



STELLUNGNAHME der Entsorgungskommission

Spezifikation der Fa. AREVA NC zu mittelradioaktiven verglasten Abfällen (CSD-B) aus der Wiederaufarbeitung von deutschen LWR-Brennelementen

Inhaltsverzeichnis

- 1 Beratungsauftrag
- 2 Beratungshergang
- 3 Bewertungsmaßstäbe
- 4 Herstellung und spezifizierte Eigenschaften der Gebinde
- 4.1 Herstellung und Zusammensetzung der CSD-B
- 4.2 Radionuklidinventar und seine Ermittlung
- 4.3 Weitere Gebindeeigenschaften
- 5 Maßnahmen der Qualitätssicherung der Dokumentation und der Produktkontrolle
- 6 Transport- und Behälterkonzept
- 7 Zwischenlagerkonzept und daraus resultierende Anforderungen
- 8 Endlagerrelevante Eigenschaften
- 9 Zusammenfassung

1 Beratungsauftrag

Mit Schreiben RS III 3 – 18 042 FRA/6 vom 20.01.2010 [1] hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) der ESK einen Auftrag zur Beratung der AREVA NC-Spezifikation für die nach Deutschland zurückzunehmenden verglasten mittlradioaktiven Abfälle Colis Standard des Déchets Boues (CSD-B) aus der Wiederaufarbeitung von deutschen LWR-Brennelementen in La Hague erteilt.

Eine Entscheidung des BMU über die Zustimmung zu dieser Spezifikation („approval“), muss entsprechend dem einschlägigen völkerrechtlich verbindlichen Notenwechsel mit Frankreich innerhalb von zwei Jahren erfolgen.

Nach den erfolgten Zustimmungen der französischen Aufsichtsbehörde Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) zur CSD-B-Spezifikation und zum Verglasungsverfahren [2] und [3] hat die GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH (GNS) am 14.01.2010 beim BMU den Antrag zur Erteilung eines sog. Approvals gestellt [4]. Dieser Antrag wurde ergänzt mit dem Schreiben der GNS vom 09.08.2010 [5], dem als Anlage das AREVA NC-Schreiben BU-R/DC/10-359/FLM vom 05.08.2010 [6] beigelegt ist, in dem u.a. die Garantiewerte für U, Pu und den Kernbrennstoffgehalt verbindlich festgelegt werden.

Auf Basis eines Vertrages zwischen den deutschen EVU und AREVA NC von 2005 soll die Rücknahme der zugewiesenen Aktivität der flüssigen mittlradioaktiven Sekundärabfälle aus der Wiederaufarbeitung nicht mehr in Form von bituminierten Abfällen, sondern als verglaste Abfälle (CSD-B) erfolgen. Die maximale Anzahl der CSD-B beträgt 600 Stück, die technischen Bemühungen gehen jedoch dahin, die Anzahl auf unter 300 zu reduzieren. Als Folge dieser Vereinbarung sind keine bituminierten Abfälle zurückzuführen.

Das zu beurteilende Abfallprodukt wird im Wesentlichen in den folgenden Unterlagen beschrieben:

- Specification for Standard CSD-B Vitrified Waste Residues Produced at La Hague (in französischer und englischer Sprache) [7] in Ergänzung mit [6]
- CSD-B Booklet (in englischer Sprache) [8] und
- Quality Assurance Plan (in französischer und englischer Sprache) [9].

Ziel des Beratungsauftrages an die ESK ist die Beantwortung der Frage, ob die vorgelegte Spezifikation den Anforderungen entspricht, die an die Abfälle nach dem Stand von Wissenschaft und Technik zu stellen sind, um einen sicheren Transport, die Zwischenlagerung über einen längeren Zeitraum und die Möglichkeit zur Endlagerung sicher zu stellen. Dabei sind insbesondere die folgenden Themenbereiche zu betrachten:

- spezifizierte Eigenschaften der Gebinde,
- Maßnahmen der Qualitätssicherung und der Produktkontrolle,
- Transport- und Behälterkonzept,
- Zwischenlagerkonzept und daraus resultierende Anforderungen und
- endlagerrelevante Eigenschaften.

Das BMU bat die ESK, die Beratungen bis Ende Januar 2011 abzuschließen.

2 Beratungshergang

Der ESK-Ausschuss ABFALLKONDITIONIERUNG, TRANSPORTS UND ZWISCHENLAGERUNG (AZ) wurde auf seiner 9. Sitzung am 31.03.2010 von BMU und GNS über den Stand des Zustimmungsverfahrens zur CSD-B-Spezifikation und zu der von der GNS geplanten zeitlichen Abfolge der Rückführung der CSD-B informiert.

Der Vorsitzende des Ausschusses AZ hat die ESK darüber auf deren 12. Sitzung am 29.04.2010 informiert.

Der ESK-Ausschuss AZ hat zur Beratung der CSD-B-Spezifikation die Ad-hoc-Arbeitsgruppe CSD-B eingerichtet, die sich mit den im BMU-Auftrag genannten Themenbereichen befasst und zu beratende Fragestellungen herausgearbeitet hat. Hierfür wurden Aspekte identifiziert, zu denen die Firmen GNS und AREVA NC auf Arbeitsgruppensitzungen ausführliche Erläuterungen gegeben haben. Außerdem wurden das BfS und die Produktkontrollstelle im FZJ als Gutachter des BfS über Ergebnisse einer Begehung der umgerüsteten Verglasungslinie, über relevante Aspekte der Qualitätssicherung und die Charakterisierung des Rohabfalls angehört.

Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe hat sich auf zwei Sitzungen (am 21.05.2010 und 17.08.2010) mit den sicherheitstechnischen Sachverhalten befasst.

Auf der Basis der bei der Durchsprache einer Fragenliste herausgearbeiteten Sachverhalte wurde auf den oben genannten Sitzungen der Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Entwurf einer ESK-Stellungnahme vorbereitet, der in der 11. und 12. Sitzung des ESK-Ausschusses AZ am 22./23.09. bzw. am 20.10.2010 beraten wurde. Der vom Ausschuss AZ verabschiedete Entwurf lag der ESK in ihrer 15. Sitzung am 09.12.2010 zur Beratung vor und wurde dort verabschiedet.

