

RSK - Stellungnahme

11. Juli 2002

Sicherheit deutscher Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente in Lagerbehältern bei gezieltem Absturz von Großflugzeugen

1 Beratungsauftrag und Beratungsgang

Die RSK wurde mit Schreiben des BMU, AG RS I 4 – 17013/44 vom 17.09.2001 [1] beauftragt, zum Thema „Sicherheit deutscher Atomkraftwerke gegen gezielten Absturz von Großflugzeugen mit vollem Tankinhalt“ zu beraten. Hierzu hat die RSK am 16.10.2001 eine Stellungnahme vorgelegt [2]. Um eine entsprechende Stellungnahme im Hinblick auf die Sicherheit von kerntechnischen Anlagen der Ver- und Entsorgung zu erarbeiten, hörte der RSK-Ausschuss VER- UND ENTSORGUNG in seiner 18. Sitzung am 18.10.2001 Sachverständige an, die zum Stand der Erkenntnisse berichteten [3-5], und richtete die Ad-hoc-Arbeitsgruppe FLUGZEUGABSTURZ des RSK-Ausschusses VER- UND ENTSORGUNG ein, der sechs Mitglieder des Ausschusses angehören.

Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe trat am 12.11.2001 zu ihrer ersten Beratung zusammen. Aufgrund der anstehenden Entscheidungen über Neugenehmigungen von Interims- und Zwischenlagern für bestrahlte Brennelemente sowie über Änderungsgenehmigungen für bestehende Zwischenlager erarbeitete die Ad-hoc-Arbeitsgruppe zunächst den Entwurf einer Stellungnahme zur „Sicherheit deutscher Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente in Lagerbehältern beim gezielten Absturz von Großflugzeugen“, der vom Ausschuss VER- UND ENTSORGUNG in seiner 19. Sitzung am 05.12.2001 mehrheitlich verabschiedet wurde [6]. Die RSK beriet in ihrer 346. Sitzung am 13.12.2001 über diesen Entwurf und bat nach eingehender Diskussion u. a. den Ausschuss VER- UND ENTSORGUNG, seine Beratung fortzusetzen, sobald Analysen (z. B. GRS, BAM) vorlägen. Der RSK-Ausschuss VER- UND ENTSORGUNG ließ sich in seiner 21. Sitzung am 25.04.2002 von der GRS und der BAM zu Untersuchungsergebnissen zu Sicherheitsreserven von Transport- und Lagerbehältern für bestrahlte Brennelemente bei extremen Unfallbelastungen und Einwirkungen von Außen und zu Lastannahmen [7] bzw. zu den betrachteten Szenarien [8] berichten. Am 17.05.2002 trat die Ad-hoc-Arbeitsgruppe FLUGZEUGABSTURZ des Ausschusses VER- UND ENTSORGUNG zu ihrer 2. Sitzung zusammen und beriet über Strukturierung und Inhalt eines neuen Stellungnahme-Entwurfs unter Berücksichtigung der o. g. Ergebnisse und Fragen. Der Entwurf wurde im nachfolgenden Umlaufverfahren unter den Mitgliedern der Ad-hoc-Arbeitsgruppe abgestimmt und vom RSK-Ausschuss VER- UND ENTSORGUNG in seiner 22. Sitzung am 20.06.2002 nach Diskussion zur Weiterleitung an die RSK verabschiedet. In der 353. Sitzung am 11.07.2002 wurde die Stellungnahme von der RSK verabschiedet.

Diese Stellungnahme bezieht sich auf Zwischenlager nach dem Prinzip der trockenen Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente - und ggf. verglaster hochradioaktiver Abfälle - in Behältern. Sie bezieht sich nur auf Behältertypen, die die erforderlichen Genehmigungsverfahren durchlaufen haben.

2 Bewertungsmaßstab

Die RSK beschränkt sich auf die fachliche Bewertung der Folgen des im Beratungsauftrag vorgegebenen Ereignisses „gezielter Absturz eines Großflugzeugs mit vollem Tankinhalt“. Es wird auf Basis der vorgestellten Untersuchungsergebnisse und der diesbezüglichen Unterlagen bewertet, inwieweit Freisetzungen radioaktiver Stoffe aus einem Zwischenlager nach einem solchen Ereignis möglich sind.

Da bei den in Deutschland beantragten Lagerkonzepten der Einschluss der Radioaktivität durch die einzelnen Behälter sichergestellt wird, betrachtet die RSK, ob und gegebenenfalls in welchem Umfang die Einwirkungen des gezielten Absturzes diese Einschlussfunktion beeinträchtigen können und ob die radiologischen Auswirkungen einschneidende Maßnahmen des Notfallschutzes erforderlich machen.

