
Entwurf des Berichtsteils zu Teil B – Kapitel 5.4.1 (Langzeitzwischenlagerung)

Vorlage der AG 3 für die 23. Sitzung der Kommission am 14. März 2016

ERSTE LESUNG
BEARBEITUNGSSTAND: 04.03.2016

5. ENTSORGUNGSOPTIONEN UND IHRE BEWERTUNG

[...]

5.4 Optionen zur weiteren Beobachtung und ggf. Erforschung

[...]

5.4.1 Langzeitzwischenlagerung

1 Kapitel 5.4.1 Langzeitzwischenlagerung

2 In der AG 3 abgestimmter ENTWURF (Stand 04.03.2016)

3 Unter dem Begriff der Langzeitzwischenlagerung versteht die Kommission die
4 Zwischenlagerung hoch radioaktiver Abfälle über einen Zeitraum von mehreren hundert
5 Jahren, unter einem zeitlich nicht festgelegten Verzicht auf die Entwicklung einer endgültigen
6 Entsorgungslösung. Sie grenzt sich insofern durch die zeitliche Dimension ab von der
7 *notwendigen* Zwischenlagerung bis zur Einlagerung in ein betriebsbereites Endlager. Die
8 Langzeitzwischenlagerung ist de facto keine wirkliche Entsorgungsoption. Dennoch könnte sie,
9 über die wahrscheinlich notwendigen Zeiträume von einigen Jahrzehnten hinaus, unter
10 bestimmten Umständen eine von der Gesellschaft zu verfolgende Strategie darstellen.

11

12 *[Ergänzung von Prof. Kudla, 04.03.2016, nicht in der AG 3 abgestimmt]*

13 *[Durch eine Langzeitzwischenlagerung könnte zum Beispiel erreicht werden, dass die*
14 *Wärmeabgabe der abgebrannten Brennstäbe vor einer Endlagerung in einer tiefen*
15 *geologischen Formation abnimmt und damit insgesamt der Wärmeeintrag in das Wirtsgestein*
16 *bei der Endlagerung geringer ist. Ein weiterer Grund für eine Langzeitzwischenlagerung*
17 *könnte beispielsweise die Hoffnung sein, dass im Zuge technischer Fortentwicklungen in den*
18 *nächsten 100 bis 300 Jahren eine bessere Behandlungsmöglichkeit für die radioaktiven Abfälle*
19 *gefunden wird, mit der der Anteil der langlebigen Radionuklide reduziert werden kann, und die*
20 *über Partitionierung und Transmutation hinausgeht. Man könnte auch die weitere Entwicklung*
21 *der Entsorgungsoption „Tiefe Bohrlöcher“, (s.a. Abschnitt 5.4.3), weiter abwarten wollen.*
22 *Auch für den – hoffentlich unwahrscheinlichen - Fall, dass das gerade begonnene*
23 *Standortauswahlverfahren scheitern sollte, könnte eine Langzeitlagerung in Betracht gezogen*
24 *werden. Das Ziel einer „Entsorgung in der jetzigen Generation“ würde man allerdings bei*
25 *jeder Langzeitzwischenlagerung aufgeben.]*

26

27 Die Kommission ist daher der Auffassung, dass das Thema Langzeitzwischenlagerung
28 hinsichtlich seiner Relevanz für die Endlagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe einer weiteren
29 Beobachtung bedarf, und hat zu den hiermit verbundenen Fragestellungen ein Gutachten
30 eingeholt¹.

31

32 Eine mehr oder weniger zufällige, sich wiederholende Verlängerung des Betriebs von
33 Zwischenlagern ist keine akzeptable Option für den Umgang mit hoch radioaktiven Abfällen.
34 Um daher überhaupt als denkbare Strategie in Betracht zu kommen, bedarf eine
35 Langzeitzwischenlagerung über einige hundert Jahre einer bewussten Entscheidung und einer
36 dezidierten Begründung. Sie verschiebt die Frage der Endlagerung in eine sehr weit entfernte
37 Zukunft, in der von der dann lebenden Generation nichts desto trotz eine Entscheidung über die
38 tatsächliche Entsorgung der hoch radioaktiven Abfällen erwartet wird.