3 Bewertungsmaßstäbe

Maßstab für die sicherheitstechnische Bewertung der im BMU-Auftrag genannten Aspekte stellen

- die Sicherheitsanforderungen der RSK an die längerfristige Zwischenlagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen (Fassung vom 16.10.2003) [10],
- die Anforderungen des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen; Stand: Dezember 1995) – Schachanlage Konrad [11],
- die Stellungnahme Nr. 12 des Arbeitskreises HAW-Produkte [12] sowie
- die Strahlenschutzverordnung und das Atomgesetz [13, 14] dar.

Hinsichtlich einer möglichen gemeinsamen Zwischenlagerung mit bestrahlten Brennelementen sind auch die Sicherheitstechnischen Leitlinien der RSK für die trockene Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente in Behältern [15] berücksichtigt worden.

4 Herstellung und spezifizierte Eigenschaften der Gebinde

Bei der Stilllegung von alten Anlagenteilen der UP2 in La Hague entsteht mit den Spülwässern ein Abfallstrom, der prinzipiell auch zur Verglasung geeignet ist. Wegen der zum Teil hohen Salzfracht und der wechselnden chemischen Zusammensetzung ist es nicht sinnvoll, die Spülwässer mit HAW zu vermischen. Es wurde daher ein mittelaktives Glasprodukt entwickelt, das als Abfallgebände den französischen Namen „Colis Standard de Déchets – Boues“ (CSD-B) trägt. Charakteristische Daten zu den CSD-B sind der Tabelle I [16] zu entnehmen. Zum Vergleich sind in dieser Tabelle beispielhaft auch Angaben zu einer Kokille mit verglaster Spaltproduktlösung (CSD-V) aufgeführt.

Ähnlich wie bei den bereits im Jahre 2005 bewerteten kompaktierten Hülsen und Strukturteilen der Brennelemente (CSD-C) erfolgt die Beschreibung des neu vorgesehenen Typs durch Definition einer vergleichsweise geringen Zahl an Garantieparametern in der CSD-B-Spezifikation und einer größeren Anzahl so genannter typischer Werte, dokumentiert im CSD-B-Booklet [8]. Die Werte der Garantieparameter sind in konservativer Weise gegenüber den typischen Werten fallweise deutlich erhöht.

Tabelle I: CSD-B: Aktivität und radiologische Eigenschaften

Nuklid / Element		CSD-B Nominal ¹⁾	CSD-B Germany ²⁾	CSD-B Garantie	CSD-V 11458C ⁴⁾
α -Aktivität	[TBq]	0,55	2,5-3,5	6,2	312
β -Aktivität	[TBq]	31	200-280	740	13200
Co-60	[TBq]	0,2	0,001	-	0,007
Sr-90/Y-90	[TBq]	13	35-50	-	6600
Ru-106/Rh-106	[TBq]	0,2	0,05	-	8,8
Cs-137	[TBq]	9,7	110-180	-	5230
Ce-144/Pr-144	[TBq]	0,2	0,2	-	0,2
Eu-154	[TBq]	0,2	0,6-0,8	-	120
Pu-241 (β)	[TBq]	7	3,7-5,5	-	9,1
U	[g]	1900	1500-3000	4500 ³⁾	1740
Pu	[g]	22	20-35	110 ³⁾	24
Np-237	[g]	1,9	570-950	-	760 ⁵⁾
Am-241	[g]	3,6	7,7-15,4	-	730
Cm-244	[g]	0,02	0,01-0,02	90 ³⁾	54
γ -ODL	[Gy/h]	2,8	30-45	-	614
n-ODL	[Gy/h]	8,0E-06	-	-	7,7E-03
Wärmeleistung	[W]	4	25-35	90	1580
Kontamination	[Bq/cm ²]	< 4	<4	< 4	< 4
Masse	[kg]	450	450	530 ⁶⁾	497

Angaben (Nominalwerte und Garantiewerte) gemäß Spezifikation 300 AQ 061 [7]

¹⁾ Nominalwerte, betrachtet über den Projektzeitraum bis 2020

²⁾ Mitteilung der AREVA NC zu den Charakteristika der nach Deutschland rückzuführenden CSD-B (laut GNS-Information auf der 11. Sitzung des ESK-Ausschusses AZ)

³⁾ Übernahme des CSD-V-Garantiewertes [6]

⁴⁾ VG88, Daten zum Zeitpunkt der Beladung im Behälter CASTOR[®] HAW28M-015

⁵⁾ Inventare bis zu 1400 g im selben Behälter [16]

⁶⁾ Gesamtmasse pro Beladung (28 Kokillen): 14,2 t [6]

4.1 Herstellung und Zusammensetzung der CSD-B

Sachverhalt

In der UP2-400 Wiederaufarbeitungsanlage wurden von 1966 bis 1998 Brennelemente und Lösungen mit Spaltprodukten und Kernbrennstoffen in den folgenden Anlagenteilen aufgearbeitet:

- 1 HADE UNGG: Vorbereiten und Auflösen von Brennstoff aus gasgekühlten grafitmoderierten Reaktoren,
- 2 HAO: Schneiden und Auflösen von LWR-Brennelementen,
- 3 HADE: 1. Purex-Trennzyklus, Uran- und Plutoniumextraktion,
- 4 MAU: Uranbehandlung,
- 5 MAPu: Plutoniumbehandlung,
- 6 HAPF-SPF: Spaltproduktaufkonzentration und Zwischenlagerung.

Nach Abschluss der Wiederaufarbeitung waren die Anlagenteile MAU und MAPu zur Flüssigkeitsbehandlung noch bis 2001 im Betrieb. Die gesamte UP2-400-Anlage befindet sich in der Stilllegungsphase und wird auf den Rückbau vorbereitet. Vor dem Beginn der Rückbaumaßnahmen werden alle aufgeführten Anlagenteile gespült, um ihre Kontamination zu verringern. In Abhängigkeit von der Kontamination und ihrer chemischen Zusammensetzung werden verschiedene Lösungen und Chemikalien verwendet. Vorgesehen ist der Gebrauch von Salpetersäure, Natronlauge, Kaliumpermanganatlösung, Oxalsäure, Weinsäure, Natriumcarbonatlösung und Cer-IV in salpetersaurer Lösung. Nach einer Vorbehandlung zur Aufkonzentration und zur Zerstörung organischer Inhalte werden die mit den gelösten Aktivitäten beladenen Spüllösungen verglast. Details hierzu aus verschiedenen Quellen von AREVA NC sind durch GNS in [16] zusammengefasst.