3 Bewertung

Die RSK stützt sich auf die GRS-Untersuchungen zu terroristischen Flugzeugabsturzscenarien auf deutsche Kernkraftwerke zu Lastannahmen aus mechanischen Einwirkungen. Aus Sicht der RSK haben empirische und theoretische Überlegungen sowie Erfahrungen an Flugsimulatoren ergeben, dass unter Berücksichtigung der derzeit gängigen Verkehrsflugzeuge als Lastfälle das Auftreffen eines Großraumflugzeuges mit einer Geschwindigkeit von 175 m/s bzw. 100 m/s und einem Anflugwinkel von kleiner als 10° (gegenüber der Horizontalen) als hinreichend einhüllende Ansätze zu betrachten sind. Während die untere Geschwindigkeit für den Landeanflug repräsentativ ist, repräsentiert die obere Geschwindigkeit den Wert, der mit dem oberen Erfahrungsbereich übereinstimmt, wie er auch in Simulatorschulungen vermittelt wird.

Weiterhin bezieht sich die RSK auf den Bericht von GRS und BAM [7], in dem mechanische und thermische Sicherheitsreserven von Transport- und Lagerbehältern für abgebrannte Brennelemente untersucht werden, sowie auf die Präsentation der BAM vor dem RSK-Ausschuss VER- UND ENTSORGUNG am 25.04.2002 zur Auswirkung eines Flugzeugabsturzes auf Brennelement-Transport- und Lagerbehälter [13].

Für eine systematische Bewertung der Auswirkungen des zu betrachtenden Flugzeugabsturzes auf ein Lagergebäude ist eine gestufte Betrachtung zweckmäßig, bei der die verschiedenen Effekte in folgender Abfolge betrachtet werden:

- Flugzeugaufprall ohne Zerstörung des Lagergebäudes
- Flugzeugaufprall mit Zerstörung des Lagergebäudes

- Auswirkungen des mechanischen Flugzeugaufpralls auf Behälter
- Auswirkungen der Trümmerbildung
- Auswirkungen durch Folgebrand auf Behälter
- Freisetzung von radioaktiven Stoffen aus Behältern

3.1 Flugzeugaufprall ohne Zerstörung des Lagergebäudes

Sofern auf Grund der Konstruktion des Lagergebäudes nachgewiesen werden kann, dass durch den Aufprall eines Großraumflugzeugs mit einer Geschwindigkeit von 175 m/s und einen Auftreffwinkel von kleiner als 10° (gegenüber der Horizontalen) kein großflächiges Versagen des Lagergebäudes (allenfalls Abplatzungen von Betonbruchstücken im Trefferbereich, die zu keiner hier relevanten Belastung der Behälter führen können) zu erwarten ist, kann aus Sicht der RSK auch eine mechanische Belastung der Behälter mit daraus folgendem Dichtheitsversagen ausgeschlossen bzw. können die auftretenden mechanischen Beanspruchungen der Behälter durch die nachfolgenden Betrachtungen als abgedeckt angesehen werden. Unter diesen Voraussetzungen erwartet sie außerdem keinen so großen Kerosineintrag durch Risse im Gebäude oder durch Lüftungsöffnungen, folglich auch keine so großen thermischen Beeinträchtigungen der Behälter, die nicht durch die nachfolgenden Betrachtungen zum Folgebrand abgedeckt wären.

3.2 Flugzeugaufprall mit Zerstörung des Lagergebäudes

Ist davon auszugehen, dass das Lagergebäude beim Aufprall eines großen Verkehrsflugzeuges mit einer Geschwindigkeit von 175 m/s oder 100 m/s und einem Auftreffwinkel von kleiner als 10°(gegenüber der Horizontalen) zerstört wird, so sind nach Ansicht der RSK folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Auswirkungen des mechanischen Flugzeugaufpralls auf Behälter,
- Auswirkungen der Trümmerbildung,
- Auswirkungen durch Folgebrand auf Behälter und
- Freisetzung von radioaktiven Stoffen aus Behältern.

3.2.1 Auswirkungen des mechanischen Flugzeugaufpralls auf Behälter

Bei der Betrachtung der direkten mechanischen Einwirkungen beim gezielten Flugzeugaufprall auf Transport- und Lagerbehälter sind nur die Lasten aus dem Aufprall derjenigen Teile des Flugzeuges relevant, die auf einen einzelnen Behälter einwirken können und die auf Grund ihrer Massivität, ihrer Struktur und ihrer Ausrichtung in Flugrichtung zu hohen mechanischen Belastungen für den getroffenen Behälter führen können. Bei den derzeit verwendeten zivilen Großflugzeugen sind dies neben dem auf die Zielfläche des Behälters bezogenen Anteil der Stoßlast des gesamten Flugzeuges die Lasten aus dem Aufprall der Triebwerke und des Bugfahrwerks. Die übrigen Flugzeugteile sind vergleichsweise weich,

verformen sich bei einem Aufprall auf ein massives Hindernis stark oder sind, wie das Hauptfahrwerk, hinter verformbaren Strukturen geschützt angeordnet und daher hinsichtlich der mechanischen Auswirkungen durch das Triebwerk bzw. durch das Bugfahrwerk nach Ansicht der RSK als abgedeckt anzusehen.

