

16 t angeordnet. Das Haupthubwerk ist mit einer fest eingesicherten motorisch drehbaren Lastaufnahmetraverse zum Anschlagen der Behälter versehen.

Der Kran verfährt auf Kranschienen, die auf den Kranbahnbalcken der Gebäudelängsseite montiert sind. Die Bedienung des Kranes erfolgt mit einer tragbaren Funkfernsteuerung. Dies ermöglicht dem Kranfahrer bei der Bedienung des Kranes im Empfangs- und Lagerbereich direkten Sichtkontakt zum angeschlagenen Behälter zu halten. Die Bedienung im Lagerbereich kann aus Gründen des Strahlenschutzes auch von der ortsfesten Bedienstelle im Empfangsbereich kameraüberwacht erfolgen.

Der Lagerhallenkran ist über einen an der westlichen Längswand angeordneten Laufsteg zugänglich. Der Zugang zu diesem Laufsteg erfolgt über eine Treppe im Empfangsbereich. Als Notabstieg steht eine Steigleiter mit Zwischenpodest in den Lagerbereich zur Verfügung.

3.3.1.2 Wartungsraum

Der Wartungsraum befindet sich im Empfangsbereich. Er kann über ein Winkeltor geöffnet bzw. geschlossen werden.

Im Wartungsraum können Handhabungen an dem Behälter durchgeführt werden. Im Wartungsraum sind ein Kran, eine verfahrbare Hebebühne und eine Bodenwanne mit Absetzplatte installiert (siehe Abb. 13). Außerdem stehen im Wartungsraum die erforderlichen Werkstattausrüstungen und die Prüfeinrichtungen zur Verfügung.

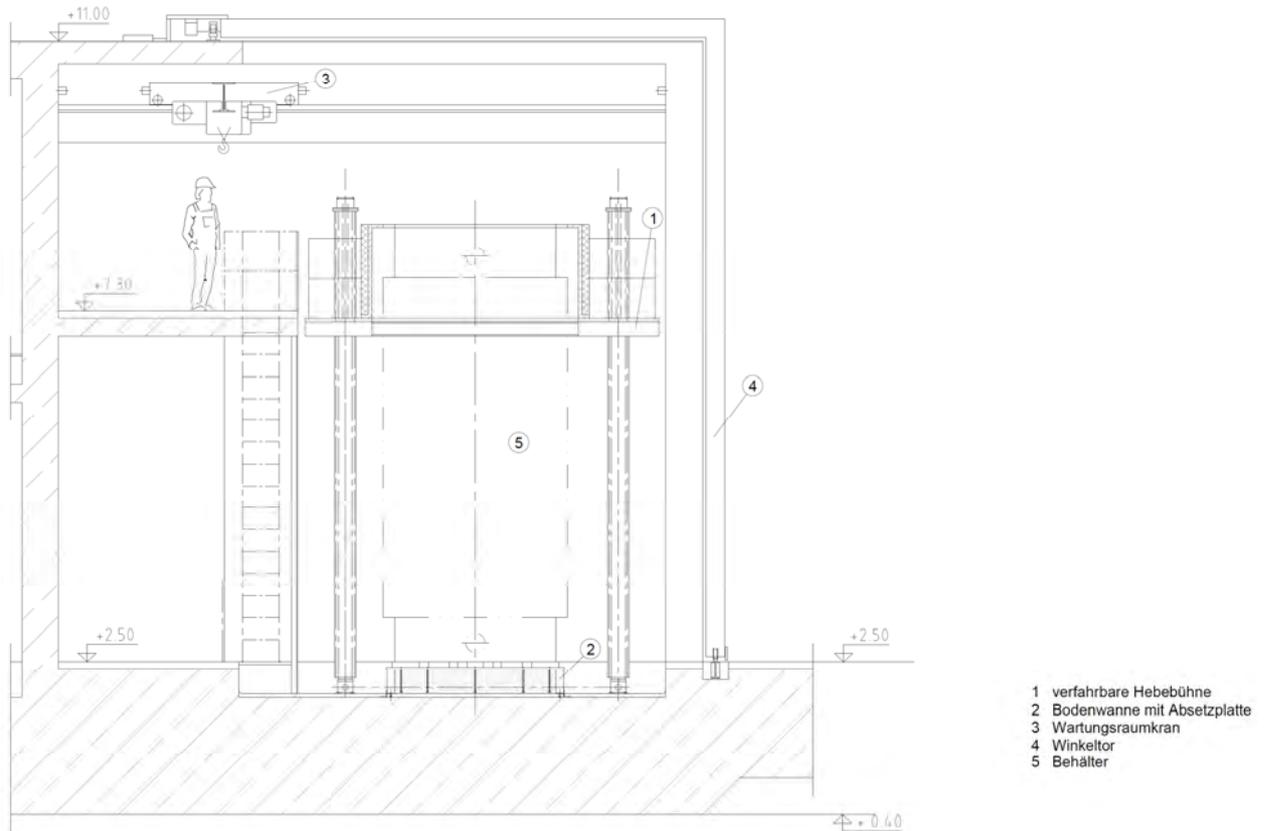


Abb. 13 Übersicht Wartungsraum

Wartungsraumkran

Der Wartungsraumkran ist entsprechend der KTA 3902 „Auslegung von Hebezeugen in Kernkraftwerken“, Absatz 3 „Allgemeine Bestimmungen“ ausgelegt /L-44/.

Der Wartungsraumkran ist ein elektrisch betriebener Brückenkran mit einer unter dem Träger angeordneten Laufkatze und dient zum Heben schwerer Lasten innerhalb des Wartungsraumes. An der Laufkatze ist ein Hubwerk mit einer Tragfähigkeit von 5 t angeordnet. Der Kran verfährt auf Kranschienen, die auf Konsolen unterhalb des Wartungsraumabschlusses montiert sind.

Der Wartungsraumkran wird mit einer tragbaren Funkfernsteuerung bedient. Für den Notbetrieb ist ein kabelgesteuerter Betrieb möglich.

Hebebühne

Die Hebebühne wird als Arbeitsplattform für die Durchführung von Arbeiten am Behälter im Kopf- und Deckelbereich sowie für verschiedene Mess-, Prüf- und Instandhaltungsarbeiten verwendet.

Die Hebebühne ist in der Höhe verfahrbar. Sie ist innerhalb des Wartungsraumes mittig über der Behälterabsetzplatte angeordnet und besitzt in der Mitte der Plattform einen passenden Ausschnitt für einen Behälter. Beim Absetzen oder Aufnehmen eines Behälters befindet sich die Hebebühne in der untersten Stellung.

Der Zugang zur Hebebühne erfolgt in der oberen bzw. unteren Position der Hebebühne.

Bevor die Arbeiten am Behälter durchgeführt werden, erfolgt die radiologische Arbeitsfreigabe. Zur Reduzierung der Strahlenexposition für das Betriebspersonal können mobile Abschirmungen angeordnet werden.

Die Bedienung der Hebebühne erfolgt wahlweise von der Steuerstelle im Wartungsraum oder von der Steuerstelle auf der Plattform aus. Die Steuerstellen sind gegenseitig verriegelt, sodass die Bedienung nur von einer Stelle aus möglich ist.

Bodenwanne mit Absetzplatte

Der Boden des Wartungsraumes ist im Bereich der Abstellposition als Wanne mit Blechen aus nichtrostendem Stahl ausgeführt. Die Bleche sind mit leichtem Gefälle zu zwei Ablaufrinnen verlegt, die zu je einem Sumpf führen. Das bei eventuellen Reinigungsarbeiten anfallende Wasser wird in den Sümpfen aufgefangen, mit mobilem Gerät abgesaugt und dem Entsorgungsweg zugeführt.

In der Mitte der Bodenwanne ist die Absetzplatte zur Aufnahme des Behälters angeordnet.

Winkeltor

Der Wartungsraum wird vom Empfangsbereich durch ein elektrisch verfahrbares Winkeltor getrennt. Dieses Tor ist eine stahlblechverkleidete Profilstahlkonstruktion ohne Abschirmfunktion. Das Tor verfährt auf einer unteren und oberen Fahrschiene. Die Bedienung des Winkeltors erfolgt über eine örtliche Steuerstelle vom Empfangsbereich oder über eine Steuerstelle auf der Bedienungsbühne im Wartungsraum. Die beiden örtlichen Steuerstellen sind gegeneinander verriegelt und mit einem Schlüsselschalter im Steuerkreis gesichert.

3.3.1.3 Abschirmschott und Personentür

Ein Abschirmschott und eine Personentür mit ausreichender Abschirmwirkung sind in der Abschirmwand als Trennung zwischen dem Empfangsbereich und dem Lagerbereich angeordnet. Das elektrisch verfahrbare Abschirmschott verschließt den Transportweg der Behälter zum Lagerbereich. Die lichte Breite des Abschirmschottes beträgt ca. 3,5 m. Die Höhe des Abschirmschottes entspricht mit ca. 8,5 m der Höhe der Abschirmwand. Das Torblatt besteht aus einer Profilstahlkonstruktion mit Betonfüllung.

Die Personentür setzt sich aus Stahlplatten und Polyethylenplatten zusammen und verschließt eine Öffnung zum Personendurchgang in der Abschirmwand.

Das Abschirmschott und die Personentür werden bei Bedarf parallel zur Wand auf Laufschienen verfahren. Die Steuerung erfolgt jeweils vom Empfangsbereich und vom Lagerbereich aus über Steuerstellen.

3.3.1.4 Eingangstor

Das Eingangstor verschließt die Einfahrt in den Empfangsbereich des Lagergebäudes. Die lichte Öffnung beträgt ca. 5,0 m in der Breite und ca. 5,5 m in der Höhe.

Das Eingangstor ist ein elektrisch betriebenes zweiflügeliges Schwenktor mit integrierter Fluchttür in einem der Flügel. Das Eingangstor besitzt keine Abschirmfunktion. Die Be-

dienung des Eingangstores erfolgt von einer Steuerstelle im Empfangsbereich. Im Bedarfsfall besteht die Möglichkeit, das Eingangstor manuell zu betätigen.

3.3.1.5 Transporttor

Das Transporttor verschließt die Einfahrt in den Innenhof, der durch die im Rahmen der Herstellung der sicherungstechnischen Autarkie neu zu errichtende Wand gebildet wird. Es verschließt eine lichte Öffnung von ca. 5,0 m in der Breite und ca. 5,5 m in der Höhe. Das Transporttor ist ein zweiflügeliges Schwenktor, das mit einem elektrischen Antrieb ausgerüstet ist. Im Bedarfsfall besteht die Möglichkeit, das Transporttor manuell zu betätigen.

3.3.2 Elektrotechnik

Die elektrotechnischen Anlagen sind in folgende Bereiche unterteilt:

- betriebliche Spannungsversorgung,
- Beleuchtung,
- unterbrechungsfreie Spannungsversorgung,
- Erdungs- und Blitzschutzanlage.

An Betriebseinrichtungen und -beleuchtungen werden keine besonderen Verfügbarkeitsanforderungen gestellt. Zur Sicherstellung des Betriebes von Sicherungs-, Überwachungs- und Steuerungseinrichtungen steht eine Netzersatzanlage zur Verfügung.

Unabhängig von jeglicher Energieversorgung ist die Einhaltung der Schutzziele gewährleistet.

3.3.2.1 Betriebliche Spannungsversorgung

Die Betriebseinrichtungen werden mit einer Spannung von 400 V / 230 V betrieben. Hierfür stehen Verteileinrichtungen zur Verfügung.

3.3.2.2 Beleuchtung

Neben der Betriebsbeleuchtung innerhalb des SZB ist entlang der Rettungswege eine Sicherheitsbeleuchtung ausgeführt. Diese ermöglicht ein sicheres Verlassen des Gebäudes bei Wegfall der betrieblichen Spannungsversorgung.

Durch die Objektsicherungsbeleuchtung des SZB ist eine anforderungsgerechte Beleuchtung des Außengeländes sichergestellt.

3.3.2.3 Unterbrechungsfreie Stromversorgung

Die unterbrechungsfreie Stromversorgung besteht aus zwei getrennten Systemen (USV1 und USV2) und ist batteriegestützt. Die USV1 dient zur elektrischen Versorgung der Komponenten der Anlagensicherung und der Brandmeldeanlage. Die USV2 dient zur elektrischen Versorgung der Komponenten der Leit- und Kommunikationstechnik, der Strahlungsüberwachung und der Sicherheitsbeleuchtung. Beide USVen sind für eine Überbrückungszeit von einer Stunde ausgelegt. Das Aufladen der Batterien geschieht über die betriebliche Spannungsversorgung. Bei längerem Ausfall der betrieblichen Spannungsversorgung können die Batterien über eine Netzersatzanlage, die als Dieselgenerator ausgeführt ist, aufgeladen werden.

3.3.2.4 Erdungs- und Blitzschutzanlage

Der gesamte äußere und innere Blitzschutz ist nach dem Blitzschutzzonenprinzip aufgebaut. Das Gelände um das SZB sowie das Gebäude sind in verschiedene Blitzschutzzonen aufgeteilt und entsprechend den Zonen individuell ins Schutzkonzept eingebunden. Die neu zu errichtenden Gebäudeteile (Stahlbetonwand, Wach- und Zugangsgelände, Zaunanlage) werden in die bestehende Erdungs- und Blitzschutzanlage eingebunden. Damit ergeben sich keine unzulässigen Rückwirkungen auf das SZB.

Äußerer Blitzschutz

Als Erdungs- und Blitzschutzanlage wird eine Fundamenterdung des Gebäudes in Verbindung mit einem Ring- und Maschenerdendensystem verwendet. Die Blitzschutzanlage

ist in Form einer auf dem Dach installierten Fangeinrichtung (Fanggitter) aufgebaut. Die seitlich am Gebäude geführten Ableiter werden über Erdungsleitungen mit dem Fundament- und Ringerdensystem verbunden. Das Betriebsgebäude wird ebenfalls in den Blitzschutz einbezogen. Die Ausführung der elektrischen Blitzschutzanlagen erfolgt in Anlehnung an die KTA-Regel 2206 /L-45/.

Innerer Blitzschutz

Als Kernstück des inneren Blitzschutzes ist der Potentialausgleich anzusehen. Aus diesem Grund werden alle metallischen Installationen und Komponenten innerhalb des Gebäudes, wie z. B.:

- Krananlagen,
- Lüftungsanlagen,
- Tore und Türen,
- Geländer und Gerüste,
- Rohrleitungen (Wasser, Abwasser),
- Kabeltrassen und Kabeltragekonstruktionen,
- Schaltschränke und Installationskästen,
- Hilfskonstruktionen

über den Potentialausgleich mit der Erdungsanlage verbunden. Zusätzlich werden an den Übergangsbereichen der Blitzschutzzone (z. B. Gebäudeeintritt) Überspannungsschutzorgane eingebaut, die ein Verschleppen von Überspannungen in geschützte Bereiche verhindern.

3.3.3 Leittechnik

Die leittechnischen Anlagen sind in folgende Systeme unterteilt:

- Übergeordnetes Leittechniksystem,
- Kommunikationsanlagen,
- Brandmeldeanlage,
- Behälterüberwachungssystem,

- Strahlungsüberwachung,
- leittechnischer Teil der Anlagensicherung.

3.3.3.1 Übergeordnete Leittechnik

Das System der übergeordneten Leittechnik hat die Aufgabe, wichtige Betriebs- und Störmeldesignale von Systemen und Komponenten des SZB anzuzeigen und zu dokumentieren.

Das übergeordnete Leittechniksystem bietet dem zuständigen Personal die Informationsmöglichkeiten zur

- Erfassung von Betriebszuständen und Meldungen,
- Umsetzung und Einbindung der Betriebs- und Anlagensignale in grafischen Oberflächen,
- Bereitstellung der Datenkommunikation zwischen den Peripherien.

Mit Hilfe der übergeordneten Leittechnik werden innerhalb kürzester Zeit Fehler erkannt, sodass vom zuständigen Personal entsprechende Maßnahmen eingeleitet werden können.

3.3.3.2 Kommunikationsanlagen

Die Kommunikationsanlagen dienen der Sicherstellung des innerbetrieblichen sowie des externen Informationsflusses. Sie bestehen im Wesentlichen aus:

- Fernsprechnebenstellenanlage,
- Uhrenanlage,
- Personensucheinrichtung,
- elektroakustische Lautsprecheranlage (ELA).

3.3.3.3 Brandmeldeanlage

Im SZB ist eine Brandmeldeanlage installiert. Die Brandmeldeanlage erfasst die Alarmer der Meldelinien im Lager- und Betriebsgebäude des SZB. Die zusätzlichen Räume zwischen der neuen Stahlbetonwand und dem Bestandsbau werden in das bestehende Brandschutzkonzept für das SZB integriert. Für das neu zu errichtende Wach- und Zugangsgebäude wird gemäß Bauvorlagenverordnung ein separater Brandschutznachweis erstellt.

Die Alarmer werden an die Leitstelle der Feuerwehr und bis auf weiteres an das KKB weitergegeben. Die Brandmeldeanlage ist mit einer eigenen, systeminternen USV ausgerüstet.

3.3.3.4 Behälterüberwachungssystem

Im SZB eingelagerte beladene Behälter, bei denen die Dichtfunktion durch verschraubte Doppeldeckel-Dichtsysteme sichergestellt wird, werden kontinuierlich auf Dichtheit überwacht.

Diese Behälter verfügen über einen gasgefüllten Sperrraum zwischen den Deckeln. Der Druck in diesem Sperrraum wird überwacht. Zu diesem Zweck ist im SZB ein Behälterüberwachungssystem installiert.

Bei Unterschreiten eines Referenzdruckes wird über das Behälterüberwachungssystem eine akustische und optische Meldung abgesetzt.

Unbeladene Behälter werden nicht auf Dichtheit überwacht.

Das Behälterüberwachungssystem ist mit einer eigenen, systeminternen USV ausgerüstet.

3.3.3.5 Strahlungsüberwachung

Das Konzept der Strahlungsüberwachung ist auf den Umgang mit und die Aufbewahrung von radioaktiven Stoffen in technisch dichten Behältern ausgerichtet.

Die Einrichtungen zur Strahlungsüberwachung gliedern sich in folgende Bereiche:

- Raumüberwachung (Ortsdosisleistungs-Messstellen),
- Personenüberwachung (Kontaminationsüberwachung, Personendosimetrie).

Raumüberwachung

Die Raumüberwachung hat die Aufgabe, das Personal über die vorliegende Ortsdosisleistung (ODL) zu informieren sowie bei einer evtl. Überschreitung von vorgegebenen Schwellwerten zu warnen.

Innerhalb des Lagergebäudes sind an repräsentativen Stellen jeweils Gamma- und Neutronen-ODL-Messgeräte installiert.

Personenüberwachung

Die Personenüberwachung hat gemäß StrlSchV die Aufgaben,

- die von den Personen in der Anlage erhaltene Strahlendosis zu ermitteln,
- eine unzulässige Strahlenexposition zu verhindern,
- die Messwerte zu dokumentieren,
- die Personen auf eventuelle Kontaminationen zu überprüfen.

Neben den amtlichen Personendosimetern (z. B. Filmdosimeter) wird ein betriebliches Personendosimetriesystem eingesetzt, um jederzeit den aktuellen Stand der Strahlenexposition des Personals dokumentieren zu können. Hierzu sind im Zugangsbereich zum Kontrollbereich Digitaldosimeter und die zugehörigen Lesestationen installiert. Das SZB ist an den Dosimetrierechner des KKB angebunden.

Personen, die den Kontrollbereich verlassen, werden mittels eines Personen-Kontaminations-Monitors auf Kontamination überprüft. Der Personen-Kontaminations-Monitor ist im Ein- und Ausgangsbereich des Kontrollbereiches installiert.

3.3.3.6 Anlagensicherung

Das Sicherungskonzept und die daraus folgenden Sicherungsmaßnahmen zum Schutz des Zwischenlagers und der Transport- und Lagerbehälter unterliegen der Geheimhaltung. Sie sind nicht Bestandteil dieses Sicherheitsberichtes, sondern werden in einem gesonderten Bericht zur Anlagensicherung des Zwischenlagers beschrieben.

3.3.4 Lüftungstechnik

Betriebsgebäude

Im Betriebsgebäude befindet sich eine kombinierte raumluftechnische Anlage. Die raumluftechnische Anlage hat die Aufgabe, die Räume im Betriebsgebäude zu temperieren, den erforderlichen Luftwechsel sicherzustellen und die Wärmelasten in den Technik- und Schaltanlagenräumen abzuführen.

Die Frischluft wird von außen über Filter und Schalldämpfer angesaugt und entsprechend aufbereitet den einzelnen Räumen zugeführt.

Lagergebäude

Die sichere Abfuhr der Nachzerfallswärme aus den Behältern im Lagerbereich erfolgt durch Naturkonvektion der Umgebungsluft aufgrund der Erwärmung an den Behälteroberflächen (siehe Abb. 14). Hierzu gelangt die Außenluft über Lufteintrittsöffnungen in den Lagerbereich, erwärmt sich an den Behältern und zieht über die gegenüberliegenden Luftaustrittsöffnungen ab. Eine aktive Lüftungstechnik ist nicht erforderlich.

Während die Lufteintrittsöffnungen mit einer Kombination aus Wetterschutz- und Barrieregittern ausgestattet sind, weisen die Luftaustrittsöffnungen nur Wetterschutzgitter auf. Eine radiologische Überwachung der Luft ist nicht erforderlich, da keine Freisetzung von

Aktivität aus den Behältern aufgrund des Barrierekonzeptes des Behälters zu unterstellen ist.

Der Empfangsbereich ist lüftungstechnisch nicht von dem Lagerbereich getrennt. Der Luftaustausch mit dem Lagerbereich findet im Wesentlichen oberhalb der nicht bis zur Decke ragenden Abschirmwand statt.

Einzig der Wartungsraum und ein zum Empfangsbereich gehörender Abstellraum können mit elektrischen Heizgeräten beheizt werden.

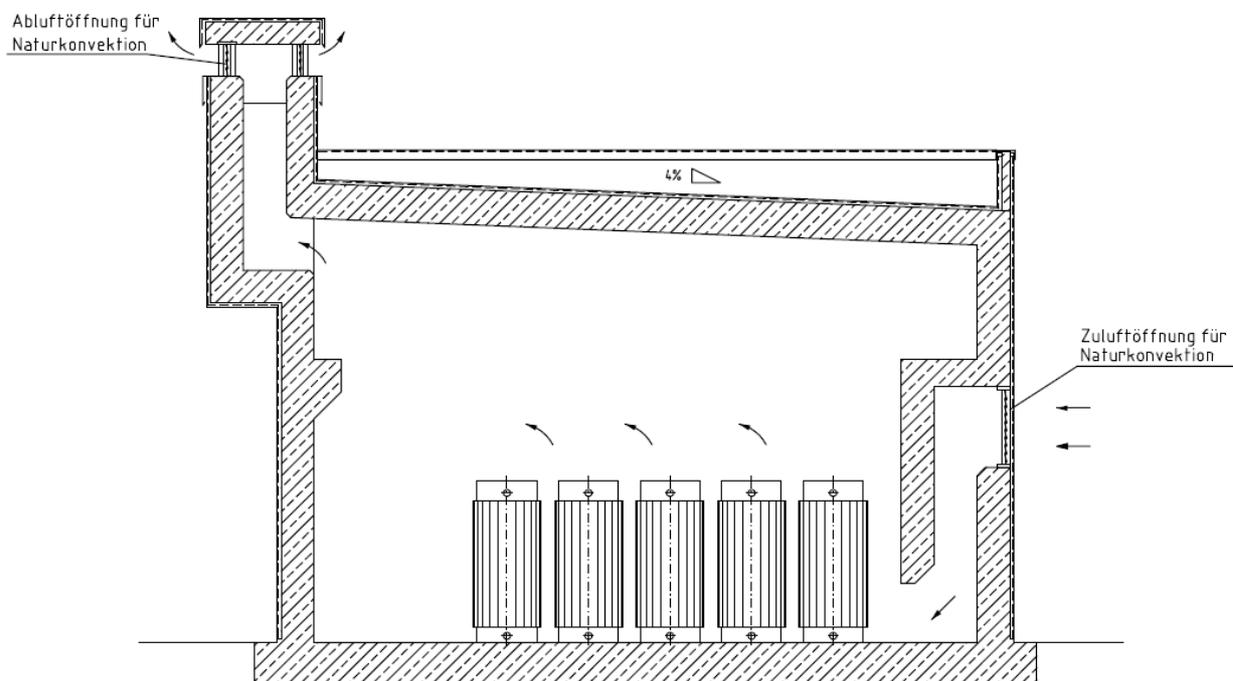


Abb. 14 Wärmeabfuhrprinzip

3.4 Brandschutz

3.4.1 Brandschutzkonzept

Das Brandschutzkonzept stellt die Summe von aufeinander abgestimmten Brandschutzmaßnahmen dar, um einen zu erwartenden Brandschaden zu verhindern bzw. auf ein verantwortbares Maß zu reduzieren. Dabei basiert das Konzept auf einer Kombination von Maßnahmen des vorbeugenden und abwehrenden Brandschutzes.

3.4.2 Vorbeugende Brandschutzmaßnahmen

Die Maßnahmen des vorbeugenden Brandschutzes umfassen alle baulichen, technischen und organisatorischen Maßnahmen, welche die Entstehung und die Ausbreitung von Bränden im SZB sowie deren Auswirkungen verhindern oder begrenzen. Die Maßnahmen des vorbeugenden Brandschutzes im SZB umfassen den

- baulichen Brandschutz,
- anlagentechnischen Brandschutz,
- organisatorischen Brandschutz.

Die wesentlichen Maßnahmen des vorbeugenden baulichen Brandschutzes sind:

- Minimierung der Brandlasten durch Verwendung nichtbrennbarer Baustoffe gemäß DIN Normen,
- Einrichten von Flucht- und Rettungswegen,
- Bildung von Brandbekämpfungsabschnitten zur räumlichen Eingrenzung einer Brandausbreitung.

Die wesentliche Maßnahme des vorbeugenden anlagentechnischen Brandschutzes ist die Installation von Brandmeldern und Einrichtung einer Brandmeldeanlage zur frühzeitigen Lokalisierung einer Brandentstehung.

Die wesentlichen Maßnahmen des vorbeugenden organisatorischen Brandschutzes sind:

- Personelle Organisation des Brandschutzes,
- Maßnahmen zur Verhütung von Bränden durch Begrenzung von Brandlasten.

3.4.3 Abwehrende Brandschutzmaßnahmen

Die Maßnahmen zum abwehrenden Brandschutz für das SZB basieren auf dem Einsatz der öffentlichen Feuerwehr und ggf. weiterer externer Hilfsstellen unter Verwendung der vorhandenen Brandbekämpfungseinrichtungen. Hierfür sind für das SZB im Wesentlichen folgende Maßnahmen realisiert:

- Vorhalten von Flächen für die Feuerwehr,
- Einrichtung einer Feuerlöschwasserversorgung (Hydranten),
- Realisierung der Löschwasserrückhaltung durch bauliche Maßnahmen,
- Vorhalten mobiler Feuerlöschschrüstungen mit unterschiedlichen Löschmitteln.

