

Thesenpapier des RSK-Ausschusses VER- UND ENTSORGUNG zu sicherheitstechnischen Anforderungen an die längerfristige Zwischenlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle

Fassung vom 10.01.2002

Erstellt im Auftrag des RSK-Ausschusses Ver- und Entsorgung von einer Ad-hoc-Arbeitsgruppe unter Mitarbeit von H. Bröskamp, H.-W. Drotleff, W. Neumann, R. Odoj, D. Rittscher und J. B. Zech und verabschiedet vom RSK-Ausschuss VER- UND ENTSORGUNG in seiner 18. Sitzung am 18.10.2001

Der RSK-Ausschuss VER- UND ENTSORGUNG erarbeitet derzeit Sicherheitsanforderungen für die längerfristige Zwischenlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle. Dies geschieht in zwei Schritten. Dieses Thesenpapier stellt den Abschluss des ersten Schrittes dar, in dem die Grundlinien der Anforderungen und Empfehlungen dargestellt werden. In einem zweiten Schritt sollen detaillierte Regelungen folgen.

Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung
 - 1.1 Derzeitiger Stand und Beurteilungskriterien
 - 1.2 Beratungsbedarf des BMU
- 2 Schutzziele und Sicherheitsanforderungen
- 3 Erfahrungsstand mit längerfristiger Zwischenlagerung
 - 3.1 Gasbildung
 - 3.2 Gebindeeigenschaften
- 4 Technische Umsetzung und weiteres Vorgehen
 - 4.1 Technische Anforderungen
 - 4.1.1 Abfallgebinde
 - 4.1.2 Dokumentation
 - 4.1.3 Zwischenlagerbetrieb
 - 4.2 Qualitätssicherung
 - 4.2.1 Ablauf der Produktkontrolle
 - 4.2.2 Eingangskontrolle
 - 4.3 Altabfallgebinde
- 5 Thesen
- 6 Literatur

1 Einleitung

Der RSK-Ausschuss VER- UND ENTSORGUNG (RSK-VE) hat sich auf seiner 13. Sitzung am 15.02.2001 mit den Fragestellungen im Zusammenhang mit der längerfristigen Zwischenlagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen befasst. Beratungsgegenstand waren dabei ein Bericht der schleswig-holsteinischen Aufsichtsbehörde über Vorfälle an Altabfällen in der Landessammelstelle Geesthacht sowie eine Konzeptstudie des TÜV Süddeutschland zur längerfristigen Zwischenlagerung leicht-/mittelradioaktiver Abfälle vom Oktober 2000. In beiden Vorträgen und in nachfolgenden Sitzungen standen die Fragen im Zusammenhang mit dem langfristigen Erhalt des Aktivitätseinschlusses und mit der zuverlässigen Dokumentation der eingelagerten radioaktiven Stoffe - sowohl im Hinblick auf die Einhaltung der Genehmigungsaufgaben für den Betrieb des Lagers als auch als Grundlage für die Dokumentation zur späteren Einlagerung in ein Endlager - im Vordergrund.

Nach Auffassung von RSK-VE bilden diese Diskussionen einen geeigneten Ausgangspunkt, um die sicherheitstechnischen Aspekte bei der längerfristigen Zwischenlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle geschlossen darzustellen, und um die für ein bundesweit einheitliches Vorgehen relevanten Fragestellungen zu definieren und Lösungswege aufzuzeigen. Durch möglichst rasche Endlagerung dieser Abfälle, sollte jedoch die unnötig lange Zwischenlagerung vermieden werden.

1.1 Derzeitiger Stand und Beurteilungskriterien

Die in Betracht gezogenen schwach- und mittelradioaktiven Abfälle stammen sowohl aus dem Betrieb und dem Rückbau von kerntechnischen Anlagen als auch aus der sonstigen Verwendung radioaktiver Stoffe in Industrie, Medizin und Forschung. Sie werden derzeit entweder in den Lagern bzw. zentralen oder dezentralen Zwischenlagern an den Standorten der Kernkraftwerke oder Landessammelstellen gelagert. Schwach- und mittelradioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung im Ausland werden hier nicht behandelt. Für eine längerfristige Zwischenlagerung dieser Abfälle gelten grundsätzlich die gleichen Anforderungen.

Ein Teil der Abfälle liegt in nicht konditionierter Form vor. Bei den bisher vorliegenden Spezifikationen für die Konditionierung der Abfälle wurde davon ausgegangen, dass die konditionierten Abfälle nur noch vergleichsweise kurze Zeit (einige Jahre) gelagert bzw. bei der Einlagerung ins Endlager gehandhabt werden müssen und dass danach keine Anforderungen hinsichtlich Aktivitätseinschluss mehr bestehen. Da aus heutiger Sicht nicht ausgeschlossen werden kann, dass die Inbetriebnahme eines Endlagers für diese radioaktiven Abfälle erst um das Jahr 2030 erfolgen wird, muss eine Lagerung über einen Zeitraum von ca. 40 Jahren in Betracht gezogen werden.

Ziel dieses Thesenpapiers ist es, alle sicherheitstechnisch relevanten Einflussparameter, die sich aus einer Zwischenlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle über einen Zeitraum von ca. 40 Jahren ergeben, zu erfassen und zu bewerten. Gleichzeitig sollen auch alle Randbedingungen betrachtet werden, die aus heutiger Sicht vor einer Zwischenlagerung der Abfälle für die endgültige Einlagerung in ein Endlager zu klären sind.