Die GRS hat für die Auftreffgeschwindigkeit von bis zu 175 m/s Stoßlast-Zeit-Funktionen für repräsentative Verkehrsflugzeuge und deren Triebwerke, die aufgrund der Massenkonzentration als besonders belastungsrelevantes Wrackteil angesehen werden müssen, aufgestellt. Darüber hinaus hat die GRS ein Spektrum von Vollprojektilen (300 kg, 500 kg, 800 kg) postuliert, die sonstige durchdringungsfähige Bauteile des Flugzeuges, wie z. B. das exponiert am Flugzeug angebrachte Bugfahrwerk, repräsentieren sollen.

Zu betrachten sind der Aufprall auf das für den sicheren Einschluss des radioaktiven Inventars entscheidend wichtige Deckelsystem des Behälters und - auf Grund des flugtechnisch vorgegebenen flachen Absturzwinkels - der Seitenaufprall auf den Behälter.

Auf Grund der kleinen Zielfläche des Deckelsystems von wenigen Quadratmetern werden beim Aufprall auf das Deckelsystem die Auswirkungen des direkten Aufpralls des gesamten Flugzeuges durch den direkten Aufprall eines Triebwerkes abgedeckt. Der auf die Zielfläche des Deckelsystems entfallende Anteil der maximalen Stoßlast des gesamten Flugzeuges ist für alle untersuchten Verkehrsflugzeuge kleiner als die Stoßlast der Triebwerke, deren Auftrefffläche in etwa der Deckelfläche entspricht, so dass praktisch die gesamte Stoßlast der Triebwerke vom Deckelsystem abgetragen werden muss.

Der Aufprall des Triebwerkes eines schnellfliegenden Militärflugzeuges auf das Deckelsystem wurde bereits in den Genehmigungsverfahren für die Zwischenlager Ahaus und Gorleben untersucht. Im Jahr 1980 wurde das Deckelsystem des Behältertyps CASTOR[®] IIa mit einem Modellprojektil beschossen. Das Modellprojektil hatte eine Masse von 1.000 kg, eine Projektilkernmasse von 500 kg und eine Auftreffgeschwindigkeit von 300 m/s. Der Treffer erfolgte senkrecht und zentrisch auf den Behälterdeckel. GRS und BAM [7] haben dargelegt, dass diese Versuche auch den Aufprall des Triebwerkes eines Verkehrsflugzeuges abdecken und begründen dies mit der höheren Geschwindigkeit des Modellprojektils, der Konzentration der Masse auf eine sehr kleine Auftrefffläche und dem zentralen senkrechten Treffer auf den Behälterdeckel, der bei dem hier unterstellten Flugzeugabsturzscenario nicht auftreten kann.

Das selbe Ergebnis erhält man durch Vergleich der Stoßlast-Zeit-Funktionen, unter Berücksichtigung von Auftreffflächen und Auftreffwinkeln. Aus dem für die Beschussversuche verwendeten Modellprojektil wurde seinerzeit eine Stoßlast-Zeit-Funktion abgeleitet und seither für die analytischen Nachweise in den Genehmigungsverfahren für die modernen Transport- und Lagerbehältertypen zugrunde gelegt. Diese Belastungen sind zu vergleichen mit den Stoßlast-Zeit-Funktionen der Triebwerke der Verkehrsflugzeuge nach GRS:

Modellprojektil (GRS, BAM [7]):

- Maximalwert der Stoßlast-Zeit-Funktion: 26 MN
- Auftrefffläche: 0,28 m²
- Auftreffwinkel: 90°, zentrisch auf Deckelsystem

Triebwerk des A 320 (GRS):

- Maximalwert der Stoßlast-Zeit-Funktion: 48 MN
- Auftrefffläche: 3,4 m² (entspricht in etwa der Querschnittsfläche des Behälterkörpers)
- Auftreffwinkel: bis zu 10° (gegenüber der Horizontalen).

