


## UVP Zwischenlager

## KKW Krško/Slowenien

 Bundesministerium  
Klimaschutz, Umwelt,  
Energie, Mobilität,  
Innovation und Technologie

LAND  KÄRNTEN



**pulswerk**  
Das Beratungsunternehmen des  
Österreichischen Ökologie-Instituts


Fachstellungnahme





# UMWELTVERTRÄGLICHKEITSPRÜFUNG ZWISCHENLAGER FÜR ABGEBRANNT BRENNELEMENTE KKW KRŠKO/SLOWENIEN

Fachstellungnahme

 Bundesministerium  
Klimaschutz, Umwelt,  
Energie, Mobilität,  
Innovation und Technologie

Oda Becker  
Kurt Decker  
Gabriele Mraz

LAND  KÄRNTEN



Erstellt im Auftrag des  
Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie  
Abteilung VII/10 Allgemeine Koordination von Nuklearangelegenheiten  
Geschäftszahl: BMNT-UW.1.1.2/0019-I/6/2018  
sowie den Bundesländern Kärnten, Niederösterreich und Steiermark

 Das Land  
Steiermark

**pulswerk**  
Das Beratungsunternehmen des  
Österreichischen Ökologie-Instituts

REPORT

REP-0742  
Wien 2020

**Projektmanagement**

Franz Meister, Umweltbundesamt

**AutorInnen – BIEGE Nuklearexpertise**

Oda Becker, technisch-wissenschaftliche Konsulentin

Kurt Decker

Gabriele Mraz, pulswerk GmbH

**Übersetzungen:**

Patricia Lorenz

**Layout**

Elisabeth Riss, Umweltbundesamt

Erstellt im Auftrag des

Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie

Abteilung VII/10 Allgemeine Koordination von Nuklearangelegenheiten sowie den

Bundesländern Kärnten, Niederösterreich und Steiermark

Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter: <http://www.umweltbundesamt.at/>

**Impressum**

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH  
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Austria

Diese Publikation erscheint ausschließlich in elektronischer Form auf <http://www.umweltbundesamt.at/>.

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2020

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-99004-562-6

# INHALT

<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	5
<b>SUMMARY</b> .....	10
<b>POVZETEK</b> .....	15
<b>1 EINLEITUNG</b> .....	21
<b>2 BEWERTUNG DES UVP-VERFAHRENS UND ENTSORGUNGSNACHWEISES</b> .....	23
2.1 Darstellung in den UVP-Dokumenten und in den abschließenden SUP-Dokumenten .....	23
2.2 Diskussion und Bewertung .....	25
2.3 Schlussfolgerung, Fragen und vorläufige Empfehlungen .....	26
2.3.1 <i>Fragen</i> .....	27
2.3.2 Vorläufige Empfehlungen .....	27
<b>3 BEWERTUNG DES GEPLANTEN ZWISCHENLAGERS UND DER BEHÄLTER INKL. LANGZEITASPEKTE DES BETRIEBS</b> .....	28
3.1 Darstellung in den UVP-Dokumenten .....	28
3.2 Diskussion und Bewertung .....	36
3.3 Schlussfolgerung, Fragen und vorläufige Empfehlungen .....	43
3.3.1 <i>Fragen</i> .....	44
3.3.2 Vorläufige Empfehlungen .....	44
<b>4 STÖRFÄLLE UND UNFÄLLE OHNE EINWIRKUNGEN DRITTER</b> .....	45
4.1 Darstellung in den UVP-Dokumenten .....	45
4.2 Diskussion und Bewertung .....	49
4.3 Schlussfolgerung, Fragen und vorläufige Empfehlungen .....	54
4.3.1 <i>Fragen</i> .....	54
4.3.2 Vorläufige Empfehlungen .....	55
<b>5 STÖRFÄLLE UND UNFÄLLE DURCH EXTERNE EINWIRKUNGEN</b> .....	56
5.1 Darstellung in den UVP-Dokumenten .....	56
5.2 Diskussion und Bewertung .....	57
5.3 Schlussfolgerung, Fragen und vorläufige Empfehlungen .....	58
5.3.1 Vorläufige Empfehlungen .....	58

<b>6</b>	<b>STÖRFÄLLE UND UNFÄLLE MIT EINWIRKUNGEN DRITTER</b> .....	59
6.1	Darstellung in den UVP-Dokumenten .....	59
6.2	Diskussion und Bewertung .....	60
6.3	<b>Schlussfolgerung, Fragen und vorläufige Empfehlungen</b> .....	63
6.3.1	Vorläufige Empfehlungen .....	64
<b>7</b>	<b>GRENZÜBERSCHREITENDE AUSWIRKUNGEN</b> .....	65
7.1	Darstellung in den UVP-Dokumenten .....	65
7.2	Diskussion und Bewertung .....	65
7.3	<b>Schlussfolgerung, Fragen und vorläufige Empfehlungen</b> .....	66
7.3.1	<i>Fragen</i> .....	66
<b>8</b>	<b>FRAGEN UND EMPFEHLUNGEN</b> .....	67
8.1	<b>Bewertung des UVP-Verfahrens und Entsorgungsnachweis</b> .....	67
8.1.1	<i>Fragen</i> .....	67
8.1.2	Vorläufige Empfehlungen .....	67
8.2	<b>Bewertung des geplanten Zwischenlagers und der Behälter inkl. Langzeitaspekte des Betriebs</b> .....	67
8.2.1	<i>Fragen</i> .....	67
8.2.2	Vorläufige Empfehlungen .....	68
8.3	<b>Störfälle und Unfälle ohne Einwirkungen Dritter</b> .....	68
8.3.1	<i>Fragen</i> .....	68
8.3.2	Vorläufige Empfehlungen .....	68
8.4	<b>Störfälle und Unfälle durch externe Einwirkungen</b> .....	68
8.4.1	Vorläufige Empfehlungen .....	68
8.5	<b>Störfälle und Unfälle mit Einwirkungen Dritter</b> .....	68
8.5.1	Vorläufige Empfehlungen .....	68
8.6	<b>Grenzüberschreitende Auswirkungen</b> .....	69
8.6.1	<i>Fragen</i> .....	69
<b>9</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	70
<b>10</b>	<b>ABKÜRZUNGEN</b> .....	73

## ZUSAMMENFASSUNG

Am Standort des Kernkraftwerks (KKW) Krško in Slowenien ist die Errichtung eines Zwischenlagers für abgebrannte Brennelemente geplant. Für dieses Projekt wird eine Umweltverträglichkeitsprüfung gemäß ESPOO-Konvention und UVP-Richtlinie durchgeführt, an der sich Österreich beteiligt.

Ziel der österreichischen Beteiligung am UVP-Verfahren ist es, Empfehlungen zur Minimierung, im optimalen Falle Eliminierung, möglicher erheblich nachteiliger Auswirkungen auf Österreich zu geben.

### Verfahren und Entsorgungsnachweis

Es wurden alle für eine UVP nötigen Unterlagen vorgelegt. Eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) soll zu einem Zeitpunkt erfolgen, zu dem alle Optionen offen sind. Sowohl der Standort als auch die Technologie wurden bereits in den letzten Jahren festgelegt, im Jahr 2017 wurde zudem der Auftrag an die Firma Holtec erteilt. Es erscheint daher fraglich, ob der Zeitpunkt, zu dem die vorliegende UVP durchgeführt wird, dieser Vorgabe folgt.

Es wurden verschiedene Varianten der Stilllegung des Trockenlagers vorgelegt. Um einen Entsorgungsnachweis vorzulegen, müsste jedoch auch erläutert werden, ob die nötigen Endlagerkapazitäten zum benötigten Zeitpunkt bereitstehen werden. Dies ist derzeit weder für die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle aus der Stilllegung des Trockenlagers noch für die abgebrannten Brennelemente absehbar. Ein Alternativplan, was im Falle, dass kein Endlager zur Verfügung steht, geschehen soll, wurde nicht vorgelegt.

### Bewertung des geplanten Zwischenlagers und der Behälter inkl. Langzeitspekte des Betriebs

Die abgebrannten Brennelemente aus dem Betrieb des KKW Krško werden derzeit im Becken des Brennstoffgebäudes gelagert. Die Entscheidung zur Errichtung eines Trockenlagers am KKW Standort Krško ist grundsätzlich zu begrüßen. Ein Trockenlager ist unter dem Gesichtspunkt von potenziellen Auswirkungen auf Österreich gegenüber der Nasslagerung sicherheitstechnisch zu bevorzugen. Die wesentlichen Gründe hierfür sind die Nutzung passiver Sicherheitssysteme, die geringere Anfälligkeit für Störfälle mit Freisetzungen und die geringeren Freisetzungsmengen radioaktiver Stoffe im Falle eines Unfalls.

Die Umlagerung der abgebrannten Brennelemente (ABE) aus dem Nasslager in ein Trockenlager reduziert die vom Standort Krško ausgehende Gefahr erheblich. Der Zeitplan für die Umladung ist allerdings nicht ausreichend sicherheitsorientiert. Laut UMWELTBERICHT (2020) sollen die Brennelemente in vier Kampagnen aus dem Lagerbecken in das Trockenlager verlegt werden. Bereits in UMWELTBUNDESAMT (2020) wurde betont, dass Sicherheitsaspekte Vorrang gegenüber Aspekten der Wirtschaftlichkeit haben sollten. Insofern sollten möglichst alle ABE (ca. 1.000 Stück), die ausreichend (mindestens fünf Jahre) abgeklungen sind, nach Inbetriebnahme des Zwischenlagers zügig umgeladen werden.

Zur Lagerung wurde das Lagersystem HI-STORM FW ausgewählt. Es umfasst folgende Grundbestandteile:

- Lagerungsabschirmung HI-STORM FW (Storage Modul Flood and Wind);
- Mehrzweckbehälter MPC-37 (Multi-Purpose Canister);
- Transferabschirmung HI-TRAC.

Der Lagerbehälter HI-STORM FW MPC besteht aus einer Lagerungsabschirmung und einem eingelegten Mehrzweckbehälter. Nach dem Ende der Lagerung sollen die abgebrannten Brennelemente vom Standort Krško im Transportbehälter HI-STAR 190 abtransportiert werden.

Laut UMWELTBERICHT (2020) ergibt sich die Gewährleistung der Sicherheit auch aus der Erfüllung der internationalen Standards und Richtlinien der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) und der Western European Nuclear Regulators Association (WENRA). Alle relevanten Dokumente werden in der aktuellen Version genannt.

Für den Fall einer notwendigen Reparatur der Behälter nach Stilllegung des KKW Krško ist vorgesehen, die Behälter zu einem externen Dienstleister z. B. in die Schweiz zu transportieren. In der nächsten Überarbeitung des Stilllegungsplans des KKW Krško soll als zweite Option betrachtet werden, dass das Brennelementhandhabungsgebäude (FHB) auch nach der Stilllegung des KKW Krško für eine mögliche Reparatur von Behältern zur Verfügung steht. Dies wird unter sicherheitstechnischen Gesichtspunkten begrüßt, da Transporte von abgebrannten Brennelementen immer mit zusätzlichen Risiken verbunden sind. Dies ist für Österreich relevant, da Transporte potenziell beschädigter Behälter von Slowenien in die Schweiz über Österreich erfolgen könnten.

Auf Basis der Planung für die Endlagerung wäre ein Zwischenlagerbetrieb von 50 Jahren erforderlich. Die Betriebsdauer des Trockenlagers für abgebrannte Brennelemente im KKW Krško soll 60 Jahre betragen, mit der Möglichkeit der Verlängerung des Betriebs. Die Komponenten des Lagerungssystems sollen auf eine Lebensdauer von 100 Jahren ausgelegt werden.

Es ist zu begrüßen, dass die Komponenten des Lagerungssystems auf eine Lebensdauer von 100 Jahren auszulegen sind. Denn international zeichnet sich klar ab, dass in den meisten Ländern der Zeitbedarf zur Planung, Genehmigung und Errichtung eines Endlagers viel höher sein wird als ursprünglich vorgesehen. Allerdings wurde das Lagersystem HI-STORM FW von der US-amerikanischen Genehmigungsbehörde NRC nur für einen Zeitraum von 40 Jahren genehmigt. Insofern ist nicht ohne weitere Erklärung nachvollziehbar, wie die Auslegung für eine Lagerung von 100 Jahren für das geplante Zwischenlager am Standort Krško realisiert wird.

Sicherheitstechnisch relevante Aspekte der Langzeitsicherheit werden im UMWELTBERICHT (2020) jedoch nicht erwähnt oder diskutiert. Das Konzept der Lagerung zielt darauf ab, dass die Behälter für den gesamten Lagerzeitraum dicht bleiben; die Gewährleistung der Integrität der Brennstäbe liegt nach Beendigung der Zwischenlagerzeit in der Verantwortung desjenigen, der für die Endlagerung oder die Wiederaufarbeitung zuständig ist. Eine Kontrolle der Dichtheit der Brennstäbe in den Behältern ist nicht beabsichtigt. Im UMWELTBUNDESAMT (2020) wurde angeregt im Rahmen des UVP-Verfahrens zu überprüfen, ob diese Vorgehensweise angemessen ist. Ob diese Überführung des Sachverhalts erfolgte, ist anhand der Unterlagen nicht zu erkennen. Auch weiterhin ist keine stichprobenartige Überprüfung der Dichtheit der Brennstäbe geplant.



## Störfälle und Unfälle ohne Einwirkungen Dritter

Die Behälter sollen in einem Trockenlagergebäude aufbewahrt werden. Dieses wird im unteren Teil bis in eine Höhe von 6 m als Stahlbetonkonstruktion ausgeführt, im oberen Teil hingegen als Stahlkonstruktion, verkleidet mit Metallpaneelen. Die Funktion des Trockenlagergebäudes besteht darin, die Lagerbehälter vor äußeren Witterungseinflüssen zu schützen und eine zusätzliche Strahlenabschirmung zu gewährleisten.

Die Lagerungsabschirmung des Behälters soll neben Strahlenschutz auch die Kühlung des Mehrzweckbehälters während der Lagerung, einen Schutz des Behälters gegen tornadobedingte Projektile und gegen natürliche und außergewöhnliche Einwirkungen gewährleisten. Quantitative Angaben gegen welche Ereignisse die Lagerabschirmung Schutz gewährleistet, sind jedoch nicht vorhanden.

Laut UMWELTBERICHT (2020) gewährleistet das System HI-STORM FW zusammen mit dem Trockenlagergebäude die grundlegenden Sicherheitsfunktionen. Dies umfasst die Gewährleistung der Unterkritikalität, die Wärmeabfuhr aus dem Behälter und die Rückhaltung der radioaktiven Stoffe während des Betriebs, eines Auslegungsunfalls und eines erweiterten Auslegungsunfalls.

Die möglichen Auswirkungen und die getroffenen Schutzmaßnahmen gegen Überschwemmung werden beschrieben, ob die Höhe des Schutzes ausreichend ist, kann anhand der vorliegenden Unterlagen nicht abschließend bewertet werden. Eine Analyse von möglichen Extremwetterereignissen ist nicht erfolgt. Gerade in Hinblick auf die lange Lagerzeit ist die Berücksichtigung von Trends bei Extremwetterereignissen erforderlich. Nach jetzigem Wissensstand nehmen aufgrund der Klimaänderungen Extremereignisse sowohl in ihrer Häufigkeit als auch in ihrer Intensität zu.

Für die Sicherheitsanalysen wurden fünf auslösende Ereignisse verwendet (Umkippen des Behälters bei erhöhter seismischer Belastung, Passive Kühlung des Behälters nicht möglich, Absturz eines kommerziellen Flugzeugs oder Militärflugzeugs, Einsturz des Trockenlagergebäudes und Brand im Falle eines Flugzeugabsturzes). Diese auslösenden Ereignisse decken Ereignisse ab, die zu den höchsten Auswirkungen führen können. Allerdings werden Sabotage bzw. Terroranschläge vom Boden nicht bewertet. Zudem werden die mechanischen Einwirkungen eines Flugzeugabsturzes nicht ausreichend betrachtet, da die unterstellte Geschwindigkeit zu gering ist.

Im Rahmen der Sicherheitsanalysen sind Untersuchungen zu Cliff-Edge Effekten erfolgt. Dies ist grundsätzlich zu begrüßen. Soweit dies anhand der vorgelegten Dokumente bewertet werden kann, werden bei den Untersuchungen zwar kleine Änderungen der Parameter unterstellt, die vorhandenen Reserven wurden aber nicht ermittelt. Zudem erfolgte dies nicht für alle relevanten Parameter (wie Geschwindigkeit eines Flugzeuges).

Ereignisse im Zwischenlager können Auswirkungen auf den sicheren Betrieb des Reaktors am Standort haben; ebenso kann ein Ereignis im Reaktor Auswirkungen auf das Zwischenlager haben. Derartige Wechselwirkungen werden im UVP-Verfahren für das Zwischenlager betrachtet, allerdings nicht bezüglich konkurrierender Ressourcen zur Störfallbeherrschung oder der Begrenzung von möglichen Unfallfolgen.

Obwohl die Sicherheitsanalysen für keinen der analysierten Unfälle einen Dichtungsverlust des Behälters ermittelten, wurde eine Analyse der radiologischen Folgen einer Leckage des Behälters im Falle eines hypothetischen Versagens der Dichtung durchgeführt. Diese Analyse ermittelt für den hypothetischen Fall einer Leckage des Behälters MPC 37 eine 30-Tage-Dosis in einer Entfernung von 80 km vom KKW Krško von weniger als 0,2 mSv. Grundsätzlich ist zu begrüßen, dass eine derartige Untersuchung im Rahmen des UVP-Verfahrens erfolgt ist. Allerdings ist das Ergebnis der Analyse nicht zu bewerten, da nicht angegeben wird, welche Temperatur im Behälter für die Analyse angenommen wurde. Eine potenzielle Freisetzung ist stark temperaturabhängig.

### **Stör- und Unfälle durch externe Einwirkungen**

Der Sicherheitsnachweis wird unter anderem für Flugzeugabsturz in Kombination mit Kerosinbrand und Einsturz der Lagerhalle geführt. Auch wenn das analysierte Szenario nicht konservativ bezüglich der mechanischen und thermischen Lasten ist, deckt der Sicherheitsnachweis Einwirkungen durch Erdbeben ab.

Es erscheint nicht notwendig und zielführend, die Analysen und Ergebnisse für das geplante Trockenlager bezüglich Erdbeben in weiteren Details zu diskutieren. Dies schließt jedoch nicht aus, dass die Erdbebengefahr am Standort mit Blick auf den Reaktor kontinuierlich bewertet werden sollte.

### **Störfälle und Unfälle mit Einwirkungen Dritter**

Durch verschiedene Terrorszenarien könnten massive Freisetzungen aus Zwischenlagern am Standorten Krško erfolgen, die auch zu einer Betroffenheit Österreichs führen könnten. Eine Berücksichtigung von möglichen Terrorangriffen entspricht dem heutigen Stand von Wissenschaft und Technik. Details des Schutzes vor Terrorangriffen können aus Geheimhaltungsgründen im UVP-Verfahren nicht diskutiert werden. Die vorgesehenen Schutzmaßnahmen zu den bereits in einigen Ländern öffentlich diskutierten Szenarien könnten jedoch skizziert werden.

Neben einem möglichen terroristischen Flugzeugangriff auf das Zwischenlager ist auch der Einsatz von **panzerbrechenden Waffen** gegen die Behälter ein Szenario, welches beispielsweise in Deutschland im Rahmen der Genehmigung eines Zwischenlagers betrachtet wird. Ein derartiges Szenario wird in den UVP-Dokumenten nicht erwähnt.

Soweit anhand der vorgelegten Unterlagen erkennbar, soll der Schutz vor Terrorangriffen vom Boden vor allem durch die Lage im überwachten Bereich des KKW Standort Krško gewährleistet werden. Für die Zwischenlager in Deutschland wurde dies beispielsweise als nicht ausreichend bewertet und in den letzten Jahren Nachrüstungen zur Verbesserung des Schutzes gegen mögliche Terroranschläge durchgeführt.

Hinzuweisen ist weiterhin auf die Gefahr von sogenannten Innentätern. Die **Nuclear Threat Initiative** (NTI) bewertet mit dem Nuclear Security Index die Maßnahmen, die Länder ergreifen, um das Risiko von Sabotage und Terroranschläge gegen kerntechnische Anlagen zu verringern. Laut NTI (2020) zeigen sich in Slowenien Defizite beim Schutz vor der Bedrohung durch Innentäter.

Die Funktion des geplanten Trockenlagergebäudes für abgebrannte Brennelemente besteht laut UMWELTBERICHT (2020) darin, die Lagerbehälter vor äußeren Witterungseinflüssen zu schützen und eine zusätzliche Strahlenabschirmung zu gewährleisten. Der Schutz des geplanten Zwischenlagers gegen einen Flugzeugabsturz sowie gegen andere schwere Einwirkungen von außen soll vor allem durch die Behälter gewährleistet werden. Die Außenwände des Zwischenlagers sind bis in eine Höhe von 6 Metern aus Stahlbeton gefertigt und haben eine Stärke von 0,8 Meter. Beispielsweise sollen in Deutschland beim Neubau des Zwischenlagers Nord 1,80 Meter dicke Stahlbetonwände die Behälter schützen.

Die Lagerabschirmung des HI-STORM FW schützt laut Hersteller den gelagerten Inhalt vor natürlichen und künstlichen Projektilen einschließlich eines F-16 Flugzeugaufpralls. (HOLTEC 2019b) F-16 ist ein US-amerikanisches Kampfflugzeug mit einem maximalen Startgewicht von rund 20 t und einer Kerosinmenge von weniger als 10.000 l. Ein Verkehrsflugzeug kann erhebliche stärkere mechanische und thermische Auswirkungen auf die gelagerten Behälter haben. Insofern ist nicht zwangsläufig eine Freisetzung im Falle eines Absturzes eines Verkehrsflugzeugs ausgeschlossen. Der Absturz eines Verkehrsflugzeuges und daraus möglicherweise resultierende Brände mit Temperaturen von über 1.000 °C können bei fehlender Auslegung zu einem Integritätsverlust der Behälter und zu massiven radioaktiven Freisetzungen führen.

Im Falle eines Absturzes eines Verkehrsflugzeugs (Boeing 747-400ER) auf das geplante Zwischenlager am Standort Krško werden laut UMWELTBERICHT (2020) keine radioaktiven Substanzen in die Umgebung freigesetzt. In dem betrachteten Szenario beträgt die Geschwindigkeit des Flugzeugs jedoch nur 100 m/s (360 km/h) und ist damit verhältnismäßig gering. Die dadurch verursachten Einwirkungen unterschätzen die möglichen mechanischen Belastungen erheblich. Beispielsweise wurde in Deutschland bei entsprechenden Untersuchungen eine deutlich höhere Geschwindigkeit von 175 m/s (630 km/h) unterstellt.

Laut UMWELTBERICHT (2020) wurde weiterhin angenommen, dass sich die gesamte Kerosinmenge (245.000 Liter) im Lagergebäude verteilt und dort verbrennt. Die Branddauer würde dann 26 Minuten betragen, als Brandtemperatur wurden 800°C unterstellt. Untersuchungen bezüglich eines möglichen Cliff-Edge Effekts bei einem längeren Brand sind nicht erfolgt. Allerdings wurden im Rahmen des UVP-Verfahrens Sensitivitätsanalysen zu den Auswirkungen bei einer Brandtemperatur von 1.000°C erstellt. Es wurde auch für diesen Fall keine Freisetzung aus dem Behälter ermittelt.

### **Grenzüberschreitende Auswirkungen**

Aufgrund der vorgelegten Dosisangaben für die angenommene Behälter-Leckage kann eine mögliche Betroffenheit Österreichs durch einen schweren Unfall im Trockenlager nicht beurteilt werden. Dazu ist die Angabe von maximalen Dosiswerten für Kinder und Erwachsene erforderlich, die mit den Richtwerten der österreichischen Interventionsverordnung vergleichbar sind. Weiters wäre es wünschenswert zu zeigen, ob Kontaminationswerte in österreichischem Staatsgebiet auftreten können, die über den Richtwerten des Maßnahmenkatalogs für landwirtschaftliche Schutzmaßnahmen (BMLFUW 2014) liegen.

## SUMMARY

The construction of an interim storage for spent nuclear fuel assemblies is planned at the NPP Krško site in Slovenia. Austria takes part in the Environmental Impact Assessment (EIA) conducted for this project according to the ESPOO-Convention and the EIA Directive. The Austrian participation in the procedure serves the goal of providing recommendations for the minimization and – in best case – elimination of significantly adverse impacts on Austria.

### Procedure and proof of disposal

All documents necessary for an EIA were presented. An Environmental Impact Assessment (EIA) should take place at a time when all options are open. However, both, the site and technology were decided on already in the past years; the company Holtec was awarded the contract in 2017. Therefore, it appears questionable that this condition - the point in time when this EIA is being conducted – is actually met.

Several alternatives for decommissioning of the dry storage have been presented. However, a proof of disposal would also require evidence that the needed final disposal capacities will be available at the right time. Currently this is not foreseeable for the low and medium level active waste originating from decommissioning the dry storage or for the spent fuel assemblies. An alternative plan for the case that no final disposal will be ready was not presented.

### Assessment of the planned interim storage and the casks incl. aspects or long-term operation

Currently the spent fuel assemblies generated during the NPP Krško operation are stored in the pool of the fuel building. The decision to construct a dry storage at the NPP Krško site is welcomed. Under the aspect of nuclear safety, the dry storage's potential impacts on Austria are less severe compared to the wet storage's. The most important reasons consist in the use of passive safety systems, the lower proneness for incidents with releases and the lower amount of released radioactive materials in case of an accident.

The re-location of the spent fuel assemblies from the wet storage into a dry storage significantly reduces the risk posed by the Krško NPP site. However, the time plan for the re-location is not sufficiently oriented toward the nuclear safety aspects. According to UMWELTBERICHT (2020) the fuel assemblies will be transferred from the storage pool into the dry storage in four campaigns. Already UMWELTBUNDESAMT (2020) highlighted that the safety aspect should be prioritized above economic aspects. For this reason all spent fuel assemblies (around 1000) should be re-located swiftly after a sufficient level of decay (at least five years) has been reached once the interim storage started operating.

