
Entwurf des Berichtteils zu Teil B – Kapitel 4 (Entsorgungsoptionen und ihre Bewertung)

Entwurf der AG 3 für die 20./21. Sitzung der Kommission am 21./22. Januar 2016

BEARBEITUNGSSTAND: 15.01.2016

4. ENTSORGUNGSOPTIONEN UND IHRE BEWERTUNG

- 4.1 Ziele und Vorgehen**
- 4.2 Ethische Prinzipien zur Festlegung von Entscheidungskriterien**
- 4.3 Kurzüberblick über Entsorgungsoptionen und ihre Einstufung**
- 4.4 Nicht weiter verfolgte Optionen**
- 4.5 Optionen zur weiteren Beobachtung und ggf. Erforschung**
- 4.6 Priorität: Endlagerbergwerk mit Reversibilität/Rückholbarkeit/Bergbarkeit**
- 4.7 Zeitbedarf zur Realisierung und notwendige Zwischenlagerzeiten**

Entsorgungsoptionen und ihre Bewertung

Ersetzt K-Drs. AG3-69 A (Verfasser: Michael Sailer, Prof. Dr. Armin Grunwald, Dr. Robert Habeck, 7.01.2016 K-Drs. AG3-69A)

Fassung nach Beratung von K-Drs. AG3-69 A in der Sitzung der AG 3 am 13.1.2016 mit den dort vereinbarten Überarbeitungen.

Dieser Entwurf enthält in keinem seiner Teile bereits abschließend beratene Aussagen. Diese Beratung muss noch in AG3 und Kommission geleistet werden!

Inhalt

4	Entsorgungsoptionen und ihre Bewertung	2
4.1	Ziele und Vorgehen	4
4.2	Ethische Prinzipien zur Festlegung von Entscheidungskriterien	4
4.2.1	Sicherheit für Mensch und Umwelt heute und in Zukunft	5
4.2.2	Vermeidung unzumutbarer Belastungen für zukünftige Generationen	5
4.2.3	Reversibilität von Entscheidungen	6
4.2.4	Realistische Annahmen über zukünftige Technologien	6
4.2.5	Zielkonflikte und Abwägungsnotwendigkeiten	7
4.3	Kurzüberblick über Entsorgungsoptionen und ihre Einstufung	9
4.4	Nicht weiter verfolgte Optionen	10
4.4.1	Entsorgung im Weltraum	11
4.4.2	Entsorgung im antarktischen oder grönländischen Inlandeis	12
4.4.3	Entsorgung in den Ozeanen	13
4.4.4	Dauerlagerung an oder nahe der Erdoberfläche ohne Endlagerintention	14
4.4.5	Tiefengeologische Bergwerkslösung ohne Rückholbarkeit	16
4.5	Optionen zur weiteren Beobachtung und ggf. Erforschung	17
4.5.1	Langfristige Zwischenlagerung	17
4.5.2	Transmutation	17
4.5.3	Tiefe Bohrlöcher	17
4.6	Priorität: Endlagerbergwerk mit Reversibilität/Rückholbarkeit/Bergbarkeit	17
4.6.1	Grundlagen und Prämissen	18
4.6.2	Reversibilität, Rückholbarkeit und Bergbarkeit - Begriffsklärungen	19
4.6.3	Zeitliche Struktur: Etappenmodell	20
4.6.4	Haltepunkte und Zwischenbewertungen durch ein unabhängiges Gremium	22
4.6.5	Begründung der Priorität	23
4.7	Zeitbedarf zur Realisierung und notwendige Zwischenlagerzeiten	24

4.7.1	Zeitplan beim favorisierten Ansatz	24
4.7.2	Mögliche Zeitpläne bei anderen Pfaden	25
4.7.3	Notwendige Zwischenlagerung vor der Endlagerung	25

1 Ziele und Vorgehen

2 Der mit dem StandAG verbundene Neuanfang zur Lösung der Frage nach einer sicheren,
3 gerechten und friedlichen Entsorgung der radioaktiven Abfälle (insbesondere der hoch
4 radioaktiven) besteht nicht nur aus einem Neustart der Standortauswahl. Vielmehr geht es auch
5 darum, grundsätzlich neu über die Art und Weise des Umgangs mit und der Verbringung von
6 diesen Abfällen nachzudenken. Dies bedeutet insbesondere, auch mögliche andere Optionen
7 als die bislang in Deutschland favorisierte Verbringung in einem Endlagerbergwerk in einer
8 tiefen geologischen Formation zu betrachten.

9 Das Ziel dieses Kapitels ist es, die Optionen, die in der internationalen Debatte um den Umgang
10 mit radioaktiven Abfällen eine Rolle gespielt haben oder noch spielen, zunächst in ihrer Breite
11 darzustellen, um sodann auf der Basis des aktuellen Wissensstandes und nachvollziehbaren
12 Kriterien diejenige Option oder auch diejenigen Optionen zu identifizieren, die im weiteren
13 Beratungsprozess vertieft untersucht werden sollen. Auf diese Weise soll der Auswahlprozess
14 in Bezug auf die letztlich empfohlene Option transparent dargestellt werden.

15 Dieser Auswahlprozess wurde in der Kommission, vorbereitet durch die Arbeitsgruppe 3, in
16 mehreren und wie üblich vollständig und transparent dokumentierten Schritten vollzogen (hier
17 ggf. wichtige Schritte nennen). Im Beratungsprozess wurde externe Kompetenz in folgenden
18 Formen mit einbezogen:

- 19 • Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR): Entsorgungspfade der
20 sogenannten Kategorie C: Wissensstand und maßgebliche Aspekte zur Begründung der
21 Einordnung (Auftrag BMWi Az. IIA5 – 32507/7 vom 08.06.2015)
- 22 • Anhörung der AG3 zum Thema „Tiefe Bohrlöcher“ am 8. Juni 2015
- 23 • Gutachten Transmutation (2x)
- 24 • Gutachten Langfristzwischenlagerung
- 25 • Gutachten Tiefe Bohrlöcher
- 26 •

27
28 **Hinweis:** das folgende Kapitel 4.2 ist in der AG 3 noch nicht ausdiskutiert. Da sich im Bericht
29 der Kommission verschiedene (Teil-)kapitel ethischen Fragen widmen, hält die AG 3 eine
30 Befassung der Kommission mit den inhaltlichen Fragen sowie der Frage der Positionierung
31 des folgenden Kapitels 4.2 (oder bestimmter Teile daraus) im Gesamtbericht für erforderlich.

Ethische Prinzipien zur Festlegung von Entscheidungskriterien

33 Die Festlegung der Kriterien für Endlagerstandorte unterliegt unterschiedlichen ethischen
34 Prinzipien. An erster Stelle steht zweifellos das verantwortungsethische Postulat der
35 Sicherheit des Endlagers heute und in Zukunft (4.2.1). Dies impliziert die Vermeidung
36 unzumutbarer Belastungen für zukünftige Generationen (4.2.2). Die Anforderung der
37 Reversibilität von Entscheidungen mit der Aspekten der Rückholbarkeit und Bergbarkeit
38 der Abfälle setzt einen anderen Akzent, in dem sie die Entscheidungshoheiten zukünftiger
39 Generationen und die Notwendigkeit des Vorsehens von Möglichkeiten der
40 Fehlerkorrektur betont (4.2.3). Die Anforderung, die Prozesswege einschließlich der
41 Machbarkeit der benötigten technischen Lösungen bis hin zum Verschluss des
42 Endlagerbergwerks vorausschauend zu betrachten („Denken bis zum Ende“), ermöglicht
43 die Angabe von Forschungs- und Entwicklungsbedarfen (4.2.4). Schließlich müssen Fälle
44 betrachtet werden, in denen es zu Zielkonflikten zwischen diesen Prinzipien kommt (4.2.5).

45

1 Sicherheit für Mensch und Umwelt heute und in Zukunft

2 Die radioaktiven Abfälle müssen kurz-, mittel- und langfristig sicher von der Biosphäre
3 ferngehalten werden. Dies erfordern konvergent ethische Gebote, Schaden für Mensch und
4 Umwelt zu vermeiden. Sie betreffen das gesamte zeitliche Spektrum im Umgang mit den
5 Abfällen, von der Einlagerung in Behälter, Transportvorgängen, notwendiger
6 Zwischenlagerung, Einlagerung in das Endlagerbergwerk bis hin zum Zustand des
7 verschlossenen Bergwerks und für die Zeit danach, Zeitspanne eine Million Jahre. In den
8 „Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle“
9 (Stand 30.09.2010) des BMU wird dieses allgemeine Schutzziel, das mit der Endlagerung
10 verfolgt werden soll, in Abschnitt 3 wie folgt genannt:

11 *Dauerhafter Schutz von Mensch und Umwelt vor der ionisierenden Strahlung und*
12 *sonstigen schädlichen Wirkungen dieser Abfälle*

13 Dieses Schutzziel bedarf der weiteren Konkretisierung, um bei der Entwicklung des
14 Auswahlverfahrens einbezogen werden zu können. Hierzu schlägt der AkEnd auf Basis
15 vorangegangener Arbeiten vor:

- 16 • Die Endlagerung muss sicherstellen, dass Mensch und Umwelt angemessen vor
17 radiologischer und sonstiger Gefährdung geschützt werden.
- 18 • Die potenziellen Auswirkungen der Endlagerung für Mensch und Umwelt sollen das
19 Maß heute akzeptierter Auswirkungen nicht übersteigen.
- 20 • Die potenziellen Auswirkungen der Endlagerung für Mensch und Umwelt dürfen
21 außerhalb der Grenzen nicht größer sein als dies innerhalb Deutschlands zulässig ist.

22 Diese Darstellung enthält eine Präzisierung in Bezug auf die Zukunftsdimension (keine
23 höhere Belastung zukünftiger Generationen als für heute akzeptiert) und die räumliche
24 Dimension (Bezug auf Deutschland). Weitere Sicherheitsprinzipien ergeben sich
25 insbesondere aus der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) dadurch, dass jede unnötige
26 Strahlenexposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt zu vermeiden ist und
27 jede Strahlenexposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt unter Beachtung des
28 Standes von Wissenschaft und Technik und unter Berücksichtigung aller Umstände des
29 Einzelfalls auch unterhalb der Grenzwerte so gering wie möglich zu halten ist.

31 Vermeidung unzumutbarer Belastungen für zukünftige Generationen

32 In den „Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver
33 Abfälle“ (Stand 30.09.2010) des BMU wird das oben genannte allgemeine Schutzziel durch
34 ein zweites ergänzt:

35 *Vermeidung unzumutbarer Lasten und Verpflichtungen für zukünftige Generationen*

36 Dieses Schutzziel (gelegentlich als Nachsorgefreiheit bezeichnet) hat einen völlig anderen
37 Charakter. Hier geht es um die Verteilung von Belastungen auch jenseits möglicher Risiken
38 (denn diese sind in 4.2.1 bereits erfasst), also z.B. von Belastungen in wirtschaftlicher
39 Hinsicht oder in Bezug auf Beobachtungs- und Kontrollnotwendigkeiten.

40 Der zentrale allerdings auch problematische Begriff ist das Wort „unzumutbar“, da dieser
41 erstens erheblich interpretationsfähig ist und zweitens wir heute darüber entscheiden
42 müssen, was wir für spätere Generationen als zumutbar oder unzumutbar einstufen, ohne
43 diese selbst befragen zu können. Demzufolge handelt es sich nicht um ein klares
44 Schutzziel, sondern um eine Art Absichtserklärung, die (z.B. ökonomischen, politischen
45 oder psychologischen) Belastungen durch die Endlagerung in die Zukunft hinein möglichst

gering zu halten. Dahinter steht die Idee eines „Verursacherprinzips“ der gegenwärtigen Generation, die die Kernenergie genutzt hat und daher auch so weit wie möglich für die Entsorgung der Abfälle verantwortlich sei. Alle Entsorgungsoptionen, die auf eine Endlagerung zielen, in der es nach einer gewissen (wenn auch möglicherweise längeren) Zeit keiner Nachsorge mehr bedarf, dürften dieses Prinzip erfüllen. Je nach Zeitdauer bis zu einem Verschluss werden allerdings zukünftige Generationen eine Nachsorge betreiben müssen.

Reversibilität von Entscheidungen

Das Prinzip der Reversibilität von Entscheidungen resultiert aus zwei ethischen Argumenten. Das eine ist der Wunsch nach Möglichkeiten der Fehlerkorrektur im Falle unerwarteter Entwicklungen, das andere das generelle zukunftsethische Prinzip, zukünftigen Generationen Entscheidungsoptionen offen zu halten oder sie zu eröffnen. Es ist ein zentrales Prinzip, um im Fall von erkannten Fehlern oder anderen Entwicklungen, die einen Neuanfang nahelegen oder erfordern, umsteuern zu können. Fehlerkorrekturen oder Umsteuerungen aus anderen Gründen systematisch als Möglichkeiten vorzusehen und nicht „alles auf eine Karte zu setzen“, beugt Sorgen vor, im Falle von Havarien oder neu auftretenden Risiken diesen einfach ausgeliefert zu sein, weil es dann keine andere Option mehr gäbe. So gesehen ist dieses Prinzip verantwortungsethisch geboten.