Aufgrund der Herkunft der Abfälle aus den verschiedenen Anlagenteilen und der Vielzahl der vorgesehenen Lösungen sind erhebliche Schwankungen in der chemischen und in der radiologischen Zusammensetzung zu erwarten. AREVA NC gibt für die chemische Zusammensetzung der zu verglasenden Spüllösungen die Werte und Bereiche in Tabelle II an [16].

Die Spüllösungen werden in drei 120 m³-Sammeltanks gelagert, wobei die Möglichkeit gegeben ist, gezielt Ströme zu mischen, um die Zusammensetzung für die anstehende Verglasung zu optimieren. Aus den Sammel tanks werden jeweils Chargen von 20 m³ in einen Vorlagetank überführt, beprobt und dann der Verglasung zugeführt.

Wenngleich eine spezielle Glasfritte als Matrix entwickelt wurde, kommt der chemischen Analytik eine zentrale Bedeutung zur Sicherstellung einer ausreichenden Glasqualität zu. AREVA sieht vor, die Spüllösungen gegebenenfalls mit inaktiven Additiven wie z. B. Natriumverbindungen, Aluminiumnitrat oder Eisennitrat zu versetzen. Hierdurch soll ein Mindestgehalt von für die Glasbildung, Viskosität und Leitfähigkeit wichtigen Kationen in der Lösung eingestellt werden. Diese Additivzugabe wird ebenfalls in den Vorlagetanks durchgeführt.

Tabelle II: Chemische Zusammensetzung der Spüllösungen zur Herstellung der CSD-B

Element (Nitrat)	Konzentrationsbereich			Element(Nitrat)	Konzentrationsbereich		
	C ¹⁾ [g/l]	Min. [g/l]	Max. [g/l]		C ¹⁾ [g/l]	Min. [g/l]	Max. [g/l]
Na	22,2	30 ²⁾	80	Mo ³⁾	1,3	0	10
B ³⁾	0,05	0	5	P ³⁾	1,1	0	4
Mn	0,03	0	1	S ³⁾	-	0	1,7
Ce	0,1	0	14	Ba	0,1	0	7
Fe	1,4	0	3	Gd	0,3	0	1
Ni	0,3	0	1	Tc	0,5	-	-
Cr	0,3	0	1	Actiniden	3,7	0	8
Zr	1,6	0	16	Edelmetalle	0,5	-	-

¹⁾ Spüllösung für CSD-B-Produktion zur Rückführung nach Deutschland

²⁾ Durch Additive zur Sicherstellung der Glasqualität erreicht

³⁾ Als Borat, Molybdat, Phosphat und Sulfat berechnet

Die derart vorbereitete Lösung kann zusätzlich mit Zucker zur Rückhaltung von möglicherweise flüchtigen Radionukliden und zur besseren Granulatbildung für die Beschickung des Schmelzofens versetzt werden; sie wird vorgängig in einem Drehrohrofen getrocknet (kalziniert) und gelangt dann in den Schmelzofen, in den auch die Glasfritte gefördert wird.

Die Verglasung hochradioaktiver Abfälle wird im kommerziellen Betrieb in La Hague seit 1989 nach dem sog. AVM-Verfahren durchgeführt. Dabei wird flüssiger hochaktiver Abfall zusammen mit feststoffhaltigem Feedklärschlamm zunächst kalziniert (d. h. Trocknen und Umwandlung der Nitrats in Oxide), danach mit Glasfritte vermischt und bei 1140°C zu einem Borosilikat-Glasprodukt verschmolzen (CSD-V). Insgesamt vereinfacht sich das Verfahren zur Herstellung der CSD-B dadurch, dass kein Feedklärschlamm über getrennt arbeitende Dosierräder wie bei der CSD-V-Produktion beigemischt wird. Mit Ausnahme des eigentlichen Schmelzofens wurde die Anlagentechnik gegenüber dem Verfahren zur Herstellung der CSD-V nicht verändert.

Die Installation des neuen sog. Cold Crucible Inductive Melter (CCM), erlaubt höhere Verarbeitungstemperaturen und ermöglicht damit, auch Abfälle mit „schwieriger“ chemischer Zusammensetzung zu verglasen.

Der CCM wurde vom Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) Marcoule entwickelt und in 1:1-Testständen kalt erprobt. Der grundsätzliche Unterschied gegenüber dem alten AVM-Verfahren besteht im Energieeintrag durch Induktion, wodurch sich nicht die Schmelzerwand, sondern direkt das Glas durch den sog. Joule-Effekt erhitzt. Bei dieser Technologie erreicht die Glasschmelze Temperaturen von 1250 °C [19,

20]. In dieser Hinsicht gleicht das Verfahren dem in der Verglasungseinrichtung Karlsruhe (VEK) angewendeten Prozess.

Der Durchsatz des Ofens beträgt ca. 30 bis 40 l Spüllösung pro Stunde, was umgerechnet ca. 25 kg Glasprodukt bedeutet. Zur Homogenisierung des Produktes wird die Schmelze neben dem Einperlen von Luft auch kontinuierlich gerührt.

Die Wandung des Schmelzers ist wassergekühlt (deshalb Cold Crucible Melter), wodurch ein erstarrter Glasfilm die Innenoberfläche überzieht. Dies erlaubt höhere Betriebstemperaturen und verursacht eine geringere Korrosionsrate durch die Glasschmelze [21].

Der Abguss der Glasschmelze erfolgt periodisch in eine Edelstahlkokille mit den identischen Abmessungen der bisherigen Kokillen mit verglasten Spaltproduktlösungen (CSD-V) und den kompaktierten Hülsen und Strukturteilen der Brennelemente (CSD-C).