Auch unter Berücksichtigung möglicher Unsicherheiten bei einer vektoriellen Zerlegung der Stoßlast kommt die RSK zu dem Schluss, dass bei stehenden Behältern der senkrecht zum Deckelsystem wirkende Stoßlast-Anteil des Verkehrsflugzeugtriebwerkes, bezogen auf die sehr viel größere Auftrefffläche von 3,4 m², zu keiner größeren Durchbiegung des Primärdeckels führt, als der senkrechte Aufprall des Modellprojektils. Auf Grund des zeitlichen Ablaufs ist auszuschließen, dass der Behälter umstürzt, bevor er getroffen wird, so dass der Aufprall auf einen liegenden Behälter nicht betrachtet wird.

Das von der GRS postulierte harte Projektil mit der größten Masse (800 kg) führt bei einer Aufprallgeschwindigkeit von 175 m/s (auch ohne Berücksichtigung des flachen Auftreffwinkels) nur zu einer ähnlichen Belastung des Deckelsystems wie der Aufprall des Modellprojektils, wenn bei diesem in realistischer Weise nur die Kernmasse (500 kg) berücksichtigt wird. Auf Grund der größeren Geschwindigkeit des Modellprojektils (300 m/s) sind die Impulse etwa gleich groß, während die kinetische Energie des Modellprojektils etwa doppelt so groß ist wie die des von der GRS unterstellten Projektils mit einer Masse von 800 kg bei 175 m/s. Unter Berücksichtigung des flachen Auftreffwinkels ist die Belastung durch dieses Projektil deutlich kleiner.

Auf Grund des flachen Auftreffwinkels ist auch der Seitenaufprall auf den Behälter zu betrachten. GRS und BAM [7] berechnen für den Seitenaufprall eines großen Verkehrsflugzeugtriebwerkes eine mittlere Beschleunigung des Behälter von 56 g. Vergleichbare Werte erhält man rechnerisch unter der Einwirkung der auf die seitlichen Projektionsflächen der Behälter bezogenen Anteile der maximalen Stoßlasten der betrachteten Verkehrsflugzeuge. Dem gegenüber betragen die im Rahmen der analytischen Nachweise für den 9-m-Mantellinien-Fall der Behälter gemäß IAEA-Prüfbedingungen in den verkehrsrechtlichen Zulassungsverfahren als zulässig bestätigten Beschleunigungen mehr als 100 g (GRS, BAM [7]).

Der Seitenaufprall des schwersten von der GRS postulierten Projektils mit einer Masse von 800 kg ist durch den 1978 durchgeführten Beschussversuch mit dem Modellprojektil (Kernmasse: 500 kg) senkrecht auf den Behältermantel eines Bodensegments eines CASTOR Ia bei vergleichbarer Auftrefffläche hinsichtlich Impuls und kinetischer Energie (wie vorstehend dargelegt) abgedeckt. Bei diesem Beschussversuch traten nur unwesentliche Beschädigungen an den Kühlrippen des Behälters auf (GRS, BAM [7]).

Zusammenfassend kommt die RSK zu dem Ergebnis, dass das bisher bei der Zulassung der Transport- und Lagerbehälter verwendete Stoßlast-Zeit-Diagramm die Auswirkungen des Aufpralls eines

Großraumflugzeuges auf Transport- und Lagerbehälter abdeckt und dass die im Beschussversuch der BAM [13] auf das Deckelsystem ermittelte Leckagerate der Primärdeckeldichtung von 0,03 Pa m³/s (bei einer Dichtringlänge von 4,25 m des CASTOR IIa) als abdeckend für direkt von Wrackteilen getroffene Deckelsysteme angesehen werden kann.

3.2.2 Auswirkungen der Trümmerbildung

Wird das Lagergebäude durch den Flugzeugaufprall zerstört, so sind auch Wechselwirkungen zwischen den Gebäudetrümmern und den Behältern zu betrachten. Zu den möglichen Belastungen gehören:

- mechanische Belastung des Behälters durch herabstürzende Gebäudetrümmer,
- thermische Beeinträchtigung der Kühlung der Behälter durch Trümmerüberdeckung sowie der längerfristigen Wärmeabfuhr bei erschwerter Trümmerräumung,
- Verstärkung der thermischen Brandeinwirkungen auf Behälter, z. B. durch lokale Lachenbildung von Kerosin durch Verdämmung von Trümmermaterial oder Muldenbildung.

Ob und wie stark sich diese Effekte auf die Einschlussfunktion der Behälter auswirken, hängt von der Größe und Beschaffenheit der Trümmer ab.