39

40 5.4.1.1 Technische Einflussgrößen

41

42 Als geplanter Zustand wäre das Gesamtsystem eines Langzeitzwischenlagers auf
43 wahrscheinliche Entwicklungen während einiger hundert Jahre auszulegen. Die Schutzziele
44 wären dabei mit den heutigen identisch: der sichere Einschluss der radioaktiven Stoffe, die
45 Abfuhr der Zerfallswärme und die Einhaltung der Unterkritikalität sowie die Vermeidung
46 unnötiger und die Begrenzung und die Kontrolle unvermeidbarer Strahlenexposition des

¹ vgl. TÜV Nord et. al. (2015), Gutachten zur Langzeitzwischenlagerung

1 Betriebspersonals und der Bevölkerung sind ohne Abstrich auch in Zukunft von einer
2 Langzeitzwischenlagerung zu gewährleisten. Rein technisch erscheint eine
3 Langzeitzwischenlagerung grundsätzlich realisierbar.

4
5 Die baulichen Anlagen wären hinsichtlich ihrer Robustheit so auszulegen, dass auch bei einem
6 zeitweisen Ausfall von sicherungs- bzw. sicherheitstechnischen Maßnahmen ihre
7 sicherheitsgerichteten Funktionen bestehen bleiben. Ein wirksames, auf die lange
8 Nutzungsdauer abgestimmtes Alterungsmanagement für die Bauwerke müsste dafür sorgen,
9 dass Bauwerksschäden festgestellt, dokumentiert und verfolgt werden. Darauf aufbauend wären
10 Instandsetzungsmaßnahmen zu planen und durchzuführen. Grundsätzlich könnte auch ein, ggf.
11 mehrfacher, Neubau der Gebäude und Anlagen erforderlich werden.

12
13 Hinsichtlich der Auslegung eines Langzeitzwischenlagers gegen Einwirkungen von außen
14 müssten regulatorische Grundlagen geschaffen werden, in denen trotz langfristig zunehmender
15 Unsicherheiten handhabbare Festlegungen zu Art, Höhe und Eintrittshäufigkeit der für die
16 Auslegung zugrunde zu legenden Einwirkungen getroffen werden. Da diesbezügliche
17 Prognosen nicht abdeckend für einige hundert Jahre erfolgen können, müssen die
18 regulatorischen Rahmenbedingungen so beschaffen sein, dass während der Betriebszeit des
19 Langzeitzwischenlagers die zu unterstellenden Einwirkungen und ihre möglichen
20 Auswirkungen regelmäßig überprüft und ggf. Nachrüstmaßnahmen realisiert werden.

21
22 Alle realistisch denkbaren Ausführungsoptionen zur Langzeitzwischenlagerung weisen Vor-
23 und Nachteile auf. Eine zunächst nahe liegende Weiternutzung der bestehenden Zwischenlager
24 hätte den grundsätzlichen Nachteil, dass diese nicht im Hinblick auf Betriebszeiten von einigen
25 hundert Jahren ausgelegt wurden. Sie weisen daher einen Mangel an Flexibilität gegenüber
26 Lastannahmen auf, die aufgrund der langen Lagerzeit deutlich über die heutigen Annahmen
27 hinausgehen, oder die auf zusätzlich zu berücksichtigenden Einwirkungen beruhen. Bei
28 Neubauten könnten dem gegenüber die für erforderlich gehaltenen Anforderungen,
29 einschließlich Reserven, von vorneherein eingeplant werden. Das dazu notwendige technische
30 Regelwerk und der regulatorische Rahmen wären aber noch zu entwickeln.

