umweltbundesamt

PERSPEKTIVEN FÜR UMWELT & GESELLSCHAFT

Umweltverträglichkeitsprüfung

KKW Krško/Slowenien

Laufzeitverlängerung

Abschließende Fachstellungnahme

umweltbundesamt
PERSPEKTIVEN FÜR UMWELT & GESELLSCHAFT

KKW KRŠKO/SLOWENIEN LAUFZEITVERLÄNGERUNG UMWELTVERTRÄGLICHKEITSPRÜFUNG

Abschließende Fachstellungnahme

Oda Becker
Kurt Decker
Lukas Moschen
Gabriele Mraz

pulswerk
Das Beratungsunternehmen des Österreichischen Ökologie-Instituts

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

REPORT
REP-0818

WIEN 2022

Projektleitung Franz Meister (Umweltbundesamt)

Autor:innen *BIEGE Nuklearexpertise*
Oda Becker, technisch-wissenschaftliche Konsulentin (Kap. 3, 4, 6, 7)
Kurt Decker (Kap.5)
Lukas Moschen, Ebner ZT GmbH (Kap. 5)
Gabriele Mraz, pulswerk GmbH (Kap. Einleitung, 1, 2, 7, Projektmanagement)

Satz/Layout Doris Weismayr (Umweltbundesamt)

Übersetzungen Patricia Lorenz

Umschlagfoto © iStockphoto.com/imagestock

Auftraggeber Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Sektion VI – Klima- und Energie, Abteilung VI/8 – Allgemeine Koordination von Nuklearangelegenheiten;

BMK GZ: 2021-0.557.724

Dank Dank gilt den mitfinanzierenden Bundesländern Burgenland, Kärnten, Niederösterreich, Oberösterreich, Salzburg, Steiermark und Vorarlberg.

Publikationen Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter:
https://www.umweltbundesamt.at/

Impressum

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

Diese Publikation erscheint ausschließlich in elektronischer Form auf https://www.umweltbundesamt.at/.

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2022
Alle Rechte vorbehalten
ISBN 978-3-99004-643-2

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG **5**

SUMMARY **15**

POVZETEK **24**

EINLEITUNG **33**

1 VERFAHREN UND ALTERNATIVEN **34**

1.1 Zusammenfassung der Fachstellungnahme **34**

1.2 Fragen und vorläufige Empfehlungen, Antworten und Bewertung der Antworten **34**

1.3 Schlussfolgerungen und abschließende Empfehlungen **36**

1.3.1 Abschließende Empfehlungen (AE) 37

2 ABGEBRANNTE BRENNELEMENTE UND RADIOAKTIVE ABFÄLLE **38**

2.1 Zusammenfassung der Fachstellungnahme **38**

2.2 Fragen und vorläufige Empfehlungen, Antworten und Bewertung der Antworten **38**

2.3 Schlussfolgerungen und abschließende Empfehlungen **44**

2.3.1 Abschließende Empfehlungen (AE) 44

3 LANGZEITBETRIEB DES REAKTORTYPS **45**

3.1 Zusammenfassung der Fachstellungnahme **45**

3.2 Fragen und vorläufige Empfehlungen, Antworten und Bewertung der Antworten **47**

3.3 Schlussfolgerungen und abschließende Empfehlungen **65**

3.3.1 Abschließende Empfehlungen (AE) 67

4 UNFALLANALYSE (DBA UND BDBA) **68**

4.1 Zusammenfassung der Fachstellungnahme **68**

4.2 Fragen und vorläufige Empfehlungen, Antworten und Bewertung der Antworten **70**

4.3 Schlussfolgerungen und abschließende Empfehlungen **81**

4.3.1 Abschließende Empfehlungen (AE) 83

5 UNFÄLLE DURCH EXTERNE EREIGNISSE **84**

5.1 Zusammenfassung der Fachstellungnahme **84**

5.2 Fragen, Antworten und Bewertung der Antworten **86**

5.3 Schlussfolgerungen und abschließende Empfehlungen 114
5.3.1 Abschließende Empfehlungen (AE) 116

6 UNFÄLLE DURCH BETEILIGUNG DRITTER 118

6.1 Zusammenfassung der Fachstellungnahme 118

6.2 Fragen und vorläufige Empfehlungen, Antworten und Bewertung der Antworten 119

6.3 Schlussfolgerungen und abschließende Empfehlungen 124
6.3.1 Abschließende Empfehlungen (AE) 125

7 GRENZÜBERSCHREITENDE AUSWIRKUNGEN 126

7.1 Zusammenfassung der Fachstellungnahme 126

7.2 Fragen und vorläufige Empfehlungen, Antworten und Bewertung der Antworten 126

7.3 Schlussfolgerungen und abschließende Empfehlungen 142
7.3.1 Abschließende Empfehlungen (AE) 143

8 ABSCHLIEßENDE EMPFEHLUNGEN (AE) 144

8.1 Verfahren und Alternativen 144

8.2 Abgebrannte Brennelemente und radioaktive Abfälle 144

8.3 Langzeitbetrieb des Reaktortyps 144

8.4 Unfallanalyse (DBA und BDBA) 145

8.5 Unfälle durch externe Ereignisse 145

8.6 Unfälle durch Beteiligung Dritter 146

8.7 Grenzüberschreitende Auswirkungen 147

LITERATURVERZEICHNIS 148

ABBILDUNGSVERZEICHNIS 150

TABELLENVERZEICHNIS 152

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS 153

ZUSAMMENFASSUNG

Das Kernkraftwerk (KKW) Krško liegt in der Gemeinde Vrbina am linken Ufer des Flusses Save, südwestlich der Stadt Krško. Betreiber ist die Nuklearna elektrarna Krško d.o.o.. Das KKW hat eine Leistung von 1994 MW thermisch bzw. 696 MW elektrisch und gehört jeweils zur Hälfte der Republik Slowenien und der Republik Kroatien; der erzeugte Strom wird zwischen den beiden Ländern aufgeteilt.

Der Reaktor ist ein Leichtwasserreaktor von Westinghouse. Der Betrieb des KKW startete 1983, die Betriebsdauer betrug ursprünglich 40 Jahre (bis 2023). Derzeit ist eine Verlängerung der Betriebsdauer von 40 auf 60 Jahre geplant, also bis 2043. Slowenien hat Österreich über die geplante Laufzeitverlängerung als vorgeschlagene Aktivität im Rahmen der Espoo Konvention und der UVP-Richtlinie der EU notifiziert und Österreich beteiligt sich an der grenzüberschreitenden UVP. Die zuständige UVP-Behörde ist das slowenische Ministerium für Umwelt und Raumplanung.

Das Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie beauftragte das Umweltbundesamt, die Bewertung der vorgelegten UVP-Unterlagen im Rahmen einer Fachstellungnahme zu koordinieren. (UMWELTBUNDESAMT 2022) In dieser Fachstellungnahme wurden Fragen und vorläufige Empfehlungen formuliert.

Am 20. Mai 2022 fanden in Graz bilaterale Konsultationen der österreichischen und der slowenischen Seite statt, nachdem am 19. Mai eine öffentliche Anhörung stattgefunden hatte. Die Antworten der slowenischen Seite auf die Fragen aus der Fachstellungnahme (ANTWORTEN 2022) werden in der vorliegenden abschließenden Fachstellungnahme bewertet und es werden abschließende Empfehlungen gegeben.

Ziel der österreichischen Beteiligung am UVP-Verfahren ist es, mögliche signifikante nachteilige Auswirkungen des Projekts auf Österreich zu minimieren oder zu verhindern.

Verfahren und Alternativen

Die Unterlagen zum UVP-Verfahren sind grundsätzlich vollständig. Es werden alle Themen behandelt, die laut Espoo-Konvention und EU UVP-Richtlinie in einem UVP-Bericht enthalten sein sollen.

Das KKW Krško liefert ca. 38 % der gesamten Stromerzeugung Sloweniens. Alternativen zur Laufzeitverlängerung liegen in der Stromerzeugung durch andere Technologien und Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz. Die im Nationalen Energie- und Klimaplans Sloweniens (NEPN) enthaltenen Pläne für den Einsatz erneuerbarer Energien und für Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz wurden von der Europäischen Kommission in ihrer Bewertung des NEPNs 2020 als nicht bis wenig ambitioniert beschrieben. Auch eine aktuelle

Studie der TU Wien (RESCH et al. 2021) kommt zu dem Schluss, dass 2030 bereits über 50% des slowenischen Strombedarfs mittels Photovoltaik und Windenergie (an Land) gedeckt werden könnte.

Die slowenische Seite betonte im Rahmen der Konsultationen, dass Alternativen im NEPN und in einer weiteren Studie untersucht worden waren. Es wäre begrüßenswert, wenn die auf ihre Umweltauswirkungen hin untersuchten Alternativen auch im Rahmen des gegenständlichen UVP-Verfahrens dargestellt worden wären, vor allem vor dem Hintergrund der kritischen Bewertung durch die Europäische Kommission und der sich laufend verbessernden Bedingungen für den Einsatz erneuerbarer Energien.

Abgebrannte Brennelemente und radioaktive Abfälle

Abgebrannte Brennelemente aus der Laufzeitverlängerung klingen zunächst im Lagerbecken ab, danach sollen sie in das Zwischenlager (Trockenlager) verbracht werden, das derzeit am Standort Krško errichtet wird. Der geplante Betriebsbeginn des Trockenlagers wurde mehrfach verschoben und wird nun für 2023 erwartet. Falls es zu einer weiteren Verzögerung kommt, wird die Kompaktlagerung im Lagerbecken ausgebaut – dies sollte jedoch aus sicherheitstechnischen Gründen vermieden werden.

Slowenien und Kroatien haben sich 2015 geeinigt, ein gemeinsames Tiefenlager für die abgebrannten Brennelemente zu errichten. Laut zweier Szenarien im UVP-Bericht ist der Betriebsbeginn entweder für 2065 oder für 2093 angedacht. Bis 2025 wird die NEK analysieren, ob die abgebrannten Brennelemente wiederaufgearbeitet werden sollen. Sowohl die slowenische (ARAO) als auch die kroatische Abfallorganisation (FOND- NEK) sind Mitglied im Verein ERDO, der ein multinationales Endlager anstrebt. Über den Fortschritt dieser Aktivitäten wurde in den UVP-Unterlagen nicht berichtet.