Bewertung

Aufgrund ihrer materialspezifischen Eigenschaften stellen die Glasprodukte in den CSD-B gegenüber den Bitumenprodukten, die ursprünglich für die Rücklieferung des Rohabfallstroms "mittelaktiv, flüssig" vorgesehen waren, einen Beitrag zur Erhöhung der Sicherheit bei der Zwischen- und Endlagerung dar. Darüber hinaus wird bei gleichbleibender Gesamtaktivität das in die Bundesrepublik zu transportierende und hier zwischen- und später endzulagernde Volumen der Abfälle reduziert. Die ESK begrüßt daher die Änderung der Abfallprodukte. Durch eine geeignete Produktkontrolle ist sicherzustellen, dass in den nach Deutschland zu transportierenden CSD-B nur die in dieser Stellungnahme bewerteten Abfälle aus der UP2-400 enthalten sind (siehe Kapitel 5).

4.2 Radionuklidinventar und seine Ermittlung

Sachverhalt

Zwar liegt das Aktivitätsinventar der zu verglasenden Spüllösung in der Regel deutlich (z. Teil um mehrere Größenordnungen) unterhalb desjenigen der Spaltproduktlösungen, jedoch ist mit einer größeren chemischen und radiologischen Heterogenität der Abfallströme zu rechnen. Eine Ableitung des Inventars alleine aus Abbrandrechnungen ist daher nicht möglich.

Laut Bericht von AREVA NC [18] werden folgende chemischen und radiologischen Messungen zur Charakterisierung der zu verglasenden Lösung durchgeführt:

-
- 1 ICP-AES (B, Fe, Ni, Zr, Cr, Mo, P, Ru, Mg, Gd, Tc, U, Rh, Te, Sn, Sr, Ba, Nd, Cd, Al, Mn, Ag, Sb, Pd, Y, Eu, La, Pr, Ce, Sm, Pb)
 - 2 Spektrophotometrie (Pu, Np)
 - 3 α -Spektrometrie (α -gesamt, Am-243, Cm-244)
 - 4 β -Spektrometrie (Sr-90)
 - 5 γ -Spektrometrie (Co-60, Nb-95, Zr-95, Ru-103, Ru-106, Sb-125, Cs-134, Cs-137, Ce-144, Eu-154, Am-241)
 - 6 Ionenchromatographie (Na, S)
 - 7 Massenspektrometrie (u. a. U-, Pu-Vektor)

Nach Angaben von AREVA NC erlaubt es die angewendete Analysetechnik trotz des Alters der Spaltproduktmischungen auch, die „Restaktivität“ von kurzlebigen Nukliden wie Sb-125 zu ermitteln. Speziell dieses Nuklid gilt als Schlüsselnuklid für die Berechnung nicht messbarer Nuklide, ist aber nach längerer Abklingzeit –wie im vorliegenden Fall– mit Routineverfahren oft nicht mehr detektierbar. Auch werden die U- und Pu-Vektoren pro Charge à 20 m³ individuell ermittelt, während bei der CSD-V-Herstellung auf die Produktionsjahresmittel zurückgegriffen wird. Gemäß [17] werden nicht direkt analytisch zugängliche Nuklidaktivitäten durch Korrelation zu einem der folgenden 7 Nuklide/Elemente bestimmt:

Co-60, Sr-90, Sb-125, Cs-137, Eu-154, Cm-244 und Pu(α).

Bewertung

Die Verfahren zur Ermittlung der messbaren Aktivitätsgehalte, wie von AREVA NC vorgesehen, sind aus vergleichbaren Konditionierungsprozessen bekannt, entsprechen dem Stand der Technik und sind angemessen. Die Analysen sind jedoch anders als bei den CSD-V Gebinden wesentlich spezifischer für den jeweils zu konditionierenden einzelnen Behälterinhalt, der die jeweilige Verarbeitungscharge darstellt. Zudem werden die Gehalte stark durch die vorgelagerten Sammlungs- und Mischungsschritte beeinflusst. Die Verfahrensweise wurde in verschiedenen Präsentationen von GNS und AREVA NC erläutert und beschrieben [17]. Demgemäß folgen die Dekontaminationsschritte insbesondere chemischen Erfordernissen. Durch die Beschränkung des Dekontaminationsbereichs auf die in Kapitel 4.1 beschriebenen Anlagenteile ist eine irrtümliche Vermischung mit anderen, nicht spezifizierten Abfallströmen ausgeschlossen, was wesentlich für die im Folgenden bewertete Bestimmung der nicht direkt messbaren Nuklidaktivitäten ist.

Aktivitäten von nicht der direkten Messung zugänglichen Radionukliden müssen durch Korrelationen mit gemessenen Aktivitätsgehalten ermittelt werden. Diese Nuklide werden zu insgesamt 7 Nuklidfamilien zusammengefasst, welche ihrerseits jeweils zu einem direkt messbaren Nuklid/Element korreliert werden [17]. Dieses Verfahren entspricht dem Stand der Technik.

Die Begründung für die Herleitung zu jeder Familie und jedes einzelnen Nuklides wurde nicht im Einzelnen geprüft. Diese Prüfung ist neben anderen Punkten ein wesentliches Element des noch durchzuführenden Qualifizierungsverfahrens durch das BfS. Die bei der ESK-Beratung praktizierte Vorgehensweise, dass die GNS die benötigten Informationen zeitnah und im notwendigen Umfang von AREVA beschafft, hat sich

bewährt und sollte aus Sicht der ESK im Rahmen des Qualifizierungsverfahrens beibehalten werden. Das Qualifizierungsverfahren sollte zügig initiiert werden, da die Möglichkeit besteht, dass zu den zurückzunehmenden CSD-B auch solche gehören, die bereits in Kürze hergestellt werden.

Entsprechend der Spezifikation können Garantiegehalte von einzelnen Nukliden bzw. Elementen in den CSD-B höher liegen als in der CSD-V-Spezifikation. AREVA-NC hat sich gegenüber der GNS verpflichtet [6], dass nach Deutschland ausschließlich CSD-B geliefert werden, die auch alle Garantiewerte für CSD-V einhalten. Die ESK begrüßt dies, weil dadurch die entsprechenden Bewertungen aus dem abgeschlossenen CSD-V Verfahren in abdeckender Weise vollumfänglich auch für die CSD-B gelten.