31
32 Übertägige Langzeitzwischenlager böten gegenüber flach untertägigen, also noch
33 oberflächennahen, Bauwerken Vorteile hinsichtlich des Schutzes gegen Überflutungen, sowie
34 hinsichtlich der einfacheren Zuwegung und Instandhaltung. Untertägige Lagereinrichtungen
35 und Tunnellösungen böten gegenüber übertägigen Lagern hingegen Vorteile hinsichtlich der
36 Anlagensicherung und gegen zivilisatorisch bedingte Einwirkungen von außen. Mögliche
37 Aufpralllasten können durch Erdüberdeckungen bzw. Anschüttungen gedämpft werden.
38 Tunnellösungen könnten die Überflutungsproblematik vermeiden.

39
40 Stahlbetonstrukturen gelten bereits heute als vergleichsweise langlebig. Es liegen aber keine
41 Erfahrungen über das Alterungsverhalten von Stahlbeton über Zeiträume von mehreren hundert
42 Jahren vor. Im Laufe der Nutzungsdauer würden daher Sanierungen der Betonstrukturen
43 höchstwahrscheinlich notwendig werden.

44
45 Die Dichtheit der Lagerbehälter müsste mit Hilfe eines Behälterüberwachungssystems
46 dauerhaft überwacht werden. Handhabungseinrichtungen wie Krananlagen,
47 Flurförderfahrzeuge o. ä. müssten für die Ein- und Auslagerung der Lagerbehälter vorhanden
48 sein und im Hinblick auf ggf. erforderliche Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen an den
49 Lagerbehältern während des gesamten Zeitraums der Langzeitzwischenlagerung betriebsbereit
50 zur Verfügung stehen. Für Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahmen an den Lagerbehältern,
51 insbesondere am Dichtsistem, wäre eine Behälterwartungsstation vorzuhalten. Auch eine sog.

1 "heiße Zelle" inkl. Handhabungsequipment für Instandsetzungsmaßnahmen am
2 Primärdeckeldichtsystem und für ein ggf. erforderliches Umladen des Inventars in einen
3 zweiten Lagerbehälter müsste vorhanden sein. Die Verfügbarkeit der verwendeten
4 Komponenten des Dichtungssystems wäre ebenso dauerhaft sicherzustellen wie die
5 erforderliche Energieversorgung.

6
7 Für den Erhalt der Betriebsbereitschaft der technischen Einrichtungen über lange Zeiträume
8 hinweg wäre ein Wartungs- und Instandhaltungskonzept zu entwickeln, das auch den Ersatz
9 nicht mehr verwendbarer Komponenten vorsieht. Da eine Ersatzteilbevorratung für die gesamte
10 Dauer der Langzeitzwischenlagerung nicht realisierbar ist, muss die Fähigkeit erhalten bleiben,
11 diejenigen Bauteile und Baugruppen, die einer Alterung unterliegen, über den Zeitraum der
12 Langzeitzwischenlagerung bei Bedarf nachfertigen zu können. Auch die Möglichkeit eines
13 kompletten Austauschs der technischen Einrichtungen wäre mit zu berücksichtigen, zumal ein
14 sich weiter entwickelnder Stand der Technik zu Nachrüstungsbedarf führen wird.

15
16 Die Aufrechterhaltung von Integrität und Handhabbarkeit der Inventare ist eine wichtige
17 Voraussetzung. In der heutigen Nachweisführung zur Sicherstellung der Integrität des Inventars
18 werden einige Aspekte, z. B. chemische Interaktionen, Versprödungsverhalten der Inventare
19 oder Hydrid-Reorientierung, aufgrund des kürzeren Beurteilungszeitraums aus der Betrachtung
20 ausgeklammert, die für lange Lagerzeiträume neu zu analysieren und in der Folgezeit
21 wiederkehrend zu bewerten wären. Die heute verwendeten Analysemethoden zur
22 Sicherstellung der Inventarintegrität müssten auf ihre Eignung für Langzeitaussagen hin
23 überprüft und ggf. durch neue Bewertungsmethoden ersetzt werden, die ihrerseits erst noch zu
24 entwickeln wären. Die Dokumentation der Inventare und der Behälter müssten so umfassend
25 sein, dass auch nach längerer Zeit eine grundlegende Bewertung mit Basisdaten möglich wäre.
26 Ein wesentlicher Aspekt hierbei ist die generationenübergreifende Speicherung und
27 Auffindbarkeit der Daten sowie der Erhalt ihrer Lesbarkeit.