Neben den abgebrannten Brennelementen fallen auch schwach- und mittelradioaktive Abfälle (LILW) aus Betrieb und zukünftiger Stilllegung des KKW an. Die Zwischenlagerkapazitäten für den LILW sind nahezu erschöpft. Im Rahmen der Konsultationen wurden Maßnahmen vorstellt, falls sich die Inbetriebnahme der entsprechenden Endlager verzögert, darunter auch Exporte zur Konditionierung nach Schweden.

Langzeitbetrieb des Reaktortyps

Das KKW Krško ist bereits fast 40 Jahre in Betrieb. Das bedeutet, dass negative Alterungseffekte der Strukturen, Systeme und Komponenten (SSK) ein Sicherheitsproblem darstellen könnten, auch wenn laut UVP-BERICHT (2022) durch das Alterungsprogramm (AMP) mögliche negative Folgen verhindert werden sollen.

Das erste Topical Peer Review (TPR 1) gemäß der Richtlinie 2014/87/EURATOM in 2017/18 hat in Slowenien im AMP einige Defizite im Vergleich zum erwarteten Sicherheitsniveau in Europa identifiziert. So entspricht zum Beispiel der Umfang

der im AMP betrachteten SSK nicht dem aktuellen IAEO Safety Standard. Es laufen noch Arbeiten zur Anpassung des AMP an den Stand von Wissenschaft und Technik wie dieser im entsprechenden IAEA Safety Standard IAEA SSG 48 aus 2018 festgeschrieben ist. Insofern ist ein AMP nach dem derzeitigen Stand von Wissenschaft und Technik noch nicht vorhanden.

Auch die im Oktober 2021 durchgeführte Pre-SALTO Mission identifizierte Defizite und empfahl unter anderem, dass die Anlage die Überprüfungen des AMP abschließen soll. Im Rahmen der nächsten periodischen Sicherheitsüberprüfung (3. PSÜ) soll das AMP gemäß IAEO Anforderungen aktualisiert werden.

Eine Pre-SALTO Mission ist der erste Schritt eines SALTO-Peer-Review Prozesses zur Vorbereitung des langfristigen Betriebs (LTO). Es ist begrüßenswert, dass eine solche internationale Mission für das KKW Krško durchgeführt wird. Allerdings wird die eigentliche SALTO-Mission erst 2024/25 stattfinden, also erst nach Beginn der angestrebten Laufzeitverlängerung. Der beste Zeitpunkt für eine SALTO-Mission liegt laut IAEO innerhalb der letzten 10 Jahre vor dem ursprünglich vorgesehenen Betriebsende.

Die überarbeitete Version der WENRA Referenzlevel aus 2020 fordert, auch die technologische Alterung von Strukturen, Systemen und Komponenten vorausschauend zu steuern. Das in ANTWORTEN (2022) beschriebene Verfahren ist geeignet, die negativen Auswirkungen von technologischer Alterung zu begrenzen. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass damit alle relevanten Komponenten erfasst werden. Dieses war bisher nach Bewertung des ersten Topical Peer Review (TPR 1) und der PRE-SALTO Mission nicht vollständig gegeben.

Es ist zu begrüßen, dass die Aufsichtsbehörde bis Ende 2022 die Aufnahme der WENRA Referenzlevel 2020 in das Regelwerk anstrebt. Insofern sollte bereits im Rahmen der aktuell laufenden 3. PSÜ eine Überprüfung des KKW Krško anhand dieser Anforderungen erfolgen. Ob allfällige Korrekturmaßnahmen noch vor der Genehmigung zur Laufzeitverlängerung durchgeführt werden müssen, bleibt offen. Es wurde während der Konsultation angeboten, dass bei den jährlich stattfindenden Treffen im Rahmen des bilateralen Abkommens zwischen der Republik Slowenien und der Republik Österreich (bilaterales Treffen) der Stand und die Ergebnisse der 3. PSÜ vorgestellt werden.

Die ursprüngliche Auslegung des KKW Krško beruht auf US-Vorschriften aus den 60er-Jahren. Das damals angewandte Sicherheitskonzept hat aus heutiger Sicht eine Reihe von grundsätzlichen Defiziten: Die Anzahl der Redundanzen von Sicherheitssystemen ist zu gering. Die verschiedenen Sicherheitseinrichtungen sind teilweise nicht funktionell unabhängig oder räumlich getrennt, so dass sie sich gegenseitig negativ beeinflussen können. Darüber hinaus ist das Reaktorgebäude verwundbar gegen äußere Einwirkungen. Im UVP-BERICHT (2022) werden die erfolgten umfangreichen Nachrüstungen dargestellt. Dennoch konnten nicht alle Auslegungsdefizite aus technischen oder finanziellen Gründen beseitigt werden.

Der Brandschutz im KKW Krško hat gegenüber neuen KKW sicherheitstechnische Nachteile. Das zweite "Topical Peer Review“ (TPR 2) gemäß Artikel 8e der

Richtlinie 2014/87/EURATOM befasst sich mit diesem für die Sicherheit kerntechnischer Anlagen wichtigen Thema. Es wäre zu begrüßen, wenn die Ergebnisse des TPR 2 für das KKW Krško im Rahmen des bilateralen Treffens besprochen werden könnten.

Hinsichtlich der Sicherheitsverbesserung wird in den ANTWORTEN (2022) vor allem auf den EU Stresstest hingewiesen. Der Hauptteil der Maßnahmen des Nationalen Aktionsplans zur Abhilfe der im EU Stresstest nach dem Unfall in Fukushima (2011) identifizierten Defizite bestand aus dem bereits vorher geplanten Sicherheits-Upgrade-Programm (SUP) für das KKW Krško. Mit erheblicher Verzögerung wurden die geplanten Maßnahmen Ende 2021 abgeschlossen. Auch wenn erhebliche Verbesserungen erfolgten, ist nicht geklärt, ob das erreichte Sicherheitsniveau (insbesondere bezüglich Erdbeben) ausreichend ist.

Insbesondere ist nicht ausgeschlossen, dass ein stärkeres Erdbeben auftreten kann als bisher zugrunde gelegt wurde. Das erforderliche Eingreifen der Betriebsmannschaft mit mobilen Geräten wird eine große Herausforderung nach einem schweren Erdbeben. Ob eine Kühlung des Reaktors gelingt, ist fraglich, da die ursprüngliche Auslegung der Anlage nur gegen eine Bodenbeschleunigung (PGA) von 0,3 g erfolgte. Aus den ANTWORTEN (2022) wird zudem deutlich, dass nur eine Redundanz ausreichend seismisch ausgelegt wurde. Das ist sicherheitstechnisch nicht ausreichend. Vor allem ist aber zu bemerken, dass die aktuelle Bewertung der Erdbebengefahr noch nicht abgeschlossen ist (siehe Kapitel 5). Daher ist zurzeit nicht bekannt, ob der Schutz gegen extreme Erdbeben ausreichend ist.

Die IAEO, die WENRA und auch die Richtline 2014/87/Euratom führen unterschiedliche Sicherheitsstandards für existierende Anlagen und für neue Anlagen ein. Die WENRA empfiehlt jede Anlage im Rahmen der Laufzeitverlängerung auch daraufhin zu überprüfen, inwieweit sie die Sicherheitsziele für neue Reaktoren erfüllt. Aus einer solchen Prüfung würde deutlich, welche Sicherheitsabstände (Deltas) zum heute geforderten Sicherheitsstandard bestehen und welche Sicherheitsverbesserungen „vernünftig machbar“ („reasonably practicable“) wären und welche technisch unmöglich sind. Aus den ANTWORTEN (2022) ist nicht zu entnehmen, ob eine derartige systematische Überprüfung erfolgt ist.

Unfallanalyse (DBA und BDBA)

Laut UVP-BERICHT (2022) haben die Nachrüstungen die Robustheit des KKW Krško verbessert und das Unfallrisiko verringert. Auch wenn die errechnete Häufigkeit von Kernschäden (CDF) deutlich gesenkt wurde, ist die CDF (unter 10^{-4} pro Jahr) im Vergleich zu anderen Anlagen hoch. Die Häufigkeit für große Freisetzungen (LRF) hat sich durch die Nachrüstungen kaum verringert. Sie liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von $5*10^{-6}$ pro Jahr ebenfalls relativ hoch. Bei neuen KKW liegen die Werte um einen Faktor 10 bis 100 niedriger. Auch die Orientierungswerte für neue KKW gemäß IAEA (2016b) sind deutlich niedriger.

Die Reduzierung der CDF für das KKW Krško erfolgte aufgrund lange überfälliger Nachrüstungen für den zurzeit genehmigten Betrieb. Sie sind für eine Be-

triebsverlängerung aber nicht ausreichend. Zu beachten ist auch, dass die Analyse der Gefährdungen (intern und extern) noch nicht vollständig ist. Daher könnten die Werte für die CDF des KKW Krško noch höher liegen. Bei der letzten Aktualisierung der WENRA Referenzlevel in 2020 wurden auf Basis neuerer Erfahrungen und Erkenntnisse die in den Sicherheitsnachweisen zu behandelnden Gefahren vervollständigt. Eine Anpassung der Sicherheitsnachweise wird (erst) im Rahmen der zurzeit laufenden 3. PSÜ erfolgen. Es bestehen weiterhin einige Fragen bezüglich der Ermittlung und Bewertung der externen Ereignisse (siehe Kapitel 5). Solange nicht alle potenziellen auslösenden Ereignisse und deren Kombinationen angemessen berücksichtig werden, sind die ermittelten Werte für die CDF nicht ausreichend belegt.

Im UVP-Verfahren werden die Auswirkungen für einen Auslegungsstörfall und einen auslegungsüberschreitenden Unfall ermittelt. Als auslegungsüberschreitender Unfall wird das Szenario „Ausfall der gesamten Wechselstromversorgung und Ausfall der Betriebsmannschaft für 24 Stunden“ gewählt. Im Verlauf des Kernschmelzunfalls kommt es zur Freisetzung des gesamten radioaktiven gasförmigen Materials durch die gefilterte Druckentlastung in die Umgebung. Im Falle einer Kernschmelze ist laut UVP-BERICHT (2022) eine solche Freisetzung im Vergleich zu anderen Freisetzungskategorien am wahrscheinlichsten und wird daher als abdeckendes Ereignis betrachtet. In den ANTWORTEN (2022) wird erklärt, dass das repräsentative Szenario eines schweren Unfalls, das in der UVP für die Berechnung der radiologischen Auswirkungen auf die Umwelt verwendet wird, unabhängig von den probabilistischen Sicherheitsanalysen der Stufe 2 (PSA-2) des KKW Krško erstellt wurde.