Zwar wird im Laufe des gesamten Prozessweges die Reversibilität zusehends eingeschränkt bzw. der Aufwand für ein Umsteuern erhöht werden, weil Fakten geschaffen werden müssen, sie soll jedoch nach Maßgabe dieses Prinzips „prinzipiell“ erhalten bleiben. Für welche Zeiträume welche Arten von Reversibilität (Rückholbarkeit der Abfälle, Bergbarkeit) erhalten bleiben sollen, muss eigens festgelegt werden. Solange nicht eingelagert wurde, ist ein Umsteuern nicht prinzipiell schwierig. Dies ändert sich erst mit dem Verfüllen der ersten Einlagerungsbereiche bzw. Strecken. Aber auch dann bietet das noch funktionsfähige Bergwerk die Möglichkeit der kontrollierten Rückholung der Abfallbehälter. Noch aufwendiger, aber nicht unmöglich, wird ein Umsteuern (welches z.B. aufgrund besorgniserregender Ergebnisse des Endlagermonitoring erforderlich werden könnte) nach Verschluss des Bergwerks. Die Forderung nach Bergbarkeit der Abfälle nach Verschluss des Bergwerks hat zur Folge, dass ein Parallelbergwerk errichtet werden können muss, um von dort aus die Abfälle zu bergen - also muss die jeweilige geologische Konstellation es erlauben, ein solches Parallelbergwerk aufzufahren.

Das Endlagerkonzept (bzw. die Wirtsgestein/Endlagerkonzept-Kombination) einschließlich der benötigten Bergwerkstechnologien und der Behälter muss von Anfang an so ausgelegt werden, dass spätere Optionen der Reversibilität durch Rückholung oder Bergung nicht unterlaufen werden. Diese Forderung hat z.B. Einfluss auf die Anforderungen an die langfristige Haltbarkeit der Behälter.

Realistische Annahmen über zukünftige Technologien

Die Standortauswahl (bzw. die Suche nach geeigneten Kombinationen aus Wirtsgestein und Endlagerkonzept) muss so gestaltet sein, dass wir mit heutigem Wissen eine belastbare Vorstellung über die Gangbarkeit des gesamten Weges haben. Zwar können und sollen wir heute nicht Details für die Zukunft planen. Es ist aber eine plausible und nachvollziehbare Evidenz erforderlich, dass der von der Kommission empfohlene Weg technisch, institutionell und gesellschaftlich realistisch und gangbar ist.

1 Diese Anforderung erstreckt sich insbesondere auf die Verfügbarkeit der erforderlichen
 2 Technologien zu den jeweils relevanten Zeitpunkten. Vor allem die Behältertechnologie
 3 einschließlich möglicher Umhüllungen und der erforderlichen Materialien, die eine
 4 langzeitige Haltbarkeit der Behälter sicherstellen sollen, ist zentral, um die Wünsche nach
 5 Rückholbarkeit und Bergbarkeit zu realisieren. Hingegen erscheinen Transport- und
 6 Bergwerkstechnologien als Stand der Technik. Eine weitere offene Frage betrifft den
 7 eventuellen Wunsch nach in situ Monitoring-Technologien auch nach dem Verfüllen
 8 einzelner Strecken oder dem Verschluss des ganzen Bergwerks.

9 In der Prozessgestaltung ist hierbei auf zwei Aspekte zu achten: ethisch ist es erstens
 10 unverantwortlich, ‚blind‘ auf den technischen Fortschritt zu setzen, falls es keine belastbare
 11 und in Reviews geprüfte realistische Aussicht gibt, das betreffende technische Problem in
 12 adäquater Zeit zu lösen. Zweitens, wenn es diese Aussicht gibt, muss der entsprechende
 13 Forschungs- und Entwicklungsbedarf mit den benötigten Zeiträumen und Ressourcen im
 14 Gesamtprozess angemessen berücksichtigt werden. Es geht hier also letztlich darum, keine
 15 ‚ungedeckten Schecks‘ auf die Zukunft zu verwenden, sondern den Prozess realistisch bis
 16 zum Ende zu denken.

17 18 Zielkonflikte und Abwägungsnotwendigkeiten

19 Die genannten Prinzipien verdanken sich teils unterschiedlichen Argumenten. Von daher
 20 kann es zu Zielkonflikten kommen, in denen Abwägungen vorgenommen werden müssen.
 21 Absehbare Zielkonflikte sind:

- 22 • der Wunsch, zukünftige Generationen möglichst wenig zu belasten (Nachsorgefreiheit),
 23 kann damit in Konflikt geraten, zukünftigen Generationen möglichst viele Optionen
 24 offen zu halten. Optionenvielfalt ist ohne Nachsorge nicht denkbar.
- 25 • das gewünschte Offenhalten von Handlungsspielräumen für zukünftige Generationen
 26 kann in eine Bedrohung für die Sicherheit umschlagen, falls sich die wirtschaftlichen
 27 und wissenschaftlichen Möglichkeiten kommender Generation erheblich verschlechtern
 28 und die mit dem verantwortlichen Umgang mit der Optionenvielfalt notwendig
 29 verbundene Nachsorge unmöglich gemacht würde (AkEnd 2002).
- 30 • der Wunsch nach Langzeitsicherheit kann in einen Konflikt mit Wünschen nach
 31 Reversibilität und Monitoring geraten, insbesondere wenn das Monitoring einen
 32 vollständigen Verschluss des Bergwerks oder von einzelnen Strecken unmöglich
 33 machen würde
- 34 • der Wunsch nach Reversibilität und Offenhalten von Optionen ermöglicht zwar
 35 Freiheitsgrade, bindet aber Ressourcen und kann dadurch Belastungen erhöhen (z.B.
 36 Kosten)

37 Diese Zielkonflikte lassen sich heute nicht ein für alle Mal auflösen. Das Prinzip der
 38 Sicherheit nimmt zwar zweifelsohne eine Vorrangstellung ein. So ließe sich mit dem
 39 Prinzip der Nachsorgefreiheit keine Beendigung des Kümmerns um die radioaktiven
 40 Abfälle rechtfertigen, sofern nicht ein dauerhaft sicherer Zustand der Abfälle erreicht ist.
 41 Und die Sicherheit steht auch über dem Ziel, künftigen Generationen abweichende
 42 Entscheidungen offen zu halten. Denn das Offenhalten von Optionen kann aus heutiger
 43 Sicht nur dem Zweck dienen, dass es künftig bessere und damit sicherere Möglichkeiten
 44 zum Umgang mit radioaktiven Abfällen gibt. Das kann der Fall sein, weil sich ein
 45 eingeschlagener Weg als unsicher erweist (Fehlerkorrektur) oder weil es neue technische
 46 Möglichkeiten gibt, welche die Sicherheit gegenüber den heutigen Möglichkeiten weiter

1 erhöht bzw. die geeignet sind, einen dauerhaft sicheren Zustand früher oder einfacher
2 herbeizuführen.

3
4 Der Konflikt der Prinzipien der Nachsorgefreiheit und der Reversibilität lässt sich darauf
5 zurückführen, dass jedes Offenhalten von Optionen zugleich – quasi als Kehrseite der
6 Medaille – zumindest die Bürde der Verantwortung in sich trägt, über das Gebrauchmachen
7 oder eben Nichtgebrauchmachen von Alternativen entscheiden zu müssen. Das ist insofern
8 durch den Respekt vor der Entscheidungsfreiheit kommender Generationen gerechtfertigt.
9 Je nachdem, wie aufwändig das Offenhalten von Optionen über das bloße Wissen um die
10 Existenz der radioaktiven Abfälle hinaus für die kommenden Generationen aber
11 ausgestaltet wird (z.B. dauerhaftes Bewachen der Abfälle), kann es sich als Verschiebung
12 von Verantwortung darstellen. Damit dieser – negative – Effekt nicht eintritt, muss der
13 Konflikt so aufgelöst werden, dass die Entscheidungsfreiheit für künftige Generationen
14 möglichst lange erhalten bleibt, andererseits den künftigen Generationen aber möglichst
15 kein aktives Tun abverlangt wird.

16
17 Darüber hinaus gibt es keine Notwendigkeit sich derzeit ausschließlich für ein Prinzip zu
18 entscheiden und das Spannungsfeld bereits jetzt endgültig aufzulösen. Für den Zeitraum
19 von noch mindestens einer weiteren Generation wird sich Nachsorgefreiheit ohnehin nicht
20 erreichen lassen und bleiben umgekehrt den jeweils Handelnden ohnehin noch alle jetzt
21 bestehenden Optionen offen; sie werden allenfalls aufwändiger und teurer. Selbst der mit
22 verschiedenen Entsorgungspfaden angestrebte Dauerzustand einer endgültigen sicheren
23 Einlagerung wird noch auf Jahrzehnte nicht zu verwirklichen sein. In der heutigen Situation
24 der neu eingeleiteten Standortauswahl für ein Endlager geht es deshalb vielmehr darum,
25 denjenigen Pfad einzuschlagen und, soweit derzeit schon erforderlich und möglich, näher
26 auszugestalten, der den identifizierten ethischen Prinzipien mit den derzeitigen
27 Prognosemöglichkeiten in ihrer Gesamtheit am besten Rechnung trägt. Darüber hinaus
28 bleibt der Ausgleich der ethischen Prinzipien bis auf weiteres eine Daueraufgabe, der durch
29 verfahrensmäßige Maßnahmen Rechnung zu tragen ist. Die Aufgabe endet erst, wenn die
30 technischen Möglichkeiten oder das für Kurskorrekturen benötigte Wissen (z.B. um die
31 Existenz der Behälter oder deren Lagerort) nicht mehr vorhanden sind.

32
33 Für die Festlegung von Entsorgungsoptionen und die Entwicklung der zugehörigen
34 Kriterien im vorliegenden Verfahren ergeben sich aus den ethischen Prinzipien die
35 folgenden Anforderungen:

- 36 • Die Suche nach Entsorgungspfad, Endlagerstandort und -konzept hat sich in erster Linie
37 an dem Ziel zu orientieren, die aus heutiger Perspektive sicherste Entsorgungslösung
38 für hochradioaktive Abfälle zu finden: Es gilt das Primat der Sicherheit.
- 39 • Die Entsorgungslösung ist so auszugestalten, dass sie kein dauerhaftes aktives Tun für
40 kommende Generationen auslöst, sondern ohne eine gegenläufige Entscheidung auf
41 einen sicheren Endzustand für die Entsorgung aller hochradioaktiven Abfälle zuläuft:
42 Der eingeschlagene Weg muss von künftigen Generationen durch bloßes Unterlassen
43 von Kurskorrekturen zu Ende geführt werden können - Rückholbarkeit darf nur ein
44 Angebot sein.
- 45 • Die Möglichkeit, durch eine bewusste Umentscheidung von dem jetzt eingeschlagenen
46 Pfad abzuweichen, darf nicht abgeschnitten werden. Unproblematisch ist es, wenn das

1 Umsteuern durch die vorgenannten Anforderungen (Sicherheit, Nachsorgefreiheit)
 2 erschwert wird und ein aktives Handeln (z.B. eine Rückholung) sowie u.U. auch einigen
 3 Aufwand erfordert. Im Übrigen kann von der jetzigen Generation nur das derzeit
 4 technisch Machbare erwartet werden, so dass sich aus heutiger Perspektive zumindest
 5 aus der Haltbarkeit der Behälter eine zeitliche Grenze ergibt. Es gilt folglich: Keine
 6 unnötige Irreversibilität schaffen.

- 7 • Zumindest bis zur Erreichung des Endzustandes des nach diesen Anforderungen
 8 gestalteten Entsorgungspfades bedarf es verfahrensmäßiger Vorkehrungen für eine
 9 permanente Überprüfung des Entsorgungsprozesses unter dem Blickwinkel der
 10 ethischen Prinzipien einschließlich der Belange künftiger Generationen. Das gilt
 11 insbesondere für einschneidende Schritte im Entsorgungsprozess, aber auch für
 12 einschneidende gesellschaftliche Veränderungen. Teil dieser Überprüfung muss auch
 13 die Bewertung des Überprüfungsverfahrens selbst sein, insbesondere die Frage, wie
 14 lange dieses ggf. über die Erreichung des nachsorgefreien Endzustandes hinaus noch
 15 aufrecht erhalten bleibt: Ethische Prozessbegleitung als Daueraufgabe.

17 **Kurzüberblick über Entsorgungsoptionen und ihre Einstufung**

18 Die Entsorgung radioaktiver Abfälle muss so erfolgen, dass kurz-, mittel- und langfristig keine
 19 Gefahren für Mensch und Umwelt entstehen. Bedingt durch die lange Halbwertszeit einiger
 20 Radionuklide soll diese Sicherheit für eine Million Jahre gewährleistet werden. Diese extreme
 21 Langzeitigkeit der Herausforderung, die radioaktiven Abfälle von [den Stoffkreisläufen der
 22 Biosphäre] (**Hinweis:** hier ist noch der genaue Wortlaut festzulegen) fernzuhalten, dominiert
 23 die Suche nach verantwortbaren Entsorgungsoptionen.