28
29 Aus heutiger Sicht wäre bei der Planung einer Langzeitzwischenlagerung zu unterstellen, dass
30 die Anforderungen an die Integrität und Handhabbarkeit abgebrannter Brennelemente nicht
31 über den gesamten geplanten Lagerzeitraum aufrechterhalten werden können. Es wären daher
32 Konzepte zu entwickeln, die bei Hinweisen auf unerwünschte Schädigungen angewandt werden
33 könnten (z.B. die Brennelemente neu zu verpacken).

34
35 Die Sicherung eines Langzeitzwischenlagers gegenüber Dritten erfordert neben baulichen und
36 technischen Sicherungseinrichtungen auch Sicherungspersonal oder staatliche Einsatzkräfte.
37 Dabei wären mindestens die gleichen technischen Einrichtungen und Systeme erforderlich, die
38 zur Sicherung der derzeitigen Zwischenlagerung eingesetzt werden. Hierzu gehören passive
39 Einrichtungen (z. B. verstärkte Wände) und aktive Systeme (z. B. elektronische
40 Überwachungseinrichtungen).

41
42 Über einige hundert Jahre hinweg gewinnt außerdem die Auslegung der Anlagen gegenüber
43 Einwirkungen bei kriegerischen Auseinandersetzungen an Bedeutung. Unabhängige
44 Medienversorgung, befristeter personalloser Betrieb, regelmäßiges Update der Maßnahmen
45 gegen Beschuss/Flugkörperabsturz und eine Bevorzugung untertägiger Lagerformen wären die
46 Konsequenzen.

47
48 Es wären also bereits in der Planung spezifische, von heutigen Annahmen ggf. abweichende
49 Lastannahmen (inkl. zu unterstellenden Tatmustern, Auslegungstätern, Hilfsmitteln und
50 Tätervorgehen) als Auslegungsgrundlage neu festzulegen, aufgrund des langen
51 Betrachtungszeitraum verbunden mit der Verpflichtung, diese in regelmäßigen Abständen und

1 bei erkanntem Bedarf durch die zuständigen Behörden zu evaluieren. Ob langfristig eine
2 hieraus folgende regelmäßige Ertüchtigung der Sicherungsmaßnahmen technisch möglich ist,
3 so dass auch Angriffe mit verbesserten oder neuartigen Tat- und Hilfsmitteln beherrscht werden
4 können, kann aus heutiger Sicht nicht prognostiziert werden.

5 6 5.4.1.2 Nichttechnische Einflussgrößen

7
8 Bei einer über mehrere Jahrhunderte dauernden Zwischenlagerung hoch radioaktiver Abfälle
9 sind nicht nur Fragen der technischen Machbarkeit und Sicherheit in den Blick zu nehmen. Es
10 sind vielmehr auch die Randbedingungen und deren mögliche Änderung zu berücksichtigen,
11 die die Fähigkeit einer Gesellschaft beeinflussen, die mit der Zwischenlagerung verbundenen
12 Aufgaben dauerhaft verantwortungsvoll zu erfüllen.

13
14 Der hohe Spezialisierungsgrad der Behältertechnologie, die Wartungsarmut der Behälter selbst
15 und die nach Beendigung der Kernenergienutzung fehlende Inlandsnachfrage können dazu
16 führen, dass bereits in wenigen Jahrzehnten ein Erhalt der erforderlichen Kompetenzen in
17 Deutschland nicht mehr ohne weiteres vorausgesetzt werden kann. Ähnliches gilt für die
18 Fähigkeit zum Umgang mit den hoch radioaktiven Abfällen, sei es im Rahmen von
19 Behälterreparaturen, Umverpackung oder in Zusammenhang mit den auf eine
20 Langzeitzwischenlagerung folgenden Entsorgungsschritten bis hin zur Realisierung der
21 Endlagerung. Die Verfügbarkeit qualifizierten technischen, wissenschaftlichen und
22 administrativen Personals für eine zukünftige Nischen-Technologie der
23 Langzeitzwischenlagerung kann nicht als sicher gelten. Mit dem Verlust von Know-how
24 können aber Einbußen an der Qualität im Umgang mit den Abfällen einhergehen. Es wäre also
25 eine Herausforderung, die benötigten Kompetenzen in der erforderlichen Qualität über einige
26 hundert Jahre aufrecht zu erhalten.