4.3 Weitere Gebindeeigenschaften

Sachverhalt

Zu den radiologischen Eigenschaften der CSD-B gehört neben dem Radionuklidinventar auch die Dosisleistung am Gebinde. Sie beträgt nach [16] 30 – 45 Gy/h für die Gamma- und ist vernachlässigbar für die Neutronen-Dosisleistung.

Durch die radiologischen Eigenschaften bedingt ist auch der in [16] mit 25 - 35 W angegebene Wert für die Wärmeleistung unmittelbar nach der Herstellung.

Die Konstruktion und die Abmaße der CSD-B entsprechen denen der verglasten und der kompaktierten Abfälle (CSD-V, CSD-C). Eine CSD-B wiegt nominal 450 kg [16]. Bei den CSD-B wird wie bei der CSD-V nur der Deckel angeschweißt, nicht wie bei der CSD-C der gesamte Kopf.

Bewertung

Die aus dem radiologischen Inventar resultierenden Eigenschaften Dosisleistung und Wärmeleistung der CSD-B werden durch die entsprechenden Eigenschaften der CSD-V abgedeckt. Dies gilt ebenso für die Masse.

Die ESK begrüßt, dass durch Konstruktion und Abmaße der CSD-B eine einheitliche Handhabung sowie die Nutzung der gleichen Handhabungseinrichtungen wie für die CSD-V und die CSD-C möglich werden. Für die folgenden Entsorgungsschritte bis hin zur Endlagerung ergeben sich hierdurch zusätzliche Optimierungsmöglichkeiten und eine maximale Flexibilität.

5 Maßnahmen der Qualitätssicherung, der Dokumentation und der Produktkontrolle

Sachverhalt

Der Umfang der Dokumentation für jede einzelne CSD-B ist in der Spezifikation [7] festgelegt. Danach werden insbesondere die Garantieparameter

- zum Zeitpunkt der Produktion:
 - chemische Zusammensetzung des Glases für jeden Abstich,
 - Einhaltung der Produktionsbedingungen,
 - Gesamt- β - und Gesamt- α -Aktivität,
 - Einhaltung der Abkühlzeit vor der Deckelschweißung und
- zum Zeitpunkt der Beladung:
 - Wärmeleistung,
 - nicht festhaftende β/γ -Kontamination

sowie weitere Parameter

- zum Zeitpunkt der Produktion:
 - nuklidspezifische β/γ -Aktivität,
 - CSD-B-Masse und Glasmasse,
 - Massen der Aktiniden (U, Pu, ^{237}Np , ^{241}Am , ^{243}Am , ^{245}Cm , ^{244}Cm),
 - Masse der metallischen Partikel,
 - Isotopenzusammensetzung von U und Pu,
 - Einhaltung der Schweißparameter und
- zum Zeitpunkt der Beladung:
 - β/γ - und Neutronen-Dosisleistung an der Oberfläche und in 1 m Abstand,
 - nicht festhaftende α -Kontamination und
 - visuelle Prüfung

erfasst und auf dem Datenblatt dokumentiert.

Zur Sicherstellung der Qualität der CSD-B führt eine interne, vom Betrieb der Verglasungsanlage unabhängige Qualitätssicherungs-Abteilung der AREVA NC Maßnahmen zur Qualitätssicherung im Rahmen ihrer Zertifizierung nach ISO 9001:2000 durch. Bei positivem Prüfergebnis stellt AREVA NC für jede CSD-B eine Deklaration der Konformität aus.

Darüber hinaus überprüft Bureau Veritas im Auftrag der Wiederaufarbeitungskunden die Dokumentation im Hinblick auf die Einhaltung der in der Spezifikation [7] festgelegten Eigenschaften und führt Inspektionen in der Verglasungsanlage durch. Ein positives Prüfergebnis wird von Bureau Veritas durch ein Konformitäts-Zertifikat für jede CSD-B dokumentiert.

Im Hinblick auf die aus deutscher Sicht erforderlichen Produktkontrollmaßnahmen beantragt die GNS die

Durchführung einer Verfahrensqualifikation beim BfS und wird hierzu ein Handbuch zur Verfahrensqualifikation erstellen und dieses einreichen.

Bewertung

Das Verglasungsverfahren und die Maßnahmen zur Qualitätssicherung für die CSD-B entsprechen weitgehend denen für die CSD-V. Diese Vorgehensweise zur sicheren Einhaltung aller aus dem Transport, der Zwischen- und Endlagerung resultierenden Anforderungen hat sich seit ca. 15 Jahren bewährt und sollte aus Sicht der ESK auch für den Abfallstrom der CSD-B durchgeführt werden.

Im Gegensatz zu den CSD-V stammen die Rohabfälle aus unterschiedlichen Anlagenteilen und können deutlich voneinander abweichende Zusammensetzungen besitzen. Dies ist insbesondere im Hinblick auf die rechnerische Bestimmung des Aktivitätsinventars von schwer- bzw. nicht-messbaren Radionukliden von Bedeutung. Daher ist insbesondere die Herkunft der Rohabfälle und deren Mischung in Sammelbehältern zu dokumentieren und im Rahmen der Verfahrensqualifikation zu berücksichtigen.

Aus Sicht der ESK ist nach abgeschlossener Verfahrensqualifikation durch das BfS die Einhaltung der relevanten Verfahrensparameter wiederkehrend zu überprüfen. Dies beinhaltet die Auditierung des im Auftrag der Wiederaufarbeitungskunden tätigen Sachverständigen Bureau Veritas sowie stichprobenhafte Inspektionen der Anlage und des Verfahrens durch das BfS bzw. dessen hinzugezogenen Sachverständigen. Bestandteil dieser Inspektionen ist auch eine Kontrolle der Vorgehensweise zur Mischung der Rohabfälle und der damit einhergehenden wissenschaftlich-technischen Begründung von z.B. Korrelationsfaktoren für schwer- bzw. nicht-messbare Radionuklide. Die hierzu erforderlichen Unterlagen, z.B.:

- Aufstellungen zu Herkunft, Zusammensetzung und Menge der Rohabfälle,
- Analysenmethoden und -ergebnisse (einschließlich Rohdaten),
- Spektren,
- Berechnungsvorschriften und Korrelationen für zu deklarierende Radionuklide sowie deren Begründung,

sind im Rahmen der Inspektionsbesuche dem BfS bzw. dessen hinzugezogenen Sachverständigen zur Prüfung vorzulegen.