24 In der Frühzeit der Atomenergie wurde dem Abfallthema wenig Aufmerksamkeit gewidmet.
 25 Es herrschte der Optimismus vor, dass man zu gegebener Zeit schon eine Lösung finden werde
 26 (Radkau 1983). Teils wurden Ideen kolportiert, die aus heutiger Sicht den Herausforderungen
 27 extrem unangemessen erscheinen. Die Verbringung in unterirdischen Kavernen, die Auflösung
 28 und entsprechende Verdünnung im Wasser der Ozeane, oder auch das Vertrauen in den
 29 technischen Fortschritt, von dem erwartet wurde, dass dadurch die Probleme auf technische Art
 30 gelöst werden könnten, dominierten den Umgang mit dem Problem der radioaktiven Abfälle.
 31 Erst im Laufe der Zeit wurde deutlich, wie groß die wissenschaftliche und technische, aber auch
 32 die gesellschaftliche Herausforderung eines sicheren, gerechten und friedlichen Umgangs mit
 33 diesem Problem ist.

34 Das Ziel, die radioaktiven Abfälle von [den Stoffkreisläufen der Biosphäre] fernzuhalten, hat
 35 einige Optionen wie die Verbringung im Weltraum, in den Tiefen der Erdkruste (z.B. durch
 36 tiefe Bohrlöcher in 3000 - 5000 m Tiefe), in der Tiefsee oder im antarktischen oder
 37 grönländischen Inlandeis motiviert. Eine weitere Gruppe von Optionen setzt auf den Faktor
 38 Zeit, also auf eine länger (einige Jahrhunderte) dauernde Zwischenlagerung, in der Erwartung,
 39 dass sich bis dahin neue Lösungsoptionen ergeben. Von der Transmutation wird teils erwartet,
 40 das Entsorgungsproblem zumindest vereinfachen zu können, was jedoch umstritten ist.
 41 Bergwerkslösungen in tiefen geologischen Schichten können nach dem Maß der
 42 Rückholbarkeit der Abfälle unterschieden werden und reichen von einem möglichst raschen
 43 und praktisch irreversiblen Verschluss bis hin zur Sicherstellung der Rückholbarkeit für längere
 44 Zeiträume und sogar der Bergbarkeit nach Verschluss des Bergwerks.

45 Diese Optionen sind aufgrund ihrer Unterschiedlichkeit mit einer hohen Vielfalt an
 46 Randbedingungen, Voraussetzungen, Unsicherheiten und Implikationen verbunden. In diesem

1 Kapitel werden diese Optionen nach ihren Aussichten, zur Problemlösung beitragen zu können,
2 in drei Kategorien eingeteilt,

3 *Nicht weiter zu verfolgen* (Kap. 4.4): angesichts des derzeitigen und absehbaren Wissensstandes
4 empfiehlt die Kommission, diese Optionen unter Angabe der Argumente und
5 Kriterien nicht weiter zu verfolgen

6
7 **Hinweis:** wird genauer definiert, wenn die Optionen der Kategorie B abschließend von der AG
8 3 bewertet und im Kapitel 4.5 beschrieben sind:

9 *Nicht abschließend beurteilbar* (Kapitel 4.5): diese Optionen können mangels belastbaren
10 Wissens zurzeit noch nicht abschließend eingestuft werden. Sie werden nicht im
11 Detail ausgearbeitet. Die Kommission empfiehlt, sie weiter systematisch zu
12 beobachten und ggf. durch gezielte Forschung den Wissensstand zu verbessern

13
14 *Aussichtsreich* (Kapitel 4.6): diese Optionen (bzw. Optionenfamilie) erscheinen angesichts
15 des wissenschaftlich-technischen Wissensstandes als aussichtsreich. Sie werden
16 aktiv weiterverfolgt, im Detail ausgearbeitet und dem Deutschen Bundestag zur
17 Umsetzung empfohlen (vgl. dazu im Detail Kap 4.6 und Kap. 5)

18 Die in den folgenden Kapiteln vorgenommene Zuordnung der Optionen zu den Kategorien
19 erfolgt nach Maßgabe folgender Randbedingungen, Ausschlusskriterien, Einschätzungen und
20 Bewertungen:

- 21 • geltende völkerrechtliche Vereinbarungen
- 22 • im StandAG gesetzte Randbedingungen
- 23 • Erfolgsaussicht zur Erreichung des Ziels, die radioaktiven Abfälle dauerhaft von [den
24 Stoffkreisläufen der Biosphäre] zu isolieren
- 25 • Beherrschbarkeit von Technologien und Verfahren, insbesondere von Risiken und
26 Havarien

27 Auf diese Weise wird der gegenwärtige und absehbare Stand von Wissenschaft und Technik,
28 aber auch von gesellschaftlichen Randbedingungen, z.B. rechtlichen Festlegungen,
29 berücksichtigt, um eine transparente Argumentationslinie für die als aussichtsreich angesehene
30 Option bzw. Optionen vorzulegen.

31

32 **Nicht weiter verfolgte Optionen**

33 Angesichts des derzeitigen und absehbaren Wissensstandes und unter Angabe klarer
34 Argumente werden Pfade aus dieser Kategorie von der Kommission nicht weiter verfolgt, auch
35 wenn nicht vollständig auszuschließen ist, dass Pfade aus dieser Kategorie in Zukunft wieder
36 diskutiert werden, z.B. aufgrund heute nicht absehbarer wissenschaftlich-technischer
37 Entwicklungen. Hierfür sieht die Kommission auch bei optimistischer Interpretation des
38 Wissensstandes und der Perspektiven zurzeit keine ernst zu nehmenden Anzeichen.¹

39

¹ Dieses Kapitel fußt zu wesentlichen Teilen auf einer Ausarbeitung der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR 2015).

1 Entsorgung im Weltraum

2 Die Option der Endlagerung radioaktiver Abfälle im Weltraum wurde besonders in den 1970er
3 und 1980er Jahren untersucht. Federführend waren Wissenschaftler der National Aeronautics
4 and Space Administration (NASA) und der Boeing Aerospace Corporation in den USA
5 (BOEING 1981, ERDA 1976, RICE & PRIEST 1981, SCHNEIDER & PLATT 1974). Der Transport
6 in den Weltraum wurde meistens als komplementäre Alternative zur Endlagerung auf der Erde
7 betrachtet und sollte vornehmlich für kleinere Abfallmengen aus separierten langlebigen
8 Nukliden angewendet werden (AkEnd 2000). Für große Abfallmengen kommt die Verbringung
9 in den Weltraum allein aus Kostengründen nicht in Frage.

10 Die untersuchten Konzepte variieren von der Verbringung der Abfälle in die Sonne über den
11 Transport aus dem Sonnensystem heraus bis hin zur Lagerung auf dem Mond oder in einem
12 hohen Erdorbit. Die Umlaufbahnen im inneren Sonnensystem (Erde, Mond) wie auch die
13 Verbrennung in der Sonne wurden schlechter bewertet als z. B. die Verbringung in eine
14 Sonnenumlaufbahn, auf die Mondoberfläche oder ganz aus dem Sonnensystem heraus (BURNS
15 et al. 1978, RICE & PRIEST 1981. Die Verbrennung in der Sonne würde die gefährlichen
16 Substanzen zwar sicher zerstören, wäre aber extrem kostspielig. Erd- und Mondumlaufbahnen
17 wären für die Langzeitlagerung nicht stabil genug (RECHARD et al. 2011).

18 Beim Transport in den Weltraum sind zentrale Probleme in Bezug auf Sicherheit zu lösen.
19 Rettungsfunktionen müssen vorgesehen werden, die bei Fehlstarts oder anderen Fehlfunktionen
20 während der Versendung zum Einsatz kommen können. Eine Verteilung der radioaktiven
21 Abfälle in der Atmosphäre oder am Boden in der Folge von Havarien muss vermieden werden.
22 Die Abfallstoffe könnten in Form von Cermet, einem hitzebeständigen Material aus Keramik
23 und gesintertem Metall, transportiert werden, um die Ausbreitung von Radionukliden im Fall
24 eines Unfalls zu minimieren. Von Möglichkeiten einer ‚Fehlerkorrektur‘ (StandAG) kann man
25 hier wohl nicht sprechen.

26 Die National Academy of Sciences der USA (NAS) stellt fest, dass die Option der Endlagerung
27 im Weltraum nicht sicher und praktikabel sei und wohl auch nie sein werde (NAS 2001). Auch
28 MCKINLEY et al. (2007) sprechen von einer Hochrisikotechnologie. Zusätzlich würden die
29 Kosten um einen Faktor 10 über denen der geologischen Endlagerung liegen. Die
30 Wahrscheinlichkeit eines Raketenfehlsstarts liege im Bereich von 1 bis 10 Prozent (so auch
31 MINHANS et al. (2008) sowie (DUTTON et al. 2004)). Es ist auch zu berücksichtigen, dass die
32 Separierung langlebiger Radionuklide ein aufwändiges und teures kerntechnisches Verfahren
33 mit Gefährdungsrisiken für das eingesetzte Personal ist (KRAUSKOPF 1988).

34 Deutschland könnte aufgrund seiner ungünstigen geographischen Lage diese Abfälle nicht
35 von eigenem Hoheitsgebiet aus in den Weltraum bringen. Für die Endlagerung im Weltraum
36 wären Transporte der Abfälle zu einem Weltraumbahnhof in der Nähe des Äquators
37 erforderlich. Dies würde jedoch in Widerspruch zum §1 des StandAG und zum Nationalen
38 Entsorgungsplan der Bundesregierung stehen, in dem es heißt: „Die Entsorgung von
39 radioaktiven Abfällen erfolgt grundsätzlich in nationaler Verantwortung. Die Endlagerung soll im
40 Inland erfolgen“ (BMBU 2015, S. 5).

41 Ein völkerrechtlicher Hinderungsgrund ist schließlich Artikel IX des sogenannten
42 *Weltraumvertrages* (United Nations 2008), in dem sich die Unterzeichner verpflichten, dass bei
43 Forschungsaktivitäten eine schädliche Kontamination des Weltraumes einschließlich des
44 Mondes und anderer Himmelskörper vermieden werden soll. Dieses am 10.10.1967 in Kraft
45 getretene Übereinkommen ist für die Bundesrepublik Deutschland seit dem 10.02.1971
46 rechtsverbindlich (HOFMANN 1981).

47
48 *Hinweis: alle Resümees des Kapitels 4.4 werden noch präziser formuliert:*

1 *Resümee:* Aufgrund von Sicherheitsbedenken, völkerrechtlichen Bestimmungen und
2 Transportnotwendigkeiten des Abfalls in Äquatornähe empfiehlt die Kommission, diesen
3 Pfad nicht weiter zu verfolgen.

4 5 Entsorgung im antarktischen oder grönländischen Inlandeis

6 Bereits 1957 wurde von der National Academy of Sciences der USA (NAS 1957) eine
7 Lagerung in Eis und Permafrost in Betracht gezogen. Das Konzept wurde in Studien von
8 SCHNEIDER & PLATT (1974) sowie der ERDA (1976) entwickelt und anschließend bewertet
9 (Department of Energy 1980). Vorgeschlagen wurden Zonen in der Antarktis und Grönland,
10 die beide von mächtigen Eiskappen bedeckt sind. Grönland wurde, obwohl es für
11 Schiffstransporte besser erreichbar ist und die Umweltbedingungen weniger extrem sind,
12 aufgrund der Zugehörigkeit zu Dänemark und des Vorhandenseins von Siedlungsbereichen
13 nicht näher betrachtet (ZELLER et al. 1976). Auch in Deutschland wurde Ende der 1950er Jahre
14 über die Entsorgung in den polaren Eiskappen nachgedacht (PHILBERTH 1958, 1959), der
15 Ansatz aber Anfang 1960 endgültig vom damaligen Bundesministerium für Atomfragen
16 verworfen.