Der Beurteilung der sicherheitstechnischen Anforderungen aus der längerfristigen Zwischenlagerung liegen das Atomgesetz (AtG) /1/, die Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) /2/, die BMU-Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die nicht an eine Landessammelstelle abgeliefert werden /3/, soweit die entsprechenden Regelungen nicht durch die §§ 72 ff der Strahlenschutzverordnung abgelöst sind, die Endlagerungsbedingungen für die Schachanlage Konrad /4/ und das Endlager Morsleben /5/ zugrunde. Darüber hinaus wurden die BMU-Musterbenutzungsordnung für Landessammelstellen /6/ und die Annahmebedingungen und Benutzungsordnungen für Zwischenlager für leicht- und mittelradioaktive Abfälle /beispielhaft 7,8/ zur Bewertung herangezogen.

1.2 Beratungsbedarf des BMU

Der Beratungsbedarf des BMU ergibt sich einerseits aus den Fragen im Zusammenhang mit der Sicherheit der Lagerung der Abfälle über einen wesentlich längeren Zeitraum als früher angenommen (Schutz des Betriebspersonals und der Umgebung bei bestimmungsgemäßem Betrieb und bei Störfällen), andererseits aus seiner Zuständigkeit für ein Endlager für diese Abfälle und die dafür einzuhaltenden Annahmebedingungen. Die derzeitige Lagerung und Konditionierung der Abfälle muss so erfolgen, dass eine Endlagerung möglichst ohne umfangreiche zusätzliche Maßnahmen erfolgen kann. Zumindest dürfen für die Zwischenlagerung keine Schritte unternommen werden, die einer späteren Endlagerung entgegenstehen.

Im Einzelnen ergibt sich ein Beratungsbedarf zu folgenden Fragestellungen /9/:

- Aufrechterhaltung der Barrierefunktion der Behälter
- Vermeidung der Entwicklung relevanter Gasmengen aus den Abfallprodukten
- Vermeidung von Faul- und Gärvorgängen sowie von Radiolyseprozessen in den Abfallprodukten
- Vermeidung sonstiger physikalisch-chemischer Vorgänge (z. B. Säurebildung) an den Abfallprodukten, die sich auf die Integrität der Behälter negativ auswirken können,
- Integrität der Abfallbehälter unter Berücksichtigung mechanischer Schäden und von Korrosionsvorgängen
- Eignung der verwendeten Dichtungsmaterialien (z.B. im Hinblick auf Zersetzungsreaktionen)
- Handhabung und Transport der Gebinde
- Berücksichtigung vorgenannter Anforderungen bereits vor Beginn der Zwischenlagerung bei der Konditionierung und der Dokumentation der Abfälle

- Vermeidung umfangreicher Nachkonditionierungsmaßnahmen bzw. Nachmessungen
- ausreichende Dokumentation der Abfallbehandlung, der Eigenschaften des Abfallprodukts und -behälters sowie des Aktivitätsinventars
- Klärung der Anforderungen bei der Konditionierung der Abfälle (entsprechend der Anforderungen für das Endlager Konrad /4/ oder anderer Vorgaben)

Der BMU hat dem BfS einen Auftrag erteilt, die Anforderungen für das Endlager Konrad im Sinne standortunabhängiger Vorgaben fortzuschreiben. Der RSK-Ausschuss VER- UND ENTSORGUNG hält dies für erforderlich und empfiehlt, das vorliegende Thesenpapier bei der Bearbeitung dieses Auftrags zu berücksichtigen.

2 Schutzziele und Sicherheitsanforderungen

Bei der Aufbewahrung von Reststoffen und Abfällen sind folgende Fälle zu unterscheiden und werden im vorliegenden Thesenpapier berücksichtigt :

- Pufferlagerung von radioaktiven Reststoffen oder radioaktiven Abfällen bis zur weiteren Konditionierung bzw. Behandlung
- Abklinglagerung von radioaktiven Reststoffen zum Zweck einer späteren Freigabe oder einer späteren, unter günstigeren radiologischen Bedingungen durchführbaren Konditionierung oder Endlagerung
- längerfristige Zwischenlagerung.

Schutzziele und Sicherheitsanforderungen bestehen hinsichtlich

- Verpackung der radioaktiven Reststoffe oder radioaktiven Abfälle
- Konditionierung der radioaktiven Reststoffe oder radioaktiven Abfälle
- eigentlichen Zwischenlagerung
- interner Handhabung und Transporte am Standort und
- Abgabe an das Endlager.

Die Anlagen für die Zwischenlagerung der LAW/MAW-Abfälle und radioaktiven Reststoffe sind i. a. für die Handhabung und Lagerung umschlossener radioaktiver Stoffe ausgelegt; d. h. die Abfallbehälter übernehmen die Aufgabe des sicheren Aktivitätseinschlusses. Für eine sichere Zwischenlagerung muss daher dieser Aktivitätseinschluss während des gesamten Lagerzeitraums gewährleistet bleiben.

Eine Konzeption des Lagers für den Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen ist ebenfalls zulässig, erfordert jedoch im Hinblick auf die zu unterstellenden Ableitungen radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser

zusätzliche technische Aufwendungen zur gezielten Luftführung und zur messtechnischen Erfassen der Emissionen.