3.5 Radioaktive Stoffe

Im SZB werden radioaktive Stoffe aus dem Betrieb des KKB zwischengelagert. Folgende radioaktive Inventare werden aufbewahrt:

- Kernbrennstoffe in Form von bestrahlten Uran-Brennelementen aus dem Betrieb des KKB in Behältern,
- defekte, in Köchern gekapselte Brennstäbe in Behältern,
- sonstige radioaktive Stoffe als Innenkontamination in unbeladenen Behältern,
- sonstige radioaktive Stoffe, die bei der Aufbewahrung anfallen,
- Prüfstrahler.

3.5.1 Radioaktives Inventar der Behälter

Das Inventar der bestrahlten Uran-Brennelemente wird sicherheitstechnisch abdeckend und ausreichend durch die folgenden Parameter beschrieben:

- Abbrand,
- Masse und Konzentration des spaltbaren Materials,
- Gamma- und Neutronenquellstärke,
- Aktivitätsinventar,
- Nachzerfallswärmeleistung,
- Geometrie- und Materialeigenschaften.

Für die Sicherheitsbetrachtung des Lagers werden die Behälter bezüglich ihres Inventars durch die folgenden Parameter charakterisiert:

- maximale Wärmeleistung,
- Gesamtaktivität,
- Oberflächendosisleistung,
- effektiver Neutronenmultiplikationsfaktor k_{eff} .

Im Folgenden werden für die genannten Parameter abdeckende Werte beschrieben, die der Sicherheitsbetrachtung zugrunde liegen.

Für reale Behälterbeladungen ergeben sich behältertypenspezifisch zulässige Werte, die innerhalb der in diesem Abschnitt aufgeführten abdeckenden Werte liegen. Die Grenzwerte des Inventars, die sich aus dem Verkehrsrecht ergeben, werden eingehalten.

3.5.2 Uran-Brennelemente

Die Brennelemente bestehen im Wesentlichen aus Brennstäben, Wasserstäben bzw. Wasserkanälen, Kopf- und Fußstücken, oberen und unteren Gitterplatten sowie Abstandshaltern. Die Brennstäbe werden dabei durch die oberen und unteren Gitterplatten

sowie Abstandshalter in ihren Positionen fixiert. Die maximale Schwermetallmasse eines SWR-Brennelementes beträgt 200 kg.

Die Brennstäbe enthalten den Kernbrennstoff in Form von Urandioxid (UO_2). Ein Brennelement, das neben seinen normalen kernbrennstoffhaltigen Brennstäben ersetzte Brenn- und Dummystäbe enthält, wird im Weiteren als Sonderbrennelement bezeichnet. Defekte Brennstäbe können in gekapselter Form in Köchern für Sonderbrennstäbe (KSBS) eingelagert werden. Die Entsorgung von Sonderbrennstäben wird durch eine Inventarerweiterung für den Transport- und Lagerbehälter der Bauart CASTOR[®] V/52 sichergestellt.

Im SZB werden Transport- und Lagerbehälter der Bauart CASTOR[®] V/52 mit bestrahlten Uran-Brennelementen der Typen SVEA-64, SVEA-96, ATRIUM 10B und SVEA-96 Optima2 aufbewahrt. Die Angaben in Tabelle Tab. 10 sind abdeckend für diese Brennelementtypen.

In der Abbildung Abb. 15 ist ein Uran-Brennelement des KKB, beispielhaft SVEA-96, schematisch dargestellt.

Das abdeckende Abklingverhalten der relevanten Kenngrößen Gesamtaktivität, Neutronenquellstärke und Nachzerfallsleistung für ein Brennelement in Abhängigkeit von der Abklingzeit ist in den Abbildungen Abb. 16, Abb. 17 und Abb. 18 dargestellt.

Tab. 10 Umhüllende Abmessungen und Daten der Uran-BE

BE-Typ	8x8 - 10x10		
Anzahl Gitterpositionen	64 - 100		z.T. Wasserführungsstruktur
Brennstoff Uran-BE	UO ₂		
Brennstoffdaten			
BE-Abbrand Uran-BE (max.)	65	GWd/Mg SM	
Schwermetallmasse (nominal)	170 - 200	kg	
max. Anfangsanreicherung	5,0	Gew.-%	
U-235 für Uran-BE			
Pellet-Dichte	10,0 - 10,6	g/cm ³	
Geometrie-Daten			
max. Gesamtlänge	4.500	mm	
max. aktive Stablänge	ca. 4.000	mm	z.T. teillang
max. BE-Querschnitt	142 x 142	mm x mm	
Materialdaten			
max. Gesamtmasse	320	kg	inkl. Wasserführungs-kasten
max. Gesamtmasse Strukturmaterial	250	kg	
max. Gesamtmasse Hüllrohrmaterial	150	kg	
max. Kobalt 59-Anteil im Fuß- und Kopfteil	1.200	ppm	

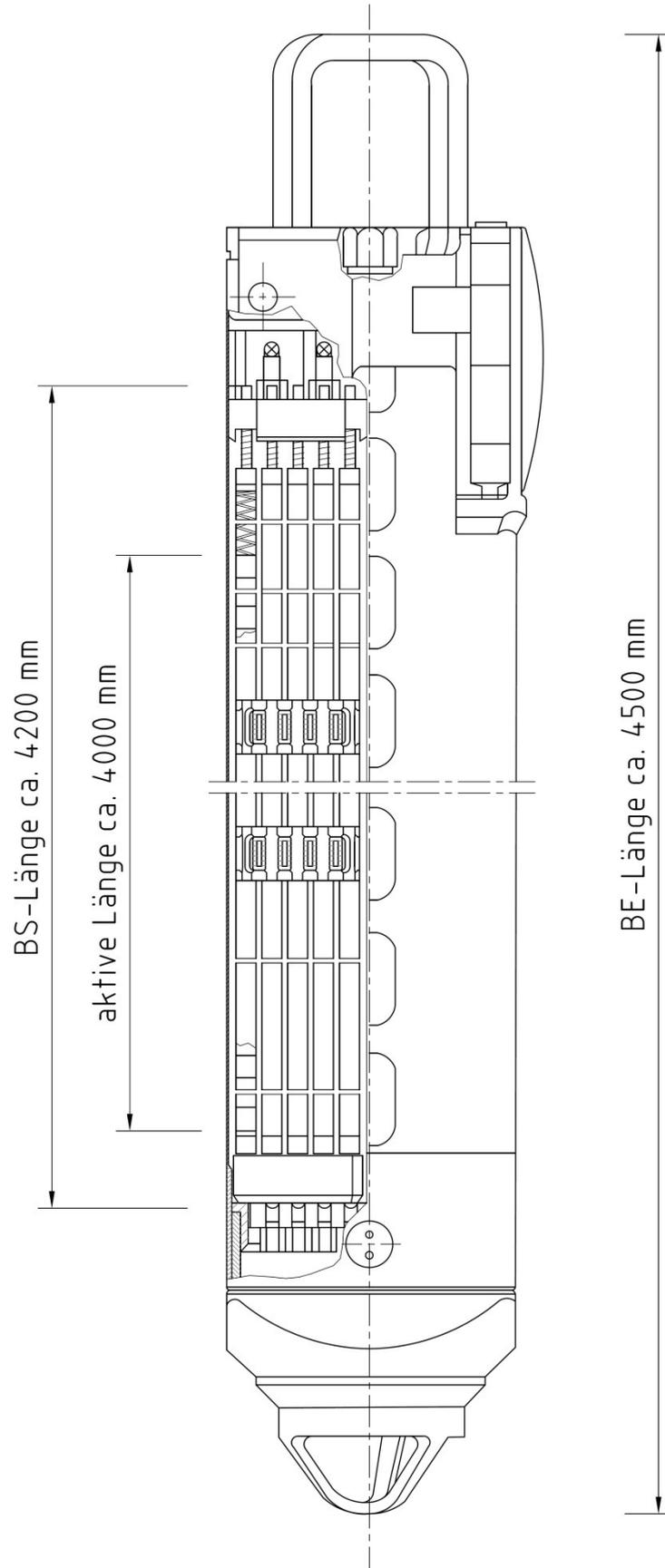


Abb. 15 Schematische Darstellung eines SWR-BE (Beispiel SVEA 96)

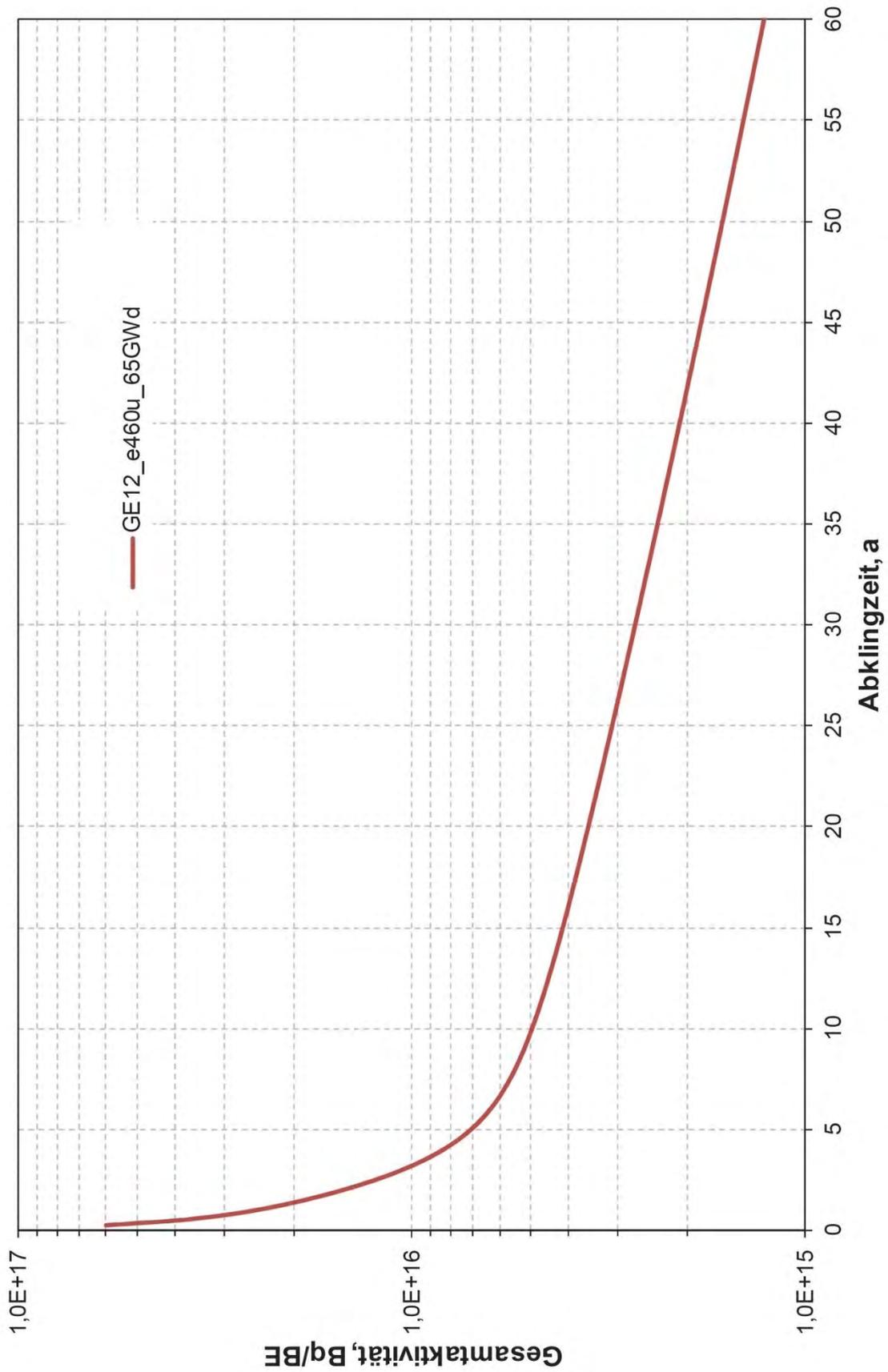


Abb. 16 Abklingverhalten der Gesamtaktivität eines Uran-BE mit 65 GWd/MgSM Abbrand

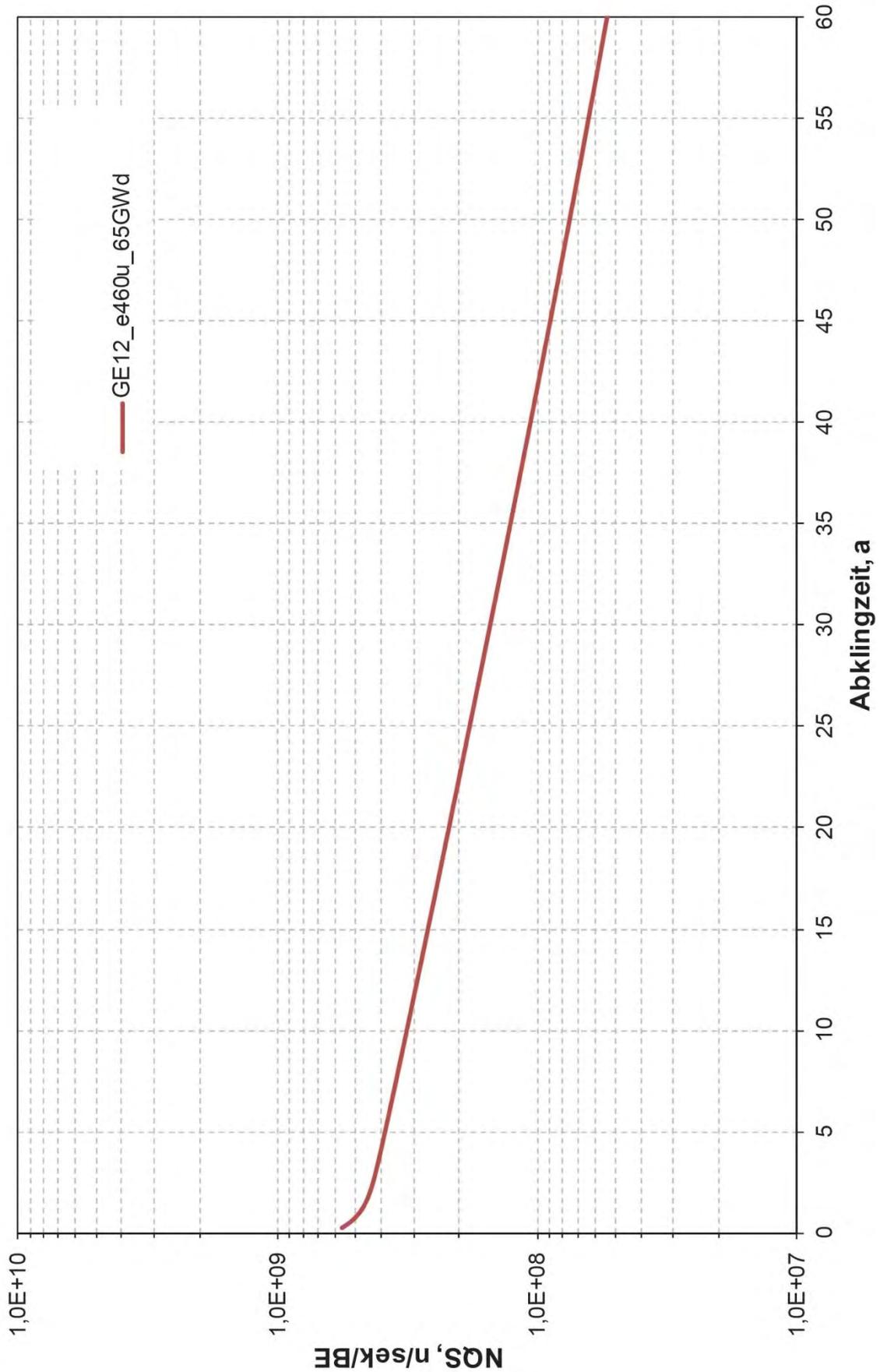


Abb. 17 Abklingverhalten der Neutronenquellstärke eines Uran-BE mit 65 GWd/MgSM Abbrand

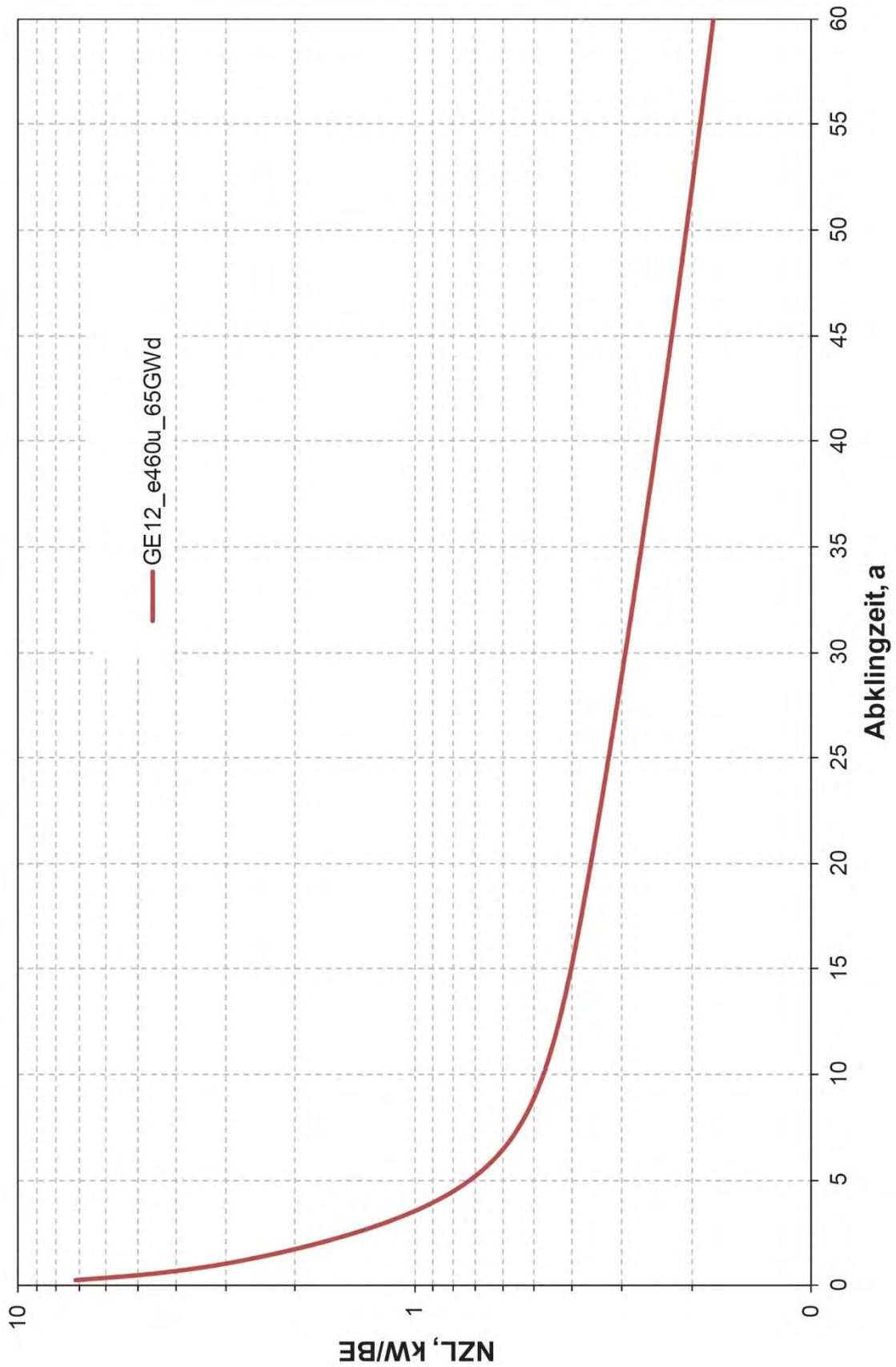


Abb. 18 Abklingverhalten der Nachzerfallsleistung eines Uran-BE mit 65 GWd/MgSM Abbrand

3.5.3 Inventar des Behälters

Das Behälterinventar jedes eingelagerten Behälters, zu dem auch gekapselte defekte Brennstäbe gehören können, ist durch die folgenden Parameter begrenzt:

- Gesamtaktivität $1,2 \cdot 10^{18}$ Bq,
- Mittlere Oberflächendosisleistung 0,350 mSv/h,
- Effektiver Neutronenmultiplikationsfaktor k_{eff} 0,95,
- Maximale Wärmeleistung 20 kW.

3.5.4 Unbeladene, innen kontaminierte Behälter

Die Ursache für einen unbeladenen, innen kontaminierten Behälter kann eine Kalthandhabung oder eine abgebrochene Beladung im Lagerbecken des KKB sein.

Nach einer Kalthandhabung oder einer Entladung der Brennelemente aus einem Behälter können im Innenraum des Behälters und an der Korbstruktur sonstige radioaktive Stoffe zurückbleiben.

Unbeladene, innen kontaminierte Behälter können im SZB zwischengelagert werden. Die maximal zulässige Aktivität aufgrund der Innenkontamination beträgt bis zu $7,4 \cdot 10^{12}$ Bq. Vor einer Zwischenlagerung leerer, innen kontaminierter Behälter wird die Einhaltung der maximal zulässigen Aktivität nachgewiesen.

3.5.5 Sonstige radioaktive Stoffe

Bei den sonstige radioaktiven Stoffen handelt es sich um feste Abfälle (z. B. Textilien, Schutzbekleidung, Wischtestpapiere) und flüssige Abfälle (z. B. Waschwasser aus dem Kontrollbereich).

3.5.6 Prüfstrahler

Bei den Prüfstrahlern handelt es sich um umschlossene radioaktive Stoffe für Mess- und Kalibrierzwecke der Messtechnik der Strahlungsüberwachung.

3.6 Behälter

3.6.1 Auslegungsmerkmale der Transport- und Lagerbehälter der Bauart CASTOR® V/52

In diesem Abschnitt werden die sicherheitstechnischen Anforderungen an die Transport- und Lagerbehälter der Bauart CASTOR® V/52 beschrieben, die zur Aufnahme von bestrahlten Brennelementen und Köcher für Sonderbrennstäbe (KSBS) aus dem Betrieb des KKB im SZB vorgesehen sind.

Die sicherheitstechnischen Anforderungen an die Transport- und Lagerbehälter ergeben sich für den Transport aus den Kriterien für die Zulassung als Typ B(U)-Versandstück für spaltbare radioaktive Stoffe gemäß den IAEA Safety Standards /L-36/ und für die Aufbewahrung aus den grundlegenden Schutzzielen gemäß ESK-Leitlinien /L-33/ (Abschnitt 3.1.2) . Die aufzubewahrenden Behälter unterliegen somit den strengen Prüfbedingungen, die für die Erlangung einer verkehrsrechtlichen Zulassung notwendig sind. Aufgrund ihrer Konstruktion übernehmen die Behälter alle wesentlichen passiven Sicherheitsfunktionen für die Aufbewahrung im SZB.

Die Transport- und Lagerbehälter der Bauart CASTOR® V/52 nach 85er-Zulassung besitzen seit mehr als einem Jahrzehnt eine verkehrsrechtliche Zulassung als Transportbehälter für bestrahlte Brennelemente und werden ebenso lange eingesetzt als Lagerbehälter zur Brennelement-Entsorgung über trockene Langzeit-Zwischenlagerung.

Auf der Grundlage der bisher erlangten Erfahrungen aus Fertigung und Nutzung des Transport- und Lagerbehälters der Bauart CASTOR® V/52 hat die Gesellschaft für Nuclear-Service mbH (GNS) verschiedene Design-Anpassungen vorgenommen.

Diese modifizierte Ausführungsform des Transport- und Lagerbehälters der Bauart CASTOR® V/52 wird auch als 96er-Ausführung des CASTOR® V/52 bzw. CASTOR® V/52 nach der 96er-Zulassung bezeichnet. Die Bezeichnung orientiert sich dabei an der jeweiligen verkehrsrechtlichen Bauartzulassung entsprechend den IAEA-Regularien aus den Jahren 1985 bzw. 1996.

Die Anpassungen umfassen dabei u. a. die Verwendung optimierter Stoßdämpfer in der Transportkonfiguration, eine durchgehende Bodenverschlussplatte aus nichtrostendem austenitischen Chrom-Nickel-Stahl und Modifizierungen am Tragkorb. Dabei bleiben die primären Eigenschaften der Transport- und Lagerbehälter der Bauart CASTOR[®] V/52 hinsichtlich Aufbau und Funktion des Dichtsystems, Materialien, Wand- und Deckeldicken, Wärmeabfuhrvermögen, Abschirmvermögen und Neutronenabsorptionsvermögen des Tragkorbs jeweils unverändert. Ebenso sind auch lagerspezifische Komponenten der 85er-Ausführung, wie Schutzplatte und Fügedeckel, voll kompatibel und auch bei der modifizierten Ausführungsform des Transport- und Lagerbehälter der Bauart CASTOR[®] V/52 uneingeschränkt einsetzbar.

Auf der Grundlage der Anordnung der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde des Landes Schleswig-Holstein (MELUR) /L-5/ werden beladene Transport- und Lagerbehälter der Bauart CASTOR[®] V/52 nach 85er-Zulassung gelagert. Die Transport- und Lagerbehälter der Bauart CASTOR[®] V/52 nach 96er-Zulassung sind für die weiteren Beladekampagnen vorgesehen.

Unter dem Begriff Behälter wird nicht das vollständige Versandstückmuster (u. a. inkl. Stoßdämpfer) verstanden, sondern nur der eigentliche Behälter einschließlich erforderlicher Zusatzkomponenten für Lagerung und Transport innerhalb des SZB (Fügedeckel, Schutzplatte, Kabeldurchführung, Druckschalter usw.).

In den ESK-Leitlinien für die trockene Zwischenlagerung /L-33/ werden bezüglich der Einhaltung der grundlegenden Schutzziele die Anforderungen an den bestimmungsgemäßen Betrieb, für das zu unterstellende Spektrum der Auslegungstörfälle sowie für auslegungsüberschreitende Ereignisse dargestellt.

Die sicherheitstechnischen Eigenschaften der Transport- und Lagerbehälter der Bauart CASTOR[®] V/52 sind innerhalb bestimmter abdeckender Behälterbelastungen gewährleistet. Diese werden im Folgenden beschrieben. Danach werden die zu gewährleistenden sicherheitstechnischen Merkmale der Transport- und Lagerbehälter der Bauart CASTOR[®] V/52 dargestellt.

3.6.2 Konstruktive Merkmale der Transport- und Lagerbehälter der Bauart CASTOR® V/52

Der Transport- und Lagerbehälter der Bauart CASTOR® V/52 ist durch folgende konstruktive Merkmale gekennzeichnet:

- Neutronenmoderator innerhalb der Behälterkörperwand,
- Behälterkörper aus Gusseisen mit Kugelgraphit,
- Behälterquerschnitt rund,
- Behälterschachtquerschnitt rund,
- Doppeldeckel-Dichtsystem mit Dichtungen (Metалldichtungen).

Die folgende Beschreibung der konstruktiven Merkmale der Transport- und Lagerbehälter ist in die wesentlichen Behälterbestandteile Behälterkörper, Deckel- und Dichtungssystem, Tragkorb für Brennelemente und Tragzapfen gegliedert.