Laut PSA 2 für das KKW Krško können einige der Szenarien von Kernschmelzunfällen ein Versagen oder Umgehen des Sicherheitsbehälters verursachen. Diese Szenarien sind mit großen Freisetzungen verbunden. Die ermittelten Wahrscheinlichkeiten und die zugehörigen Quellterme sind im UVP-BERICHT (2022) nicht angegeben.

In den ANTWORTEN (2022) werden die ermittelten Wahrscheinlichkeiten genannt, die zugehörigen Quellterme aber ebenfalls nicht.

Insgesamt kann aus den ANTWORTEN (2022) geschlossen werden, dass schwere Unfälle mit höheren Quelltermen als in der UVP betrachtet möglich sind. Diese hätten in der UVP unabhängig von ihren geringen Wahrscheinlichkeiten betrachtet werden sollen. Statt einen Unfallablauf zur Berechnung der potenziellen grenzüberschreitenden Auswirkungen zu wählen, der sich aus den probabilistischen Sicherheitsanalysen der Stufe 2 (PSA-2) für das KKW Krško ergibt, wurde ein Unfallszenario gewählt, das für mögliche Freisetzungen aus dem KKW Krško bei weitem nicht abdeckend ist.

Laut UVP-BERICHT (2022) resultiert der als abdeckend bezeichnete schwere Unfall aus einem Kernschmelzunfall unter der Annahme der Erhaltung der Integrität des Containments. Der Erhalt des Containments während eines Unfalls ist aber nicht für alle Unfallabläufe gegeben. Auch wenn die errechnete Wahrscheinlichkeit für einen Unfall mit großen radioaktiven Freisetzungen bei Versa-

gen des Containments sehr klein erscheint, sollten die entsprechenden Quellterme für schwere Unfälle in einem grenzüberschreitenden UVP-Verfahren verwendet werden, um die radiologischen Folgen zu ermitteln.

Das KKW Krško ist nicht gegen einen Flugzeugabsturz ausgelegt. Das KKW Krško hat einen doppelten Sicherheitsbehälter. Er besteht aus einem äußeren Stahlbeton-Schutzbauwerk (Dicke 0,76 m) und einem inneren Stahldruckbehälter (0,038 m). Aus den in ANTWORTEN (2022) zitierten Experimenten in den USA ist bekannt, dass Stahlbeton mit einer Dicke geringer als 1 m, durch die Triebwerke durchdrungen werden kann. Es ist zweifelhaft, dass der weniger als 4 cm dicke Stahlbehälter eine Durchdringung durch das Triebwerk stoppen könnte. Zudem ist heutzutage bekannt, dass aufgrund der Erschütterungen/Vibrationen durch den Aufprall erhebliche Schäden am Primärkreislauf entstehen können. Insofern kann davon ausgegangen werden, dass aus einem gezielten Absturz eines Verkehrsflugzeugs ein schwerer Unfall resultieren könnte.

Die WENRA „Safety Objectives for New Power Reactors" sollten als Referenz für die Identifizierung von vernünftigerweise durchführbaren Sicherheitsverbesserungen für das KKW Krško verwendet werden. Laut WENRA-Sicherheitsziel O3 müssten Unfälle mit Kernschmelze, die zu frühen oder großen Freisetzungen führen würden, praktisch ausgeschlossen werden. Das Konzept des „praktischen Ausschlusses" von frühen oder großen Freisetzungen wird für das KKW Krško weder im UVP-BERICHT (2022) noch in den ANTWORTEN (2022) erwähnt.

Unfälle durch externe Ereignisse

Für das KKW Krško wurde ein Screening der standortspezifischen Gefährdungen durchgeführt. Die Darstellungen von äußeren Einwirkungen in den UVP-Unterlagen beschränkt sich auf Bodenbewegung durch Erdbeben, Überflutung und ausgewählte Extremwetterereignisse. Andere seismotektonische Gefahren (Oberflächenversatz, Bodenverflüssigung, störungsnahe Effekte der Bodenbewegungen) und Gefahrenkombinationen werden nicht oder nur unzureichend behandelt. In den Konsultationen wurde jedoch geklärt, dass Analysen von Gefahrenkombinationen durchgeführt wurden.

Erdbeben: Das KKW Krško ist erdbebensicher nach der Slowenischen Regelung RG 1.60 für Strahlenschutz und nukleare Sicherheit[1]. Die maximale Bodenbeschleunigung (Peak Ground Acceleration, PGA) des ursprünglich unterstellten Auslegungserdbebens (Safe Shutdown Earthquake, SSE) mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von 10^{-4}/Jahr (Wiederkehrperiode von 10.000 Jahren) wurde mit 0,3 g (Freifeld) festgelegt. 2004 und 2014 wurde die Erdbebengefährdung auf zuletzt PGA = 0,56 g erhöht. Aus den UVP-Unterlagen erschließt sich der Nachweis des Widerstands der bestehenden Bauwerke und Systeme bei Verdoppelung von PGA = 0,30 g auf PGA = 0,56 g nicht. Nur neue Bauwerke und Systeme, die im Rahmen des Programms zur sicherheitstechnischen Aufrüstung ausgeführt wurden, sind auf PGA = 0,6 g oder PGA = 0,78 g ausgelegt.

[1] JV5-Regelung, Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 74/16 und 76/17 - ZVISJV-1

Neue geologische, tektonische und seismologische Daten aus dem Nahbereich des KKW liefern hinreichend Gründe für die Annahme, dass die 2004 und 2014 durchgeführten Erdbebengefährdungsanalysen (Probabilistic Seismic Hazard Assessment, PSHA) nicht mehr aktuell sind. Hinweise dazu ergeben sich aus neuen Daten zu aktiven Störungen und der Erdbebengefährdungskarte von Slowenien 2021, die für den Raum Krško eine um etwa 25% höhere Gefährdung als die nationale Gefährdungskarte 2001 ausweist. Die Gefährdungskarten sind auf das KKW nicht anwendbar[2]. Die Erhöhung der Gefährdung zeigt jedoch, dass neue Daten, Bewertungen und Methoden erheblichen Einfluss auf die Ergebnisse einer neuen PSHA haben. Diese neuen Daten, Bewertungen und Methoden wurden jedoch nicht für den Sicherheitsnachweis des KKW verwendet.

In Bezug auf Erdbeben können die UVP-Unterlagen daher nicht nachweisen, dass sich aus der Verlängerung des Anlagenbetriebs keine zusätzlichen Gefährdungen und Risiken ergeben können. In den Konsultationen hat die slowenische Seite mitgeteilt, dass derzeit eine neue Erdbebengefährdungsanalyse (PSHA 2022) ausgearbeitet wird, die 2022 abgeschlossen und 2023 begutachtet werden soll. Diese PSHA soll nach Ansicht des Expert:innenteams eine aktualisierte Datengrundlage mit paläoseismologischen Bewertungen von Störungen im Nahbereich des KKW und ein neues nicht-ergodisches Bodenbewegungsmodell für den Standort verwenden.

Es wird daher empfohlen, die Entscheidung über die Laufzeitverlängerung auf Grundlage der PSHA 2022 zu treffen. Dabei ist es unerheblich, dass die PSHA 2022 für ein möglicherweise neu zu errichtendes KKW am Standort Krško durchgeführt wird. Da die Standortbedingungen für die mögliche neue und die bestehende Anlage identisch sind, sollen die Ergebnisse der PSHA 2022 nach WENRA (2021, RL E11.1) auch auf die bestehende Anlage angewendet werden.

Gefährdungen von außen werden im ENTWURF BEWILLIGUNG (2022) als Ursachen für Freisetzungen mit erheblichem Einfluss auf die Umwelt grundsätzlich berücksichtigt. Es wird daher empfohlen, die Implementierung von weiteren Schutzmaßnahmen gegen die Einwirkung von Erdbeben, deren Notwendigkeit sich aus der neuen PSHA 2022 ergeben könnte, in ähnlicher Form als Auflage in die umweltschutzrechtliche Stellungnahme aufzunehmen, wie das für Extremwetterereignisse vorgesehen ist (ENTWURF BEWILLIGUNG 2022, Auflage II/1/16). Die derzeitige Vorgangsweise, meteorologische Gefahren, die nur unwesentlich zum Gesamtrisiko der Anlage beitragen, im umweltrechtlichen Verfahren zu berücksichtigen, während die überwiegenden Risikofaktoren von Erdbeben[3] nicht beachtet werden, erscheint unausgewogen und ist nicht nachvollziehbar.

In den Konsultationen hat die slowenische Seite in Aussicht gestellt, dass die zusammengefassten Ergebnisse der PSHA 2022 der österreichischen Seite im Rahmen der bilateralen Treffen zur Verfügung gestellt werden können.

---

[2] Die nationale Gefährdungskarte gibt Werte für die Wiederkehrperiode von 475 Jahren an. Für KKW ist die Wiederkehrperiode von 10.000 Jahren relevant (WENRA 2020a; IAEA 2010)

[3] Erdbeben tragen 57% zum gesamten Kernschadenswahrscheinlichkeit bei (SNSA 2021a).

Aus Sicht des Erdbebeningenieurwesens belegen die Angaben aus dem UVP-BERICHT (2022) mit den Verweisen auf den Nuclear Stress Test Report (SNSA 2011) ausreichend, dass der State-of-the-Art (Vorschriften/Normen) im Jahr 2011 eingehalten wurde. Zwischen 2011 und 2022 haben sich jedoch Richtlinien, insbesondere die zitierten Richtlinien der US Nuclear Regulatory Commission (NRC), geändert. Diese Revisionen und etwaige Auswirkungen auf die Nuklearanlage werden im UVP Bericht nicht diskutiert. Gerade in den vergangenen zwei Dekaden wurden wichtige Erkenntnisse zur Charakterisierung des seismischen Verhaltens des Equipments (also Strukturen und Systeme, aber keine Bauwerke) gewonnen. In den Konsultationen erklärten die slowenischen Expert:innen, dass diese Entwicklungen geprüft wurden. Dabei wurde ersichtlich, dass die technischen und wissenschaftlichen Anforderungen zu den vorher genannten Themenkreisen bei der Bemessung auf Erdbeben eingehalten wurden.

