

6.7 Anforderungen an Behälter - **ENTWURF 12.02.2016**

Die Kommission hat sich in ihrer Arbeitsgruppe 3 mit den Anforderungen an die Behälter zur Endlagerung hoch radioaktiver Abfälle im Rahmen der 14. Arbeitsgruppensitzung am 24.11.2015 befasst und sich in diesem Zusammenhang durch Vorträge von zwei Experten über den aktuellen Sachstand informiert¹. Im Endlagersystem stellt der Abfallbehälter eine wesentliche technologische Barriere dar, die in den Phasen der Endlagerung unterschiedliche Bedeutung hat. In der Phase der Einlagerung kommt dem Behälter die maßgebliche Schutzfunktion zu. Im verschlossenen Einlagerungsbereich muss die Schutzfunktion des Behälters erhalten bleiben, um über einige Dekaden die Rückholbarkeit zu ermöglichen. In der Nachbetriebsphase muss die Behälterintegrität über einige hundert Jahre bestehen bleiben, um als Notfalloption eine Bergung durchführen zu können. In wieweit über diesen Zeitraum hinaus Kredit von der Barrierefunktion des Behälters genommen wird, ist von dem jeweiligen Endlagerkonzept abhängig. Der im Endlagerkonzept angelegte Zeitrahmen über den Erhalt der Barrierefunktion des Behälters bestimmt maßgeblich die Anforderungen, die an das Langzeitverhalten des Behälters zu stellen sind.

6.7.1 Anforderungen an Behälter

Regulatorische Anforderungen an Abfallbehälter für die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle finden sich in Deutschland in generischer Form in den Sicherheitsanforderungen des BMU von 2010². Bisher wurde kein Bedarf für eine detaillierte Anforderungsentwicklung gesehen. Diese Aufgabe sollte gemäß früherem Verständnis im Zusammenhang mit der Entwicklung eines Endlagerkonzeptes und der Erstellung einer Sicherheitsanalyse für den Standort erfolgen, da Teile der Behälteranforderungen abhängig vom Endlagerstandort zu spezifizieren sind. Unabhängig vom Standort lassen sich aber die grundsätzlichen Anforderungen an einen Abfallbehälter mit den Begriffen "Einschluss", "Abschirmung", "Wärmeabfuhr und Kritikalitätssicherheit" umreißen:

Die Behälterfunktion Einschluss muss einen direkten Kontakt der Abfälle mit ihrer Umgebung sicher verhindern. Durch die Abschirmungsfunktion des Behälters wird die von den Abfällen ausgehende Strahlung reduziert oder verhindert. Die Behälterauslegung zur Wärmeabfuhr sorgt dafür, dass die Zerfallswärme in ausreichendem Maß an die Umgebung abgeführt wird. Kritikalitätssicherheit steht dafür, dass durch Konstruktion und Beladung des Behälters der enthaltenen Kernbrennstoffe sicher im unterkritischen Zustand gehalten wird.

Diese Anforderungen gelten sowohl im Normalbetrieb als auch unter auslegungsrelevanten Störfällen wie beispielsweise Brand, Behälterabsturz oder Kollision. Weitere Anforderungen resultieren aus den betrieblichen Vorgängen im Endlager. Hierzu gehören Handhabbarkeit und Transportierbarkeit im Endlager sowie die Minimierung der Strahlenexposition für das Personal. Bestimmend für die Handhabbarkeit eines Behälters sind seine Größe, Gewicht und Auslegung.

Diese Anforderungen sind unabhängig vom Endlagerstandort einzuhalten. In angepasster Form gelten sie bereits für die vorgeschaltete Zwischenlagerphase. Die konkrete Behälterauslegung für das Endlager ist aber standortspezifisch insbesondere in Abhängigkeit vom Wirtsgestein zu definieren. Dazu gehört besonders die Wärmeabfuhr und die Handhabung des Behälters untertage. Da die Wärmeleitfähigkeit der einzelnen Wirtsgesteine unterschiedlich hoch ist, muss dem absoluten Wärmeeintrag und dem Wärmeübergang von Behälter zu Verfüllmaterial und Wirtsgestein bei der Behälterauslegung Rechnung getragen werden. Die Hohlraum-

¹ Vgl. Wortprotokoll der 14. Sitzung öffentlicher Teil Arbeitsgruppe 3

² Vgl. BMU (2010): Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle

1 stabilität eines Wirtsgesteins beeinflusst die spätere Ausgestaltung des Einlagerungsberg-
2 werks und der möglichen Handhabungstechniken untertage. Diese beschränken ggf. Behälter-
3 abmessungen und Massen des Behälters und sind bei der Auslegung zu berücksichtigen. Auch
4 der Gebirgsdruck ist standortspezifisch und im Zusammenhang mit der Hohlraumverfüllung
5 hinsichtlich des Erhalts der Behälterintegrität zu bewerten. Des Weiteren werden spezifische
6 Auslegungsstörfälle zu betrachten sein.