Die ESK empfiehlt, dass die Qualität des Produktes durch eine 100 %-ige Dokumentationsprüfung für die hergestellten und zur Rücklieferung nach Deutschland vorgesehenen CSD-B verifiziert wird. Darüber hinaus sollten Stichprobenprüfungen bzgl. der Einhaltung der Prozessparameter während der laufenden Produktion im Rahmen der regelmäßigen Inspektionen / Audits - wie auch schon bei den CSD-V – durchgeführt werden.

Weiterhin hält die ESK für erforderlich, dass vor dem Rücktransport der CSD-B nach Deutschland Plausibilitätsprüfungen von Einzelangaben durchgeführt werden. Diesbezüglich hat sich bei den CSD-V der Vergleich von gemessener und berechneter β/γ - und Neutronen-Dosisleistung bewährt.

6 Transport- und Behälterkonzept

Sachverhalt

Entsprechend den Erläuterungen der GNS sind aus Gründen der Nutzlastoptimierung und um die bewährten Handhabungsvorgänge bei der Abfertigung, dem Transport und der Behälterannahme der bisherigen Großbehälterlinien nutzen zu können, für den Transport und die Aufbewahrung der CSD-B massive metallische Großbehälter vorgesehen.

Prinzipiell sieht die GNS für Transport und Zwischenlagerung bekannte Großbehältertypen vor, die in der bestehenden Beladungsstation in La Hague ohne Umrüstung zu handhaben sind, keine weitere Kalthandhabung mehr benötigen und lediglich einer Inventaränderung (d.h. Reduzierung) im verkehrsrechtlichen Zulassungsverfahren bedürfen.

Die wahrscheinlichste Lösung ist daher die Verwendung des für CSD-V zugelassenen CASTOR[®] HAW28M, der für die CSD-B in jeder Hinsicht abdeckend ausgelegt ist. Die weiteren Betrachtungen beziehen sich daher auf diesen Behälter. Die GNS hat die für Transport und Zwischenlagerung relevanten Produkteigenschaften für die CSD-B im Vergleich zu den CSD-V zusammengestellt [17].

Wie in Kapitel 4 ausgeführt, hat AREVA NC mit Schreiben an die GNS [6] bestätigt, dass zusätzlich zu den in der CSD-B Spezifikation [7] genannten Garantiewerten für die nach Deutschland zurück zu nehmenden CSD-B die Zulassungswerte U_{\max} , Pu_{\max} , Cm-244, Gesamtmasse der Spaltstoffe, Masse je CSD-B und Gesamtmasse pro Beladung (14,2 t für 28 CSD-B) nicht überschritten werden.

Somit werden die Grenzwerte meist weit unterschritten, in jedem Falle aber eingehalten. Der Behälter ist daher ohne Modifikationen für die CSD-B einsatzbereit. Der Antrag für die Zulassungserweiterung für CSD-B ist von der GNS für 2011 vorgesehen.

Bewertung

Da die verkehrsrechtliche Zulassung des CASTOR[®] HAW28M in Verbindung mit der oben zitierten Beschränkungsverpflichtung der AREVA NC die physikalischen und radiologischen Eigenschaften der CSD-B abdeckt, kann aus Sicht der ESK die sichere Rückführung der CSD-B gewährleistet werden.

7 Zwischenlagerkonzept und daraus resultierende Anforderungen

Sachverhalt

Das Konzept der Zwischenlagerung beruht darauf, Abfälle in dickwandigen, störfallsicheren Behältern zu lagern. Der Behälter übernimmt den Schutz gegen äußere Einwirkungen.

Die Zwischenlagerung der CSD-B wird auf dem Betriebsgelände der GNS/BLG in Gorleben im Transportbehälterlager (TBL-G) erfolgen.

Dieses Gebäude verfügt über eine nutzbare Lagerfläche von 5.000 m². Dort können 420 Transport- und Zwischenlagerbehälter gelagert werden, die sowohl für ausgediente Brennelemente als auch für verglaste Abfälle ausgelegt sind. Die Lagerhalle wird durch Naturzug gekühlt. Das von der Firma GNS vorgestellte Zwischenlagerkonzept sieht vor, die Zwischenlagerung der CSD-B im TBL-G ebenfalls unter Verwendung des für den Transport der CSD-B ins Zwischenlager verwendeten Behälters vom Typ CASTOR[®] HAW28M durchzuführen, der bereits für die Zwischenlagerung der CSD-V genehmigt und im Einsatz ist.

Die Stellplatzanordnung erfolgt unter Berücksichtigung der bereits im Lager befindlichen Behälter nach Aspekten der Wärmebelastung und des Strahlenschutzes. Letzteres berücksichtigt Schutzziele sowohl hinsichtlich der Minimierung der Dosisbelastung des Personals als auch einer möglichst geringen Dosis am Zaun zum Schutz der Bevölkerung.

Im Vergleich zu den Behältern mit CSD-V werden die CSD-B einen vergleichsweise geringen Beitrag zur Dosisbelastung und zum Wärmeeintrag leisten.

Bewertung

Gegen das von GNS vorgesehene Konzept zur Zwischenlagerung der CSD-B in Großbehältern vom Typ CASTOR[®] HAW28M im TBL-G bestehen aus Sicht der ESK keine sicherheitstechnischen Einwände, da die CSD-B hinsichtlich aller relevanten Eigenschaften von bereits genehmigten und aufbewahrten CSD-V abgedeckt werden und damit auch alle aus der Leitlinie [15] resultierenden Anforderungen erfüllt werden können.