Überschwemmungen: Das KKW Krško wurde für Save-Hochwässer mit einer Wiederkehrperiode von 10.000 Jahren ausgelegt. Der Wert entspricht einem Pegelstand von 155,35 m. Die Anlage ist darüber hinaus auch gegen das höchste mögliche Hochwasser mit 155,61 m Pegelhöhe geschützt. Die Hochwasserschutzeinrichtungen sind für ein Bemessungserdbeben mit PGA = 0,6 g ausgelegt. In den Konsultationen wurde klargestellt, dass die Anlage auch gegen Überflutungen durch extremen Niederschlag (z. B., Starkregen, Kombinationen von starkem Regen und Schneeschmelze etc.) mit der von der WENRA festgelegten Eintrittswahrscheinlichkeit von 10^{-4}/Jahr ausgelegt ist.

Extreme Witterungsbedingungen: Aus den UVP-Unterlagen, SNSA (2017) und Informationen, die in der bilateralen Konsultation übermittelt wurden, ergibt sich, dass Bemessungswerte für Ereignisse (Design Basis Events) mit Eintrittswahrscheinlichkeiten von 10^{-4}/Jahr für folgende meteorologische Gefahren ermittelt wurden: Überflutung durch Starkniederschläge, Sturm, Schneelast, extreme Temperaturen und Blitzschlag. Die slowenischen Angaben bestätigen, dass das KKW Krško gegen die entsprechenden Lasten geschützt ist. Dies entspricht den Vorgaben der WENRA (2020a, Issue TU).

Der Schutz gegen Einwirkungen extremer Witterungsbedingungen wird im ENTWURF BEWILLIGUNG (2022) aufgegriffen. Auflage II/1/16 erfordert die Verfolgung und Analyse von Extremwetterereignissen sowie die Nachrüstungen bei Überschreitungen der Auslegungsgrundlage bzw. adäquaten Schutz gegen die Auswirkungen extremer Ereignisse.

Unfälle durch Beteiligung Dritter

Terroristische Anschläge und Sabotageakte können erhebliche Auswirkungen auf kerntechnische Anlagen haben und schwere Unfälle verursachen – das gilt auch für das KKW Krško. Dennoch werden sie in den UVP-Dokumenten nur kurz hinsichtlich der physischen Sicherung des KKW Krško erwähnt. In vergleichbaren UVP-Dokumenten wurden solche Ereignisse in gewissem Umfang diskutiert. In den ANTWORTEN (2022) werden einige weitere Informationen gegeben.

Obwohl die Vorkehrungen gegen Sabotage und Terroranschläge aus Gründen der Vertraulichkeit im UVP-Verfahren nicht öffentlich im Detail diskutiert werden können, sollten die notwendigen gesetzlichen Anforderungen in den UVP-Dokumenten dargelegt werden.

Informationen zum Thema Terroranschläge wären in Anbetracht der erheblichen Auswirkungen möglicher Anschläge von großem Interesse. Insbesondere sollten die UVP-Dokumente detaillierte Informationen zu den gesetzlichen Anforderungen an den Schutz vor einem gezielten Absturz eines Verkehrsflugzeugs enthalten. Aber auch ANTWORTEN (2022) gehen auf diese Frage nicht ein.

Dieses Thema ist von besonderer Bedeutung, weil das Reaktorgebäude des KKW Krško gegenüber einem Flugzeugabsturz verwundbar ist. Alterungsbedingte Degradation kann die Widerstandsfähigkeit der Gebäude weiter reduzieren.

Eine aktuelle Bewertung der nuklearen Sicherung in Slowenien weist auf Defizite im Vergleich zu den notwendigen Anforderungen an die nukleare Sicherung hin: Im Nukleare Sicherungsindex 2020 liegt Slowenien mit einer Gesamtpunktzahl von 81 Punkten von 100 möglichen Punkten auf Platz 14 von 47 Ländern. Es zeigen sich niedrige Punktzahlen für die "Sicherheitskultur" (50), "Cybersicherheit" (38) und "Schutz vor Insider-Bedrohungen" (64). Diese niedrigen Punktzahlen deuten auf Schwächen beim Schutz hin. (NTI 2021)

Die IAEO unterstützt die Staaten durch ihren International Physical Protection Advisory Service (IPPAS) auf dem Gebiet der nuklearen Sicherung. Bisher wurde in Slowenien keine derartige Mission durchgeführt. Laut ANTWORTEN (2022) ist auch weiterhin keine IPPAS-Mission vorgesehen. Zur Begründung wird erklärt, dass eine Überprüfung der Sicherung im Rahmen der 3. PSÜ erfolgt. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass internationale Reviews eine Möglichkeit für einen deutlichen Sicherheitsgewinn darstellen.

Militärische Aktionen gegen kerntechnische Anlagen stellen eine weitere Gefahr dar, die in der gegenwärtigen globalen Situation besondere Aufmerksamkeit verdient.

Grenzüberschreitende Auswirkungen

Im Rahmen der UVP wurden Berechnungen für einen Auslegungsstörfall und einen auslegungsüberschreitenden Unfall vorgelegt. Für beide wurden für Österreich erhebliche nachteilige Auswirkungen ausgeschlossen. Aufgrund der vorgelegten Daten kann dies so jedoch nicht nachvollzogen werden.

Die in den Konsultationen vorgelegten Daten zeigen, dass beim von der slowenischen Seite berechneten auslegungsüberschreitenden schweren Unfall Teile von Österreich soweit kontaminiert werden können, dass landwirtschaftliche Maßnahmen wie die vorgezogene Ernte eingeleitet werden müssten. Dies betrifft einen Bereich von zumindest 200 km Entfernung vom KKW Krško. In diesen Bereich fallen Teile von Kärnten, der Lungau, und weite Teile der Steiermark.

Da bisher nicht belegt wurde, dass der für die im UVP-Bericht vorgelegten Berechnungen verwendete Quellterm tatsächlich abdeckend ist, kann ein über die berechneten Unfälle hinausgehender schwerer Unfall erheblich größere radiologische Wirkungen auf österreichisches Staatsgebiet zur Folge haben. Insbesondere zeigt die Ermittlung der radiologischen Auswirkungen zu einem möglichen schweren Unfall im Projekt flexRISK größere, noch erheblichere Auswirkungen als im UVP-Bericht ermittelt wurden. Insgesamt können derartige Unfälle mit entsprechenden erheblichen Auswirkungen auf österreichisches Staatsgebiet zum jetzigen Zeitpunkt nicht ausgeschlossen werden.

SUMMARY

The Krško Nuclear Power Plant (NPP) is located in the municipality of Vrbina on the left bank of the Sava River, southwest of the town of Krško. It is operated by Nuklearna elektrarna Krško d.o.o.. The NPP has a capacity of 1994 MW thermal and 696 MW electric respectively; it belongs half to the Republic of Slovenia and half to the Republic of Croatia; the electricity generated is divided between the two countries.

The reactor is a light water reactor (LWR) from Westinghouse. The operation of the NPP started in 1983, the original operating period was 40 years (until 2023). An extension of the operating life from 40 to 60 years is currently planned, i.e. until 2043. Slovenia has notified Austria of the planned lifetime extension as a proposed activity under the Espoo Convention and the EU EIA Directive and Austria is participating in the transboundary EIA. The competent EIA authority is the Slovenian Ministry of the Environment and Spatial Planning.

The Federal Ministry for Climate Action, Environment, Energy, Mobility, Innovation and Technology commissioned the Federal Environment Agency to coordinate the evaluation of the submitted EIA documents within the framework of an expert statement. (UMWELTBUNDESAMT 2022) This expert statement delivered questions and preliminary recommendations.

Bilateral consultations between the Austrian and Slovenian side took place in Graz on 20 May 2022, following a public hearing on 19 May. The Slovenian side's responses to the questions raised in the expert statement (ANSWERS 2022) were evaluated in the present final expert statement and include final recommendations.

The aim of Austria's participation in the EIA process is to minimise or prevent possible significant adverse impacts of the project on Austria.

Procedures and Alternatives

The EIA procedure documents are complete in principle. All topics required by the Espoo Convention and the EU EIA Directive in an EIA report are covered.

The NPP Krško supplies approximately 38% of Slovenia’s electricity demand. Alternatives to extending the service life consist of electricity generation using other technologies and of measures to increase energy efficiency. The plans for the use of renewable energies and for measures to increase energy efficiency contained in the National Energy and Climate Plan of the Republic of Slovenia (NEPN) were described by the European Commission in its assessment of the 2020 NEPN as unambitious or modest and low ambitious. A recent study (RESCH at al. 2021) prepared by the Vienna University of Technology (TU Wien) also came to the conclusion that by 2030 more than 50% of Slovenia's electricity demand could already be covered by photovoltaics and wind energy (on land).

The Slovenian side stressed during the consultations that alternatives had been investigated in the NEPN and in another study. It would be welcome if the alternatives examined for their environmental impact had also been presented in the context of the ongoing EIA procedure, especially in the light of the European Commission's critical assessment and the constantly improving conditions for the use of renewable energies.

Spent fuel and radioactive waste

Spent fuel assemblies which will be generated during the lifetime extension are initially stored in the cooling ponds for decay, after which they are to be moved to the interim storage (dry storage), which is currently being built at the Krško site. The planned start of operations of the dry storage has been postponed several times and is now expected for 2023. In case of another delay the compact storage in the cooling ponds will be enlarged; however, this should be avoided for safety reasons.

In 2015, Slovenia and Croatia have agreed to construct a shared deep repository for spent fuel assemblies. According to two scenarios in the EIA report, the start of operations is planned for 2065 or 2093. Until 2025, NEK will conduct an analysis to decide for or against reprocessing of spent fuel assemblies. Both the Slovenian (ARAO) and the Croatian Waste Agency (FOND-NEK) are members of the ERDO association, which was set up to prepare a multinational repository. The EIA documents did not report about the progress of these activities.

In addition to the spent fuel assemblies, low- and medium-level radioactive waste (LILW) is also generated during the operation and future decommissioning of the NPP. The interim storage capacities for the LILW are almost exhausted. During the consultations, measures were presented which will be implemented if the start of the relevant final repositories should be delayed, including the option of exporting waste for conditioning in Sweden.

Long-term operation of this reactor type

The Krško NPP has been in operation for almost 40 years. Ageing effects of structures, systems and components (SSC) might constitute a safety problem, even if, according to the EIA REPORT (2022), the Ageing Programme (AMP) should prevent possible adverse consequences.