Behälterkörper

Der Behälterkörper des Transport- und Lagerbehälters der Bauart CASTOR® V/52 weist eine zylindrische Form auf. Die große Wandstärke gewährleistet die notwendige Abschirmwirkung und die mechanische Festigkeit. Zur Abfuhr der Wärmeleistung des Inventars ist der Behälterkörper mit Kühlrippen ausgestattet. Die wesentlichen äußeren und inneren Abmessungen sind:

- Maximale Höhe (ohne Schutzplatte) 5.500 mm,
- Maximaler Durchmesser (über Rippen) 2.500 mm,
- Schachtdurchmesser 1.480 mm,
- Schachtlänge 4.550 mm.

Der Behälterkörper besteht aus Gusseisen mit Kugelgraphit (GGG40). Er wird zusammen mit dem Boden in einem Stück gegossen. Im Gegensatz zu anderen Gussarten ist bei GGG 40 der Graphit in der metallischen Grundmatrix kugelförmig eingelagert. Der Kugelgraphit bestimmt maßgeblich das Werkstoffverhalten. Gusseisen mit Kugelgraphit weist ein gutes Verformungsvermögen, ähnlich dem von Stahl, auf. Außerdem trägt es

durch seinen Kohlenstoffgehalt zur Neutronenabschirmung bei. Die maximale Masse in der Lagerkonfiguration liegt bei 130 t.

Für die Abschirmung der Neutronenstrahlung wird der Behälterkörper mit Moderator material ausgestattet, das eine hohe Wasserstoffdichte aufweist. Im Mantelbereich des Behälterkörpers wird dies durch in axiale Bohrungen eingebrachte Kunststoffstäbe realisiert. Zur axialen Neutronenabschirmung werden boden- und deckelseitige Kunststoffplatten eingesetzt.

Der Kopfbereich des Behälterkörpers ist zur Aufnahme des Deckelsystems ausgebildet. Die Wandung ist für die jeweiligen Deckeldurchmesser abgesetzt. Im Bereich der Auflageflächen der Deckel sind auf konzentrischen Lochkreisen Gewindebohrungen für die Verschraubung der Deckel angeordnet. Die Auflageflächen der Deckeldichtungen weisen eine hohe Oberflächengüte auf.

Der Behälterinnenraum und der Dichtungsbereich sind durch eine galvanisch aufgetragene Nickelschicht gegen Korrosion geschützt. Auf seiner Außenseite hat der Behälterkörper einen Korrosionsschutz, der im Wesentlichen aus einer mehrlagigen Beschichtung mit Farben und Lacken besteht. Im Fußbereich und im Bereich der Anschlagenelemente für den Behältertransport ist der Korrosionsschutz als Metallüberzug ausgeführt. Der Korrosionsschutz dient auch einer guten Dekontaminierbarkeit der Behälteroberfläche.

In Abbildung Abb. 19 ist ein Längsschnitt und in der Abbildung Abb. 20 ein Querschnitt durch einen Transport- und Lagerbehälter der Bauart CASTOR[®] V/52 dargestellt, der für die Aufnahme von bis zu 52 SWR-Brennelementen mit BE-Kasten ausgelegt ist. Die Länge des Behälters und das Schachtmaß des Tragkorbes sind an die SWR-Brennelemente angepasst.

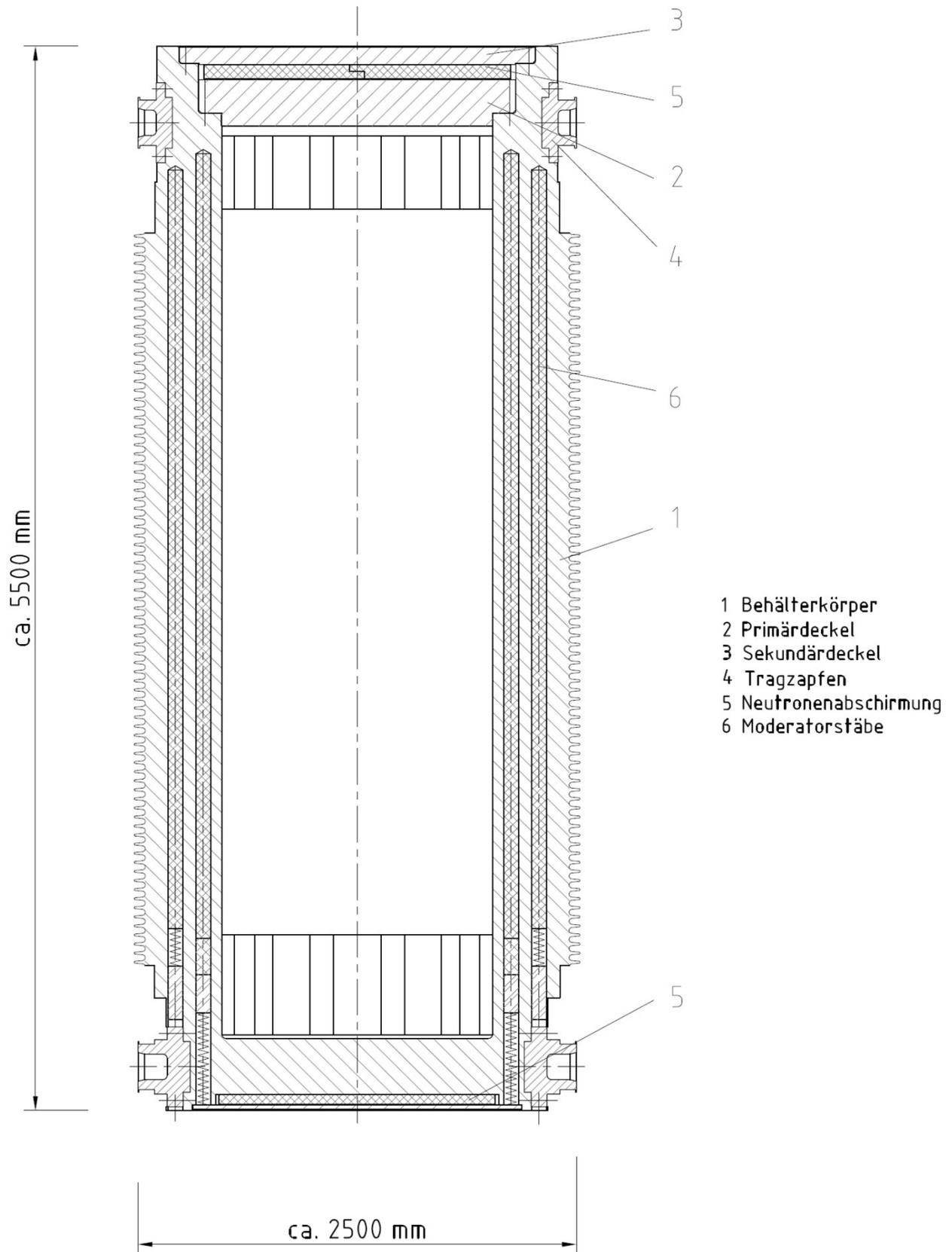
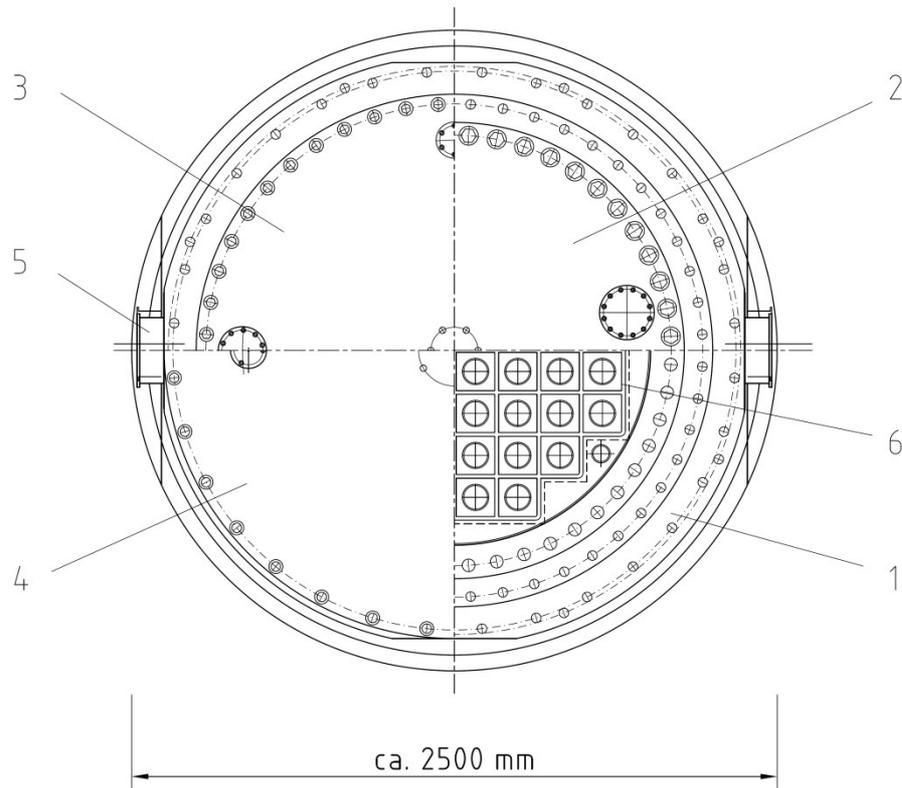


Abb. 19

Längsschnitt des Transport- und Lagerbehälters der Bauart CAS-TOR® V/52



- 1 Behälterkörper
- 2 Primärdeckel
- 3 Sekundärdeckel
- 4 Schutzplatte
- 5 Tragzapfen
- 6 Tragkorb

Abb. 20 Querschnitt des Transport- und Lagerbehälters der Bauart CAS-TOR® V/52

Deckel- und Dichtungssystem

Der sichere Einschluss des Inventars wird durch ein verschraubtes Doppeldeckel-Dichtsystem mit Sperrraumüberwachung gewährleistet. Das Deckelsystem besteht aus zwei übereinanderliegend angeordneten Deckeln. Die Anordnung vom Innenraum zur Behälteroberfläche ist wie folgt:

Normalfall:

- 1. Dichtbarriere: Primärdeckel,
- 2. Dichtbarriere: Sekundärdeckel.

Reparaturfall:

- 1. Dichtbarriere: Sekundärdeckel,
- 2. Dichtbarriere: Fügedeckel.

Bei der Lagerung erhält jeder Behälter eine Schutzplatte, die das Deckelsystem abdeckt. Primär- und Sekundärdeckel werden mit dem Behälterkörper verschraubt. Der Fügedeckel, der nur im Reparaturfall zum Einsatz kommt, wird mit dem Behälterkörper verschweißt.

Der Aufbau des Dichtungssystems ist in Abbildung Abb. 21 gezeigt. Der Zwischenraum zwischen Primär- und Sekundärdeckel wird als Sperrraum bezeichnet. Er ist mit Helium gefüllt, das unter Druck steht. Der Sperrraumdruck beträgt 0,6 MPa und liegt somit höher als der Behälterinnendruck und als der äußere Atmosphärendruck und erlaubt somit eine Überwachung der Dichtheit der Behälter. Dieser Sperrraumdruck wirkt als Druckbarriere sowohl gegen den Innenraum des Behälters als auch gegen die äußere Atmosphäre. Zur Überwachung des Sperrraumdruckes während der Zwischenlagerung wird in den Sekundärdeckel ein Druckschalter eingesetzt.

Durch den höheren Druck im Sperrraum gegenüber dem Behälterinnenraum dringt bei einem Nachlassen der Dichtwirkung einer der Metaldichtungen des Primärdeckels auch nach dem Ansprechen des Druckschalters kein Gas (bis auf äußerst geringe Mengen infolge Diffusion durch bestehende Partialdruckdifferenzen) aus dem Behälterinneren in den Sperrraum. Ein Druckabfall im Sperrraum wird über das Behälterüberwachungssystem angezeigt.

Wenn ein Druckabfall im Sperrraum festgestellt wird, hat eine der Metaldichtungen des Primär- oder des Sekundärdeckels nicht mehr ihre spezifikationsgerechte Dichtheit. Im Falle einer nicht mehr spezifikationsgerechten Dichtheit einer der Sekundärdeckeldichtungen kann diese ausgetauscht werden. Wenn die Dichtheit einer der Primärdeckeldichtungen nicht mehr der Spezifikation entspricht, kann das Doppeldeckeldichtsystem durch das Aufbringen eines Fügedeckels wiederhergestellt werden. Die überwachte Doppeldichtbarriere wird in diesem Fall durch den Sekundärdeckel und den

Fügedeckel gebildet. Über den Fügedeckel wird eine entsprechend angepasste Schutzplatte geschraubt.

Alternativ kann der Abtransport des Behälters in eine andere kerntechnische Anlage zu Instandsetzungszwecken erfolgen.

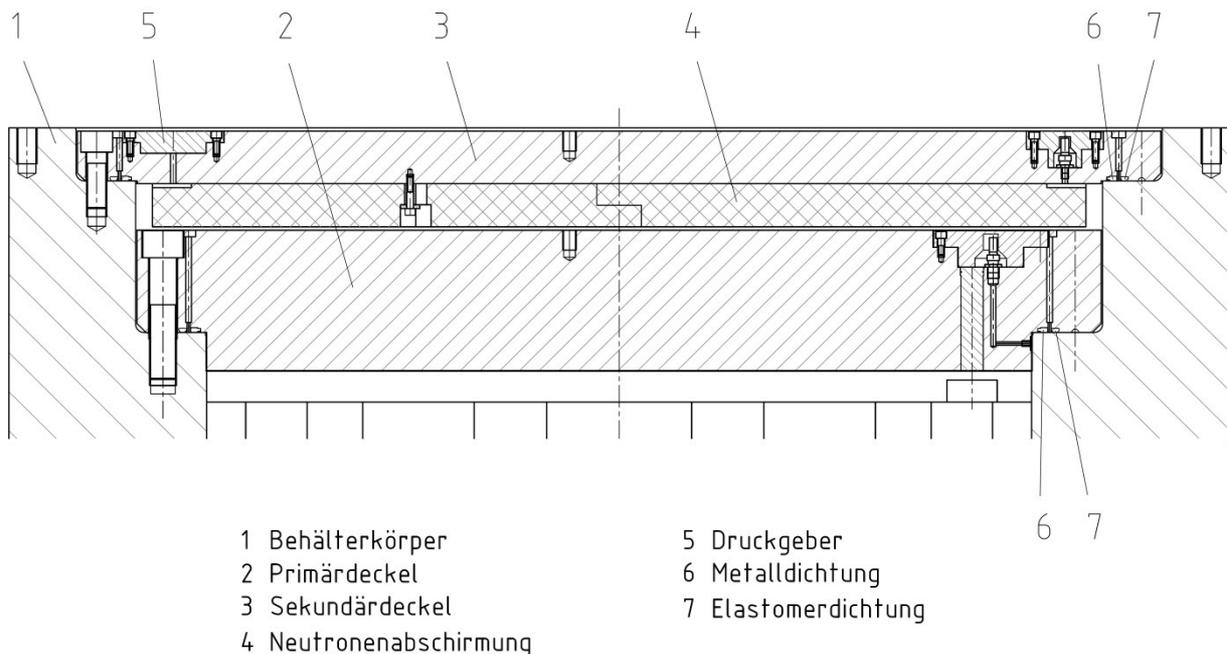


Abb. 21 **Barriersystem mit Doppeldeckel des Transport- und Lagerbehälters der Bauart CASTOR® V/52**

Primär- und Sekundärdeckel

Primär- und Sekundärdeckel bestehen aus Stahl oder Edelstahl. Sie werden über Schraubenverbindungen (Zylinderschrauben oder Gewindebolzen mit Kapselmuttern) auf dem Behälterkörper befestigt. Die Abdichtung der Deckel gegenüber dem Behälterkörper wird durch eine Metalledichtung gewährleistet. Durch eine zusätzliche äußere Metall- oder Elastomerdichtung wird ein Prüfraum geschaffen, der die Prüfung der spezifikationsgerechten Dichtheit der Metalledichtung ermöglicht.

Für die Durchführung der notwendigen Handhabungen bei der Be- und Entladung des Behälters enthalten die Deckel Bohrungen, die der Be- und Entwässerung, der Trocknung und der Herstellung der Heliumatmosphäre im Behälterinnen- und im Sperraum

dienen. Die Bohrungen werden mit aufgeschraubten Verschlussdeckeln abgedeckt, die ebenfalls mit einer Metaldichtung versehen sind.

Für die Montage der Anschlagmittel für den Deckeltransport befinden sich im Zentrum der Deckeloberseite Gewindebohrungen. Zur Zentrierung des Deckels beim Aufsetzen auf den Behälterkörper werden Zentrierhilfen, die an jeweils drei Positionen anstelle der Zylinderschrauben bzw. Kapselmuttern eingeschraubt werden, verwendet. Nachdem der Deckel zentriert aufliegt, werden die Zentrierhilfen gegen die Zylinderschrauben bzw. Kapselmuttern ausgetauscht.

Fügedeckel

Das Reparaturkonzept für Behälter mit verschraubtem Doppeldeckel-Dichtsystem bei einer nicht mehr spezifikationsgerechten Dichtheit einer der Metaldichtungen des Primärdeckels sieht das Aufbringen eines Fügedeckels vor. Der Raum über dem Sekundärdeckel und der Behälterkopf sind so ausgebildet, dass ein Fügedeckel aufgesetzt werden kann. Der Fügedeckel besteht aus einer Kreisplatte aus Stahl oder Edelstahl und einer auf ihr aufgeschweißten Membran, die an ihrem Außenring mit dem Behälterkörper nach einem zugelassenen Verfahren verschweißt wird, wodurch wieder eine zweite technisch dichte Barriere entsteht. Damit ist das Doppeldeckel-Dichtsystem wieder hergestellt.

Die Schweißverbindung weist eine langzeitbeständige hohe Dichtheit auf. Sie besitzt gegenüber der Metaldichtung mindestens gleichwertige Dichteigenschaften. Als Schweißmaterial werden spezielle Elektroden eingesetzt, die eine gute Verbindung mit den Werkstoffen von Behälterkörper und Deckel gewährleisten. Die verwendete Schweißtechnologie ermöglicht eine Reduzierung der Schweißspannungen. Die Spannungspotentiale zwischen den zu verschweißenden Materialien sind vernachlässigbar gering.

Für die Heliumeinspeisung und die Drucküberwachung des Sperrraumes zwischen Sekundär- und Fügedeckel sind im Fügedeckel die Einbauten analog zum Sekundärdeckel vorhanden.

Schutzplatte

Zusätzlich ist im Deckelbereich eine Dichtfläche vorgesehen, auf die die Schutzplatte aufgesetzt wird. Die Schutzplatte überdeckt das Deckelsystem und schützt es vor äußeren Einflüssen. Sie besteht aus Stahl und besitzt eine Elastomerdichtung. Durch die Schutzplatte sind die Anschlusskabel des Druckschalters durchgeführt.

Metалldichtungen

Eine Metалldichtung besteht aus einer O-Ring-förmigen Spiralfeder mit doppelter Metallummantelung. Das Prinzip der Metалldichtung beruht auf der plastischen Deformation der äußeren Ummantelung und der elastischen Deformation ihres Federkerns. Die Aufgabe der äußeren Ummantelung ist es, sich durch Plastifizierung den mikrogeometrischen Unebenheiten der Gegenflächen so vollkommen anzupassen, dass es zu einem innigen Kontakt kommt. Die Aufgabe der Feder ist es, die Anpresskraft zu erzeugen, die die Deformation der Ummantelung bewirkt und den Kontakt des Mantels mit der Gegenfläche herstellt. Die Anpresskraft der Dichtungen, die für die spezifikationsgerechte Dichtheit erforderlich ist, wird während der Einlagerungszeit auch nicht durch Ermüdungserscheinungen und Kriechvorgänge des Dichtungsmaterials unzulässig verringert. Die Dichtungen sind während der Lagerung keinen dynamischen Beanspruchungen unterworfen.

Die Metалldichtungen sind langzeitbeständig. Durch die Werkstoffwahl ist eine hohe Korrosionsresistenz über die Lagerzeit gegeben.

Die Temperaturen, die im Dichtungsbereich während des Einsatzes der Behälter auftreten, haben einen ausreichenden Sicherheitsabstand zu der Maximaltemperatur, die für die Werkstoffe der Dichtungen zulässig ist. Die eingesetzten Metалldichtungen bestehen aus Werkstoffen, die thermisch im Bereich bis 250 °C langfristig ohne Beeinflussung der Dichtwirkung belastbar sind. Selbst kurzzeitig einwirkende Temperaturen um 400 °C führen nicht zu einem Verlust der Dichtheit. Im Normalbetrieb liegt die Temperatur im Dichtungsbereich für alle Behälter unter ca. 110 °C.

Tragkorb für Brennelemente

Der Tragkorb nimmt die bestrahlten Brennelemente und die KSBS auf. Er gewährleistet durch seine konstruktive Auslegung sowie seine verdrehsichere Lage eine stabile Positionierung der Brennelemente und der KSBS im Behälter. Seine Form ist dem Typ der aufzunehmenden Brennelemente und der KSBS angepasst.

Die Brennelemente und die KSBS werden im Tragkorb in Schächten gelagert. Die unterkritische Brennstoffanordnung wird durch die Borierung der Tragkorbbliche, die Begrenzung der Spaltstoffmenge sowie eine ausreichende Stabilität der Strukturteile des Tragkorbes unter Normal- und Störfallbedingungen erreicht. Der Tragkorb gewährleistet die Sicherheit der Unterkritikalität sowie eine ausreichende Wärmeabfuhr von den Brennelementen zum Behälterkörper. Als Materialien werden deshalb neben Edelstahl, borierte Stahlbleche für die Sicherstellung der Unterkritikalität sowie Aluminium- und Kupferelemente für die Wärmeleitung verwendet.

Tragzapfen

Die Behälter werden mit Hilfe von Hebezeugen und Transportfahrzeugen bewegt. Zur Handhabung sind deshalb im Kopf- und Fußbereich an den Außenseiten des Behälterkörpers je zwei gegenüberliegende Tragzapfen angeschraubt. Deren Auslegung und Prüfung erfolgt entsprechend der erhöhten Anforderungen der KTA-Regel 3905 /L-46/, die für Lastanschlagpunkte an Lasten in Kernkraftwerken angewendet wird.

Die Anschlagmittel der Hebezeuge greifen vorwiegend an den deckelseitigen Tragzapfen der Behälter an; die bodenseitigen Tragzapfen sind zumeist als Festlager für den Transport bzw. für die Drehung in die horizontale oder vertikale Lage vorgesehen. Die Tragzapfen bestehen aus Edelstahl.

3.6.3 Mechanische Belastungen

Die mechanischen Belastungen im bestimmungsgemäßen Betrieb sind durch die Belastungen aus den normalen Transportbedingungen entsprechend den IAEA Safety Standards /L-36/ abgedeckt.

Die Analyse der zu unterstellenden auslegungsbestimmenden Störfälle und auslegungsüberschreitenden Ereignisse bezüglich mechanischer Belastungen gemäß ESK-Leitlinien /L-33/ erfolgt im Abschnitt 7.3. Dort wird bewertet, dass diese Ereignisse jederzeit durch die Auslegung des SZB und / oder der Transport- und Lagerbehälter beherrscht werden und damit die Einhaltung der Schutzziele gewährleistet ist.

3.6.4 Thermische Belastungen

Die Wärmeleistung eines Transport- und Lagerbehälters der Bauart CASTOR® V/52 überschreitet nicht einen Wert von 20 kW.

Für die Berechnung der maximalen Temperaturen am Behälter und innerhalb des Behälters wird von der maximal zulässigen Wärmeleistung der Behälter bei folgender Umgebungstemperatur ausgegangen:

- maximale durchschnittliche Lufteintrittstemperatur
(gemittelt über 48 h) 28 °C.

Ein systematisches Versagen der Hüllrohre während der Lagerdauer wird vermieden, wenn zu Lagerbeginn eine

- maximale Hüllrohrtemperatur von 400 °C

und entsprechend dem bekannten Verhalten der Hüllrohrwerkstoffe die zulässigen Spannungen und Dehnungen eingehalten werden.

Die Analyse der zu unterstellenden auslegungsbestimmenden Störfälle und auslegungsüberschreitenden Ereignisse bezüglich thermischer Belastungen gemäß ESK-

Leitlinien /L-33/ erfolgt im Abschnitt 7.3. Dort wird bewertet, dass diese Störfallereignisse jederzeit durch die Auslegung des SZB und der Transport- und Lagerbehälter beherrscht werden und damit die Einhaltung der Schutzziele gewährleistet ist.

3.6.5 Sonstige Belastungen

Chemische Belastungen

Als chemische Belastung werden korrosiv wirkende Spaltprodukte und / oder ihre chemischen Verbindungen, die bei defekten Brennstäben in dem freien Volumen des Behälterinnenraumes vorhanden sein könnten, betrachtet. Die maximalen Konzentrationen dieser Spaltprodukte werden mit Hilfe von Abbrandrechnungen mit den Maximalwerten (siehe Abschnitt 3.5) bestimmt und bei der Ermittlung der chemischen Belastungen konservativ angesetzt.

Für den Behälterinnenraum wird die Restfeuchte in einem beladenen Behälter z. B. durch Trocknung auf einen behälterspezifischen Wert begrenzt und nachgewiesen, dass die Korrosionsauswirkungen durch korrosiv wirkende Spaltprodukte zu vernachlässigen sind.

Klimatische Belastungen

Die Behälter sind für folgende Bedingungen geeignet:

- Bereich der Umgebungstemperatur im Lager -10 °C bis +60 °C,
- relative Luftfeuchte 100 %.

Korrosionsauswirkungen / Dekontaminierbarkeit

Eine Korrosion an der Behälteraußenseite während der gesamten Lagerzeit wird durch die Art der Werkstoffe der Behälterbauteile oder durch eine geeignete Oberflächenbehandlung sowie geeignete konstruktive Maßnahmen weitestgehend vermieden.

Durch ein geeignetes Beschichtungssystem oder eine entsprechende Oberflächenbeschaffenheit wird eine gute Dekontaminierbarkeit nach DIN 25415 /L-47/ an der Oberfläche der Behälteraußenseite eingehalten.

3.6.6 Rückhaltung radioaktiver Stoffe

Bestimmungsgemäßer Betrieb

Die bestrahlten Brennelemente sind während der Lagerung in den Transport- und Lagerbehältern der Bauart CASTOR® V/52 technisch dicht eingeschlossen.

Auch bei unbeladenen, innen kontaminierten Behältern ist das radioaktive Inventar sicher eingeschlossen. Ein Deckel wird mit einer Metaldichtung versehen und mit dem Behälter verschraubt.

Die Behälter unterschreiten die folgenden Standard-Helium-Leckraten:

- für beladene Behälter pro Barriere $1,0 \cdot 10^{-8} \text{ Pa m}^3/\text{s}$,
- für unbeladene, innen kontaminierte Behälter $1,0 \cdot 10^{-4} \text{ Pa m}^3/\text{s}$.

Die Dichtheit der beladenen Behälter mit verschraubtem Doppeldeckel-Dichtsystem wird während der gesamten Lagerzeit kontinuierlich überwacht. Unbeladene Behälter werden nicht überwacht, jedoch wird die Dichtheit vor der Einlagerung nachgewiesen.

Bei einer theoretischen Betrachtung für die potentielle Strahlenexposition in der Umgebung des SZB ergeben sich mit dieser Leckrate Dosiswerte, die um Größenordnungen die Grenzwerte nach § 47 StrlSchV /L-2/ unterschreiten.