Mechanische Belastung der Behälter durch herabstürzende Gebäudetrümmer

Durch den gezielten Absturz eines zivilen Großflugzeuges verursachte Gebäudetrümmer können auf die Behälter herabstürzen. Bei den bisher genehmigten Zwischenlagern wurde der Trümmerabsturz nach zufälligem Absturz einer schnellfliegenden Militärmaschine bzw. bei erdbebenbedingtem Gebäudeeinsturz betrachtet und der Nachweis geführt, dass der Absturz eines massiven Dachbinders (112 Mg) beherrscht wird. Die mechanischen Belastungen aus dem Absturz eines massiven Dachbinders liegen nach [12] für den Behälter und insbesondere für das Dichtungssystem ungünstigstenfalls in der gleichen Größe wie die aufgetretenen Belastungen der CASTOR-Behälter bei den Flugkörper-Beschussversuchen.

Denkbar wäre im Falle des Absturzes eines Flugzeugs auch eine Impulsübertragung vom aufprallenden Flugzeug bzw. Flugzeugteilen auf massive Gebäudetrümmer (z. B. Dachbinder, Kranbahn), die auf diese Weise eine Beschleunigung erfahren und den Behälter mechanisch gefährden könnten. Bei einem Auftreffwinkel des Flugkörpers von kleiner als 10° (gegenüber der Horizontalen) wird die vertikal gerichtete Komponente des Impulses jedoch klein sein, so dass große Trümmer keine wesentliche zusätzliche Beschleunigung in vertikaler Richtung erfahren. Auf Grund der geometrischen Bedingungen ist auch nicht zu erwarten, dass deren Aufprallenergie vom Deckelsystem nur eines einzelnen Behälters aufzunehmen ist. Die Größe und Beschaffenheit der Trümmer wird von der Konstruktion der Lagergebäude abhängen. Es ist nach Ansicht der RSK zu erwarten, dass gezeigt werden kann, dass die massivsten zu unterstellenden Trümmer durch Herabstürzen die Dichtungsfunktion der Behälter nicht unzulässig beeinträchtigen.

Thermische Beeinträchtigung der Behälter durch Behinderung der Wärmeabfuhr

Für bisher genehmigte Zwischenlager wurde der Nachweis geführt, dass die mögliche Trümmerüberdeckung nach Zerstörung bzw. Einsturz der Lagergebäude nicht zu einer unzulässigen Beeinträchtigung der Kühlung führt, bzw. dass ein Abräumen der Trümmerüberdeckung möglich ist, bevor es zu einer unzulässigen Aufheizung der Lagerbehälter durch die Zerfallswärme kommt [14].

Nach Abschätzungen des Behälterherstellers GNB, die in den Standortlager-Verfahren vorgelegt wurden, beträgt die Aufheizrate eines verschütteten Behälters unter konservativen Annahmen ca. 2,6 K/h. Zur Abfuhr einer Nachzerfallswärmeleistung von 40 KW wird bei einer Temperaturdifferenz der ausströmenden Luft von 100 K ein Volumenstrom von ca. 0,4 m³/s benötigt. Bei einer unter maximalen Verschüttungsbedingungen realistischen Strömungsgeschwindigkeit von 1 m/s ist dazu ein freier, nicht durch Absturztrümmer verschlossener Querschnitt von ca. 0,4 m² erforderlich [14].

Die RSK geht davon aus, dass auch für neu zu genehmigende Behälterlager gezeigt werden kann, dass

- entweder keine relevanten Trümmerüberdeckungen auftreten
- oder dass die Trümmerüberdeckung die Wärmeabfuhr kurzfristig nicht über das zulässige Maß hinaus beeinträchtigt und mittelfristig weggeräumt werden kann.

Verstärkung der thermischen Brandeinwirkungen auf Behälter

Infolge der unterschiedlichen Größe und Massivität von Gebäudetrümmern nach Flugzeugabsturz und der daraus resultierenden Porosität der Trümmerschicht erscheint es der RSK unwahrscheinlich, dass sich die Trümmer so anordnen, dass sich eine Kerosinlache bildet, aus der eine lokale Verstärkung der thermischen Brandeinwirkung auf einzelne Behälter resultieren könnte, die nicht durch die nachfolgenden Betrachtungen zum Folgebrand abgedeckt wäre.

Jedoch sollten die verbleibenden Gebäudestrukturen und die Trümmerbedeckung bei der Modellierung der Brandeinwirkung auf die Behälter nach Kerosineintrag in das Lagergebäude berücksichtigt werden.