The first Topical Peer Review (TPR 1) in accordance with Directive 2014/87/EURATOM in 2017/18 identified for Slovenia some shortcomings in the AMP compared to the expected safety level in Europe. So far, the scope of the SSC considered in the AMP did not correspond to the current IAEA Safety Standard. Work is still underway to adapt the AMP to the state of the art in science and technology as laid down in the corresponding IAEA Safety Standard IAEA SSG 48 from 2018. In this respect, an AMP is not yet available according to the current state of science and technology.

In addition, the IAEA Pre-SALTO Mission, which was conducted in October 2021, identified deficits and among other proposals recommended the completion of

the AMP review. In the framework of the next Periodic Safety Review (3rd PSR) the AMP should be updated in line with the IAEA requirements.

A Pre-SALTO mission is the first step of a SALTO Reer Review Process to prepare for long-term operation (LTO). It is welcome that such an international mission is being carried out for the Krško NPP. However, the actual SALTO mission will not take place until 2024/25, i.e. only after the aspired lifetime extension decision. According to the IAEA, the best time for a SALTO mission is within the last 10 years before the originally envisaged end of operations.

The revised 2020 WENRA Reference Levels also require the technological ageing of structures, systems and components to be controlled in a forward-looking manner. The method described in ANTWORTEN (2022) is suitable for limiting the negative effects of technological ageing. However, the precondition is that the method includes all relevant components. According to the evaluations undertaken during first Topical Peer Review (TPR 1) and the PRE-SALTO mission this was not the case.

It is to be welcomed that the Nuclear Regulator aims to include the 2020 WENRA Reference Levels in the regulatory framework by the end of 2022. Therefore, the currently ongoing 3rd PSR of the Krško NPP should already be carried out based on those requirements. Whether any corrective measures must be carried out before approval of the lifetime extension, remains open. During the consultation, the Slovenian side offered to inform about the status and the results of the 3rd PSR at the annual meetings held within the framework of the bilateral agreement between the Republic of Slovenia and the Republic of Austria (bilateral meeting).

The original design of the Krško NPP is based on US regulations from the 60s. From today's perspective, the safety concept used at the time has several fundamental deficits: The number of redundancies in the safety systems is too low. The various safety installations are sometimes not functionally independent or spatially separated, so that they can adversely affect each other. In addition, the reactor building is vulnerable to external impacts. The EIA REPORT (2022) presents the extensive retrofits that have taken place. Nevertheless, for technical or financial reasons it was not possible to eliminate all design deficits.

Fire protection at the Krško NPP has safety disadvantages compared to new NPPs. The second Topical Peer Review (TPR 2) pursuant to Article 8e of Directive 2014/87/EURATOM addresses this issue, which is important for the safety of nuclear installations. It would be welcome if the results of the TPR 2 for the Krško NPP could be discussed at the bilateral meeting.

Regarding the safety improvements, the ANTWORTEN (2022) mainly refer to the EU stress tests. The main part of the measures of the National Action Plan to remedy the shortcomings identified in the EU stress test following the Fukushima accident (2011) consisted of the Safety Upgrade Programme (SUP) for the Krško NPP, which had been planned already before. With a considerable delay,

the planned measures were completed at the end of 2021. Even though significant improvements have been made, it is not clear whether the achieved safety level (especially with regard to earthquakes) is sufficient.

In particular, it cannot be ruled out that a stronger earthquake may occur than was previously assumed. The necessary intervention of the operating team with mobile devices will be a major challenge after a severe earthquake. Whether the team will succeed at securing the reactor cooling is questionable, as the original design of the plant was based only on the assumed ground acceleration (PGA) of 0.3 g. ANSWERS (2022) also make clear that only one redundancy has been sufficiently seismically designed. This is not sufficient in terms of safety. Above all, however, it should be noted that the currently ongoing assessment of the earthquake hazard has not yet been completed (See Chapter 5). Therefore, it is currently not known whether the protection against extreme earthquakes is sufficient.

The IAEA, WENRA and also the Directive 2014/87/Euratom established different safety standards for existing installations and for new installations. As part of lifetime extensions, WENRA also recommends to assess each plant regarding the extent to which it meets the safety objectives for new reactors. Such an assessment would provide a clear picture showing which safety distances (deltas) exist to the safety standard required today, and which safety improvements would be "reasonably practicable" and which are technically impossible. ANTWORTEN (2022) does not mention whether such a systematic review has taken place.

Accident analysis (DBA and BDBA)

According to the EIA REPORT (2022), the refurbishments have improved the robustness of the Krško NPP and reduced the risk of accidents. Even though the calculated core damage frequency (CDF) has been significantly reduced, the CDF (below 10^{-4}/year) is high compared to other plants. The Large Release Frequency (LRF) has hardly been reduced by the retrofits; it remains relatively high with a probability of 5*10-6/year. For new NPPs, the values are lower by a factor of 10 to 100. The reference values for new NPPs according to IAEA (2016b) are also significantly lower.

The reduction of the Krško NPP CDF was undertaken in response to long overdue retrofits for the currently authorized operation. However, they are not sufficient for a life time extension. It should also be noted that the analysis of hazards (internal and external) is still open. For this reason, the CDF value for NPP Krško could be even higher. In the last update of the WENRA Reference Levels in 2020, the hazards to be addressed in the safety case were completed on the basis of recent experience and findings. An adjustment of the safety evidence will take place within the framework of the currently conducted 3re PSR. Several questions regarding the identification and evaluation of external events (See Chapter 5) are still open. As long as all potential triggering events and their combinations are not adequately taken into account, the values identified for the CDF are not sufficiently proven.

In the EIA procedure, the impacts of a Design Basis Accident and Beyond Design Basis Accident are being determined. The scenario "Failure of the entire AC power supply and loss of the operating crew for 24 hours" was selected as the Beyond Design Basis Accident. In the course of the meltdown, the entire radioactive gaseous material is released into the environment via the filtered containment venting. In the case of a meltdown, according to the EIA REPORT (2022), such a release is most likely compared to other release categories and is therefore considered a covering event. ANSWERS (2022) explained that the representative scenario of a severe accident used in the EIA for the calculation of radiological effects on the environment was prepared independently of the Level 2 (PSA-2) Probabilistic Safety Analyses of the Krško NPP.

According to the PSA 2 for the Krško NPP, some of the meltdown accidents scenarios can cause a failure or bypass of the containment. These scenarios are associated with large releases. The identified probabilities and the associated source terms are not specified in the EIA REPORT (2022).

ANSWERS (2022) provided the values of the probabilities which were determined, but the relevant source terms were again missing.

Overall, it can be concluded from the ANSWERS (2022) that severe accidents with higher source terms than considered in the EIA are possible. These should have been considered in the EIA irrespective of their low probabilities. Instead of selecting an accident sequence to calculate the potential cross-border effects resulting from the probabilistic safety analyses of level 2 (PSA-2) for the Krško NPP, an accident scenario was chosen that is far from covering possible releases from the Krško NPP.

According to the EIA REPORT (2022), the severe accident described as covering results from a meltdown accident is assuming that the integrity of the containment is maintained. However, the preservation of the containment during an accident is not a given for all accident sequences. Although the calculated probability of an accident with large radioactive releases in the event of containment failure appears to be very small, the corresponding source terms for severe accidents should be used in a transboundary EIA procedure to determine the radiological consequences.

The Krško NPP is not designed to withstand a plane crash. The Krško NPP has a double containment consisting of an outer reinforced concrete protective structure (thickness 0.76 m) and an inner steel pressure vessel (0.038 m). From the experiments in the USA cited in ANTWORTEN (2022), it is known that reinforced concrete with a thickness of less than 1 m can be penetrated by the engines. It is doubtful that the steel vessel, which is less than 4 cm thick, could stop the engine from penetrating. In addition, it is known that considerable damage to the primary circuit can occur due to the shocks/vibrations caused by the impact. In this respect, it can be assumed that a deliberate crash of a commercial aircraft could result in a serious accident.

The WENRA "Safety Objectives for New Power Reactors" should be used as a reference to identify reasonably practicable safety improvements for the Krško

NPP. According to WENRA Safety Objective O3, accidents involving meltdowns that would lead to early or large releases must be practically eliminated. Neither the EIA REPORT (2022) nor ANWERS (2022) mentioned the concept of "practical elimination" of early or large releases for the Krško NPP.

Accidents due to external events

A screening of site-specific hazards was carried out for the Krško NPP. The description of external impacts in the EIA documents are limited to ground movement caused by earthquakes, flooding and selected extreme weather events. Other seismotectonic hazards (surface offset, soil liquefaction, near-fault effects on ground motion) and hazard combinations are not or insufficiently addressed. However, the consultations clarified, that analyses of hazard combinations have been conducted.

Earthquake: The Krško NPP is earthquake-proof according to the Slovenian Regulation RG 1.60 for Radiation Protection and Nuclear Safety[4]. The peak ground acceleration (PGA) of the originally assumed Safe Shutdown Earthquake (SSE) with a probability of occurrence of 10-4/year (recurrence period of 10,000 years) was set as 0.3 g (free field). In 2004 and 2014, the seismic hazard was increased to PGA = 0.56 g. The EIA documents do not provide evidence of the resistance of the existing structures and systems when doubling PGA = 0.30 g to PGA = 0.56 g. Only the new buildings and systems which were constructed as part of the safety upgrade programme are designed for PGA = 0.6 g or PGA = 0.78 g.

New geological, tectonic and seismological data from the area around the NPP provide sufficient reasons to assume that the Probabilistic Seismic Hazard Assessments (PSHA) carried out in 2004 and 2014 are no longer up-to-date. Indications of this can be found in new data on active faults and the seismic hazard map of Slovenia 2021 showing a 25% higher hazard for the Krško area contrary to the 2001 national hazard map. The hazard maps are not applicable to the NPP[5]. However, the sharp increase in hazard shows that new data, assessments and methods have a significant impact on the results of a new PSHA. However, these new data, assessments and methods were not used to prove the safety of the NPP.

With regard to earthquakes, the EIA documents could not prove that no additional hazards and risks might arise from the extension of plant operation. In the consultations, the Slovenian side informed that a new seismic hazard analysis (PSHA 2022) is currently being prepared, which will be completed in 2022 and reviewed in 2023. According to the expert team, this PSHA should use an updated data basis with paleoseismological assessments of faults in the vicinity of the NPP and a new non-ergodic ground movement model for the site.