The storage system HI-STORM FW was selected for the storage purpose. It consists of the following basic components:

- Storage Shielding HI-STORM FW (Storage Modul Flood and Wind);
- Multi-purpose canister MPC-37 (Multi-Purpose Canister);
- Transfer shielding HI-TRAC.

The storage cask HI-STORM FW MPC consists of a storage shielding and an inserted multipurpose canister. After the storage period will have ended, the spent fuel assemblies should be removed from the Krško site using the transport cask HI-STAR 190.

According to UMWELTBERICHT (2020) safety should also be ensured by meeting international standards and guidelines of the International Atomic Energy Agency (IAEA) and the Western European Nuclear Regulators Association (WENRA). All relevant documents were referred to in its current versions.

In case the canisters are in need of repair in the period after the NPP Krško's definite shut down, the canisters will be transported to an external service provider e.g. to Switzerland. The next review of the NPP Krško's decommissioning plan should look into the second option, when the fuel handling building will be also available after the NPP's shutdown for possible canister repairs. Under safety aspects this is certainly the preferable solution, because transports of spent fuel assemblies always bear additional risks. For Austria this is of relevance because transports of potentially damaged canisters from Slovenia to Switzerland could take place via Austria.

Taking into account the planning of the final repository, the interim storage operation would be necessary for 50 years. The operation of the dry storage for spent fuel assemblies in the NPP Krško is assumed to last for 60 years, with the option to prolong its operation. The storage system components should be designed for a 100-years lifetime.

The decision to design the storage system components for a life-time of 100-years is welcome. Internationally it is becoming clear that most countries will need significantly more time for the planning, licensing and the construction of a final repository than originally foreseen. However, the US nuclear regulator NRC licensed the storage system HI-STORM FW for a period of 40 year only. Without any further explanation, it is therefore not possible to understand, how the design for a 100-year storage period for the planned interim storage at the Krško site will be realized.

The UMWELTBERICHT (2020) however does not mention or discuss the safety relevant aspects of long-term safety. The storage concept is based on the assumption that the canister will remain tight for the entire storage period; the responsibility of ensuring the integrity of the fuel assemblies after the interim storage period lies with those who are responsible for the final repository or the reprocessing. No plans were presented which include the control of fuel rod tightness in the canisters. The UMWELTBUNDESAMT (2020) report included the suggestion to examine in the framework of the EIA procedure whether this approach is adequate. The document did not clarify whether this issue has been looked into. Furthermore, still no random tightness checks for the fuel rods are planned.

### **Incidents and accidents without third party involvement**

The casks will be stored in a dry storage building. The first 6 m of the building will consist of a reinforced concrete structure and the higher part of a steel construction covered with metal paneling. The dry storage building's function consists in protecting the storage casks from external weather conditions and ensuring additional radiation shielding.

On top of radiation protection, the cask's storage shielding should also ensure the multi-purpose canister's cooling during storage and protect the canister against tornado-caused projectiles and natural and extraordinary impacts. However, quantitative data on the events the storage shielding should protect against are lacking.

According to UMWELTBERICHT (2020), the HI-STORM FW system together with the dry storage building ensures the basic safety functions. This encompasses ensuring sub-criticality, heat removal from the casks and retention of radioactive materials during operation, during a Design Basis Accident (DBA) and during Design Extension Conditions (DEC).

Possible impacts and protection measures taken against flooding were explained; however, the presented documents do not make conclusions possible on whether the height of the protection is sufficient. An analysis of possible extreme weather events has not been undertaken. In particular when taking into account the long storage time, it is necessary to include trends for extreme weather events. According to current level of knowledge, extreme events will increase in frequency and intensity due to climate change.

Five initiating events were used for the safety analyses (casks toppling due to increased seismic load, passive casks cooling impossible, crash of a commercial or military plane, collapse of dry storage building and fire in case of a plane crash). Those initiating events could lead to the most severe impacts. However, sabotage and terror attacks from the ground have not been examined. Furthermore, the mechanical impacts of a plane crash have not been sufficiently analyzed because the postulated speed was too low.

In the framework of safety analyses also cliff-edge effects were examined, which is welcomed. As much can be assessed from the presented documents, small changes in parameters were assumed, but the existing reserves were not determined. Moreover, this was not done for all relevant parameters (such as the speed of a plane).

Events in the interim storage can have impacts on the safety of the reactor operating at the site; also, an event in the reactor can have impacts on the interim storage. Such interactions were analyzed but without taking into consideration the competition for resources needed to control the incident or to limit the possible accident consequences.

Although the safety analyses did not identify loss of tightness for a canister for any of the analyzed accidents, an analysis of the radiological consequences of a canister leakage in case of a hypothetical loss of the seal was conducted. For the hypothetical case of a leaking MPC 37 this analysis found a 30-day dose at 80 km distance from NPP Krško below 0.2 mSv. In principle, it is welcome that this investigation was undertaken in the framework of an EIA procedure. However, the result of the analysis cannot be assessed, since the temperature assumed in the canister for the analysis was not mentioned. The potential release is strongly temperature dependent.

### Incidents and accidents due to external impacts

The safety case was made among others also for a plane crash in combination with kerosene fire and collapse of the storage hall. This safety case covers the earthquake impacts, even though the analyzed scenario is not conservative regarding the mechanical and thermal loads.

It does not seem necessary and purposeful to discuss the analyses and results for the planned dry storage regarding earthquake in further details. However, this does not mean that for the reactor the earthquake hazard on site should not be continuously assessed.

### Incidents and accidents with third party impacts

Several terror scenarios can lead to massive releases from interim storages at the Krško site, which could also affect Austria. Taking into account potential terror attacks is in line with current state-of-the-art of science and technology. Details about the protection against terror attacks cannot be discussed in the EIA procedure due to reasons of classification. The envisaged protective measures in response to scenarios publicly discussed in some countries' however can be outlined.

In addition to a possible terrorist plane attack on the interim storage, also the use of **anti-tank weapons** against the casks is a scenario which e.g. in Germany has to be taken into account in the framework of an interim storage licensing. This type of scenario has not been mentioned in the EIA documents.

Concerning this issue, the presented documents provide information that protection against terror attacks from the ground should be ensured based on the fact that the storage is located in the NPP Krško's controlled zone. In Germany for example this proposal was assessed as insufficient and additional measures were implemented to improve the protection against possible terrorist attacks.

Also the danger of so-called insiders needs to be pointed out. With its Nuclear Security Index the **Nuclear Threat Initiative** (NTI) assesses the measures taken by individual countries to reduce the risk of sabotage and terrorist attacks against nuclear facilities. According to NTI (2020), Slovenia has deficits when it comes to the protection against insider threats.

According to UMWELTBERICHT (2020) the function of the planned dry storage building for spent nuclear fuel assemblies consists in protecting the casks against external weather impacts and providing additional radiation shielding. The protection of the planned interim storage against plane crashes and other severe external impacts should mainly be ensured by the casks. The interim storage external walls are made of reinforced concrete up to the height of 6 meters and are 0.8 m thick. E.g. in Germany the newly built interim storage (Zwischenlager Nord) will have 1.8 m thick walls of reinforced concrete to protect the casks.

According to the manufacturer, the HI-STORM FW storage shielding protects the stored content from natural and artificial projectiles, including a F-16 plane crash. (HOLTEC 2019b) The F-16 is a U.S. fighter jet with a maximum 20 t take-off weight and kerosene amount under 10 000 l. A commercial airplane can have significantly larger mechanical and thermal impacts on the stored casks. Therefore, a release cannot be necessarily excluded in case of a commercial airplane crash. The crash of a commercial airplane and the resulting fires with temperatures

ranging above 1000°C can lead to loss of canister integrity and massive radioactive releases when the casks are not appropriately designed.

According to UMWELTBERICHT (2020) the crash of a commercial airplane (Boeing 747-400ER) on the planned interim storage on the Krško site would not lead to releases of radioactive substances in the surroundings. However, the analyzed scenario only assumes 100 m/s (360 km/h) speed for the airplane, which is relatively low. The impacts caused this way substantially underestimate the possible mechanical loads. For example in Germany for those investigations a substantially higher speed of 175 m/s (630 km/h) was assumed.

UMWELTBERICHT (2020) described the assumptions as including that the entire kerosene amount (245,000 litres) would be distributed in the storage building and burn there. The fire would last 26 minutes, assuming a fire temperature of 800°C. The possibility of cliff edge effects caused by a longer lasting fire was not analyzed. However, in the framework of the EIA procedure, sensitivity analyses were conducted on the impacts of fire temperatures of 1,000°C. Also in this case no releases from the canister were assessed.

### **Trans-boundary impacts**

On the basis of the presented dose data for the assumed canister leakage it is not possible to assess a possible impact on Austria due to a severe accident in the dry storage. For this purpose the data for the maximum dose values for children and adults are needed, which are comparable to the reference values of the Austrian Intervention Regulation. Furthermore, it would be welcome to show whether contamination values on the Austrian state territory could occur which exceed the reference values of the intervention catalogue for agricultural intervention measures (BMLFUW 2014).



## POVZETEK

V Sloveniji je na lokaciji nuklearne elektrarne Krško (NEK) predvidena gradnja suhega skladišča za izrabljeno jedrsko gorivo. V skladu s konvencijo ESPOO in direktivo o PVO bo za ta projekt izvedena celovita presoja vplivov na okolje, pri kateri bo sodelovala tudi Avstrija.

Cilj sodelovanja Avstrije v postopku CPVO so priporočila za zmanjšanje, v najboljšem primeru odpravo, možnih škodljivih učinkov na Avstrijo.

### Postopek in dokazilo o razgradnji

Predloženi so bili vsi dokumenti, potrebni za CPVO. Celovita presoja vplivov na okolje (CPVO) mora biti izvedena takrat, ko so odprte vse možnosti. Lokacija in tehnologija suhega skladišča sta bili v zadnjih letih že opredeljeni, leta 2017 pa je bila podpisana tudi pogodba s podjetjem Holtec. Zato se zdi vprašljivo ali čas, v katerem se izvaja trenutna CPVO, ustreza tej zahtevi.

Predstavljene so bile različne različice razgradnje suhega skladišča. Ob predložitvi dokazila o razgradnji pa bi bilo prav tako treba pojasniti ali bodo ob določenem času na voljo tudi potrebne kapacitete v odlagališču. To trenutno ni mogoče predvideti, ne za nizko in srednje radioaktivne odpadke iz razgradnje suhega skladišča in tudi ne za izrabljeno gorivo. Nadomestni načrt kaj se bo zgodilo v primeru, da ne bo na voljo nobenega odlagališča, ni bil predložen.

### Ocena načrtovanega suhega skladišča in zabojnikov vključno z dolgoročnimi vidiki obratovanja

Izrabljeno gorivo iz obratovanja NEK je trenutno shranjeno v bazenu za izrabljeno gorivo, nameščenem v zgradbi za gorivo. Odločitev za gradnjo suhega skladišča v NEK je načeloma treba pozdraviti. Z vidika možnih učinkov na Avstrijo je suho skladiščenje v primerjavi z mokrim skladiščenjem bolj varno. Glavni razlogi za to so uporaba pasivnih varnostnih sistemov, manjša dovzetnost za nesreče s sproščanjem in nižja stopnja izpustov radioaktivnih snovi v primeru nesreče.

Premestitev izrabljenega goriva (IG) iz mokrega skladišča v suho skladišče znatno zmanjša tveganje, ki ga predstavlja NE Krško. Vendar pa je v časovnem načrtu premestitve premalo upoštevana varnost. V skladu z UMWELTBERICHT (2020) bo izrabljeno gorivo premeščeno iz bazena v suho skladišče v štirih fazah: že UMWELTBUNDESAMT (2020) je opozorila, da morajo imeti varnostni vidiki prednost pred gospodarskimi vidiki. Zato bi, po možnosti vso IG (približno 1.000 kosov) katerega stopnja sevanja se je dovolj zmanjšala (najmanj pet let), premestili v suho skladišče nemudoma po začetku obratovanja.

Za skladiščenje je bil izbran HI-STORM FW sistem za suho skladiščenje. Ta obsega naslednje osnovne komponente:

- Skladiščni modul HI-STORM FW (skladiščni modul vremenska in protipoplavna zaščita);
- Večnamenski zabojnik MPC-37 (večnamenski zabojnik);
- Zabojnik za premeščanje HI-TRAC.

HI-STORM FW MPC zabojnik za shranjevanje je sestavljen iz zaščitnega plašča in košare. Po koncu skladiščenja bodo elementi izrabljenega goriva iz lokacije Krško premeščeni v transportnem zabojniku HI-STAR 190.

Jamstvo za varnost, v skladu z UMWELTBERICHT (2020) ustreza tudi mednarodnim standardom in smernicam Mednarodne agencije za jedrsko energijo (IAEA) in Združenja zahodnoevropskih jedrskih upravnih organov (WENRA). Vsi ustrezni dokumenti so navedeni v trenutni različici.

V primeru potrebnega popravila zabojnikov po razgradnji NEK, je predviden prevoz zabojnikov k zunanjemu ponudniku storitev, npr. v Švico. V naslednji reviziji načrta razgradnje NEK je treba razmisliti tudi o možnosti, da ostane objekt za ravnanje z izrabljenim gorivom (FHB) na voljo za morebitno popravilo zabojnikov tudi po razgradnji NEK. To bi bilo iz varnostnega vidika dobrodošlo, saj je prevoz izrabljenega goriva vedno povezan z dodatnimi tveganji. To je pomembno za Avstrijo, saj bi potencialno poškodovane zabojnike iz Slovenije v Švico prevažali preko Avstrije.

Na podlagi načrtovanja odlagališča bi bilo suho skladiščenje potrebno za obdobje 50 let. Obratovalna doba suhega skladišča za izrabljeno gorivo v NEK je predvidoma 60 let, z možnostjo podaljšanja obratovanja. Komponente sistema za skladiščenje bi morale biti zasnovane za življenjsko dobo 100 let.

Dobrodošlo je, da so komponente sistema za skladiščenje zasnovane za življenjsko dobo 100 let. Saj je v svetovnem merilu postalo jasno, da bo večina držav potrebovala za načrtovanje, odobritev in postavitve odlagališča, precej več časa kot prvotno načrtovano. Vendar pa je bil HI-STORM FW sistem za skladiščenje, s strani ameriškega homologacijskega organa NRC, odobren samo za obdobje 40 let. Zato brez nadaljnje obrazložitve ni razumljivo, kako bo izvedeno načrtovano skladiščenje za 100 let v predvidenem suhem skladišču na lokaciji Krško.

V UMWELTBERICHT (2020) tudi niso navedeni varnostno-tehnični vidiki dolgoročne varnosti. Cilj koncepta skladiščenja je, da so zabojniki nepropustni za celotno obdobje skladiščenja; po zaključenem obdobju suhega skladiščenja je za zagotavljanje ustreznosti stanja gorivnih palic odgovorna oseba, ki je pristojna za odlaganje ali predelavo. Preverjanje nepropustnosti gorivnih palic v zabojnikih ni predvideno. UMWELTBUNDESAMT (2020) je predlagala, da se v okviru postopka CPVO preveri ali je ta pristop primeren. Iz dokumentov ni razvidno ali je bil predlog sprejet. Naključno preverjanje nepropustnosti gorivnih palic še vedno ni načrtovano.

### **Okvare in nesreče brez vpliva tretjih oseb**

Zabojniki bodo shranjeni v objektu za suho skladiščenje. Ta bo v spodnjem delu zasnovan do višine 6 m kot betonsko-jeklena konstrukcija, v zgornjem pa kot jeklena konstrukcija prekrita s kovinskimi paneli. Funkcija suhega skladišča je zaščititi zabojnike pred zunanjimi vremenskimi vplivi in zagotoviti dodatno zaščito pred sevanjem.

Skladiščni modul zabojnika mora poleg zaščite pred sevanjem zagotavljati tudi hlajenje večnamenskega zabojnika med skladiščenjem, zaščito zabojnika pred izstrelki zaradi tornada ter pred naravnimi in nenavadnimi vplivi. Kvantitativne informacije, pred katerimi dogodki ščiti skladiščni modul zabojnika, pa ne obstajajo.

V skladu z UMWELTBERICHT (2020) HI-STORM FW sistem skupaj z objektom za suho skladiščenje zagotavlja osnovne varnostne funkcije. To obsega zagotavljanje podkritičnosti, odvajanje toplote iz zabojskih in preprečitev širjenja radioaktivnih snovi med obratovanjem, projektnimi dogodki in razširjenimi projektnimi dogodki.

Opisani so možni učinki in zaščitni ukrepi pred poplavami, ampak ali je raven zaščite zadostna pa na podlagi razpoložljivih dokumentov ni mogoče dokončno oceniti. Analiza možnih ekstremnih vremenskih dogodkov ni bila izvedena. Ravno zaradi dolgoletnega skladiščenja je upoštevanje trendov v ekstremnih vremenskih pojavih pomembno. Po trenutnih dognanjih se zaradi podnebnih sprememb povečuje intenzivnost in pogostost ekstremnih dogodkov.

V varnostnih analizah je bilo upoštevanih pet sprožilnih dogodkov (prevrnitev zabojsnika zaradi povečane potresne obremenitve, pasivno hlajenje zabojsnika ni možno, strmoglavljenje potniškega letala ali vojaškega letala, zrušitev suhega skladišča in požar v primeru letalske nesreče). Ti sprožilni dogodki zajemajo dogodke, ki imajo največji vpliv. Vendar pa niso bile upoštevane sabotaze oz. teroristični napadi s tal. Poleg tega niso dovolj upoštevani mehanski vplivi letalske nesreče, ker je predvidena hitrost prenizka.

V sklopu varnostnih analiz so bile izvedene tudi preiskave za primere učinka Cliff-Edge. To je na splošno dobrodošlo. Na podlagi predloženih dokumentov je možno oceniti, da so pri analizah upoštevane majhne spremembe parametrov, vendar pa obstoječe rezerve niso določene. Poleg tega analiza ni bila izvedena za vse relevantne parametre (na primer hitrost letala).

Načeloma lahko dogodki v suhem skladišču vplivajo na varno delovanje reaktorja na lokaciji; podobno lahko dogodek v reaktorju vpliva na suho skladišče. Takšni vzajemni učinki so obravnavani v postopku CPVO za suho skladišče, vendar ne v zvezi z konkurenčnimi viri za obvladovanje nesreč ali omejevanje možnih posledic nesreč.

Čeprav varnostne analize pri nobeni analizirani nesreči niso odkrile prepustnosti zabojsnika, je bila izvedena analiza radioloških posledic puščanja zabojsnika v primeru hipotetične okvare tesnjenja. V hipotetičnem primeru puščanja zabojsnika MPC 37 ta analiza ugotavlja, da je 30-dnevni odmerek na razdalji 80 km od NEK manj kot 0,2 mSv. Načeloma je treba pozdraviti, da je bila taka preiskava izvedena v okviru postopka CPVO. Vendar pa rezultata analize ni možno oceniti, saj ni navedeno kakšna temperatura v zabojsniku je bila upoštevana za analizo. Potencialno sproščanje je močno odvisno od temperature.

### **Okvare in nesreče, ki jih povzročijo zunanji vplivi**

Varnostna analiza je bila med drugim izvedena za letalsko nesrečo v kombinaciji s požarom kerozina in zrušenjem skladišča. Tudi če analizirani scenarij ni konservativen glede mehanskih in toplotnih obremenitev, zajema varnostna analiza učinke potresa.

Podrobnejša razprava o analizah in rezultatih načrtovanega suhega skladišča v povezavi s potresi ni potrebna in smiselna. Vendar to ne izključuje stalnega ocenjevanja nevarnost potresa na lokaciji z ozirom na reaktor.

### **Okvare in nesreče zaradi vpliva tretjih oseb**

Različni teroristični scenariji bi lahko povzročili velike izpuste iz suhih skladišč na lokacijah Krško, kar bi lahko prizadelo tudi Avstrijo. Upoštevanje možnih terorističnih napadov ustreza trenutnemu stanju znanosti in tehnologije. Podrobnosti zaščite pred terorističnimi napadi zaradi zaupnosti ni mogoče obravnavati v postopku CPVO. Možno pa je opisati predvidene zaščitne ukrepe za scenarije, o katerih so v nekaterih državah že javno razpravljali.

Poleg možnega letalskega terorističnega napada na suho skladišče je možen tudi scenarij uporabe **protioklepnega orožja** na zabojujnikih. V Nemčiji ta scenarij obravnavajo v okviru odobritve suhega skladišča. Takšen scenarij v dokumentih CPVO ni omenjen.

Kolikor je razvidno iz predloženih dokumentov naj bi bila zaščita pred terorističnimi napadi s tal zagotovljena predvsem z varovanjem lokacije na območju NEK. V Nemčiji na primer je bilo takšno varovanje suhih skladišč ocenjeno kot nezadostno in v zadnjih letih so bile izvedene dodatne prilagoditve za izboljšanje zaščite pred možnimi terorističnimi napadi.

Opozoriti je treba tudi na nevarnost tako imenovanih internih storilcev. **Nuclear Threat Initiative (NTI) (Pobuda za jedrsko grožnjo)** uporablja indeks jedrske varnosti za oceno ukrepov, ki jih države sprejmejo za zmanjšanje tveganja sabotaže in terorističnih napadov na jedrske objekte. V skladu s NTI (2020) je v Sloveniji zaščita pred grožnjo internih storilcev pomanjkljiva.

V skladu z UMWELTBERICHT (2020) je funkcija načrtovane zgradbe za suho skladiščenje izrabljenega goriva zaščita zabojujnikov za skladiščenje pred zunanjimi vremenskimi vplivi in zagotovitev dodatne zaščite pred sevanjem. Zaščito načrtovanega suhega skladišča pred letalsko nesrečo in pred drugimi hudimi zunanjimi vplivi naj bi zagotavljali predvsem zabojujnik. Zunanje stene suhega skladišča so izdelane iz armiranega betona do višine 6 metrov in debeline 0,8 metra. V Nemčiji na primer bodo v novem suhem skladišču Zwischenlager Nord zabojujnike varovale stene iz armiranega betona debeline 1,80 m.

Po navedbah proizvajalca skladiščni modul HI-STORM FW ščiti skladiščeno vsebino pred naravnimi in umetnimi projektili, vključno strmoglavljenjem letala F-16. (HOLTEC 2019b) F-16 je ameriško bojno letalo z največjo vzletno maso približno 20 t in količino kerozina manj kot 10.000 l. Potniško letalo ima lahko bistveno močnejše mehanske in toplotne učinke na skladiščene zabojujnike. V tem pogledu izpusti v primeru strmoglavljenja potniškega letala niso izključeni. Zaradi slabega načrtovanja lahko strmoglavljenje potniškega letala, katerega posledica so morebitni požari s temperaturami nad 1.000 °C, poškoduje zabojujnike in povzroči velike izpuste radioaktivnih snovi.

V skladu z UMWELTBERICHT (2020)) v primeru strmoglavljenja potniškega letala (Boeing 747-400ER) na načrtovano suho skladišče na lokaciji Krško ne bo prišlo do sproščanja radioaktivnih snovi v okolje. V obravnavanem scenariju pa je hitrost letala zgolj 100 m/s (360 km/h) in je tako razmeroma nizka. Zato povzročeni učinki znatno podcenjujejo možne mehanske obremenitve. V Nemčiji na primer je bila v ustreznih raziskavah predvidena bistveno višja hitrost 175 m/s (630 km/h).

V skladu z UMWELTBERICHT (2020) je nadalje predvideno, da se celotna količina kerozina (245.000 litrov) razporedi po skladišču in tam gori. Trajanje požara bi tako znašalo 26 minut in predvidena temperatura bi bila 800 °C. Analize možnega učinka Cliff-Edge niso bile izvedene. Vendar so bile v sklopu okoljskega poročila

CPVO izvedene analize občutljivosti na učinke pri požarni temperaturi 1.000 °C. Tudi za ta primer niso bili analizirani izpusti iz zabožnikov.

### **Čezmejni učinki**

Na podlagi podatkov o odmerkih pri predpostavljenem puščanju zabožnika ni mogoče oceniti možnega vpliva hude nesreče v suhem skladišču na Avstrijo. Zato je treba določiti najvišje vrednosti odmerka za otroke in odrasle, ki so primerljive z okvirnimi vrednostmi avstrijskega intervencijskega odloka. Prav tako je zaželeno informacija, če se lahko na avstrijskem ozemlju pojavijo vrednosti onesnaženja, ki so višje od orientacijskih vrednosti v katalogu ukrepov za zaščito kmetijskih proizvodov (BMLFUW 2014).



# 1 EINLEITUNG

Am Standort des Kernkraftwerks (KKW) Krško in Slowenien ist die Errichtung eines Zwischenlagers für abgebrannte Brennelemente geplant. Für dieses Projekt wird eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) gemäß ESPOO-Konvention und UVP-Richtlinie durchgeführt, an der sich Österreich beteiligt.

Bevor das Bewilligungsverfahren zu diesem Vorhaben begonnen werden konnte, musste ein Raumordnungsverfahren durchgeführt werden. An der dafür nötigen Strategischen Umweltprüfung (SUP) hatte sich Österreich bereits beteiligt. Eine Fachstellungnahme und ein Konsultationsbericht wurden im Auftrag des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK, vormals BMNT) und der Bundesländer Kärnten, Niederösterreich, Salzburg, Steiermark und Vorarlberg erstellt. (UMWELTBUNDESAMT 2019, 2020)

Für diese UVP wird in Österreich eine Öffentlichkeitsbeteiligung durchgeführt. Ziel der österreichischen Verfahrensbeteiligung ist es, Empfehlungen zur Minimierung, im optimalen Falle Eliminierung, möglicher erheblich nachteiliger Auswirkungen auf Österreich zu geben. Das Umweltbundesamt wurde vom BMK sowie den Bundesländern Kärnten, Niederösterreich und Steiermark beauftragt, die Erstellung einer Fachstellungnahme zum Vorhaben zu koordinieren.