Auslegungsbestimmende Störfälle

Sofern auslegungsbestimmende Störfälle nicht ausgeschlossen werden können, werden durch die Belastungen die folgenden Standard-Helium-Leckraten eines Behälters unterschritten:

- für beladene Behälter $1,0 \cdot 10^{-8} \text{ Pa m}^3/\text{s}$,
- für unbeladene, innen kontaminierte Behälter $1,0 \cdot 10^{-4} \text{ Pa m}^3/\text{s}$.

Damit werden die Dosiswerte des § 49 Abs. 2 StrlSchV /L-2/ um Größenordnungen unterschritten.

Auslegungsüberschreitende Ereignisse

Gemäß ESK-Leitlinien /L-33/ sind für das SZB bezüglich der Rückhaltung radioaktiver Stoffe die folgenden auslegungsüberschreitenden Ereignisse zu unterstellen:

- Flugzeugabsturz,
- von außen auftretende Druckwelle,
- Einwirkungen schädlicher Stoffe.

Im Abschnitt 7.3 werden diese Ereignisse analysiert und bewertet. Es wird abschließend festgestellt, dass durch die Auslegung des SZB und / oder der Transport- und Lagerbehälter diese auslegungsüberschreitenden Ereignisse beherrscht werden, so dass keine einschneidenden Maßnahmen des Katastrophenschutzes erforderlich werden.

Eine ausreichende Rückhaltung radioaktiver Stoffe ist bei diesen auslegungsüberschreitenden Ereignissen gewährleistet. Sie ist für beladene Behälter u. a. gegeben, wenn die Leckrate nach obigen Ereignissen $\leq 3,4 \cdot 10^{-2} \text{ Pa m}^3/\text{s}$ beträgt. Der unbeladene, innen kontaminierte Behälter wird aufgrund seines geringen Aktivitätsinventars an dieser Stelle nicht betrachtet.

3.6.7 Merkmale der Unterkritikalität

Bezüglich der Einhaltung der Unterkritikalität der Inhalte der Behälter wird nachgewiesen, dass für die maximal zulässigen bauartspezifischen Behälterbeladungen bei jeder beliebigen Aufstellung von Behältern in dem Lagerbereich während des bestimmungsgemäßen Betriebes der berechnete effektive Neutronenmultiplikationsfaktor k_{eff} zuzüglich der doppelten Standardabweichung des Berechnungsergebnisses und anderer systematischer Fehler den Wert 0,95 nicht überschreitet (siehe Abschnitt 3.5.3). Maximal werden nur 24 Behälter im Lagerbereich aufbewahrt.

Unter Störfallbedingungen und nach auslegungsüberschreitenden Ereignissen überschreitet der für diese Ereignisse berechnete effektive Neutronenmultiplikationsfaktor k_{eff} zuzüglich der doppelten Standardabweichung des Berechnungsergebnisses und anderer systematischer Fehler nicht den Wert 0,97.

Bei den Berechnungen werden folgende konservative Randbedingungen eingehalten:

- Der Behälter wird als vollständig geflutet angenommen. Die Wasserdichte wird so gewählt, dass die Moderation der Neutronen optimal ist.
- Die numerischen Randbedingungen bei der Berechnung der Neutronenmultiplikation des Behälters werden so gewählt, dass sie einer beliebigen unendlichen Anordnung entsprechen.
- Um das Vorhandensein von Sprühwasser oder Löschschaum nach einem Brand zu berücksichtigen, wird durch Variation der Wasserdichte außerhalb der Behälter die bezüglich Reaktivität optimale Moderation eingestellt.
- Es wird eine maximal mögliche Korbdeformation bei Störfallereignissen angenommen.

Wenn für einzelne Beladekonfigurationen zum Nachweis der Einhaltung der Unterkritikalität ein Mindestabbrand der Brennelemente erforderlich ist, wird dieser Mindestabbrand durch Betriebsdaten vor der Beladung der Transport- und Lagerbehälter nachgewiesen.

Bei den Nachweisen werden die kerntechnischen Regelwerke KTA 3602 /L-40/, DIN 25403-1 /L-48/ und DIN 25478 /L-49/ beachtet.

3.6.8 Abschirmung der Strahlung

Bezüglich der Abschirmeigenschaften eines Behälters unter allen Betriebs- und Störfallbedingungen werden die folgenden Anforderungen eingehalten.

Bestimmungsgemäßer Betrieb

Der folgende Dosisleistungswert wird von jedem Behälter eingehalten:

- maximale mittlere Oberflächendosisleistung 0,350 mSv/h.

Die Mittelungsfläche ist jeweils die Mantelfläche und die Deckeloberseite eines Behälters.

Die Langzeitstabilität der Moderator- und / oder Abschirmmaterialien, insbesondere derjenigen zur Moderation der Neutronen, wird gewährleistet.

Störfälle und auslegungsüberschreitende Ereignisse

Beim Verlust von Moderator- und / oder Abschirmmaterial nach Störfällen sowie nach auslegungsüberschreitenden Ereignissen (siehe Abschnitt 7.3), mit entsprechenden Belastungen gemäß den Abschnitten 3.6.3 bis 3.6.5, überschreitet die Dosisleistung eines Behälters den folgenden Wert nicht:

- Ortsdosisleistung pro Behälter in 1 m Abstand 10 mSv/h.

Die Dosisleistung ist die Summe von Gamma-Aquivalentdosisleistung und Neutronen-Aquivalentdosisleistung.

3.6.9 Qualitätssicherung

3.6.9.1 Qualitätssicherung beim Design der Behälter

Die Einhaltung der qualitätssichernden Maßnahmen wird gemäß ESK-Leitlinien /L-33/ vom Hersteller durch ein Qualitätssicherungs-System einschließlich eines Qualitätssicherungs-Programmes gewährleistet. Bei der Herstellung und Fertigung der Behälter sind die einschlägigen Regelwerke zur Qualitätssicherung zu beachten.

Nachfolgend werden die Unterlagen aufgeführt, die sowohl die Kennwerte und Merkmale als auch die Anforderungen entsprechend o. g. Regelwerke beinhalten:

- Konstruktionszeichnungen,
- Werkstoffdatenblätter / Werkstoffspezifikationen,
- Fertigungs- und Prüffolgepläne,
- Arbeitsanweisungen und Herstellungsvorschriften,
- Prüfvorschriften.

3.6.9.2 Prüfung bei Beladung

Die Beladung der Behälter im KKB erfolgt nach den behälterspezifischen Arbeits- und Prüfvorschriften sowie der Handhabungsanweisung. Die Beladung unterliegt einer begleitenden Kontrolle durch die zuständigen Behörden. Die qualitätssichernden Merkmale für die Beladung sind in den Technischen Annahmebedingungen und den zugehörigen Ausführungsbestimmungen festgelegt.

Die erstellte Beladedokumentation dient zum Nachweis der Erfüllung der Annahmebedingungen des beladenen Behälters in das SZB.

3.6.9.3 Dokumentation der qualitätssichernden Maßnahmen

Für jeden einzelnen Behälter liegen eine Fertigungsdokumentation und ein Prüfbuch vor.

Nach Abschluss der Einlagerung eines Behälters und Anschluss an das Behälterüberwachungssystem werden die Dokumente zur Qualitätssicherung beim Design der Behälter und der Prüfung der Behälterbeladung der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde vorgelegt.

3.6.10 Behälterbeladung

Die Beladung eines Behälters ist nur zulässig, wenn die sicherheitstechnisch relevanten Eigenschaften der Brennelemente, die in den Technischen Annahmebedingungen zusammengefasst sind, eingehalten werden. Diese sind im Wesentlichen:

- max. Schwermetallmasse,
- max. Anfangsanreicherung bzw. max. Spaltstoffgehalt,
- max. Wärmeleistung,
- max. Gamma- und Neutronenquellstärken.

Für die Beladung der Transport- und Lagerbehälter der Bauart CASTOR[®] V/52 nach 85er- und 96er-Zulassung sind verschiedene Beladevarianten möglich. Die Anforderungen an die Beladung bzgl. der Tragkorbpositionen von Uran-Brennelementen und Dummy-Brennelementen sowie KSBS sind in den Technischen Annahmebedingungen festgelegt.

Angaben zu den auf der Grundlage der Anordnung des atomrechtlichen Aufsichtsbehörde des Landes Schleswig-Holstein /L-5/ im SZB befindlichen Behältern sind in der Tabelle Tab. 11 enthalten. Diese Transport- und Lagerbehälter der Bauart CASTOR[®] V/52 wurden mit bestrahlten Uran-Brennelementen der Typen SVEA-64 und SVEA-96 beladen.

Für das Erreichen der Kernbrennstofffreiheit (Brennelemente und Sonderbrennstäbe) für das KKB sind unter Berücksichtigung möglicher Beladevarianten bis zu 15 weitere Transport- und Lagerbehälter der Bauart CASTOR[®] V/52 aufzubewahren. Bei den Brennelementen handelt es sich um bestrahlte Brennelemente der Typen SVEA-96, ATRIUM 10B, und SVEA-96 Optima2.

Tab. 11 Kernbrennstoff-Daten der eingelagerten Behälter (Stand Ende 2015)

Lfd. Nr.	Behälter-Typ	Anzahl BE	Schwermetallmasse		Aktivität [Bq]	Wärme-leistung [kW]
			U_{tot}	Pu_{tot}		
			[Mg]			
1	CASTOR® V/52 (85)	52	8,379	0,077	1,4 E+17	13,5
2	CASTOR® V/52 (85)	52	8,382	0,076	1,4 E+17	13,4
3	CASTOR® V/52 (85)	52	8,390	0,080	1,5 E+17	13,3
4	CASTOR® V/52 (85)	32	5,216	0,052	1,0 E+17	9,2
5	CASTOR® V/52 (85)	52	8,404	0,080	1,5 E+17	13,3
6	CASTOR® V/52 (85)	52	8,448	0,080	1,6 E+17	13,4
7	CASTOR® V/52 (85)	52	8,452	0,084	1,8 E+17	15,7
8	CASTOR® V/52 (85)	52	8,441	0,084	1,8 E+17	15,9
9	CASTOR® V/52 (85)	52	8,448	0,084	1,8 E+17	15,9
Summe		448	72,560	0,697	13,8 E+17	123,6

Defekte Brennstäbe aus dem Betrieb des KKB können in gekapselter Form (z. B. in Köchern verschweißt) in den Behälter der Bauart CASTOR® V/52 eingelagert werden. Der KSBS (Köcher für Sonderbrennstäbe) schließt die einzelnen Stäbe sicher ein und kann wie ein Brennelement in eine Tragkorbposition des normalen Tragkorbs eingeladen werden.

3.6.11 Unbeladene, innen kontaminierte Behälter

Für den unbeladenen, innen kontaminierten Behälter ergeben sich die in der Tabelle Tab. 12 dargestellten behälterspezifischen Maximalwerte.

Tab. 12 Anforderungen an den unbeladenen, innen kontaminierten Behälter der Bauart CASTOR® V/52 – Ausführung 503.037.001

Max. Aktivitätsinventar	[Bq]	$7,4 \cdot 10^{12}$
Standard-Leckagerate der Barriere ¹⁾	[Pa m ³ /s]	$\leq 1,0 \cdot 10^{-4}$
Max. Oberflächenkontamination (außen)		
- für Alpha-Strahler	[Bq/cm ²]	0,4
- für Beta-/Gamma-Strahler	[Bq/cm ²]	4,0
Max. Aufbewahrungsdauer, berechnet ab Verschluss des Behälters bei Einsatz von Metaldichtungen ²⁾	[a]	40
Max. Restfeuchte im Behälterinnenraum bei Einsatz von Metaldichtungen und bei Nassentladung	[gH ₂ O/m ³]	3,2
Max. Restfeuchte im Dichtungszwischenraum und im Sperrraum	[gH ₂ O/m ³]	9,4
Max. Blockmaßdifferenz zur Referenzmessung bei Deckelmontagen	[mm]	0,1
Befüllgas Behälterinnenraum	Inertgas Helium	

1) Als Barriere zur Einhaltung dieses Grenzwertes ist nur das Dichtungssystem des Primärdeckels zulässig.

2) Der Einsatz einer bereits einmal verpressten Metaldichtung sowohl im Primärdeckel als auch im Sekundärdeckel ist zulässig, dabei ist die bisherige Einsatzdauer der Metaldichtung abzuziehen.

4 Sicherheitsanalyse für den bestimmungsgemäßen Betrieb

4.1 Sicherheitsrelevante Merkmale

Die Sicherheit der Aufbewahrung von radioaktiven Stoffen wird im Wesentlichen durch die Sicherheitsmerkmale der eingelagerten Behälter bestimmt. Diese behälterspezifischen Sicherheitsmerkmale sind im Abschnitt 3.6 beschrieben.

Bezogen auf das SZB müssen die radiologischen Schutzziele gemäß § 6 der StrlSchV /L-2/ erreicht werden. Weitergehend müssen die hieraus gemäß ESK-Leitlinien für die

trockene Zwischenlagerung /L-33/ abgeleiteten grundlegenden Schutzziele erreicht werden. Diese sind wie folgt:

- Sicherer Einschluss der radioaktiven Stoffe,
- Sichere Abfuhr der Zerfallswärme,
- Sichere Einhaltung der Unterkritikalität,
- Vermeidung unnötiger Strahlenexposition, Begrenzung und Kontrolle der Strahlenexposition des Betriebspersonals und der Bevölkerung.

Mit diesen grundlegenden Schutzzielen stehen die folgenden Anforderungen in engem Zusammenhang:

- Abschirmung der ionisierenden Strahlung,
- betriebs- und instandhaltungsgerechte Auslegung / Ausführung der Einrichtungen,
- sicherheitsgerichtete Organisation und Durchführung des Betriebes,
- sichere Handhabung und sicherer Transport der radioaktiven Stoffe,
- Auslegung gegen Störfälle und Maßnahmen zur Reduzierung der Schadensauswirkungen von auslegungsüberschreitenden Ereignissen.

Über die grundlegenden Schutzziele hinaus werden in den ESK-Leitlinien /L-33/ Anforderungen auch zu folgenden Aspekten abgeleitet:

- Strahlenschutz,
- Strahlungsüberwachung im SZB und in der Umgebung,
- Freigabe von Stoffen,
- Behandlung von Abfällen und kontaminierten Wässern.

In den folgenden Abschnitten werden für den bestimmungsgemäßen Betrieb die sicherheitsrelevanten Merkmale bezüglich der grundlegenden Schutzziele und der zugehörigen Anforderungen sowie bezüglich relevanter, in den ESK-Leitlinien /L-33/ separat formulierter, Anforderungen dargestellt.

Die sich bezüglich der Erfüllung der grundlegenden Schutzziele ergebenden Anforderungen bei auslegungsbestimmenden Störfällen und auslegungsüberschreitenden Ereignissen werden im Abschnitt 7 dargestellt.

4.2 Sicherer Einschluss der radioaktiven Stoffe

Das gesamte radioaktive Inventar ist vollständig in den Behältern eingeschlossen. Aus dem SZB erfolgt keine Ableitung radioaktiver Stoffe.

Um den langfristigen sicheren Einschluss des radioaktiven Inventars zu gewährleisten, werden an die Behälter hohe Anforderungen bezüglich der Rückhaltung radioaktiver Stoffe gestellt. Die Anforderungen sind im Abschnitt 3.6 beschrieben.

Dies wird mit Behältern erreicht, deren Behälterkörper eine hohe Festigkeit aufweisen und die mit einem technisch dichten Doppeldeckel-Dichtsystem verschlossen sind. Dabei unterschreitet die Standard-Helium-Leckrate für beladene Behälter pro Barriere den Wert von 10^{-8} Pa m³/s.

Die bestimmenden Gesichtspunkte für einen sicheren Einschluss über einen Zeitraum von 40 Jahren werden im Folgenden dargestellt.

Dichtheit vor der Einlagerung

Die Dichtheit wird an jedem Behälter mit verschraubtem Doppeldeckel-Dichtsystem geprüft. Dazu wird nach der Beladung die innere Dichtbarriere und vor der Behältereinlagerung die äußere Dichtbarriere überprüft.

Langzeitbeständigkeit der Dichtwirkung

Die Langzeitbeständigkeit der verwendeten Metaldichtungen wird im Wesentlichen durch die Materialauswahl und eine geeignete Konstruktion gewährleistet. Die Werkstoffe von Dichtung und Behälter werden so ausgewählt, dass eine Gefährdung der Dichtfunktion der Metaldichtung durch Korrosion nicht auftritt. Dies wird unterstützt durch einen Korrosionsschutz im Dichtungsbereich des Behälterkörpers. Die Auflage-

flächen der Deckeldichtungen weisen eine hohe Oberflächengüte auf. Der Behälter wird nach der Beladung ausreichend getrocknet und mit Helium befüllt.

Unzulässige Korrosionserscheinungen an den Metaldichtungen werden durch die Begrenzung der Restfeuchte vermieden.

Freisetzung radioaktiver Stoffe in den Behälterinnenraum

Eine Freisetzung von flüchtigen radioaktiven Stoffen aus defekten Brennstabhüllrohren der Brennelemente in den Innenraum des Behälters ist möglich. Es wird eine Hüllrohrschadensquote von sehr viel kleiner als 1 % erwartet. Die Berechnung der Freisetzung erfolgt konservativ mit einer Hüllrohrschadensquote von 10 %.

Als abdeckende Freisetzungsanteile (Freisetzung in den Behälterinnenraum) für den gesamten Verlauf der Lagerzeit der dabei radiologisch relevanten flüchtigen Radionuklide werden theoretisch unterstellt:

- H-3 30 %,
- Kr-85 20 %,
- I-129 10 %.

Weiterhin wird abdeckend von einer Freisetzung der Radionuklide Cäsium 134 und 137 in Form von Cäsium-Hydroxiden entsprechend dem Dampfdruck dieser Verbindungen ausgegangen.

Hüllrohrintegrität der KKB-Brennelemente

Während des Reaktorbetriebes sind die Hüllrohre der Brennelemente hohen Drücken und Temperaturen ausgesetzt. Trotz der hohen Beanspruchungen liegt die Rate für Hüllrohrdefekte aufgrund jahrelanger Optimierungen der Brennelemente deutlich unter 1 %.

Nach der Entladung aus dem Reaktor werden die Brennstäbe auf Dichtheit überprüft.

In Fällen, bei denen unter ungünstigen Temperaturbedingungen Kriechdehnungsprozesse an Brennstabhüllrohren auftreten, die zu lokal begrenzten Längsrissen führen, kommt der Kriechprozess, bedingt durch die Spaltgasfreisetzung und den damit verbundenen Druckabbau, zum Stillstand.

Bedingt durch die Konstruktion der Behälter erreichen nur die innen liegenden Brennelemente Hüllrohrtemperaturen bis zu maximal 400 °C, sodass nur diese Hüllrohre der maximalen Belastung unterliegen. Während der Aufbewahrung werden die Hüllrohre durch das Abklingen der Wärmeleistung zunehmend weniger beansprucht.

Da Hüllrohrdefekte üblicherweise auf die Ausbildung von Rissen beschränkt sind, bleibt der Kernbrennstoff in den Hüllrohren eingeschlossen. Eine Beeinträchtigung der Handhabbarkeit der Brennelemente bei einer Entladung nach der Aufbewahrung ist deshalb nicht gegeben.

Verhinderung von Freisetzungen

Behälter mit bestrahlten Brennelementen und verschraubtem Doppeldeckel-Dichtungssystem werden während der Aufbewahrung kontinuierlich durch das Behälterüberwachungssystem auf ihre Dichtheit überwacht.

Nach vorliegendem Erkenntnisstand sind keine Fälle bekannt, in denen eine nicht spezifikationsgerechte Dichtheit der Deckeldichtung aufgetreten ist.

Bei einer unterstellten nicht spezifikationsgerechten Dichtheit wird der betroffene Behälter durch das Behälterüberwachungssystem identifiziert. Er wird daraufhin zur Instandsetzung in den Wartungsraum gebracht. Dort werden die erforderlichen Instandsetzungsmaßnahmen gemäß Abschnitt 6.5 durchgeführt. Falls diese Maßnahmen eine Druckentlastung erfordern, wird der Gasinhalt des Sperrraums in geeigneten Vorrichtungen aufgefangen und eine Analyse auf radioaktive Stoffe durchgeführt. Je nach Ergebnis werden weitere Maßnahmen der Entsorgung festgelegt.

Ausgehend von oben genannten Freisetzungsanteilen der relevanten Nuklide im Behälterinnenraum und der Standard-Helium-Leckrate einer Barriere des Doppeldeckel-

Dichtsystems wird im Rahmen einer theoretischen Betrachtung die Freisetzung aus den Behältern berechnet. Abdeckend wird ein Behälterinventar von $1,2 \cdot 10^{18}$ Bq angenommen (siehe Abschnitt 3.5.3).

Die nach den Vorgaben der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV /L-2/ berechnete Strahlenexposition in der Umgebung würde bei dieser theoretischen Betrachtung an der ungünstigsten Einwirkungsstelle am Sicherungszaun (Abstand ca. 40 m) zu einer effektiven Dosis von weniger als $1,0 \cdot 10^{-4}$ mSv/a führen.

Diese aus der theoretischen Betrachtung ermittelte Dosis ist vernachlässigbar klein, sodass eine Ableitung gemäß § 47 StrlSchV /L-2/ aus dem SZB nicht berücksichtigt werden muss.

4.3 Sichere Abfuhr der Zerfallswärme aus der Lagerhalle

Die Nachzerfallswärme der Brennelemente in den Behältern wird sicher abgeführt. Die Wärmeabfuhr erfolgt im Wesentlichen durch Konvektion der Umgebungsluft an der Behälteroberfläche. Die maximale abzuführende Wärmeleistung aus dem SZB beträgt 300 kW.

Für die Naturkonvektion, unter Berücksichtigung der geplanten baulichen Veränderungen in den Zuluftkanälen, sind mit Hilfe einer numerischen Strömungssimulation die thermodynamischen Verhältnisse im SZB überprüft und die daraus resultierende Temperaturverteilung im Lagergebäude untersucht worden. Es wurden Ablufttemperaturen und die Temperaturverteilung in der Lagerhalle ermittelt, wobei am Lufteintritt eine maximale Umgebungstemperatur von 28 °C (gemittelt über 48 h) angenommen wurde. Im Wesentlichen ergibt sich, dass sich eine aufwärts gerichtete Luftströmung einstellt, die unterhalb der Decke eine Umlenkung hin zum Abluftkanal erfährt.

Die maximalen Auslegungstemperaturen der Betonteile des Lagergebäudes sowie die zulässigen Temperaturen der Bauteile der Transport- und Lagerbehälter der Bauart CASTOR® V/52 werden nicht überschritten.

4.4 Sichere Einhaltung der Unterkritikalität des Lagers

Die Unterkritikalität des SZB wird vollständig durch die Sicherstellung der Unterkritikalität der Brennelemente in den Behältern entsprechend den in Abschnitt 0 dargestellten Sicherheitsmerkmalen abgedeckt.

Der effektive Neutronenmultiplikationsfaktor k_{eff} wird mit qualifizierten Rechenmodellen ermittelt. Dabei werden die konservativen Randbedingungen gemäß Abschnitt 0 unterstellt.

Die sichere unterkritische Anordnung wird vor allem durch die Begrenzung der Anreicherung und des Spaltstoffgehaltes der Brennelemente (ggf. durch Nachweis eines Mindestabbrandes) und durch deren Fixierung im Behälter mittels des Tragkorbes sowie der Wahl des Tragkorbmaterials erreicht.

4.5 Vermeidung unnötiger Strahlenexposition in der Umgebung des SZB (Normalbetrieb)

4.5.1 Direktstrahlung aus dem SZB

In Abschnitt 3.6 sind die Anforderungen an den Behälter im Hinblick auf die Abschirmung der Strahlung beschrieben.

Dementsprechend ist der für die Aufbewahrung relevante Dosisleistungswert der Behälter durch den folgenden Wert (Summe aus Gamma- und Neutronendosisleistung) abgedeckt:

- mittlere Oberflächendosisleistung 0,350 mSv/h.

Die Oberflächendosisleistung ist jeweils gemittelt über den Behältermantel und die Oberseite des Deckels.

Es wird für den Transport- und Lagerbehälter der Bauart CASTOR[®] V/52 der Nachweis erbracht, dass bei Einhaltung der Behälterrandbedingungen die maximal zulässige

Oberflächendosisleistung eingehalten wird. Bei der Einlagerung wird dies messtechnisch überprüft.

Für die Uran-Brennelemente wird ein maximaler Brennelement-Abbrand von 65 GWd/MgSM zugrunde gelegt.

Zur Bestimmung der Energiespektren für die Gamma- und Neutronenstrahlung (Direktstrahlung) an der Oberfläche der einzulagernden Behälter werden Abschirmrechnungen durchgeführt. Für diese Berechnungen werden die Geometrie- und Materialdaten der einzulagernden Behälter berücksichtigt. Dabei werden die Quellstärken im Behälter so normiert, dass sich an der Behälteroberfläche eine Ortsdosisleistung von 0,350 mSv/h ergab.

Bei den Berechnungen werden der Gamma- und Neutronenfluss an der Behälteroberfläche als Basis für die weitere Berechnung der Strahlung in der Umgebung ermittelt.

Um den gesamten möglichen Bereich der Strahlungsanteile an der Behälteroberfläche abzudecken, werden Varianten betrachtet, die sich hinsichtlich der Anteile von Gamma- und Neutronenstrahlung an der Oberflächendosisleistung unterscheiden:

Es werden die Ortsdosisleistungen an den ungünstigsten Einwirkungsstellen bestimmt. Diese Einwirkungsstellen sind für Personen der allgemeinen Bevölkerung zugänglich und in Abbildung Abb. 22 gekennzeichnet.

Die Ortsdosisleistungen, die sich durch das SZB an den verschiedenen Einwirkungsstellen durch Direktstrahlung ergeben, setzen sich aus folgenden Anteilen zusammen:

- Direktstrahlung durch die Wände einschließlich der Streuanteile aus den oberen Wandbereichen,
- Streustrahlung durch die Lufteintritts- und Luftaustrittsöffnungen des Lagers,
- Skyshine aufgrund der Direktstrahlung durch die Decke des Lagers und deren Streuung an der darüber liegenden Luftschicht.

Eine Exposition aufgrund von Ableitungen radioaktiver Stoffe aus dem SZB ist aufgrund der Dichtheit der Behälter nicht gegeben.

Die Abschirmwirkung des Lagergebäudes beruht im Wesentlichen auf den großen Wandstärken der baulichen Ausführung:

- Außenwände ca. 120 cm,
- Decke ca. 130 cm.

Auf der Basis des ermittelten Gamma- und Neutronenflusses an der Behälteroberfläche werden die Ortsdosisleistungen an den betrachteten Einwirkungsstellen berechnet.