27
28 Demografische Effekte wie Bevölkerungsrückgang und -konzentration in urbanen Räumen
29 können auf lange Sicht auch Fragen der Standortauswahl und der Auslegung von
30 Langzeitzwischenlagern beeinflussen. Je nach Standort wäre beispielsweise der Aufwand für
31 den Erhalt der erforderlichen externen Infrastruktur (Zufahrten, Medienversorgung) auf lange
32 Sicht zunehmend dem Lager selbst zuzurechnen, das ggf. der alleinige Nutzer der Infrastruktur
33 wäre.

34
35 Unter regulatorischen Gesichtspunkten wäre eine Langzeitzwischenlagerung hoch radioaktiver
36 Abfälle über einige hundert Jahre, unter Verzicht auf ein aktives Verfahren mit dem Ziel der
37 Endlagerung, mit dem heutigen nationalen und europäischen Rechtsrahmen nicht kompatibel.
38 Eine potenzielle Entscheidung in diese Richtung müsste also eine weitgehende Überarbeitung
39 der atomgesetzlich geregelten Verfahrens- und Verwaltungsgrundlagen inklusive des
40 untergesetzlichen Regelwerkes nach sich ziehen, verbunden mit einer grundsätzlichen
41 Neuorientierung der Sicherheitsphilosophie im Umgang mit hoch radioaktiven Abfällen. Für
42 die Genehmigung und deren Aufrechterhaltung wird es neuer Konzepte bedürfen, die geeignet
43 sind, mit Genehmigungsvorbehalten umzugehen, die sich aus den langfristig nicht
44 prognostizierbaren Einflüssen auf das Sicherheits- und Sicherheitskonzept ergeben.

45
46 Sinnvoller Weise müsste eine Langzeitzwischenlagerung in staatlicher Zuständigkeit erfolgen,
47 um die erforderliche Kontinuität zu ermöglichen. Hinsichtlich der mit der Genehmigung und
48 Aufsicht verbundenen Aufgaben läge es aus heutiger Sicht nahe, diese bei einer Behörde auf
49 Bundesebene zu konzentrieren, um Kompetenzen zu bündeln, Schnittstellen zu optimieren und
50 Kosten zu begrenzen. Insofern wären verschiedene Änderungen der heutigen
51 Zuständigkeitsverteilung bei der Zwischenlagerung erforderlich. Die Akteurs- und

1 Meinungsvielfalt im Zusammenhang mit der Langzeitzwischenlagerung wird während eines
2 langfristigen Betriebs sehr wahrscheinlich erheblich schwinden, so dass Prozesse
3 demokratischer Entscheidungsfindung unter Beteiligung von Öffentlichkeit und Stakeholdern
4 kaum möglich sein werden.

5
6 Die Finanzierung einer Langzeitzwischenlagerung wirft gegenüber der heutigen Praxis eine
7 Reihe offener Fragen auf, z. B. zum Begriff der Sicherstellung (§ 9a AtG), zur
8 Aufrechterhaltung des Verursacherprinzips, zur rückwirkenden Geltendmachung von
9 Mehrkosten oder zur Umwidmung von Rücklagen, die für die Endlagerung gebildet wurden.
10 Die Kosten für Errichtung, Betrieb und Überwachung der Zwischenlager wären zusätzlich zur
11 Endlagervorsorge aufzubringen. Der derzeit vorhandene Rechtsrahmen des Atomgesetzes bzw.
12 der Endlagervorausleistungsverordnung bedürfte einer entsprechenden Weiterentwicklung.