Die durch die Lagerung bedingte Strahlenexposition oder Kontamination von Personal und Umwelt ist so gering wie möglich zu halten (§ 6 StrlSchV). Dies betrifft insbesondere die Strahlenexposition des im Lager beschäftigten Personals bei der Handhabung, Prüfung und Inspektion von Abfallgebinden. Daher soll der Umfang der Überwachungsmaßnahmen, die zur Einhaltung der Schutzziele während der Zwischenlagerung an den einzelnen Abfallgebinden und in der Lagerhalle durchzuführen sind, unter Beachtung der sicherheitstechnischen Erfordernisse so gering wie möglich sein. Aus diesem Grund sollen die Abfallgebinde (Abfallbehälter und Abfallprodukt) im Hinblick auf die längerfristige Zwischenlagerung sicher und wartungsfrei sein. Hieraus ergeben sich verschiedene Anforderungen an Abfallprodukt und -behälter, die zum Teil restriktiver sind als die von einem Endlager gestellten Anforderungen.

Zu den bei der Zwischenlagerung einzuhaltenden Anforderungen zählt, dass die Abfallprodukte keine Gasmengen entwickeln, die zu einem unzulässigen Druckaufbau in den Abfallgebinden bzw. der Bildung brennbarer/explosionsfähiger Gasgemische in einem Lagerabschnitt führen können. Ursachen für die Gasbildung können chemische Reaktionen (Korrosion von Metallen), Faul- und Gärvorgänge sowie Radiolyseprozesse im Abfallprodukt sein.

Zur Aufrechterhaltung der Barrierefunktion der Behälter dürfen die Abfallprodukte außerdem keine sonstigen physikalisch-chemischen Vorgänge (z. B. Säurebildung) auslösen, die sich auf die Integrität der Behälter negativ auswirken können. Die Integrität der Abfallbehälter darf weder durch betrieblich zu unterstellende mechanische Schäden noch durch Korrosionsvorgänge beeinträchtigt werden. Wenn bei den Behältern für den Einschluss des gasförmigen radioaktiven Inventars Dichtungssysteme verwendet werden, müssen diese eine Rückhaltung des radioaktiven Inventars über den Zwischenlagerzeitraum sicherstellen bzw. die Emissionen ausreichend begrenzen.

Um die Abfälle nach einer längerfristigen Zwischenlagerung in ein Endlager verbringen zu können, müssen die Gebinde sicher gehandhabt werden können, transportfähig (ggf. in entsprechenden Überbehältern und Containern) sein und - ggf. nach einer entsprechenden Konditionierung - die dann gültigen Endlagerungsbedingungen erfüllen. Dies ist bereits vor Beginn der Zwischenlagerung bei der Konditionierung und der Dokumentation der Abfälle zu berücksichtigen, um zusätzliche Nachkonditionierungsmaßnahmen bzw. Nachmessungen zu vermeiden. Hierzu ist notwendig, dass die Abfallverursacher, die Herkunft der Abfälle, die Abfallbehandlung, die Eigenschaften des Abfallprodukts und -behälters und das Aktivitätsinventar entsprechend dokumentiert sind. Diese Dokumentation ist nach Vorgaben der zuständigen Aufsichtsbehörden zu erstellen und bei endlagerungsgerechter Konditionierung zusätzlich mit dem BfS abzustimmen. Sie soll alle Informationen, die für die spätere Endlagerung erforderlich sind, enthalten. Altgebinde, die nicht unter Berücksichtigung obiger Anforderungen hergestellt und dokumentiert wurden, sind unter Beachtung der örtlichen Gegebenheiten und des Strahlenschutzes einer Überprüfung und ggf. Nachqualifikation zu unterwerfen.

3 Erfahrungsstand mit längerfristiger Zwischenlagerung

3.1 Gasbildung

In den Abfallgebinden können durch verschiedene Mechanismen Gase verbraucht, gebildet und freigesetzt werden. Als Hauptursache für die Gasbildung in radioaktiven Abfällen können folgende Effekte angesehen werden:

- Korrosion von Metallen
- Bakterielle Zersetzung organischer Materialien
- Radiolytische Zersetzung.

Aufgrund der bisherigen Erfahrungen aus der Zwischenlagerung und experimentellen Untersuchungen können Abfallgebinde mit lose eingestellten oder verpressten, getrockneten Mischabfällen und - bei geeigneter Konditionierung - mit zementierten Abfallprodukten oder mit Aschen über einen Zeitraum von fünfzehn bis 20 Jahren ohne Druckaufbau sicher gelagert werden. Einige Fälle zeigten jedoch auch, dass im Verlaufe der Zwischenlagerung eine erhebliche Entwicklung von inaktiven Gasen eintreten und zum Druckaufbau im Behälter führen kann.

Bei der Bewertung dieser vorliegenden Erfahrungen sind die Abfallart, die durchgeführte Konditionierung und die Bedingungen bei der Zwischenlagerung zu berücksichtigen. Die Erfahrungen und Ergebnisse von experimentellen Untersuchungen zeigen, dass von der Bildung inaktiver Gase insbesondere Gebinde mit lose eingestellten Mischabfällen oder mit hochdruckverpressten Mischabfällen ohne Nachtrocknung betroffen sind. Dominierend ist hier die Bildung von H_2 und CO_2 , die Bildung von CH_4 ist vergleichsweise unbedeutend.