Folgende Dokumente wurden von der slowenischen Seite zur Verfügung gestellt und sind auf der Webseite des UBA abrufbar:

- Umweltverträglichkeitsbericht zur Modernisierung der Technologie der Lagerung abgebrannter Brennelemente (ABE) durch Einführung der Trockenlagerung – Nuklearna elektrarna Krško d.o.o. (Kernkraftwerk Krško GmbH). Zeichen: 101118-dn. Ljubljana, März 2020 (in dieser Fachstellungnahme zitiert als UMWELTBERICHT 2020)
- 6 Beilagen zum Umweltbericht, größtenteils Karten (zitiert als BEILAGE 1-5 ZUM UMWELTBERICHT 2020)
- Umweltverträglichkeitsbericht zur Modernisierung der Technologie der Lagerung abgebrannter Brennelemente (ABE) durch Einführung der Trockenlagerung. Nuklearna elektrarna Krško d.o.o. (Kernkraftwerk Krško GmbH). Zusammenfassung. Zeichen:101118-dnLjubljana, März 2020 (zitiert als UMWELTBERICHT ZUSAMMENFASSUNG 2020)
- NEK: Genehmigungsplanung, Rev. C: Kernkraftwerk Krško / Trockenlager für abgebrannte Brennelemente. Neubau. Planungsnummer NEKDSB-B056/250, Nummer der Karte: NEKDSB-5V/M01C, Ljubljana, März 2020 (zitiert als GENEHMIGUNGSPLAN 2020)
- 11 Beilagen zum Genehmigungsplan (zitiert als BEILAGE 1-11 ZUM GENEHMIGUNGSPLAN 2020)

Weiters relevant sind auch die Abschlussdokumente des SUP-Verfahrens zum Bauleitplan, die ebenfalls auf der Webseite des UBA zur Verfügung stehen:

- Ministry of the Environment and Spatial Planning, Republic of Slovenia: Final decision on change of municipality spatial plan for radioactive nuclear waste dry storage – strategic environmental assessment. Brief an den Espoo Kontaktpunkt im BMK, 31.03.2020. (zitiert als BESCHEID 2020)
- 541. Erlass über die Änderungen und Ergänzungen des Erlasses über den Raumordnungsplan des Kernkraftwerks Krško. Übersetzung ins Deutsche. (zitiert als ERLASS 2020)

In der vorliegenden Fachstellungnahme wird dargestellt, ob die Informationen in diesen Dokumenten eine Beurteilung möglicher erheblich nachteiliger Auswirkungen auf Österreich erlauben, dies bezieht sich vor allem auf das Ergreifen von Maßnahmen entsprechend dem österreichischen Maßnahmenkatalog für radiologische Notstandssituationen.

Diesbezügliche Mängel oder Defizite werden dargestellt, allfällige Unklarheiten als Fragen formuliert, vorläufige Empfehlungen werden abgegeben.



## 2 BEWERTUNG DES UVP-VERFAHRENS UND ENTSORGUNGSNACHWEISES

Das dem UVP-Verfahren vorgelagerte SUP-Verfahren zum Bauleitplan Krško wurde mit einem Bescheid des Ministeriums für Umwelt und Raumordnung der Republik Slowenien an die Gemeinde Krško (BESCHEID 2020) und einem Erlass über die Änderungen und Ergänzungen des Erlasses über den Raumordnungsplan des Kernkraftwerkes Krško (ERLASS 2020) abgeschlossen. Da im Zuge des UVP-Verfahrens die Bestimmungen dieser Dokumente ebenfalls zu berücksichtigen sind, wird in diesem Kapitel zunächst eine Bewertung der abschließenden SUP-Dokumente vorgenommen und danach folgt eine Bewertung der vorgelegten UVP-Dokumente.

### 2.1 Darstellung in den UVP-Dokumenten und in den abschließenden SUP-Dokumenten

#### **Abgleich der abschließenden SUP-Dokumente mit den Empfehlungen der österreichischen Seite aus dem SUP-Verfahren zum Bauleitplan**

Im Bescheid des SUP-Verfahrens wird festgestellt, dass die im Verfahren ermittelten Umweltauswirkungen annehmbar sind; weiters wird in den Erlass in Art. 10 ein neuer Absatz (11) eingefügt. (BESCHEID 2020, S. 1)

Es wird festgestellt, dass alle Stellungnahmen, die von slowenischen Ministerien und Organisationen eingegangen sind, positiv gewesen seien, und dass keine zusätzlichen Anforderungen daraus entstanden seien. (BESCHEID 2020 S 12) Bezüglich eines Vorschlags der Republik Kroatien für den Einbezug einer regelmäßigen Überwachung der Oberflächen- und Grundwässer wird angemerkt, dass dieser in der Phase der UVP geprüft werde.

Der Ablauf des grenzüberschreitenden Verfahrens mit Österreich wird beschrieben, auch, dass im Zuge bilateraler Konsultationen alle offenen Fragen aus der Fachstellungnahme zur SUP (UMWELTBUNDESAMT 2019) beantwortet wurden. Die Beantwortung einiger technischer (Folge)Fragen wird auf das UVP-Verfahren verschoben. Der Erwartung Österreichs, dass die Empfehlungen aus dem Konsultationsbericht (UMWELTBUNDESAMT 2020) in den Bescheid übernommen werden, wurde insofern entsprochen, als dass die ca. 4,5-seitige Zusammenfassung und die Empfehlungen aus Kap. 5 des Konsultationsberichts im Bescheid enthalten sind.

Der Erlass enthält die Änderungen des bisherigen Raumordnungsplans des Kernkraftwerkes Krško (ERLASS 2020; bisheriger Raumordnungsplan = BAULEITPLAN 2019). Wie oben bereits erwähnt, wurde nur eine Änderung zusätzlich zu den im SUP-Verfahren vorgeschlagenen Änderungen angenommen, und zwar in Art. 10 die Hinzunahme eines Abs. 11, in dem die Fortsetzung der Durchführung von Dosisleistungsmessungen am Zaun des KKW und zusätzliche Dosismessungen am Trockenlager festgeschrieben werden. (ERLASS 2020, Art. 4)

## Alternativen

Im Umweltbericht werden in Kap. 3 die Alternativen des Projekts vorgelegt. (UMWELTBERICHT 2020, S. 122ff.) Aufgrund eines Bescheids der Slowenischen Atomaufsichtsbehörde SNSA vom September 2011 musste NEK nach Möglichkeiten zur Verringerung des Risikos durch die Lagerung der abgebrannten Brennelemente im Lagerbecken suchen, und das früher als geplant.

Die **Nullvariante**, die Beibehaltung der Lagerung im Becken im KKW, wird als nicht sicher genug eingestuft.

Eine **Wiederaufarbeitung** der abgebrannten Brennelemente und Aufbereitung für die weitere Nutzung wird nicht grundsätzlich ausgeschlossen, allerdings wird diese Option nur im Falle des Baus eines zweiten KKW-Blocks als realistisch angesehen. Außerdem müssten die bislang vorhandenen abgebrannten Brennelemente sowieso in einem Nass- oder Trockenlager bis zum Zeitpunkt der Wiederaufarbeitung gelagert werden; diese Option erspare also nicht die Errichtung eines Zwischenlagers.

Auch der **Verkauf** der abgebrannten Brennelemente wird als eine Option angesprochen. Gegen diese Option wird angeführt, dass alle hochradioaktiven und sonstigen Abfälle, die aus einer Wiederaufarbeitung entstehen, trotzdem zurückzunehmen seien. Diese Option ist derzeit nicht relevant.

Die **Trockenlagerung** wurde als sicherste und einzig vertretbare Option festgelegt, dies übrigens bereits im Nationalen Entsorgungsprogramm 2006-2015.

Unterschiedliche Optionen der **Behälter** für ein Trockenlager wurden in einem weiteren Bericht („Spent fuel Dry Storage System“) aus 2014 analysiert. (UMWELTBERICHT 2020, S. 124) Es handelt sich dabei um Dual Purpose Casks und Mehrzweckbehälter (Multi Purpose Canister). Weiters wurden verschiedene **Konstruktionsmaterialien** für das Bauwerk selbst betrachtet: Betongebäude, Metallgebäude und Betonplattformen. Die Bewertungen erfolgten nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Als beste Lösung aus technischer und wirtschaftlicher Sicht wurden die Mehrzweckbehälter in **vertikaler Lagerung** in einem Metall-Beton-Gebäude benannt. Zur Ausschreibung zugelassen wurden jedoch auch horizontale Lagerungseinheiten.

Die endgültige Wahl der technologischen Lösung verlief in Zuge der Beurteilung der eingegangenen Angebote in der öffentlichen Ausschreibung, die 2017 von der Firma **Holtec** mit einem Lagersystem aus Mehrzweckbehältern in vertikaler Lagerung gewonnen wurde.

Die Festlegung des **Standortes** des Trockenlagers am bestehenden KKW-Standort wurde in Kap. 3.7 damit begründet, dass es keine geeignetere Lösung gebe. (UMWELTBERICHT 2020, S. 127)

## Entsorgungsnachweis

Die Auswirkungen der Stilllegung des Trockenlagers werden im Umweltbericht in Kap. 2.13 behandelt:

Die Stilllegung des Trockenlagers wird als eine Stilllegungsphase des KKW erfolgen. Wie mit den zu diesem Zeitpunkt vorhandenen schwach- und mittelradioaktive Abfälle verfahren wird, wird vor der Stilllegung noch mehrmals überarbeitet werden. Grundsätzlich wird die Stilllegung im Stilllegungsplan geregelt, ebenso wie im bilateralen Abkommen mit Kroatien und in den zukünftigen Nationalen Entsorgungsprogrammen.

Das derzeitige Stilllegungsprogramm sieht zwei Phasen vor: in der ersten Phase (brown field) soll der Rückbau des energieerzeugenden Teils des KKW erfolgen; es werden alle radioaktiven Materialien bis auf das Trockenlager und die für seinen Betrieb nötigen Objekte und Systeme entfernt. In der zweiten Phase wird dann das Trockenlager stillgelegt. Die darin enthaltenen radioaktiven Abfälle werden entfernt, die Gebäude abgerissen (green field).

Für die Multi-Purpose-Behälter mit den abgebrannten Brennelementen werden **zwei Szenarien** benannt: erstens (**Basisszenario**), der Abtransport der Behälter, und zweitens (**Alternativszenario RS1**), die Umpackung der Behälter vor Ort mit nachfolgender Endlagerung. Es wird davon ausgegangen, dass der Transportbehälter HI-Star zur Wiederverwertung übergeben werden kann und nicht als radioaktiver Abfall eingestuft werden muss. Im ersten Szenario werden ca. 774,5 Tonnen radioaktive Stahlabfälle mit einer Aktivität von 31 GBq erwartet, im zweiten Szenario 1.958,8 Tonnen Stahl und Aluminium (Legierungen) mit einer Aktivität von 72 GBq.

Die Hälfte der Abfälle aus der Stilllegung soll in den Endlagerbehältertyp N2d und die andere Hälfte in den Typ RCC verfüllt werden. Es wird davon ausgegangen, dass die endlagerbereiten schwach- und mittelradioaktiven Abfälle die Aufnahmekriterien des Endlagers Vrbinja erfüllen werden. Für das Basisszenario werden 31 endlagerfähige Behälter erwartet mit einem Lagervolumen von 381 m<sup>3</sup>. Für das Alternativszenario werden 89 Behälter erwartet mit gesamt 1.093 m<sup>3</sup>.

Das **Endlager Vrbinja** soll zum Zeitpunkt der Stilllegung verfügbar sein. Falls es zu diesem Zeitpunkt jedoch bereits geschlossen sein sollte, werden die LILW-Abfälle im **Endlager für abgebrannte Brennelemente** miteingelagert.

Als **weitere Varianten der Entsorgung** radioaktiver Abfälle werden die Wiederverwendung von Behältern oder Teilen davon in anderen kerntechnischen Anlagen, die Rückgabe geliehener Ausstattung und die Aufarbeitung recycelter Behälter für den Einsatz in kerntechnischen Anlagen angeführt.

## 2.2 Diskussion und Bewertung

### Abgleich der abschließenden SUP-Dokumente mit den Empfehlungen der österreichischen Seite aus dem SUP-Verfahren zum Bauleitplan

Im Konsultationsbericht zur SUP Bauleitplan Zwischenlager Krško (UMWELTBUNDESAMT 2020) wurde eine Reihe von abschließenden Empfehlungen formuliert. Ob bzw. bis zu welchem Grad diese Empfehlungen im Bescheid und im Erlass zur SUP (BESCHIED 2020, ERLASS 2020) berücksichtigt wurden, wird in diesem Kapitel überblicksmäßig betrachtet. Der einzige Vorschlag aus den Kommentaren zur SUP, der laut Bescheid einer weiteren Bearbeitung zugeführt wurde, ist der Vorschlag der Republik Kroatien bezüglich Änderungen im Gewässermonitoring. Zu den Empfehlungen des österreichischen Konsultationsberichts wird im Bescheid keine Stellung bezogen. Inwieweit die UVP-Unterlagen jedoch auf die österreichischen Empfehlungen eingehen, wird im Detail in den einzelnen Kapiteln dieser Fachstellungnahme diskutiert.

### **Vorgelegte UVP-Dokumente**

Die vorgelegten UVP-Dokumente enthalten alle Kapitel, die für eine UVP notwendig sind.

### **Alternativen**

Wie bereits in der Fachstellungnahme zum SUP-Verfahren (UMWELTBUNDESAMT 2019, S.20f.) angemerkt wurde, ist der Zeitpunkt der UVP zu spät angesetzt, da alle wesentlichen Entscheidungen schon getroffen wurden – dies betrifft die Entscheidung für den Standort, für die Technologie des Lagers und für die Behälter. Der Tender für die ausführende Firma ist ebenfalls bereits abgeschlossen.

Laut ESPOO-Konvention und UVP-Richtlinie muss eine UVP vor Entscheidung über die Genehmigung durchgeführt werden (ESPOO-KONVENTION 1991, Art. 2(3); UVP-Richtlinie Art.2 (1)). Es erscheint daher fraglich, ob der Zeitpunkt, zu dem die UVP durchgeführt werden wird, den Vorgaben der ESPOO-Konvention folgt.

Eine Prüfung verschiedener Standorte ist offenbar nicht erfolgt. Dies wäre jedoch vor allem in Bezug auf die Standortfrage für Österreich von hoher Relevanz. Österreich äußert schon länger Vorbehalte gegen den Standort Krško wegen seiner Erdbebengefährdung – siehe dazu Kapitel 5 dieser Fachstellungnahme.

### **Entsorgungsnachweis**

Mögliche Varianten der Stilllegung des Trockenlagers werden ausführlich vorgestellt. Ein wichtiger Teil des Entsorgungsnachweises, nämlich die Endlagerung sowohl der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle als auch der abgebrannten Brennelemente, wird jedoch nur ungenügend erläutert.

Zum Status des geplanten LILW-Endlagers Vrbina werden keine Informationen vorgelegt. Es ist daher nicht klar, ob die Kapazität dieses Endlagers für alle LILW aus der Stilllegung ausreicht. Wie im Umweltbericht erwähnt, könnte Vrbina zudem bereits geschlossen sein, wenn die Stilllegungsabfälle aus dem Trockenlager zur Endlagerung bereitstehen. Daten zur geplanten Betriebsdauer von Vrbina wären daher von Interesse, um beurteilen zu können, ob eine sichere Endlagerung der LILW gewährleistet werden kann. Der Alternativplan, LILW gemeinsam mit den abgebrannten Brennelementen in einem zukünftigen Endlager für hochradioaktive Stoffe unterzubringen, muss hinterfragt werden. Es ist nicht absehbar, wann ein solches Endlager in Slowenien zur Verfügung stehen wird.

## **2.3 Schlussfolgerung, Fragen und vorläufige Empfehlungen**

Ob bzw. inwieweit die Empfehlungen der österreichischen Seite im Rahmen des SUP-Verfahrens zum Bauleitplan im gegenständlichen UVP-Verfahren aufgegriffen wurden, wird in den einzelnen Kapiteln dieser Fachstellungnahme diskutiert.

Es wurden alle für eine UVP nötigen Unterlagen vorgelegt.

Eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) soll zu einem Zeitpunkt erfolgen, zu dem alle Optionen offen sind. Sowohl der Standort als auch die Technologie wurden bereits in den letzten Jahren festgelegt, im Jahr 2017 wurde zudem der Auftrag an die Firma Holtec erteilt. Es erscheint daher fraglich, ob der Zeitpunkt, zu dem die vorliegende UVP durchgeführt wird, dieser Vorgabe der Espoo-Konvention und der UVP-Richtlinie folgt.

Für Österreich ist vor allem von Interesse, ob durch die Wahl von Standort und Technologie signifikante grenzüberschreitende Auswirkungen entstehen können. Im Speziellen gilt es die Erdbebengefährdung des Standorts an neue wissenschaftliche Erkenntnisse anzupassen und die Auslegung des Zwischenlagers darauf abzustimmen – siehe dazu Kapitel 5 dieser Fachstellungnahme.

Es wurden verschiedene Varianten der Stilllegung des Trockenlagers vorgelegt. Um einen Entsorgungsnachweis vorzulegen, müsste jedoch auch erläutert werden, ob die nötigen Endlagerkapazitäten zum benötigten Zeitpunkt bereitstehen werden. Dies ist derzeit weder für die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle aus der Stilllegung des Trockenlagers noch für die abgebrannten Brennelemente absehbar. Ein Alternativplan, was im Falle, dass kein Endlager zur Verfügung steht, geschehen soll, wurde nicht vorgelegt,

### **2.3.1 Fragen**

- *Sind bei der Abschätzung der Kapazität für das Trockenlager die geplante Laufzeitverlängerung des KKW Krško und ein möglicher Neubau eines weiteren KKW-Blocks mitgeplant?*
- *Ist die Kapazität des Endlagers Vrbinja auf die Aufnahme der LILW aus der Stilllegung sowohl nach dem Basisszenario als auch nach dem Alternativszenario RS1 ausgelegt?*
- *Was ist für den Fall geplant, dass zum Zeitpunkt Stilllegung des Trockenlagers kein Endlager für abgebrannte Brennelemente und hochradioaktive Abfälle zur Verfügung steht?*

### **2.3.2 Vorläufige Empfehlungen**

- Ein Alternativplan sollte vorgelegt werden, falls die radioaktiven Abfälle aus der Stilllegung des Trockenlagers nicht in ein Endlager verbracht werden können, weil keine geeigneten Endlagerkapazitäten zur Verfügung stehen.

### 3 BEWERTUNG DES GEPLANTEN ZWISCHENLAGERS UND DER BEHÄLTER INKL. LANGZEITASPEKTE DES BETRIEBS

#### 3.1 Darstellung in den UVP-Dokumenten

Laut UMWELTBERICHT (2020, S. 43) gewährleistet der geplante Bau des **Trockenlagergebäudes für abgebrannte Brennelemente (DSB)** eine sicherere und vollständig passive Art der Lagerung abgebrannter Brennelemente. Im Lager ist die Aufstellung von 70 Behältern vorgesehen.

Der Standort für die Errichtung des Trockenlagers befindet sich im westlichen Teil innerhalb des engeren überwachten Bereichs des KKW Krško. Südlich der geplanten Anlage befindet sich das Dekontaminationsgebäude (DB), im Norden befindet sich ein Brennstofflager für die Hilfskesselanlage. Im östlichen Bereich wird das Gebäude samt zugehörigen Außenanlagen an das interne Straßennetz angeschlossen. Das Bauwerk befindet sich auf der Höhe 155,75 m ü. M. (UMWELTBERICHT 2020, S. 44)

#### **Trockenlagergebäude für abgebrannte Brennelemente (DSB)**

Die Funktion des Trockenlagergebäudes (DSB) besteht darin, die Lagerbehälter vor Witterungseinflüssen zu schützen und auch eine zusätzliche Strahlenabschirmung zu gewährleisten. Die Grundrissmaße des Gebäudes betragen 69,80 m x 47,70 m, die Stärke der Bodenplatte 1,75 m, die Höhe der Betonwände 6 m. Die Gesamthöhe des Gebäudes beträgt 20,48 m. (UMWELTBERICHT 2020, S. 44)

Das Gebäude wird im unteren Teil als Stahlbetonkonstruktion ausgeführt, im oberen Teil hingegen als Stahlkonstruktion, verkleidet mit Metallpaneelen. Die Tragkonstruktion des Gebäudes besteht aus einer 175 cm starken Stahlbeton-Fundamentplatte mit 6 m hohen und 80 cm starken umlaufenden Stahlbetonwänden. (UMWELTBERICHT 2020, S. 49) Die Fundamentplatte ermöglicht die Verankerung von Lagerbehältern, die Fundamentplatte mit den Umfassungswänden gewährleistet Schutz vor Hochwasser bis zu einer Höhe von 157,53 m ü. M. (UMWELTBERICHT 2020, S. 45) Gegen eventuelles Hochwasser sind die Außentüren durch 210 cm hohe Montage-Spundwände geschützt. (UMWELTBERICHT 2020, S. 52)

Das Dach ist als symmetrisches Satteldach mit einer Neigung von 5,39° bzw. 9,44 % vorgesehen. Die Dachentwässerung erfolgt über ein Unterdruck-Niederschlagswasserableitungssystem aus zwei beheizten Dachkehlen entlang der längeren Gebäudefassaden, vorgesehen sind auch Sicherheitsüberläufe. Das Niederschlagswasser vom Dach des Gebäudes wird über Rückhaltebecken in die bestehende Niederschlagswasserkanalisation des KKW Krško geleitet. (UMWELTBERICHT 2020, S. 52f)

Für die **natürliche Belüftung** sind an drei Fassaden 3 m hohe Lüftungsgitter zur Be- und Entlüftung vorgesehen. Die unteren Öffnungen auf einer Höhe von 6,0 m dienen dem Lufteinlass, die Warmluftableitung erfolgt durch die oberen Öffnungen auf einer Höhe von 14,28 m. (UMWELTBERICHT 2020, S. 50)

Die **Zugangsplattform** wird als Stahlbetonplatte von ca. 13,0 m x 88,86 m Größe ausgeführt. Sie ist für den Zugang zum Trockenlagergebäude bestimmt und dient als Manipulationsfläche. Bei Bedarf wird sie zur Betonierung der Behälterabschirmung verwendet. (UMWELTBERICHT 2020, S. 49)

Der Zugang zum **Annahme- und Manipulationsraum** verläuft durch ein 7,58 m breites und 12 m hohes Falthebeton mit entsprechenden Windbelastungszertifikaten. Der Raum steht für eventuelle Instandhaltungsarbeiten zur Verfügung. (UMWELTBERICHT 2020, S. 48; 52; 72)

Der **Lagerraum** ist vom Manipulationsraum durch eine 65 cm dicke und 6,4 m hohe Stahlbetonwand getrennt. Der Zugang zum Lagerraum für Personen und Fahrzeuge führt durch ein elektrisch und manuell betriebenes zweiflügeliges massives Stahlbeton-Schiebetor mit einer Stärke von 5 cm, einer Breite von 8 m und einer Höhe von 6 m. In den ebenen Betonboden des Lagerraums werden Flansche zur Befestigung von Behältern eingebaut. (UMWELTBERICHT 2020, S. 48f)

Im Annahmehbereich ist ein **Technikraum** vorgesehen, der durch eine Tür mit dem Annahmehbereich verbunden ist. Der Gebäudeeingang für Personen ins DSB führt durch den Technikraum. Der Technikraum ist der einzige Raum des DSB, der nicht zum (radiologisch) überwachten Bereich des DSB gehört. Der Zugang zum radiologisch überwachten Bereich des DSB sowie der Ausgang aus dem überwachten Bereich verlaufen durch einen Kontrollpunkt, der im Rahmen des Technikraums eingerichtet wird und den Anforderungen des physischen Schutzes (Zugangsbeschränkung) entspricht. (UMWELTBERICHT 2020, S. 48)

Der **Umladeraum** ist ein vertiefter Raum mit den Maßen 3,96 m x 3,96 m und einer Tiefe von 4,04 m. Am Boden des Umladeraums ist ein Schacht zur Aufnahme von Wasser bzw. Flüssigkeit, die im Falle eines außergewöhnlichen Ereignisses auftreten könnte, vorgesehen. (UMWELTBERICHT 2020, S. 48)

Die **Grundanforderungen an das Trockenlager für abgebrannte Brennelemente** lauten wie folgt (UMWELTBERICHT 2020, S. 57):

- Es muss ein Trockenlager für Brennelemente mit einer Kapazität von 2.600 Brennelementen gewährleistet werden.
- Die abgebrannten Brennelemente sind vor der Überführung in das Trockenlager mindestens fünf Jahre lang im bestehenden Becken für abgebrannte Brennelemente zu lagern, welches noch mindestens fünf Jahre nach der endgültigen Stilllegung des KKW Krško im Jahr 2043 in Betrieb bleiben wird.
- Die zur Lagerung vorbereiteten abgebrannten Brennelemente müssen auch den Anforderungen der Beförderung bzw. des Abtransports der Brennelemente vom Standort des KKW Krško in sieben Jahren nach der Vorbereitung zur Lagerung entsprechen.
- Die Komponenten des Lagerungssystems sind auf eine Lebensdauer von **100 Jahren** auszulegen.

### Trockenlagerungssystem

Im mehrphasigen Entscheidungsverfahren im Rahmen der öffentlichen Auftragsvergabe wurde das HI-STORM FW MPC Storage System als die geeignetste Lösung zur Trockenlagerung ausgewählt. (UMWELTBERICHT 2020, S. 59)

Das System besteht aus den folgenden Grundkomponenten:

- Lagerungsabschirmung HI-STORM FW (Holtec International – Storage Modul Flood and Wind),
- Mehrzweckbehälter MPC (PWR Multi-Purpose Canister, MPC-37) und
- Transferabschirmung HI-TRAC (Holtec International – Transfer Cask Variable Weight).