---

[4] JV5 regulation, Official Gazette of the Republic of Slovenia No. 74/16 and 76/17 - ZVISJV-1

[5] The national hazard map gives values for the return period of 475 years. For NPPs, the return period of 10,000 years is relevant (WENRA 2020a; IAEA 2010).

It is therefore recommended to make the decision on the lifetime extension on the basis of the PSHA 2022. It is irrelevant that the PSHA 2022 will be carried out for a possibly new NPP to be built at the Krško site. Since the site conditions for the possible new and the existing plant are identical, the results of the PSHA 2022 according to WENRA (2021, RL E11.1) shall also be applied to the existing plant.

External hazards are generally taken into account in the ENTWURF BEWILLIGUNG (2022) as the cause of releases with a significant impact on the environment. It is therefore recommended that the implementation of further measures against the impacts of earthquakes, which could result from the new PSHA 2022, be included as a condition in the environmental statement in a similar form as for external weather events. (ENTWURF BEWILLIGUNG 2022, condition II/1/16). The current approach of taking into account meteorological hazards that contribute only marginally to the overall risk of the plant in the EIA procedure, while predominant risk factors of earthquakes[6] are not taken into account, appears unbalanced and cannot be supported.

In the consultations, the Slovenian side suggested that a summary of the PSHA 2022 results might be made available to the Austrian side within the framework of the bilateral meetings.

From the point of view of earthquake engineering, the data provided in the EIA REPORT (2022), referring to the Nuclear Stress Test Report (SNSA 2011) sufficiently prove that the state-of-the-art (regulations/standards) was complied with in 2011. However, between 2011 and 2022 the regulations have changed, in particular the US Nuclear Regulatory Commission (NRC) regulation which the EIA referred to. That revision and their possible effect on the nuclear installation have not been discussed in the EIA report. Especially in the past two decades, important insights have been gained to characterize the seismic behavior of the equipment (i.e. structures and systems, but not buildings). In the consultations, the Slovenian experts explained that these developments had been examined. It became apparent that the technical and scientific requirements for the previously mentioned topics were complied with when determining the earthquakes.

Flooding: The Krško NPP was designed for Sava floods with a return period of 10,000 years. The value corresponds to a water level of 155.35 m. The plant is also protected against the highest possible flooding with a water level of 155.61 m. The flood protection devices are designed for a design basis earthquake with PGA = 0.6 g. During the consultation the Slovenian side clarified that the devices are also designed to withstand floodings due to extreme precipitations (e.g. heavy rain, combination of heavy rain and snow melt etc.) in line with frequency of occurrence of 10^{-4}/year in line with the WENRA requirement.

Extreme weather conditions: From the EIA documents, SNSA (2017) and information provided in the bilateral consultation, it is clear that the rated values for Design Basis Events with probabilities of occurrence of 10^{-4}/year were determined for the following meteorological hazards: flooding by heavy precipitation,

[6] Earthquakes contribute 57% to the total core damage frequency (SNSA 2021a).

storm, snow load, extreme temperatures and lightning. The Slovenian data confirm that the Krško NPP is protected against the corresponding loads. This complies with the WENRA requirements (2020a, Issue TU).

The document ENTWURF BEWILLIGUNG (2022) discusses the protection against the impacts of extreme weather conditions. Condition II/1/16 requires to follow-up and analyse extreme weather events as well as retrofitting in the event of exceedances of the design basis or adequate protection against the effects of extreme events.

Accidents with third parties' involvement

Terrorist attacks and acts of sabotage can have significant impacts on nuclear facilities and cause serious accidents – including for the Krško NPP. Nevertheless, they are only briefly mentioned in the EIA documents with regard to the physical security of the Krško NPP. In comparable EIA documents, such events have been discussed to some extent. Some further information was provided in the ANSWERS (2022).

Although the precautions against sabotage and terrorist attacks cannot be publicly discussed in detail in the EIA process for reasons of confidentiality, the necessary legal requirements should be set out in the EIA documents.

Information on terrorist attacks would be of great interest in view of the significant impact of possible attacks. In particular, the EIA documents should contain detailed information on the legal requirements for protection against a deliberate crash of a commercial aircraft. However, ANTWORTEN (2022) does not discuss this issue.

Because the reactor building of Krško NPP is vulnerable to a plane crash, this issue is of particular importance. Age-induced degradation can further reduce the resilience of buildings.

A recent assessment of the nuclear security in Slovenia points to shortcomings compared to necessary requirements for nuclear security: In the 2020 Nuclear Security Index Slovenia ranked 14 out of 47 with a total score of 81 out of 100 points. A low ranking was achieved for "Safety Culture" (50), "Cybersecurity" (38) and "Protection against Insider Threats" (64) and point to weaknesses in the protection. (NTI 2021)

The IAEA offers assistance to states in strengthening their national nuclear security regimes with its International Physical Protection Advisory Service (IPPAS).No such mission has been conducted yet in Slovenia. According to ANTWORTEN (2022), no IPPAS mission is planned. The Slovenian side explained that the security review will be conducted in the framework of the 3rd PSR. However, it must be noted that international reviews offer the possibility of a significant security gain.

Military action against nuclear installations represents another danger that deserves special attention in the current global situation.

Transboundary impacts

Within the framework of the EIA, calculations were presented for one Design Basis Accident and one Beyond Design Basis Accident. For both, significant adverse impacts were excluded for Austria. However, this conclusion cannot be supported based on the data provided.

The data presented during the consultation showed that the severe Beyond Design Basis Accident calculated by the Slovenian side can result in contamination of some regions in Austria leading to the initiation of measures such as early harvesting. This will affect an area at least within 200 km from the NPP Krško, including parts of Carinthia, the Lungau region and large areas in Styria.

Since it has not yet been proven that the source term used for the calculations presented in the EIA report is actually covering, a severe accident beyond the calculated accident can have significantly higher radiological impacts on Austrian state territory. In particular, the determination of the radiological impacts of a possible serious accident in the flexRISK project shows larger, even more significant impacts than were identified in the EIA report. Overall, such accidents with corresponding significant impacts on Austrian territory cannot be ruled out at this stage.

POVZETEK

Nuklearna elektrarna Krško (NEK) se nahaja v občini Vrbina na levem bregu reke Save, jugozahodno od mesta Krško. Upravljavec je Nuklearna elektrarna Krško d.o.o. NEK ima toplotno moč 1994 MW in električno moč 696 MW ter je v polovični lasti Republike Slovenije in polovični lasti Republike Hrvaške; proizvedeno električno energijo si državi delita.

Opremljena je z lahkovodnim tlačnim reaktorjem proizvajalca Westinghouse. NEK je začela obratovati leta 1983, obdobje obratovanja pa je bilo prvotno predvideno za 40 let (do leta 2023). Trenutno je načrtovano podaljšanje obratovalne dobe s 40 na 60 let, tj. do leta 2043. Slovenija je Avstrijo obvestila o načrtovanem podaljšanju obratovalne dobe in predlagala dejavnost v skladu s Konvencijo Espoo in direktivo EU o presoji vplivov na okolje, Avstrija pa sodeluje pri čezmejni presoji vplivov na okolje. Pristojni organ za presojo vplivov na okolje je slovensko Ministrstvo za okolje in prostor.

Zvezno ministrstvo za varstvo podnebja, okolje, energijo, mobilnost, inovacije in tehnologijo Republike Avstrije je pooblastilo Zvezno agencijo za okolje Republike Avstrije, da v okviru strokovnega mnenja koordinira presojo predloženih dokumentov PVO. (ZVEZNA AGENCIJA ZA OKOLJE 2022) V tem strokovnem stališču so bila oblikovana vprašanja in predhodna priporočila.

Po javni razpravi 19. maja. je potekal 20. maja 2022 v Gradcu dvostranski posvet med avstrijsko in slovensko stranjo. Odgovori slovenske strani na vprašanja iz strokovnega stališča (ODGOVORI 2022) so bili ocenjeni v tem končnem strokovnem mnenju, podana pa so tudi končna priporočila.

Cilj Avstrije je, da s sodelovanjem v postopku PVO zmanjša ali prepreči morebitne resne škodljive vplive projekta na Avstrijo.

Postopki in alternative

Dokumenti za postopek presoje vplivov na okolje so v glavnem pripravljeni. Zajete so vse teme, ki morajo biti vključene v poročilo o presoji vplivov na okolje, v skladu s Konvencijo Espoo in direktivo EU o presoji vplivov na okolje.

NE Krško zagotavlja približno 38 % celotne proizvodnje električne energije v Sloveniji. Alternative za podaljšanje življenjske dobe so proizvodnja energije z drugimi tehnologijami in ukrepi za povečanje energetske učinkovitosti. Načrte za rabo obnovljivih virov energije in ukrepe za povečanje energetske učinkovitosti iz nacionalnega energetskega in podnebnega načrta 2020 (NEPN) Republike Slovenije je Evropska komisija ocenila kot neambiciozne do premalo ambiciozne. Tudi v najnovejši študiji Tehnične univerze na Dunaju (RESCH et al. 2021) ugotavljajo, da bi v Sloveniji lahko že leta 2030 več kot 50 % potreb po električni energiji pokrili s fotovoltaiko in vetrno energijo (na kopnem).

Slovenska stran je med posvetovanji poudarila, da so bile alternative proučene v NEPN in še eni študiji. Dobrodošlo bi bilo, če bi bile alternativne možnosti, ki so bile preučene glede na njihov vpliv na okolje, predstavljene tudi v okviru

sedanjega postopka presoje vplivov na okolje, zlasti glede na kritično oceno Evropske komisije in nenehno izboljševanje pogojev za uporabo obnovljivih virov energije.

Izrabljeno gorivo in radioaktivni odpadki

Izrabljeni gorivni elementi iz podaljšane dobe obratovanja bodo najprej skladiščeni v bazenu za izrabljeno gorivo, nato pa bodo premeščeni v začasno skladišče (suho skladišče), ki se trenutno gradi na lokaciji Krško. Načrtovani začetek obratovanja suhega skladišča je bil večkrat prestavljen in je zdaj predviden za leto 2023. Če bo začetek obratovanja ponovno zamaknjen, bo povečana zmogljivost bazena za izrabljeno gorivo, vendar bi se zaradi varnostnih razlogov temu morali izogniti.