3.2 Gebindeeigenschaften

Bei durchgeführten Überprüfungen der Lagerung von Abfallgebinden wurde der Zustand der Verpackung erfasst. Die Überprüfungen erfolgten i. d. R. durch äußere Kontrolle (Korrosion, Geometrie). Die längerfristige Zwischenlagerung von Abfällen in Beton- oder Gussbehältern sowie Beton- oder Gusscontainern ist - bezogen auf die Eigenschaften der Verpackungen - nach den bisherigen Erfahrungen keinen Einschränkungen unterworfen.

Eine längerfristige Zwischenlagerung von Abfallprodukten in Fässern oder Stahlblechcontainern ist aufgrund der vorliegenden Erfahrungen auch über längere Zeiten ebenfalls möglich. Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass der äußere und innere Korrosionsschutz der Behälter intakt sind und das Abfallprodukt nur eine geringe Feuchte aufweist.

Infolge eines beschädigten Korrosionsschutzes können während der Zwischenlagerung derart massive Korrosionserscheinungen auftreten, dass die Integrität des Behälters bei Handhabung und Transport nicht mehr sichergestellt ist. Beispiele belegen, dass durch unvorsichtiges Befüllen der Behälter, durch

Einwirkungen beim Transport der Abfallgebinde oder durch ungeeignete Bestandteile im Abfallprodukt (z. B. Lösemittel) die Korrosionsschutzschicht beschädigt werden kann. Im Verlauf der längerfristigen Lagerung kann die im Abfall enthaltene Restfeuchte an den Behälterwänden kondensieren, wobei dann die beschädigten Stellen der Korrosionsschutzschicht die bevorzugten Angriffspunkte für die Korrosion bilden. Auch bei In-Fass-Zementierung kann durch die Rührbewegung und die Reibung der Zementmischung eine erodierende Wirkung auf die Korrosionsschutzschicht erfolgen. Durch geeignete Konditionierungsverfahren oder Betriebsregelungen und Schutzmaßnahmen kann jedoch dafür Sorge getragen werden, dass derartige Beschädigungen nicht auftreten bzw. dass keine für die Integrität der Verpackung schädlichen Bestandteile in den Behälter gelangen.

Die vorliegenden Erfahrungen weisen jedoch auch darauf hin, dass eine intakte Korrosionsschutzschicht allein eine Korrosion nicht zuverlässig verhindern kann. Deshalb muss bei nicht zementierten Abfällen die Feuchtigkeit bis auf sinnvoll erreichbare und nicht vermeidbare Restbestandteile aus dem Abfallprodukt entfernt werden. Hierfür ist ggf. eine Trocknung der Abfallgebinde erforderlich. Bei der Verpackung von Abfällen in Stahlblechcontainern ist das Einbringen einer Trockenvorlage, z. B. in der Form von Zement, allein für eine Langzeitzwischenlagerung nicht ausreichend. Auch hier sollte eine vorgeschaltete Trocknung vorgesehen werden, falls Feuchtigkeit nicht zuverlässig auszuschließen ist.

Die für die Zwischenlagerung verwendeten Hallen sind i. a. nicht mit Einrichtungen zur Beheizung bzw. Klimatisierung der Raumluft ausgestattet. Die Erfahrungen zeigen, dass die Raumluftbedingungen während der Zwischenlagerung (feuchte Hallenluft, Kondensationseffekte) und die konstruktive Ausführung der Verpackung einen erheblichen Einfluss auf die Langzeiteigenschaften von Stahlblechcontainern und Fässern haben. Dies ist bei der Auswahl der Behälter, des Korrosionsschutzes und bei der Festlegung ihrer Eigenschaften zu berücksichtigen.

4 Technische Umsetzung und weiteres Vorgehen

4.1 Technische Anforderungen

4.1.1 Abfallgebinde

Bei der in Kap. 2 genannten längerfristigen Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen sind folgende Punkte von Bedeutung:

- Einlagerung nur von konditionierten und entsprechend dokumentierten radioaktiven Abfällen. Dabei sind die endlagerrelevanten Vorgaben zur Konditionierung, zur Verpackung der Abfallprodukte und zur Dokumentation der Gebinde zu beachten.
- Bei der Behandlung und Verpackung radioaktiver Abfälle im Hinblick auf eine längerfristige Zwischenlagerung sind Verfahren anzuwenden, denen die zuständige Aufsichtsbehörde und hinsichtlich der Einhaltung der Bedingungen für die Endlagerung das BfS zugestimmt haben. Es sollten möglichst keine irreversiblen Endkonditionierungen mit der Herstellung großer Gebinde durchgeführt werden.

- Die konditionierten Abfallprodukte müssen die Grundanforderungen an radioaktive Abfälle der Endlagerungsbedingungen erfüllen.
- Die Abfallgebinde dürfen während der Zwischenlagerung keine toxischen Stoffe freisetzen. Eine mögliche Freisetzung dieser Stoffe bei Auslegungsstörfällen ist in Sicherheitsanalysen zu bewerten.
- Die zulässige Bildungsrate für brennbare, inaktive Gase ist in Abhängigkeit von der Ausführung des Zwischenlagers zu begrenzen.
- Stahlblechverpackungen müssen innen und außen korrosionsgeschützt ausgeführt sein.
- Die Behälter müssen frei von mechanischen und korrosiven Schäden sein.

Für die Abklinglagerung von radioaktiven Reststoffen gelten hinsichtlich Aktivitätseinschluss und Begrenzung der Gasentwicklung die gleichen Anforderungen wie für die längerfristige Zwischenlagerung. Es ist eine Vorbehandlung, z. B. durch Trocknen, Verpacken, vorzusehen.