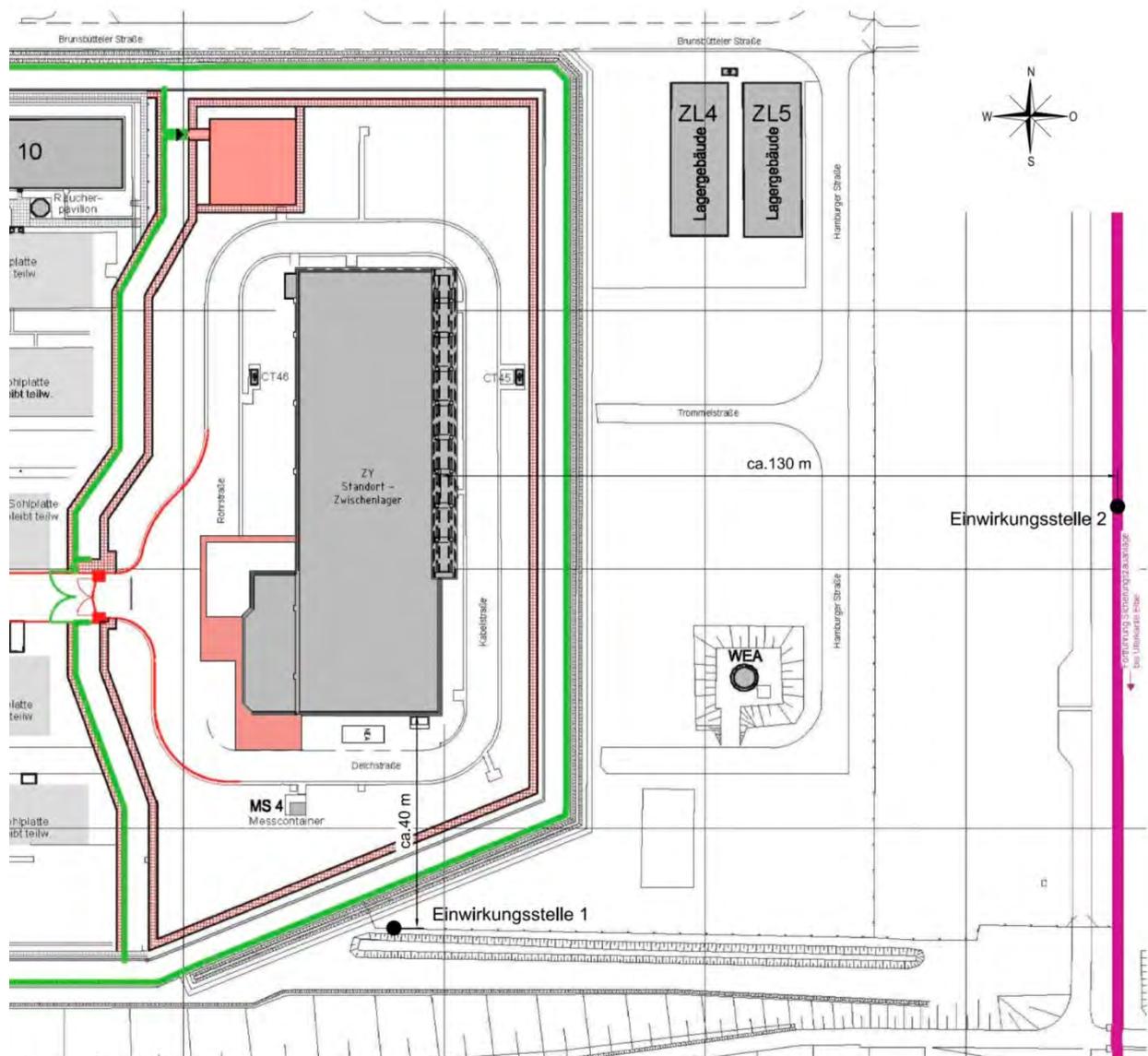


Abb. 22 Einwirkungsstellen für die Ortsdosisleistung

4.5.2 Direktstrahlung am Standort

Die jährliche Strahlenexposition durch Direktstrahlung resultiert aus den radiologischen Vorbelastungen unter Berücksichtigung bestehender und geplanter Anlagen (siehe Abschnitt 2.10). Berechnungen zeigen, dass eine Aufbewahrung von maximal 24 Transport- und Lagerbehältern der Bauart CASTOR® V/52 zu keiner Veränderung der aktuell gemessenen Beiträge von Gamma- und Neutronenstrahlung führen. In der Tabelle Tab. 13 sind die jährlichen Strahlenexpositionen durch Direktstrahlung zusammengestellt.

Die Summe der Strahlenexposition durch Direktstrahlung für eine Einzelperson aus der Bevölkerung beträgt an der Grenze des Anlagengeländes für alle bestehenden und geplanten Anlagen am Standort einschließlich SZB ca. 0,35 mSv im Kalenderjahr.

Tab. 13 Strahlenexposition durch Direktstrahlung

Expositionspfad	Jährliche Exposition [mSv]
Gamma-Personendosis durch Pufferlagerung am Elbdeich	0,21
Gamma-Personendosis durch Pufferlagerung am Massivzaun	0,06
Gamma-Personendosis durch KKB und SZB am Elbdeich	0,03
Gamma-Personendosis durch KKB und SZB am Massivzaun	< 0,01
Gamma Personendosis LasmA (alle Aufpunkte)	< 0,01
Neutronen-Personendosis durch SZB am Elbdeich	< 0,02
Neutronen-Personendosis durch SZB am Massivzaun	< 0,01
Summe	0,35

4.5.3 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Luft

Die ungünstigsten Einwirkungsstellen für die Exposition aus Ableitungen radioaktiver Stoffe mit der Luft sind die Stellen in der Umgebung des Standortes an denen aufgrund der Verteilung der abgeleiteten radioaktiven Stoffe in der Umwelt durch Aufenthalt oder durch Verzehr dort erzeugter Lebensmittel die höchste Strahlenexposition der Referenzperson zu erwarten ist.

Hierbei sind die realen Nutzungsmöglichkeiten am Standort zu berücksichtigen. Für Personen der allgemeinen Bevölkerung ist nur das Gelände außerhalb des Massivzauns frei zugänglich. Dort wird für die Dosisberechnung eine Aufenthaltsdauer von 8.760 h im Kalenderjahr postuliert. Eine Ausnahme bildet der Bereich südlich des Anlagengeländes am Elbufer. Die Nutzung des Elbdeiches ist eingeschränkt. Konservativ wird 2.000 h pro Jahr als obere Grenze der Aufenthaltsdauer angenommen. Wird für die Bewertung der Strahlenexposition ein Aufenthalt am Elbdeich unterstellt, so verbleiben für dieselbe Einzelperson noch 6.760 h im Kalenderjahr (Daueraufenthalt 8.760 h abzüglich Aufenthalt am Elbdeich 2.000 h) an einem anderen Ort am Massivzaun.

Das SZB ist so ausgelegt, dass während des Betriebes keine Ableitungen von radioaktiven Stoffen mit der Luft zu unterstellen sind.

Für die anderen am Standort befindlichen Anlagen, dem KKB und dem geplanten LasmA, ergibt sich die höchste jährliche Exposition aus Ableitungen radioaktiver Stoffe mit der Luft aus der Summe der Strahlenexpositionen an den ungünstigsten Einwirkungsstellen unter den realen Nutzungsmöglichkeiten zu 0,05 mSv im Kalenderjahr. Sie liegt damit unterhalb des Grenzwerts von 0,3 mSv nach § 47 StrlSchV /L-2/ im Kalenderjahr.

4.5.4 Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Wasser

Das SZB ist so ausgelegt, dass während des Betriebes keine Ableitungen von radioaktiven Stoffen mit dem Wasser zu unterstellen sind.

Für das LasmA sind keine Ableitungen von radioaktiven Stoffen mit dem Wasser vorgesehen.

Für die anderen am Standort befindlichen Anlagen ist nur für das KKB eine Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Wasser vorgesehen. Die höchste effektive Dosis an der ungünstigsten Einwirkungsstelle, unter Berücksichtigung aller relevanten Vorbelastungen aus anderen Einrichtungen an der Elbe außerhalb des Standortes, beträgt 0,14 mSv im Kalenderjahr. Sie liegt damit unterhalb des Grenzwerts von 0,3 mSv nach § 47 StrlSchV /L-2/ im Kalenderjahr.

4.5.5 Begrenzung der Strahlenexposition der Bevölkerung

Bei der Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung wird berücksichtigt, dass die ungünstigsten Einwirkstellen für den Luftpfad nicht identisch mit der ungünstigsten Einwirkstelle für die Direktstrahlung ist. Daher werden als ungünstigste Einwirkstellen die Orte betrachtet, an denen die Summe aus Direktstrahlung und Luftpfad den höchsten Wert ergibt. Der höchste Werte für die Summe aus Direktstrahlung und Luftpfad liegt an den gleichen Einwirkungsstellen wie für die Direktstrahlung. Unter Berücksichtigung der an diesen Stellen anzusetzenden Aufenthaltszeiten beträgt die Summe der höchsten jährlichen Strahlenexposition aus Ableitungen radioaktiver Stoffe mit der Luft 0,03 mSv im Kalenderjahr.

Es wird sichergestellt, dass die Summe der Strahlenexposition aus Direktstrahlung und der Strahlenexposition aus Ableitungen mit der Luft und dem Wasser, den Dosisgrenzwert des § 46 StrlSchV /L-2/ von 1 mSv pro Kalenderjahr an keiner Stelle außerhalb des Anlagengeländes überschreitet. Dies erfolgt unter Berücksichtigung der radiologischen Vorbelastungen am Standort des SZB sowie unter Einbeziehung des geplanten Lasma. Für eine Einzelperson der Bevölkerung beträgt die effektive Dosis durch Strahlenexpositionen aus dem SZB und allen weiteren Anlagen in der Umgebung im Kalenderjahr weniger als 0,52 mSv. Dies wird durch geeignete Messeinrichtungen überwacht.

Für Personen in den nächstgelegenen Arbeitsstätten ist die Strahlenexposition geringer, da hier eine Aufenthaltsdauer von maximal 2.000 h zu unterstellen ist.

In Tabelle Tab. 14 sind die effektiven Jahresdosen aus den Ableitungen aus der Luft und dem Wasser sowie aus der Direktstrahlung für eine Einzelperson der Bevölkerung zusammengestellt.

Tab. 14 Summe der Strahlenexpositionen

Expositions-pfad	Jährliche Expo- sition [mSv]
Exposition aus Luft	0,03
Exposition aus Wasser	0,14
Exposition aus Direktstrahlung	0,35
Summe	0,52

4.6 Strahlenschutz

Im SZB werden gemäß den Forderungen der StrlSchV Strahlenschutzbereiche eingerichtet und entsprechend § 68 und § 36 Abs. 2 StrlSchV /L-2/ deutlich sichtbar und dauerhaft gekennzeichnet. Je nach Höhe der Strahlenexposition wird zwischen Überwachungs-, Kontroll- und Sperrbereichen, letztere als Teile der Kontrollbereiche, unterschieden. Im SZB ist nur die äußere Strahlenexposition von Bedeutung, da wegen des technisch dichten Einschusses der Aktivitäten radiologische Kontaminationen oder Raumlufaktivitäten nicht zu unterstellen sind.

In der Abbildung Abb. 23 sind die Strahlenschutzbereiche des SZB dargestellt.

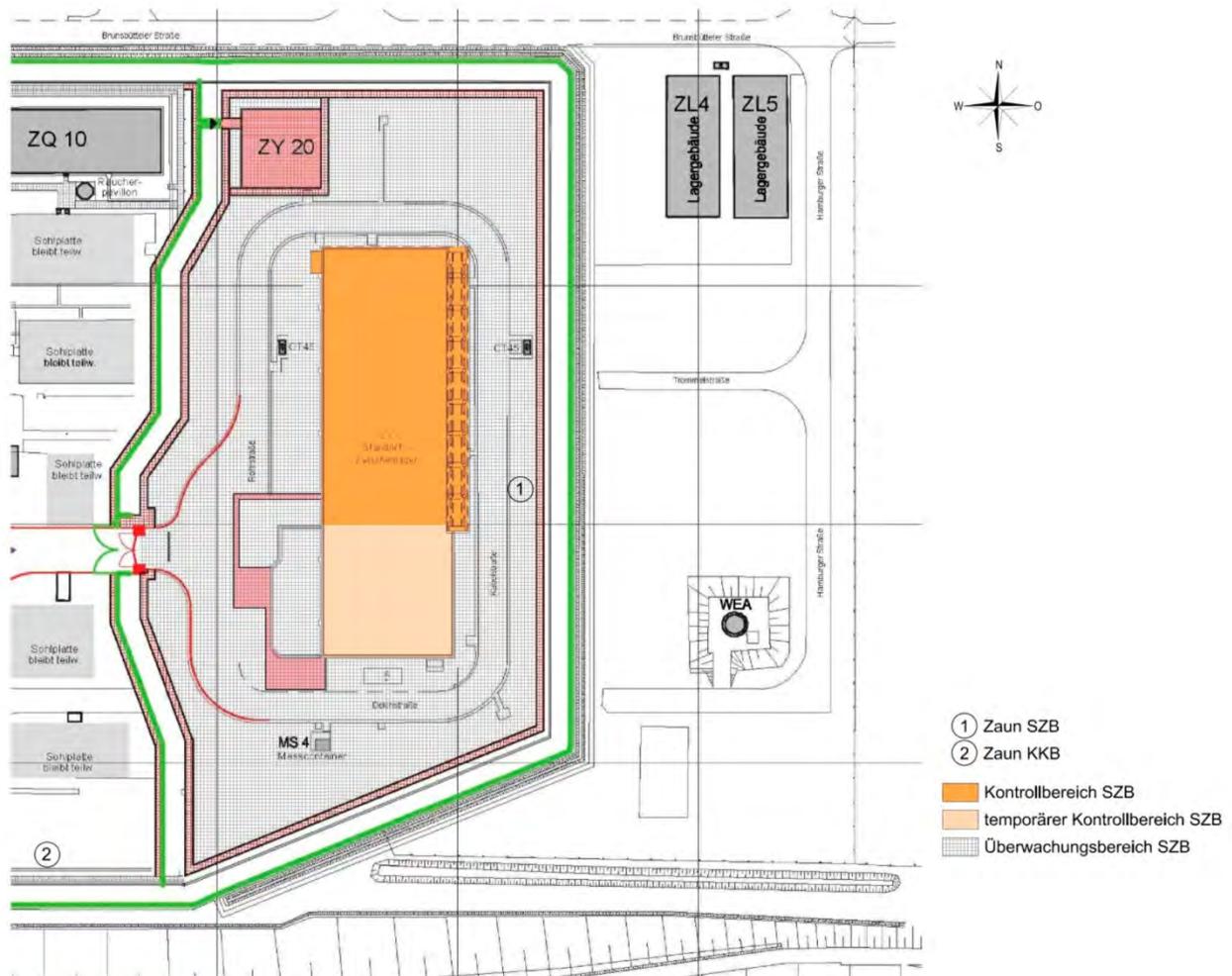


Abb. 23 Strahlenschutzbereiche des SZB

Überwachungsbereiche

Überwachungsbereiche sind nach § 36 Abs. 1 StrlSchV /L-2/ nicht zum Kontrollbereich gehörende betriebliche Bereiche, in denen Personen bei einem Aufenthalt von 40 Stunden je Woche und 50 Wochen im Jahr im Kalenderjahr eine effektive Dosis durch äußere und innere Strahlenexposition von mehr als 1 mSv oder höhere Organdosen als 15 mSv für die Augenlinse oder 50 mSv für die Haut, die Hände, die Füße und Knöchel erhalten können.

Zum Überwachungsbereich des SZB gehören:

- der Betriebsbereich,
- der Empfangsbereich (ohne beladene Behälter) und
- die an das Gebäude angrenzende Freifläche des äußeren Sicherungsbereiches des SZB.

Die Dosisleistung bei leerem Empfangsbereich (ohne beladenen Behälter) liegt bei kleiner 0,5 $\mu\text{Sv/h}$.

Die Außenwände des Empfangsbereiches entsprechen in der Bemessung den Außenwänden der Lagerbereiche und stellen so die Einhaltung der Grenzwerte für die hinter diesen Wänden befindlichen Räume des Überwachungsbereiches sicher. Für die im Lagergebäude liegenden Räume des Überwachungsbereiches ist durch die zwischen diesen Räumen und den Orten der Behälterhandhabung liegenden Innenwände die Einhaltung der Dosisgrenzwerte gewährleistet.

Der Zugang zum Überwachungsbereich des SZB (siehe Abb. 23) wird durch die Objektsicherungseinrichtungen des äußeren Sicherungsbereiches beschränkt. Die gemessene Ortsdosis am Zaun an der Stelle des beantragten SZB-Betriebsgeländes betrug 2015 für Gammastrahlung im Mittel 129 nSv/h und für Neutronenstrahlung im Mittel 12 nSv/h . Die Mittelwerte in 2015 für die Referenzmessstelle in Brunsbüttel betragen für Gammastrahlung 137 nSv/h und für Neutronenstrahlung 8 nSv/h. Die Werte am Zaun des SZB liegen im Bereich der natürlichen Schwankungsbreite der Untergrundstrahlung. Die maximal mögliche effektive Dosis im Überwachungsbereich liegt damit unterhalb der Grenzwerte nach § 36 Abs. 1 Nr. 1 StrlSchV /L-2/, ab dem ein Strahlenschutzbereich eingerichtet werden muss.

Kontrollbereiche

Kontrollbereiche sind nach § 36 Abs. 1 StrlSchV /L-2/ Bereiche, in denen Personen durch Tätigkeiten nach § 2 StrlSchV /L-2/ im Kalenderjahr bei einem Aufenthalt von 40 Stunden je Woche und 50 Wochen im Jahr eine effektive Dosis durch äußere und innere Strahlenexposition von mehr als 6 mSv oder höhere Organdosen als 45 mSv für die Augenlinse oder 150 mSv für die Haut, die Hände, die Füße und Knöchel erhalten

können. Der Kontrollbereich wird grundsätzlich nur über den Kontrollbereichszugang betreten.

Zum Kontrollbereich des SZB gehören:

- der Lagerbereich,
- alle Räume des Empfangsbereiches bei der Handhabung von Behältern (temporärer Kontrollbereich).

Maximale Ortsdosisleistungen ergeben sich im Lagerbereich zwischen den eingestellten Lagerbehältern. Diese unterschreiten in jedem Fall 3 mSv/h und liegen damit unter dem Grenzwert eines Sperrbereiches gemäß § 36 StrlSchV Abs. 1 /L-2/ (siehe Sperrbereiche).

Die während der Behälterhandhabung im Empfangsbereich kurzzeitig auftretenden geringfügig erhöhten Dosisleistungen von max. 0,350 mSv/h führen wegen der insgesamt nur kurzen Handhabungs- bzw. Standzeiten der Behälter im Empfangsbereich und der nur geringen Anzahl von Behälterhandhabungen im Jahr zu einem vernachlässigbaren Dosisbeitrag an der ungünstigsten Einwirkungsstelle.

Der gesamte Lagerbereich des SZB wird durch die entsprechende Auslegung der Wände, Decken, Tore und Türen so abgeschirmt, dass im bestimmungsgemäßen Betrieb durch die Strahlung aus dem Lagerbereich

- die zusätzliche Dosisleistung an der ungünstigsten Einwirkungsstelle unter Berücksichtigung des Minimierungsgrundsatzes weit unter dem Grenzwert des § 46 der StrlSchV /L-2/ liegt,
- die Dosisleistungen im Betriebsbereich und außerhalb des Lagergebäudes so niedrig sind, dass diese Bereiche des SZB den Grenzwerten der StrlSchV für den Überwachungsbereich gemäß § 36, Abs. 1 StrlSchV /L-2/ genügen,
- die Dosisleistungen im Empfangsbereich des SZB – außer während der Behälterhandhabung – so gering sind, dass keine besonderen Beschränkungen der Aufenthaltsdauer in diesem Bereich erforderlich sind.

Der Lagerbereich darf nur nach Freigabe durch das Strahlenschutzpersonal betreten werden. Das Verlassen des Kontrollbereichs erfolgt außer im Gefahrfall über den Kontrollbereichsein- und -ausgang im Lagergebäude. Das Verlassen des Kontrollbereichs ist im Gefahrfall über Fluchttüren möglich. Das Verhalten im Gefahrfall wird im Betriebsbuch geregelt.

Die Gamma- und Neutronen-Ortsdosisleistung im Empfangsbereich wird durch stationäre Messgeräte erfasst. Die Messwerte werden registriert und sowohl vor Ort als auch vor dem Personenzugang zum Lagerbereich angezeigt. Das Überschreiten von Warnschwellen wird optisch und akustisch signalisiert. Die Warnschwellen werden vom Strahlenschutzbeauftragten festgelegt.

Sperrbereiche

Sperrbereiche sind nach § 36 Abs.1 StrlSchV /L-2/ Bereiche des Kontrollbereichs, in denen die Ortsdosisleistung höher als 3 mSv/h sein kann.

Grundsätzlich werden im SZB nur Behälter mit einer Oberflächendosisleistung $\leq 0,350$ mSv/h gehandhabt. Die im Lagerbereich zwischen den eingestellten Behältern sowie im Empfangsbereich bei Behälterhandhabungen maximalen Ortsdosisleistungen unterschreiten in jedem Fall 3 mSv/h und liegen damit unter dem Grenzwert eines Sperrbereiches gemäß § 36 StrlSchV Abs. 1 /L-2/. Eine Einrichtung einzelner Räume als Sperrbereiche ist damit nicht erforderlich.

4.7 Strahlungsüberwachung im SZB

4.7.1 Strahlenexposition des Personals und Arbeitsplatzüberwachung

Die theoretisch möglichen Raumlufaktivitäten im Lagerbereich sind sehr gering und liegen weit unter den messtechnischen Nachweisgrenzen (Anlehnung an KTA-Regel 1502 /L-50/). Die aufgrund dieser Betrachtung durch Inhalation im Lagerbereich theoretisch aufnehmbare Aktivität ist so klein, dass die Dosisgrenzwerte nach § 36 StrlSchV /L-2/ weit unterschritten werden.

Damit beschränken sich die erforderlichen Überwachungsmaßnahmen im Wesentlichen auf die Überprüfung und Überwachung der Dosisleistungen am Arbeitsplatz. Falls erforderlich, werden jedoch auch Kontaminationsmessungen durch Direktmessung oder durch Wischtestprobenahme und Auswertung am Messplatz im Strahlenschutzraum durchgeführt. Bei Verlassen des Kontrollbereiches wird grundsätzlich die Kontaminationsfreiheit an der Körperoberfläche durch einen Personen-Kontaminations-Monitor überprüft.

Eingesetzt werden neben den festinstallierten Dosisleistungsmessstellen auch mobile Dosisleistungsmessgeräte (Gamma- und Neutronenmessgeräte) und mobile Kontaminationsmonitore. Weiterhin besteht die Möglichkeit zur Beweissicherung auch die Raumluftaktivität durch Ziehen einer Luftprobe mit anschließender Auswertung zu überprüfen.

Die radiologische Situation im Kontrollbereich des SZB wird regelmäßig durch ein Messprogramm überprüft.

Für die wesentlichen betrieblichen Vorgänge wurden Abschätzungen der Dosiserwartungswerte für das Personal durchgeführt. Die Dosisabschätzung wurde auf der Grundlage der berechneten Dosiswerte am Behälter bestimmt:

- Für den betrieblichen Vorgang des Antransportes und der Einlagerung eines beladenen Behälters ergibt sich unter konservativen Annahmen ein Kollektivdosiserwartungswert von ca. 0,5 mSv pro Behälter.
- Für die Auslagerung und den Abtransport eines beladenen Behälters ergibt sich unter konservativen Annahmen ein Kollektivdosiserwartungswert von ca. 0,5 mSv pro Behälter.

Aufgrund der getroffenen konservativen Annahmen liegen die tatsächlichen Dosen deutlich unter den angegebenen Werten.

Aus den Betriebsabläufen der Einlagerungskampagnen in das SZB konnte die tatsächliche Strahlenexposition des SZB tätigen Personals ermittelt werden. Auf der Basis der

Ergebnisse der radiologischen Messungen und der bei der Einlagerung gewonnenen Erfahrungen wurden die Abläufe optimiert.

Bei den Behältereinlagerungen sowie sonstigen Tätigkeiten betrug die Strahlenexposition des Betriebspersonals des SZB für den Zeitraum von 2006 bis einschließlich Juni 2015 insgesamt ca. 1,3 mSv. Aufgeteilt nach Tätigkeitsgruppen betrug die Strahlenexposition des SZB tätigen Personals:

- ca. 0,5 mSv bei Behältereinlagerungen,
- ca. 0,8 mSv bei sonstigen Tätigkeiten (Wartungsarbeiten und Wiederkehrende Prüfungen).

In den Jahren 2006, 2007, 2008 und 2012 wurden insgesamt neun Transport- und Lagerbehälter eingelagert. Insgesamt wurden dabei 105 Personen durch den Strahlenschutz überwacht. Die mittlere Individualdosis betrug $\leq 5 \mu\text{Sv}$, die maximale Individualdosis betrug $20 \mu\text{Sv}$.

4.7.2 Überwachung bei Behälterannahme und -abtransport

Alle beim SZB ankommenden und alle vom SZB abgehenden Transporte radioaktiver Stoffe werden strahlenschutztechnisch überwacht. Hierbei können die Messergebnisse der Ausgangsmessungen des KKB als Eingangsmessungen des SZB verwendet werden, um unnötige Strahlenbelastungen des Personals im Sinne des § 6 der StrlSchV /L-2/ zu vermeiden. Insbesondere wird die Einhaltung der jeweiligen Annahmebedingungen hinsichtlich Kontamination und Dosisleistung überprüft.

Die Behälterhandhabung mit den dazugehörigen strahlenschutztechnischen Maßnahmen erfolgt nach den lagerspezifischen Anweisungen.

4.7.3 Personendosisüberwachung

Der Zugang zum Kontrollbereich wird nur solchen Personen freigegeben, die über die erforderliche Zugangsberechtigung verfügen.

Die Dosis der in der Anlage tätig werdenden beruflich strahlenexponierten Personen, verursacht durch äußere Bestrahlung, wird durch jederzeit direkt ablesbare betriebliche Dosimeter und zusätzlich durch amtliche Dosimeter überwacht. Für die Neutronenstrahlung werden zusätzlich amtliche neutronenempfindliche Dosimeter oder Kombinationsdosimeter eingesetzt.

In den direkt ablesbaren betrieblichen Dosimetern sind Dosis- und Dosisleistungsalarmschwellen eingestellt, bei deren Überschreiten ein akustisches Signal ertönt.

4.8 Strahlungsüberwachung in der Umgebung

Die Forderung der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI) /L-30/ hinsichtlich der Messungen vor Inbetriebnahme des Lagers (Beweissicherung) wird durch die bereits für den Standort vorliegenden Messdaten zum benachbarten KKB erfüllt.

Die gesamten Maßnahmen zur Umgebungsüberwachung werden bis auf weitere durch das Personal des benachbarten KKB unter Nutzung der Einrichtungen dieser Anlage durchgeführt. Dabei wird ein lagerspezifisches Umgebungsüberwachungsprogramm durchgeführt.

Eine Emissionsüberwachung wird nicht durchgeführt, da nur Behälter gelagert werden, deren Dichtheit bezüglich der gesamten Lagerzeit nachgewiesen ist oder deren Dichtheit ständig überwacht wird.