3.2.3 Auswirkungen durch Folgebrand auf die Behälter

Beim Absturz eines Flugzeuges auf das Lager bildet sich durch die mechanische Zerstäubung des Kerosins unmittelbar ein Treibstoffnebel, der sich entzündet und in einem Feuerball abbrennt. Damit ist keine Druckwelle verbunden, welche die Integrität eines Transport- und Lagerbehälters gefährden könnte. In dem Feuerball verbrennt ein Teil des Treibstoffes sehr rasch; die dabei freigesetzte Wärmeenergie wird durch den thermischen Auftrieb aus dem Bereich des Behälters entfernt. Der übrig bleibende Teil des Treibstoffes brennt anschließend ab. Hinzu kommen die Brandlasten aus den sonstigen brennbaren festen Bestandteilen

des Flugzeuges (Kunststoffe, Leichtmetalle) und den transportierten Gütern. Die ausschließliche Berücksichtigung der Kerosinmenge hinsichtlich der zu betrachtenden Brandlasten wird als hinreichend abdeckend angesehen, wenn dabei der Kerosinverlust durch Feuerballbildung, Versprühen und Versickern außer Betracht bleibt und unterstellt wird, dass sich der gesamte Tankinhalt (200 m³) im (teil-)zerstörten Lagergebäude ansammelt und dort abbrennt, ohne durch konstruktiv vorgegebene oder Bruchöffnungen wieder aus dem Gebäude auszutreten. Es ist anzunehmen, dass die Gebäuderümmen hinreichend grobkörnig sind und die Ausbreitung des Treibstoffs im Lagergebäude nicht nachhaltig behindern.

Hinsichtlich der festen Brandlasten aus dem Flugzeug ist zu beachten, dass Schadensbilder nach Flugzeugabstürzen eine weite Verteilung der entstandenen Trümmer zeigen. In einem solchen Fall ist nicht von einer kritischen Massierung von festen Brandlasten auf kleinem Raum auszugehen und die Auswirkungen von derartigen Feststoffbränden wären durch den o. g. Kerosinbrand, bei dem das gesamte Tankvolumen in Ansatz gebracht wird, abgedeckt. Ergibt sich aus der Analyse, dass ein Austritt von Moderator material zu unterstellen ist, ist dieses in der Analyse des Brandverhaltens zu berücksichtigen.

Die freie Gesamtfläche des Lagergebäudes wird unter Berücksichtigung der aufgestellten Behälter und von Gebäuderümmern mit 50 % der Brutto-Gesamtfläche angenommen. Bei einer Nettofläche von 1.000 m², die dem derzeit kleinsten geplanten Zwischenlager entspricht, ergibt sich eine Kerosin-Schichthöhe von ca. 20 cm und mit einer mittleren Brandrate nach GRS, BAM [7] von 4 mm/Minute eine Branddauer von ca. 50 Minuten.

Auf Grund der massiven Bauart der Behälter ist als Schadensmechanismus aus Brandeinwirkung in erster Linie ein mögliches Versagen der metallischen Dichtungen des Primärdeckels durch zu hohe Temperaturen mit anschließender erhöhter Leckagerate des Behälters zu betrachten. Für eine spätere Bergung der Behälter ist zu berücksichtigen, dass sich die Neutronenabschirmwirkung der Behälter durch Schmelzen und Auslaufen des Moderator materials verschlechtert. Dies ist bei Brandeinwirkung auf Behälter gemäß der verkehrsrechtlichen Vorschriften zulässig.

Im Gutachten zum Transportbehälterlager Gorleben [9] hat die BAM auf Versuche zur Ermittlung der Temperaturbeständigkeit von aluminiumummantelten Dichtungen [10] Bezug genommen. Dabei wurden in mehreren Versuchsserien mit repräsentativen aluminiumummantelten Metalldichtringen in einem Glühofen Temperaturzyklen (Aufheizen auf Temperaturen zwischen 300 und 550 °C) gefahren und sowohl vor als auch nach den Versuchen an den in einem Flanschsystem montierten Dichtungen Helium-Dichtheitsprüfungen durchgeführt. Zusammenfassend lässt sich aus dieser Versuchsserie ableiten, dass die thermische Beständigkeit aluminiumummantelter Metalldichtringe in einem Transport- und Lagerbehälter bei Dichtungstemperaturen von bis zu ca. 500 °C über mehrere Stunden soweit gegeben ist, dass ein Anstieg der Standard-Helium-Leckagerate nicht eintritt.