Das System HI-STORM FW MPC wurde aufgrund des Sicherheitsberichts (Final Safety Analysis Report on the HI-STORM FW System, HI-2114830, "FSAR") gemäß der US-Bundesvorschrift 10 CFR Part 72 von der Nuclear Regulatory Commission (NRC) der USA für die Lagerung abgebrannter Brennelemente an Standorten bestehender Kraftwerke genehmigt. Für die Brennstoffart, die den Brennelementen im KKW Krško entspricht, hat die NRC im November 2016 die Zustimmung zur Ergänzung des Sicherheitsberichts für das System HI-STORM FW MPC erteilt. Auf Basis des allgemeinen Sicherheitsberichts für das Lagerungssystem (FSAR) wurde eine projektspezifische Ausgabe des Sicherheitsberichts für das Trockenlager im KKW Krško erstellt (HI-STORM FW FSAR for KRŠKO, HI-2177798, "FSAR KKW Krško"). Weltweit wurden bisher insgesamt mehr als 1300 Lagerbehälter des Herstellers Holtec International (HI) installiert. (UMWELTBERICHT 2020, S. 59f)

Der abgedichtete **Mehrzweckbehälter (MPC)** gewährleistet eine Rückhaltebarriere und die Unterkritikalität während der Dauer der Lagerung, der Verlagerung und des Transports der abgebrannten Brennelemente. Der MPC besteht aus den folgenden Bauteilen: geschweißte Zylinderkonstruktion aus rostfreiem Stahl mit zwei Deckeln, Wabenkorb aus einem Neutronenabsorber bestehend aus einer Aluminium-Bor-Verbindung zur Einfügung von 37 Brennelementen sowie Zwischenstutzelemente aus stranggepresstem Aluminium mit vertikalen Kühlkanälen. (UMWELTBERICHT 2020, S. 62f)

Die **Transferabschirmung (HI-TRAC)** ist zur Versetzung des Mehrzweckbehälters (MPC) im Brennelementehandhabungsgebäude (FHB), zur Überführung des MPC aus dem FHB in das DSB und zum Antransport leerer MPCs in das FHB bestimmt. Der HI-TRAC ist eine geschweißte zylindrische Stahlkonstruktion ohne Deckel und mit entfernbarem Boden. Die zylindrische Abschirmung ist in zwei konzentrische, durch eine Wand getrennte Kammern eingeteilt; in der inneren Kammer befindet sich eine Bleiverkleidung, die wesentlich zum Schutzvermögen beiträgt. Die äußere Kammer kann mit Wasser aufgefüllt werden, was eine Neutronenabschirmung gewährleistet. (UMWELTBERICHT 2020, S. 65)

Der gefüllte MPC ist stets zusammen mit der Transferabschirmung (HI-TRAC), der Lagerungsabschirmung (HI-STORM FW) oder der Transportabschirmung (HI-STAR) zu verwenden, welche der radiologischen Abschirmung, der Kühlung und dem Schutz des Behälters vor natürlichen und außergewöhnlichen Einwirkungen dienen. Wenn der MPC in die Transferabschirmung HI-TRAC eingesetzt ist, bilden beide zusammen den Transferbehälter. Wenn der MPC in die Lagerungsabschirmung HI-STORM FW eingesetzt ist, bilden beide zusammen den Lagerbehälter. Wenn der MPC in die Transportabschirmung HI-STAR eingesetzt ist, bilden beide zusammen den Transportbehälter. (UMWELTBERICHT 2020, S. 63)

Die **Lagerungsabschirmung (HI-STORM FW)** besteht aus der zylindrischen Lagerungsabschirmung und dem Deckel. Bei beiden handelt es sich um geschweißte Teile aus Kohlenstoffstahl, wobei die äußeren Stahlteile zugleich auch



eine Schalung zum Auffüllen der Leerräume in der Stahlkonstruktion mit Beton bilden. Neben dem Strahlenschutz gewährleistet der HI-STORM FW im Zeitraum der Lagerung auch die Kühlung des MPC und schützt den MPC vor Projektilen sowie vor natürlichen und außergewöhnlichen Einwirkungen. Für die Zwecke der natürlichen Lüftung sind im unteren Bereich des zylindrischen Abschirmungsmantels achsensymmetrisch acht Eintrittsöffnungen angeordnet. Die Lagerungsabschirmung wird mit acht Ankerschrauben M80x6 auf die Unterlageplatte (einbetonierter Flansch) im Lagerraum des DSB befestigt. (UMWELTBERICHT 2020, S. 68)

Das Lagerungssystem HI-STORM FW MPC ist vollständig passiv – die Kühlung funktioniert automatisch. (UMWELTBERICHT 2020, S. 60)

### **Einlagerung der Lagerbehälter**

Im Brennelementhandhabungsgebäude (FHB) werden die abgebrannten Brennelemente (ABE) aus dem Becken für ABE in Mehrzweckbehälter (MPC) eingesetzt sowie die MPC auf die Überführung in das Trockenlagergebäude (DSB) und auf die Lagerung vorbereitet. Die Überführung der MPC erfolgt in der Transferabschirmung (HI-TRAC) mithilfe des Transportfahrzeugs VCT auf dem bestehenden Transportweg. (UMWELTBERICHT 2020, S. 62)

Die Annahme und Vorbereitung des (mit ABE gefüllten) MPCs auf die Lagerung erfolgen im Annahme- bzw. Manipulationsraum im DSB. Die Lagerungsabschirmung (HI-STORM FW), in die der MPC eingesetzt wird, wird mithilfe des VCT von der Arbeitsplattform über den vertieften Teil des Annahmeraums in den Umladeraum versetzt und auf den Boden herabgelassen. (UMWELTBERICHT 2020, S. 69)

Die Hebung des Lagerbehälters aus dem Umladeraum (CTF) und der Transport des Behälters zur Lagerungsposition im Lagerraum des DSB erfolgen mit dem Transportfahrzeug VCT. An der Lagerungsstelle wird der Behälter mit dem einbetonierten Flansch gerade positioniert und auf den Flansch mit den Aufsätzen zur Befestigung des Behälters auf der Unterlage mit acht Ankerschrauben herabgelassen. (UMWELTBERICHT 2020, S. 71)

Im DSB stehen insgesamt 70 Lagerstellen in einem Raster von 10 x 7 bereit, wobei für die Lagerung der Brennelemente während der vorgesehenen Lebensdauer des Kraftwerks 62 Behälter vorgesehen sind, während 8 Behälter Ersatzlagerkapazitäten bzw. potenzielle Lagerkapazitäten für die Einlagerung hochradioaktiver Reste aus der Stilllegung des KKW Krško darstellen. (UMWELTBERICHT 2020, S. 71f)

### **Abtransport der Behälter**

Die abgebrannten Brennelemente werden mindestens sieben Jahre eingelagert bevor sie abtransportiert werden. Das Einsetzen des Mehrzweckbehälters in den Transportbehälter HI-STAR 190 für die Zwecke des Abtransports der ABE vom Standort des KKW Krško erfolgt im Umladeraum (CTF). (UMWELTBERICHT 2020, S. 72)

Der Transportbehälter HI-STAR 190 ist gemäß der US-amerikanischen Regelung 10CFR71 und den IAEA-Transportvorschriften zugelassen. Der Transport in Slowenien und im Ausland erfolgt gemäß dem Europäischen Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR) bzw. der Regelung zur internationalen Beförderung gefährlicher Güter im Schienenverkehr (RID) und dem Übereinkommen über den internationalen Eisenbahnverkehr (COTIF) sowie gemäß den Bestimmungen des Gesetzes über die Beförderung gefährlicher Güter. (UMWELTBERICHT 2020, S. 66)

### **Kontrolle der Dichtheit und eventuelle Reparaturen**

Die **Kontrolle der Dichtheit** des Deckels des Mehrzweckbehälters (MPC) und der abgedichteten Öffnungen am Deckel wird unmittelbar nach dem Schweißen des Deckels durchgeführt und im Rahmen der Alterungskontrolle regelmäßig wiederholt (in Form einer Sichtprüfung) aufgrund des ASME Boiler & Pressure Vessel. (UMWELTBERICHT 2020, S. 64)

Die Kontrolle der Dichtheit des jeweiligen MPC an der Lagerungsstelle im DSB wird durch Überwachung der Temperaturen des MPC-Bodens und -Deckels mittels sechs Temperatursonden erfolgen. Aufgrund der Temperaturdifferenz zwischen dem Boden und dem Deckel kann auf die Effizienz der Wärmeübertragung vom Brennstoff zum MPC durch Konvektion geschlossen werden, die im Falle einer Leckage des MPC und eines Heliumverlusts verringert wäre. (UMWELTBERICHT 2020, S. 64)

Der Lagerungszustand der abgebrannten Brennelemente (ABE) wird gemäß den internen Anweisungen überwacht. Falls eine Überprüfung der Brennelemente erforderlich ist oder ABE aus dem MPC zu entfernen sind, werden diese Verfahren im Brennelementhandhabungsgebäude (FHB) durchgeführt. Nach der Stilllegung des bestehenden Gebäudes werden alle eventuell erforderlichen Reparaturen an den MPCs und Inspektionen bei den diesbezüglichen Dienstleistern erfolgen, zu denen die MPCs im Transportbehälter HI-STAR, Modell 190 transportiert werden (z. B. Reparatur in der Heißen Zelle in der Schweiz im Zwiilag). (UMWELTBERICHT 2020, S. 64; 83)

Darüber hinaus wird die nächste Überarbeitung des Programms der Stilllegung des KKW Krško die Option behandeln, dass das Brennelementhandhabungsgebäude (FHB) auch nach der Stilllegung der übrigen Objekte des KKW Krško für die Zwecke der Reparatur von Mehrzweckbehältern zur Verfügung bleibt. Die Details werden im Rahmen der Erstellung der Dokumente für die Stilllegung des Kraftwerks nach dem Ende seiner Lebensdauer festgelegt. (UMWELTBERICHT 2020, S. 65)

Der derzeit geltende Stilllegungsplan für das KKW Krško, der gemäß dem zwischenstaatlichen Abkommen (BHRNEK) alle fünf Jahre revidiert werden muss, sieht die vollständige Stilllegung des KKW Krško nach 2043 mit Ausnahme des Trockenlagers für ABE vor. Um eventuelle Reparaturen an den MPCs und/oder eine Prüfung/Entfernung von Brennelementen aus den MPCs im FHB auch nach der Stilllegung des KKW Krško zu ermöglichen, wird bei einer neuen Revision des Programms zur Stilllegung des KKW Krško zu berücksichtigen sein, dass das FHB mit zugehörigen Systemen verfügbar bleibt, solange das Trockenlager für ABE am Standort des KKW Krško besteht. (UMWELTBERICHT 2020, S. 83)

## **Periodische Sicherheitsüberprüfungen und Alterungsmanagement**

Sicherheitsüberprüfungen sind rechtlich in der bestehenden Gesetzgebung der Republik Slowenien auf dem Gebiet der Gewährleistung der nuklearen Sicherheit geregelt. Die Sicherheitsüberprüfung des Trockenlagers wird im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfung des KKW Krško erfolgen, also alle 10 Jahre, wie dies in der Betriebsgenehmigung des KKW Krško festgelegt ist. (UMWELT-BERICHT 2020, S. 81)

Das Alterungsmanagement des Trockenlagerungssystems wird vom Beginn des Betriebs an überwacht. Alle Bedingungen, denen das System ausgesetzt ist, werden sorgfältig kontrolliert und überwacht. (UMWELTBERICHT 2020, S. 82) Der Betreiber der Anlage wird auch den Standards und Richtlinien folgen, die auf dem Gebiet der Alterung bestehen und künftig erlassen werden. Die Lagerobjekte und die Ausstattung werden in die Überwachung der Alterungsprozesse einbezogen. Die Alterungsprozesse der Lagerobjekte und Ausstattung werden gemäß den internen Anweisungen des KKW Krško überwacht. (UMWELTBERICHT 2020, S. 83)

Laut GENEHMIGUNGSPLAN (2020, S. 141) wird das Alterungsmanagementprogramm für HI STORM FW sowie für das Gebäude erstellt bzw. ergänzt. Der Inhalt wird in der Ergänzung zum Dokument MD-5 NEK Aging Management angegeben und in die Planungsdocumentation DMP zur Modifikation 1217-AB-L aufgenommen. Durch die Ergänzung wird sichergestellt, dass die ausgelegten Sicherheitsfunktionen der Struktur, Systeme und Komponenten (SSK) während der gesamten Betriebsdauer des Trockenlagergebäudes ausgeführt werden.

Vor der Fertigstellung des Baus wird eine Ergänzung des Programms der technischen Beobachtungen von Bauobjekten und -konstruktionen für das DSB erstellt. Die technischen Beobachtungen des Trockenlagergebäudes werden voraussichtlich Folgendes umfassen: Messungen der vertikalen Verschiebungen, Messungen der Risstiefe, Messungen der Auswirkungen von Rissen, Sichtprüfung und Materialuntersuchungen. (UMWELTBERICHT 2020, S. 62)

## **Verfolgung der Entwicklung von Wissenschaft und Technik**

Um einen sicheren und stabilen Betrieb zu gewährleisten, folgt das KKW Krško regelmäßig den aktuellen Standards des Managements kerntechnischer Anlagen sowie dem Stand von Wissenschaft und Technik. Dieses Prinzip wird auch bei der Trockenlagerung von ABE und den damit verbundenen Aktivitäten im KKW Krško angewendet. (UMWELTBERICHT 2020, S. 83f)

Besonderes Augenmerk wird auf den Einklang mit der Entwicklung und den neuesten Erkenntnissen von Wissenschaft und Technik in Bezug auf die Lagerung von ABE in den folgenden Bereichen gerichtet:

- periodische Sicherheitsüberprüfungen,
- Gewährleistung von Sicherheitsmaßnahmen während der Lagerung und des Transports von ABE,
- Wechselwirkungen zwischen dem in Betrieb befindlichen Reaktor und dem Trockenlager sowie
- interne und externe Ereignisse und ihre Auswirkungen.

### **Grundlegende Sicherheitsfunktionen**

Laut UMWELTBERICHT (2020, S. 57) wird die Trockenlagerung der abgebrannten Brennelemente Folgendes gewährleisten:

- Unterkritikalität,
- Abführung der Restwärme,
- Schutz vor Strahlung und
- Einschluss radioaktiver Stoffe.

### **Gewährleistung der Sicherheit**

Die Gewährleistung der Sicherheit ergibt sich aus der geltenden slowenischen Gesetzgebung, den internationalen Standards und Richtlinien der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) und der Western European Nuclear Regulators Association (WENRA) sowie der US-amerikanischen Gesetzgebung auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit (Nuclear Regulatory Commission - US NRC) und anderen Grundlagen. (UMWELTBERICHT 2020, S. 72f)

Die folgenden IAEO- und WENRA-Dokumente werden aufgezählt:

- WENRA Report Waste and Spent Fuel Storage Safety Reference Levels, Report of Working Group on Waste and Decommissioning (WGWD), Version 2.2, April 2014
- WENRA Report - Guidance Document Issue T: Natural Hazards Head Document; 21 April 2015
- IAEA Safety Standards, External Event Including Earthquake in the Design of Nuclear Power Plants, NS-G-1.5; 2003
- IAEA Safety Standards, Safety of Nuclear Fuel Cycle Facilities, NS-R-5, Rev 1; 2014 (superseded by SSR-4; 2017)
- IAEA Safety Guide, External Human Induced Events in Site Evaluation for NPP, NS-G-3.1; 2002
- IAEA Specific Safety Guide, Storage of Spent Nuclear Fuel, SSG-15; 2012
- IAEA Specific Safety Standard - Safety Guide, Format and Content of the Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants, GS-G-4.1; 2004
- IAEA Safety Standards - General Safety Guide, The Safety Case and Safety Assessment for the Predisposal Management of Radioactive Waste, GSG-3; 2013
- IAEA Specific Safety Requirements, Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, No. SSR-6 (Rev.1), 2018

### **Projektphasen**

Die Brennelemente sollen in vier Kampagnen aus dem Brennelementhandlungsgebäude verlegt werden. Das Projekt ist in folgende Phasen eingeteilt (UMWELTBERICHT 2020, S. 59):

- Phase I: Bau des DSB – vorgesehener Bauabschluss im Jahr 2022 – nach dem Bau wird eine Benutzungsbewilligung (behördliche Bauabnahme) für das Gebäude eingeholt;
- Phase II: Einlagerung von 592 Brennelementen in die HI-STORM FW – vorgesehen im Jahr 2023;

- Phase III: Einlagerung von 592 Brennelementen in die HI-STORM FW – vorgesehen im Jahr 2028;
- Phase IV: Einlagerung von 444 Brennelementen in die HI-STORM FW – vorgesehen im Jahr 2038;
- Phase V: Einlagerung der übrigen Brennelemente in die HI-STORM FW – vorgesehen im Jahr 2048<sup>1</sup>;
- Phase VI: Überführung der Brennelemente in ein Endlager bzw. an den Ort der Aufbereitung, Abbau des Gebäudes und der gesamten Ausstattung.

Bei der Terminplanung der geplanten Kampagnen zur Überführung der Brennelemente in das Trockenlager wurden die Faktoren der technischen Durchführbarkeit, der Strahlen- und nuklearen Sicherheit sowie der Wirtschaftlichkeit berücksichtigt. Die gewählten Termine der Kampagnen und die Anzahl der überführten Brennelemente wurden laut UMWELTBERICHT (2020, S. 57) als optimal erkannt.

### **Brandschutz**

Bestandteil der Planungsunterlagen ist eine Brandschutzstudie, auf deren Grundlage alle notwendigen Baumaßnahmen zur Gewährleistung des Brandschutzes vorgesehen sind und im Architekturplan entsprechend berücksichtigt werden.

Im Gebäude werden Bauprodukte gemäß den Bauproduktvorschriften verwendet. Die Bauwerke haben eine vorgabenkonforme feuerhemmende Tragkonstruktion sowie Außenwände und Fassadenverkleidungen der erforderlichen Klassen A1 bzw. A2 nach der europäischen Klassifikation SIST EN 13501-1; hinsichtlich der Gebäudefassaden sind auch die Abstände zu den Grenzen bzw. benachbarten Bauwerken berücksichtigt. (UMWELTBERICHT 2020, S. 54)

Die eingebauten HDPE-Platten, die von Stahlplatten umgeben sind, haben einen Schmelzpunkt von ca. 120 °C und eine Selbstentzündungstemperatur von ca. 350 °C. Die Gesamtmenge an eingebautem HDPE beträgt 34.000 kg. Die Gesamtbrandlast des eingebauten HDPE beträgt 1.315.320 MJ. Das HDPE ist mit einem 2 × 3 mm bzw. 2 × 6 mm starken Stahlbelag geschützt, der verhindert, dass es bei Bränden zur unmittelbaren Entzündung des HDPE kommt. Die eingebaute Brandlast im Gebäude und seine vorgesehene Verteilung – Elektroinstallationen – lassen keine Entzündung des HDPE zu.

Ein Brandüberschlag vom DSB auf benachbarte Bauwerke ist nicht möglich. Gleiches gilt für den Brandüberschlag von benachbarten Bauwerken auf das DSB.

Im Lagergebäude sind zwei getrennte Brandabschnitte vorgesehen: der Brandabschnitt des Lagers samt Manipulationsraum mit einer Fläche von ca. 3.000 m<sup>2</sup> und der Brandabschnitt des Technikraums mit einer Fläche von ca. 52 m<sup>2</sup>. (UMWELTBERICHT 2020, S. 54)

Für die anfängliche Brandbekämpfung ist die geforderte Anzahl von Handfeuerlöschern mit ABC-Pulver und CO<sub>2</sub> im Gebäude vorgesehen. Für Notfalleinsätze sind die bestehenden Zugangswege zum Standort des neuen DSB geeignet. Der Zugang mit Löschfahrzeugen ist von der Ost- und Südseite des Gebäudes möglich. Als Arbeitsfläche für die Feuerwehr dient die Zufahrtsstraße an der Ostseite.

---

<sup>1</sup> Im Umweltbericht steht hier 2028, das wird aber als Schreibfehler bewertet.

Im Brandfall wie auch im Falle einer bei der Auslegung berücksichtigten Möglichkeit, dass ein Flugzeug in das behandelte Gebäude stürzt, kann das beim Brand entstehende Abwasser im Bereich des Gebäudes zurückgehalten werden. (UMWELTBERICHT 2020, S. 55)

Das eingebaute Tor für den Durchgang zwischen den Sektoren entspricht der erforderlichen Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten. Angesichts der Brandlasten, Abstände und Brandabschnittsbildung zwischen den Objekten, der Möglichkeit eines schnellen Feuerwehreinsatzes, der ausreichenden Wasserversorgung und des geschulten Personals ist eine Brandausbreitung auf andere Objekte nicht zu erwarten. (UMWELTBERICHT 2020, S. 91)

Für den Brandschutz ist der Brandschutzleiter verantwortlich, der für die Durchführung von Brandschutzmaßnahmen bevollmächtigt ist. Die operative und vorbeugende Tätigkeit im KKW Krško wird von Berufsfeuerwehreinheiten durchgeführt. Der Vertrag zwischen dem KKW Krško und der Berufsfeuerwehreinheit Krško stellt sicher, dass bei der Berufsfeuerwehr Krško jederzeit drei Berufsfeuerwehreinheiten für den Zweck eines Einsatzes im KKW Krško im Dienst sind. (UMWELTBERICHT 2020, S. 92)

### 3.2 Diskussion und Bewertung

Die geplante Zwischenlagerung in Slowenien sieht eine Aufbewahrung der abgebrannten Brennelemente (ABE) in einem trockenen Zwischenlager auf dem Gelände des KKW Krško vor. Ein Trockenlager (insbesondere als Zwischenlagerung in Transport- und Lagerbehältern in besonders geschützten Lagergebäuden) ist unter dem Gesichtspunkt der Auswirkungen auf Österreich als die gegenüber der Nasslagerung sicherheitstechnisch vorteilhaftere Variante zu bezeichnen. Die wesentlichen Gründe hierfür sind:

- Nutzung passiver Sicherheitssysteme,
- geringere Anfälligkeit für Störfälle mit Freisetzungen durch Einwirkungen von innen,
- geringere Freisetzungsmengen radioaktiver Stoffe bei internen und externen Einwirkungen.

Insofern ist die Entscheidung zur Errichtung eines Trockenlagers am KKW Standort Krško grundsätzlich zu begrüßen. Die Umlagerung der ABE aus dem Nasslager in das Trockenlager reduziert die von dem KKW Standort Krško ausgehende Gefahr.

Laut Nationalem Entsorgungsprogramm ist die derzeitige Kapazität des Nasslagers sowohl aus sicherheitstechnischer als auch aus betrieblicher Sicht für die verlängerte Betriebszeit der Anlage (bis 2043) nicht ausreichend. Um einen ununterbrochenen Betrieb zu gewährleisten, wurde die Errichtung eines Trockenlagers vorgeschlagen. Dieses sollte bereits 2018 in Betrieb genommen werden. (SNSA 2015)

## Zeitplan der Umlagerung

Das Umladen der ABE aus dem Lagerbecken des KKW soll in mehreren Schritten erfolgen: Im Jahr 2023 sollen 592 ABE in 16 Lagerbehälter geladen werden. Allerdings sollen dann erst im Jahr 2028 erneut 592 ABE in 16 Lagerbehälter geladen werden. 2038 sollen dann 444 ABE in 12 Lagerbehälter geladen und 2048 dann die übrigen ABE in 18 Lagerbehälter geladen und dann eingelagert werden. Der Zeitplan hat sich gegenüber dem Umweltbericht zum ergänzten Raumordnungsplan KKW Krško für das Projekt des Trockenlagers abgebrannter Brennelemente geändert, da nun die erste Umlagerung nicht 2020, sondern 2023 stattfinden soll.

Laut ANTWORTEN (2019) wurden bei der Terminplanung der geplanten Kampagnen zur Überführung der Brennelemente in das Trockenlager die Faktoren der technischen Durchführbarkeit, der Strahlen- und nuklearen Sicherheit sowie der Wirtschaftlichkeit berücksichtigt. Die gewählten Termine der Kampagnen und die Anzahl der überführten Brennelemente wurden als optimal erkannt. Es wurde weiterhin erklärt, dass sich zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme des Trockenlagers etwa 1000 ABE mit einer Abklingzeit von mehr als fünf Jahren im Lagerbecken befinden.

Bereits im UMWELTBUNDESAMT (2020) wurde erklärt, dass Sicherheitsaspekte Vorrang gegenüber Aspekten der Wirtschaftlichkeit haben sollten. Insofern sollten möglichst alle ABE (ca. 1.000 Stück), die ausreichend, also mindestens fünf Jahre, abgeklungen sind, nach Inbetriebnahme des Zwischenlagers zügig umgeladen werden.

## Gewähltes Trockenlagersystem

Das für das Zwischenlager am KKW Standort Krško gewählte Trockenlagersystem umfasst folgende Grundbestandteile:

- Lagerungsabschirmung HI-STORM FW (Storage Modul Flood and Wind);
- Metallischer Mehrzweckbehälter MPC-37 (Multi-Purpose Canister);
- Transferabschirmung HI-TRAC (Transfer Cask).

Der HI-STORM FW (**Holtec International Storage Module Flood and Wind**) ist ein Mehrzweckbehältersystem für die trockene Lagerung von abgebrannten Brennelementen. Es hält den Mehrzweckbehälter (MPC-37) in einer vertikalen Position in einer Betonummantelung. Das HI-STORM FW System kann bis zu 37 DWR Brennelemente im MPC-37 lagern. Das HI-STORM FW Trockenlagersystem erhielt 2011 die Genehmigung in den USA von NRC. Die Genehmigung ist für eine 40-jährige Betriebszeit gültig und endet 2051. (HOLTEC 2020)

Bei über 60% der in Betrieb befindlichen KKW in den USA sind mehr als 1200 Trockenlagersysteme des Unternehmens Holtec im Einsatz. (HOLTEC 2019b)

Das HI-STORM System ist in verschiedenen Ausführungen erhältlich. Der Mehrzweckbehälter kann statt in einer vertikal belüfteten Lagerabschirmung – wie für den KKW-Standort Krško geplant – auch in einem unterirdischen vertikal belüfteten Modul aufbewahrt werden. (HOLTEC 2020) Dieses System (HI-STORM UMAX) wurde nach den Terroranschläge 2001 zu einem besseren Schutz vor potenziellen Terroranschlägen entwickelt.

## **Grundlegende Sicherheitsfunktionen**

Die im UMWELTBERICHT (2020) genannten grundlegenden Sicherheitsfunktionen des Trockenlagersystems HI-STORM FW zusammen mit dem Trockenlagergebäude (Unterkritikalität, Abführung der Restwärme, Schutz vor Strahlung und Einschluss radioaktiver Stoffe) sind vollständig und repräsentieren die wesentlichen sicherheitstechnisch zu gewährleistenden Schutzziele. Das entspricht dem internationalen Stand von Wissenschaft und Technik.