Zur Überwachung der Gesamtstrahlung aus dem SZB (§ 46 StrlSchV /L-2/) werden Gamma- und Neutronendosimeter (z. B. Festkörperdosimeter) eingesetzt, die an der Grenze des Überwachungsbereiches, d. h. an dem Zaun des SZB, angebracht und halbjährlich ausgewertet werden. Zusätzlich sind an zwei repräsentativen Orten am Zaun des SZB und an einer Referenzstelle in Brunsbüttel je eine Gamma- und Neutronendosisleistungsmesseinrichtung zur kontinuierlichen Aufzeichnung von Messwerten installiert. Sie dienen der Überwachung der Dosisbeiträge aus Direktstrahlung aus dem SZB.

4.9 Entsorgung radioaktiver Reststoffe

Feste radioaktive Abfälle

Feste radioaktive Betriebsabfälle fallen nur in geringen Mengen an. Die Menge an festen Abfällen wird auf der Grundlage vorliegender Erfahrungen auf 0,2 m³/a abgeschätzt. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um inhomogene Abfälle, wie z. B. Wischtüste, Putzlappen, Folien. Diese werden in verschließbaren, nicht brennbaren Behältnissen im Kontrollbereich gesammelt und im SZB aufbewahrt. Nach einer Vorabmessung werden die festen Abfälle entweder dem Freigabeverfahren nach § 29 StrlSchV /L-2/ zugeführt oder als radioaktiver Abfall an das KKB bzw. an ein Entsorgungsunternehmen mit einer Umgangsgenehmigung nach § 7 StrlSchV /L-2/ abgegeben. Bei einer Freigabe werden die Abfälle gemäß Kreislaufwirtschaftsgesetz /L-51/ behandelt.

Abwässer

Durch die bei der Einlagerung festgestellte Kontaminationsfreiheit der Behälter sind keine kontaminierten Abwässer bei Handhabungs-, Prüf- und Wartungsarbeiten zu erwarten.

Sollten im Kontrollbereich kontaminierte Abwässer anfallen, z. B. durch die Reinigung von Oberflächen, werden diese in verschlossenen, nicht brennbaren, mobilen Behältern gesammelt. Vor Abgabe der Abwässer aus dem Kontrollbereich wird eine radiologische Entscheidungsmessung zur weiteren Vorgehensweise durchgeführt. Nach dieser Messung werden die Abwässer entweder dem Freigabeverfahren nach § 29 StrlSchV /L-2/ zugeführt oder als radioaktiver Abfall an das KKB zur weiteren Behandlung bzw. an ein Entsorgungsunternehmen mit einer Umgangsgenehmigung nach § 7 StrlSchV /L-2/ abgegeben. Bei einer Freigabe werden die Abfälle gemäß Wasserhaushaltsgesetz /L-52/ behandelt.

Freigabe

Für die beim Betrieb des SZB anfallenden radioaktiven Reststoffe, deren Aktivitätsinventar nachweislich bezüglich der Strahlenbelastung der Bevölkerung vernachlässigbar

ist und die keiner Beseitigung als radioaktiver Abfall bedürfen, ist ein Freigabeverfahren durchzuführen, für das ein Freigabebescheid des zuständigen atomrechtlichen Aufsichtsbehörde nach § 29 StrlSchV /L-2/ erforderlich ist. Hierzu zählen auch Werkzeuge, Geräte und Vorrichtungen sowie im Kontrollbereich anfallende abgebaute Anlagen- und Behälterteile.

4.10 Schnittstellen zu weiteren Anlagen am Standort

Während des Nach- und Restbetriebes des KKB sowie vom geplanten LasmA gehen weder beim bestimmungsgemäßen Betrieb, noch bei auslegungsbestimmenden Störfällen und bei sonstigen Störfallereignissen Einwirkungen auf das SZB aus, die für den bestimmungsgemäßen Betrieb des SZB von Bedeutung sind.

Das SZB ist grundsätzlich für einen autarken Betrieb ausgelegt. Noch während des Nach- und Restbetriebes des KKB kann auf dort vorhandene Einrichtungen und Dienstleistungen zurückgegriffen. Bei Bedarf kann dazu ein gleichwertiger Ersatz geschaffen werden.

Abhängig von der organisatorischen und technischen Veränderung im Nach- und Restbetrieb werden die erforderlichen Änderungen für eine organisatorische und sicherheitstechnische Autarkie des SZB vorgenommen (s. auch Abschnitt 6.7). Zum LasmA und zu den TBHs gibt es keine Schnittstellen.

5 Qualitätssicherung

5.1 Qualitätssicherung bei der Errichtung

Gebäude

Die Errichtung des SZB wurde durch Kontrollen der zuständigen Bauaufsichtsbehörde sowie der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde begleitet und abgenommen. Die Errichtung der Einrichtungen zur sicherungstechnischen Autarkie wird durch Kontrollen der zuständigen Bauaufsichtsbehörde sowie der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde begleitet und abgenommen.

Systeme und Komponenten

Grundlage bei der Planung, Fertigung und Inbetriebnahme der Systeme und Komponenten ist eine Klassifizierung entsprechend ihrer Funktion und Wichtigkeit in die Qualitätsklassen QN (nuklear) und QK (konventionell), die auch die jeweiligen Anforderungen an das QM-System der Lieferanten vorgibt.

Die Errichtung und Inbetriebnahme der bestehenden Systeme und Komponenten wurde durch Kontrollen der zuständigen Bauaufsichtsbehörde sowie der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde begleitet und abgenommen. Veränderungen an den Systemen und Komponenten zur Herstellung der sicherungstechnischen Autarkie werden durch Kontrollen der zuständigen Bauaufsichtsbehörde sowie der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde begleitet und abgenommen.

Die sicherheitstechnisch relevanten Ausführungsparameter der Komponenten und Systeme des SZB werden in den Genehmigungsunterlagen festgelegt. Die Prüfung der Genehmigungsunterlagen erfolgt durch fachkundiges Personal, das an der Erstellung der Genehmigungsunterlagen nicht beteiligt ist.

Für die Planung wurden und hinsichtlich der sicherungstechnischen Autarkie werden dem anerkannten Stand der Technik entsprechende Berechnungsmethoden und Konstruktionen angewendet sowie Fertigungs- und Prüfmethode berücksichtigt. Die Quali-

tätssicherung sicherheitstechnisch relevanter Einrichtungen und Systeme erfolgt u. a. durch Vorprüfung der Unterlagen und fertigungs- und baubegleitende Kontrollen sowie durch Funktions- und Abnahmeprüfungen.

Bei Feststellung von Abweichungen von der festgelegten Qualität, z. B. durch die Prüfung, werden die Ursachen ermittelt und Maßnahmen zur Behebung der Abweichungen ergriffen. Nach Behebung der Abweichungen erfolgt eine erneute Prüfung und bei positivem Prüfergebnis die Freigabe.

5.2 Qualitätssicherung im Betrieb

Durch die Betriebsorganisation wird sichergestellt, dass sicherheitstechnisch relevante Maßnahmen und Entscheidungen nur von entsprechend qualifizierten Personen durchgeführt werden. Durch Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen des Personals wird gewährleistet, dass die erforderlichen Kenntnisse und Fähigkeiten geschult bzw. erhalten bleiben.

Während des Betriebes werden Wiederkehrende Prüfungen und Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt. Dies stellt die ordnungsgemäße Funktion der Systeme und Komponenten sowie der Gebäude sicher.

In einem Prüfhandbuch ist festgeschrieben, an welchen Systemen, Komponenten und Gebäudeteilen Wiederkehrende Prüfungen durchgeführt werden müssen. Weiterhin sind im Prüfhandbuch die Zuständigkeiten für die Durchführungen von Wiederkehrenden Prüfungen, der Umfang der Sachverständigen- oder Gutachterbeteiligung sowie die Zeitintervalle der Durchführung festgelegt.

Im Betriebshandbuch ist der bestimmungsgemäße Betrieb sowohl der Einrichtungen und Systeme als auch der Behälter geregelt.

Die Qualitätssicherung der Behälter ist im Abschnitt 3.6 näher beschrieben.

5.3 Dokumentation der qualitätssichernden Maßnahmen

Die Lenkung aller Dokumente ist zur Etablierung, Sicherung und Qualitätsüberwachung des Informationsflusses erforderlich. Alle Unterlagen werden entsprechend dem gültigen Kennzeichnungssystem gekennzeichnet und sind eindeutig identifizierbar.

Vor der Freigabe der Unterlagen erfolgt eine interne Prüfung. Die Archivierung der relevanten Unterlagen erfolgt aufgrund eines Dokumentationshandbuchs.

Zum Zweck der Kenntnis- und Erfahrungssicherung sowie zur Rückverfolg- und Nachweisbarkeit werden alle lenkungspflichtigen Unterlagen archiviert.

6 Betrieb

6.1 Aufbau-Organisation

6.1.1 Geschäftsführung / Strahlenschutzverantwortlicher

Die Kernkraftwerk Brunsbüttel GmbH & Co. oHG wird in ihrer Eigenschaft als Betreiberin des Zwischenlagers durch ihre allein geschäftsführungsbefugte und vertretungsberechtigte Gesellschafterin, die Vattenfall Europe Nuclear Energy GmbH, vertreten. Deren Geschäftsführer stellen im Rahmen ihrer Verantwortungsbereiche die erforderlichen personellen und materiellen Ressourcen für den Betrieb des Standort-Zwischenlagers zur Verfügung.

Ein Geschäftsführer nimmt die Aufgabe des Strahlenschutzverantwortlichen im Sinne der §§ 31-33 StrlSchV /L-2/ wahr.

6.1.2 Standortleiter

Solange der Betrieb des SZB nicht personell und organisatorisch autark von den anderen kerntechnischen Anlagen am Standort Brunsbüttel durchgeführt werden soll, wird durch den Strahlenschutzverantwortlichen der Vattenfall Europe Energy GmbH ein

Standortleiter benannt. Der Standortleiter ist der Geschäftsführung direkt unterstellt. Ihm obliegt die übergeordnete Leitungsfunktion am Standort. Er ist im Rahmen seiner Aufgaben entscheidungsberechtigt gegenüber den Leitern aller kerntechnischen Anlagen am Standort. Die Aufgaben-, Verantwortungs- und Entscheidungsbereiche umfassen:

- Koordination der Dienstleistungen des KKB für andere kerntechnische Anlagen am Standort,
- Koordination des Personals am Standort,
- Sicherstellung des Informationsaustausches am Standort.

Dem Standortleiter stehen zur Wahrnehmung seiner standortbezogenen Aufgaben Stabsbereiche zur Verfügung.

6.1.3 Leiter des Zwischenlagers

Der Leiter des Zwischenlagers ist für die Leitung und Beaufsichtigung des Betriebes für eine nach § 6 AtG /L-1/ genehmigte Anlage zuständig. Er ist gegenüber den ihm unterstellten Mitarbeitern weisungsbefugt. Er ist dabei für die Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen, der behördlichen Auflagen, der betrieblichen Regelungen und der Regeln der Technik zuständig.

6.1.4 Fachbereiche

Für die Durchführung der Aufgaben im SZB steht dem Leiter des SZB eine Betriebsorganisation zur Verfügung. Sie enthält alle Stellen, die zu einem ordnungsgemäßen und sicheren Betrieb des SZB erforderlich sind. Die fachlichen Aufgaben sind weitgehend an diese Stellen delegiert.

Die Fachbereiche sind funktional gegliedert. Die Gliederung umfasst:

- Betrieb des SZB,
- Überwachung des SZB.

Die Gliederung berücksichtigt bis zum Übergang in die personelle und organisatorische Autarkie die Organisation des KKB als Dienstleister für das SZB, sodass vom KKB die vom SZB abgeforderten Dienstleistungen geplant, ausgeführt und überwacht werden können.

6.1.5 Personal

Das Betriebspersonal verfügt über das zur Erfüllung seiner Aufgaben notwendige Fachwissen, dessen Erwerb durch entsprechende Fachkundenachweise bestätigt wird. Der Erhalt der Fachkunde wird durch Teilnahme an Fachkundeveranstaltungen u. a. auf den Gebieten Strahlenschutz, Arbeitssicherheit, Anlagentechnik und Objektsicherung gewährleistet. Der Umfang und die Teilnahme an den Maßnahmen werden dokumentiert.

Vorgesehene Änderungen bei der Bestellung der für die Leitung und Beaufsichtigung der Aufbewahrung verantwortlichen Personen und vorgesehene Änderungen von Zuständigkeits- und Verantwortungsbereichen, einschließlich der hierzu übertragenen Befugnissen, werden der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde rechtzeitig vor der Ausführung schriftlich zur Zustimmung angezeigt.

6.2 Strahlenschutzüberwachungsmaßnahmen

Auf dem zukünftigen Betriebsgelände sind für das SZB folgende Strahlenschutzbereiche gemäß StrlSchV vorhanden:

- Kontrollbereich (Lagerbereich, Empfangsbereich temporär),
- Überwachungsbereich (Empfangsbereich, Betriebsbereich im Lager- und Betriebsgebäude und Außenanlagen).

Zum Kontrollbereich haben nur Personen ständig Zutritt, die dort betriebliche Aufgaben wahrnehmen müssen und die folgenden Voraussetzungen erfüllen:

- sie sind nach § 54 StrlSchV /L-2/ entweder der Kategorie A oder der Kategorie B der beruflich strahlenexponierten Personen zu geordnet.

- sie unterliegen der Personenüberwachung nach § 40 StrlSchV /L-2/ einschließlich der nach § 60 StrlSchV /L-2/ erforderlichen ärztlichen Überwachung,
- für sie bestehen keine Tätigkeitsverbote nach § 45 StrlSchV /L-2/,
- sie sind gemäß § 38 StrlSchV /L-2/ belehrt.

Anderen Personen ist der Zutritt zum Kontrollbereich nur in Begleitung durch fachkundiges Personal gestattet. Für jede im Kontrollbereich beschäftigte Person werden die strahlenschutzrelevanten Daten in einer Strahlenschutzdatei geführt.

6.3 Technische Annahmebedingungen

Die Voraussetzungen für die Annahme von Behältern im SZB werden in den Technischen Annahmebedingungen und den zugehörigen Ausführungsbestimmungen geregelt.

Die Technischen Annahmebedingungen legen die Anforderungen fest, die erfüllt sein müssen, damit ein Behälter im SZB eingelagert werden kann. Die Anforderungen werden durch sicherheitstechnisch relevante Spezifikationswerte repräsentiert, die sich sowohl auf Behälterinventare als auch auf die Behälter selbst beziehen.

Die Einhaltung der Anforderungen ist bei der Beladung des Behälters im KKB und vor der Einlagerung jedes Behälters im SZB nachzuweisen. In den Ausführungsbestimmungen zu den Technischen Annahmebedingungen wird festgelegt, wie diese Nachweise zu führen sind.

Die Technischen Annahmebedingungen enthalten u. a. folgende Anforderungen:

- Anforderungen an die Behälterinventare,
- Anforderungen an die einzulagernden Behälter,
- Anforderungen an die Beladung.

Die Ausführungsbestimmungen enthalten u. a. folgende Festlegungen zur Nachweisführung und Dokumentation:

- Formblätter für die Nachweise vor und nach der Beladung,
- Liste der Prüfvorschriften und Arbeitsanweisungen,
- Beladedokumentation der Behälter.

6.4 Betriebsabläufe

Die Aufbewahrung der Kernbrennstoffe im SZB besitzt ein hohes Maß an inhärenter Sicherheit. Menschliche Eingriffe sind auf ein Minimum reduziert und erfolgen neben der Ein- und Auslagerung nur in den Fällen von Wiederkehrenden Prüfungen der Komponenten und in Ausnahmefällen bei Behälterinstandsetzungsarbeiten.

6.4.1 Behälterannahme

Die Behälter werden auf den standortinternen Transportwegen angeliefert. Zum Antransport werden keine öffentlichen Verkehrswege genutzt. Die Transporteinheit (Behälter und Transportfahrzeug) wird am Eingangstor und zukünftig an der Toranlage des SZB übergeben, wobei die erforderlichen Kontrollen durchgeführt werden. Nach erfolgter Eingangskontrolle wird die Transporteinheit in den Empfangsbereich des Lagergebäudes gefahren und zum Abladen des Behälters vorbereitet.

Vor der Behälterannahme führt das Strahlenschutzpersonal im KKB als Ausgangsprüfung das vorgesehene Messprogramm in Bezug auf Oberflächenkontamination und Dosisleistung am Behälter durch. Eine Eingangsprüfung im SZB wird somit nicht erforderlich. Die Durchführung und Auswertung der Messungen werden in behälterspezifischen Prüfvorschriften geregelt.

6.4.2 Behältereinlagerung

Beladene Behälter

Zum Abladen wird der Behälter vom Lagerhallenkran an den deckelseitigen Tragzapfen aufgenommen, aufgerichtet und vom Transportfahrzeug gehoben. Danach kann der Behälter mit dem Lagerhallenkran direkt in den Lagerbereich an die vorgesehene Abstellposition verbracht werden.

Alternativ kann der Behälter mit dem Lagerhallenkran in den Wartungsraum gebracht werden. Hier können gegebenenfalls weitere Vorbereitungen zur Einlagerung des Behälters erfolgen. Des Weiteren befinden sich im Empfangsbereich vier Positionen zum temporären Abstellen der Behälter, die ebenfalls genutzt werden können.

Der Wartungsraum wird durch Öffnen des Winkeltores und Einrichten der Hebebühne vorbereitet. Der Behälter wird im Wartungsraum abgesetzt und unter Berücksichtigung der jeweils vorgesehenen Strahlenschutzmaßnahmen (z. B. Einsatz mobiler Abschirmungen) für die Aufbewahrung vorbereitet.

Zur Einlagerung wird der Behälter durch das geöffnete Abschirmschott mit dem Lagerhallenkran in den Lagerbereich gefahren, auf die vorgesehene Lagerposition abgesetzt und an das Behälterüberwachungssystem angeschlossen.

Unbeladene, innen kontaminierte Behälter

Bei diesen Behältern beschränken sich die Arbeiten zur Behältereinlagerung auf die Kontrolle der Kontaminationsfreiheit und der Ortsdosisleistung an der äußeren Behälteroberfläche, sofern diese Kontrolle nicht durch Messungen im KKB hinfällig geworden ist.

Danach wird der Behälter vom Lagerhallenkran aufgenommen, in den Lagerbereich transportiert und auf der festgelegten Abstellposition abgestellt. Ein Anschluss an das Behälterüberwachungssystem erfolgt nicht.

6.4.3 Lagerbelegung

Die Aufstellung der Behälter erfolgt entsprechend dem Aufstellungsraster im Lagerbereich. Die Stellplätze sind durchnummeriert. Vor der Einlagerung werden die Prüfung des Anschluss und der Anschlusskabel für den für den Behälter vorgesehenen Stellplatz durchgeführt. Nach Belegung des Stellplatzes wird der Anschluss am Behälterüberwachungssystem angezeigt.

6.4.4 Behälterabtransport

Zum Abtransport wird der Behälter vom Behälterüberwachungssystem getrennt und erforderlichenfalls zum Wartungsraum verfahren. Die Behälter werden dort entsprechend den Festlegungen im Betriebshandbuch zum Abtransport vorbereitet. Nach der radiologischen Kontrolle des Behälters sowie der Feststellung der Transportfähigkeit wird der Behälter auf das Transportfahrzeug geladen und für den Abtransport vorbereitet.

6.4.5 Instandhaltungsarbeiten

Die nachgewiesene Langzeitbeständigkeit der Behältermaterialien gewährleistet eine weitgehend wartungsfreie Zwischenlagerung.

Sollte eine Behälterbarriere die spezifikationsgerechte Dichtheit nicht mehr aufweisen, wird diese durch geeignete Instandsetzungsmaßnahmen wiederhergestellt. Bei Behältern mit einem Doppeldeckel-Dichtsystem kann dies durch Aufsetzen des Fügedeckels oder durch Wechseln der Dichtungen am Sekundärdeckel erfolgen. Alternativ kann der Transport in eine andere kerntechnische Anlage zu Instandsetzungszwecken erfolgen.

Instandsetzungsarbeiten an Behältern werden im Wartungsraum durchgeführt. Zur Abschirmung steht je nach Erfordernis eine Abschirmungen zur Verfügung. Die Strahlenexpositionen des Personals werden dadurch minimiert. Im Lagerbereich sind nur begrenzte kurzfristige Arbeiten erforderlich.

Vor Instandhaltungsarbeiten am Behälter wird das Winkeltor zum Wartungsraum geöffnet und die Hebebühne eingerichtet. Bevor Arbeiten am Behälter durchgeführt werden, erfolgt die Strahlenschutzfreigabe.

Folgende Arbeiten können u. a. im Wartungsraum durchgeführt werden:

- Arbeiten am Sekundärdeckel (Dichtheitsprüfung, Auswechseln der Dichtungen),
- Überprüfung und ggf. Erneuerung des Druckschalters,
- Montage des Fügedeckels,
- Montage und Demontage der Schutzplatte,
- Auswechseln von Tragzapfen,
- Ausbesserung des Farbanstriches,
- Prüfung auf Einhaltung der zulässigen Kontaminationsgrenzwerte am Behälter,
- Konservierungsmaßnahmen,
- Durchführung von Wiederkehrenden Prüfungen.

Diese Maßnahmen erfolgen zur Aufrechterhaltung der Lagerfähigkeit, zur Vorbereitung des Abtransportes oder als allgemeine Instandsetzungsarbeiten.

6.5 Maßnahmen bei Meldung des Behälterüberwachungssystems

Der Transport- und Lagerbehälter der Bauart CASTOR[®] V/52 wird für die Überwachung des Sperrraums auf Druckverlust an das Behälterüberwachungssystem angeschlossen. Bei einer Meldung des Behälterüberwachungssystems wird geprüft, ob eine Systemstörung (z. B. Kurzschluss oder Drahtbruch) oder eine Störmeldung eines Behälters vorliegt. Der entsprechende Behälter wird vom Behälterüberwachungssystem getrennt und mit Hilfe des Lagerhallenkrans in den Wartungsraum transportiert. Nach dem Abstellen des Behälters im Wartungsraum werden ggf. folgende Arbeiten durchgeführt:

- Prüfung des Anschlusskabels,
- Demontage des Anschlusskabels,
- Demontage der Schutzplatte,
- Demontage des Druckschalters,
- Arbeiten am Sekundärdeckel.

Die Dichtungen des Sekundärdeckels werden einer Dichtheitsprüfung unterzogen. Bei einer nicht mehr spezifikationsgerechten Dichtheit einer der Dichtungen wird diese ausgetauscht.

Bei spezifikationsgerechter Dichtheit des Sekundärdeckels wird der Druckschalter einer Funktionsprüfung unterzogen. Bei Funktionsfähigkeit des Druckschalters ist von einer nicht mehr spezifikationsgerechten Dichtheit des Primärdeckels auszugehen. Zur Wiederherstellung von zwei Dichtbarrieren ist das Aufbringen und Verschweißen eines Fügedeckels vorgesehen. Die Arbeitsschritte zur Montage des Fügedeckels, die im Wartungsraum erfolgt, sind in behälterspezifischen Arbeitsvorschriften geregelt.

Die Schweißnaht zwischen dem Behälterkörper und dem Fügedeckel wird mit Hilfe eines qualifizierten Schweißverfahrens hergestellt. In dem so geschaffenen Ersatzsperrraum, der sich zwischen dem Sekundärdeckel und dem Fügedeckel befindet, wird ein Überdruck mit Helium eingestellt, nachdem der Druckschalter im Fügedeckel montiert wurde. Nach der integralen Dichtheitsprüfung des Fügedeckels wird über dem Fügedeckel eine Schutzplatte angebracht, die das Deckelsystem vor äußeren Einflüssen schützt. Nach der Montage des Fügedeckels und der Schutzplatte ist der Behälter fertig für die Wiedereinlagerung in den Lagerbereich.

Alle weiteren Abläufe werden wie bei einer normalen Behältereinlagerung durchgeführt. Alternativ kann der Behälter zu Instandsetzungszwecken in eine andere kerntechnische Anlage abtransportiert werden.

6.6 Betriebsvorschriften

6.6.1 Betriebshandbuch

Der Betrieb des SZB erfolgt auf der Grundlage eines Betriebshandbuches. Das Betriebshandbuch ist die Unterlage, die alle Anweisungen an das Personal enthält, die für den bestimmungsgemäßen Betrieb der Anlage und zur Beherrschung von Störfällen erforderlich sind.

Das Betriebshandbuch ist in Anlehnung an die KTA-Regel 1201 /L-53/ nach folgender Gliederung aufgebaut:

- Teil 0 Inhalt und Einführung,
- Teil I Betriebsordnungen,
- Teil II Betrieb der Gesamtanlage,
- Teil III Störfälle,
- Teil IV Betrieb der Systeme,
- Teil V Stör- und Gefahrenmeldungen.

Der Teil 0 des Betriebshandbuches enthält das Gesamtinhaltsverzeichnis, erläutert in einer Einführung das BHB und definiert die verwendeten Abkürzungen.

Der Teil I des Betriebshandbuches enthält folgende Abschnitte:

- Personelle Betriebsordnung,
- Ordnung zur Überwachung des Lagerbetriebes,
- Instandhaltungsordnung,
- Strahlenschutzordnung,
- Wach- und Zugangsordnung,
- Alarmordnung,
- Brandschutzordnung,
- Erste-Hilfe-Ordnung.

Der Teil II des Betriebshandbuches beschreibt den Betrieb der Gesamtanlage. Inhalte sind u. a.:

- Behördliche Nebenbestimmungen,
- Sicherheitstechnisch wichtige Grenzwerte,
- Meldekriterien für besondere Vorkommnisse,
- Normalbetrieb,
- Anomaler Betrieb,
- Verfahren bei Änderungs- und Instandhaltungsmaßnahmen,
- Reparaturzeiten und Ersatzmaßnahmen,

- Genutzte Dienstleistungen und Einrichtungen des KKB,
- Reparaturzeiten und Ersatzmaßnahmen.

Im Teil III des Betriebshandbuches beschreibt die Auslegungsstörfälle durch Einwirkungen von innen und außen.

Im Teil IV des Betriebshandbuches sind ist eine zusammenfassende Beschreibung der wesentlichen Eigenschaften der Betriebssysteme des SZB dargestellt und es sind die Handlungsanweisungen zu den Betriebsvorgängen beschrieben.

Im Teil V werden die Stör- und Gefahrenmeldungen sowie die zugehörigen Gegenmaßnahmen systembezogen dargestellt. Es werden die Meldesysteme und Lokalitäten, an denen die Meldungen auflaufen, angegeben.

6.6.2 Prüfhandbuch

Zur Sicherstellung der ordnungsgemäßen Qualität werden regelmäßig Inspektionen und Wiederkehrende Prüfungen durchgeführt. Diese sind in Prüfanweisungen mit Angabe des Prüfintervalls festgelegt.

Das Prüfhandbuch wurde in Anlehnung an die KTA-Regel 1202 /L-54/ erstellt.

6.7 Eigenständigkeit des Zwischenlagers

Das KKB stellt für den Betrieb des SZB zurzeit u. a. folgende infrastrukturelle Einrichtungen zur Mitnutzung zur Verfügung:

- Elektro- und leittechnische Einrichtungen,
- Umgebungsüberwachung,
- Sicherungseinrichtungen,
- Medienver- und -entsorgung,
- Allgemeine Einrichtungen (z.B. Wäscherei).