Von der BAM wurden ebenfalls verschiedene Versuchsserien und Brand-Parameterrechnungen zu den Temperaturen, die nach mehrstündiger Brandbelastung der Behälter im Bereich der Primärdeckeldichtungen auftreten können, durchgeführt [7]. Innerhalb eines Parameterfelds von 500 – 1.200 °C Feuertemperatur und 0,5 bis zu vier Stunden Feuerdauer wurden Berechnungen der jeweiligen Primärdeckeldichtungstemperatur

durchgeführt. Aus den berechneten Isolinien für Primärdeckeldichtungstemperaturen für Behälter vom Typ CASTOR V ergeben sich Wertepaare für Feuertemperatur und Feuerdauer, für die eine Primärdeckeldichtungstemperatur von 500 °C erreicht wird. Es hat sich gezeigt, dass der kritische, aber für Metalledichtungen noch nicht versagensrelevante Temperaturbereich von 500 °C bei einer mittleren Flammentemperatur von 800 °C erst nach einer Branddauer von ca. 5,5 Stunden erreicht wird. Bei Unterstellung einer zeitlich und räumlich gemittelten Flammentemperatur von 1.000 bzw. 1.200 °C, die allseitig auf den Behälter einwirkt, wäre nach 2,7 bzw. 1,5 Stunden mit dem Überschreiten dieser Temperatur zu rechnen [11]. Diese Zeiten sind zu vergleichen mit der o. g. abgeschätzten Branddauer von ca. 50 Minuten. Ein Schmelzen des Behälters ist angesichts der Branddauer und des Behältermaterials auszuschließen.

Auf Grund der o. g. Untersuchungen, die in Kombination der getroffenen Annahmen für den hier betrachteten gezielten Flugzeugabsturz mit vollem Tankinhalt konservativ sind, ist die RSK der Auffassung, dass auch bei einem gezielten Absturz eines Großflugzeuges mit vollem Tankinhalt auf ein Zwischenlager die Dichtungswirkung der metallischen Primärdeckeldichtung der Behälter durch thermische Einwirkungen nicht unzulässig verringert wird. Diese Betrachtungen gelten für eine rotationssymmetrische Aufheizung des Behälters. Abweichungen sind zu überprüfen.

3.2.4 Freisetzung von radioaktiven Stoffen aus Behältern

Die vorstehenden Betrachtungen führen nach Ansicht der RSK zu dem Ergebnis, dass bei den vorliegenden Lagerkonzepten ein Versagen der Behälter bzw. eine unzulässige Beeinträchtigung der Dichtungswirkung der Behälter auch nach einem gezielten Absturz eines Großflugzeuges mit vollem Tankinhalt weder durch mechanische noch durch thermische Einwirkungen zu erwarten ist.

Der fiktive Fall einer Freisetzung radioaktiver Stoffe aus einem Behälter wäre auf ein Versagen im Deckelbereich zurückzuführen, da ein Versagen der Behälterwand durch entsprechende Ergebnisse von Beschuss- und Brandversuchen ausgeschlossen werden kann.

Die bei der bisherigen Begutachtung der Zwischenlager Gorleben und Ahaus für den Fall des zufälligen Absturzes einer schnellfliegenden Militärmaschine auf einen Behälter unterstellte erhöhte Leckagerate von 0,03 Pa m³/s (4,25 m Dichtungslänge) kann als abdeckend für einzelne Behälter angesehen werden, die beim gezielten Absturz eines zivilen Großflugzeuges in ähnlicher Weise direkt von Wrack- oder Trümmerteilen getroffen werden können. In den Genehmigungsverfahren der Zwischenlager Gorleben und Ahaus wurden hierfür radiologische Auswirkungen berechnet, die deutlich unter den Planungsrichtwerten für Auslegungsstörfälle des § 49 der Strahlenschutzverordnung für Auslegungsstörfälle liegen. Deshalb ist die RSK der Auffassung, dass die ggf. auftretenden radioaktiven Freisetzungen auch nach einem gezielten Absturz eines zivilen Großflugzeuges einschneidende Maßnahmen des Notfallschutzes nicht erforderlich machen.

4. Zusammenfassung

Die vorliegende Stellungnahme zur „Sicherheit deutscher Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente in Lagerbehältern beim gezielten Absturz von Großflugzeugen“ basiert auf der Übertragung von Ergebnissen verschiedener Versuche und Berechnungen sowie der Prüfungen in bisherigen Genehmigungsverfahren für Zwischenlager auf die neue Fragestellung „Folgen eines gezielten Absturzes von Großflugzeugen“.

Diese Stellungnahme bezieht sich nur auf Zwischenlager nach dem Prinzip der trockenen Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente - und ggf. verglaster hochradioaktiver Abfälle - in Behältern. Sie bezieht sich nur auf Behälter, die die erforderlichen Genehmigungsverfahren durchlaufen haben. Soweit auf Ergebnisse aus den Genehmigungsverfahren der Zwischenlager Ahaus und Gorleben Bezug genommen wird, setzt die RSK voraus, dass diese auch für neu zu genehmigende Zwischenlager zutreffen, soweit bei diesen eine Teilzerstörung des Lagergebäudes unterstellt werden muss.