17 Aufgrund der erwartbar hohen Transport- und Konditionierungskosten kämen vornehmlich
18 hoch radioaktive Abfälle in Betracht. Sie sollten entweder von einem 50-100 m tiefen Bohrloch
19 im Eis aus durch ihre Wärmeentwicklung selbstständig bis zur Gesteinsoberfläche unterhalb
20 des Eises absinken, oder müssten durch Verankerungen an der Oberfläche in einer bestimmten
21 Position gehalten werden (Committee of Science and Technology 1999, MCKINLEY et al. 2007).
22 Patentierte Konzepte liegen vor (VALFELLS 2002). Dabei wurde angenommen, dass die
23 Antarktis seit 200 Millionen Jahren auch während wärmerer Klimaperioden ununterbrochen
24 vereist war (ANGINO et al. 1976, BUDD et al. 1971). Zweifel an der sicheren Vorhersagbarkeit
25 der für eine sichere Endlagerung notwendigen klimatischen Bedingungen wurden allerdings
26 schon zur damaligen Zeit geäußert (BULL 1975) und in der Zwischenzeit bestätigt (MCKINLEY
27 et al. 2007). Gegenwärtig wird die Idee der Lagerung in Eis und Permafrost wegen der
28 anhaltenden globalen Erwärmung mit abschmelzenden Eismassen und der sehr empfindlichen
29 arktischen und antarktischen Ökologie stark in Zweifel gezogen (WHIPPLE 2010). Frühere
30 Annahmen (KUBO & ROSE 1973) zur Ausdehnung von Eisflächen, die über mehr als 10.000
31 Jahre existieren können, sind nach heutigem Erkenntnisstand nicht haltbar (FISCHER et al.
32 2013). Es bestehen nach wie vor Wissenslücken z.B. zur Gletscherdynamik oder zu den
33 (sicherheits-) technischen Voraussetzungen (MINHANS et al. 2008). Beispielsweise ist die
34 Wirkung einer starken Hitzequelle im Eis oder an seiner Basis nur schwer abschätzbar
35 (KRAUSKOPF 1988).

36 Nach Artikel 5 des am 23.06.1961 in Kraft getretenen Antarktisvertrags (ATCM 1959) und
37 seinen zahlreichen Folgeverträgen ist die Lagerung radioaktiver Abfälle in der Antarktis bislang
38 völkerrechtlich ausgeschlossen. Hinzu kommt, dass eine Einlagerung in Eis außerhalb der
39 Grenzen Deutschlands erfolgen müsste, entsprechende Transporte erforderlich machen würde
40 und in Widerspruch zum §1 des Stand AG stünde.

41 *Resümee:* Aufgrund von Sicherheitsbedenken, klimatischen Unwägbarkeiten,
42 völkerrechtlichen Bestimmungen und Transportnotwendigkeiten des Abfalls zur Antarktis
43 bzw. zum grönländischen Inlandeis empfiehlt die Kommission, diesen Pfad nicht weiter
44 zu verfolgen.

1 Entsorgung in den Ozeanen

2 Ozeane als mögliche Orte einer Entsorgung des radioaktiven Abfalls wurden bereits in der
3 Frühzeit in Betracht gezogen, und zwar (a) in Bezug auf die Verdünnungswirkung in den
4 riesigen Wassermengen, (b) mit Blick auf große Sedimentschichten am Grund der Ozeane, und
5 (c) zur Verbringung der Abfälle in Subduktionszonen. Diese drei Optionen werden im
6 Folgenden einzeln kurz diskutiert, gefolgt von der Darstellung der alle drei gleichermaßen
7 betreffenden rechtlichen Lage.

8 **(a) Verdünnungsprinzip:** Die erste Meeresversenkung wurde von den USA bereits 1946
9 durchgeführt. Im Rahmen von Regelungen durch die IAEA (IAEA 1981) wurden noch bis in
10 die 1980er Jahre von einigen kernenergienutzenden OECD-Staaten vornehmlich schwach
11 radioaktive Abfälle im Meer entsorgt (MCKINLEY et al. 2007). In Containern oder Fässern
12 verpackte Abfälle wurden zumeist im Nordatlantik und nordöstlichen bzw. westlichen Pazifik
13 versenkt (Committee of Science and Technology 1999). Die Abwurfzonen befanden sich weit
14 entfernt von Küsten und aktiven Plattenrändern in Wassertiefen zwischen 2000 und 4000 m.
15 Das Gefährdungsrisiko des Verfahrens wurde in einem Bericht der Nuclear Energy Agency
16 (NEA) für einige Abfallarten als relativ gering eingestuft (NEA 1985), in der Annahme, dass
17 die Schadstoffe mit ihrer Aktivität schnell in einer sehr großen Wassermenge verdünnt und
18 weiträumig verteilt werden, wodurch die geforderten Grenzwerte eingehalten werden können.
19 Ein Moratorium der Unterzeichnerstaaten der *London Convention* beendete diese Praxis, und
20 seit 1994 ist die Versenkung schwachradioaktiver Abfälle untersagt.

21
22 *Hinweis: prüfen, ob folgende Aussage – unter Beibehalt des Bezugs auf die genannte Quelle –*
23 *schärfer formuliert werden kann*

24 MINHANS et al. (2008) nennen verschiedene Argumente, die gegen das
25 Verdünnungsprinzip sprechen. Zum einen sei es schwierig eine gänzlich unschädliche
26 Konzentration anzugeben, wobei auch die Kollektivdosis zu berücksichtigen sei. Zudem
27 könne die Verdünnung durch verschiedene Anreicherungseffekte in Sedimenten oder der
28 Nahrungskette aufgehoben werden, was dann wegen der praktisch irreversiblen Methode
29 kaum korrigierbar wäre.

30 **(b) Sedimentschichten unterhalb des Meeresbodens:** Als mögliche Methoden für die
31 Lagerung in Sedimentschichten unterhalb des Meeresbodens wurden zwei Verfahren näher
32 betrachtet. Bei dem einen werden speziell angefertigte stromlinienförmige und mehrere Tonnen
33 schwere Abfallbehälter von Bord eines Schiffes fallen gelassen (KLETT 1997, MOBBS et al.
34 1988, 1989), die sich bis zu 30 Meter tief in unverfestigte weiche Sedimente am Meeresboden
35 bohren. Dies wurde in den 1980er Jahren erfolgreich in der atlantischen Tiefsee getestet
36 (MCKINLEY 2007). Bei dem anderen (nicht in der Praxis getesteten) Verfahren sollen die
37 Abfälle in Bohrlöchern von einigen hundert Metern Tiefe in verfestigten oder unverfestigten
38 Sedimenten gelagert werden, die abschließend mit Beton zu versiegeln wären. Als Ergebnis
39 von Untersuchungen der Nuclear Energy Agency (NEA) der OECD liegen eine Reihe von
40 Abschlussberichten zur Machbarkeit der Einlagerung von hochradioaktiven Abfällen in
41 Tiefseesedimenten vor (NEA 1988, RECHARD et al. 2011).

42 Für diese Methode sprechen aus technischer Sicht die relativ geringe Störfallwahrscheinlichkeit
43 und die günstigen Eigenschaften von Tiefseesedimenten mit hohem Rückhaltevermögen
44 (AkEnd 2002). Kritisch sind allerdings lange Transportwege, eine höhere
45 Unfallwahrscheinlichkeit auf See, das Risiko von Havarien und von Korrosionsleckagen an
46 Metallcontainern im Salzwassermilieu, die praktisch nicht vorhandene Möglichkeit der
47 Fehlerkorrektur bzw. Rückholung sowie Risiken für das eingesetzte Personal während des
48 Transportes und der Einlagerung. Weiterhin gibt es große Wissenslücken bezüglich der

1 Tiefseebedingungen, in denen die Last der Entsorgung auf die internationale Gemeinschaft
 2 abgeschoben wird, Störfälle nicht beherrschbar sind und hoher technischer
 3 Entwicklungsaufwand betrieben werden muss, um die Machbarkeit zu gewährleisten
 4 (MINHANS et al. 2008). Nach Einschätzung des AkEnd (2002) stehen für die Erschließung
 5 derartiger Endlagerstandorte und die nachfolgende Einlagerung keine erprobten
 6 Techniken zur Verfügung.

7 **(c) Subduktionszonen:** Die Überlegung, radioaktive Abfälle in Subduktionszonen
 8 („Abtauchzonen“ in der Erdkruste an den Grenzflächen der kontinentalen
 9 Plattenverschiebungen) zu entsorgen (BOSTROM & SHERIF 1970), verdankt sich vor allem dem
 10 Argument, dass die Abfälle durch den Prozess des Abtauchens einer tektonischen Platte in den
 11 Erdmantel von der Biosphäre isoliert werden könnten (RECHARD et al. 2011). Das „Abtauchen“
 12 erfolgt mit einer Rate von einigen Zentimetern pro Jahr relativ langsam. Nach RAO (2001)
 13 reiche dies aber aus, um die Diffusionsgeschwindigkeit von Radionukliden zu übertreffen, so
 14 dass mit ihrer Freisetzung in die Ozeane hinein nicht zu rechnen sei.

15 Allerdings erhöht sich durch die tektonische Aktivität entlang der Grabenzonen auch die
 16 Wahrscheinlichkeit, dass die Sicherheit eines derartigen Endlagers schon frühzeitig und vor
 17 dem Eindringen in den Erdmantel beeinträchtigt werden könnte und Radionuklide freigesetzt
 18 würden. Diese Unsicherheit bei der Prognose der geologischen Abläufe und damit des Weges,
 19 den die Abfälle letztendlich nehmen, wird auch von MINHANS et al. (2008) und KRAUSKOPF
 20 (1988) bemängelt. Schließlich wären bei einem derartigen Verfahren Fehlerkorrektur und ggf.
 21 Rückholung der Abfälle kaum vorstellbar.

22 *

23 Die Versenkung von festen radioaktiven Abfällen auf oder in den Meeresgrund ist mittlerweile
 24 durch mehrere internationale Abkommen untersagt. Dies beruht auf Zweifeln hinsichtlich des
 25 letztendlichen Verbleibs des Abfälle und der Einsicht, dass einige wenige Länder nicht die von
 26 allen geteilte marine Umwelt verunreinigen sollten (MCKINLEY 2007). Die *London Dumping*
 27 *Convention (Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and*
 28 *Other Matter, LC72)* ist seit 1975 in Kraft. Durch die 1996 erfolgte Ergänzung durch das
 29 *London Protocol (IMO 1972)* ist nicht nur die Entsorgung auf, sondern auch im Meeresboden
 30 und im tieferen Meeresuntergrund ausgeschlossen. Die einzige Ausnahme wäre ein von Land
 31 aus erreichbarer Bereich des Meeresbodens. Damit sind einer möglichen Endlagerung
 32 radioaktiver Abfälle in den Ozeanen in allen oben genannten Formen - auch unbeschadet der
 33 oben genannten Sicherheitsbedenken, mangelnder technischer Nachweise und geologischer
 34 Unsicherheiten - klare völkerrechtliche Riegel vorgeschoben.

35 Es kommt aus deutscher Sicht hinzu, dass eine Entsorgung in den Ozeanen der im StandAG
 36 festgeschriebenen nationalen Entsorgungspflicht widersprechen würde.
 37 Transportnotwendigkeiten und die Notwendigkeit der Nutzung internationaler Gewässer
 38 sprechen genauso gegen diese Optionen wie die schlechten bis gar nicht vorhandenen
 39 Methoden der Fehlerkorrektur und Rückholung.

40 *Resümee:* Aufgrund von Sicherheitsbedenken, mangelnden Möglichkeiten von
 41 Fehlerkorrektur und Rückholbarkeit der Abfälle und völkerrechtlichen Bestimmungen
 42 empfiehlt die Kommission, diesen Pfad in allen drei Teilpfaden nicht weiter zu verfolgen.

43

44 Dauerlagerung an oder nahe der Erdoberfläche ohne Endlagerintention

45 Die oberflächennahe Lagerung hochradioaktiver Abfälle ist derzeit zur Zwischenlagerung als
 46 Vorstufe zur späteren Endlagerung gängige Praxis. In einigen Ländern wird auch über eine

1 oberflächennahe Langzeitlagerung nachgedacht, bis eine geeignete Endlagermethode zur
2 Verfügung steht (vgl. Kap. 4.5.1). An dieser Stelle soll es jedoch nur um Lagerungsoptionen
3 gehen, die *keine* spätere Endlagerung in den Blick nehmen (daher „Dauerlagerung“).

4 Für eine Dauerlagerung der Abfälle auf unabsehbare Zeit in Form eines oberirdischen oder
5 oberflächennahen und ständig zu kontrollierenden und kontrollierbaren Lagers sind nicht nur,
6 wie bei Endlagerkonzepten, zeitlich begrenzte Kontroll- und Monitoringmaßnahmen
7 eingeplant (dazu Kap. 4), sondern die Abfälle sollen *jederzeit* inspizier- und problemlos
8 rückholbar sein. Die Aufrechterhaltung des Sicherheitskonzepts ist nur im Rahmen einer
9 langfristigen gesellschaftlichen Kontrolle zu gewährleisten.

10 Vorteile des Verfahrens sind die permanente Zugänglichkeit der Abfälle, ihre Überwachbarkeit
11 und die Möglichkeit sofortiger Intervention bei Störfällen. Im Falle eines technischen
12 Fortschrittes bei den Einlagerungsmethoden oder der Abfallbehandlung könnten die
13 radioaktiven Substanzen entweder teilweise wieder nutzbar oder in ihrem Risikogehalt
14 vermindert werden. Dadurch könnte [insgesamt / ggf.] (**Hinweis:** genaue Aussage der Quelle
15 prüfen) die gesellschaftliche Akzeptanz verbessert werden (MINHANS et al. 2008).