Die Pufferlagerung von radioaktiven Reststoffen oder radioaktiven Abfällen zur weiteren Konditionierung und Behandlung ist auf einen definierten Zeitraum (z. B. drei Jahre) zu begrenzen. Behandlung und Dokumentation richten sich nach den sicherheitstechnischen Anforderungen des Lagers und nach der späteren Verwendung oder Weiterbehandlung.

Für die längerfristige Zwischenlagerung von Strahlenquellen in Verpackungen mit spezifizierter Gesamtleckrate liegen derzeit keine Vorgaben vor.

4.1.2 Dokumentation

In der Dokumentation sind im Rahmen der Einlagerung in ein Zwischenlager oder in eine Sammelstelle des Bundes oder der Länder die wesentlichen Daten zu den Abfallgebinden und zur Abfallherkunft im Sinne der BMU-Richtlinie /3/ sowie auch zum Zweck der Endlagerung zu dokumentieren. Dabei sind zumindest die nachfolgend genannten Sachverhalte darzustellen und zu überprüfen:

- Belege zur durchgeführten Verfahrensqualifikation bzw. zur Freigabe des Konditionierungsverfahrens
- Beschreibung der Herkunft und Zusammensetzung der Rohabfälle (mit Angaben zu chemotoxischen Stoffen)
- Beschreibung des Konditionierungsablaufs, z. B. anhand einer Betriebsdatenerfassung, einschließlich der aufgetretenen Abweichungen und Besonderheiten sowie der durchgeführten begleitenden Kontrollen

- Zusammenstellung der Analyse- und Messdaten (Aktivitäts-, Gas- und Materialanalysen, Dosisleistungen, Kontaminationen)
- Beschreibung der Aktivitätsberechnung/Aktivitätsbestimmung
- Beschreibung des Abfallbehälters mit Angaben zur Zulassung und zu durchgeführten Bauartprüfungen
- Berechnung und Deklaration der Aktivitäten der endlagerungsrelevanten Radionuklide und des Gesamtinventars
- Unterlagen zur Herkunft (z. B. Transportpapiere, Übernahmeprotokolle der Konditionierungsstätte etc.).

Diese Dokumentation kann in Anlehnung an die bestehenden Anforderungen für Endlager /4 und 5/ aufgebaut werden und muss alle Angaben enthalten, um daraus die für die spätere Endlagerung notwendige Dokumentation zu erstellen. Hierzu sollte das BfS im Benehmen mit den Aufsichtsbehörden grundsätzliche, nicht auf einen Endlagerstandort bezogene Anforderungen zu Umfang, Art (Papier, Datenträger) und Zeitraum der Datenspeicherung festlegen.

4.1.3 Zwischenlagerbetrieb

Zur optimalen Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Zwischenlagervolumens werden im allgemeinen die Lagergassen nach der Reihenfolge der Anlieferung der Abfallgebände von „hinten nach vorn“ (Prinzip „first in - last out“) belegt und die Gebände übereinander gestapelt. Für den bisher vorgesehenen kurzen Einlagerungszeitraum konnte beim Lagerbetrieb und der Auswahl der Einlagerungstechnik davon ausgegangen werden, dass kein Versagen des Aktivitätseinschlusses auftritt und Inspektion oder Wartung der Gebände nicht erforderlich werden. Daher wurde auf Zugänglichkeit der Gebände verzichtet.

Bei der längerfristigen Lagerung können Maßnahmen zur Überwachung oder Wartung des Aktivitätseinschlusses und des Gebändezustandes bei einigen Gebänden erforderlich werden. Diese sind durch ein angepasstes Lagerkonzept möglich, z. B. mit separaten Gebänden, sortiert nach Inhalt und Behältereigenschaft oder Stapelung mit und ohne Zugänglichkeit für Inspektionen. Das gewählte Lagerkonzept kann Einfluss auf die Anforderungen an die Behälter im jeweiligen Bereich haben.

Für Guss- und Betonbehälter und Stahlblechcontainer mit Langzeitkorrosionsschutz ist das Lagerkonzept „first in - last out“ geeignet, sofern keine besonderen Überwachungsmaßnahmen während der Zwischenlagerung veranlasst sind.

Bei Stahlblechcontainern kann die Korrosionsschutzbeschichtung der Innenwände durch entsprechende Einbauten vor Beschädigungen geschützt werden. Somit kann bei entsprechend korrosionsbeschichteten Stahlblechcontainern das Lagerkonzept „first in - last out“ ebenfalls verfolgt werden.

Radioaktive Reststoffe, die zur Abklinglagerung vorgesehen sind, sollten von den anderen Gebinden getrennt und für eine Auslegung leicht zugänglich gelagert werden.

Die Festigkeit und Dichtheit der Verpackung wird bei Fässern und Containern aus ferritischem Stahlblech auch durch Korrosion von außen beeinträchtigt. Erfahrungen mit der Zwischenlagerung von Abfallgebinden zeigen, dass bei Temperaturschwankungen die Feuchtigkeit der Hallenluft auf den Behälterwänden kondensieren und sich an markanten Stellen ansammeln kann. Neben den Rollreifen der Rollreifenfässer sind hiervon insbesondere die Böden der Fässer oder Container betroffen. Damit diese Stahlblechverpackungen nicht über längere Zeiträume direkt mit Feuchtigkeit, die sich bevorzugt im Bodenbereich eines Lagers sammelt, in Kontakt stehen, sind die Abfallgebinde z. B. auf Rosten oder auf Abstandshaltern abzustellen, sofern keine zusätzlichen Maßnahmen zur Luftentfeuchtung getroffen sind. Bei Containern, die über ISO-Eckbeschläge verfügen, ist der sich ergebende Bodenabstand ausreichend.