Die Geschäftsführung der KKB GmbH & Co. OHG stellt für den Betrieb des SZB folgende allgemeine Dienstleistungen zur Verfügung:

- Strahlenschutz,
- Erste-Hilfe,
- Archivierung,
- Ausbildung,
- Qualitätssicherungsüberwachung,
- Objektsicherungsdienst,
- Verwaltung.

In der Nach- und Restbetriebsphase des Kernkraftwerks Brunsbüttel wird das SZB schrittweise auf einen autarken Betrieb eingestellt.

Zur Autarkisierung des SZB gehören alle erforderlichen Maßnahmen, um das SZB unabhängig von der Anlage KKB betreiben zu können. Technische, personelle und organisatorische Abhängigkeiten werden damit aufgehoben. Sofern Teile der Autarkisierung des SZB nicht bereits während der Nachbetriebsphase des KKB zugestimmt und umgesetzt werden können, erfolgt die Autarkisierung des SZB während der Restbetriebsphase des KKB. Die erforderlichen Änderungen zur Herstellung der sicherungstechnischen Autarkie sind Antragsgegenstand und daher in diesem Bericht bereits beschrieben.

6.8 Notfallschutz

Die bei außergewöhnlichen Ereignissen zu treffenden Maßnahmen sind in der Alarmordnung des BHB (s. Abschnitt 6.6.1) festgelegt. Gemäß der ESK-Leitlinien /L-33/ ist künftig für das SZB auch ein anlageninterner Notfallplan auszuarbeiten.

6.9 Alterungsmanagement

Das Alterungsmanagement umfasst die Gesamtheit aller Maßnahmen zur Beherrschung von Alterungsphänomenen, die die Sicherheit des SZB beeinträchtigen können (ESK-Leitlinie /L-55/). Hierzu zählen:

- Technische und bauliche Einrichtungen:
 - Maschinentechnische Einrichtungen,
 - Elektro- und leittechnische Einrichtungen,
 - Bauwerke und bauliche Einrichtungen,
- Relevante Systeme für die Betriebsführung,
- Spezifikations- und Dokumentationsunterlagen,
- Personal.

Das Überwachungskonzept zum Alterungsmanagement umfasst:

- Festlegung und Anpassung von Maßnahmen zur Überwachung der technischen Alterung für das Sicherheitssystem und die sonstigen sicherheitstechnisch wichtigen Systeme und deren Komponenten,
- Durchführung der festgelegten Maßnahmen zur Überwachung der technischen Alterung im SZB,
- Durchführung von Maßnahmen zur Beherrschung von Alterungsmechanismen,
- Überprüfung und Anpassung des Überwachungskonzeptes und der Maßnahmen zur Beherrschung von Alterungsmechanismen.

Maßnahmen zur Überwachung der Alterungsmechanismen werden im Betriebshandbuch und Prüfhandbuch festgelegt.

6.10 Periodische Sicherheitsüberprüfung

Für das SZB wird gemäß § 19a Abs. 3 AtG /L-1/ regelmäßig alle zehn Jahre eine Überprüfung und Bewertung der nuklearen Sicherheit durchgeführt. Die periodische Sicherheitsüberprüfung dient der Überprüfung und Bewertung der Anlage, um auf dieser Grundlage die nukleare Sicherheit der Anlage kontinuierlich zu verbessern. Maßgebende Regelungen und Anforderungen für die Durchführung und Dokumentation einer periodischen Sicherheitsüberprüfung ergeben sich aus den ESK LL (/L-33/, /L-55/).

7 Ereignisanalyse

7.1 Einführung

In einer Ereignisanalyse wurde untersucht, welche Ereignisse bei der Zwischenlagerung der bestrahlten Brennelemente auftreten können. Hierzu wurden die Gegebenheiten der Zwischenlagerung einschließlich möglicher langfristiger Effekte und Betriebsabläufe systematisch analysiert sowie Erfahrungen aus vergleichbaren Anlagen berücksichtigt. Aus dieser Analyse wurden die für die Zwischenlagerung auslegungsbestimmenden Störfälle abgeleitet und gegenüber den zum anomalen Betrieb gehörenden Betriebsstörung sowie zu den auslegungsüberschreitenden Ereignissen abgegrenzt.

Für auslegungsbestimmende Störfälle wird die Einhaltung der Anforderungen des § 49 Abs. 2 StrlSchV /L-2/ durch Berechnung der möglichen radiologischen Auswirkungen nachgewiesen, sofern nicht die Störfallmöglichkeit aufgrund der nachgewiesenen getroffenen Vorsorge ausgeschlossen werden kann.

Die Sicherheit des SZB und damit die Einhaltung der Schutzziele bei Störfällen wird durch die Einhaltung der entsprechenden sicherheitstechnischen Auslegungsmerkmale des SZB und der eingelagerten Behälter gewährleistet.

7.2 Sicherheitsmerkmale der Behälter

Die im SZB eingestellten Behälter werden sowohl für die Aufbewahrung als auch für den Transport der Brennelemente verwendet. Sie erfüllen die Anforderungen der entsprechenden Zulassungs- bzw. Genehmigungsverfahren.

Für die aufzubewahrenden Transport- und Lagerbehälter der Bauart CASTOR® V/52 müssen somit die folgenden Anforderungen erfüllt sein:

- Auslegung und verkehrsrechtliche Zulassung als Typ B(U)-Versandstück für spaltbare radioaktive Stoffe gemäß IAEA Safety Standard /L-36/,
- die atomrechtliche Genehmigung für die Aufbewahrung im Standort-Zwischenlager Brunsbüttel.

Für die Auslegung und verkehrsrechtliche Zulassung als Typ B(U)-Versandstück ist nachzuweisen, dass die Behälter mit Stoßdämpfern u. a. den kumulierten Belastungen aus folgenden Prüfungen standhalten:

- Fallversuch I:
Die Verpackung fällt aus 9 m Höhe auf ein starres und unnachgiebiges Fundament.
- Fallversuch II:
Die Verpackung fällt aus 1 m Höhe auf die Stirnseite eines Stahldorns von 15 cm Durchmesser und einer Länge von mindestens 20 cm.
- Erhitzungsprüfung:
Die Verpackung wird einem Feuer mit einer mittleren Flammentemperatur von 800 °C und einer Dauer von 30 Minuten ausgesetzt.
- Wassertauchprüfung:
Die Verpackung wird mindestens 8 Stunden lang in Wasser eingetaucht bei einem Druck, der einer Wassertiefe von mindestens 15 m entspricht. Zusätzlich wird die Prüfung für 1 Stunde in 200 m Wassertiefe durchgeführt.

Diese Prüfungen können durch praktische Versuche, rechnerische Nachweise oder durch eine Kombination dieser beiden Methoden erfolgen. Hierbei ist nachzuweisen, dass die Integrität der Behälter während und nach den Belastungen gemäß den Transportvorschriften erhalten und die Sicherheitsmerkmale der Behälter weiterhin gewährleistet sind.

Für den Inhalt des Behälters wird die Sicherstellung der Unterkritikalität während und nach den Prüfungen unter abdeckenden Annahmen nachgewiesen, wie

- vollkommene Neutronenreflexion,
- vollständig geflutete Verpackungen,
- bestimmte Anzahl beliebig angeordneter Verpackungen.

Für die atomrechtliche Genehmigung werden zusätzlich zu den Prüfungen der Typ B(U)-Versandstückmusterzulassung Nachweise für die Eignung der Behälter unter den Bedingungen der zu unterstellenden Störfälle und auslegungsüberschreitenden Ereignisse während der gesamten Lagerzeit erbracht.

In den folgenden Kapiteln werden die zu unterstellenden Schadensereignisse betrachtet. Für die hierbei auftretenden Behälterbelastungen wird gezeigt, dass die daraus resultierende potentielle Strahlenexposition der Bevölkerung in der Umgebung der Anlage deutlich unterhalb der Grenzwerte des § 49 Abs. 2 StrlSchV /L-2/ liegt.

Als Vergleichsmaßstab bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen werden die Eingreifrichtwerte aus den Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen /L-59/ herangezogen. Hierbei wird gezeigt, dass auch in diesen Fällen der Schadensreduzierung ausreichend Rechnung getragen wird.

7.3 Zu unterstellendes Ereignisspektrum

Bei den Ereignissen wird unterschieden zwischen

- Einwirkungen von innen (EVI),
- Einwirkungen von außen (EVA).

7.3.1 Einwirkungen von innen

Aus der Analyse der Ereignisse von innen wurden für das SZB die folgenden anomalen Betriebsstörungen abgeleitet:

- Ausfall der Stromversorgung,
- Ausfall der Überwachungseinrichtungen.

Die aus der Analyse der Ereignisse von innen abgeleiteten auslegungsbestimmenden Störfälle wurden unterteilt in:

- mechanische Einwirkungen,
- thermische Einwirkungen durch Brand.

Die geplanten baulichen Maßnahmen zur sicherungstechnischen Autarkie erfolgen nur außerhalb des Lagergebäudes beziehungsweise an der Außenseite des Lagergebäudes. Mechanische Einwirkungen von innen sind für die neu zu errichtenden Wände und Gebäudeteile deshalb nicht relevant. Im Hinblick auf die zu betrachtenden Brandszena-

rien einschließlich der Brandlasten, Brandbekämpfung und Ausfälle wichtiger Einrichtungen haben die geplanten baulichen Maßnahmen zur sicherungstechnischen Autarkie keine Auswirkungen.

7.3.1.1 Ausfall der Stromversorgung

Bei einem Ausfall der Stromversorgung ist ein weiterer Betrieb des Lagerhallenkranes nicht möglich. Ein ungewolltes Absenken oder ein Abstürzen eines angeschlagenen Transport- und Lagerbehälters der Bauart CASTOR® V/52 (oder anderer Lasten) wird durch die Auslegung der Krananlage sicher vermieden. Nach Wiederherstellung der Stromversorgung kann der Betrieb der Krananlage fortgesetzt werden. Die Funktion der weiteren elektrischen Verbraucher ist für die Einhaltung der Schutzziele nicht erforderlich.

7.3.1.2 Ausfall der Überwachungseinrichtungen

Zu den Überwachungseinrichtungen gehören zum Beispiel die Brandmeldeanlage, das Behälterüberwachungssystem und die Strahlenschutzüberwachung. Die Einhaltung der Schutzziele ist für den Ausfall der Überwachungseinrichtungen sichergestellt. Gleichwohl werden in den betrieblichen Regelungen Ersatzmaßnahmen beschrieben.

7.3.1.3 Mechanische Einwirkungen

Gemäß ESK-Leitlinien /L-33/ sind mechanische Einwirkungen wie folgt zu unterstellen:

- Absturz eines Behälters unter Berücksichtigung aller Szenarien, die sich aus den im Betriebshandbuch definierten Handlungsabläufen ergeben,
- Kollision eines Behälters bei der Handhabung unter Berücksichtigung der möglichen Aufprall- bzw. Anprallpartner,
- Herabstürzen der größten in Frage kommenden Last auf die Behälter.

Absturz eines Behälters:

Der Absturz eines Transport- und Lagerbehälters muss gemäß ESK-Leitlinie /L-33/ nicht unterstellt werden, wenn

- der Lagerhallenkran (Krananlage und Lastaufnahmeeinrichtungen) nach erhöhten Anforderungen der KTA 3902, Abschnitt 4.3 /L-44/ ausgelegt ist,
- die Lastanschlagpunkte der Transport- und Lagerbehälter nach erhöhten Anforderungen der KTA 3905 /L-46/ ausgelegt sind,
- die kontinuierliche Einhaltung dieser Anforderungen über die Aufbewahrungsdauer (Betrieb, WKP) sichergestellt wird, gemäß den Anforderungen der KTA 3903 /L-56/.

Dies wird im Standort-Zwischenlager eingehalten. Damit kann auf eine weitere Analyse verzichtet werden.

Kollision eines Behälters bei der Handhabung:

Die Belastungen aus einem Auf- oder Anprall eines Transport- und Lagerbehälters an Komponenten (z. B. Tore, Hebebühne) und Wände des Lagergebäudes oder an einen anderen Behälter werden vermieden durch:

- Verriegelungen und Endschalter,
- die Begrenzung der Fahr- und Hubgeschwindigkeiten des Lagerhallenkranes mit Last,
- ein gleichmäßiges Anfahren und Bremsen des Lagerhallenkranes.

Die Standsicherheit der Behälter bei Stößen durch andere Behälter ist selbst bei hypothetisch unterstellten maximalen Krangeschwindigkeiten und Behältermassen gegeben, da die kinetische Energie der stoßenden Behälter für das Kippen des angestoßenen Behälters nicht ausreicht.

Herabstürzen der größten in Frage kommenden Last:

Für die Handhabung sonstiger Lasten, wie z. B. Schutzplatten, kommt ein Hilfshub am Lagerhallenkran zum Einsatz. Bei der Handhabung sonstiger Lasten oberhalb eines Behälters ist die maximale Masse dieser Lasten auf 5 Tonnen und die maximale Hubhöhe oberhalb eines Behälters auf 0,3 m begrenzt. Aufgrund der begrenzten Last und der geringen Fallhöhen sind die dadurch resultierenden Belastungen für einen Transport- und Lagerbehälter durch die Erfüllung der Anforderungen aus der Zulassung als Typ B(U)-Versandstück für spaltbare radioaktive Stoffe gemäß IAEA Safety Standards abgedeckt.

7.3.1.4 Thermische Einwirkungen durch Brand

Die Transport- und Lagerbehälter sind entsprechend den Anforderungen der Zulassung als Typ B(U)-Versandstück für spaltbare radioaktive Stoffe gemäß IAEA Safety Standards /L-36/ gegen einen Brand mit einer mittleren Flammentemperatur von 800 °C und einer Dauer von 30 min ausgelegt.

Die bautechnische Ausführung des SZB basiert auf nicht brennbaren oder schwer entflammenden Baustoffen. Brennbare Betriebsstoffe (Brandlasten) sind nur in geringem Umfang vorhanden.

Innerhalb des SZB können daher nur lokal begrenzte Brände auftreten, deren Dauer und Temperaturen deutlich kleiner als die der Zulassung der Transport- und Lagerbehälter als Typ B(U)-Versandstück für spaltbare radioaktive Stoffe gemäß IAEA Safety Standards /L-36/ zugrunde liegenden Werte sind.

Als Auslegungstörfall (höchste Brandlasten) wird der Brand des Transportfahrzeuges im Empfangsbereich, wobei der Kraftstoff ausläuft und sich entzündet, unterstellt. Bei einer großflächigen Verteilung des Kraftstoffes kann ein ebenfalls im Empfangsbereich befindlicher Behälter in den Flammenbereich kommen. Jedoch ist wegen der relativ geringen Kraftstoffmenge die Branddauer deutlich geringer als 30 min. Außerdem kann hierbei davon ausgegangen werden, dass der Brandherd bereits in der Entstehungs-

phase durch das Personal mit den vorhandenen Löscheinrichtungen erfolgreich bekämpft werden kann.

Eine Freisetzung radioaktiver Stoffe aus einem Transport- und Lagerbehälter als Folge eines Brandes kann ausgeschlossen werden aufgrund

- des Vorhandenseins nur geringer Brandlasten,
- der Behälterkonstruktion,
- von aktiven und passiven Brandschutzmaßnahmen (automatische Brandmeldeanlage und Druckknopf-Brandmelder, stationäre und mobile Löscheinrichtungen).

7.3.2 Einwirkungen von außen

Die bei der Analyse abgeleiteten Einwirkungen von außen wurden unterteilt in:

- Naturbedingte EVA,
- Zivilisatorisch bedingte EVA.

Zu den naturbedingten EVA sind zu rechnen:

- Sturm,
- Regen,
- Schneefall,
- Frost,
- Blitzschlag,
- Hochwasser,
- Erdrutsch,
- Erdbeben.

Zu den zivilisatorisch bedingten EVA sind zu rechnen:

- Einwirkungen schädlicher Stoffe,
- Druckwellen aufgrund chemischer Reaktionen,
- von außen übergreifende Brände,

- Bergschäden,
- Flugzeugabsturz.

Weiterhin sind gemäß ESK-Leitlinien /L-33/ standortspezifische Besonderheiten sowie mögliche Wechselwirkungen mit benachbarten kerntechnischen Anlagen zu betrachten. Hierzu zählen am Standort des SZB:

- Umstürzen des Kamins oder anderer baulicher Einrichtungen,
- Turbinenversagen,
- Versagen von Behältern mit hohem Energiegehalt,
- Abriss eines Rotorblattes einer in der Nähe befindlichen Windkraftanlage.

In den ESK –Leitlinien /L-33/ wird festgestellt, dass die Ereignisse „Flugzeugabsturz“, „Druckwelle“ und „Eindringen toxischer Stoffe“ in der Regel auslegungsüberschreitende Ereignisse sind, für die Maßnahmen zur Schadensreduzierung zu betrachten sind. Derartige Maßnahmen sind dann ausreichend, wenn bei den radiologischen Auswirkungen keine relevanten Maßnahmen des Katastrophenschutzes erforderlich sind.

Unter Berücksichtigung des Bauablaufs zur Errichtung der neuen Wände und Gebäude (Stahlbetonwand, Wach- und Zugangsgebäude, Zaunanlage) werden geeignete Schutzmaßnahmen bei der Baustelleneinrichtung und Vorkehrungen beim Baustellenbetrieb zur Vermeidung sicherheitstechnisch relevanter Störfälle (z. B. Anprall von Kranlasten) getroffen. Von den errichteten Wänden und Gebäuden sind durch die bauliche Entkopplung und räumliche Anordnung bei einem Versagen (z. B. durch Hochwasser, Erdbeben, Druckwelle) keine unzulässigen Rückwirkungen auf die sichere Aufbewahrung und Integrität der Transport- und Lagerbehälter zu unterstellen. Die Analyse der Ereignisse aus Störfällen und auslegungsüberschreitenden Ereignissen beschränkt sich auf die Anforderungen an das Bestandsgebäude und die Transport- und Lagerbehälter.

7.3.2.1 Sturm

Bei der bautechnischen Auslegung des SZB wurden die für den Standort Brunsbüttel anzusetzenden Windlasten gemäß DIN-Norm, die die entsprechenden Lastannahmen und Bemessungsvorschriften für Bauten enthalten, berücksichtigt.

Eine Aktivitätsfreisetzung ist als Folge eines Sturmes nicht zu unterstellen.

7.3.2.2 Regen

Das SZB verfügt über ein Entwässerungssystem, mit dem anfallendes Regenwasser abgeführt wird. Es wird der Nachweis erbracht, dass das Entwässerungssystem für die Gebäudeentwässerung und die Kanalisation auch unter den Bedingungen eines Starkregenereignisses mit Berücksichtigung der beantragten neuen Gebäudeteile ausreichend dimensioniert ist.

Es wurde nachgewiesen, dass auch bei einem maximal möglichen Aufstau des Regenwassers auf dem Lagergebäude dessen Standsicherheit gewährleistet ist. Hiermit ist auch das Versagen aller Entwässerungseinläufe abgedeckt.

Eine Aktivitätsfreisetzung ist als Folge eines Starkregens nicht zu unterstellen.

7.3.2.3 Schneefall

Bei der bautechnischen Auslegung des SZB wurden die für den Standort Brunsbüttel anzusetzenden Schneelasten gemäß DIN-Norm, die die entsprechenden Lastannahmen und Bemessungsvorschriften für Bauten enthalten, berücksichtigt.

Der Standort ist gemäß DIN-Norm der Schneelastzone 2 und dem norddeutschen Tiefland zugeordnet. Für das norddeutsche Tiefland ist das Auftreten außergewöhnlicher Schneelasten gemäß den „Technischen Baubestimmungen“ des Deutschen Institutes für Bautechnik als außergewöhnlicher Lastfall zu berücksichtigen.

Außergewöhnliche Schneelasten sind durch den Nachweis gegen den Aufstau von Regenwasser auf dem Lagergebäude abgedeckt.

Eine Aktivitätsfreisetzung ist als Folge von Schneelasten nicht zu unterstellen.

7.3.2.4 Frost

Der Standort Brunsbüttel ist gemäß DIN-Norm der Eiszone 1 bis 2 zugeordnet. Eislasten sind insbesondere für filigrane Bauteile zu berücksichtigen, die jedoch im frei bewetterten Bereich des Lagergebäudes nicht vorhanden sind. Die am Standort zu erwartenden Eislasten sind durch die Auslegung des Lagergebäudes abgedeckt.

Wässer oder wässrigen Medien werden für den Betrieb der sicherheitstechnischen wichtigen Systeme und Einrichtungen gemäß Betriebshandbuch des SZB nicht verwendet. Die Einrichtungen der Abwassersammlung befinden sich im Innenbereich und sind frostgeschützt aufgestellt.

Eine Aktivitätsfreisetzung ist als Folge von Frost nicht zu unterstellen.

7.3.2.5 Blitzschlag

Bei Errichtung des SZB wurden Maßnahmen für den Blitzschutz gemäß KTA 2206 /L-45/ getroffen. Die neu zu errichtenden Gebäudeteile (Stahlbetonwand, Wach- und Zugangsgebäude, Zaunanlage) werden in die bestehende Erdungs- und Blitzschutzanlage eingebunden. Durch die Erdungs- und Blitzschutzeinrichtungen und die Anbindung an das Erdungsnetz des KKB ist Vorsorge gegen die Blitzschlagwirkungen getroffen.

Eine Aktivitätsfreisetzung ist als Folge von Blitzschlag nicht zu unterstellen.

7.3.2.6 Hochwasser

Der Standort Brunsbüttel befindet sich am Unterlauf der Elbe, der im Sinne der KTA 2207 /L-57/ durch Hochwasserabflüsse aus dem Einzugsgebiet der Elbe und durch den Hochwasserstand des Meeres gefährdet ist. Das Gelände des SZB ist durch den Landesschutzdeich vor Hochwasser geschützt.

Die Bemessungshochwasserstände wurden 2007 auf Basis der KTA 2207 /L-57/ überprüft und ermittelt. Hierbei wurden die folgenden Parameter ausgewiesen:

- maßgebendes Bemessungsereignis: Sturmflut
- Sturmflutscheitelwasserstand +6,70 m über NN
(Überschreitungswahrscheinlichkeit: $\leq 10^{-4} / a$)
- Signifikante Wellenhöhe +0,80 m
- Überflutungswasserstand h_{\max} : +3,19 m über NN

Der Landesschutzdeich wurde nach einer erneuten Überprüfung des Hochwasserschutzes im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung (2001) des Kernkraftwerks Brunsbüttel erhöht und neu befestigt. Die Deichhöhe am Standort beträgt nunmehr ca. +8,45 m über NN. Damit wird der 10.000-jährliche Sturmflutscheitelwasserstand von +6,70 m über NN zuzüglich des konservativ abgeschätzten Wellenauflaufes von 0,80 m abgedeckt.

Ein Deichbruch in der näheren Umgebung des Standortes kann zu einer Überflutung hinter dem Landesschutzdeich führen. Für den Fall des Deichbruches wurde der maximal zu erwartende Überflutungswasserstand auf dem Anlagengelände ermittelt.

Die Einwirkungen infolge Hochwasser sind auch bei unterstelltem Deichbruch durch die Behälterauslegung abgedeckt. Somit ist auch für das Ereignis Hochwasser die Einhaltung der Schutzziele sichergestellt.

Bezüglich der Auswirkungen von Hochwasser auf die Transport- und Lagerbehälter ist festzustellen, dass diese durch die Anforderungen der Zulassung als Typ B(U)-Versandstück für spaltbare radioaktive Stoffe gemäß IAEA Safety Standards /L-36/ abgedeckt sind, d. h. die Dichtheit der Behälter ist durch die Wassereintauchprüfung nachgewiesen, und beim Nachweis der Unterkritikalität wird von vollständig gefluteten Behältern mit Wasserumgebung ausgegangen.

Eine Aktivitätsfreisetzung ist als Folge von Hochwasser nicht zu unterstellen.

7.3.2.7 Erdbeben

Ein Erdbeben kann aufgrund der geografischen Lage des Standortes Brunsbüttel und des vorhandenen Höhenprofils des Anlagengeländes und der angrenzenden Gebiete

ausgeschlossen werden. Einwirkungen auf das SZB durch einen Erdbeben sind nicht zu unterstellen.

7.3.2.8 Erdbeben

Bei der bautechnischen Auslegung des SZB wurde das Bemessungserdbeben für den Standort Brunsbüttel berücksichtigt. Die Standsicherheit des Lagergebäudes ist damit im Erdbebenfall gewährleistet.

Das Kippen der Transport- und Lagerbehälters ist bei Einwirkung durch das Bemessungserdbeben nicht zu unterstellen, da die Aufstellung der Transport- und Lagerbehälter gemäß Vergleich der Kipp- und Standmomente kippsicher ist.

Die Krananlage ist gemäß KTA 3902, Abschnitt 4.5, /L-44/ standsicher gegen Erdbeben ohne Last in der Parkposition ausgelegt. Dabei wurde das Bemessungserdbeben zugrunde gelegt. Damit ist ein Absturz der Krananlage nicht zu unterstellen. Das Auftreten des Bemessungserdbebens bei geöffnetem Abschirmschott, geöffneter Personentür oder einer Kranfahrt unter Last wird aufgrund der geringen Eintrittswahrscheinlichkeit nicht unterstellt.

Eine Aktivitätsfreisetzung durch Einwirkungen auf die Transport- und Lagerbehälter als Folge aus dem Versagen von Gebäuden oder Bauteilen ist daher nicht zu unterstellen.

7.3.2.9 Einwirkungen schädlicher Stoffe

Im Umfeld des Standortes des SZB befinden sich Industrieanlagen, in denen mit toxischen Stoffen umgegangen wird, sodass auf den angrenzenden Verkehrswegen toxische Stoffe transportiert werden.

Die Einhaltung der Schutzziele wird im SZB ausschließlich durch passiv wirkende Einrichtungen gewährleistet, d. h. die Anwesenheit von Personen ist hierfür nicht erforderlich. Somit kann die Funktion der technischen Einrichtungen durch das Eindringen schädlicher Stoffe nicht beeinträchtigt werden.

Eine Aktivitätsfreisetzung ist als Folge von Einwirkungen schädlicher Stoffe nicht zu unterstellen.

7.3.2.10 Druckwellen aus chemischen Reaktionen

Am Standort Brunsbüttel kann eine Gefährdung durch eine Explosionsdruckwelle aufgrund der standortspezifischen Gegebenheiten (chemischen Betriebe, mögliche Transporten gefährlicher Güter auf der Straße, Wasser und auf Schienen) nicht ausgeschlossen werden. Die einer Explosionsdruckwelle zugrunde zu legenden Lastannahmen sind in der BMI-Richtlinie für den Schutz von Kernkraftwerken gegen Druckwellen aus chemischen Reaktionen festgelegt /L-42/. Die Standsicherheit des Lagergebäudes ist gegen eine Druckwelle mit einem Druckverlauf gemäß der BMI-Richtlinie /L-42/ nachgewiesen.

Eine Aktivitätsfreisetzung ist als Folge von Druckwellen aus chemischen Reaktionen nicht zu unterstellen.

7.3.2.11 Von außen übergreifende Brände

Da es im Umkreis von ca. 10 km des SZB keine größeren, zusammenhängenden Baumbestände gibt, ist das Übergreifen eines Waldbrandes auf das Anlagengelände des SZB nicht zu unterstellen.