16 Der entscheidende Faktor hierbei ist jedoch die Langlebigkeit und Stabilität des
17 Überwachungskonzepts einschließlich der beauftragten Institutionen. Im sogenannten *Hüte-*
18 *Konzept* (BUSER 1998) soll die Verantwortung zur Überwachung eines oberirdischen Lagers
19 über Generationen weitergegeben werden. In einem an schwedische Verhältnisse angepassten
20 Ansatz (CRONHJORT et al. 2003) sollen die Abfälle in trockenen Gesteinsschichten knapp unter
21 der Erdoberfläche eingelagert werden. Beide Ansätze wurden nicht weiterverfolgt (MCKINLEY
22 & MUNIER 2003, MÖRNER 2003).

23 Die Dauerlagerung widerspricht der aus den ethischen Prinzipien abgeleiteten Forderung, dass
24 die Entsorgungslösung so auszugestalten ist, dass sie kein dauerhaftes aktives Tun für
25 kommende Generationen auslöst, sondern ohne eine gegenläufige Entscheidung auf einen
26 sicheren Endzustand für die Entsorgung zuläuft (s. Abschn. 4.2.5). Im Übrigen stellt die
27 Verlässlichkeit der beauftragten Institutionen über eine extrem lange Zeitspanne laut
28 MCKINLEY et al. (2007) den größten Unsicherheitsfaktor dar. Aus diesem Grund geht die IAEA
29 davon aus, dass derartige Verfahren nur für kurzlebige Isotope sinnvoll anwendbar ist (IAEA
30 1992, 2002, 2003). In die gleiche Richtung tendiert auch die Nationale Genossenschaft für die
31 Lagerung radioaktiver Abfälle (NAGRA), die die gesellschaftliche der geologischen Stabilität
32 gegenüberstellt (NAGRA 1997). Aus Sicht von APPEL et al. (2001) ist die baldige Endlagerung
33 gegenüber Optionen mit Überwachung zu bevorzugen, da weder bezüglich der (Langzeit-)
34 Sicherheit noch der ethischen Begründbarkeit Vorteile der Dauerlagerung erkennbar sind. Die
35 *Expertengruppe Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle* (EKRA 2000) kommt zu dem
36 Schluss, dass die Langzeitsicherheit nicht durch eine überwachte Dauerlagerung, sondern nur
37 durch geologische Konzepte gewährleistet werden kann. Ein plausibler Nachweis der Funktion
38 gesellschaftlich-institutioneller Schutzsysteme über den erforderlichen Zeitraum ist nicht
39 möglich (MINHANS et al. 2008; AkEnd 2002). Stabile gesellschaftliche Verhältnisse über
40 Jahrtausende oder länger anzunehmen widerspricht der historischen Erfahrung, während viele
41 geologische Konstellationen eine hohe zeitliche Stabilität haben, die als passive Schutzsysteme
42 genutzt werden können.

43 Weitere Kritikpunkte neben der unsicheren Prognose hinsichtlich gesellschaftlicher und
44 politischer Entwicklungen sind die Gefahr von Unfällen (z.B. durch mangelnde Wartung) und
45 Angriffen durch Krieg oder Terrorismus, die Proliferationsgefahr, der große organisatorische
46 und finanzielle Aufwand für zukünftige Generationen und klimatische Unwägbarkeiten.

47 *Resümee:* Aufgrund der mangelnden Erwartbarkeit stabiler gesellschaftlicher Verhältnisse
48 über extrem lange Zeiträume und der Verpflichtung, die Belastung zukünftiger

1 | Generationen möglichst gering zu halten, empfiehlt die Kommission, diesen Pfad nicht
2 | weiter zu verfolgen.

3

4 Tiefengeologische Bergwerkslösung ohne Rückholbarkeit

5 Das Verbringen der radioaktiven Abfälle in einem eigens dazu angelegten Bergwerk in einer
6 tiefen geologischen Formation gehört zu den bestuntersuchten Entsorgungsoptionen. Die
7 meisten Ansätze sehen vor, ein Endlagerbergwerk in einer Tiefe von 500 - 1000 Meter in einer
8 geeigneten geologischen Formation zu errichten, deren langzeitige Stabilität den weitaus
9 größten Teil der Erfüllung der Sicherheitsanforderungen übernehmen soll (AkEnd 2002). Als
10 Wirtsgestein kommen nach gegenwärtigem Wissensstand Salz, Tonstein und Kristallingestein
11 (z.B. Granit) in Frage, deren Wahl jeweils Auswirkungen auf die erforderliche
12 Bergwerkstechnologie und die notwendigen Sicherheitsnachweise hat.

13 Die Option eines Endlagerbergwerks wird auch von der Kommission als verfolgungswerte
14 Option empfohlen (Kap. 4.6), jedoch mit einem zentralen Unterschied zu der Version, die hier
15 als nicht verfolgungswert eingestuft wird. Dieser Unterschied betrifft die *Rückholbarkeit* der
16 Abfälle. Man kann zwar sagen, dass die Rückholbarkeit der Abfälle nur eine Frage des
17 Aufwandes sei. In jeder tiefengeologischen Konstellation ist „im Prinzip“ eine Rückholung
18 möglich. Der Aufwand für und die Risiken von einer Rückholung können jedoch extrem
19 unterschiedlich sein. Dementsprechend macht es einen großen Unterschied, ob die
20 Rückholbarkeit bereits von Anfang an unter bestimmten Bedingungen und in bestimmten
21 Zeiträumen vorgesehen wird (dazu Kap. 4.6), oder ob ein möglichst schneller Verschluss des
22 Endlagerbergwerks ohne Rücksicht auf eine Rückholbarkeit angestrebt wird.

23 Für einen schnellen und endgültigen Verschluss spricht vor allem das Argument, dass keine
24 Nachsorge erforderlich wäre. Idealerweise gäbe es keine Anforderungen an eine länger
25 dauernde Kontrolle des Endlagerbergwerks, weil die geologische Formation die geforderte
26 Sicherheit garantieren soll. Zukünftigen Generationen würden weder Kosten durch Nachsorge
27 noch Belastungen durch Risiken entstehen. Die notwendige Wissensweitergabe wäre
28 beschränkt auf die Kenntnis des Standortes, damit dort nicht in späteren Zeiten Nutzungen
29 vorgesehen würden, die mit dem Risiko radiologischer Freisetzungen verbunden sein könnten.

30 Die Kritik an diesem Ansatz betrifft vor allem die Frage, ob die Prämissen überhaupt erfüllbar
31 sind. Die zentrale Prämisse ist, dass eine technisch/geologisch *absolut sichere* Lösung möglich
32 ist, dass also Sicherheitsnachweise so verlässlich geführt werden können, dass zukünftige
33 Generationen vor möglichen Schädigungen durch die Abfälle garantiert geschützt sind. Diese
34 Prämisse entstammt einem technisch/naturwissenschaftlichen Machbarkeitsideal, das durch die
35 Bewusstwerdung der Ambivalenz von Technik (Grunwald 2010), insbesondere im Auftreten
36 nicht intendierter Folgen, in grundlegende Zweifel geraten ist (dazu Kap. 2). In einer ethischen
37 Analyse wurde sogar das Ergebnis erzielt, dass eine Endlagerung ohne Rückholbarkeit, die ja
38 eigentlich zukünftige Generationen von Belastungen möglichst freihalten soll, zu besonders
39 großen Risiken für diese führen könne (Kalinowski et al. 1999).

40 Wenn jedoch die Machbarkeit einer garantiert sicheren Lösung in Zweifel gerät, muss es unter
41 ethischen Gesichtspunkten kommenden Generationen grundsätzlich möglich bleiben,
42 Einschätzungen aus früherer Zeit zu revidieren und durch eigene Bewertungen zu ersetzen (vgl.
43 Kapitel 4.2.5). Erst recht müssen Vorkehrungen getroffen werden, um mit unerwarteten
44 Entwicklungen verantwortlich umgehen zu können. Genau diese Argumentation führt auf die
45 auch im StandAG genannten Anforderungen an die Möglichkeit von Fehlerkorrekturen und
46 Rückholbarkeit und somit zu einem Ausschluss von Optionen, die keine Rückholbarkeit
47 vorsehen.

1 *Resümee:* Aufgrund mangelnder Vorkehrungen für Fehlerkorrekturen und zur
2 Rückholbarkeit der Abfälle empfiehlt die Kommission, diesen Pfad nicht weiter zu
3 verfolgen.

4
5 *Hinweis:* Die Diskussion der Gutachten und die Bewertung der nachfolgend genannten „B-
6 Optionen“ muss in der AG 3 noch erfolgen. Die Texte werden dann anschließend fertiggestellt

7 **Optionen zur weiteren Beobachtung und ggf. Erforschung**

8 Einige Optionen können mangels belastbaren Wissens zurzeit noch nicht abschließend
9 eingestuft werden. Sie sind weiter systematisch zu beobachten, ggf. ist durch gezielte
10 Forschung der Wissensstand zu verbessern, um eine spätere abschließende Beurteilung zu
11 ermöglichen. Sie eignen sich jedoch nach dem gegenwärtigen und absehbaren Stand des
12 Wissens nicht als Basis für eine sichere Entsorgung und werden daher nicht weiter
13 ausgearbeitet.

14 geschätzter Platzbedarf: je ca. 3 Seiten pro Option

15 16 Langfristige Zwischenlagerung

17 Es wird darauf verzichtet, ein Endlagerkonzept in absehbarer Zeit zu entwickeln.
18 Stattdessen wird die Lagerung der Abfälle auf sehr lange Zeit (Größenordnung einige
19 Jahrhunderte) in Form eines oberirdischen oder oberflächennahen und damit ständig zu
20 kontrollierenden und kontrollierbaren Lagers vorgesehen mit der Absicht, irgendwann
21 dennoch auf ein Endlagerkonzept umzusteuern.

22 Dieses Kapitel wird geschrieben, nachdem das entsprechende Gutachten in der AG3
23 diskutiert und ausgewertet wurde.

24 25 Transmutation

26 Transmutation ist technisch noch in der Entwicklung. Sie würde das Aufrechterhalten einer
27 kerntechnischen Industrie erfordern (vergleichbar zur Wiederaufbereitung). Auch bei
28 optimistischen Annahmen besteht die Notwendigkeit der Entwicklung eines
29 Entsorgungskonzeptes zum langfristigen Umgang mit hoch radioaktiven Abfällen weiter.

30 Dieses Kapitel wird geschrieben, nachdem die beiden Gutachten vorliegen und in der AG3
31 diskutiert und ausgewertet wurden.

32 33 Tiefe Bohrlöcher

34 Diese Option besteht darin, Bohrlöcher mit Durchmesser von einem bis mehreren Metern
35 und mehreren tausend Metern Tiefe zur Endlagerung vorzusehen (ca. 3000 - 5000 m). Nach
36 der Einlagerung der Abfallbehälter sollen diese Bohrlöcher verschlossen werden.

37 Dieses Kapitel wird geschrieben, nachdem das vergebene Gutachten vorliegt und in der
38 AG3 diskutiert und ausgewertet wurde.

39 40 **Priorität: Endlagerbergwerk mit Reversibilität/Rückholbarkeit/Bergbarkeit**

41 Die Kommission kommt nach Diskussion über die Entsorgungsoptionen zu dem Schluss, dass
42 die bislang in Deutschland verfolgte Option eines Endlagerbergwerks die beste Möglichkeit zu

1 einer sicheren Entsorgung bietet - allerdings mit einer erheblichen konzeptionellen Änderung.
2 Gegenüber früheren Ansätzen, in denen ein möglichst rascher Verschluss ohne besondere
3 Berücksichtigung einer späteren Rückholbarkeit der Abfälle vorgesehen war, nimmt die
4 Kommission eine veränderte Perspektive ein. Sie misst der Reversibilität von Entscheidungen
5 und der Rückholbarkeit bzw. Bergbarkeit der Abfälle hohe Bedeutung bei (entgegen der Option
6 in Kap. 4.4.5), z.B. um Fehlerkorrekturen (StandAG) zu ermöglichen, aber auch um
7 zukünftigen Generationen Handlungsoptionen und Entscheidungsspielräume offen zu halten.

8 Im Folgenden werden zunächst die Grundannahmen und Prämissen der Option erläutert (4.6.1),
9 um sodann die hier maßgeblichen Begriffsklärungen vorzunehmen (4.6.2), ihre Phasen entlang
10 der Zeitachse kurz zu beschreiben (4.6.3) und anschließend eine Empfehlung zu geben, wie
11 eine stetige Überprüfung des eingeschlagenen Pfades in Anbetracht der ethischen Prinzipien
12 und der Belange auch künftiger Generationen erfolgen könnte (4.6.4). Schließlich werden die
13 zentralen Argumente genannt, die die Endlagerkommission bewogen haben, auf diese Option
14 zu setzen (4.6.5).