Der Umfang von visuellen Inspektionen der äußeren Oberflächen von Stahlblechbehältern ist somit abhängig von der Ausführung der Behälter, der Art des Korrosionsschutzes, der Zusammensetzung des Abfallproduktes und den Möglichkeiten zur Temperaturführung bzw. Begrenzung der Luftfeuchte in den Lagerhallen.

Bei der Lagerung von Gebinden mit signifikanten gasförmigen Inventaren (H-3, C-14) sind die potenziellen Emissionen im Hinblick auf die Einhaltung der Anforderungen der Strahlenschutzverordnung zu bewerten und Raumlufüberwachungsmaßnahmen vorzusehen.

Insgesamt werden zur Gewährleistung einer sicheren längerfristigen Zwischenlagerung folgende Maßnahmen empfohlen:

- Beschädigungsfreie Einlagerung der Abfallgebinde
- Visuelle Inspektion der äußeren Oberflächen repräsentativer Abfallgebinde bei Stahlblechfässern
- Zweckmäßige Einlagerung der Abfallgebinde mit einem signifikanten Inventar an flüchtigen Nukliden für eine wiederkehrende Prüfung hinsichtlich der Rückhaltewirkung der Abfallbehälter für diese Radionuklide, sofern eine ausreichende Dichtheit nicht anders nachgewiesen werden kann
- Verwendung von Stahlblechverpackungen ohne Spalten
- Abstellen von Stahlblechverpackungen nicht direkt auf dem Hallenboden, sondern auf Rosten, Bodenabstandshaltern o. ä., sofern keine ausreichende Begrenzung der Luftfeuchte gewährleistet werden kann. Ausnahmen sind Container und Fässer mit ausreichend hohem Abstellring.
- Gezielte Temperatur oder Luftfeuchteführung der Raumluf, damit Korrosion an den Außenseiten der Stahlblechverpackungen vermieden werden kann, oder Beschichtung der Container von außen gegen Korrosion.

- Separate Lagerung und wiederkehrende Kontrollen mit Sichtprüfung für unkonditionierte Abfälle (insbes. Mischabfälle).

Unabhängig von diesen Maßnahmen sind bei der Zwischenlagerung stichprobenweise Kontrollmessungen zum Nachweis des ausreichenden Aktivitätseinschlusses durchzuführen.

4.2 Qualitätssicherung

4.2.1 Ablauf der Produktkontrolle

Bei der längerfristigen Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle sind Maßnahmen der Produktkontrolle sowohl im Hinblick auf die zukünftige Einbringung ins Endlager als auch für die Aufbewahrung im Zwischenlager durchzuführen. Dabei sind Verfahren anzuwenden, denen das Bundesamt für Strahlenschutz und die zuständige Aufsichtsbehörde zugestimmt haben.

Im Hinblick auf die Einlagerung in ein Endlager werden von dem hierfür zuständigen Bundesamt für Strahlenschutz Anforderungen an die endzulagernden Abfälle und Maßnahmen zur Produktkontrolle festgelegt. Mit der Produktkontrolle wird der Nachweis der Einhaltung von Endlagerungsbedingungen erbracht. Die Anforderungen für die längerfristige Zwischenlagerung sind von der zuständigen Aufsichtsbehörde festzulegen.

Diese Zielsetzung der Produktkontrolle ist durch geeignete Maßnahmen bei der Behandlung der radioaktiven Abfälle sicherzustellen, damit die Anforderungen aus den Endlagerungsbedingungen /4, 5/ und aus der längerfristigen Zwischenlagerung erfüllt werden.

Durch die Maßnahmen zur Einhaltung der Annahmebedingungen für ein Endlager werden nicht alle Fragestellungen aus der längerfristigen Zwischenlagerung ausreichend behandelt. Deshalb müssen folgende für die längerfristige Zwischenlagerung relevanten Aspekte insbesondere bei Stahlblechbehältern bei der Konditionierung der radioaktiven Abfälle zusätzlich beachtet werden:

- Die Abfälle werden zur Vermeidung von Korrosion in den Abfallgebinden bis auf sinnvoll erreichbare und nicht vermeidbare Restfeuchte getrocknet; Messverfahren und Kriterien hierfür werden im Rahmen der Verfahrensqualifikation bzw. des Ablaufplanverfahrens festgelegt.
- Die ferritischen Stahlblechbehälter sind außen und innen mit einem für den Zwischenlagerzeitraum ausreichenden Korrosionsschutz auszustatten.
- Bei der Befüllung der Stahlblechbehälter und bei der anschließenden Handhabung ist darauf zu achten, dass der Korrosionsschutz nicht beschädigt wird.
- Die Verträglichkeit des Abfallproduktes mit dem Behälter- und Beschichtungsmaterial ist zu beachten (z. B. Vermeidung von Chloriden und Ferriten in Behältern aus Austenit).

- Ist eine Gasentwicklung nicht auszuschließen, so sind zur Vermeidung eines Druckaufbaus die Abfallbehälter mit einer geeigneten Druckentlastungseinrichtung auszustatten (z. B. Sintermetallfilter im Fassdeckel), wenn nicht besondere Anforderungen an die Dichtheit bestehen.