Der Abstand zu nächstgelegenen Industrieanlagen, Besiedlungen (Gemeinde Büttel) und Verkehr (Kreisstraße K75 und mittlere Fahrinne der Elbe) ist so groß, dass ein Übergreifen eines von dort ausgehenden externen Brandes auf das SZB ausgeschlossen werden kann.

Der Abstand zum nächsten Gebäude, dem geplanten Wach- und Zugangsgebäude, beträgt ca. 15 m. Innerhalb dieses Abstandes befinden sich keine nennenswerten Brandlasten, die die Weiterleitung eines Brandes zum SZB ermöglichen.

Das Gasturbinenkraftwerk (GTW) befindet sich auf dem Anlagengelände des KKB innerhalb des Massivzaunes, wird jedoch autark betrieben und ist brandschutztechnisch

vom SZB getrennt. Der Abstand des GTW zum SZB ist ausreichend, um ein Übergreifen eines Brandes auf das SZB auszuschließen. Die beiden zum GTW gehörenden Öltanks (Flachbodentankbauwerke) sind weit genug vom SZB entfernt angeordnet, so dass eine Beeinflussung im Hinblick auf eine daraus resultierende Brandauswirkung ausgeschlossen werden kann.

Eine Wechselwirkung mit dem geplanten Lager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle kann aufgrund der Gebäudeausführung und des vorgesehenen Abstandes ausgeschlossen werden.

Für die Außenwände und das Dach des SZB wurden nicht brennbare bzw. schwer entflammable Baustoffe und -produkte verwendet. Das Übergreifen eines äußeren Brandes auf die Gebäude des SZB kann auch aus diesem Grunde ausgeschlossen werden. Dies schließt das Übergreifen eines äußeren Brandes auf die Gebäude des SZB infolge Flugfeuer oder Wärmestrahlung ein.

Eine Aktivitätsfreisetzung ist als Folge von außen übergreifenden Bränden nicht zu unterstellen.

7.3.2.12 Bergschäden

Bergschäden umfassen durch bergbauliche Aktivitäten verursachte Schäden an Personen, Gebäuden oder am Grundeigentum infolge von Bodenverformungen oder Bodenbewegungen. Bodenverformungen sind lokal begrenzt. Einwirkungen durch Bodenbewegungen, z. B. Erschütterungen, können auch in größerer Entfernung zum Bergbaubetrieb auftreten.

Am Standort Brunsbüttel sowie in dessen Umgebung befinden sich keine Bergbau- oder Speicherbetriebe. Der nächstgelegene untertägige Bergbau wird im Ölfeld Mittelplate / Dieksand vor der Nordseeküste Schleswig-Holsteins betrieben. Der Abstand zum Standort Brunsbüttel beträgt ca. 60 km. Die nächstgelegenen Tagebaubetriebe dienen der Erschließung von Quarzsanden und befinden sich ca. 20 km nördlich vom Standort Brunsbüttel.

Einwirkungen infolge von Bodenverformungen sind aufgrund der großen Abstände zu den Bergbaubetrieben für das SZB nicht zu unterstellen.

Einwirkungen infolge von Bodenbewegungen, welche aus Ereignissen in weiter entfernten Bergbaugebieten resultieren, sind durch die Betrachtung zu den Einwirkungen infolge von Erdbeben abgedeckt.

7.3.2.13 Flugzeugabsturz

Gemäß ESK-Leitlinien /L-33/ wurden die Auswirkungen eines Flugzeugabsturzes auf das SZB mit den Lastannahmen aus den RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren /L-58/ untersucht. Hierbei wurden neben den zu erwartenden mechanischen Belastungen auch thermische Auswirkungen infolge eines Treibstoffbrandes betrachtet.

Hierzu ist festzustellen, dass bereits durch die gewählte Baustruktur, Betongüte und Bewehrung die Trümmerlasten auf die Transport- und Lagerbehälter infolge eines Flugzeugabsturzes begrenzt werden. Die Standsicherheit des Lagergebäudes ist im Falle eines Flugzeugabsturzes gewährleistet.

Für den Transport- und Lagerbehälter der Bauart CASTOR[®] V/52 wurde nachgewiesen, dass bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen mindestens eine Dichtungsbarriere des Behälters soweit intakt bleibt (Leckrate $\leq 3,4 \cdot 10^{-2} \text{ Pa m}^3/\text{s}$), dass das radioaktive Inventar sicher eingeschlossen ist.

Ein Treibstoffbrand infolge eines Flugzeugabsturzes wird mit der Branddauer von einer Stunde und einer mittleren Temperatur von 600 °C unterstellt. Die daraus resultierenden Temperaturbelastungen des Lagerbehälters sind vergleichbar mit den Temperaturbelastungen, die sich aus den Prüfungen der Transport- und Lagerbehälters zur Zulassung als Typ B(U)-Versandstück für spaltbare radioaktive Stoffe gemäß IAEA Safety Standards /L-36/. Hier wird ein halbstündiger Brand mit einer Temperatur von 800 °C unterstellt.

Somit sind bei einem Treibstoffbrand die Integrität der Transport- und Lagerbehälter und der sichere Einschluss des radioaktiven Materials gewährleistet.

Selbst bei einem hypothetisch unterstellten vollständigen Verlust des Moderatormaterials bleibt die Erhöhung der Dosisleistung in einem Meter Abstand vom Behälter auf maximal 10 mSv/h begrenzt.

Letztlich ist festzustellen, dass bei einem Flugzeugabsturz keine Auswirkungen zu erwarten sind, welche Maßnahmen des Katastrophenschutzes erfordern würden. Die möglichen Auswirkungen sind auf Werte unterhalb der in den Empfehlungen der SSK bezüglich des Katastrophenschutzes in der Umgebung kerntechnischer Anlagen /L-59/ angegebenen Eingreif-Richtwerte begrenzt.

7.3.2.14 Sonstige Einwirkungen von außen

Als sonstige Einwirkungen von außen werden hier als Wechselwirkung des SZB mit der benachbarten Anlage KKB das „Umstürzen des Kamins oder anderer baulicher Einrichtungen“, das „Turbinenversagen“ sowie das „Versagen von Behältern mit hohem Energieinhalt“ betrachtet. Als standortspezifische Besonderheit wird das Störfallereignis „Abriss eines Rotorblattes einer in der Nähe befindlichen Windkraftanlage“ unterstellt.

Umstürzen des Kamins oder anderer baulicher Einrichtungen:

Aufgrund der bautechnischen Auslegung des SZB und der Anordnung der Gebäude können Einwirkungen auf das SZB durch den Umsturz des Abluftkamins oder anderer baulicher Einrichtungen auf dem Kraftwerksgelände des KKB ausgeschlossen werden.

Turbinenversagen

Aufgrund der Einstellung des Leistungsbetriebes des KKB sind Einwirkungen durch ein Turbinenversagen nicht zu unterstellen.

Versagen von Behältern mit hohem Energieinhalt:

Ein Versagen von Behältern mit hohem Energieinhalt können ausgeschlossen werden. Das KKB ist im Nachbetrieb und Restbetrieb drucklos. Ein Versagen von Behältern mit hohem Energieinhalt ist als Gefahrenquelle damit auszuschließen.

Windenergieanlage:

Ein Umstürzen der benachbarten Windenergieanlage bzw. das Versagen eines Rotorblattes führt nicht zu sicherheitstechnisch relevanten Auswirkungen auf das SZB.

Zusammenfassung:

Eine Aktivitätsfreisetzung ist als Folge von sonstigen Ereignissen von außen nicht zu unterstellen.

7.4 Zusammenfassende Bewertung

Das für das Standort-Zwischenlager Brunsbüttel zu unterstellende Spektrum der Störfälle ereignisse wurde gemäß ESK-Leitlinien /L-33/ untersucht und bewertet.

Die Auslegungsstörfälle werden durch die Auslegung des SZB und der Transport- und Lagerbehälter der Bauart CASTOR[®] V/52 sicher beherrscht. Unter diesen Belastungen bleiben die Sicherheitsmerkmale der Behälter erhalten, so dass unzulässige Auswirkungen auf die Umgebung ausgeschlossen werden können.

Die Ereignisse „Flugzeugabsturz“, „Druckwelle aus chemischen Reaktionen“ und „Einwirkungen schädlicher Stoffe“ werden gemäß ESK-Leitlinien /L-33/ als auslegungsüberschreitende Ereignisse eingestuft. Für diese Ereignisse sind keine Auswirkungen zu erwarten, welche Maßnahmen des Katastrophenschutzes erfordern würden.

7.5 Strahlenexposition in der Umgebung

7.5.1 Auslegungsbestimmende Störfälle

Nach Störfällen ist die Dichtheit eines Behälters durch eine Standard-Helium-Leckrate von $1,0 \cdot 10^{-8}$ Pa m³/s abgedeckt. Diese Leckrate ist identisch mit der Leckrate einer von insgesamt zwei vorhandenen Barrieren im bestimmungsgemäßen Betrieb.

Die für das SZB anzuwendenden Dosisgrenzwerte sind durch § 49 Abs. 2 StrlSchV /L-2/ definiert. Für Störfälle, für die das SZB ausgelegt ist, gilt somit ein Dosisgrenzwert für die effektive Dosis von 50 mSv. Um den Anforderungen der ESK-Leitlinien /L-33/ zu genügen, werden auch die entsprechenden ggf. restriktiveren organspezifischen Grenzwerte gemäß § 49 Abs. 2 StrlSchV /L-2/ berücksichtigt.

Der Effektivdosiswert von $1,0 \cdot 10^{-4}$ mSv für das SZB liegt sehr weit unterhalb des entsprechenden zulässigen Störfalldosisgrenzwertes von 50 mSv gemäß § 49 Abs. 2 StrlSchV /L-2/.

7.5.2 Auslegungsüberschreitende Ereignisse

Die Leckrate der Behälter nach auslegungsüberschreitenden Ereignissen beträgt $\leq 3,4 \cdot 10^{-2}$ Pa m³/s.

Als vergleichender Maßstab bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen werden die Eingreifrichtwerte aus den Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen /L-59/ herangezogen.

Gemäß /L-59/ ist eine Evakuierung ab einem Eingreifrichtwert von 100 mSv für eine äußere Exposition in 7 Tagen und effektive Folgedosis durch in diesem Zeitraum inhalierbare Radionuklide erforderlich. Durch Berechnungen ergibt sich an dem Sicherheitszaun eine potentielle Effektivdosis von 0,03 mSv für die ungünstigste Altersgruppe (älter als 17 Jahre), die weit unterhalb des Eingreifrichtwertes von 100 mSv liegen.

Gemäß /L-59/ ist eine Umsiedlung ab einem Eingreifrichtwert von 100 mSv für eine äußere Exposition in einem Jahr und effektive Folgedosis durch Bodenstrahlung erforderlich. Durch Berechnungen ergibt sich an dem Sicherungszaun eine potentielle Effektivdosis von 0,003 mSv für die ungünstigste Altersgruppe (jünger als 1 Jahr), die weit unterhalb des Eingreifrichtwertes von 100 mSv liegen.

Zusammenfassend ergibt sich, dass auch bei Ereignissen mit sehr niedriger Eintrittshäufigkeit die radiologischen Auswirkungen so gering sind, dass keine einschneidenden Maßnahmen des Katastrophenschutzes erforderlich sind.

8 Stilllegung

Vor der Stilllegung des SZB werden alle Behälter und die während des Betriebes angefallenen radioaktiven Stoffe abtransportiert. Es befinden sich somit keine Kernbrennstoffe oder sonstige radioaktive Stoffe im SZB.

Die Aktivierung von Bauteilen und Einrichtungen des SZB durch die Neutronenstrahlung, die von den Behältern ausgeht, ist so gering, dass sie vernachlässigt werden kann. Sie liegt um Größenordnungen unterhalb der natürlichen Aktivität des Betons.

Durch die Einstufung einiger Anlagenbereiche als Kontrollbereich nach § 36 StrlSchV /L-2/ ist eine Freigabe nach §§ 29 und 44 StrlSchV /L-2/ für die inaktive Nutzung bzw. den Abriss erforderlich. Die Kontaminationsfreiheit der Gesamtanlage wird durch Freigabemessungen nachgewiesen. Kontaminationen werden nicht unterstellt, da die radioaktiven Stoffe während der Zwischenlagerung sicher in den Behältern eingeschlossen waren.

Bei der Einstellung des Betriebes sind somit keine größeren Mengen radioaktiver Abfälle zu erwarten. Nach der Durchführung der erforderlichen Freigabemaßnahmen kann das SZB aus der atomrechtlichen Aufsicht entlassen und konventionell genutzt oder entsorgt werden.

9 Begriffsbestimmung

Abfall, radioaktiv	Radioaktive Reststoffe, die gemäß den Bestimmungen des Atomgesetzes geordnet beseitigt werden müssen.
Abfallbehälter	Behälter zur Aufnahme eines Abfallprodukts (z. B. Fass, Gussbehälter, Container).
Abfallprodukt	Verarbeiteter radioaktiver Abfall ohne Verpackung und Behälter.
Ableitung	Die Abgabe flüssiger, aerosolgebundener oder gasförmiger radioaktiver Stoffe aus Anlagen und Einrichtungen auf hierfür vorgesehenen Wegen.
Aktivierung	Erzeugung radioaktiver Nuklide durch Neutronenstrahlung im bestrahlten Material (z. B. Reaktordruckbehälter, biologischer Schild).
Aktivität	Die Aktivität eines radioaktiven Stoffes gibt die Anzahl der je Sekunde zerfallenden Atomkerne an. Die Maßeinheit ist das Becquerel (Bq). Ein Bq entspricht einem Zerfall pro Sekunde.
Brennelemente	Die Brennelemente sind wesentliche Bauteile eines Kernreaktors und bilden zusammen mit den sonstigen Einbauten den Reaktorkern. Sie bilden eine quadratische Anordnung aus einer vorgegebenen Anzahl von Brennstäben. Die Brennstäbe, gasdicht verschweißte Rohre aus einer hochfesten Metalllegierung, enthalten den Kernbrennstoff in Form von Brennstofftabletten (Pellets).
Endlager	Anlage zur Endlagerung radioaktiver Abfälle, in der radioaktive Abfälle wartungsfrei, zeitlich unbefristet und sicher geordnet beseitigt werden. Beispielsweise wird die Schachtanlage Konrad zu einem Endlager für Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung ausgebaut.
Endlagerung	Die Entsorgung von Abfällen durch Unterbringung in einer speziell dafür angelegten Einrichtung, dem Endlager.
Halbwertszeit	Maß für die Geschwindigkeit des Zerfalls radioaktiver Stoffe. Als Halbwertszeit wird der Zeitraum bezeichnet, in dem die

Konditionierung	<p>Hälfte der Atomkerne eines Radionuklids zerfallen ist.</p> <p>Durch die Konditionierung werden die radioaktiven Abfälle in einen chemisch stabilen, in Wasser nicht oder nur schwer löslichen Zustand überführt und den Anforderungen von Transporten und Endlager entsprechend verpackt. Je nach Material werden dazu unterschiedliche Verfahren verwendet.</p>
Kontamination	<p>Anlagern oder Eindringen von radioaktiven Partikeln an der bzw. in die Oberfläche des Materials, z. B. Rohrleitungen. Das Material selber wird nicht radioaktiv. Kontamination kann im Allgemeinen durch Reinigen bzw. Abtragen der Oberfläche entfernt werden.</p>
Kontrollbereich	<p>Räumlich abgetrennter Bereich des Strahlenschutzes, in dem Personen einer jährlichen Dosis von mehr als 6 mSv oder höherer Organdosen als 45 mSv für die Augenlinse oder 150 mSv für die Haut, die Hände, die Unterarme, die Füße und Knöchel ausgesetzt werden können. Der Kontrollbereich darf nur zur Durchführung bestimmter Arbeiten betreten werden. Er ist in der Regel von einem Überwachungsbereich umschlossen.</p>
Lagern radioaktiver Stoffe	<p>Lagern ist das Unterbringen von behandelten radioaktiven Abfällen oder Reststoffen, von radioaktiven Stoffen zum Abklingen und von zur Wiederverwertung vorgesehenen Werkzeugen, Bauteilen und Komponenten.</p>
Ortsdosisleistung	<p>Aufgenommene Strahlendosis pro Zeiteinheit an einem bestimmten Ort (bewertet als Sievert, unbewertet als Gray angegeben)</p>
Radioaktivität	<p>Mit Radioaktivität wird die Eigenschaft bestimmter Atomkerne bezeichnet, sich spontan unter Aussendung ionisierender Strahlung in andere Atomkerne umzuwandeln. In der Natur kommen zahlreiche radioaktive Stoffe vor. Sie werden als Radionuklide bezeichnet. Zu den bekanntesten zählen Radium und Uran.</p>
Radionuklid	<p>Atomkern eines radioaktiven Isotops</p>

Schwermetall	Allgemein Metalle mit einer Dichte größer 5 g / cm^3
Stilllegung	Das Wort Stilllegung wird für sämtliche stilllegungsgerichteten Tätigkeiten verwendet.
Strahlenexposition	Einwirkung von ionisierender Strahlung auf Lebewesen oder auf Materie. Sie kann durch natürliche Strahlenquellen oder beim Umgang mit radioaktiven Stoffen in Technik, Medizin und Forschung erfolgen. Strahlenexposition führt zu einer Strahlendosis. Für diese sind Grenzwerte in der Strahlenschutzverordnung festgelegt.
Zwischenlagerung	Längerfristige Lagerung von konditionierten oder teilkonditionierten Abfällen zur Bereitstellung für die Endlagerung. Zeitlich begrenzte Lagerung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente bis zur Endlagerung.

10 Literaturverzeichnis

- /L-1/ Atomgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 26. Juli 2016 (BGBl. I S. 1843) geändert worden ist.
- /L-2/ Strahlenschutzverordnung vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714; 2002 I S. 1459), die durch Artikel der Gesetzes vom 26. Juli 2016 (BGBl. I S. 1843) geändert worden ist.
- /L-3/ <http://www.bverwg.de/entscheidungen/entscheidungen.php>, abgerufen 20.10.2016
- /L-4/ <http://www.gesetze-rechtsprechung.sh.juris.de/jportal/?quelle=jlink&docid=MWRE130003064&psml=bsshoprod.psml&max=true>, abgerufen am 20.10.2016
- /L-5/ <http://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/R/reaktorsicherheit/genehmigungsaufhebung.html>, abgerufen am 20.10.2016
- /L-6/ Atomrechtliche Verfahrensverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. Februar 1995 (BGBl. I S. 180), die zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 9. Dezember 2006 (BGBl. I S. 2819) geändert worden ist.
- /L-7/ Flächennutzungsplan (2005) Brunsbüttel, Stand 5. Juni 2012
- /L-8/ GeoBasisDE / BKG 2016, www.bkg.bund.de, Umkreis hinzugefügt
- /L-9/ Verwaltungsbericht 2015, Stadt Brunsbüttel
- /L-10/ <http://www.elbeforum.de/> (Sitzplätze) und telefonische Auskunft (Stehplätze)
- /L-11/ <https://www.westkuestenklinikum.de/> , Zahlen und Fakten März 2016
- /L-12/ Schleswig-Holsteinischer Landtag, Drucksache 18/2584, 15.01.2014
- /L-13/ Schulentwicklungsplan des Kreises Steinburg 2012, 1. Fortschreibung 2014, August 2014
- /L-14/ www.kitanetz.de, abgerufen 18. Mai.2016
- /L-15/ www.schulliste.eu, abgerufen 18. Mai.2016
- /L-16/ lksta.betreuungsboerse.net, abgerufen 18. Mai.2016
- /L-17/ Statistikamt Nord, (Stand: 2014)
Nutzungsarten der Bodenflächen, Statischer Bericht A V 1 – j 14 SH
- /L-18/ Statistikamt Nord, (Stand: 2010)
C IV – LZ 2010, Teil 8 Naturräume und Gemeinden

- /L-19/ Landesamt für Statistik Niedersachsen,
Bodenflächen nach Gemeinden nach Art der tatsächlichen Nutzung in Niedersachsen in Hektar Stichtag (Stand: 2005)
- /L-20/ Störfall-Verordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 8. Juni 2005 (BGBl. I S. 1598), die zuletzt durch Artikel 79 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist.
- /L-21/ <http://www.chemcoastpark.de/>, abgerufen 18. Mai.2016
- /L-22/ Verkehrsgutachten zum Bau eines Steinkohlekraftwerkes, Stand 11. Januar 2008, Stadt Brunsbüttel
- /L-23/ Straßenverkehrszählung 2010, Tabellenband, elektronisches BAST-Archiv, Bundesamt für Straßenwesen
- /L-24/ DFS Deutsche Flugsicherung GmbH
- /L-25/ Deutscher Wetterdienst, <http://www.dwd.de>, abgerufen am 28. Oktober 2016
- /L-26/ Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000
- /L-27/ DIN, Deutsche Norm, DIN 4149,
"Bauten in deutschen Erdbebengebieten - Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten",
Fassung 04-2005
- /L-28/ DIN, Deutsche Norm, DIN EN 1998-1/NA,
"Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für den Hochbau",
Fassung 01-2011
- /L-29/ KTA-Regel, Sicherheitstechnische Regel des KTA, KTA 2201.1,
"Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen, Teil 1: Grundsätze",
Fassung 11-2011
- /L-30/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB),
"Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI)",
Fassung vom 07. Dezember 2005 (GMBI. 2006, Nr. 14-17)
- /L-31/ Ermittlung der Vorbelastung durch Radionuklid-Ausscheidungen von Patienten der Nuklearmedizin, Empfehlung der Strahlenschutzkommission (SSK), verab-

- schiedet in der 197. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 16/17. Dezember 2004
- /L-32/ www.schleswig-holstein.de, Thema Reaktorsicherheit, Rubrik Atomrechtliche Verfahren, Kernkraftwerk Brunsbüttel, abgerufen 20. Mai 2016
- /L-33/ Empfehlung der ESK,
„Leitlinien für die trockene Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente und Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle in Behältern“, Revidierte Fassung vom 10. Juni.2013
- /L-34/ Landesbauordnung für das Land Schleswig-Holstein (LBO) vom 2201.2009, letzte berücksichtigte Änderung: mehrfach geändert (Art. 1 Ges. v. 14. Juni 2016, GVOBl. S. 369)
- /L-35/ Gewerbeordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. Februar 1999 (BGBl. I S. 202), die durch Artikel 9 des Gesetzes vom 31. Juli 2016 (BGBl. I S. 1914) geändert worden ist
- /L-36/ Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 2012 Edition, IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. SSR-6, International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, 2012
- /L-37/ Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße, mit Eisenbahnen und auf Binnengewässern (Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt – GGVSEB), vom 17. Juni 2009, neugefasst durch Bek. v. 30. März.2015 I 366, zuletzt geändert am 31. August 2015
- /L-38/ Regeln des Kerntechnischen Ausschusses (KTA), www.kta-gs.de
- /L-39/ Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG), in der Fassung der Bekanntmachung vom 24. Februar 2010 (BGBl. I S. 94), das zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 13. Oktober 2016 (BGBl. I S. 2490) geändert worden ist
- /L-40/ KTA-Regel, Sicherheitstechnische Regel des KTA, KTA 3602
„Lagerung und Handhabung von Brennelementen, Steuerelementen und Neutronenquellen in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren“,
Fassung 11-2003
- /L-41/ Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI),
„Richtlinie für das Verfahren der Bauart-Zulassung von Versandstücken zur Beförderung radioaktiver Stoffe, von radioaktiven Stoffen in besonderer Form und

- gering dispergierbaren radioaktiven Stoffen“ -R 003-,
vom 09. Juni 2016 (VkBl. Heft 12 -2016, S. 430)
- /L-42/ Bundesminister des Innern (BMI),
„Richtlinie für den Schutz von Kernkraftwerken gegen Druckwellen aus chemischen Reaktionen durch Auslegung der Kernkraftwerke hinsichtlich ihrer Festigkeit und induzierter Schwingungen sowie durch Sicherheitsabstände“
vom 13. September 1976, (BAnz. Nr. 179 vom 22. September 1976)
- /L-43/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB),
„Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“
vom 22. November 2012, Neufassung vom 3. März 2015 (BAnz AT 30.03.2015 B2)
- /L-44/ KTA-Regel, Sicherheitstechnische Regel des KTA, KTA 3902
„Auslegung von Hebezeugen in Kernkraftwerken“,
Fassung 11-2012,
Berichtigung am 02. Mai 2013
- /L-45/ KTA-Regel, Sicherheitstechnische Regel des KTA, KTA 2206,
„Auslegung von Kernkraftwerken gegen Blitzeinwirkungen“,
Fassung 11-2009
- /L-46/ KTA-Regel, Sicherheitstechnische Regel des KTA, KTA 3905
„Lastanschlagpunkte an Lasten in Kernkraftwerken“,
Fassung 11-2012
- /L-47/ DIN, Deutsche Norm, DIN 25415,
„Radioaktiv kontaminierte Oberflächen - Verfahren zur Prüfung und Bewertung der Dekontaminierbarkeit“,
Fassung 11-2012
- /L-48/ DIN, Deutsche Norm, DIN 25403-1,
„Kritikalitätssicherheit bei der Verarbeitung und Handhabung von Kernbrennstoffen – Teil 1: Grundsätze“,
Fassung 12-2013
- /L-49/ DIN, Deutsche Norm, DIN 25478,
„Einsatz von Berechnungssystemen beim Nachweis der Kritikalitätssicherheit“,
Fassung 06-2014
- /L-50/ KTA-Regel, Sicherheitstechnische Regel des KTA, KTA 1502
„Überwachung der Aktivitätskonzentrationen radioaktiver Stoffe in der Raumluft

von Kernkraftwerken“,
Fassung 11-2013

/L-51/ Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen – KrWG vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), das zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 4. April 2016 (BGBl. I S. 569) geändert worden ist

/L-52/ Wasserhaushaltsgesetz – Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 4. August 2016 (BGBl. I S. 1972)

/L-53/ KTA-Regel, Sicherheitstechnische Regel des KTA, KTA 1201,
„Anforderungen an das Betriebshandbuch“,
Fassung 11-2015

/L-54/ KTA-Regel, Sicherheitstechnische Regel des KTA, KTA 1202,
„Anforderungen an das Prüfhandbuch“,
Fassung 11-2009

/L-55/ ESK-Leitlinien zur Durchführung von periodischen Sicherheitsüberprüfungen und zum technischen Alterungsmanagement für Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente und Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle“, 13.03.2014

/L-56/ KTA, Sicherheitstechnische Regel des KTA, KTA 3903 „Prüfung und Betrieb von Hebezeugen in Kernkraftwerken“, Fassung 11-2012, Berichtigung zu KTA 3903 mit BAnz AT 02.05.2013 B2

/L-57/ KTA, Sicherheitstechnische Regel des KTA, KTA 2207, „Schutz von Kernkraftwerken gegen Hochwasser“, Fassung 11/04

/L-58/ Reaktor-Sicherheitskommission (RSK),
"Leitlinien für Druckwasserreaktoren; Ursprungsfassung (3. Ausgabe vom 14. Oktober 1981) mit Änderungen vom 15. November 1996",
Fassung 11.96

/L-59/ Empfehlung der Strahlenschutzkommission (SSK),
„Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen.“
Verabschiedet in der 274. Sitzung der Strahlenschutzkommission am
19./20. Februar 2015