16 Grundlagen und Prämissen

17 Die mit dieser Option verbundenen Prozesswege (*Hinweis: der Begriff „Prozesswege“ soll*
18 *noch definiert werden*) haben als letztendliches Ziel ein Endlager in einer tiefen geologischen
19 Formation in Form eines Bergwerks, das in einer (mehr oder weniger fernen) Zukunft
20 verschlossen werden soll und keine Belastungen der Biosphäre und zukünftiger Generationen
21 verursacht. Selbstverständlich bleibt es zukünftigen Generationen offen, über den Zeitpunkt,
22 die Modalitäten, ja sogar über das „ob überhaupt“ eines ‚endgültigen‘ Verschlusses zu befinden
23 (näher dazu s. Abschn. 4.6.4). Das heutige mit dieser Option verbundene Ziel ist jedoch *ein*
24 *sicher verschlossenes Endlagerbergwerk*. Nur dies entspricht der aus den ethischen Prinzipien
25 abgeleiteten Forderung, dass der eingeschlagene Weg von künftigen Generationen durch bloßes
26 Unterlassen von Kurskorrekturen zu Ende geführt werden können muss und dass Reversibilität
27 nur ein Angebot an künftige Generationen sein darf, dass diese eben auch nicht annehmen
28 können (vgl. Abschn. 4.2.5). Entscheidungskriterien und Verfahrensschritte sind so
29 festzulegen, dass dieses Ziel erreicht werden kann (hierzu im Detail Kap. 5).

30 Die Gestaltung des Prozessweges bis hin zu einem verschlossenen Endlagerbergwerk soll die
31 Realisierung eines Endlagers in einem Zeitrahmen ermöglichen, der sich am StandAG
32 orientiert, und ein Höchstmaß an Lernmöglichkeiten und Möglichkeiten für Fehlerkorrektur
33 und zur Berücksichtigung neuer Erkenntnisse garantiert. Konzepte der Rückholbarkeit oder
34 Bergbarkeit der Abfälle bzw. der Reversibilität von Entscheidungen sind dafür zentral. Bevor
35 unumkehrbare oder nur unter großem Aufwand revidierbare Entscheidungen getroffen werden,
36 muss an Meilensteinen im Prozess eine transparente und wissenschaftlich gestützte Evaluation
37 unter Beteiligung von Gremien und der Öffentlichkeit durchgeführt werden (zur institutionellen
38 Absicherung s. Abschn. 4.6.4). Um die Notwendigkeit von Umsteuerungen im Prozess, z.B.
39 zur Fehlerkorrektur, überhaupt erkennen zu können, bedarf es geeigneter Formen des
40 Monitoring (vgl. dazu Kap. 5).

41 Die (insbesondere) hoch radioaktiven Abfälle werden von der Kommission als *Abfälle*
42 angesehen, die dauerhaft sicher gelagert werden müssen. Dass eine Rückholbarkeit der Abfälle
43 vorgesehen wird, geschieht ausschließlich in Hinblick auf die dauerhaft sichere Lagerung der
44 Abfälle (s. Abschn. 4.2.5), keinesfalls dahingehend, die Abfälle möglicherweise in Zukunft als
45 Wertstoffe zu nutzen. Freilich stünde es zukünftigen Generationen frei, dies anders zu sehen.

46 Bei der Auswahl des Standorts mit der bestmöglichen Sicherheit (Kapitel 5.3) kommt es
47 grundsätzlich nicht nur auf das Wirtsgestein an, sondern auch auf die geologische

1 Gesamtsituation und die standortangepasste Kombination von Wirtsgestein und zugehörigem
 2 technischem wie organisatorischem Endlagerkonzept. Die Frage, ob Salz, Tonstein oder
 3 Kristallingestein am besten geeignet sind, kann ohne Angabe des jeweiligen Endlagerkonzeptes
 4 nicht abschließend beantwortet werden und stellt sich auf dieser Ebene nicht.

5 In dem ab etwa 2017 vorgesehenen Standortauswahlverfahren müssen alle für die möglichen
 6 Prozesswege hin zu einem verschließbaren Endlagerbergwerk relevanten Aspekte bedacht
 7 werden. Dazu gehören neben der Festlegung der Entscheidungskriterien und der
 8 Verfahrensschritte auch die Berücksichtigung der Anforderungen der
 9 Rückholbarkeit/Bergbarkeit der Abfälle. Andererseits sollen möglichst wenige
 10 Vorentscheidungen getroffen werden, damit den zukünftigen Generationen Möglichkeiten des
 11 Umschwenkens auf andere Optionen offen bleiben. Damit wird dem Umstand Rechnung
 12 getragen, dass es nicht möglich ist, die ethischen Prinzipien bereits heute abschließend in einen
 13 Ausgleich zu bringen, sondern dies bis auf weiteres eine Daueraufgabe bleibt (vgl. 4.2.5). Heute
 14 angestellte Gedanken über teils weit entfernte zukünftige Entwicklungen dienen deshalb nicht
 15 dem Zweck, diese vorweg festzulegen, sondern herauszufinden, was alles bereits zu Beginn des
 16 Standortauswahlverfahrens bedacht werden muss, damit im Ergebnis des Verfahrens der
 17 Standort mit bestmöglicher Sicherheit (Kapitel 5.3) ausgewählt wird, und zu zeigen, wie der
 18 Prozessweg dorthin aus heutiger Sicht gestaltet werden kann.

19 Reversibilität, Rückholbarkeit und Bergbarkeit - Begriffsklärungen

20 Die Gestaltung des Prozessweges bis hin zu einem verschlossenen Endlagerbergwerk soll die
 21 Realisierung eines Endlagers in einem Zeitrahmen ermöglichen, der sich am StandAG
 22 orientiert, und ein Höchstmaß an Lernmöglichkeiten und Möglichkeiten für Fehlerkorrektur
 23 und zur Berücksichtigung neuer Erkenntnisse garantieren. Konzepte der Rückholbarkeit oder
 24 Bergbarkeit der Abfälle bzw. der Reversibilität von Entscheidungen sind dafür zentral.
 25 Folgende Begriffsverständnisse liegen den weiteren Ausführungen zugrunde:

- 27 • *Reversibilität* von Entscheidungen bedeutet, einmal getroffene Entscheidungen
 28 rückgängig und auf ggf. andere Entsorgungspfade umsteigen zu können, z.B. aufgrund
 29 neuer und attraktiver erscheinender technischer Möglichkeiten oder aufgrund neu
 30 erkannter Probleme mit dem ursprünglichen Plan. Entscheidungsumkehr ist in der Regel
 31 mit Zeitbedarf und Kosten verbunden. Die Kosten dürften umso höher sein, in je
 32 späterem Stadium die Umkehr erfolgt.
- 33 • *Rückholbarkeit* ist die Fähigkeit, hochradioaktiven Abfall aus einem Endlager wieder
 34 zurückzuholen, wenn dieser bereits in einem Endlager eingelagert ist und die
 35 Eingangsstrecken und Bohrlöcher teilweise endgültig verfüllt sind. Rückholung ist die
 36 konkrete Handlung, mit der die Abfallbehälter aus dem Endlager zurückgeholt werden.
 37 Rückholbarkeit setzt voraus, dass Vorkehrungen getroffen worden sind, die – ohne
 38 Beeinträchtigung der Sicherheit – eine Rückholung der Abfallbehälter erleichtern bzw.
 39 gewährleisten, also entsprechende Technologien von der Infrastruktur bis hin zu den
 40 Behältern.
- 41 • *Bergbarkeit* wird als die Möglichkeit der Rückholung von Behältern mit
 42 hochradioaktivem Abfall verstanden, wenn das Endlagerbergwerk bereits vollständig
 43 verschlossen ist. Dies kann z.B. durch das Auffahren eines zweiten Bergwerks in
 44 Nachbarschaft zu dem ursprünglichen Endlagerbergwerk erfolgen, über das die
 45 Bergung erfolgen kann. Voraussetzungen dafür sind die genaue Kenntnis der Lage der
 46 Abfälle zum Zeitpunkt der Einlagerung sowie der intakte Zustand der Behälter.

1 Die Sicherstellung von Reversibilität im Prozess sowie Rückholbarkeit und Bergbarkeit der
2 Abfälle bedeutet nicht, dass irgendetwas davon zum heutigen Zeitpunkt bereits beabsichtigt
3 wäre. Es geht ausschließlich darum, diese Möglichkeiten offen zu halten. Warum spätere
4 Generationen vielleicht die Abfälle rückholen wollen, kann und darf heute nicht entschieden
5 werden. Das Anliegen der Kommission ist es, Möglichkeiten der Reversibilität (z.B. zur
6 Fehlerkorrektur), zur Rückholbarkeit (z.B. um auf andere Pfade zu wechseln) und zur
7 Bergbarkeit (im Falle unvorhergesehener negativer Entwicklungen im verschlossenen
8 Endlager) in den Prozess einzubauen, um entsprechend den sich aus den ethischen Prinzipien
9 abgeleiteten Anforderungen (siehe Kapitel 4.2.5) den Prozess möglichst lernfähig zu machen
10 und zukünftigen Generationen Handlungsmöglichkeiten offen zu halten.

11

12 Zeitliche Struktur: Etappenmodell

13 Unter den angegebenen Rahmenbedingungen sind durchaus unterschiedliche konkrete
14 Realisierungen vorstellbar. Die Option „Endlagerbergwerk mit Rückholbarkeit“ ist daher nicht
15 ein einzelner Pfad, sondern in sich eine Pfadfamilie. Die folgende Darstellung soll zeigen, wie
16 diese aus heutiger Sicht in Etappen eingeteilt werden kann.

17 Etappe 1: Standortauswahlverfahren

18 Der Start des Auswahlverfahrens möglicher Endlagerstandorte kann nach StandAG
19 gegebenenfalls ab etwa 2017 nach einer Entscheidung des Deutschen Bundestages erfolgen.
20 Notwendig sind hier vor allem wissenschaftlich klar definierte und demokratisch legitimierte
21 Auswahlkriterien, insbesondere Sicherheitsanforderungen (Kapitel 5), sowie klare Regeln für
22 Verfahrensschritte, Beteiligung der Öffentlichkeit, Behördenstruktur und
23 Entscheidungsprozesse. Die Standortauswahl erfolgt in mehreren Schritten der allmählichen
24 Eingrenzung von in Frage kommenden Standorten bzw. Regionen bis hin zur Bestimmung des
25 Standorts mit bestmöglicher Sicherheit (vgl. Kapitel 5.3). Während dieses Prozesses lagern die
26 hoch radioaktiven Abfälle weiter in Zwischenlagern. Im Falle eines hohen Zeitbedarfs der
27 Auswahl eines Endlagerstandorts oder wenn auf andere Pfade umgeschwenkt werden soll,
28 müssen möglicherweise technisch, ökonomisch und institutionell aufwändige Prozesse der
29 sicheren Aufbewahrung eingeleitet werden (z.B. Transport an andere Standorte oder die
30 Umladung in andere Behälter, s. dazu Kapitel 4.7.3). Während des Auswahlprozesses kann das
31 Verfahren jederzeit abgebrochen und es kann auf (auch ganz) andere Pfade umgeschwenkt
32 werden. Ggf. müssten die bereits eingesetzten Mittel zur Standortauswahl abgeschrieben
33 werden. Mit der Festlegung eines Endlagerstandortes durch eine Entscheidung des Deutschen
34 Bundestages wird diese Etappe abgeschlossen (vgl. die detaillierte Beschreibung dieser Etappe
35 in Kapitel 5.5.1).

36 Etappe 2: Bergtechnische Erschließung des Standortes

37 Die bergtechnische Erschließung des Standortes für die Einlagerung der radioaktiven Abfälle
38 umfasst zunächst das vorlaufende erforderliche Planungs- und Genehmigungsverfahren und die
39 Erbringung der erforderlichen Langzeitsicherheitsnachweise in der Kombination von
40 geologischen Barrieren und technischem Endlagerkonzept. Sodann geht es um den Bau des
41 Endlagers mit allen erforderlichen technischen Anlagen ober- und untertägig einschließlich der
42 Transportwege für die spätere Einlagerung. Diese Etappe wird voraussichtlich mit einer
43 „kalten“ Probephase abgeschlossen, in der das bergtechnische Funktionieren aller Prozesse der
44 Einlagerung (und ggf. des Monitoring) getestet wird. Vorlaufend müssen die technischen
45 Voraussetzungen für die Einlagerung geschaffen werden, z.B. was geeignete Behälter für die
46 Abfälle und die Transportwege betrifft. Während dieser Etappe kann die Erschließung jederzeit
47 abgebrochen und es kann auf andere Pfade umgeschwenkt werden. Die Kosten würden sich

1 darin erschöpfen, die Mittel für die Standortauswahl und für die Erschließung abzuschreiben
2 (vgl. die detaillierte Beschreibung dieser Etappe in Kapitel 5.5.2).