Slovenija in Hrvaška sta se leta 2015 dogovorili, da bosta zgradili skupno globoko skladišče za izrabljeno gorivo. Na podlagi dveh scenarijev iz poročila o vplivih na okolje je začetek obratovanja načrtovan za leto 2065 ali 2093. Do leta 2025 bodo v NEK opravili analizo o ponovni predelavi izrabljenega goriva. Tako slovenska (ARAO) kot hrvaška organizacija za ravnanje z odpadki (FOND- NEK) sta članici združenja ERDO, ki si prizadeva za večnacionalno skladišče. V dokumentih presoje vplivov na okolje o napredku teh dejavnosti ni podatkov.

Poleg izrabljenega goriva se pri obratovanju in ob prihodnji razgradnji nuklearne elektrarne kopičijo tudi nizko- in srednjeradioaktivni odpadki (NSRAO). Vmesne skladiščne zmogljivosti za NSRAO so skoraj izčrpane. Med posvetovanji so bili predstavljeni ukrepi za primer zamude pri začetku obratovanja ustreznih skladišč, vključno z izvozom na Švedsko za pripravo.

Dolgoročno obratovanje reaktorja

NEK obratuje že skoraj 40 let. To pomeni, da lahko negativni učinki staranja struktur, sistemov in sestavnih delov predstavljajo varnostno vprašanje, čeprav v poročilu o presoji vplivov na okolje (2022) piše, da naj bi s programom staranja opreme (AMP) preprečili morebitne negativne posledice.

Leta 2017/18 so bile pri prvem tematskem strokovnem pregledu (Topical Peer Review -TPR 1) v skladu z Direktivo 2014/87/EURATOM, ugotovljene nekatere pomanjkljivosti slovenskega programa staranja opreme, v primerjavi s predvideno stopnjo varnosti v Evropi. Zato obseg struktur, sistemov in sestavnih delov, ki so vključeni v program staranja opreme, ni skladen z veljavnim varnostnim standardom IAEA. Še vedno potekajo prizadevanja za prilagoditev AMP najsodobnejšemu stanju znanosti in tehnologije, kot je opredeljeno v ustreznem varnostnem standardu IAEA SSG 48 iz leta 2018. S tega vidika glede na trenutno stanje znanosti in tehnologije AMP še ne obstaja.

Tudi misija Pre-SALTO (Safety Aspects of Long-Term Operation), ki je bila izvedena oktobra 2021, je ugotovila pomanjkljivosti in med drugim priporočila, da elektrarna dokonča preverjanje AMP. V okviru naslednjega tretjega rednega varnostnega pregleda bo program staranja opreme posodobljen v skladu z zahtevami IAEA.

Misija Pre-SALTO je prvi korak v postopku strokovnega pregleda SALTO, v okviru priprav na dolgoročno obratovanje (LTO). Pozdravljamo dejstvo, da se takšna mednarodna misija izvaja v elektrarni Krško. Vendar bo dejanska misija SALTO izvedena šele leta 2024/25, torej šele po želenem podaljšanju obratovalne dobe. Po mnenju IAEA je najprimernejši čas za misijo SALTO v zadnjih desetih letih pred prvotno načrtovanim koncem obratovanja.

Revidirana različica referenčnih ravni združenja WENRA iz leta 2020, poziva tudi k naprednemu upravljanju tehnološkega staranja struktur, sistemov in sestavnih delov. Postopek, opisan v ODGOVORI (2022), je ustrezen za omejevanje negativnih učinkov tehnološkega staranja. Predpogoj za to pa je, da so zajete vse bistvene komponente. Glede na oceno prvega strokovnega pregleda (TPR 1) in misije PRE-SALTO to še ni bilo v celoti izpolnjeno.

Pozdraviti je treba, da si nadzorni organ prizadeva vključiti referenčno raven združenja WENRA 2020 v pravilnik do konca leta 2022. V zvezi s tem bi bilo treba pregled NE Krško na podlagi teh zahtev opraviti že v okviru trenutno izvajanega tretjega rednega varnostnega pregleda. Ni znano, ali bo treba pred odobritvijo podaljšanja obratovalne dobe izvesti morebitne korektivne ukrepe. Na posvetu je bilo predlagano, da bodo stanje in rezultati tretjega rednega varnostnega pregleda predstavljeni na letnih srečanjih v okviru bilateralnega sporazuma med Republiko Slovenijo in Republiko Avstrijo (bilateralno srečanje).

Prvotno projektiranje NEK temelji na ameriških predpisih iz šestdesetih let prejšnjega stoletja. Z današnjega vidika imajo takratni varnostni sistemi številne bistvene pomanjkljivosti: število podvojenih varnostnih sistemov. je prenizko Različne varnostne funkcije delno niso funkcionalno neodvisne ali prostorsko ločene, zato lahko negativno vplivajo druga na drugo. Poleg tega je stavba reaktorja izpostavljena zunanjim vplivom. V POROČILU PVO (2022) so predstavljene obsežne posodobitve, ki so bile izvedene. Vendar pa zaradi tehničnih ali finančnih razlogov ni bilo mogoče odpraviti vseh projektnih pomanjkljivosti.

Požarna zaščita v NE Krško ima v primerjavi z novimi nuklearnimi elektrarnami varnostne pomanjkljivosti. Drugi strokovni pregled (TPR 2), v skladu z 8.e členom Direktive 2014/87/EURATOM, obravnava temo požarne zaščite, ki je tudi pomembna za varnost jedrskih objektov. Zaželeno bi bilo, da bi na bilateralnem srečanju razpravljali o rezultatih TPR 2 za NE Krško.

V zvezi z izboljšanjem varnosti se v ODGOVORI (2022) sklicujejo predvsem na stresni test na ravni EU. Glavni del ukrepov nacionalnega akcijskega načrta za odpravo pomanjkljivosti, ugotovljenih v stresnem testu na ravni EU po nesreči v Fukušimi (2011), je program, ki je bil že predhodno načrtovanza nadgradnjo varnosti (SUP) v NEK. Načrtovani ukrepi so bili s precejšnjo zamudo dokončani konec leta 2021. Čeprav so bile dosežene precejšnje izboljšave, ni jasno, ali dosežena stopnja varnosti (zlasti glede potresov) zadostuje.

Zlasti ni mogoče izključiti, da se lahko zgodi močnejši potres, kot se je doslej predvidevalo. Po hudem potresu je nujno posredovanje operativne skupine z mobilno opremo velik izziv. Vprašljivo je, ali je reaktor mogoče hladiti, saj je bila

prvotna zasnova elektrarne zasnovana glede na pospešek tal (PGA) 0,3 g. Iz ODGOVOROV (2022) je tudi razvidno, da je bila samo ena redundanca ustrezno seizmično zasnovana. Z varnostnega vidika to ne zadostuje. Predvsem pa je treba opozoriti, da trenutna ocena potresne ogroženosti še ni zaključena (glej poglavje 5). Zato trenutno ni znano, ali je zaščita pred ekstremnimi potresi zadostna.

IAEA, WENRA in tudi Direktiva 2014/87/Euratom določajo različne varnostne standarde za obstoječe in za nove elektrarne. WENRA priporoča tudi, da se v okviru postopka podaljšanja obratovalne dobe pregleda vsaka elektrarna in ugotovi, v kolikšni meri izpolnjuje varnostne cilje za nove reaktorje. Takšna ocena bi jasno pokazala, katere varnostne rezerve (delte) obstajajo do trenutno zahtevanega varnostnega standarda in katere varnostne izboljšave bi bile "razumno izvedljive" („reasonably practicable“), katere pa so tehnično nemogoče. V ODGOVORIH (2022) ni jasno razvidno, ali je bilo izvedeno tako sistematičeno preverjanje.

Analiza nesreč (DTA in BDBA)

V POROČILU PVO (2022) je navedeno, da so posodobitve izboljšale robustnost NE Krško in zmanjšali tveganje za nesreče. Čeprav je izračunana pogostost poškodb sredice (CDF) znatno zmanjšana, je CDF (manj kot 10^{-4} na leto) v primerjavi z drugimi obrati visoka. Pogostost velikih izpustov (LRF) se po opravljenih posodobitvah ni skoraj nič zmanjšala. Ta je relativno visoka, saj je verjetnost $5*10^{-6}$ na leto. Za nove nuklearne elektrarne so te vrednosti nižje za faktor 10 do 100. Tudi orientacijske vrednosti za nove nuklearne elektrarne so po podatkih IAEA (2016b) bistveno nižje.

Zmanjšanje CDF za NE Krško je rezultat dolgo zapoznelih posodobitev potrebnih za trenutno dovoljeno obratovanje. Vendar pa ne zadostujejo za podaljšanje obratovanja. Prav tako je treba opozoriti, da analiza nevarnosti (notranjih in zunanjih) še ni zaključena. Zato bi lahko bile vrednosti CDF za NE Krško še višje.Pri zadnji posodobitvi referenčnih vrednosti združenja WENRA leta 2020 so bile nevarnosti, ki jih je treba obravnavati v varnostnih analizah, dopolnjene na podlagi novejših izkušenj in znanja. Prilagoditev dokazil o varnosti bo izvedena (najprej) v okviru tretjega rednega varnostnega pregleda, ki trenutno poteka. Še vedno je nekaj vprašanj glede prepoznavanja in ocenjevanja zunanjih dogodkov (glej poglavje 5). Kolikor niso ustrezno upoštevani vsi možni sprožilni dogodki in njihove kombinacije, niso dovolj utemeljene določene vrednosti za CDF.

V poročilu PVO ugotavljajo vplive projektne nesreče in nadprojektne nesreče. Scenarij "odpoved celotnega napajanja z izmeničnim tokom in izguba operativnega osebja za 24 ur" je izbrana nadprojektna nesreča. Med nesrečo ob taljenju sredice se vsa radioaktivna plinasta snov sprosti v okolje prek sistema za filtrirano razbremenjevanje tlaka. V primeru taljenja sredice je v skladu s POROČILOM PVO (2022) takšen izpust najbolj verjeten v primerjavi z drugimi kategorijami izpustov in zato velja za najhujšo nesrečo z izpusti. V ODGOVORI (2022) je pojasnjeno, da je bil reprezentativni scenarij hude nesreče, ki je bil uporabljen v presoji vplivov na okolje za izračun radioloških vplivov na okolje,

pripravljen neodvisno od verjetnostnih varnostnih analiz 2. stopnje (PSA-2) za NE Krško.

