusbericht-2023.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (Zugegriffen am 30.09.2024)
- Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) (2023b): Endlagersuche in Frankreich https://www.base.bund.de/DE/themen/soa/endlager-weltweit/frankreich/frankreich_node.html (Zugegriffen am 23.09.24)
- Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) (2023c): Endlagersuche in der Schweiz <https://www.base.bund.de/DE/themen/soa/endlager-weltweit/schweiz/schweiz-endlager.html> (Zugegriffen am 23.09.24)
- Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) (2023d). Broschüre zur Zwischenlagerung hochradioaktiver Abfälle.
https://www.base.bund.de/SharedDocs/Downloads/BASE/DE/broschueren/bfe/zwischenlager-broschuere.pdf?__blob=publicationFile&v=30 (Zugegriffen am 23.09.24)
- Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) (2023e): Transmutation hochradioaktiver Abfälle. https://www.base.bund.de/DE/themen/kt/kta-deutschland/p_und_t/partitionierung-transmutation_node.html (Zugegriffen am 27.09.2024)
- Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) (2023f): Zwischenlager Gorleben.
<https://www.base.bund.de/DE/themen/ne/zwischenlager/standorte/zwischenlager-gorleben.html> (Zugegriffen am 07.10.2024)

- Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) (2023g): Ein Endlager für hochradioaktive Abfälle – generationenübergreifende Sicherheit.
https://www.base.bund.de/SharedDocs/IP6/BASE/DE/20230223_BASE_Stellungnahme_Zeitablaeuft_BGE-Bericht.pdf?__blob=publicationFile&v=7 (Zugegriffen am 10.10.2024))
- Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) (2024h): Factsheet: Bohrlochlagerung als Entsorgungsoption?
https://www.base.bund.de/SharedDocs/Downloads/BASE/DE/fachinfo/fa/factsheet-bohrlochlagerung.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (Zugegriffen am 27.09.2024)
- Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) (2023): Verfolgung und Aufbereitung des Standes von Wissenschaft und Technik bei alternativen Entsorgungsoptionen für hochradioaktive Abfälle.
https://www.base.bund.de/SharedDocs/Downloads/BASE/DE/fachinfo/fa/altEr_abschlussbericht_2023.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (Zugegriffen am 01.10.2024)
- Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) (2022): Endlagersuche in Finnland https://www.base.bund.de/DE/themen/soa/endlager-weltweit/finland/finland_node.html (Zugegriffen am 23.09.24)
- Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) (2022a): Schwedische Regierung genehmigt Endlager
<https://www.base.bund.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/BASE/DE/2022/0128-beschluss-schweden-endlager.html> (Zugegriffen am 09.10.24)
- Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) (2021a). Abfallarten https://www.base.bund.de/DE/themen/ne/abfaelle/arten/arten_node.html (Zugegriffen am 23.09.24)
- Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) (2021b): Gutachten zu Partitionierung und Transmutation.
https://www.base.bund.de/DE/themen/kt/cta-deutschland/p_und_t/partitionierung-transmutation-gutachten.html (Zugegriffen am 27.09.2024)
- Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) (2021c): Expert opinion on partitioning and transmutation.
<https://www.base.bund.de/EN/ns/transmutation/partitioning-transmutation-expert-report.html> (Zugegriffen am 30.09.2024)
- Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) (2021d): Zur atomrechtlichen Situation des Zwischenlagers Brunsbüttel. Verfügbar unter:
<https://www.base.bund.de/DE/themen/ne/zwischenlager/standorte/zwischenlager-brunsbuettel-atomrechtliche-situation.html;jsessionid=26F0382739720F1603471E84728A1C70.internet962> (Zugegriffen am 23.09.24)

- Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) (2020). a, Basiswissen Radioaktivität.
https://www.base.bund.de/DE/themen/ne/abfaelle/basiswissen_radioaktivitaet/basiswissen_node.html (Zugegriffen am 23.09.24)
- Bundesamt für Endlagerung (BGE) (2020): Plan zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II – Rückholplan
https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Asse/Wesentliche_Unterlagen/Rueckholungsplanung/Der_Rueckholplan/2020-02-19_Rueckholplan_Revoov.pdf (Zugegriffen am 26.02.2025)
- Bundesamt für Endlagerung (BGE) (2022): Zeitliche Betrachtung des Standortauswahlverfahrens aus Sicht der BGE:
https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/05_-_Meilensteine/Zeitliche_Betrachtung_des_Standortauswahlverfahrens_2022/20221216_Zeitliche_Betrachtung_StandAW-48_barrierefrei.pdf (Zugegriffen am 08.10.24)
- Bundesamt für Endlagerung (BGE) (o.J. a.): Zur Situation der Asse-II-Anlage
<https://www.bge.de/de/asse/> (Zugegriffen am 23.09.24)
- Bundesamt für Endlagerung (BGE) (o.J. b). Das Salzwasser in der Asse II
<https://www.bge.de/de/asse/themenschwerpunkte/das-salzwasser-in-der-asse/>
(Zugegriffen am 23.09.24)
- Bundesamt für Endlagerung (BGE) (o.J. c). Endlager Konrad <https://www.bge.de/de/konrad/>
(Zugegriffen am 24.10.24)
- Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) (2024): Natürliche Strahlung in Deutschland.
https://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/natuerliche-strahlung/natuerliche-strahlung_node.html;jsessionid=8BEB4863B7723DBA027C05F82AB8E1C2.internet611 (Zugegriffen am 24.09.24)
- Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (o.J.): Anfang und Ende der Atomkraft. <https://www.endlagersuche-infoplattform.de/webs/Endlagersuche/DE/Radioaktiver-Abfall/geschichte/inhalt.html> (Zugegriffen am 10.10.2024)
- Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) (2023): Höhenstrahlung beim Fliegen
<https://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/luft-boden/flug/flug.html> (Zugegriffen am 24.10.2024)
- Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) (2022a): Von der Aktivität zur Dosis.
https://www.bfs.de/DE/themen/ion/strahlenschutz/einfuehrung/aktivitaet-dosis/aktivitaet-dosis_node.html (Zugegriffen am 10.10.2024)

- Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) (2022b): Natürliche Strahlung in Deutschland.
https://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/natuerliche-strahlung/natuerliche-strahlung_node.html (Zugegriffen am 10.10.2024)
- Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) (2022c): Was ist ionisierende Strahlung?
https://www.bfs.de/DE/themen/ion/einfuehrung/einfuehrung_node.html
 (Zugegriffen am 10.10.2024)
- Bundeszentrale für politische Bildung (bpb) (2025): Glossar: hybride Kriegsführung
<https://www.bpb.de/themen/kriege-konflikte/dossier-kriege-konflikte/504273/hybride-kriegsfuehrung/> (Zugegriffen am 25.02.2025)
- Entsorgungskommission (ESK) (2024) Positionspapier der Entsorgungskommission Standortauswahlverfahren für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle: Beschleunigungspotenziale und strategische Vorgehensweise bei der Identifikation von Standortregionen (Phase I der Standortauswahl)
https://www.entsorgungskommission.de/sites/default/files/reports/ESK_Positionspapier_ZEIT_AuswahlverfahrenBeschleunigungspotenziale_ESK118_251024.pdf
 (Zugegriffen am 27.02,2025)
- Hamm, Horst (2023): Das unheimliche Element. Die Geschichte des Urans zwischen vermeintlicher Klimarettung und atomarer Bedrohung. München: oekom.
- König, Wolfram/ Nanz, Prof. Dr. Patrizia (2021): Ende der Atomkraft in Deutschland: Das letzte herausfordernde Kapitel. <https://www.base.bund.de/DE/themen/soa/ende-der-atomkraft-in-deutschland.html> (Zugegriffen am 10.10.2024).
- Meyer, Jan-Hendrik (2021): Kleine Geschichte der Atomkraft-Kontroverse in Deutschland.
<https://www.bpb.de/shop/zeitschriften/apuz/333362/kleine-geschichte-der-atomkraft-kontroverse-in-deutschland/> (Zugegriffen am 10.10.2024).
- NDR (2021): Gorleben und der Atommüll - Eine Chronik.
<https://www.ndr.de/geschichte/schauplaetze/Gorleben-und-der-Atommuell-Eine-Chronik,gorlebenchronik2.html> (Zugegriffen am 10.10.2024)
- Nuclear Waste Services (2024): GDF Report 2024
https://assets.publishing.service.gov.uk/media/66a3a831fc8e12ac3edbo583/GDF_Report_2024.pdf (Zugegriffen am 10.10.2024)
- Posiva (2024a): The first in the world – what is the purpose of the Trial Run of Final Disposal of Spent Fuel?
<https://www.posiva.fi/en/index/news/pressreleasesstockexchangerelases/2024/thefirstintheworld-whatisthepurposeofthetrialrunoffinaldisposalofspentfuel.html>.
 (Zugegriffen am 25.10.24)
- Posiva (2024b): Long-term safety. <https://www.posiva.fi/en/index/finaldisposal/long-termsafety.html> (Zugegriffen am 25.10.24)