3 Etappe 3: Einlagerung der radioaktiven Abfälle

4 Die Einlagerung der radioaktiven Abfälle beginnt mit dem Einbringen des ersten beladenen
5 Endlagergebundes in das vorbereitete Bergwerk. Die Endlagergebünde werden in eine Reihe
6 von Kammern, Strecken oder Bohrlöcher (von den Strecken aus) verbracht, abhängig vom
7 jeweiligen Endlagerkonzept. Sobald einer dieser Lagerorte gefüllt ist, wird er verfüllt [].
8 (**Hinweis:** ggf. wird in der Klammer noch eine kurze Erläuterung zum Zweck des Verfüllens,
9 anhand von einigen Beispielen, eingefügt). Die Behälter werden vor dem Verfüllen in ihre
10 endgültige Lage gebracht. Das Verfüllen geschieht so, dass eine Wiederöffnung und
11 Rückholung der Abfälle in angemessener Zeit (Zeitdauer: [einige Jahre], ähnlich wie die
12 Einlagerung) möglich ist. Auch die Gebinde/Behälter müssen so ausgelegt sein; dass eine
13 Rückholung möglich ist. Das Bergwerk selbst verbleibt in dieser Etappe in einem
14 betriebsbereiten Zustand. Die Einlagerung kann jederzeit unterbrochen werden und später
15 fortgesetzt werden oder auch endgültig aufgegeben werden. Es ist auch möglich, zunächst einen
16 Teil einzulagern und z.B. eine Strecke zu verfüllen, dann einige Zeit, z.B. 20 Jahre, zu warten,
17 wie sich die Konstellation Wirtsgestein/Abfallbehälter entwickelt, um abhängig vom Ergebnis
18 dieser Untersuchung über das weitere Vorgehen zu entscheiden. Bereits eingelagerte Gebinde
19 können je nach Ergebnis dort verbleiben oder rückgeholt werden. Das Verfahren kann komplett
20 abgebrochen werden und es kann auf andere Pfade umgeschwenkt werden, da das Bergwerk
21 funktionsfähig bleibt. Die noch nicht eingelagerten Abfälle verbleiben in Zwischenlagern mit
22 entsprechenden Anforderungen an die Gewährleistung der Sicherheit. Das Ende der
23 Einlagerung ist mit dem Einbringen des letzten beladenen Endlagergebundes gekommen. Die
24 Endlagergebünde sind in verschiedene Kammern oder Strecken verbracht, die verfüllt sind,
25 damit [...] (**Hinweis** s.o.) (vgl. die detaillierte Beschreibung dieser Etappe in Kapitel 5.5.3).

26 Etappe 4: Beobachtung vor Verschluss

27 In der Etappe nach Abschluss der Einlagerung ist das Bergwerk weiterhin voll funktionsfähig
28 und zugänglich. Die Beobachtung der weiteren Entwicklung (z.B. Temperatur, Stabilität der
29 geologischen Formation) ist durch Monitoring möglich. Die eingelagerten Gebinde können im
30 Bergwerk verbleiben, bei Bedarf aber auch rückgeholt werden. Auch in diesem Stadium kann
31 das Verfahren noch abgebrochen werden und es kann auf andere Pfade umgeschwenkt werden.
32 In diesem Fall müssen die eingelagerten Abfälle rückgeholt und an einen sicheren oberirdischen
33 Ort verbracht werden. Der Verschluss des Endlagerbergwerkes als Abschluss dieser Etappe ist
34 abhängig von Entscheidungen zukünftiger Generationen. Das Verschlussverfahren kann
35 gestoppt werden, es bleiben dann die Optionen wie in der Phase nach Abschluss der
36 Einlagerung. Der Aufwand einer Umsteuerung steigt dann wahrscheinlich weiter an; die
37 Umsteuerung bleibt aber weiter technisch möglich (vgl. die detaillierte Beschreibung dieser
38 Etappe in Kapitel 5.5.4).

39 Etappe 5: Verschlossenes Endlagerbergwerk

40 Mit dem Zustand eines verschlossenen Endlagerbergwerks ist das Ziel eines sicheren und
41 wartungsfreien Einschlusses der radioaktiven Abfälle im Bergwerk erreicht. Das verschlossene
42 Endlagerbergwerk kann weiter von außen beobachtet werden. Inwieweit auch die Vorgänge im
43 Inneren weiter beobachtet werden können, hängt von im Zuge der Einlagerung oder in der
44 Phase vor Verschluss vorgesehenen Monitoring-Maßnahmen ab (Kapitel 4). Bei Bedarf können
45 die Gebinde über die Auffahrung eines neuen Bergwerks und unter Nutzung der
46 Dokumentation geborgen werden. Die Bergung ist möglich, solange der Standort des
47 Endlagerbergwerks bekannt ist, solange die Dokumentation auffindbar und lesbar ist, solange
48 die Endlagergebünde (Behälter) selbst in bergbarem Zustand sind, und solange die technischen

1 und gesellschaftlichen Voraussetzungen einer Bergung (d.h. Auffahren eines parallelen
2 Bergwerks) gegeben sind (vgl. die detaillierte Beschreibung dieser Etappe in Kap.5.5.5).

3

4 Auf diese Weise kann das Ziel einer sicheren und wartungsfreien Endlagerung mit den
5 Wünschen nach Reversibilität von Entscheidungen, Rückholbarkeit der Abfälle, Ermöglichung
6 von Fehlerkorrekturen und Lernmöglichkeiten im Prozess verbunden werden.

7

8 **Hinweis:** das folgende Kapitel 4.6.4 muss noch vertieft in der AG3 diskutiert werden.

9

Haltepunkte und Zwischenbewertungen durch ein unabhängiges Gremium

10

11 [Vorbem.: Dieser Abschnitt könnte auch an anderer Stelle im Bericht stehen, insbesondere
12 in Kapitel 5]

13

14 Schritte, die jeweils zu einer signifikanten Erschwernis hinsichtlich Reversibilität /
15 Rückholbarkeit führen (Beginn mit der Einlagerung, Verfüllen der Lagerorte, Verschluss
16 des Endlagers) stellen per se Meilensteine im Verfahren dar. Aus den ethischen Prinzipien
17 (s. Abschn. 4.2.5) ist abzuleiten, dass es sich um Haltepunkte handeln muss, zu denen
18 jeweils der aktuelle Stand des Wissens reflektiert und mögliche Änderungen im Verfahren
19 bis hin zu Rücksprüngen oder einem Umschwenken auf ganz andere Optionen bedacht
20 werden sowie dann eine bewusste Entscheidung unter Beteiligung der breiten
21 Öffentlichkeit bzw. der regional betroffenen Öffentlichkeit getroffen werden sollte.
22 Weitere solcher Haltepunkte sind jederzeit definierbar. Auch in der Zwischenzeit besteht
23 die Notwendigkeit, das Fortschreiten der Entsorgung der HAW vor dem Hintergrund der
24 ethischen Prinzipien laufend zu beobachten und von Zeit zu Zeit und anlässlich neuer
25 Entwicklungen ggf. auch neu zu bewerten (s. Abschn. 4.2.5). Ähnliche Daueraufgaben
26 wurden auf der wissenschaftlichen, der institutionellen und der gesellschaftlichen Ebene
27 identifiziert (s. Abschn. 5.5.7). Für diese Aufgaben und ggf. noch später auftretende
28 vergleichbare Aufgabenstellungen bedarf es einer dauerhaften unabhängigen Institution,
29 die nicht bereits mit konkreten Fachaufgaben betraut ist (wie z.B. die zuständige
30 Genehmigungsbehörde für Endlager) oder selbst zur Entscheidung berufen ist (wie z.B.
31 Parlament).

32

33 Diese Institution könnte ein Entsorgungsrat sein. Immer wieder ist im Zuge der
34 Endlagerdebatte die Notwendigkeit zu Tage getreten, dass ein unabhängiges Gremium sich
35 professions- und fachbereichsübergreifend der Thematik annimmt. Dazu wurde der
36 AKEnd gegründet und dazu wurde die Endlagerkommission ins Leben gerufen. Das
37 jeweils anlassbezogene Zusammenstellen von Gremien hat aber den Nachteil, dass sich
38 Abläufe neu einspielen und die Beteiligten sich teilweise neu in die Materie einarbeiten
39 müssen. Das wird über die kommenden Jahrzehnte, in denen das große Thema Atomkraft
40 vermutlich auch in der Öffentlichkeit nicht mehr mit gleicher Intensität verfolgt wird und
41 auf allen Seiten (auch Bürgerinitiativen, Verbände pp.) Know-How verloren geht, immer
42 schwieriger. Sinnvoll erscheint es, ein vergleichbares unabhängiges Gremium jetzt
43 dauerhaft zu institutionalisieren. Darin sollten wiederum Politik, Gesellschaft und
44 Wissenschaft angemessen vertreten sein, wenngleich der Entsorgungsrat kleiner als die
45 bisherigen Gremien sein sollte. Ein Vertreter im Rat sollte als eine Art Ombudsmann die
46 Interessen künftiger Generationen repräsentieren.

1
2 Der Entsorgungsrat wäre in erster Linie fachlich versierter Beobachter, Koordinator und
3 Impulsgeber, der sich auch mit neuen Entwicklungen und Mindermeinungen
4 auseinandersetzen soll. Seine dauerhafte Verankerung würde zu einer tiefen Fachlichkeit
5 und das Miteinander darin zu einem gegenseitigen Verständnis für die jeweils von anderen
6 Mitgliedern repräsentierten Belange führen, wie dies bei der Arbeit der
7 Endlagerkommission zu beobachten war. Der sukzessive Austausch von jeweils nur
8 einzelnen Mitgliedern könnte zu einem langfristigen Know-How-Erhalt auch bei dieser
9 Form der gesellschaftlichen Begleitung sorgen. Dem Entsorgungsrat sollten zum einen
10 bestimmte Aufgaben fest zugeschrieben werden, er soll darüber hinaus aber auch die
11 Befugnis haben, von sich aus neue Diskussionen, Prüfungen, Befassungen etc. im
12 Zusammenhang mit der Endlagerung der HAW anzustoßen. Er ist selbst nicht
13 Entscheidungsorgan, sollte aber z.B. eine parlamentarische Befassung anstoßen können
14 und hat insoweit ein eigenes Initiativ- und Befassungsrecht.

15
16 Als eine besonders bedeutende Aufgabe hat der Entsorgungsrat alle Entscheidungen
17 vorzubereiten, die sich in signifikanter Weise auf die Rückholbarkeit der eingelagerten
18 Abfälle auswirken, insbesondere das Verfüllen der ersten Strecken und den Verschluss des
19 Endlagers. Hier sind im weiteren Verfahren die Haltepunkte konkret zu definieren und
20 gesetzlich festzuschreiben, an denen der Entsorgungsrat vor dem Hintergrund der ethischen
21 Prinzipien eine aktualisierte Bewertung des geplanten Schritts und darauf aufbauend eine
22 Empfehlung vorzunehmen hat (z.B. Verschluss oder aber auch weiteres Monitoring für
23 einen bestimmten Zeitraum, weitere Maßnahmen etc.). Damit würde insgesamt der aus den
24 maßgeblichen ethischen Prinzipien abgeleiteten Anforderung, diese Prinzipien nicht nur
25 einmalig aus heutiger Sicht, sondern dauerhaft und ggf. auch durch Nachsteuern in einen
26 angemessenen Ausgleich zu bringen, bestmöglich Rechnung getragen. Da das
27 „pluralistisch zusammengesetzte gesellschaftliche nationale Begleitgremium zur
28 gemeinwohlorientierten Begleitung des Prozesses der Standortauswahl“ (§ 8 StandAG)
29 eine ähnliche Funktion während der Standortauswahl hätte, könnte dieses zu dem hier
30 vorgeschlagenen Entsorgungsrat weiter entwickelt werden.

31 32 Begründung der Priorität

33 Die zentralen Argumente, die oben kurz geschilderte Option „Endlagerbergwerk mit
34 Rückholbarkeit“ weiter auszuarbeiten und dem Deutschen Bundestag zu empfehlen, sind
35 zusammengefasst:

- 36 • diese Lösung ist in Deutschland machbar (anders als die meisten der in 4.4 diskutierten
37 Optionen)
- 38 • die technischen Voraussetzungen (Behälter, Auffahren und Betrieb des
39 Endlagerbergwerks, Einlagerung und Verschluss) sind zum Teil Stand der Technik
40 heute, zu anderen Teilen erscheinen sie einlösbar (dazu Kapitel 5.8 und 5.9)
- 41 • diese Option kollidiert nicht mit Bestimmungen des Völkerrechts (wie manche der in
42 4.4 diskutierten Optionen)
- 43 • mit dieser Option werden zukünftige Generationen von einem bestimmten (allerdings
44 möglicherweise recht weit entfernten) Zeitpunkt an von Belastungen durch die
45 radioaktiven Abfälle befreit (anders als im Konzept der oberflächennahen
46 Dauerlagerung, Kapitel 4.4.4)

- 1 • diese Option erlaubt hohe Flexibilität zur Nutzung neu hinzukommender
2 Wissensbestände. Ein Umschwenken auf andere Entsorgungspfade bleibt über lange
3 Zeit im Prozess mit überschaubarem Aufwand und ohne Sicherheitsprobleme möglich
4 (anders als bei den meisten der in Kapitel 4.4 diskutierten Optionen)
- 5 • ebenso ermöglicht diese Option weitgehende Möglichkeiten des Lernens aus den
6 bisherigen Prozessschritten und von Fehlerkorrekturen (z.B. durch Maßnahmen des
7 Monitoring)
- 8 • sie entspricht damit aus heutiger Sicht am besten den aus den ethischen Prinzipien
9 abgeleiteten Anforderungen (siehe Kapitel 4.2)
- 10 • über die erforderlichen geologischen Voraussetzungen (passive Sicherheitssysteme,
11 Barrieren) liegen weit reichende wissenschaftliche Kenntnisse vor, welche die
12 Realisierung als aussichtsreich erscheinen lassen (dazu Kapitel 5.6)

13 Damit ist die Option „Endlagerbergwerk mit Reversibilität/Rückholbarkeit/Bergbarkeit“ nach
14 Auffassung der Kommission der aussichtsreichste Weg, mit den radioaktiven Abfällen
15 verantwortlich umzugehen.