Die abschließende Gebindedokumentation ist der zuständigen Aufsichtsbehörde innerhalb eines Jahres nach der Einlagerung vorzulegen, sofern die Genehmigung des Zwischenlagers keine andere Regelung, z. B. Prüfung vor einer Einlagerung, vorsieht.

Radioaktive Rohabfälle, die in einer Landessammelstelle (§ 76 Abs. 4 StrlSchV) zwischengelagert werden, sind vor oder nach der Einlagerung analog zu dem erprobten Verfahren für Abfälle aus kerntechnischen Anlagen zu behandeln. Die Verantwortlichkeiten des Abfallverursachers bei der Konditionierung werden für diese Abfälle vom Betreiber der Sammelstelle übernommen. Durch dieses Vorgehen wird sichergestellt, dass längerfristig gelagerte Abfallgebände in einer Sammelstelle den gleichen Qualitätsstandard aufweisen wie Abfallgebände in einem Zwischenlager für kerntechnische Anlagen (§ 74 StrlSchV).

Für die Abklinglagerung und die Pufferlagerung zur späteren Konditionierung sollten bei der Einlagerung in ein Zwischenlager ebenfalls Maßnahmen zur Qualitätssicherung der Abfallgebände im Sinne einer Produktkontrolle durchgeführt werden.

4.2.2 Eingangskontrolle

Durch die Eingangskontrolle soll vermieden werden, dass Abfallgebände, die nicht den Annahmebedingungen der annehmenden Lager entsprechen, eingelagert werden.

Die Eingangskontrollen sollten deshalb vor Ort durchgeführt werden. Zusätzlich hat im Rahmen der Produktkontrolle eine ausreichende Charakterisierung der radioaktiven Abfälle vor dem Abtransport in ein Zwischenlager zu erfolgen. Hierdurch werden gegebenenfalls falsch deklarierte Transporte sowie Rücktransporte vom Zwischenlager zum Ablieferer bei Nichterfüllung der Annahmebedingungen vermieden.

Bei der Zwischenlagerung am Standort des Abfallverursachers ohne externe Transporte können bei der Einlagerung die Eingangskontrollen auf Inspektionen, z. B. hinsichtlich Handhabungsschäden, beschränkt werden.

Die visuelle Inspektion dient zur Feststellung von äußerlich sichtbaren Schäden oder von sonstigen Auffälligkeiten am Behälter. Schäden können durch den Transport, bei der Handhabung der Abfallgebände, durch äußere oder innere Korrosion etc. hervorgerufen werden.

Wischtests sind an allen Gebindeoberflächen durchzuführen (d. h. auch an der Gebindeunterseite). Damit wird sichergestellt, dass die Abfallgebände kontaminationsfrei sind, d. h. die abwischbare Alpha- und Beta/Gamma-Oberflächenaktivität unterhalb festgelegter Grenzwerte liegen.

Bei externer Anlieferung ist die Ortsdosisleistung an den Gebinden zu messen.

Die Ergebnisse der Eingangskontrolle sind auf Übereinstimmung mit den deklarierten Angaben zu überprüfen. Bei Abweichungen ist die Ursache zu ergründen.

4.3 Altabfallgebinde

Altabfallgebinde sind Gebinde, deren Konditionierung und Dokumentation nicht nach den Vorgaben des Bundesamtes für Strahlenschutz /4/ und /5/ erfolgte. Sollten derartige Abfallgebinde ohne qualifizierende Maßnahmen in ein Sammelstelle des Bundes oder der Länder oder in ein Zwischenlager eingelagert werden bzw. worden sein, sind weiterführende Untersuchungen einschließlich zerstörungsfreier sowie ggf. zerstörender Messungen vorzusehen, wobei die Endlagerungsbedingungen des BfS und die mit der zuständigen Aufsichtsbehörde abgestimmten Anforderungen an die Zwischenlagerung zu beachten sind.

Die Dokumentation von Altabfallgebinden und der Zustand von Abfallfässern sind zu überprüfen. Hierzu sollte ein Zeitplan erstellt werden. Unzureichend dokumentierte Abfallgebinde sind entsprechend dem derzeitigen Kenntnisstand baldmöglichst nachzuqualifizieren. Diese Nachqualifikation kann sich zunächst auf eine Vervollständigung der Dokumentation und eine Feststellung von offenen Punkten beschränken. Hierdurch wird erreicht, dass zurzeit noch vorhandene Kenntnisse zu den Abfallgebinden in der Dokumentation erfasst werden. Untersuchungen der Altabfallgebinde zu den offenen Punkten der Dokumentation können zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt werden, sofern durch die dokumentierten Daten eine Erfüllung der Anforderungen zur Zwischenlagerung belegt ist.