- SKB (2021): The Last Repository: Final Repository for Long-lived Waste. <https://skb.com/future-projects/the-last-repository/> (Zugegriffen am 25.10.24)
- Standortauswahlgesetz (StandAG) (2017). https://www.gesetze-im-internet.de/standag_2017/BJNR107410017.html. Zugegriffen am 24.09.2024
- Schwenner, Lara (2022): Radioaktivität im Alltag. <https://www.quarks.de/gesundheit/radioaktive-strahlung-im-alltag/>, (Zugegriffen am 10.10.2024)
- Stiftung für die Rechte zukünftiger Generationen (2025): Generationengerechtigkeit. Stuttgart: Kohlhammer Verlag. Im Erscheinen.
- Schwenner, Lara /Brüning, Reinhart (2022): So könnte man Atommüll recyceln. <https://www.quarks.de/technik/energie/so-koennte-man-atommuell-recyclen-transmutation/>, (Zugegriffen am 10.10.2024)
- Öko-Institut e. V. (2024): Fachlicher Abschlussbericht – Unterstützung des BASE bei der Prozessanalyse des Standortauswahlverfahrens. Auftragsstudie des BASE. https://www.base.bund.de/SharedDocs/Downloads/BASE/DE/fachinfo/fa/pasta_abschlussbericht.pdf (Zugegriffen am 24.09.2024)
- Ott et al. (2024): Für mehr Tempo in der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle. *Forschungsjournal Soziale Bewegungen*, 37(4). <https://forschungsjournal.de/fjsb-plus/ott-roehlig-praeeger-von-hirschhausen-fuer-mehr-tempo-in-der-endlagerung-hochradioaktiver-abfaelle/> (Zugegriffen am 24. Februar 2025)
- Träbert, Elmar (2011): Radioaktivität. Was man wissen muss. Eine allgemeinverständliche Einführung. 1. Auflage. Köln: Kiepenheuer & Witsch.
- Vogt, Hans-Gerrit/Schultz, Heinrich (2011): Grundzüge des praktischen Strahlenschutzes. 6. Auflage. München: Carl Hanser Verlag.
- ZDF (2025): Zwischen Lettland und Schweden, Wieder Kabelschaden- Schiff festgesetzt. <https://www.zdf.de/nachrichten/politik/ausland/unterseekabel-ostsee-schweden-lettland-nato-100.html> (Zugegriffen am 25.02,2025)

Über die Stiftung für die Rechte zukünftiger Generationen (SRzG)



Stiftung für die Rechte
zukünftiger Generationen

Die Stiftung für die Rechte zukünftiger Generationen (SRzG) ist eine advokatorische Denkfabrik an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Politik und gilt als „bekanntester außerparlamentarischer Think Tank in Sachen Generationengerechtigkeit“ (Wirtschaftswochensche). Sie wurde 1997 von einer überparteilichen Allianz fünf junger Menschen im Alter von 18 bis 27 Jahren ins Leben gerufen, wird von einem der jüngsten Stiftungsvorstände Deutschlands geleitet und verfolgt das Ziel, durch praxisnahe Forschung und Beratung das Wissen und das Bewusstsein für Generationengerechtigkeit und Nachhaltigkeit in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft zu schärfen. Die Stiftung ist finanziell unabhängig und steht keiner politischen Partei nahe.

UNTERSTÜTZEN SIE UNS MIT IHRER SPENDE!

per Überweisung:

Stiftung für die Rechte zukünftiger Generationen

GLS-Gemeinschaftsbank eG

IBAN: DE64 4306 0967 8039 5558 00

BIC (SWIFT-CODE): GENODEM1GLS

...oder auf generationengerechtigkeit.info/unterstuetzen/

IMPRESSUM

Herausgeberin: Stiftung für die Rechte zukünftiger Generationen
Mannspergerstr. 29, 70619 Stuttgart, Deutschland
Tel: +49 711 28052777
Fax: +49 3212 2805277
E-mail: kontakt@srzg.de
generationengerechtigkeit.info

Redaktion: Stiftung für die Rechte zukünftiger Generationen
Autoren:innen: Jörg Tremmel; Karim Rüdiger, Paul Kauderer
Mitarbeit:innen: Christopher Isensee; Theresa Zeng, Katharina Wimmer
Verantwortlich: Der Vorstand

Design: Stiftung für die Rechte zukünftiger Generationen
Bildnachweis: Titelseite: pixabay/ freeGraphic Today

© Stiftung für die Rechte zukünftiger Generationen

Stand: November 2024