16

17 **Zeitbedarf zur Realisierung und notwendige Zwischenlagerzeiten**

18

19 *Hinweis: die folgenden Ausführungen zum Zeitplan sind noch vertieft zu diskutieren*

20

Zeitplan beim favorisierten Ansatz

21

Die hohe Flexibilität des geschilderten Verfahrens bringt es mit sich, dass über die
22 Zeitbedarfe der einzelnen Schritte und die Zeiten bis zu den jeweiligen
23 Entscheidungsfindungen nur wenig ausgesagt werden kann. Folgende Zeitstruktur ist am
24 StandAG orientiert, erscheint aber als sehr optimistisch (die Zahlenangaben dürfen nur als
25 grobe Orientierung verstanden werden):

26

Phase	Beginn	Abschluss
Standortauswahl	2017	2031 (nach StandAG)
Bergtechnische Erschließung	2031	2050
Einlagerung der Abfälle	2050	2070
Beobachtung vor Verschluss	2070	2100
Verschluss	2100	offen

27

Aufgrund von längeren Abläufen, von beabsichtigten oder nicht beabsichtigten
28 Wartezeiten, von Änderungen im Prozessablauf bis hin zu Planänderungen etc. können
29 sich die Zeitspannen erheblich weiter in die Zukunft erstrecken. Es ist jedoch müßig,
30 darüber bereits heute zu spekulieren. Für heute ist entscheidend, den Beginn des Prozesses,
31 also die Standortauswahl, mit dem wissenschaftlich bestmöglichen, gesellschaftlich
32 legitimierten und verantwortbaren Satz an Auswahlkriterien und Verfahrensschritten zu
33 beginnen. Alles Weitere obliegt Gesellschaft und Entscheidungsträgern in Zukunft.

35

1 Mögliche Zeitpläne bei anderen Pfaden

2

3 **Offen Hinweis:** Wird nach Erstellung des Kapitels 4.5 ausgearbeitet

4

5 **Hinweis:** das folgende Kapitel ist in der AG 3 noch zu diskutieren

6 Notwendige Zwischenlagerung vor der Endlagerung

7 Bis zur Einlagerung der Abfälle in das Endlager sind sie zwischenzulagern. Die
8 Kommission bezeichnet diese Form der Zwischenlagerung in Abgrenzung zur
9 „Langfristigen Zwischenlagerung“ (s. 4.5.1) als „notwendige Zwischenlagerung“, da sie
10 per se nicht als Entsorgungsoption betrachtet wird und auf das bis zur Einlagerung in das
11 Endlager unabdingbare Maß zu reduzieren ist. Es war nicht Aufgabe der Kommission, auch
12 für die notwendige Zwischenlagerung Kriterien zu entwickeln. Angesichts der
13 dargestellten Zeitpläne (s. insbes. 4.7.1) und bestehender Zusammenhänge zwischen End-
14 und Zwischenlagerung lässt sich die Thematik der notwendigen Zwischenlagerung aber
15 auch nicht ausblenden. Schon bei der als sehr optimistisch gewerteten Zeitstruktur des
16 StandAG kommt es zu einem zeitlichen Delta zwischen dem Auslaufen der derzeitigen
17 Genehmigungen für die Standortzwischenlager und der Einlagerung der ersten Behälter in
18 das Endlager, erst recht bis zur vollständigen Einlagerung aller Behälter. Dieses Delta kann
19 von einem halben Jahrzehnt bis hin zu vielen Jahrzehnten dauern – je nachdem ob es zu
20 Verzögerungen, Rückschlägen oder Rücksprüngen im Verfahren kommt.

21

22 Die Genehmigungen lassen sich zwar grundsätzlich verlängern, doch sollte dies nicht
23 unreflektiert geschehen. Anzuerkennen ist zweifelsohne die Zielsetzung, einen weiteren
24 Transport je Castor-Behälter (an einen anderen Zwischenlagerstandort bzw. von diesem
25 zum Endlager) zu verhindern und deshalb die Behälter unmittelbar von den
26 Standortzwischenlagern und den zentralen Zwischenlagern an den Endlagerstandort zu
27 transportieren. Diese Zielsetzung darf sich aber nicht per se für nach oben offene Zeiträume
28 durchsetzen, sondern muss in einen differenzierten und ausgewogenen
29 Neubewertungsprozess einfließen. Was für die Endlagerkonzeption gilt, muss im
30 Grundsatz auch für die Zwischenlagerkonzeption gelten, da sie für viele Menschen unserer
31 Generation eine ähnliche oder sogar noch greifbarere Bedeutung hat. Wenn heute eine
32 Einlagerung der letzten Gebinde im Zeitraum 2070 bis 2075 als optimistisch betrachtet
33 wird, dann besteht für Menschen in den Standortgemeinden durchaus eine reale
34 Perspektive, dass während des Großteils ihres Lebens hochradioaktive Abfälle in ihrer
35 Umgebung gelagert werden.

36

37 Zu beachten ist auch, dass sich die Rahmenbedingungen der Standortzwischenlagerung in
38 den nächsten Jahren verschieben werden. Die Kernkraftwerke werden stillgelegt und
39 abgebaut, bereits früh im Abbauprozess werden die dortigen Handhabungseinrichtungen
40 nicht mehr nutzbar sein. Kernkraftwerkspersonal wird zunehmend abgebaut, die
41 organisatorische Verflechtung der Standortzwischenlager mit den Kernkraftwerken
42 aufgehoben (Autarkie). Nach Einlagerung der letzten Behälter aus den Kernkraftwerken
43 etwa im Zeitraum 2025 bis 2027 wird es bis zum Transport an den Endlagerstandort und
44 zur dortigen Konditionierung nur noch um Lagerung gehen. Praktische Handhabungen an
45 den Standorten (Be- und Entladevorgänge, Brennelementhandhabungen,
46 Behälterbewegungen) finden in diesem u.U. Jahrzehnte dauernden Zeitraum nicht statt, der

1 Know-How-Erhalt wird dadurch erschwert. Die Akzeptanz für die Standortzwischenlager
2 wird sinken, wenn sie als letzte Überbleibsel der Kernenergienutzung die vollständige
3 Entlassung der Standorte aus dem Atomrecht und eine konventionelle Nachnutzung
4 verhindern. Möglicherweise kommt es auch zu durchgreifenden Veränderungen auf Seiten
5 der Betreiber.

6
7 Diese Rahmenbedingungen, erst recht etwa auftretende Erkenntnisfälle aus der
8 Überprüfung der Behälter oder gar Reparaturfälle, können dazu führen, dass sich im
9 Endlagerprozess der Druck auf Vorhabenträger und Genehmigungsbehörde erhöht,
10 schnellstmöglich das Endlager bereit zu stellen. Zwar ist eine zügige Standortauswahl und
11 Inbetriebnahme des Endlagers grundsätzlich anzustreben, doch darf dies nicht dazu führen,
12 dass notwendige Schritte und ggf. auch Rücksprünge nicht oder nicht in der gebotenen
13 Gründlichkeit vorgenommen werden. An dieser Stelle sind damit Standortauswahl für ein
14 Endlager und Zwischenlagerungskonzept miteinander verzahnt. Daneben gibt es weitere
15 Berührungen: In den Zwischenlagern müssen die Behälterinventare in einem Zustand
16 bleiben, in welchem sie noch in die nach Endlagerkonzept vorgesehenen Behälter
17 umgeladen werden können und sie müssen transportierbar bleiben. Zeitlich muss die
18 Auslagerung aus den Zwischenlagern mit der Konditionierung am Endlagerstandort
19 abgestimmt sein. Eine Reihe von weiteren Entwicklungen ist zudem schwer vorhersehbar,
20 etwa die Entwicklung hinsichtlich des Schutzes vor Einwirkungen Dritter, die in den
21 letzten Jahren eine starke Dynamik entfaltet hat. All das spricht dafür, nicht nur die
22 Endlagerung von HAW sondern auch dessen notwendige Zwischenlagerung auf den
23 Prüfstand zu stellen.

24
25 Vor dem dargestellten Hintergrund ist deshalb eine Überprüfung der Belastbarkeit des
26 aktuellen Zwischenlagerungskonzepts zu empfehlen. Diese Überprüfung muss sich
27 insbesondere auf folgende Aspekte erstrecken: Sicherheit der Lagerung, Gewährleistung
28 der Transportfähigkeit der Castor-Behälter, Alterungsprozesse, regelmäßige Prüfungen des
29 Inventarzustands, Möglichkeit von Reparaturmaßnahmen und Umpacken,
30 Fachkunderhalt des Personals, Anlagensicherung, Akzeptanz der Lagerung, Entwicklung
31 der KKW-Standorte, Vorbereitung auf die Endlagerung (Konditionierung).
32 Gegebenenfalls sollten auch Aussagen dazu getroffen werden, wie lange das gegenwärtige
33 Konzept unter diesen Gesichtspunkten noch tragfähig ist. Das impliziert eine
34 Auseinandersetzung auch mit den Vor- und Nachteilen einer konsolidierten
35 Zwischenlagerung an zwei bis drei größeren (bestehenden oder neuen) Standorten sowie
36 mit einer Verbringung in ein Zwischenlager am Endlagerstandort in verschiedenen
37 Varianten (Pufferlager für Teilmengen, Lager mit Kapazität für alle Behälter und
38 Möglichkeit der parallelen Einlagerung).

39
40 Einiges spricht dafür, dass derzeit noch die Vorteile des gegenwärtigen Konzepts
41 überwiegen, irgendwann auf der nach oben offenen Zeitachse aber dessen Nachteile
42 durchschlagen werden. Da Verzögerungen bei der Standortauswahl für ein Endlager
43 typischerweise unvorhersehbar sind und man folglich einerseits mit Ihnen rechnen muss,
44 sie andererseits auch nicht unterstellen kann, sollte sich die Prüfung mit der Möglichkeit
45 auseinandersetzen, ein schrittweises Verfahrens zur Auswahl von Standorten für eine
46 konsolidierte Zwischenlagerung einzuleiten. Dieses könnte an das Verfahren der
47 Standortauswahl für ein Endlager angelehnt und zu dieser sukzessive ausgestaltet werden
48 (Zug-um-Zug-Verfahren): Wenn ein für eine bestimmte Phase der Standortauswahl für ein

1 Endlager vorgesehener Zeitraum überschritten wird, wird die nächste Phase der
2 Zwischenlagerbereitstellung eingeleitet (z.B. Kriterienentwicklung, Standortauswahl,
3 Genehmigungsschritte, evtl. Errichtung / Erweiterung). Dies könnte jeweils automatisch
4 oder aufgrund der Entscheidung eines unabhängigen Gremiums geschehen, welches die
5 weiteren Verzugsrisiken bezüglich der Inbetriebnahme des Endlagers bewertet.

6
7 Für die Prüfung erscheint ein kürzerer Zeitraum als jener der Endlagerkommission (z.B. 1
8 Jahr) sowie ein überschaubareres Format, welches aber trotzdem auch die
9 gesellschaftlichen Implikationen (z.B. Belastung der Standortgemeinden) mit abdeckt,
10 ausreichend und sinnvoll. Insgesamt würde so Vorsorge für (u.U. auch Jahrzehnte lange)
11 Verzögerungen bei der Standortauswahl für ein Endlager getroffen, ohne den Vorrang der
12 Endlagerung vor der Zwischenlagerung aufzugeben. Die Perspektive zur Auflösung der
13 gegenwärtigen Kernkraftwerksstandorte würde gestärkt.

16 **Literatur**

17 Zu Kap. 4.3 in BGR-Zuarbeit (K-Drs./AG3-75)

18 Anselm Tiggemann, Die "Achillesferse" der Kernenergie in Deutschland. Zur
19 Kernenergiekontroverse und Geschichte der Entsorgung von den Anfängen bis Gorleben 1955
20 bis 1985. Lauf an der Pegnitz 2004.

21 Grunwald 2010

22 Kalinowski et al 1999