## **WENRA- und IAEO-Anforderungen**

Laut UMWELTBERICHT (2020) ergibt sich die Gewährleistung der Sicherheit auch aus den internationalen Standards und Richtlinien der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) und der Western European Nuclear Regulators Association (WENRA). Alle im UMWELTBERICHT (2020) aufgezählten IAEO-Dokumente sollen in der aktuellen Version verwendet werden. Im UMWELTBERICHT (2019) zum Raumplanungsverfahren wurde noch ein IAEO-Dokument in einer nicht mehr aktuellen Version<sup>2</sup> genannt.

Auch die relevanten Veröffentlichungen der WENRA werden in den aktuellen Versionen genannt

## **Anforderungen im Regelwerk**

Laut WENRA WGWD (2014) ergreift die slowenische Behörde für nukleare Sicherheit (SNSA) als zuständige Behörde auf dem Gebiet der Lagerung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente fortlaufend alle erforderlichen Maßnahmen zur Umsetzung von Änderungen der Verpflichtungen in die nationalen Regulierungen. Bereits 2014 waren mit einer Ausnahme alle Sicherheitsreferenzlevel (SRL) gemäß der „Waste and Spent Fuel Storage Safety Reference Level“ in das nationale Regelwerk in Slowenien übernommen worden. Lediglich eine Abweichung der SRL wurde festgestellt, diese sollte bis Ende 2014 behoben werden. Ansonsten stimmen die slowenischen Vorschriften vollständig mit den von den WGWD SRLs vorgeschriebenen Anforderungen überein.

## **Handhabung der Behälter**

In dem gewählten Lagersystem sind im Verhältnis zur Lagerung von ABE in Transport- und Lagerbehältern eine ganze Reihe von Handhabungsschritten erforderlich. Durch viele Handhabungen wird im Allgemeinen das Störfallrisiko erhöht. Anhand der Beschreibung im UMWELTBERICHT (2020) und den bereits vorliegenden Erfahrungen mit diesem Lagersystem wurden keine speziellen Handhabungsunfälle mit dem Potenzial einer grenzüberschreitenden Auswirkung auf Österreich identifiziert.

---

<sup>2</sup> IAEA Specific Safety Requirements – Regulations for the Safe Transport of Radioactive Materials, SSR-6; 2012



## Instandhaltung und Reparatur

Bis zur Stilllegung des Kernkraftwerks Krško sollen eventuelle Reparaturen an den Mehrzweckbehältern (MPC) im bestehenden Gebäude für abgebrannte Brennelemente (FHB) des KKW Krško erfolgen.

Nach Stilllegung/Abbau des Reaktors wird keine entsprechende Einrichtung mehr am KKW Standort Krško vorhanden sein. Eine sogenannte „Heiße Zelle“ für derartige Reparaturen ist bisher nicht geplant. In Deutschland wird beispielsweise von Experten die Nachrüstung von einer „Heiße Zelle“ in Zwischenlagern nach der Stilllegung der Reaktoren gefordert. (INTAC 2015)

Im UMWELTBERICHT (2019) wird erklärt, dass nach Stilllegung bzw. Abbau des zurzeit betriebenen Reaktors der Behälter für eine potenziell erforderliche Reparatur zu einem diesbezüglichen externen Dienstleister transportiert werden soll. Es wird aber auch erklärt, dass zum jetzigen Zeitpunkt kein Dienstleister für derartige Reparaturen außerhalb der Vereinigten Staaten von Amerika existiert. (ANTWORTEN 2019).

Während der Konsultation wurde erklärt, es soll im Rahmen des UVP-Verfahrens Überlegungen zu möglichen Dienstleistern angestellt werden. Andernfalls sollte die Errichtung einer Heißen Zelle am Standort spätestens mit Stilllegung des Reaktors erfolgen. (UMWELTBUNDESAMT 2020)

Laut IAEO muss für die Zwischenlagerung auch die Betriebsphase betrachtet werden, wenn andere Anlagen am Standort nicht mehr in Betrieb sind (IAEA 2012, 5.4). Im UMWELTBUNDESAMT (2020) wurde daher empfohlen, dass für gegebenenfalls erforderliche Reparaturen rechtzeitig eine praktikable Lösung entwickelt werden sollte.

Im UMWELTBERICHT (2020) werden nun zwei Optionen genannt:

1. Nach der Stilllegung des bestehenden Gebäudes werden alle eventuell erforderlichen Reparaturen an den MPCs und Inspektionen bei den diesbezüglichen Dienstleistern erfolgen zu denen die MPCs im Transportbehälter HI-STAR Modell 190 transportiert werden (z. B. Reparatur in der Heißen Zelle in der Schweiz im Zwilag). (UMWELTBERICHT 2020, S. 64; 83)
2. Darüber hinaus wird die nächste Überarbeitung des Programms der Stilllegung des KKW Krško die Option behandeln, dass das Brennelementhandlungsgebäude (FHB) auch nach der Stilllegung der übrigen Objekte des KKW Krško für die Zwecke der Reparatur von Mehrzweckbehältern zur Verfügung bleibt. Die Details werden im Rahmen der Erstellung der Dokumente für die Stilllegung des KKW nach dem Ende seiner Lebensdauer festgelegt. Der derzeit geltende Stilllegungsplan für das KKW Krško, der gemäß dem zwischenstaatlichen Abkommen alle fünf Jahre revidiert werden muss, sieht die vollständige Stilllegung des KKW Krško nach 2043 mit Ausnahme des Trockenlagers für ABE vor. (UMWELTBERICHT 2020, S. 65; 83)

Die Betrachtung der zweiten Option wird unter sicherheitstechnischen Gesichtspunkten begrüßt, da Transporte von hochradioaktiven Stoffen immer mit zusätzlichen Risiken verbunden sind. Dies ist für Österreich relevant, da ein Transport potenziell beschädigter Behälter von Slowenien in die Schweiz über Österreich erfolgen könnte.

### **Periodische Sicherheitsüberprüfungen (PSÜ) und Alterungsmanagement**

Der geplante Umfang der PSÜ ist angemessen, er wird erst drei Jahre vor dem ersten Erstellen der PSÜ abschließend festgelegt. Das ist sinnvoll, da bis dahin eine Weiterentwicklung des Stands von Wissenschaft und Technik zu erwarten ist. Letzteres beeinflusst den Umfang bzw. Inhalt der PSÜ.

Für die lange Lagerzeit von 100 Jahren ist ein Alterungsmanagement festzulegen. Es wird deutlich, dass Vorschriften bezüglich eines technischen Alterungsmanagements für das Lagergebäude sowie für das Lagerungssystem inklusive Ausstattung vorliegen.

In ANTWORTEN (2019) wird erklärt, dass die Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Umwelt durch den MPC verhindert wird, der dicht verschweißt und auf Dichtheit geprüft wird sowie einer Alterungsüberwachung unterliegt. Verfahren zur Kontrolle des Zustands und der Dichtheit der Behälter werden genannt. Es wird sich noch zeigen müssen, ob die technische Lösung für einen langen Lagerzeitraum ausreichend ist.

Laut ANTWORTEN (2019) zielt das Konzept der Lagerung in den MPC darauf ab, dass die Behälter für den gesamten Lagerzeitraum dicht bleiben; die Integrität der Brennstäbe ist von nachrangigem Interesse und liegt nach Beendigung der Zwischenlagerzeit in der Verantwortung desjenigen, der für die Endlagerung oder die Wiederaufarbeitung zuständig ist. Eine Kontrolle der Dichtheit der Brennstäbe in den Behältern ist nicht beabsichtigt.

Im UMWELTBUNDESAMT (2020) wurde angeregt im Rahmen des UVP-Verfahrens zu überprüfen, ob diese Vorgehensweise angemessen ist. Die möglichen Probleme von beschädigten Brennelementen sollten nicht allein in der Verantwortung des Zuständigen für die weiteren Entsorgungsschritte liegen. Ob diese Überführung des Sachverhalts erfolgte, ist anhand der Unterlagen nicht zu erkennen. Auch weiterhin ist eine stichprobenartige Überprüfung der Brennstäbe nicht geplant.

### **Langzeitlagerung**

Laut UMWELTBERICHT (2020) sind die Komponenten des Lagerungssystems auf eine Lebensdauer von 100 Jahren auszulegen.

Das ist deutlich länger als nach den Zeitplänen für die Inbetriebnahme eines geologischen Tiefenlagers als Endlager erforderlich wäre. Für die langfristige Entsorgung von abgebrannten Brennelementen wurde in Slowenien eine zweigleisige Strategie gewählt. Das Referenzszenario ist die nationale geologische Tiefenlagerung, mit der Annahme, dass die Entsorgung abgebrannter Brennelemente im Jahr 2065 erfolgt. Die Möglichkeit einer multinationalen Entsorgung wird ebenfalls in Betracht gezogen.

In ihrer langfristigen Strategie für die Entsorgung abgebrannter Brennelemente sehen beide Strategien die vorherige Lagerung abgebrannter Brennelemente in Trockenlagern vor. Es ist geplant, bis 2035 Standorte für das geologische Endlager zu identifizieren und bis 2055 vorzuschlagen. Die Betriebsphase des Endlagers für abgebrannte Brennelemente soll laut Nationalem Entsorgungsprogramm 2070 enden, und das Endlager sollte 2075 geschlossen werden. Im Falle einer Exportmöglichkeit ist die Entnahme von abgebrannten Brennelementen aus der Trockenlagerung für den Zeitraum 2066 bis 2070 geplant. (SNSA 2015)

In beiden Fällen wäre ein Zwischenlagerbetrieb von 50 Jahren erforderlich. Die Betriebsdauer des Trockenlagers für abgebrannte Brennelemente im KKW Krško soll 60 Jahre betragen, mit der Möglichkeit der Verlängerung des Betriebs. Die Komponenten des Lagerungssystems sollen auf eine Lebensdauer von 100 Jahren ausgelegt werden.

Es ist zu begrüßen, dass eine Lagerdauer von 100 Jahren angenommen wird, da sich international klar abzeichnet, dass in den meisten Ländern der Zeitbedarf zur Planung, Genehmigung und Errichtung eines Endlagers viel höher sein wird als ursprünglich vorgesehen. Bis dahin werden die abgebrannten Brennelemente und hoch-radioaktiven Abfälle zwischengelagert werden müssen. (BUDELMANN 2017)

Allerdings wurde das Lagersystem HI-STORM FW von der US-amerikanischen Genehmigungsbehörde NRC nur für einen Zeitraum von 40 Jahren genehmigt. Insofern ist nicht ohne weitere Erklärung nachvollziehbar, wie diese Forderung (Auslegung für eine Lagerung von 100 Jahren) für das geplante Zwischenlager am Standort Krško realisiert wird.

Die Langzeitsicherheit des Einschlusses der in den abgebrannten Brennelementen befindlichen radioaktiven Stoffe ist bezüglich möglicher Freisetzungen nach Störfällen für das Staatsgebiet der Republik Österreich von Bedeutung.

Laut IAEA (2012) wird eine Zwischenlagerung der abgebrannten Brennelemente von mehr als 50 Jahren als Langzeitlagerung bezeichnet. Das geplante Zwischenlager fällt damit unter die Kategorie Langzeitlagerung.

Ein Zwischenlagerzeitraum von 100 Jahren ist in Staaten, die eine längere Zwischenlagerung verfolgen, zwar ebenfalls vorgesehen, dennoch kann ein derart langer Lagerzeitraum gegenwärtig nicht als Stand von Wissenschaft und Technik bezeichnet werden. In Deutschland ist beispielsweise die Zwischenlagerung von Brennelementen in metallischen Transport- und Lagerbehältern gegenwärtig nur für 40 Jahre zugelassen. Das liegt vor allem daran, dass die Erfahrung mit langen Zwischenlagerzeiten begrenzt ist. (UMWELTBUNDESAMT 2014)

Sicherheitstechnisch relevante Aspekte der Langzeitsicherheit werden im UMWELTBERICHT (2020) nicht diskutiert.

Sicherheitstechnisch relevante Aspekte sind unter anderem:

- Veränderungen an/in den abgebrannten Brennelementen;
- Nachlassen der Dichtungswirkung der Behälterverschlussysteme;
- Veränderungen der Komponenten zur Dichtheitsüberwachung;
- Abnahme der Beton-/Gebäudestabilität

Die angenommene Betriebszeit des Zwischenlagers ist hinsichtlich Korrosion, Kriechdehnung, Ermüdung und strahlungsinduzierten Materialänderungen wichtig. In der Auslegung sollten diese Prozesse berücksichtigt werden. Wichtig ist auch, dass gewährleistet ist, dass auch am Ende der Lagerzeit eine Handhabung der abgebrannten Brennelemente möglich ist (IAEA 2012, 6.28).

Mit längerer Lagerzeit sind für die Brennstäbe bzw. die Hüllrohre folgende maßgebliche Alterungseffekte zu erwarten (TÜV-NORD 2019):

- Oxidation der Hüllrohre, insbesondere an der Innenseite durch Sauerstoff aus dem Brennstoff und chemische Reaktionen mit Spaltprodukten,
- Betriebliche Wasserstoffaufnahme und daraus folgende Hydrid-Ausscheidungen im Hüllrohr,
- Veränderungen in der Kristallstruktur des Hüllrohrmaterials.

Während der Langzeitlagerung sollte die Sicherheit der Behälter periodisch bewertet werden. Betrachtet werden sollten hierbei unter anderem die Struktur der Brennelemente und die metallischen Dichtungen. (IAEA 2012, 6.137)

Wie bereits erwähnt, ist eine Überprüfung der Brennelementintegrität während und nach der geplanten Zwischenlagerung am KKW Standort Krško nicht geplant.

### **Überprüfung der Erfüllung der Empfehlungen aus UMWELTBUNDESAMT (2020)**

- *Um das vom KKW Standort Krško ausgehende Risiko zu mindern, sollten die abgebrannten Brennelemente, die ausreichend abgeklungen sind, zügig in das Trockenlager umgeladen werden. (UMWELTBUNDESAMT 2020)*

Diese aus Sicht Österreichs besonders wichtige Empfehlung wird, wie oben bereits erörtert, nicht befolgt.

- *Es wird empfohlen, umfangreiche Maßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit während der Zwischenlagerung und für den anschließenden Transport festzulegen und diese Maßnahmen während der Betriebszeit des Lagers regelmäßig dem Stand und Wissenschaft und Technik anzupassen. Dazu sollten auch Maßnahmen zur Gewährleistung der Integrität der Brennstäbe gehören. (UMWELTBUNDESAMT 2020)*

Dieser Empfehlung wird weitgehend gefolgt. Die Maßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit sind festgelegt und sollen regelmäßig dem Stand von Wissenschaft und Technik angepasst werden. Wie bereits oben erwähnt sind jedoch Maßnahmen zur Gewährleistung der Integrität der Brennstäbe nicht geplant.

- *Es wird empfohlen, im nachfolgenden UVP-Verfahren in der UVP-Dokumentation den Prüfumfang für die alle 10 Jahre durchzuführende periodische Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) darzustellen. Zusätzlich sollte auch das bereits ab Inbetriebnahme durchzuführende Alterungsmanagement in der UVP-Dokumentation dargestellt werden. (UMWELTBUNDESAMT 2020)*

Dieser Empfehlung wird weitgehend gefolgt. Die Anforderungen zur PSÜ und zum Alterungsmanagement werden zwar nicht in den UVP-Dokumenten aufgeführt, aber auf die entsprechenden Dokumente verwiesen, die diese festlegen. Zudem wird die Entwicklung und die neuesten Erkenntnisse von Wissenschaft und Technik in Bezug auf die periodischen Sicherheitsüberprüfungen verfolgt. Diese Darstellung ist ausreichend.

- *In der Planung für die Zwischenlagerung (insbesondere hinsichtlich eines Reparaturkonzepts der Behälter) sollte die Betriebszeit nach Stilllegung des KKW Krško berücksichtigt werden. So sollte sichergestellt werden, dass potenziell erforderliche Reparaturen an Behältern am Standort Krško, auch nach Stilllegung des Kernkraftwerkes, durchgeführt werden können. Ein Konzept dafür sollte im UVP-Bericht zum Zwischenlager dargestellt werden. (UMWELTBUNDESAMT 2020)*

Diese Empfehlung wurde berücksichtigt. Es soll laut UMWELTBERICHT (2020) überprüft werden, ob das Brennelementhandhabungsgebäude auch nach der Stilllegung des KKW Krško weiter zur Verfügung stehen soll. Dies soll im Rahmen der Überarbeitung des Stilllegungsplans geprüft werden. Angesichts der Zeit, die bis zur Stilllegung zur Verfügung steht, ist dieses Vorgehen zum jetzigen Zeitpunkt ausreichend.

### 3.3 Schlussfolgerung, Fragen und vorläufige Empfehlungen

Die Entscheidung zur Errichtung eines Trockenlagers am KKW Standort Krško ist grundsätzlich zu begrüßen. Die Umlagerung der abgebrannten Brennelemente (ABE) aus dem Nasslager in ein Trockenlager reduziert die vom Standort Krško ausgehende Gefahr erheblich. Der Zeitplan für die Umladung ist allerdings nicht ausreichend sicherheitsorientiert. Bereits im UMWELTBUNDESAMT (2020) wurde betont, dass Sicherheitsaspekte Vorrang gegenüber Aspekten der Wirtschaftlichkeit haben sollten. Insofern sollten möglichst alle ABE (ca. 1.000 Stück), die ausreichend (mindestens fünf Jahre) abgeklungen sind, nach Inbetriebnahme des Zwischenlagers zügig umgeladen werden.

Laut UMWELTBERICHT (2020) ergibt sich die Gewährleistung der Sicherheit auch aus den internationalen Standards und Richtlinien der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) und der Western European Nuclear Regulators Association (WENRA). Alle relevanten Dokumente werden in der aktuellen Version genannt.

Es ist vorgesehen für den Fall einer notwendigen Reparatur der Behälter nach Stilllegung des KKW Krško die Behälter zu einem externen Dienstleister z. B. in die Schweiz zu transportieren. In der nächsten Überarbeitung des Stilllegungsplan des KKW Krško soll als zweite Option betrachtet werden, dass das Brennelementhandhabungsgebäude (FHB) auch nach der Stilllegung des KKW Krško für eine mögliche Reparatur von Behältern zur Verfügung steht. Die Betrachtung der zweiten Option wird unter sicherheitstechnischen Gesichtspunkten begrüßt, da Transporte von hoch-radioaktiven Stoffen immer mit zusätzlichen Risiken verbunden sind. Dies ist für Österreich relevant, da Transporte potenziell beschädigter Behälter von Slowenien in die Schweiz über Österreich erfolgen könnten.

Es ist zu begrüßen, dass laut UMWELTBERICHT 2020 die Komponenten des Lagerungssystems auf eine Lebensdauer von 100 Jahren auszulegen sind. Denn international zeichnet sich klar ab, dass in den meisten Ländern der Zeitbedarf zur Planung, Genehmigung und Errichtung eines Endlagers viel höher sein wird als ursprünglich vorgesehen. Allerdings wurde das Lagersystem HI-STORM FW von der US-amerikanischen Genehmigungsbehörde NRC nur für einen Zeitraum von 40 Jahren genehmigt. Insofern ist nicht ohne weitere Erklärung nachvollziehbar, wie die Auslegung für eine Lagerung von 100 Jahren für das geplante Zwischenlager am Standort Krško realisiert wird.

Sicherheitstechnisch relevante Aspekte der Langzeitsicherheit werden im UMWELTBERICHT (2020) jedoch nicht erwähnt oder diskutiert.

Laut ANTWORTEN (2019) zielt das Konzept der Lagerung darauf ab, dass die Behälter für den gesamten Lagerzeitraum dicht bleiben; die Integrität der Brennstäbe ist von nachrangigem Interesse und liegt nach Beendigung der Zwischenlagerzeit in der Verantwortung desjenigen, der für die Endlagerung oder die Wiederaufarbeitung zuständig ist. Eine Kontrolle der Dichtheit der Brennstäbe in den Behältern ist nicht beabsichtigt. Im UMWELTBUNDESAMT (2020) wurde angeregt im Rahmen des UVP-Verfahrens zu überprüfen, ob diese Vorgehensweise angemessen ist. Ob diese Überführung des Sachverhalts erfolgte, ist anhand der Unterlagen nicht zu erkennen. Auch weiterhin ist keine stichprobenartige Überprüfung der Brennstäbe geplant.

### **3.3.1 Fragen**

- *Mit welchen Änderungen wird die Auslegung des Lagersystem HI-STORM FW, das von der US-amerikanischen Genehmigungsbehörde NRC nur für einen Zeitraum von 40 Jahren genehmigt wurde, für eine Lagerung von 100 Jahren für das geplante Zwischenlager am Standort Krško realisiert?*

### **3.3.2 Vorläufige Empfehlungen**

- Um das vom KKW Standort Krško ausgehende Risiko zu mindern, sollten die abgebrannten Brennelemente, die ausreichend abgeklungen sind, zügig in das Trockenlager umgeladen werden.
- Es wird empfohlen, dass das für eventuell erforderliche Reparaturen von Mehrzweckbehältern benötigte Brennelementhandhabungsgebäude (FHB) auch nach der Stilllegung der übrigen Objekte des KKW Krško erhalten bleibt.

## 4 STÖRFÄLLE UND UNFÄLLE OHNE EINWIRKUNGEN DRITTER

### 4.1 Darstellung in den UVP-Dokumenten

#### Externe und interne Einwirkungen sowie Ereigniskombinationen

In Abschnitt 2.7.5 werden externe und interne Einwirkungen sowie Ereigniskombinationen thematisiert. (UMWELTBERICHT 2020, S. 78f)

Im Bericht HI-2188092 (Evaluation of combined hazards report at Krsko), der einen Anhang zu den Planungsunterlagen bildet, wurden mögliche externe und interne Einwirkungen auf das Trockenlagerungssystem behandelt. Das Dokument behandelt folgende externe Einwirkungen:

**Wind:** Das DSB ist gegen die Auswirkungen von starkem Wind ausgelegt. Es ist nicht auf Auswirkungen eines Tornados und auf eventuelle tornadobedingte Projektile ausgelegt, da die Widerstandsfähigkeit gegen diese Auswirkungen durch das System HI-STORM FW gewährleistet wird.

**Starker Regen:** Das System HI-STORM FW ist im Trockenlager für abgebrannte Brennelemente untergebracht, weshalb sich starker Regen nicht auf seine Funktionen und Integrität auswirkt. Das Trockenlager ist auf stärkere Regenfälle ausgelegt. Zu diesem Zweck wurde unter der Zugangsplattform ein Wasserrückhaltebecken gebaut, welches eine Überlastung des bestehenden Kanalisationssystems verhindert. Außerdem sind Überläufe auf dem Dach vorgesehen, die bei extremen Regenfällen das Ableiten des Niederschlagswassers ermöglichen.

**Überschwemmung:** Das Trockenlagergebäude ist so ausgelegt, dass es Hochwasserschutz bis zu einer Höhe von 157,50 m u. M. gewährleistet. Die Dichtheit des Gebäudes bei Hochwasser wird durch die umlaufenden Stahlbetonwände sichergestellt, das Eindringen von Wasser durch das Tor bzw. die Tür wird durch montierbare Hochwassersperrn verhindert. Eine Analyse der Auswirkungen eines Ausfalls der passiven Kühlung wegen Verschließung der Lüftungsöffnungen ist im Bericht HI-2167928 behandelt, der nachweist, dass der Betrieb des Systems in keinem Falle gefährdet ist.

**Schnee:** Die Tragkonstruktion des DSB ist für Schneebelastungen ausgelegt. Schnee hat keine unmittelbaren Auswirkungen auf den Betrieb des Systems HI-STORM FW.

**Blitzschläge:** Das DSB wird aus Stahl und Stahlbeton gebaut. Das Gebäude und die Behälter HI-STORM FW sind geerdet. Die Erdung des Gebäudes ist für Blitzeinschläge ausgelegt und ist im Elektroinstallationsplan näher behandelt.

**Temperatureinfluss:** In der Analyse der thermischen Reaktion des Systems HI-STORM FW wie auch in der Analyse des DSB sind extreme Umgebungstemperaturen berücksichtigt.

**Meteorit:** Die Möglichkeit der Einwirkung eines Meteoriten auf den Betrieb des Systems HI-STORM FW ist sehr gering und daher vernachlässigbar.

**Fluss:** Da das Gebäude am Fluss Save errichtet wird, besteht die Möglichkeit von Überschwemmungen. Der Behälter HI-STORM FW wird im DSB aufbewahrt, welches auf eventuelles Hochwasser bis zur Höhe von 157,50 m ü. M. ausgelegt

ist, weshalb eine Überflutung der Behälter wenig wahrscheinlich ist. Eine dennoch mögliche Überschwemmung würde sich vorteilhaft auf die Kühlung des Systems auswirken, da Wasser die Wärme besser ableitet als Luft.

**Explosion:** Im DSB werden keine explosiven Stoffe aufbewahrt. Als mögliche Explosion führt das Dokument DCM-D1-001 ein Flugzeugunglück an. Das DSB hat massive Stahlbetonwände und eine Stahlkonstruktion, was im Falle eines Einschlags eines Flugzeugs die kinetische Energie des Flugzeugs beträchtlich reduzieren würde. Außerdem schützt die große Stahl- und Betonmasse der Lagerungsabschirmung den MPC und die abgebrannten Brennelemente vor einem Einschlag und einer möglichen Explosion. Die Wahrscheinlichkeit irgendeiner Beschädigung des MPC ist sehr gering. Die Auswirkungen eines Flugzeugaufpralls gegen den Behälter sind im Baukonstruktionsplan behandelt.

### **Kombinationen von Einwirkungen**

Im Bericht HI-2177798 (HI-STORM FW FSAR for KRŠKO) sind folgende Kombinationen von Einwirkungen analysiert:

- Schneefall und starker Wind,
- Erdbeben und Überschwemmung,
- Brand und Explosion,
- Brand und Erdbeben.