7 8 6.7.2 Anforderungen der Rückholbarkeit und der Bergbarkeit 9

10 Rückholbarkeit und Bergbarkeit erfordern eine deutlich verlängerte Langzeitstabilität der Be-
11 hälter. Die genannten Behälteranforderungen müssen über den hierfür geforderten Zeitraum
12 ganz oder teilweise erhalten bleiben.

13 Die BMU-Sicherheitsanforderungen von 2010 fordern als Rückholoption, dass der Behälter in
14 der Betriebsphase des Endlagers bis zum Verschluss der Schächte oder Rampen rückholbar
15 ist. Diese Phase ist mit einem Auslegungszeitraum von längstens 100 Jahren abgedeckt³. Für
16 einen Zeitraum von 500 Jahren muss der Behälter unter der Annahme wahrscheinlicher Ent-
17 wicklungen bergbar sein. „Dabei ist die Vermeidung von Freisetzungen radioaktiver Aerosole
18 zu beachten.“⁴

19 Im Falle einer Rückholung kann angenommen werden, dass auf die Technologie der Einlage-
20 rung zurückgegriffen werden kann. Diese ist noch bekannt und am Einlagerungsstandort ver-
21 fügbar. Der Behälter entspricht idealerweise in seiner Qualität dem Zeitpunkt der Einlage-
22 rung. Im Hinblick auf die Behälteranforderungen bedeutet dies, dass der Behälter den Belas-
23 tungen durch radioaktive Strahlung, Gebirgsdruck, Temperaturverhältnisse im und am Behäl-
24 ter, Korrosion und den abgelaufenen Handhabungsvorgängen über 100 Jahre standhalten
25 muss. Die Beanspruchungen sind vom Wirtsgestein abhängig und müssen möglichst genau
26 prognostiziert werden. Daraus resultieren Anforderungen, die die mechanische Stabilität des
27 Behälters und seine Korrosionsfestigkeit betreffen. Abhängig vom Wirtsgestein und den er-
28 wartbaren Endlagerbedingungen sind ein geeignetes Behältermaterial und Anforderungen an
29 Wandstärken festzulegen.

30 Mit Sicherheitsnachweisen muss die Machbarkeit der Rückholung belegt und durch ein
31 Rückholkonzept untersetzt werden. Das Rückholungskonzept muss eventuell auch Ertüchti-
32 gungsmaßnahmen oder Reparaturkonzepte für die Behälter vorsehen.

33 Eine Bergung der Abfallbehälter wird grundsätzlich als Notfalloption betrachtet. Bei einer
34 Bergung ist davon auszugehen, dass die Einlagerungstechnologie nicht mehr vorhanden, ggf.
35 auch nicht mehr bekannt ist. Ferner ist der Auslegung im Hinblick auf die Bergbarkeit zu-
36 grunde zu legen, dass der Behälter zum Zeitpunkt einer Bergung über 500 Jahre radioaktiver
37 Strahlung, der Wärmeleistung des Inventars und dem Gebirgsdruck ausgesetzt war. Chemi-
38 sche Wechselwirkungen mit dem Behältermaterial resultieren aus Mineralien der Versatzstof-
39 fe und des Wirtsgesteins, ggf. unter Wasserangebot. Hinsichtlich Korrosion sind die ungüns-
40 tigsten Verhältnisse zu berücksichtigen. Um eine Bergung zu ermöglichen, müssen die we-
41 sentlichen Sicherheitsfunktionen des Behälters für den Zeitraum der Bergbarkeit (500 Jahre)
42 erhalten bleiben. Das sind der dichte Einschluss des radioaktiven Inventars und die Sicherstel-
43 lung der Unterkritikalität. Der Behälter muss so ausgelegt sein, dass Korrosionsschäden unter
44 erwartbaren Bedingungen möglichst gering bleiben. Als weitere Anforderung ist die Aerosol-
45 dichtigkeit in den BMU-Sicherheitsanforderungen genannt.

46 Mit der Verlängerung des Betrachtungszeitraums im Hinblick auf die Bergbarkeit geht ein
47 Mehr an erforderlichen Sicherheitsmargen einher. Zu den Anforderungen an Behältermaterial
48 und Wandstärken kommen insbesondere Anforderungen an den Behälterdeckel und seine
49 Dichtungswirkung. Es ist zu definieren, welche Dichtheit des Behälters und seiner Kompo-

³ Vgl. K-Drs. / AG3-47, Seite 3

⁴ BMU (2010), Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle

1 nenten für die Bergbarkeit ausreichend ist. In einem Bergungskonzept muss die Machbarkeit
2 dargestellt werden.