Die RSK erwartet,

- dass entweder die Lasten des Flugzeugabsturzes vom Gebäude abgetragen werden und in diesem Fall Kerosin und andere brennbare Stoffe nicht in relevanten Mengen in das Gebäude (z. B. durch Lüftungsöffnungen) eindringen können
- oder dass weder durch das Flugzeug bzw. seine Wrackteile noch durch die entstehenden Trümmer mechanische Belastungen oder eine langfristige Verschlechterung der Kühlungsbedingungen verursacht werden, und durch einen Brand infolge eindringenden Kerosins keine thermischen Belastungen entstehen, die zu Freisetzungen aus den Behältern führen, deren radiologische Auswirkungen einschneidende Maßnahmen des Notfallschutzes erforderlich machen würden.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Transport- und Lagerbehälter auch im Falle des gezielten Absturzes eines Großflugzeuges die wesentliche Schutzfunktion des sicheren Einschlusses der radioaktiven Stoffe aufgrund ihrer Bauweise bei mechanischer und thermischer Belastung gewährleisten.

Literatur

- [1] Schreiben vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) an die RSK-Geschäftsstelle vom 17.09.2001, Az.: AG RS I 4 – 17018/44
Sicherheit deutscher Atomkraftwerke gegen gezielten Absturz von Großflugzeugen mit vollem Tankinhalt

- [2] RSK-Stellungnahme RSK344\FLAB vom 11.10.2001
„Sicherheit deutscher Atomkraftwerke gegen gezielten Absturz von Großflugzeugen mit vollem Tankinhalt“

- [3] Flugzeugabsturz auf einen CASTOR-Behälter,
GNB
Vortragsfolien von Herrn Dr. Hawickhorst anlässlich der 18. Sitzung des RSK-Ausschusses VER- UND ENTSORGUNG am 18.10. 2001

- [4] Auftreffen eines Großraumflugzeuges auf Trockenlagergebäude,
GRS
Vortragsfolien von Herrn Dr. Lange anlässlich der 18. Sitzung des RSK-Ausschusses VER- UND ENTSORGUNG am 18.10. 2001

- [5] Technische Aspekte der Errichtung eines Zwischenlagers für abgebrannte Brennelemente nach § 6
BfS
Vortragsfolien von Herrn Dr. Heimlich anlässlich der 18. Sitzung des RSK-Ausschusses VER- UND ENTSORGUNG am 18.10.2001

- [6] RSK-Information RSK346\4 vom 06.12.2001
„Sicherheit deutscher Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente in Lagerbehältern beim Absturz von Großflugzeugen
Entwurf/STELLUNGNAHME

- [7] GRS/BAM-Bericht
F. Lange, H.-J. Fett, E. Hörmann, E. Schrödl, G. Schwarz, B. Droste, H. Völzke, G. Wieser, L. Qiao
Sicherheitsreserven von Transport- und Lagerbehältern für abgebrannte Brennelemente und HAW-Kokillen bei extremen Unfallbelastungen und Einwirkungen von außen
Bericht im Rahmen des Vorhabens SR 2415
April 2002

- [8] GRS
Sicherheitsreserven von Transport- und Lagerbehältern für abgebrannte Brennelemente und HAW-Kokillen bei extremen Unfallbelastungen und Einwirkungen von außen (Teilaspekt Szenarien)
Vortragsfolien von Herrn Brücher anlässlich der 21. Sitzung des RSK-Ausschusses VER- UND ENTSORGUNG am 25.04.2002
- [9] BAM
Beurteilung behälterspezifischer Fragen der trockenen Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente in einem Transportbehälterlager bei Gorleben, Gutachten, Az.: 1.02/3023, November 1982 (unveröffentlicht)
- [10] DWK
Transportbehälterlager Ahaus, Gorleben;
CEA-Temperatur-Versuche in Pierrelatte an Metaldichtungen.
DWK/TW/Lü-Te, 18.03.1981
- [11] Präsentation der BAM
zu Auswirkungen eines Flugzeugabsturzes auf Brennelement-Transport- und Lagerbehälter
Vortragsfolien von Herrn Dir. und Prof. Dr.-Ing. B. Droste anlässlich der 21. Sitzung des RSK-Ausschusses VER- UND ENTSORGUNG am 25.04.2002
- [12] TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt e.V.
Gutachten zum Transportbehälterlager Gorleben
November 1982
- [13] BAM
Flugkörperbeschuß auf einen Transport- und Lagerbehälterabschnitt CASTOR IIa,
Technische Niederschrift, August 1980 (unveröffentlicht)
- [14] GNB
Bericht Nr. GNB B 106/2000 vom 07.12.2000
Thermische Störfallbetrachtung für den Transport- und Lagerbehälter CASTOR V/19