Als wahrscheinlichste Kombination von Einwirkungen von außen wurde eine Kombination aus einem Erdbeben und einer darauffolgenden Überschwemmung identifiziert. Das Trockenlagerungssystem ist für hohe Erdbebenbelastungen wie auch für Hochwasser ausgelegt.

In der Palette von Kombinationen externer und interner Einwirkungen ist auch die Kombination von Erdbeben und in dessen Folge auftretendem Brand berücksichtigt. Sowohl das Trockenlagergebäude als auch das System HI-STORM FW sind für eine Auslegungs-Bodenbeschleunigung PGA 0,78 g ausgelegt. Die Behälter-Umkippschutzsysteme sind für eine Auslegungsbeschleunigung von 1,2 g PGA ausgelegt. Ein Brand nach einem Erdbeben ist nicht möglich, da die im Trockenlagerraum befindlichen Materialien nicht brennbar sind. (UMWELTBERICHT 2020, S. 80)

### **Erweiterte Auslegungsbedingungen**

Das Trockenlagergebäude (DSB) und der Lagerbehälter sind auf eine gleichzeitige Kombination von Naturkatastrophen bzw. Ereignissen ausgelegt, bei denen Erdbeben, Hochwasser, Auftreffen eines tornadobedingten Projektils, extreme Temperaturen, Schnee und starker Wind berücksichtigt sind.

Durch das System HI-STORM FW zusammen mit dem Trockenlagergebäude werden die grundlegenden Sicherheitsfunktionen gewährleistet (die Unterkritikalität, die Wärmeabfuhr aus dem Behälter und die Rückhaltung radioaktiver Stoffe) während des Betriebszustands, eines Auslegungsunfalls und eines erweiterten Auslegungsunfalls der Kategorie A. Für erweiterte Auslegungsunfälle der Kategorie B sind die Rückhaltung radioaktiver Stoffe wie auch die Wärmeabfuhr gewährleistet. (UMWELTBERICHT 2020, S. 74)



### Angenommene auslösende Ereignisse

Abschnitt 2.7.2.3 thematisiert die angenommenen auslösenden Ereignisse. Es wird erklärt, dass für die Erstellung von Sicherheitsanalysen gemäß Artikel 11 Absatz 2 der Regelung über die Faktoren des Strahlenschutzes und der nuklearen Sicherheit (JV5-Regelung, Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 74/16 und 76/17 – ZVISJV-1) die folgenden auslösenden Ereignisse gewählt worden sind:

- Umkippen des Behälters bei einer erhöhten seismischen Belastung von 1,2 g PGA.
- Absturz eines Verkehrsflugzeugs und eines Militärflugzeugs (Boeing 747-400 und McDonnell Douglas F4);
- Einsturz des Daches des Lagergebäudes auf den Lagerbehälter.

Für diese auslösenden Ereignisse wurden Sicherheitsanalysen erstellt, die Bestandteil des Dokuments HI-2177798, HI-STORM FW FSAR for KRŠKO (Sicherheitsbericht für das Trockenlagerungssystem HI-STORM FW) sind. Im Falle der oben genannten Ereignisse zeigen die Ergebnisse der Analyse, dass der Lagerbehälter eine Integrität ohne Trennung des Deckels, ohne Verringerung der Strahlenschutzkapazität und ohne Durchbrechung der Rückhaltebarriere des Mehrzweckbehälters gewährleistet. Daher kann der Schluss gezogen werden, dass das System seine Schutzfunktion in allen angenommenen Fällen bewahrt und dass die Ereignisse keine inakzeptablen Folgen für die Lagerbehälter im Trockenlager für ABE im KKW Krško haben. (UMWELTBERICHT 2020, S. 74f)

Abschnitt 2.7.4 behandelt die **Strahlungssicherheit**. Im Falle außergewöhnlicher Ereignisse – hierzu zählen Auslegungsunfälle, erweiterte Auslegungsunfälle der Kategorien A und B sowie Ereignisse, die über die erweiterten Auslegungsunfälle hinausgehen – muss die Strahlungsbelastung unter dem vorgeschriebenen Referenzwert von 0,1 Sv liegen. Als Auslegungsunfall des Systems HI-STORM FW, der sich auf die Dosisbelastungen auswirkt, ist ein Wasserverlust aus der Transferabschirmung HI-TRAC definiert. Der Unfall ist im Referenzdokument analysiert. Die Dosisleistung in einer Entfernung von 100 m vom Unfall wird  $2,3 \times 10^{-5}$  Sv/h nicht überschreiten, womit sichergestellt ist, dass die Dosis im Zeitraum der Beseitigung der Folgen des Unfalls (ein halbes Jahr) den vorgeschriebenen Referenzwert nicht überschreitet. Es wurden auch Analysen für die Zustände des Objekts, die über die Auslegungsunfälle hinausgehen (Umkippen des Behälters bei erhöhter seismischer Belastung, keine passive Kühlung des Behälters möglich, Absturz eines Verkehrsflugzeugs und eines Militärflugzeugs, Einsturz des DSB, Brand im Falle eines Flugzeugabsturzes), durchgeführt. Die Strahlungsbelastungen am Zaun des KKW Krško sind im Falle des Eintritts solcher Zustände nicht erhöht. (UMWELTBERICHT 2020, S. 77)

In Abschnitt 2.7.3 werden die Bedingungen beschrieben, die für die Durchführung der Sicherheitsanalysen angenommen wurden (UMWELTBERICHT 2020, S. 75) Für die erweiterten Auslegungsbedingungen wurden **extreme Umgebungstemperaturen** angenommen. Untersucht wurde das Verhalten von Lagerbehältern bei erhöhter Außentemperatur (berücksichtigt wurde eine durchschnittliche 12-Stunden-Außentemperatur von 41 °C als erweiterte Auslegungsbedingungen). Die Ergebnisse der Analyse zeigen, dass auch in diesem Fall die Temperaturen der Komponenten des Lagerbehälters innerhalb der zulässigen Grenzwerte liegen und dass der Innendruck im Mehrzweckbehälter unter der Auslegungsgrenze liegt. (UMWELTBERICHT 2020, S. 75f)

Als weitere Bedingungen für die Sicherheitsanalysen werden genannt:

**Blockade der Lüftungsöffnungen des Lagerbehälters:** Es wurde eine Analyse der vollständigen Blockade der Lüftungskanäle des DSB in Kombination mit einer vollständigen Blockade der Lüftungsöffnungen des Lagerbehälters durchgeführt. Das angenommene Szenario geht von einer Hochwassergefahr aus. Die Ergebnisse der Analyse zeigen, dass die Temperaturen im Behälter sowie der Innendruck im Mehrzweckbehälter innerhalb der zulässigen Grenzwerte liegen und dass es keine zeitliche Begrenzung für die Wiederherstellung des ursprünglichen Zustands gibt. (UMWELTBERICHT 2020, S. 76)

**Teilweise Zuschüttung des Lagerbehälters durch Trümmer:** Im Falle eines Einsturzes des Gebäudes wird das Szenario eines teilweise zugeschütteten Lagerbehälters angenommen. Die Analyse berücksichtigt die Kombination einer 75-prozentigen Blockade der Zuluft und einer 50-prozentigen Blockade der Abluft des Lagerbehälters. Die Analysen kommen zu dem Ergebnis, dass die Kühlung der ABE auch im Falle einer Blockade der Lüftung und einer real zu erwartenden Verschüttung mit Trümmern so erfolgen würde, dass die Temperaturen der Materialien die Lagersicherheit gefährdende Werte nicht überschreiten würden. Die Analysen ermitteln kein Zeitlimit zur Wiederherstellung des normalen Zustands des Systems bei einem derartigen Ereignis. Es ist jedoch empfehlenswert, die Behälter nicht über längere Zeit so hohen Temperaturen und Druckbedingungen auszusetzen. Daher wird die Beseitigung der Lüftungsblockade innerhalb von sieben Tagen empfohlen. (UMWELTBERICHT 2020, S. 76)

**Analysen in der Phase der Vorbereitung auf den Transfer aus dem FHB in das DSB und des Transfers selbst:** Behandelt wurde ein Szenario während der Manipulation des in der Transferabschirmung befindlichen Mehrzweckbehälters im FHB. Die Ergebnisse der Analyse zeigen, dass die Maximaltemperaturen in der Transferabschirmung und im Mehrzweckbehälter innerhalb der zulässigen Werte liegen. (UMWELTBERICHT 2020, S. 77)

### Cliff-Edge Effekte

Abschnitt 2.7.2.4 thematisiert Cliff-Edge Effekte. Es wird erklärt, dass im Rahmen der Sicherheitsanalysen eine umfassende Analyse durchgeführt wurde, die nachweist, dass ausreichende Reserven zur Verhinderung von Fällen bestehen, in denen eine geringfügige Änderung eines einzelnen Parameters schwerwiegende und inakzeptable Folgen haben würde (Cliff-Edge Effekt) und in der Berechnungen für alle gewöhnlichen und ungewöhnlichen Unfälle berücksichtigt sind.

Behandelt sind folgende Ereignisse:

- Analyse des Lagerbehälters im Falle einer vollständigen Überdeckung mit Trümmern bei gleichzeitiger unterbundener Luftzufuhr (Bericht HI-2188103);
- Analyse des Umkippen des Lagerbehälters bei einer Erdbebenbelastung von 1,2 g PGA (Bericht HI-2188064);
- Analyse des Einsturzes des Gebäudes auf den Lagerbehälter (Bericht HI-2177948);
- Analyse einer hypothetischen Leckage des MPC 37 und Berechnung der Auswirkungen auf die Umwelt (Bericht HI-2200331).

In allen Fällen ist laut UMWELTBERICHT (2020, S. 75) nachgewiesen, dass geringfügige Änderungen der Eingangsdaten keine Änderungen der Ergebnisse über die zulässigen Grenzwerte hinaus verursachen können.

### **Analyse einer hypothetischen Leckage des MPC 37**

Basierend auf allen Auslegungsereignissen und erweiterten Auslegungsereignissen wurde bewiesen, dass der MPC 37 seine Integrität ohne Leckage bewahrt. Dennoch wurde aufgrund der grenzüberschreitenden Konsultation zur Änderung des Raumordnungsplans des KKW Krško auch noch eine Analyse der radiologischen Folgen einer Leckage des Behälters im Falle eines völlig hypothetischen Versagens der Barriere des MPC durchgeführt. Die Ergebnisse der radiologischen Analyse (Bericht HI-2200331) bestätigen, dass im hypothetischen Fall einer Leckage des Behälters MPC 37 die 30-Tage-Dosis für eine Person aus der Bevölkerung in einer Entfernung von 1,5 km vom KKW Krško weniger als 4,5 mSv, in einer Entfernung von 10 km vom KKW Krško weniger als 0,8 mSv und in einer Entfernung von 80 km vom KKW Krško weniger als 0,2 mSv beträgt. Laut Umweltbericht ist die errechnete Dosis für eine Person vergleichbar mit der Jahresdosis, der eine Flugbesatzung ausgesetzt ist, welche regelmäßig zwischen Europa und Amerika fliegt. Auch die Auswirkungen an der Grenze zur Republik Österreich und zur Republik Kroatien sind sehr gering (etwa ein Zehntel der natürlichen Hintergrundstrahlung an der Grenze zu Österreich und etwa ein Viertel an der Grenze zu Kroatien). (UMWELTBERICHT 2020, S. 77f)

### **Auswirkungen nahegelegener Anlagen**

Laut UMWELTBERICHT (2020, S. 80) werden sich Ereignisse im Trockenlager, einschließlich Unfälle, nicht auf den Betrieb des Reaktors auswirken. Ebenso werden sich Ereignisse im Reaktor nicht auf den Betrieb des passiv gekühlten Trockenzwischenlagers auswirken, da es keinerlei funktionale Verbindung zwischen dem Reaktor und dem Zwischenlager gibt und beide auch räumlich voneinander getrennt sind. Das KKW Krško verfolgt aufmerksam die neuesten Lösungsansätze und Projekte, die von den Ereignissen im Kraftwerk Fukushima-Daiichi im März 2011 ausgehen und sich auf eventuelle derartige Auswirkungen beziehen (z. B. das IAEA-Projekt "Multiunit Probabilistic Safety Assessment"; IAEA SRS No. 96). Entsprechend der Entwicklung dieser Lösungsansätze und Methodik wird das KKW Krško die Behandlung möglicher Wechselwirkungen zwischen dem Reaktor und dem Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente in das Modell der probabilistischen Sicherheitsanalysen einbeziehen.

## **4.2 Diskussion und Bewertung**

Die trockene Zwischenlagerung am Standort Krško soll in einem Gebäude erfolgen. Die Funktion des Trockenlagergebäudes für abgebrannte Brennelemente besteht darin, die Lagerbehälter vor äußeren Witterungseinflüssen zu schützen und eine zusätzliche Strahlenabschirmung zu gewährleisten.

Die Lagerungsabschirmung soll neben Strahlenschutz auch die Kühlung des Mehrzweckbehälters während der Lagerung sowie einen Schutz des Behälters gegen tornadobedingte Projektile und gegen natürliche und außergewöhnliche Einwirkungen gewährleisten. Quantitative Angaben gegen welche Ereignisse die Lagerungsabschirmung Schutz gewährleistet, sind nicht vorhanden.

Das Trockenlagergebäude ist gegen die Auswirkungen von starkem Wind aber nicht gegen Tornado ausgelegt. Der Lagerbehälter ist jedoch sowohl gegen die Auswirkungen eines Tornados als auch gegen tornadobedingte Projektile ausgelegt.

Die Möglichkeit der Einwirkung eines Meteoriten auf den Betrieb des Lagerungssystems wird als sehr gering und daher vernachlässigbar bewertet. Diese Sichtweise wird international als angemessen bewertet. Das Lagersystem ist gegen die potenziellen Auswirkungen von Schneelasten, Blitzschlag und extremen Umgebungstemperaturen ausgelegt.

Im UMWELTBERICHT (2020) werden die möglichen Auswirkungen und die getroffenen Schutzmaßnahmen gegen starken Regen und Überschwemmung beschrieben. Die genannten Maßnahmen sind geeignet eine Überschwemmung zu verhindern, ob die Höhe des Schutzes ausreichend ist, kann anhand der vorliegenden Unterlagen nicht abschließend bewertet werden.

Die potenziellen Auswirkungen der Klimaänderungen werden zum Teil berücksichtigt. Es werden nur der graduelle Anstieg der Temperatur und die damit verbundenen Werte ermittelt und berücksichtigt. Durch Klimaänderungen bedingte Extremwetterereignisse werden nicht berücksichtigt. Laut IAEO werden die Phänomene, die mit der Klimaänderung verbunden sind, in graduelle Klimaänderungen und Extremwetterereignisse unterschieden. (IAEA 2019)

Als Ursache für eine mögliche Explosion wird ein Flugzeugabsturz genannt. Andere Ursachen für Explosionen werden aufgrund des Fehlens von explosiven Stoffen im Trockenlager ausgeschlossen.

Laut UMWELTBERICHT (2020) hat das Trockenlagergebäude massive Stahlbetonwände und eine Stahlkonstruktion, was im Falle eines Einschlags eines Flugzeugs die kinetische Energie des Flugzeugs beträchtlich reduzieren würde. Außerdem schützt laut UMWELTBERICHT (2020) die große Stahl- und Betonmasse der Lagerungsabschirmung den Mehrzweckbehälter und die abgebrannten Kernbrennstoffe vor einem Einschlag und einer möglichen Explosion. Daher ist laut UMWELTBERICHT (2020) die Wahrscheinlichkeit einer Beschädigung des Mehrzweckbehälters sehr gering und unbedeutend. In einem UVP-Verfahren sollte allerdings nicht die geringe Wahrscheinlichkeit für mögliche Auswirkungen, sondern die Höhe der möglichen Freisetzungen benannt werden. Nur dann kann eine mögliche Betroffenheit Österreichs bewertet werden.

Als mögliche **Kombinationen** von externen und internen Einwirkungen werden vier Ereignisse benannt (Schneefall und starker Wind, Erdbeben und Überschwemmung, Brand und Explosion, Brand und Erdbeben). Die betrachteten Kombinationen sind plausibel. Es wird allerdings im UMWELTBERICHT (2020) nicht dargestellt, ob eine systematische Analyse aller möglicher externen Ereignisse und ihrer Kombinationen erfolgte.

Im Appendix I von IAEA (2012) sind zusätzlich zu den allgemeinen Sicherheitsbetrachtungen zur Zwischenlagerung von abgebrannten Brennelementen spezielle Sicherheitsbetrachtungen für Auslegung und Betrieb von Trockenlagern aufge-

listet. Diese Sicherheitsaspekte sollten in der UVP nachvollziehbar diskutiert werden. In IAEA (2012) wird betont, dass einige der Ereignisse, die bei den Zwischenlagern als Auslegungsstörfälle betrachtet werden, in einen auslegungsüberschreitenden Unfall münden. Die entsprechenden Ereignisse werden aufgelistet (IAEA 2012, 6.98). Auch wenn die Wahrscheinlichkeit für diese auslegungsüberschreitenden Unfälle sehr gering ist, sollten laut IAEA dennoch Notfallmaßnahmen erstellt werden. Laut UMWELTBERICHT (2020) wurde dieses IAEO-Dokument verwendet, insofern müsste eine derartige Betrachtung erfolgt sein.

Die in der IAEA-Empfehlung aufgelisteten Naturereignisse sind z. B. Erdbeben, Überschwemmung, Wirbelsturm, Permafrost, Erosion und Blitzschlag. Im UMWELTBERICHT (2020) wird nicht erläutert, welche der in der IAEA-Empfehlung aufgelisteten Naturereignisse in den Sicherheitsanalysen für den Standort relevant sein könnten. Eine Darstellung der Analyse von möglichen Extremwetterereignissen wird nicht gegeben. Gerade in Hinblick auf die lange Lagerzeit ist die Berücksichtigung von Trends bei Extremwetterereignissen erforderlich. Nach jetzigem Wissensstand nehmen aufgrund der Klimaänderungen Extremereignisse sowohl in ihrer Häufigkeit als auch in ihrer Intensität zu (siehe z. B. IAEA 2019).

### **Angenommene auslösende Ereignisse**

Für die Erstellung von Sicherheitsanalysen sind laut UMWELTBERICHT (2020) fünf auslösende Ereignisse erkannt worden (Umkippen des Behälters bei erhöhter seismischer Belastung, passive Kühlung des Behälters nicht möglich, Absturz eines kommerziellen Flugzeugs oder Militärflugzeugs, Einsturz des Trockenlagergebäudes und Brand im Falle eines Flugzeugsabsturzes). Diese auslösenden Ereignisse decken Ereignisse ab, die zu den höchsten Auswirkungen führen können. Allerdings werden Sabotage bzw. Terroranschläge vom Boden nicht erwähnt (siehe Kapitel 6).

Laut UMWELTBERICHT (2020) gewährleistet das System HI-STORM FW zusammen mit dem Trockenlagergebäude die Rückhaltung der radioaktiven Stoffe während eines Auslegungsunfalls und eines erweiterten Auslegungsunfalls der Kategorie A und der Kategorie B. Laut ANTWORTEN (2019) wurden in den Sicherheitsanalysen eine Reihe von Unfällen betrachtet, die den erweiterten Auslegungsunfällen zugeordnet werden. Unfälle der Kategorie B wären Unfälle mit Schmelzen der Brennelemente, diese Unfälle sind nicht möglich.

### **Wechselwirkung mit dem Reaktor**

Der Betrieb des Zwischenlagers ist nicht unabhängig von den anderen Nuklearanlagen am Standort. Grundsätzlich können Ereignisse im Zwischenlager Auswirkungen auf den sicheren Betrieb des Reaktors am Standort haben; ebenso kann ein Ereignis im Reaktor Auswirkungen auf das Zwischenlager haben (UMWELTBUNDESAMT 2002). So könnten Zufahrtswege zum Zwischenlager durch Ereignisse im Reaktor blockiert sein. Für Notfalleinsätze sollen die bestehenden Zugangswege zum Standort des neuen Trockenlagergebäudes verwendet werden. Die Zufahrt mit Feuerwehrwagen soll von der Ost- und Südseite des Bauwerks über die bestehenden Interventionswege innerhalb des Geländes des KKW Krško erfolgen. Konkurrierende Anforderungen der Feuerwehr im Falle ei-

nes Brandes oder konkurrierende Anforderungen des Werkschutzes bei Terrorangriffen könnten zu Engpässen führen (im Hinblick auf Personal, Ausrüstung und verfügbares Löschwasser). Darüber hinaus erschweren Unfälle mit radioaktiven Freisetzungen im Reaktor den Zugang zum Zwischenlager.

Im UMWELTBERICHT (2020) werden gegenseitige Auswirkungen thematisiert, allerdings nur bezogen auf die nicht vorhandenen funktionalen Verbindungen und nicht bezüglich der oben beschriebenen konkurrierenden Ressourcen zur Störfallbeherrschung oder der Begrenzung von möglichen Unfallfolgen. Gleichzeitig wird erklärt, dass das KKW Krško die Behandlung möglicher Wechselwirkungen zwischen dem Reaktor und dem Zwischenlager in das Modell der probabilistischen Sicherheitsanalysen einbeziehen wird. Insofern ist es möglich, dass derartige Auswirkungen zukünftig betrachtet werden.

### **Cliff-Edge Effekte**

Grundsätzlich ist zu begrüßen, dass im Rahmen der Sicherheitsanalysen Untersuchungen zu Cliff-Edge Effekten erfolgten. Laut UMWELTBERICHT (2020) ist in allen Fällen nachgewiesen, dass geringfügige Änderungen der Eingangsdaten keine Änderungen der Ergebnisse über die zulässigen Grenzwerte hinaus verursachen können.

Laut IAEA (2016) werden in Sicherheitsanalysen derartige Berechnungen genutzt, um die Sicherheitsreserven in auslegungsüberschreitenden Bereichen zu ermitteln. Soweit es anhand der im UVP-Verfahren vorgelegten Dokumente bewertet werden kann, werden bei den Untersuchungen bezüglich der Cliff-Edge Effekte zwar kleine Änderungen bei den Parametern in den Sicherheitsanalysen unterstellt, es werden aber nicht die vorhandenen Reserven ermittelt.

### **Analyse einer hypothetischen Leckage des MPC 37**

Obwohl die Analysen keinen Dichtungsverlust ermittelten, wurde aufgrund der grenzüberschreitenden Konsultation zur Änderung des Raumordnungsplans des KKW Krško eine Analyse der radiologischen Folgen einer Leckage des Behälters im Falle eines völlig hypothetischen Versagens der Barriere des MPC durchgeführt. Die radiologische Analyse ermittelt für den hypothetischen Fall einer Leckage des Behälters MPC 37 eine 30-Tage-Dosis in einer Entfernung von 80 km vom KKW Krško von weniger als 0,2 mSv.

Grundsätzlich ist zu begrüßen, dass eine derartige Untersuchung im Rahmen des UVP-Verfahrens erfolgt ist. Allerdings ist zum Beispiel nicht klar, warum im Falle einer extremen auslegungsüberschreitenden Auswirkung nur ein Behälter betroffen sein sollte. Vor allem aber wird nicht gesagt, welche Temperatur im Behälter für die Analyse angenommen wurde. Eine potenzielle Freisetzung ist stark temperaturabhängig, z. B. weil der Dampfdruck und damit die potenzielle Freisetzung des relevanten Nuklids Cs-137 exponentiell mit der Temperatur steigt.

## Überprüfung der Erfüllung der Empfehlungen aus UMWELTBUNDESAMT (2020)

- *Es wird empfohlen, eine systematische Analyse aller möglichen externen und internen Ereignisse und ihrer Kombination durchzuführen und diese während der Betriebszeit des Lagers laufend dem Stand von Wissenschaft und Technik anzupassen. (UMWELTBUNDESAMT 2020)*

Dieser Empfehlung wird weitgehend gefolgt. Die betrachteten Ereignisse und ihre Kombinationen sind plausibel. Zudem soll der Stand von Wissenschaft und Technik bezüglich externer Gefahren und ihren Auswirkungen verfolgt werden. Ob eine systematische Analyse erfolgte, ist jedoch anhand der vorliegenden Unterlagen nicht zu bewerten.

- *Es wird empfohlen sicherzustellen, dass die in Stör- und Unfallanalysen unterstellten externen Einwirkungen auf jeweils aktuellen und repräsentativen Daten beruhen (insbesondere zur Erdbebengefahr) und diese während der Betriebszeit des Lagers regelmäßig dem Stand von Wissenschaft und Technik angepasst werden. (UMWELTBUNDESAMT 2020)*

Diese Empfehlung wird zum Teil befolgt. Es ist nicht bei allen externen Gefahren zu bewerten, ob die Sicherheitsanalysen jeweils auf aktuellen und repräsentativen Daten beruhen. Zudem wurden Klimaänderungen nur teilweise berücksichtigt. Zu begrüßen ist, dass für die Betrachtung der externen Gefahren der Stand von Wissenschaft und Technik verfolgt werden soll. (Zur Bewertung der Erdbebengefahr siehe Kapitel 5).

- *Es wird empfohlen, im Rahmen der noch durchzuführenden UVP für das Zwischenlager die Auswirkungen von möglichen auslegungsüberschreitenden Unfällen unabhängig von ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit zu ermitteln, um mögliche weitere Schutzpotenziale zu identifizieren. (UMWELTBUNDESAMT 2020)*

Dieser Empfehlung wurde insoweit gefolgt, dass eine Freisetzung bei Dichtungsversagen eines Behälters ermittelt wurde. Dieses ist grundsätzlich zu begrüßen, allerdings fehlt, wie oben erläutert, die relevante Angabe welche Temperatur für diese Analyse unterstellt wurde.

- *Grundsätzlich können Ereignisse im Zwischenlager Auswirkungen auf den sicheren Betrieb des Reaktors am Standort haben; ebenso kann ein Ereignis im Reaktor Auswirkungen auf das Zwischenlager haben. Es wird empfohlen derartige Wechselwirkungen im Rahmen der noch durchzuführenden UVP für das Zwischenlager darzustellen. (UMWELTBUNDESAMT 2020)*

Dieser Empfehlung wurde zum Teil gefolgt, so enthält der UMWELTBERICHT (2020) einen Abschnitt, der sich mit den gegenseitigen unfallbedingten Auswirkungen von Reaktor und Zwischenlager am Standort KKW Krško beschäftigt, allerdings ist diese Betrachtung bisher nicht ausreichend.