5 Thesen

Aus sicherheitstechnischer Sicht ist die Endlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle der längerfristigen Zwischenlagerung grundsätzlich vorzuziehen. Die sichere längerfristige Zwischenlagerung dieser Abfälle bis zur Bereitstellung eines Endlagers kann nicht allein durch Einhaltung von Endlagerungsbedingungen bei der Konditionierung von Abfällen gewährleistet werden. Es sind zum Teil weitergehende Anforderungen zu stellen, diese betreffen Lagerung, Konditionierung und Verpackung sowie Dokumentation:

Lagerung

- Radioaktive Abfälle sind – soweit es die vom BfS festzulegenden Anforderungen erlauben - vorzugsweise im endlagerfähigen Zustand zwischen zu lagern.
- Unkonditionierte Abfälle sollten nur unter wiederkehrender Kontrolle der Verpackung über längere Zeiträume gelagert werden.
- Beton- und Gussbehälter und Stahlblechbehälter mit Langzeitkorrosionsschutz sind für die längerfristige Zwischenlagerung geeignet.
- Stahlblechbehälter sind bei Durchführung von regelmäßigen visuellen Inspektionen der Abfallgebinde bzw. bei einer Entfeuchtung der Lageratmosphäre und trockenem Abfallprodukt für die längerfristige Zwischenlagerung geeignet.
- An Abfallgebinden mit einem signifikanten Inventar an flüchtigem H-3 und C-14 sind wiederkehrende Prüfungen der Dichtheit des Gebindes durchzuführen, sofern eine ausreichende Dichtheit nicht anders nachgewiesen werden kann.

Konditionierung und Verpackung

- Bei der Behandlung und Verpackung radioaktiver Abfälle zur Herstellung zwischen- bzw. endlagerfähiger Abfallgebinde sind Verfahren anzuwenden, denen die zuständige Aufsichtsbehörde und hinsichtlich der Bedingungen für die Endlagerung das Bundesamt für Strahlenschutz zugestimmt haben.
- Grundlegende Endlagerungsbedingungen unabhängig vom Endlagerstandort müssen umgehend definiert werden (BfS). Soweit sinnvoll und unter Sicherheitsaspekten vertretbar sollten dabei Gebinde, die nach Konrad- oder ERAM-Bedingungen qualifiziert wurden, auch weiterhin als endlagerfähig eingestuft werden.

- Zur Vermeidung von Gasbildung oder von Korrosion sind Abfallgebinde falls erforderlich zu trocknen.
- Abfallgebinde, die inaktive Gase freisetzen, sind mit Druckentlastungseinrichtungen auszustatten.

Dokumentation

- Die grundlegenden Anforderungen an die Dokumentation sind unabhängig vom Endlagerstandort umgehend vom BfS festzulegen. Bis dahin ist vom Dokumentationsumfang entsprechend den Konrad- und ERAM-Bedingungen auszugehen.
- In der Dokumentation der einzulagernden Abfallgebinde sind die wesentlichen Angaben bezüglich der Zwischen- und Endlagerungsanforderungen, Verfahrensqualifikation, Zusammensetzung und Herkunft der Abfälle, Ablauf der Konditionierung, Analysen- und Messwerte und Aktivitätsberechnung nachvollziehbar darzulegen.
- Die Dokumentation muss nach den Vorgaben der zuständigen Aufsichtsbehörde und in Abstimmung mit dem BfS bezüglich der Endlagerungsbedingungen erstellt und von einem unabhängigen Sachverständigen verifiziert werden.

Altabfallgebinde sind nach einem festgelegten Zeitplan zu überprüfen und zu dokumentieren. Dabei ist dem Strahlenschutz insbesondere der Vermeidung unnötiger Strahlenexposition (§ 6 StrlSchV) ausreichend Rechnung zu tragen.

Voraussetzung für eine technisch und wirtschaftlich sinnvolle Vorgehensweise ist, dass grundlegende Endlagerungsbedingungen definiert sind, damit Dokumentation und Maßnahmen bei der erforderlichen Konditionierung die künftigen Anforderungen erfüllen bzw. für diese keine Hindernisse schaffen.

6 Literatur

- /1/ AtG
Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz) vom 23.12.1959 (BGBl. I S.814) i. d. F. d. Bek. vom 15.07.1985 (BGBl. I S.1565), zuletzt geändert am 03.05.2000 (BGBl. I S. 636)
- /2/ StrlSchV
Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) vom 20.07.2001 (BGBl. I S 1714)
- /3/ BMU-Abfallkontrollrichtlinie
Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die nicht an eine Landessammelstelle abgeliefert werden, vom 16. Januar 1989, Bundesanzeiger Nr. 63 a vom 16.01.1989, mit Ergänzungen vom 26.06.1989 im Bundesanzeiger Nr.124 vom 07. Juli 1989 zuletzt geändert durch die Ergänzung BAZ Nr.19 vom 14.01.1994
- /4/ Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)
Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen, Stand: September 1994) - Schachanlage Konrad - Salzgitter, Dezember 1995, ET-IB-79
- /5/ Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)
Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle und Maßnahmen zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle, Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM)
Teil 1: Endlagerungsbedingungen, Stand August 1996
Salzgitter, August 1996, ET-IB-85
- /6/ BMI
Musterbenutzungsordnung der Landessammelstellen für radioaktive Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland (12/84) (GMBL, vom 4. Dezember 1981, Nr. 32, S. 501 ff)

- /7/ **BLG**
Technische Annahmebedingungen (TA) für das Abfalllager Gorleben, Rev. 2.0,
Stand 12/95
- /8/ **GRB**
Benutzungsordnung für den Betrieb der EVU-Lagerhalle in Mitterteich, Juli 1999
- /9/ **BMU**
Schreiben RS III 2 v. 31.05.2001; Beauftragung des RSK-Ausschusses „Ver- und
Entsorgung,, zur Bearbeitung von Fragestellungen zur langfristigen Zwischenlagerung
von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen ab der nächsten Sitzung
am 21. Juni 2001