3 Rückholbarkeit und Bergbarkeit des Abfallbehälters sind jeweils nachzuweisen. Dies stellt
4 aufgrund der Zeiträume, die zu prognostizieren sind, eine Herausforderung dar. Aus den un-
5 terschiedlichen Wirtsgesteinen werden zudem unterschiedliche Anforderungen resultieren, so
6 dass ggf. für jedes Wirtsgestein ein eigenes Behälterkonzept erforderlich sein kann.

7 Die Kommission empfiehlt, hierfür ausreichend Zeit einzuplanen.

8 9 6.7.3 Stand der Technik

10
11 Erfahrungen mit Behälterentwicklungen sind in Deutschland umfangreich vorhanden. Für die
12 Zwischenlagerung wärmeentwickelnder Abfälle werden aktuell eine Bandbreite unterschied-
13 licher Behälter genutzt. Transport- und Lagerbehälter der Typfamilie Castor® finden stan-
14 dardmäßig Verwendung für Transport und Zwischenlagerung hoch radioaktiver Abfälle. Au-
15 ßerdem wurden in der Vergangenheit in Deutschland Behälterkonzepte vom Typ Pollux®
16 sowie als Alternative hierzu das Konzept der Brennstabkockille (BSK3) entwickelt. Die Behäl-
17 terkonzepte orientieren sich an den zum Entwicklungszeitpunkt vorgegebenen Bedingungen.
18 Aus dieser Situation ergeben sich für die Weiterentwicklung die Varianten einer Ertüchtigung
19 der Castor®-Behältertypen oder einer Weiterentwicklung des Pollux®, bzw. des BSK3-
20 Behälterkonzepts, oder aber eine Entwicklung von wirtsgesteinsspezifischen Behälterkonzep-
21 ten.

22
23 Vorteile einer Ertüchtigung der bereits genutzten Castor®-Behälter wären, dass Kenntnisse
24 zum Alterungsverhalten der Behälter aus der Zwischenlagerphase vorhanden sind oder sein
25 werden (Inspektionen, wiederkehrende Prüfungen) und weitere Handhabungs- oder Konditio-
26 nierungsschritte sowie die getrennte Entsorgung der benutzten Behälter entfallen könnten.
27 Zudem haben sich die Behälter hinsichtlich ihrer Abschirm- und Einschlusswirkung bewährt.
28 Ein Nachteil könnte die zum Zeitpunkt der Endlagerung erreichte Voralterung sein. Zudem
29 sind viele unterschiedliche Castor®-Behälter im Einsatz, was entsprechend viele Handha-
30 bungskonzepte zur Folge hätte. Größen und Massen der Castor-Behälter (bis zu 145 Tonnen)
31 stellen eine Herausforderung der bergmännischen Handhabung dar. Die großen Behälter ha-
32 ben im beladenen Zustand zudem eine hohe Wärmeleistung. Die im Rahmen einer Anhörung
33 hierzu vorgetragenen Expertenmeinungen⁵ lassen die grundsätzliche Machbarkeit einer Er-
34 tüchtigung der Castor®-Typen, zumindest hinsichtlich der Einlagerungsphase und der Phase
35 der Rückholbarkeit, annehmen.

36 Sowohl das Referenzkonzept Pollux® als auch das Alternativkonzept BSK3 wurden für eine
37 Endlagerung im Steinsalz entwickelt. Für andere Wirtsgesteine wären Anpassungen zu entwi-
38 ckeln. Beide Konzepte sind derzeit nicht auf dem neuesten Stand von Wissenschaft und
39 Technik und müssten intensiv überarbeitet werden, insbesondere weil die damaligen Anforde-
40 rungen nicht mehr den heutigen entsprechen. Eine Anpassung an aktuelle Anforderungen
41 wird im Expertenkreis ebenfalls für prinzipiell machbar, aber nicht unbedingt für sinnvoll
42 gehalten.

43 Eine Neuentwicklung von Abfallbehältern böte den Vorteil, das oder die Behälterkonzept(e)
44 den Anforderungen exakt anpassen zu können. Insbesondere die Anforderungen zu Rückhol-
45 barkeit und Bergbarkeit wären in ein entsprechendes Behälterdesign umzusetzen. Nachteil ist,
46 dass die Konzeptentwicklung Zeit benötigt und daher frühzeitig angestoßen werden muss.
47 Aufgrund der wirtsgesteinsspezifischen Anforderungen wird zudem zunächst die Entwicklung
48 von mindestens drei Abfallbehälterkonzepten, eines für jedes Wirtsgestein, ggf. modifiziert
49 um horizontale oder vertikale Lagerung, erforderlich sein. Die Verwendung eines neuen Be-