### 4.3 Schlussfolgerung, Fragen und vorläufige Empfehlungen

Die trockene Zwischenlagerung am Standort Krško soll in einem Gebäude erfolgen. Die Funktion des Trockenlagergebäudes für abgebrannte Brennelemente besteht darin, die Lagerbehälter vor äußeren Witterungseinflüssen zu schützen und eine zusätzliche Strahlenabschirmung zu gewährleisten.

Die Lagerungsabschirmung soll neben Strahlenschutz auch die Kühlung des Mehrzweckbehälters während der Lagerung, einen Schutz des Behälters gegen tornadobedingte Projektile und gegen natürliche und außergewöhnliche Einwirkungen gewährleisten. Quantitative Angaben gegen welche Ereignisse die Lagerabschirmung Schutz gewährleistet, sind jedoch nicht vorhanden.

Die möglichen Auswirkungen und die getroffenen Schutzmaßnahmen gegen Überschwemmung werden beschrieben, ob die Höhe des Schutzes ausreichend ist, kann anhand der vorliegenden Unterlagen nicht abschließend bewertet werden.

Die potenziellen Auswirkungen der Klimaänderungen werden zum Teil berücksichtigt. Eine Darstellung der Analyse von möglichen Extremwetterereignissen wird nicht gegeben. Gerade in Hinblick auf die lange Lagerzeit ist die Berücksichtigung von Trends bei Extremwetterereignissen erforderlich. Nach jetzigem Wissensstand nehmen aufgrund der Klimaänderungen Extremereignisse sowohl in ihrer Häufigkeit als auch in ihrer Intensität zu.

Grundsätzlich ist zu begrüßen, dass im Rahmen der Sicherheitsanalysen Untersuchungen zu Cliff-Edge Effekten erfolgten. Soweit dies anhand der vorgelegten Dokumente bewertet werden kann, werden bei den Untersuchungen zwar kleine Änderungen der Parameter unterstellt, die vorhandenen Reserven werden aber nicht ermittelt.

Ereignisse im Zwischenlager können Auswirkungen auf den sicheren Betrieb des Reaktors am Standort haben; ebenso kann ein Ereignis im Reaktor Auswirkungen auf das Zwischenlager haben. Derartige Wechselwirkungen werden im UVP-Verfahren für das Zwischenlager betrachtet, allerdings nicht bezüglich der oben beschriebenen konkurrierenden Ressourcen zur Störfallbeherrschung oder der Begrenzung von möglichen Unfallfolgen.

Obwohl die Analysen keinen Dichtungsverlust ermittelten, wurde eine Analyse der radiologischen Folgen einer Leckage des Behälters im Falle eines hypothetischen Versagens der Dichtung des MPC durchgeführt. Die radiologische Analyse ermittelt für den hypothetischen Fall einer Leckage des Behälters MPC 37 eine 30-Tage-Dosis in einer Entfernung von 80 km vom KKW Krško von weniger als 0,2 mSv. Grundsätzlich ist zu begrüßen, dass eine derartige Untersuchung im Rahmen des UVP-Verfahrens erfolgt ist. Allerdings wird nicht angegeben, welche Temperatur im Behälter für die Analyse angenommen wurde. Eine potenzielle Freisetzung ist stark temperaturabhängig.

#### 4.3.1 Fragen

- *Welche Temperatur ist für die Freisetzung aus dem Behälter im Falle eines hypothetischen Versagens der Dichtung angenommen worden?*



- *Welche Reserven wurden bei den durchgeführten Untersuchungen zu Cliff-Edge Effekten ermittelt?*

#### **4.3.2 Vorläufige Empfehlungen**

- Eine Analyse von durch Klimaänderung bedingten Extremwetterereignissen wird empfohlen, gerade in Hinblick auf die lange Lagerzeit ist die Berücksichtigung von Trends bei Extremwetterereignissen erforderlich.

## 5 STÖRFÄLLE UND UNFÄLLE DURCH EXTERNE EINWIRKUNGEN

### 5.1 Darstellung in den UVP-Dokumenten

Die für die Sicherheit des geplanten Trockenlagers als relevant erkannten internen und externen Gefahrenwirkungen sowie Gefahrenkombinationen sind im GENEHMIGUNGSPLAN 2020 (Seite 36) aufgelistet und in Anhang 1 des zitierten Dokuments (Bericht HI-2188092) sowie im UMWELTBERICHT (2020) detaillierter dargestellt. Die Gefährdungsanalyse umfasst auch die Einschätzung der Auswirkungen von Unfällen im KKW Krško und die möglichen Auswirkungen auf das Trockenlager. Umgekehrte Einwirkungen auf das KKW durch Unfälle im Trockenlager wurden ebenfalls untersucht (UMWELTBERICHT 2020, Seite 80).

In GENEHMIGUNGSPLAN (2020, Anhang 1) wird das Auswahlverfahren externer Gefahren nicht im Detail beschrieben. Es wird darauf verwiesen, dass nur externe Gefahren berücksichtigt wurden, die als „realistisch“ angesehen werden. (GENEHMIGUNGSPLAN 2020, Anhang 1, S. 4)

Für folgende Einwirkungen liegen Sicherheitsanalysen und Nachweise der geforderten Sicherheitsfunktionen vor (GENEHMIGUNGSPLAN 2020):

- Umkippen eines Lagerbehälters bei erhöhter seismischer Belastung;
- passive Kühlung des Behälters nicht möglich;
- Absturz eines Verkehrs- oder Militärflugzeugs;
- Einsturz des Trockenlagergebäudes;
- Brand im Falle eines Flugzeugabsturzes.

Für **Erdbebenbelastungen** wird darauf verwiesen, dass die Auslegung des geplanten Trockenlagers die Ergebnisse der neusten, jedoch noch nicht abgeschlossenen Gefährdungsanalysen für das KKW Krško („Projekt JEK2“) berücksichtigt. Aufgrund dieser vorläufigen Ergebnisse wird die derzeit geltende Auslegungsgrundlage des KKW von 0,6g, festgelegt durch die maximale Bodenbeschleunigung für eine Wiederkehrperiode von 10.000 Jahren<sup>3</sup>, um den Faktor 1,3 auf PGA=0,78g erhöht. Der Wert gilt für die erweiterten Auslegungsbedingungen (DEC). Die Lagerbehälter müssen so ausgelegt sein, dass sie bei einer Auslegungsbeschleunigung von PGA=1,2g nicht umkippen und sich um nicht mehr als 10 mm bewegen. Der Wert übersteigt die Auslegung des Lagergebäudes erheblich (UMWELTBERICHT 2020, S. 74).

Aus den laufenden Untersuchungen zur Erdbebengefährdung des KKW Krško wird außerdem zitiert, dass die Störungen in der Nähe des Kraftwerks sehr wahrscheinlich keine Bewegungen an der Erdoberfläche verursachen können. Die Störungen sind sehr wahrscheinlich keine „Capable Faults“ (IAEA, 2010). Daraus wird geschlossen, dass die Gefährdung des Trockenlagers durch Oberflächenverformungen im Vergleich zu der Gefährdung durch Erdbebenwellen unbedeutend und vernachlässigbar ist.

---

<sup>3</sup> Die genaue Auslegungsgrundlage für das KKW Krško ist PGA=0,56g

Die Auswirkungen von Flugzeugabstürzen werden im GENEHMIGUNGSPLAN (2020) nicht dargestellt. Es wird nur darauf verwiesen, dass die massive Bauweise des Trockenlagers die kinetische Energie eines auftreffenden Flugzeugs soweit abmindern soll, dass die Behälter nicht beschädigt werden. Die Auswirkungen des Einsturzes des Daches auf die Behälter wurden ebenfalls analysiert.

Für Flugzeugabsturz und Einsturz der Lagerhalle zeigen die Ergebnisse der Analysen, dass die Integrität der Lagerbehälter für alle analysierten Unfallszenarien gewährleistet bleibt. Kein Unfall führt zur Abtrennung der Deckel der Gebinde, einer Verringerung der Strahlenschutzkapazität oder eine Durchbrechung der Rückhaltebarriere (UMWELTBERICHT 2020, S. 75).

Cliff-Edge Effekte werden auch für Unfälle mit vollständiger Überdeckung der Lagerbehälter mit Trümmern, Umkippen bei Erdbebenbelastungen mit PGA größer als 1,2g und einer angenommenen Leckage der der Innenbehälter MPC 37 nicht erwartet. Die entsprechenden Szenarien sind im UMWELTBERICHT (2020, S. 75-80) beschrieben.

## 5.2 Diskussion und Bewertung

Der Sicherheitsnachweis für die Gewährleistung der fundamentalen Sicherheitsfunktionen Kontrolle der Reaktivität, Kühlung und Einschluss des radioaktiven Materials wird von der Kombination der Stabilität des Lagergebäudes und der hohen Festigkeit des Lagerungssystems für abgebrannten Brennelemente abgeleitet. Dabei wird die massive Ausführung der Behälter für die abgebrannten Brennelemente, die aus einem Stahlzylinder (MPC-37) sowie einer zylindrischen Stahl-Beton-Umhüllung besteht (HI-STORM FW Overpack), hervorgehoben. Eine Beschädigung durch seismische Gefahren wird daher als ausgeschlossen bewertet.

Der Nachweis der mechanischen und thermischen Stabilität der Behälter für die Gefahrenkombination Flugzeugabsturz und Kerosinfeuer nimmt die Zerstörung und den Einsturz der Lagerhalle an. Das Szenario beschreibt grundsätzlich einen abdeckenden Unfall, allerdings sind die Annahmen zu den Belastungen nicht konservativ. (siehe Kapitel 6).

Vor dem beschriebenen Hintergrund erscheint es nicht notwendig und zielführend, die Analysen und Ergebnisse für das geplante Trockenlager bezüglich Erdbeben in weiteren Details zu diskutieren. Dies schließt jedoch nicht aus, dass die Erdbebengefahr am Standort mit Blick auf den Reaktor kontinuierlich bewertet werden sollte.

### Überprüfung der Erfüllung der Empfehlungen aus UMWELTBUNDESAMT (2020)

- *Es wird empfohlen sicherzustellen, dass die in Stör- und Unfallanalysen unterstellten externen Einwirkungen auf jeweils aktuellen und repräsentativen Daten beruhen (insbesondere zur Erdbebengefahr) und diese während der Betriebszeit des Lagers regelmäßig dem Stand von Wissenschaft und Technik angepasst werden.*

Für die Einwirkung von Erdbeben wurde der Empfehlung durch die Berücksichtigung der vorläufigen Ergebnisse der Gefährdungsanalyse für das KKW Krško gefolgt.

### **5.3 Schlussfolgerung, Fragen und vorläufige Empfehlungen**

Die UVP Dokumente enthalten Darstellungen des Sicherheitsnachweises für das geplante Trockenlager in Bezug auf externe Gefahren.

Der Sicherheitsnachweis wird unter anderem für Flugzeugabsturz in Kombination mit Kerosinbrand und Einsturz der Lagerhalle geführt. Auch wenn das analysierte Szenario nicht konservativ bezüglich der mechanischen und thermischen Lasten ist, deckt der Sicherheitsnachweis Einwirkungen durch Erdbeben ab.

#### **5.3.1 Vorläufige Empfehlungen**

- Es wird weiterhin empfohlen sicherzustellen, dass die in Stör- und Unfallanalysen unterstellten externen Einwirkungen auf jeweils aktuellen und repräsentativen Daten beruhen (insbesondere zur Erdbebengefahr) und diese während der Betriebszeit des Lagers regelmäßig dem Stand von Wissenschaft und Technik angepasst werden.

## 6 STÖRFÄLLE UND UNFÄLLE MIT EINWIRKUNGEN DRITTER

### 6.1 Darstellung in den UVP-Dokumenten

Das Kapitel 2.7.7 hat „terroristische Handlungen“ als Thema. (UMWELTBERICHT 2020, S. 80f) Es wird erklärt, dass bei der Planung des Trockenlagers die aktuellen Richtlinien zur Bewältigung terroristischer Risiken berücksichtigt wurden, die die notwendigen Maßnahmen definieren, welche aufgrund der Erkenntnisse nach dem Terroranschlag auf das World Trade Center in New York am 11. September 2001 vorgeschlagen wurden. Das neue Zwischenlager wird im bestehenden gesicherten Bereich des KKW Krško positioniert, wo die Sicherung gemäß 10CFR, PART 73, den IAEA-Empfehlungen und den geltenden slowenischen Rechtsvorschriften zum Schutz kerntechnischer Anlagen erfolgt. Es wird darauf hingewiesen, dass das Trockenlager für ABE im technologischen Bereich des KKW Krško eingefügt werden soll und somit der Schutz vor unbefugtem Zugang zum Trockenlager für ABE und vor möglichen Sabotagen durch das bestehende Sicherheitssystem des KKW Krško gewährleistet ist. Der gesicherte Bereich des KKW Krško besteht aus einem Kontrollbereich (500 m um das Reaktorgebäude), einem physisch überwachten Bereich, der von einem doppelten Sicherheitszaun umgeben ist, und technischen Sicherungssystemen.

In Abschnitt 2.7.2.3 werden die angenommenen auslösenden Ereignisse genannt. Für die Erstellung von Sicherheitsanalysen sind auch der Absturz eines Verkehrsflugzeugs (Boeing 747-400) und eines Militärflugzeugs (McDonnell Douglas F4) zu betrachten. (UMWELTBERICHT 2020, S. 74)

Laut UMWELTBERICHT (2020, S. 81) können sich die Folgen möglicher terroristischer Handlungen nicht ungünstiger als die analysierten Unfälle (z. B. Flugzeugabsturz mit darauffolgendem Brand) auf das Trockenlagersystem auswirken. Somit sind Sabotagen bzw. Terroranschläge in den erstellten Analysen (HI-2177798, HI-STORM FW FSAR for KRSKO – Sicherheitsbericht für das Trockenlagersystem HI-STORM FW) implizit behandelt. Behandelt werden der Absturz eines Militär- und eines Verkehrsflugzeugs, der Einsturz des DSB, Brand, Explosion und Kombinationen von Auswirkungen wie Brand und Explosion.

#### **Flugzeugunfall und Umkippen des Behälters HI-STORM FW**

Ein Flugzeugabsturz auf das DSB mit installierten HI-STORM FW wird als sehr unwahrscheinliches, jedoch mögliches Ereignis identifiziert. Es werden drei Anflugzenarien betrachtet: Das Flugzeug prallt horizontal, vertikal oder unter einem anderen Winkel auf. Im Falle eines vertikalen und horizontalen Flugzeugaufpralls gegen das DSB und folglich gegen die Behälter HI-STORM FW, bleiben die Behälter HI-STORM FW in aufrechter Position. Im Falle eines vertikalen Aufpralls entsteht keine zum Umkippen des Behälters führende horizontale Kraft, im Falle eines horizontalen Aufpralls prallt das Flugzeug zuerst gegen die Stahlbetonwand des DSB, was die anfängliche kinetische Energie ausreichend verringert, um ein Umkippen des Behälters zu verhindern. Im Falle eines Flugzeugaufpralls unter einem schrägen Winkel gegen einen oder mehrere HI-STORM FW Behälter kann dieser bzw. können diese umkippen.

Laut UMWELTBERICHT (2020, S. 76) belegen die Ergebnisse der Flugzeugunfall- und Brandanalysen, die in den Dokumenten HI-2177921 in HI-2177928 angeführt sind, dass mechanische Beschädigungen und thermische Belastungen durch einen oben erwähnten Flugzeugunfall nicht zu einem Verlust der Dichtheit des MPC 37 oder zu einer signifikanten Verringerung der Wirkung der radiologischen Abschirmung des Behälters führen würden.

### **Brand im Falle eines Flugzeugunfalls (Boeing 747-400)**

Als extremes Szenario ist laut UMWELTBERICHT (2020, S. 76f) eine Kombination der folgenden Ereignisse anzusehen: direkter Flugzeugaufprall gegen den Behälter HI-STORM FW in horizontaler Richtung, der zum Umkippen des Behälters führt, worauf ein Brand folgt, der durch die Entzündung des Flugzeugtreibstoffs verursacht wird, welches sich innerhalb des DSB verteilt. Bei diesem extremen Szenario wurde der Puffereffekt der Stahlbetonwand, die einen erheblichen Teil der Aufprallenergie des Flugzeugs aufnehmen würde, bewusst als Sicherheitsreserve vernachlässigt. Die Reaktion des Systems HI-STORM FW auf die kombinierten Ereignisse ist in den Berichten HI-2177921 und HI-2177928 dargestellt. Nachgewiesen wurde, dass die mechanischen Schäden und thermischen Belastungen durch einen Flugzeugunfall, auf den ein Brand folgen würde (Entzündung von 242.000 Litern Kerosin, Branddauer 26 Minuten), nicht zum Verlust der Dichtheit des MPC und zu einer radiologischen Freisetzung in die Umgebung führen würden.

Es wurde zudem eine Sensibilitätsanalyse durchgeführt, um den Einfluss der Flammentemperatur auf das Reaktionsverhalten und die Integrität des MPC 37 zu beurteilen. Eine Erhöhung der durchschnittlichen Flammentemperatur von 800 °C auf 1000 °C führt demnach nicht zum Verlust der Dichtheit des MPC 37 oder zu einer signifikanten Verringerung der Wirksamkeit der radiologischen Abschirmung. (UMWELTBERICHT 2020, S. 76f)

## **6.2 Diskussion und Bewertung**

Durch verschiedene Terrorszenarien könnten massive Freisetzungen aus Zwischenlagern am Standorten Krško erfolgen, die auch zu einer Betroffenheit Österreichs führen könnten. Es sollte daher in den UVP-Dokumenten dargelegt werden, inwieweit der Betreiber verpflichtet ist, diesen Fragenkomplex zu betrachten und in welcher Detailtiefe entsprechende Untersuchungen durchgeführt wurden bzw. werden müssen.

Die zurzeit auf dem Markt befindlichen Konzepte für Zwischenlager unterscheiden sich in ihrer Robustheit gegen externe Einwirkungen erheblich. Unterhalb der Erdoberfläche befindliche Lager bzw. gelagerte Behälter könnten einen besseren Schutz gegenüber einem gezielten (oder unfallbedingten) Flugzeugabsturz bieten als Gebäude oder Betonstrukturen mit relativ dünnwandigen Mauern. Wie in Kapitel 3.2 erwähnt ist z.B. das gewählte HI-STORM System als Ausführung HI-STORM UMAX für eine unterirdische Lagerung verfügbar. Dieses wurde nach den Anschlägen vom 11.09.2001 entwickelt, um einen besseren Schutz gegen Terrorangriffe zu gewährleisten. (HOLTEC 2017a)

In ANTWORTEN (2019) wurde erklärt, dass bei der Auswahl des Lagerkonzepts der Schutz vor möglichen Terrorangriffen nicht ausschlaggebend war, da die aktuellen Richtlinien zum Schutz vor terroristischen Risiken angewandt wurden und damit ein ausreichender Schutz gewährleistet ist.

Eine Berücksichtigung von möglichen Terrorangriffen entspricht dem heutigen Stand von Wissenschaft und Technik. Details des Schutzes vor Terrorangriffen können aus Geheimhaltungsgründen im UVP-Verfahren nicht diskutiert werden. Die vorgesehenen Schutzmaßnahmen zu den bereits in einigen Ländern öffentlich diskutierten Szenarien (Absturz eines Verkehrsflugzeugs und Angriff mit einer tragbaren panzerbrechenden Waffe) könnten jedoch skizziert werden.

Neben einem möglichen terroristischen Flugzeugangriff auf das Zwischenlager ist auch der Einsatz von **panzerbrechenden Waffen** gegen die Behälter ein Szenario, welches beispielsweise in Deutschland im Rahmen der Genehmigung eines Zwischenlagers betrachtet wird. Dabei wird unterstellt, dass eine Gruppe von Tätern in das Zwischenlager eindringt und mit panzerbrechenden Waffen die Behälter beschädigt. Durch einen Beschuss mit einem sogenannten Hohlladungsgeschoss kann die Wand eines Behälters durchschlagen und in seinem Inneren Brennstoff zerstäubt werden. Durch den Druckaufbau würde eine nennenswerte Menge an radioaktivem Material in die Atmosphäre freigesetzt. Ein derartiges Szenario wird in den UVP-Dokumenten nicht erwähnt. Ein weiteres mögliches Terrorszenario ist die Auslösung eines schweren Unfalls durch Einsatz massiver Sprengmittel gegen die Behälter oder das Lagergebäude.

Soweit anhand der vorgelegten Unterlagen erkennbar, soll der Schutz vor Terrorangriffen vom Boden vor allem durch die Lage im überwachten Bereich des KKW Standort Krško gewährleistet werden. In den deutschen Zwischenlagern wurden beispielsweise in den letzten Jahren Nachrüstungen zur Verbesserung des Schutzes gegen mögliche Terroranschläge durchgeführt. Der bauliche Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter (SEWD) wurde erweitert. (BMUB 2012) Es wurden unter anderem sogenannte Personen-Vereinzelungsanlagen eingebaut und Lüftungsöffnungen, die zum Eindringen in das Lagergebäude genutzt werden könnten, geschlossen.

Hinzuweisen ist weiterhin auf die Gefahr von sogenannten Innentätern. Die **Nuclear Threat Initiative** (NTI) bewertet mit dem Nuclear Security Index die Maßnahmen, die Länder ergreifen, um das Risiko von Sabotage und Terroranschlägen gegen kerntechnische Anlagen zu verringern. (NTI 2020) Der NTI Index bewertet Faktoren wie Regierungspolitik und gesetzliche Anforderungen. Es werden keine direkten Beobachtungen in kerntechnischen Anlagen durchgeführt. Slowenien erhielt bei der Bewertung 81 von 100 möglichen Punkten und ist damit auf Platz 14 von 47 beteiligten Ländern. Defizite (=geringe Punktzahl) zeigten sich beim Schutz vor der Bedrohung durch Innentäter (64 Punkte). Gerade die Bedrohung durch Innentäter, d. h. Täter, die am Standort des Kernkraftwerks Krško beschäftigt sind, ist von Relevanz für das geplante Trockenlager.

### Untersuchungen zum Flugzeugabsturz

Die Funktion des geplanten Trockenlagergebäudes für abgebrannte Brennelemente besteht laut Umweltbericht darin, die Lagerbehälter vor äußeren Witterungseinflüssen zu schützen und eine zusätzliche Strahlenabschirmung zu ge-

währleisten. Der Schutz des geplanten Zwischenlagers gegen einen Flugzeugabsturz sowie gegen andere schwere Einwirkungen von außen soll vor allem durch die Behälter gewährleistet werden. Die Außenwände des Zwischenlagers sind nur bis in eine Höhe von 6 Metern aus Stahlbeton gefertigt. Insofern ist nicht klar, ob die Behälter ausreichend gegen äußere Einwirkungen geschützt sind.

Für den beantragten Neubau eines Zwischenlagergebäudes in Deutschland werden andere Sicherheitsanforderungen gestellt: Das Entsorgungswerk für Nuklearanlagen (EWN) in Lubmin hat im Mai 2019 die atomrechtliche Genehmigung für ein neues Zwischenlager beantragt. In der Halle sollen 74 Transport- und Lagerbehälter mit hochradioaktivem Material untergebracht werden. Diese stehen momentan in einer Halle des Zwischenlagers Nord. Diese entspricht aber nicht mehr den aktuellen Sicherheitsstandards. Die Auflagen sind 2011 verschärft worden. Künftig sollen 1,80 Meter dicke Stahlbetonwände die Behälter schützen. (EWN 2019a,b)

Die Lagerabschirmung des HI-STORM FW schützt laut Hersteller den gelagerten Inhalt vor natürlichen und künstlichen Projektilen einschließlich eines F-16 Flugzeugaufpralls. (HOLTEC 2019b) F-16 ist ein US-amerikanisches Kampfflugzeug mit einem maximalen Startgewicht von rund 20 t und einer Kerosinmenge von weniger als 10.000 l. Ein Verkehrsflugzeug kann erhebliche stärkere mechanische und thermische Auswirkungen auf die gelagerten Behälter haben. Insofern ist nicht zwangsläufig eine Freisetzung im Falle eines Absturzes eines Verkehrsflugzeugs ausgeschlossen.

Der Absturz eines Verkehrsflugzeuges und daraus möglicherweise resultierende Brände mit Temperaturen von über 1.000 °C können bei fehlender Auslegung zu einem Integritätsverlust der Behälter und zu massiven radioaktiven Freisetzungen führen. Laut deutscher Genehmigungsbehörde (BfE) (BUNZMANN 2019) sollten in Sicherheitsanalysen z. B. die folgenden Fragen untersucht werden:

- Bis zu welcher Temperatur bzw. Dauer der thermischen Belastung kann das Lagerungssystem standhalten?
- Welche Freisetzungsraten werden nach einem langen Brand in Folge eines Absturzes eines Verkehrsflugzeugs ermittelt?
- Gibt es Cliff-Edge Effekte bei höherer thermischer bzw. mechanischer Belastung, so dass die Freisetzung sprunghaft ansteigen kann?

Im Falle eines Absturzes eines Verkehrsflugzeugs (Boeing 747-400ER) werden laut UMWELTBERICHT (2020) keine radioaktiven Substanzen in die Umgebung freigesetzt. Die in den Sicherheitsanalysen angenommene Geschwindigkeit des Flugzeugs beträgt jedoch nur 100 m/s (360 km/h) und ist damit verhältnismäßig gering. Die dadurch verursachten Einwirkungen unterschätzen daher die möglichen mechanischen Belastungen durch einen Flugzeugabsturz erheblich. In Deutschland wurden bei entsprechenden Untersuchungen eine deutlich höhere Geschwindigkeit von 175 m/s (630 km/h) unterstellt.

Laut UMWELTBERICHT (2020) wurde weiterhin angenommen, dass sich die gesamte Kerosinmenge (245.000 Liter) im Lagergebäude verteilt und dort verbrennt. Die Branddauer würde dann 26 Minuten betragen, als Brandtemperatur wurden 800°C unterstellt. Untersuchungen bezüglich eines möglichen Cliff-Edge Effekts bei einem längeren Brand sind nicht erfolgt. Allerdings wurden im Rahmen des UVP-Verfahrens Sensitivitätsanalysen zu den Auswirkungen bei einer Brandtemperatur von 1000°C erstellt. Es wurde auch für diesen Fall keine Freisetzung aus dem Behälter ermittelt.