8 Endlagerrelevante Eigenschaften

Sachverhalt

Für Wärme entwickelnde Abfälle liegen in Deutschland keine gültigen Annahmebedingungen für die Endlagerung vor. Der Arbeitskreis HAW-Produkte hat deshalb im November 2009 in seiner Stellungnahme Nr. 12 endlagerrelevante Eigenschaften und Kenngrößen für mittlerradioaktive Glasprodukte (CSD-B) vorgeschlagen [12].

Die Liste dieser Eigenschaften und Kenngrößen stellt dar, welche Daten beim Konditionierungsprozess zu erfassen und zu deklarieren sind und ermöglicht das Verfassen eines Handbuchs zur Verfahrensqualifikation. GNS wird dieses Handbuch beim BfS zur Prüfung einreichen.

Die Liste der endlagerrelevanten Eigenschaften enthält auch eine Aufstellung von ca. 60 Nukliden, die höchstwahrscheinlich für die Endlagerung zu deklarieren sind. Die Aktivitäten einer Reihe dieser Nuklide sollen durch Korrelationen zu gemessenen Radionuklidaktivitäten berechnet werden.

Am 17.08.2010 präsentierte die GNS im Rahmen einer Sitzung der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Daten zu den bereits produzierten CSD-B und die GNS führte anhand dieser Daten eine Abschätzung zur Einhaltung der Endlagerungsbedingungen Konrad [11] durch. Demnach werden die Summenkriterien aus der Analyse zur

Wärmebelastung des Wirtsgesteins und aus der Kritikalitätssicherheitsanalyse überschritten, der Grenzwert des Summenkriteriums aus der Analyse der Störfälle für das Endlager Konrad wird, wie auch die Grenzwerte aus der Analyse des bestimmungsgemäßen Betriebs, eingehalten.

Bewertung

Aufgrund der Eigenschaften der CSD-B werden die Grundanforderungen an eine Endlagerfähigkeit von Abfallprodukten erfüllt. Hierzu gehören zum Beispiel die chemische Stabilität und die Abwesenheit von freien Flüssigkeiten. Die Erfüllungen weiterer Anforderungen, die sich aus den Annahmebedingungen eines Endlagers für Wärme entwickelnde Abfälle ergeben werden, können durch die erfassten Daten belegt werden. Hierzu gehören unter anderen die Angaben zur Kontamination, zur Dosisleistung, zur Durchmischung des Abfallproduktes und zur Qualität des CSD-B-Behälters.

Die Angaben zum Aktivitätsinventar werden einerseits durch Messungen, andererseits durch Korrelationsrechnungen ermittelt. Eine Bewertung dieser Verfahren wurde im Abschnitt 4.2 dieser Stellungnahme durchgeführt. Auch hinsichtlich der Bewertung der endlagerrelevanten Eigenschaften wird von der ESK auf die Bedeutung der vorgesehenen Korrelationen und ihrer Kontrolle im Rahmen der Verfahrensinspektionen und Audits durch das BfS bzw. dessen hinzugezogenen Sachverständigen hingewiesen.

Eine Einlagerung der CSD-B in das Endlager Konrad ist nicht geplant. Aufgrund der Abmessungen und der Aktivitätsinventare ist eine gemeinsame spätere Endlagerung mit den CSD-V und den CSD-C vorzusehen. Anhand der vorgelegten Werte zum Inventar einer bereits produzierten CSD-B wurde eine Abschätzung hinsichtlich der Ausschöpfung der Endlagerbedingungen Konrad durchgeführt. Eine Abschätzung der ESK ergab im Unterschied zur Abschätzung der GNS eine nur geringfügige Überschreitung des Störfallsummenwertes.

Wegen der lediglich geringen Überschreitung der Konrad-Annahmebedingungen ist die ESK der Auffassung, dass die in dieser Stellungnahme betrachteten CSD-B nach dem heutigen Kenntnisstand in einem Endlager für Wärme entwickelnde Abfälle endgelagert werden können.

9 Zusammenfassung

Die ESK hat sich mit der Spezifikation für die nach Deutschland im Rahmen der Wiederaufarbeitung von deutschen LWR-Brennelementen zurückzunehmenden mittelradioaktiven verglasten Abfälle befasst und dabei die in Kapitel 3 „Bewertungsmaßstäbe“ definierten Anforderungen zu Grunde gelegt.

Aufgrund ihrer materialspezifischen Eigenschaften stellen die Glasprodukte in den CSD-B gegenüber den Bitumenprodukten, die ursprünglich für die Rücklieferung des Rohabfallstroms „mittelaktiv, flüssig“ vorgesehen waren, einen Beitrag zur Erhöhung der Sicherheit bei der Zwischen- und Endlagerung dar. Darüber hinaus wird bei gleichbleibender Gesamtaktivität das in die Bundesrepublik zu transportierende und hier zwischen- und später endzulagernde Volumen der Abfälle reduziert. Die ESK begrüßt daher die Änderung der Abfallprodukte. Durch eine geeignete Produktkontrolle ist sicherzustellen, dass in den nach

Deutschland zu transportierenden CSD-B nur die in dieser Stellungnahme bewerteten Abfälle aus der UP2-400 enthalten sind.

Die Verfahren zur Ermittlung der Aktivitätsgehalte sind aus vergleichbaren Konditionierungsprozessen bekannt, sie entsprechen dem Stand der Technik und sind angemessen.

Aktivitäten von nicht der direkten Messung zugänglichen Radionukliden müssen durch Korrelationen mit gemessenen Aktivitätsgehalten ermittelt werden. Hier sind die durchzuführenden Bestimmungen von Radionuklidinventaren im Rahmen der Produktkontrolle besonders zu beachten.

Die ESK begrüßt, dass durch Konstruktion und Abmaße der CSD-B eine einheitliche Handhabung sowie die Nutzung der gleichen Handhabungseinrichtungen wie für die CSD-V und die CSD-C möglich werden. Dies hat logistische und sicherheitstechnische Vorteile für die Zwischen- und Endlagerung.

Die Maßnahmen zur Qualitätssicherung für die CSD-B entsprechen weitgehend denen für CSD-V. Diese Vorgehensweise zur sicheren Einhaltung aller aus dem Transport, der Zwischen- und Endlagerung resultierenden Anforderungen hat sich seit ca. 15 Jahren bewährt und sollte aus Sicht der ESK auch für den Abfallstrom der CSD-B eingeführt werden.