⁵ Vgl. K-Drs. /AG3-49 und K-Drs. /AG3-51

hälters erfordert außerdem eine entsprechende Konditionierungs-/ Umladeeinrichtung. Zusätzliche Sekundärabfälle sowie die benutzten Castor®-Behälter wären zu entsorgen. Neben den Erfahrungen in Deutschland kann für die Behälterentwicklung in verschiedenen Wirtsgesteinen auf internationale Kenntnisse (z.B. auf skandinavische, französische oder Schweizer Behälterkonzepte) zurückgegriffen werden. Voraussetzung für eine Behälterentwicklung ist das Vorliegen von Anforderungen. Hierzu sollte für jedes Wirtsgestein das Spektrum an Behälter-Anforderungen ausgelotet werden. Mit zunehmenden Kenntnissen, auch hinsichtlich der Machbarkeit, können Anforderungen spezifiziert und das Behälterkonzept angepasst und optimiert werden.

6.7.4 Terminierung und Umsetzung der Behälterentwicklung/-ertüchtigung

Die Entwicklung geeigneter Behälterkonzepte erfordert Zeit. In K-Drs. /AG3-51 werden mindestens fünf bis sieben Jahre veranschlagt. Mit einer Erprobungsphase sowie dem erforderlichen Eignungsnachweis wird sich der Zeitraum bis zur Behälterzulassung deutlich verlängern. So kann ein Zeitbedarf von einigen Dekaden entstehen.

Die Kommission sieht die Notwendigkeit, im Rahmen des Standortauswahlverfahrens frühzeitig wirtsgesteinsspezifische Endlagerkonzepte verfügbar zu haben. Hierzu gehören auch entsprechende Behälterkonzepte, die entsprechend dem Verlauf des Standortauswahlverfahrens iterativ weiter zu entwickeln sind. Die Kommission empfiehlt daher, diesen Prozess baldmöglichst anzustoßen. Dabei ist klar darzulegen, welcher Akteur welche Rolle übernehmen wird.

Voraussetzung für die Entwicklung von Behälterkonzepten ist das Vorhandensein von Anforderungen. Es ist Aufgabe der Regulierungsbehörde, Anforderungen an den Behälter so weit zu konkretisieren, dass deren Entwicklung erfolgen kann. Im nächsten Schritt muss die Entwicklung der Behälter angestoßen werden. Parallel sollte auch geprüft werden, inwieweit vorhandene Castor® Behälter aus der Zwischenlagerung so weit ertüchtigt werden können, dass sie den Anforderungen der Endlagerung genügen. Da sowohl die zukünftige Standorterkundung als auch die Behälterentwicklung zu weiterführenden Erkenntnissen führen werden, sollte das Verfahren als iterativer Prozess angelegt werden, der eine Weiterentwicklung entsprechend des sich entwickelnden Kenntnisstandes auch nach einer erfolgten Standortentscheidung ermöglicht.

Es ist zu berücksichtigen, dass die Entscheidung für ein Wirtsgestein letztlich erst mit der finalen Standortentscheidung fallen wird. Erst mit dieser Entscheidung kann die Behälterentwicklung zum Abschluss gebracht werden. Für die Entscheidung muss aber im Rahmen der Sicherheitsanalysen ein bewertbares Behälterkonzept vorhanden sein. Auch deshalb bietet sich ein iterativer Prozess an, in dem zunächst wirtsgesteinsspezifische Anforderungen an Behälter für alle drei Gesteinsarten ggf. in drei Konzepten mitgeführt werden.

- 1 Verwendete Literatur
- 2 Völzke, Holger. Stellungnahme zur Rückholung und Bergung von Behältern. K-Drs. /AG3-47
- 3 Völzke, Holger. Technische Anforderungen an Endlagerbehälter hinsichtlich ihrer Rückhol-
- 4 barkeit und Bergbarkeit. K-Drs. /AG3-49
- 5 Schneider-Eickhoff, Ralf. Rückholbarkeit / Bergbarkeit von Endlagerbehältern - Anforderun-
- 6 gen an das Behälterdesign. K-Drs. /AG3-51
- 7 Wortprotokoll der 14. Sitzung öffentlicher Teil Arbeitsgruppe 3 - Gesellschaftliche und tech-
- 8 nisch-wissenschaftliche Entscheidungskriterien sowie Kriterien für Fehlerkorrekturen; Berlin,
- 9 den 24. November 2015
- 10 Audio-Datei der 17. Sitzung öffentlicher Teil Arbeitsgruppe 3 - Gesellschaftliche und tech-
- 11 nisch-wissenschaftliche Entscheidungskriterien sowie Kriterien für Fehlerkorrekturen; Berlin,
- 12 den 02. Februar 2016
- 13 BMU (2010): Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver
- 14 Abfälle, Stand 30. September 2010