13
14 Unabhängig von der gewählten Ausführungsoption des Langzeitzwischenlagers dürfte der
15 erforderliche Zeitbedarf bis zu seiner Inbetriebnahme mehrere Jahrzehnte umfassen. Gar nicht
16 quantifizierbar ist dabei der vorlaufende Prozess des gesellschaftlichen und politischen
17 Diskurses, der zunächst zu einem Konsens für die Langzeitzwischenlagerung als
18 Paradigmenwechsel gegenüber der heutigen Sichtweise führen müsste. Unter den derzeit
19 gültigen genehmigungsrechtlichen Randbedingungen ist jedenfalls davon auszugehen, dass die
20 Inbetriebnahme eines geplanten Langzeitzwischenlagers nicht mehr während der derzeitigen
21 Laufzeit der bestehenden Zwischenlager möglich wäre.

22 23 5.4.2.3 Fazit

24
25 Eine heute zu treffende Entscheidung für eine Langzeitzwischenlagerung über einige Jahr-
26 hunderte wäre mit dem Eingeständnis verbunden, dass unter den heutigen
27 Sicherheitsanforderungen, der heutigen Risikowahrnehmung und den heutigen
28 gesellschaftlichen Randbedingungen keine Lösung für den dauerhaften Umgang mit hoch
29 radioaktiven Abfällen gefunden wurde, und dass die hiermit verbundenen Entscheidungen
30 deshalb von zukünftigen Generationen getroffen werden müssten.

31
32 Die Kommission lehnt deshalb eine Langzeitzwischenlagerung (mit einer Endlagerung in
33 einigen hundert Jahre) ab.

34
35 Die technischen Randbedingungen einer Langzeitzwischenlagerung sind aus heutiger Sicht
36 zwar vollständig beschreibbar, ihre langfristige Entwicklung über Zeiträume von einigen
37 Jahrhunderten ist aber nur eingeschränkt prognostizierbar. Außerdem werden einige Aspekte
38 gesellschaftlichen Wandels (z. B. Atomausstieg und Demografie) Herausforderungen für den
39 Erhalt eines Langzeitzwischenlagers bilden. Schließlich kann die gesellschaftliche Stabilität,
40 wie aus der Geschichte zu lernen ist, über so lange Zeiträume nicht vorausgesetzt werden.
41 Instabilitäten wie z.B. kriegerische Auseinandersetzungen und Einwirkungen Dritter müssten
42 in der Auslegung eines Langzeitzwischenlagers berücksichtigt werden. Freilich erscheint es
43 schwer vorstellbar, den sicheren Betrieb eines Langzeitzwischenlagers in Phasen schwerer
44 gesellschaftlicher Verwerfungen - wie z. B: einem Zusammenbruch der gesellschaftlichen
45 Ordnung - zu gewährleisten.

46
47 Die Planung einer Langzeitzwischenlagerung und die Aufrechterhaltung der Fähigkeit hierzu
48 über Jahrhunderte hinweg wirft eine ganze Reihe von Fragen auf und beinhaltet Unsicherheiten
49 und damit Risiken, die aus heutiger Sicht gegen eine aktive Verfolgung einer solchen Strategie
50 sprechen. Nichts desto trotz mag der Gesellschaft eine Langzeitzwischenlagerung aufgenötigt
51 werden, wenn es nicht gelingt die angestrebte Endlagerung zu realisieren. Die Kommission

1 betrachtet es daher als sinnvoll und notwendig, insbesondere die mit der Alterung von Behältern
2 und Inventaren verbundenen Effekte im Blick zu behalten und hier auch in Zukunft
3 Anstrengungen für weitere Erkenntnisgewinne zu unternehmen.

4

5

6 Verwendete Literatur

7 TÜV Nord ENSYS, Öko-Institut e.V. (2015). Gutachten zur Langzeitzwischenlagerung
8 abgebrannter Brennelemente und verglaste Abfälle. K-MAT 44

9