Im Gegensatz zu den CSD-V stammen die Rohabfälle aus unterschiedlichen Anlagenteilen und können deutlich voneinander abweichende Zusammensetzungen besitzen. Daher ist insbesondere die Herkunft der Rohabfälle und deren Mischung in Sammelbehältern zu dokumentieren und im Rahmen der Verfahrensqualifikation und Produktkontrolle zu berücksichtigen.

Aus Sicht der ESK ist nach abgeschlossener Verfahrensqualifikation die permanente Einhaltung der relevanten Verfahrensparameter im Rahmen der Dokumentationsprüfung und von stichprobenhaften Inspektionen durch das BfS bzw. dessen hinzugezogenen Sachverständigen zu überprüfen.

Da die verkehrsrechtliche Zulassung des CASTOR[®] HAW28M in Verbindung mit der oben zitierten Beschränkungsverpflichtung der AREVA NC die physikalischen und radiologischen Eigenschaften der CSD-B abdeckt, kann aus Sicht der ESK die sichere Rückführung der CSD-B gewährleistet werden.

Gegen das von GNS vorgesehene Konzept zur Zwischenlagerung der CSD-B in Großbehältern vom Typ CASTOR[®] HAW28M im TBL-G bestehen aus Sicht der ESK keine sicherheitstechnischen Einwände, da die CSD-B hinsichtlich aller relevanten Eigenschaften von bereits genehmigten und aufbewahrten CSD-V abgedeckt werden.

Die ESK ist der Auffassung, dass die in dieser Stellungnahme betrachteten CSD-B nach dem heutigen Kenntnisstand in einem Endlager für Wärme entwickelnde Abfälle endgelagert werden können.

Die ESK stellt zusammenfassend fest, dass unter Berücksichtigung der in dieser Stellungnahme formulierten Anforderungen die CSD-B mit verglasten Spülwässern von Anlagen der Wiederaufarbeitung in Frankreich den Anforderungen entsprechen, die an die Abfallgebinde nach dem Stand von Wissenschaft und Technik zu stellen sind, um einen sicheren Transport, die Zwischenlagerung über einen längeren Zeitraum und eine sichere Endlagerung zu gewährleisten.

Beratungsunterlagen

- [1] BMU-Schreiben RS III 3 –18042 FRA/6 vom 20.01.2010 an den Vorsitzenden der ESK
Rückführung mittelradioaktiver verglaster Abfälle aus der Wiederaufarbeitung bestrahlter Brennelemente in Frankreich nach Deutschland
Stellungnahme der ESK
Beratungsauftrag

- [2] Entscheidung der Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) vom 08. Dezember 2009
(in französischer Sprache mit deutscher Übersetzung) bezüglich der Spezifikation
Nr. 300-AQ-061 zur Verglasung mittelradioaktiver Flüssig-Abfälle

- [3] Entscheidung der Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) vom 22. Dezember 2009 zur
Festlegung der Vorschriften zur aktiven Inbetriebnahme des CCM-Verglasungs-
verfahrens in der Linie B der Verglasungsanlage R7 der UP2-800 am AREVA NC-
Standort La Hague (in deutscher Übersetzung)

- [4] GNS
Antragsschreiben BT/WK/100012 vom 14.01.2010

- [5] GNS
Schreiben BT/WK/100713 vom 09.08.2010

- [6] AREVA NC
Schreiben BU-R/DC/10-359/FLM an die GNS vom 05.08.2010

- [7] Specification 300 AQ 061 00 for Standard CSD-B Vitriified Waste Residues Produced
at La Hague (in französischer und englischer Sprache) vom 14.09.2009/Fa. AREVA
NC

- [8] CSD-B Booklet der Fa. AREVA NC vom 29.09.2009 (in englischer Sprache)

- [9] Quality Assurance Plan der Fa. AREVA NC (in franz. und engl. Sprache)

-
- [10] Empfehlung der RSK: Sicherheitsanforderungen an die längerfristige Zwischenlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle, Fassung vom 05.12.2002 mit Neuformulierung in Abschnitt 2.7.1 (dritter Spiegelstrich) vom 16.10.2003
- [11] BfS: „Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen, Stand: Dezember 1995) - Schachtanlage Konrad -“, ET-IB-79, Dezember 1995
- [12] Arbeitskreis HAW-Produkte, Stellungnahme Nr. 12 „Endlagerrelevante Eigenschaften und Kenngrößen für mittelradioaktive Glasprodukte (CSD-B)“, November 2009
- [13] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlung, Strahlenschutzverordnung vom 20.07.2001 (BGBl. I S. 1714, 2002 I S. 1459), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 29.08.2008 (BGBl. I S. 1793)
- [14] Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz – AtG) i. d. F. der Bekanntmachung vom 15.07.1985 (BGBl. I S. 1565), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 17.03.2009 (BGBl. I S. 556)
- [15] Empfehlung der RSK: Sicherheitstechnische Leitlinien für die trockene Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente in Behältern vom 05.04.2001
- [16] GNS
CSD-B: Aktivität und radiologische Eigenschaften
Unterlage BT/WK/100830 vom 20.09.2010
- [17] GNS Bericht: CSD-B Nuklidbestimmung; Dekontaminationsverfahren und Nuklidkorrelation, BT/WK/100820 vom 28.09.2010
- [18] AREVA NC
Chemical and radiological analyses of the CSD-B raw waste
Essen, 21.05.2010

-
- [19] R. Do Quang et al
Vitrification of HLW produced by Uranium/Molybdenum Fuel Reprocessing in
COGEMA's Cold Crucible Melter
WM'03 Conference, February 23-27, 2003, Tucson, AZ
- [20] C. Ladirat et al
Advanced Cold Crucible Melter Pilot Plant
Characteristics and first Results on HLLW Surrogates
WM'04 Conference, February 29- March3, 2004, Tucson, AZ
- [21] CEA
Clefs CEA no 46; Waste vitrification: more than one string to its bow
http://www.cea.fr/gb/publications/Clefs46/pagesg/clefs46_43.html, 20.12.2004