### Überprüfung der Erfüllung der Empfehlungen aus UMWELTBUNDESAMT (2020)

- *Im Rahmen der Störfallanalysen sollten auch auslegungsüberschreitende Einwirkungen aufgrund von sonstigen Einwirkungen Dritter betrachtet werden, um mögliche weitere Schutzpotenziale zu identifizieren. Diese Analysen sollten während der Betriebszeit des Lagers regelmäßig dem Stand von Wissenschaft und Technik angepasst werden. (UMWELTBUNDESAMT 2020)*

Dieser Empfehlung wurde zum Teil gefolgt, es wurden die Auswirkungen eines gezielten Flugzeugabsturzes ermittelt. Ein Beschuss mit einer panzerbrechenden Waffe wurde, anders als in Deutschland, nicht untersucht. Auch wird nicht explizit erwähnt, dass eine Anpassung an den Stand von Wissenschaft und Technik erfolgt. Im UMWELTBERICHT (2020) wird auf die Erkenntnisse nach dem Anschlag vom 11.09.2001 verwiesen. Dieses Attentat liegt inzwischen 20 Jahre zurück. In Deutschland hat, wie oben erwähnt, eine neue Erkenntnislage zu einer Nachrüstung der Zwischenlager geführt.

### 6.3 Schlussfolgerung, Fragen und vorläufige Empfehlungen

Durch verschiedene Terrorszenarien könnten massive Freisetzungen aus dem geplanten Zwischenlager am Standort Krško erfolgen, die auch zu einer Betroffenheit Österreichs führen könnten. Es sollte daher in den UVP-Dokumenten dargestellt werden, inwieweit der Betreiber verpflichtet ist, diesen Fragenkomplex zu betrachten und in welcher Detailtiefe entsprechende Untersuchungen durchgeführt wurden bzw. werden müssen.

Ob für das geplante Zwischenlager spezifische Untersuchungen zu den Auswirkungen von Terrorangriffen (zusätzlich zum gezielten Absturz eines Flugzeugs) durchgeführt wurden oder durchgeführt werden sollen, wird im Umweltbericht nicht erwähnt.

Neben einem möglichen terroristischen Flugzeugangriff auf das Zwischenlager ist auch der Einsatz von panzerbrechenden Waffen gegen die Behälter ein Szenario, welches beispielsweise in Deutschland im Rahmen der Genehmigung eines Zwischenlagers betrachtet wird. Ein derartiges Szenario wird in den UVP-Dokumenten nicht erwähnt.

Soweit anhand der vorgelegten Unterlagen erkennbar, soll der Schutz vor Terrorangriffen vom Boden vor allem durch die Lage im überwachten Bereich des KKW Standort Krško gewährleistet werden. Für die Zwischenlager in Deutschland wurde dies als nicht ausreichend bewertet und in den letzten Jahren Nachrüstungen zur Verbesserung des Schutzes gegen mögliche Terroranschläge durchgeführt.

Hinzuweisen ist weiterhin auf die Gefahr von sogenannten Innentätern. Die Nuclear Threat Initiative (NTI) bewertet mit dem Nuclear Security Index die Maßnahmen, die Länder ergreifen, um das Risiko von Sabotage und Terroranschlägen gegen kerntechnische Anlagen zu verringern. Laut NTI (2020) zeigen sich in Slowenien Defizite beim Schutz vor der Bedrohung durch Innentäter.

Die Außenwände des Zwischenlagers sind nur bis in eine Höhe von 6 Metern aus Stahlbeton gefertigt und haben nur eine Stärke von 0,8 Meter. Der Schutz des geplanten Zwischenlagers gegen einen Flugzeugabsturz soll vor allem durch die Behälter gewährleistet werden. Für den beantragten Neubau eines Zwischenlagergebäudes in Deutschland werden andere Sicherheitsanforderungen gestellt. Im Neubau des Zwischenlagers Nord sollen 1,80 Meter dicke Stahlbetonwände die Behälter schützen.

Die Lagerabschirmung des HI-STORM FW schützt laut Hersteller den gelagerten Inhalt vor natürlichen und künstlichen Projektilen einschließlich eines F-16 Flugzeugaufpralls. (HOLTEC 2019b) Ein Verkehrsflugzeug kann erhebliche stärkere mechanische und thermische Auswirkungen auf die gelagerten Behälter haben. Insofern ist nicht zwangsläufig eine Freisetzung im Falle eines Absturzes eines Verkehrsflugzeugs ausgeschlossen. Der Absturz eines Verkehrsflugzeuges und daraus möglicherweise resultierende Brände mit Temperaturen von über 1.000 °C können bei fehlender Auslegung zu einem Integritätsverlust der Behälter und zu massiven radioaktiven Freisetzungen führen.

Im Falle eines Absturzes eines Verkehrsflugzeugs (Boeing 747-400ER) auf das geplante Zwischenlager am Standort Krško werden laut UMWELTBERICHT (2020) keine radioaktiven Substanzen in die Umgebung freigesetzt. In dem betrachteten Szenario beträgt die Geschwindigkeit des Flugzeugs jedoch nur 100 m/s (360 km/h) und ist damit verhältnismäßig gering. Die mechanischen Einwirkungen unterschätzen die möglichen Belastungen erheblich. In Deutschland wurden bei entsprechenden Untersuchungen eine deutlich höhere Geschwindigkeit von 175 m/s (630 km/h) unterstellt.

### 6.3.1 Vorläufige Empfehlungen

- Im Rahmen der Störfallanalysen sollten auch auslegungsüberschreitende Einwirkungen aufgrund von sonstigen Einwirkungen Dritter betrachtet werden, um mögliche weitere Schutzpotenziale zu identifizieren. Die vorhandene Analyse zum gezielten Flugzeugabsturz sollte durch die Betrachtung von Cliff-Edge Effekten auch hinsichtlich der mechanischen Einwirkung (Flugzeuggeschwindigkeit) ergänzt werden. Zudem sollten Analysen zu weiteren möglichen Terroranschlägen erfolgen. Diese Analysen sollten während der Betriebszeit des Lagers regelmäßig dem Stand von Wissenschaft und Technik angepasst werden.

## 7 GRENZÜBERSCHREITENDE AUSWIRKUNGEN

### 7.1 Darstellung in den UVP-Dokumenten

Grenzüberschreitende Auswirkungen des Vorhabens werden im Umweltbericht in Kap. 5.12 beschrieben. (UMWELTBERICHT 2020, S. 222ff.)

Die österreichische Staatsgrenze befindet sich in 75 km Entfernung zum Standort Krško.

Aufgrund der bilateralen Konsultationen mit Österreich im Zuge des SUP-Verfahrens zum Bauleitplan wurde ein Unfallszenarium mit einer Leckage eines MPC-37-Behälters berechnet. (siehe auch Kapitel 4.1) Ergebnis der Dosisberechnung in 80 km Entfernung ist eine 30-Tages-Dosis von weniger als 0,2 mSv. Dies entspricht laut Umweltbericht einem Zehntel der natürlichen Hintergrundstrahlung im Grenzbereich Österreich-Slowenien und liege somit unter den Grenzwerten. (UMWELTBERICHT 2020, S. 227)

### 7.2 Diskussion und Bewertung

In den österreichischen Empfehlungen zum SUP-Verfahren zum Bauleitplan wurde empfohlen, dass im Rahmen der noch durchzuführenden UVP für das Zwischenlager die Auswirkungen von möglichen auslegungsüberschreitenden Unfällen unabhängig von ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit ermittelt werden. Ob das gewählte Szenario diese Vorgaben ausreichend erfüllt, ist aus den Angaben nicht zu erkennen (siehe Kapitel 4.2).

Um eine mögliche Betroffenheit Österreichs durch die Auswirkungen eines schweren Unfalls im Trockenlager beurteilen zu können, müssten weiters Dosis- und Kontaminationswerte vorgelegt werden, die einen Abgleich mit der österreichischen Interventionsverordnung und dem Maßnahmenkatalog (BMLFUW 2014) erlauben. Dazu wird ersucht, die berechneten maximalen 2-Tages-Dosiswerte für Kinder und Erwachsene vorzulegen, weiters die maximalen Werte der Bodenkontamination in Bq/m<sup>2</sup> auf österreichischem Staatsgebiet, ebenso die maximalen Werte der zeitintegrierten Luftkonzentration in Bq/m<sup>3</sup>. Eine Betroffenheit Österreichs liegt vor, wenn landwirtschaftliche Schutzmaßnahmen laut Maßnahmenkatalog ergriffen werden müssen. Dies ist ab einer erwarteten Kontamination von 650 Bq Cs-137/m<sup>2</sup> der Fall, bzw. ab einer Luftkontamination von 3,5E+02 Bq/m<sup>3</sup> Luftkonzentration von Cs-137 bei trockener Deposition und 7Bq/m<sup>3</sup> Luftkonzentration bei nasser Deposition.

### **7.3 Schlussfolgerung, Fragen und vorläufige Empfehlungen**

Aufgrund der vorgelegten Dosisangaben kann eine mögliche Betroffenheit Österreichs durch einen schweren Unfall im Trockenlager nicht beurteilt werden. Dazu ist die Angabe von maximalen Dosiswerten für Kinder und Erwachsene erforderlich, die mit den Richtwerten der österreichischen Interventionsverordnung vergleichbar sind. Weiters wäre es wünschenswert zu zeigen, ob Kontaminationswerte in österreichischem Staatsgebiet auftreten können, die über den Richtwerten des Maßnahmenkatalogs (BMLFUW 2014) liegen.

#### **7.3.1 Fragen**

- *Welche maximalen 2-Tages-Dosiswerte ergeben die Berechnungen für einen schweren Unfall ab 75 km Entfernung, sowohl für Kinder als auch für Erwachsene?*
- *Welche Kontaminationswerte sind bei einem schweren Unfall auf österreichischem Staatsgebiet möglich? (ersucht wird um Angabe von Cs-137 in Bq/m<sup>2</sup> und Bq/m<sup>3</sup>)*

## 8 FRAGEN UND EMPFEHLUNGEN

Aus Sicht des österreichischen ExpertInnenteams ergeben sich anhand der vorgelegten Informationen nachfolgend angeführte Fragen und vorläufige Empfehlungen. Sofern die Fragen und Empfehlungen im Rahmen des UVP-Verfahrens nicht beantwortet bzw. berücksichtigt werden können, sollten diese in Bilateralen NuklearexpertInnentreffen zwischen der slowenischen und der österreichischen Seite behandelt werden.

### 8.1 Bewertung des UVP-Verfahrens und Entsorgungsnachweis

#### 8.1.1 Fragen

- *Sind bei der Abschätzung der Kapazität für das Trockenlager die geplante Laufzeitverlängerung des KKW Krško und ein möglicher Neubau eines weiteren KKW-Blocks mitgeplant?*
- *Ist die Kapazität des Endlagers Vrbinja auf die Aufnahme der LILW aus der Stilllegung sowohl nach dem Basisszenario als auch nach dem Alternativszenario RS1 ausgelegt?*
- *Was ist für den Fall geplant, dass zum Zeitpunkt der Stilllegung des Trockenlagers kein Endlager für abgebrannte Brennelemente und hochradioaktive Abfälle zur Verfügung steht?*

#### 8.1.2 Vorläufige Empfehlungen

- Ein Alternativplan sollte vorgelegt werden, falls die radioaktiven Abfälle aus der Stilllegung des Trockenlagers nicht in ein Endlager verbracht werden können, weil keine geeigneten Endlagerkapazitäten zur Verfügung stehen.

### 8.2 Bewertung des geplanten Zwischenlagers und der Behälter inkl. Langzeitaspekte des Betriebs

#### 8.2.1 Fragen

- *Mit welchen Änderungen wird die Auslegung des Lagersystem HI-STORM FW, das von der US-amerikanischen Genehmigungsbehörde NRC nur für einen Zeitraum von 40 Jahren genehmigt wurde, für eine Lagerung von 100 Jahren für das geplante Zwischenlager am Standort Krško realisiert?*

## 8.2.2 Vorläufige Empfehlungen

- Um das vom KKW Standort Krško ausgehende Risiko zu mindern, sollten die abgebrannten Brennelemente, die ausreichend abgeklingen sind, zügig in das Trockenlager umgeladen werden.
- Es wird empfohlen, dass das für eventuell erforderliche Reparaturen von Mehrzweckbehältern benötigte Brennelementhandhabungsgebäude (FHB) auch nach der Stilllegung der übrigen Objekte des KKW Krško erhalten bleibt.

## 8.3 Störfälle und Unfälle ohne Einwirkungen Dritter

### 8.3.1 Fragen

- *Welche Temperatur ist für die Freisetzung aus dem Behälter im Falle eines hypothetischen Versagens der Dichtung angenommen worden?*
- *Welche Reserven wurden bei den durchgeführten Untersuchungen zu Cliff-Edge Effekten ermittelt?*

### 8.3.2 Vorläufige Empfehlungen

- Eine Analyse von Klimaänderung bedingten Extremwetterereignissen wird empfohlen, gerade in Hinblick auf die lange Lagerzeit ist die Berücksichtigung von Trends bei Extremwetterereignissen erforderlich.

## 8.4 Störfälle und Unfälle durch externe Einwirkungen

### 8.4.1 Vorläufige Empfehlungen

- Es wird weiterhin empfohlen sicherzustellen, dass die in Stör- und Unfallanalysen unterstellten externen Einwirkungen auf jeweils aktuellen und repräsentativen Daten beruhen (insbesondere zur Erdbebengefahr) und diese während der Betriebszeit des Lagers regelmäßig dem Stand von Wissenschaft und Technik angepasst werden.

## 8.5 Störfälle und Unfälle mit Einwirkungen Dritter

### 8.5.1 Vorläufige Empfehlungen

- Im Rahmen der Störfallanalysen sollten auch auslegungsüberschreitende Einwirkungen aufgrund von sonstigen Einwirkungen Dritter betrachtet werden, um mögliche weitere Schutzpotenziale zu identifizieren. Die vorhandene Analyse zum gezielten Flugzeugabsturz sollte durch die Betrachtung von Cliff-Edge Effekten auch hinsichtlich der mechanischen Einwirkung (Flugzeuggeschwindigkeit)

keit) ergänzt werden. Zudem sollten Analysen zu weiteren möglichen Terroranschlägen erfolgen. Diese Analysen sollten während der Betriebszeit des Lagers regelmäßig dem Stand von Wissenschaft und Technik angepasst werden.

## 8.6 Grenzüberschreitende Auswirkungen

### 8.6.1 Fragen

- *Welche maximalen 2-Tages-Dosiswerte ergeben die Berechnungen für einen schweren Unfall ab 75 km Entfernung, sowohl für Kinder als auch für Erwachsene?*
- *Welche Kontaminationswerte sind bei einem schweren Unfall auf österreichischem Staatsgebiet möglich? (ersucht wird um Angabe von Cs-137 in Bq/m<sup>2</sup> und Bq/m<sup>3</sup>)*

## 9 LITERATURVERZEICHNIS

- ANTWORTEN (2019): Antworten zu den Fragen und Empfehlungen aus dem Kapitel 5 der Fachstellungnahme zur Strategischen Umweltprüfung zum Raumordnungsverfahren (Trockenlager für abgebrannte Brennelemente in Krško). Übermittelt an das BMK, vormals BMNT, im Januar 2019.
- BAULEITPLAN (2019): Verordnung über den Raumordnungsplan des Kernkraftwerks Krško – inoffizielle konsolidierte Fassung mit gekennzeichneten Änderungen. Entwurf, Juli 2019.  
[https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/energie/kernenergie/verfahren/slowenien/rp\\_krsko/sup\\_bauleitplan\\_trockenlager\\_krsko\\_planentwurf.pdf](https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/energie/kernenergie/verfahren/slowenien/rp_krsko/sup_bauleitplan_trockenlager_krsko_planentwurf.pdf)
- BESCHEID (2020): Ministry of the Environment and Spatial Planning, Republic of Slovenia: Final decision on change of municipality spatial plan for radioactive nuclear waste dry storage – strategic environmental assessment. Brief an den Espoo Kontaktpunkt im BMK, 31.03.2020.  
[https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/energie/kernenergie/verfahren/slowenien/rp\\_krsko/2020/sup\\_bescheid\\_trockenlager\\_krsko.pdf](https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/energie/kernenergie/verfahren/slowenien/rp_krsko/2020/sup_bescheid_trockenlager_krsko.pdf)
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2014): Maßnahmenkatalog für radiologische Notstandssituationen. Arbeitsunterlage für das behördliche Notfallmanagement auf Bundesebene gemäß Interventionsverordnung, Wien, Juli 2014.
- BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2012): Sicherung der Zwischenlager und Hintergründe der erforderlichen Nachrüstung. 08.02.2012.
- BUDELMANN (2017): Auf dem Weg in die Endlagerung – Die Notwendigkeit der langfristigen Zwischenlagerung hoch radioaktiver Abfälle; Harald Budelmann, Maria Rosaria Di Nucci, Ana María Isidoro Losada, Dennis Köhnke, Manuel Reichardt, GAIA 26/2 (2017) S. 110 –113.
- BUNZMANN, CHRISTOPH (2019): Forschungsbedarf zur Sicherheit der Zwischenlagerung bis zur Endlagerung; Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit; Fachworkshop Zwischenlagerung, BGZ mbH; Berlin, 22.10.2019.
- ERLASS (2020): 541. Erlass über die Änderungen und Ergänzungen des Erlasses über den Raumordnungsplan des Kernkraftwerks Krško. Übersetzung ins Deutsche.  
[https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/energie/kernenergie/verfahren/slowenien/rp\\_krsko/2020/erlass\\_ro\\_krsko\\_arbeitsuebersetzung.pdf](https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/energie/kernenergie/verfahren/slowenien/rp_krsko/2020/erlass_ro_krsko_arbeitsuebersetzung.pdf)
- ESPOO-KONVENTION (1991): Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context. United Nations.
- EWN (2019a): Entsorgungswerk für Nuklearanlagen: ESTRAL Unser Zwischenlager für Castor-Behälter; <https://www.ewn-gmbh.de/projekte/estral/>
- EWN (2019b): Entsorgungswerk für Nuklearanlagen: ESTRAL Unser Zwischenlager für Castor-Behälter; Broschüre. Stand 5/2019.
- GENEHMIGUNGSPLAN (2020): NEK: Genehmigungsplanung, Rev. C: Kernkraftwerk Krško / Trockenlager für abgebrannte Brennelemente. Neubau. Planungsnummer NEKDSB-B056/250, Nummer der Mappe: NEKDSB-5V/M01C, Ljubljana, März.  
<https://www.umweltbundesamt.at/uvp-trockenlager-krsko>.



- HOLTEC (2017a): Holtec International: HI-STORM UMAX – Holtec International Storage Module Underground MAXimum Capacity, 2017.  
<https://holtecinternational.com/productsandservices/wasteandfuelmanagement/dry-cask-and-storage-transport/hi-storm/hi-storm-umax/>.
- HOLTEC (2019b): Holtec International: HI-STORM FW® Vertical Ventilated Storage System; Holtec Technical Bulletin HTB-007, 2/2019 Rev 13.
- HOLTEC (2020): Holtec International: HI-STORM, <https://holtecinternational.com/products-and-services/waste-and-fuel-management/dry-cask-and-storage-transport/hi-storm/>.
- IAEA – INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (2010): Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations, IAEA Safety Standards Series No. SSG-9, Vienna.
- IAEA – INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (2012): Storage of Spent Nuclear Fuel; IAEA Safety Standards Series SSG-15. Vienna.
- IAEA – INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (2016): Safety of Nuclear Power Plant Design; IAEA Safety Standards Series No. SSR-2/1 (Rev. 1). Vienna.
- IAEA – INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (2019): Adapting the Energy Sector to climate change; International Atomic Energy Agency, Vienna; 2019
- INTAC (2015): Heiße Zellen für die Zwischenlagerung von Abfällen aus der Wiederaufarbeitung und bestrahlte Brennelemente, W. Neumann; Hannover Mai 2015; [https://www.bundestag.de/endlager-archiv/blob/377932/4867b21957055053b566e7b4a8b7697e/drs\\_109-data.pdf](https://www.bundestag.de/endlager-archiv/blob/377932/4867b21957055053b566e7b4a8b7697e/drs_109-data.pdf)
- NTI – NUCLEAR THREAT INITIATIVE (2020): Nuclear Security Index. <http://ntiindex.org>
- RL 2011/92/EU: Richtlinie 2011/92/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Dezember 2011 über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten. Abl Nr. L 26, S. 1-21.
- RL 2014/52/EU: Richtlinie 2014/52/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. April 2014 zur Änderung der Richtlinie 2011/92/EU über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten. Abl Nr. L 124, S. 1–18.
- SNSA (2015): The First Slovenian Report under Council Directive 2011/70/Euratom on safe management of spent fuel and radioactive waste; Slovenian Nuclear Safety Administration; July 2015.
- TÜV-Nord (2019): Hüllrohrintegrität während der Zwischenlagerung: Ausschluss des systematischen Hüllrohrversagens über 40 Jahre und darüber hinaus; TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG, Spykman, Gerold, Fachworkshop Zwischenlagerung, BGZ mbH; Berlin, 22./23.10.2019.
- UMWELTBERICHT (2020): Umweltverträglichkeitsbericht zur Modernisierung der Technologie der Lagerung abgebrannter Brennelemente (ABE) durch Einführung der Trockenlagerung – Nuklearna elektrarna Krško d.o.o. (Kernkraftwerk Krško GmbH). Erstellt von E-NET OKOLJE d.o.o. Zeichen: 101118-dn. Ljubljana, März. <https://www.umweltbundesamt.at/uvp-trockenlager-krsko>.

- UMWELTBERICHT ZUSAMMENFASSUNG (2020): Umweltverträglichkeitsbericht zur Modernisierung der Technologie der Lagerung abgebrannter Brennelemente (ABE) durch Einführung der Trockenlagerung. Nuklearna elektrarna Krško d.o.o. (Kernkraftwerk Krško GmbH). Zusammenfassung. Zeichen:101118-dnLjubljana, März. <https://www.umweltbundesamt.at/uvp-trockenlager-krsko>.
- UMWELTBUNDESAMT (2002): Baumgartner, C.; Becker, O., Frank, A.; Hirsch, H.; Neumann, W. et al.: Grenzüberschreitende UVP gemäß Art. 7 UVP-RL zum Standortzwischenlager Grafenrheinfeld. Bericht an das österreichische Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft sowie an die Landesregierungen von Oberösterreich und Vorarlberg. Wien 2002.
- UMWELTBUNDESAMT (2019): Becker, O.; Mraz, G: Bauleitplanung Zwischenlager KKW Krško/Slowenien. Fachstellungnahme zur Strategischen Umweltprüfung zum Raumordnungsverfahren. Erstellt im Auftrag des BMNT Abt. I/6 Allgemeine Koordination von Nuklearangelegenheiten sowie der Bundesländer Burgenland, Kärnten, Salzburg, Steiermark und Vorarlberg. REP-0708, Wien. <https://www.umweltbundesamt.at/sup-rp-krsko>
- UMWELTBUNDESAMT (2020): Becker, O.; Mraz, G: Abschließende Fachstellungnahme und Konsultationsbericht zur Strategischen Umweltprüfung zum Raumordnungsverfahren. Erstellt im Auftrag des BMK, Abt. VII/10 Allgemeine Koordination von Nuklearangelegenheiten. REP-0720, Wien. <https://www.umweltbundesamt.at/sup-rp-krsko>
- WENRA (2014): Report WENRA Reference Levels for Existing Reactors. <http://www.wenra.org/publications/>
- WENRA WGWD – Western European Nuclear Regulators' Association, Working Group on Waste and Decommissioning (2014): Report Waste and Spent Fuel Storage Safety Reference Levels. Report of Working Group on Waste and Decommissioning (WGWD), Version 2.2., April 2014.

## 10 ABKÜRZUNGEN

ABE .....	Abgebrannte Brennelemente
ARAO .....	Agency for Radioactive Waste Management, Agencija za Radioaktivne Odpadke
BE.....	Brennelement
Cs-137.....	Cäsium-137
DB .....	Dekontaminationsgebäude
DEC.....	Design Extension Conditions
DSB .....	Dry Storage Building, Trockenlagergebäude
DWR.....	Druckwasserreaktor, auf Englisch: PWR
ENSREG .....	European Nuclear Safety Regulation Group
EWN .....	Entsorgungswerk für Nuklearanlagen
FHB .....	Brennelementhandhabungsgebäude
GBq .....	GigaBecquerel
HI-STORM FW .....	Holtec International – Storage Modul Flood and Wind
I-131 .....	Iod-131
IAEA .....	International Atomic Energy Agency, ..... Internationale Atomenergie Organisation
KKW .....	Kernkraftwerk
LILW .....	Schwach- und mittelradioaktive Abfälle, low and intermediate level waste
MPC .....	Multi Purpose Canister, Mehrzweckbehälter
NEK.....	Nuklearna Elektrarna Krško, Betreiber des KKW
NGO .....	Nichtregierungsorganisation
NRC.....	Nuclear Regulatory Commission
NTI.....	Nuclear Threat Initiative
PGA.....	Peak Ground Acceleration (Maximale (horizontale) Bodenbeschleunigung)
SEWD.....	Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter
SNSA.....	Slovenian Nuclear Safety Administration
SNSA.....	Slovenian Nuclear Safety Administration
SRL .....	Safety Reference Level
SUP .....	Strategische Umweltprüfung
UVP .....	Umweltverträglichkeitsprüfung
WENRA WGWD....	WENRA Working Group on Waste and Decommissioning
WENRA .....	Western European Nuclear Regulators Association



**Umweltbundesamt GmbH**

Spittelauer Lände 5  
1090 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-313 04

Fax: +43-(0)1-313 04/5400

[office@umweltbundesamt.at](mailto:office@umweltbundesamt.at)

[www.umweltbundesamt.at](http://www.umweltbundesamt.at)