V skladu s PSA 2 za NE Krško lahko nekateri scenariji nesreče s taljenjem sredice povzročijo okvaro ali okvaro zadrževalnega hrama. Ti scenariji so povezani z velikimi izpusti. Ugotovljene verjetnosti in z njimi povezane doze obremenitve v POROČILU PVO (2022) niso navedeni.

V ODGOVORIH (2022) so navedene ugotovljene verjetnosti, ne pa tudi ustrezne doze obremenitve.

Splošno je iz ODGOVOROV (2022) mogoče sklepati, da so možne hude nesreče z večjimi dozami obremnitve kot so bile obravnavane v poročilu PVO. Te bi bilo treba upoštevati v presoji vplivov na okolje ne glede na njihovo majhno verjetnost. Namesto da bi za izračun potencialnih čezmejnih vplivov, ki izhajajo iz verjetnostnih varnostnih analiz 2. stopnje (PSA-2) za NE Krško, izbrali zaporedje dogodkov ob nesreči, je bil izbran scenarij nesreče, ki še zdaleč ne zajema vseh možnih izpustov iz NE Krško.

V skladu s POROČILOM PVO (2022) je najhujša nesreča tista, ko pride do taljenja sredice ob predpostavki, da se ohrani celovitost zadrževalnega hrama. Vendar ohranitev zadrževalnega hrama med nesrečo ni samoumevna za vsa sosledja nesreč. Čeprav se zdi izračunana verjetnost nesreče z velikimi izpusti radioaktivnih snovi v primeru odpovedi zadrževalnega hrama zelo majhna, je treba v postopku čezmejne presoje vplivov na okolje za določitev radioloških posledic uporabiti ustrezne doze obremenitve pri hudih nesrečah.

NE Krško ni načrtovana za primer strmoglavljenja letala. NE Krško ima dvojni zadrževalni hram. Sestavljen je iz zunanje armiranobetonske zaščitne zgradbe (debeline 0,76 m) in notranjega jeklenega plašča (0,038 m). Iz poskusov v ZDA, ki so navedeni v ODGOVORIH (2022), je znano, da lahko motorji letala prodrejo skozi armirani beton debeline manj kot 1 m. Vprašljivo je, ali bi manj kot 4 cm debeli jekleni plašč lahko preprečil preboj motorja letala. Poleg tega je danes znano, da lahko zaradi tresljajev/vibracij, ki jih povzroči trk, nastane precejšnja škoda na primarnem sistemu. Zato je mogoče domnevati, da bi lahko prišlo do resne nesreče v primeru namernega strmoglavljenja komercialnega letala.

"Varnostne cilje za nove jedrske reaktorje" združenja WENRA, je treba uporabiti kot referenco za opredelitev smiselno izvedljivih varnostnih izboljšav v NEK. V skladu z varnostnim ciljem O3 združenja WENRA bi bilo treba nesreče s taljenjem sredice, ki bi povzročile zgodnje ali velike izpuste, dejansko izključiti. Koncept "dejanske izključitve" zgodnjih ali velikih izpustov iz NEK ni omenjen ne v POROČILU PVO (2022) in ne v ODGOVORIH (2022).

Nesreče zaradi zunanjih dogodkov

V NE Krško je bil opravljen pregled nevarnosti, značilnih za lokacijo. Opisi zunanjih vplivov v dokumentih presoje vplivov na okolje so omejeni na potresno gibanje tal, poplave in določene ekstremne vremenske razmere. Druge seizmotektonske nevarnosti (površinski premik, utekočinjenje tal, učinki gibanja tal v bližini preloma) in kombinacije nevarnosti niso obravnavane ali so

obravnavane nezadostno. Na posvetovanjih pa je bilo pojasnjeno, da so bile opravljene analize kombinacij nevarnosti.

Potres: NEK je potresno odporna v skladu s slovenskim Pravilnikom RG 1.60 o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti[7]. Največji pospešek tal (Peak Ground Acceleration, PGA) prvotno predvidenega projektnega potresa (Safe Shutdown Earthquake, SSE) z verjetnostjo pojava 10^{-4}/leto (povratna doba 10.000 let) je bil določen na 0,3 g (odprto polje). V letih 2004 in 2014 se je potresna nevarnost na koncu povečala na PGA = 0,56 g. Dokumenti PVO ne zagotavljajo dokazov o odpornosti obstoječih objektov in sistemov pri podvojitvi pospeška tal s 0,30 g na 0,56 g. Samo novi objekti in sistemi, izvedeni v okviru programa za izboljšanje varnostne opreme, so projektirani na PGA = 0,6 g ali PGA = 0,78 g.

Novi geološki, tektonski in seizmološki podatki iz bližnje okolice NEK so zadosten razlog, da ocenjujemo, da verjetnostna ocena potresne nevarnosti (Probabilistic Seismic Hazard Assessment, PSHA), izvedena leta 2004 in 2014, ni več aktualna. To dokazujejo novi podatki o aktivnih prelomih in karta potresne nevarnosti Slovenije 2021, ki za območje Krškega kaže za približno 25 % večjo nevarnost kot državna karta potresne nevarnosti iz leta 2001. Karte nevarnosti niso uporabne za NEK[8]. Vendar pa veliko povečanje ogroženosti kaže, da novi podatki, ocene in metode pomembno vplivajo na rezultate nove PSHA. Vendar ti novi podatki, ocene in metode niso bili uporabljeni pri oceni jedrske varnosti NEK.

Zato dokumenti o presoji vplivov na okolje v zvezi s potresi ne dokazujejo, da zaradi podaljšanja obratovanja elektrarne ne bi bilo dodatnih nevarnosti in tveganj. Med posveti je slovenska stran seznanila, da se trenutno pripravlja nova verjetnostna analiza potresne nevarnosti (PSHA 2022), ki bo dokončana leta 2022 in revidirana leta 2023. Po mnenju skupine izvedencev bi morali za PSHA uporabiti posodobljeno podatkovno zbirko s paleoeozizmološkimi ocenami prelomov v bližini NE Krško in nov neergodični model gibanja tal za to območje.

Zato je priporočeno, da se odločitev o podaljšanju obratovalne dobe sprejme na podlagi ocene PSHA 2022. Pri tem ni pomembno, da bo PSHA 2022 izvedena za morebitno novo elektrarno, ki bo zgrajena na lokaciji Krško. Ker so lokacijski pogoji za potencialno novo in obstoječo elektrarno enaki, je treba rezultate PSHA 2022 v skladu z WENRA (2021, RL E11.1) uporabiti tudi za obstoječo elektrarno.

V OSNUTKU ZA ODOBRITEV (2022) so zunanje nevarnosti načeloma obravnavane kot vzroki izpustov s precejšnjim vplivom na okolje. Zato se priporoča, da se izvajanje dodatnih zaščitnih ukrepov pred učinki potresov, katerih nujnost bi lahko izhajala iz nove PSHA 2022, vključi kot pogoj v okoljsko izjavo v podobni obliki, kot je predvidena za ekstremne vremenske razmere.

---

[7] Uredba JV5, Uradni list RS, št. 74/16 in 76/17 - ZVISJV-1

[8] Na nacionalni karti potresne nevarnosti so vrednosti določene za povratno dobo 475 let. Za nuklearne elektrarne je primerna povratna doba 10.000 let (WENRA 2020a; IAEA 2010).

(OSNUTEK ZA ODOBRITEV 2022, pogoj II/1/16). Sedanji pristop v postopkih okoljske zakonodaje, ki upošteva meteorološke nevarnosti, ki le neznatno prispevajo k skupnemu tveganju elektrarne, medtem ko se prevladujoči dejavniki tveganja potresov[9] ne upoštevajo, se zdi neuravnotežen in ni razumljiv.

Na posvetih je slovenska stran ponudila možnost, da bi bili povzetki rezultatov PSHA 2022 na voljo avstrijski strani v okviru bilateralnih srečanj.

Z vidika potresnega inženirstva informacije iz POROČILA PVO (2022) s sklicevanjem na poročilo o stresnem testu nuklearke (URSJV 2011) ustrezno dokazujejo, da je bilo leta 2011 upoštevano stanje tehnike (predpisi/standardi). Vendar so se med letoma 2011 in 2022 smernice, zlasti navedene smernice US Nuclear Regulatory Commission (NRC), spremenile. Te spremembe in morebitni vplivi na jedrski objekt v poročilu o presoji vplivov na okolje niso obravnavani. Zlasti v zadnjih dveh desetletjih so bila pridobljena pomembna spoznanja o značilnostih potresnega obnašanja opreme (tj. konstrukcij in sistemov, vendar ne stavb). Slovenski strokovnjaki so na posvetovanjih navedli, da so te spremembe preučili. Izkazalo se je, da so tehnične in znanstvene zahteve za prej omenjene teme izpolnjene pri načrtovanju za potrese.

Poplave: NE Krško je bila zgrajena z ozirom na poplave reke Save za povratno dobo 10.000 let. Vrednost ustreza višini vode 155,35 m.n.m.. Elektrarna je zaščitena tudi pred najvišjimi možnimi poplavami katerih višina vode znaša155,61 m.n.m.. Objekti za zaščito pred poplavami so projektirani za projektni potres s PGA = 0,6 g. Na posvetih je bilo pojasnjeno, da je objekt zasnovan tudi proti poplavam, ki jih povzročijo ekstremne padavine (npr. močan dež, kombinacija močnega dežja in taljenja snega itd.) z verjetnostjo pojava 10^{-4}/let, kot ga določa WENRA.

Ekstremne vremenske razmere: Na podlagi dokumentov PVO, SNSA (2017) in informacij, navedenih na bilateralnem posvetu, so bili za naslednje meteorološke nevarnosti opredeljeni projektni dogodki z verjetnostjo pojavljanja na 10^{-4}/ let: poplave zaradi nevihtnih padavin, neurja, snežne brozge, ekstremnih temperatur in udara strele. Slovenski podatki potrjujejo, da je NE Krško zaščitena pred zadevnimi obremenitvami. To je v skladu z zahtevami združenja WENRA (2020a, izdaja TU).

Zaščita pred učinki izrednih vremenskih razmer je obravnavana v dokumentu OSNUTEK ZA ODOBRITEV (2022). Pogoj II/1/16 zahteva sledenje in analizo izrednih vremenskih razmer ter naknadno prilagoditev za presežene projektne osnove ali ustrezno zaščito pred vplivi izrednih razmer.

Nesreče zaradi vpletenosti tretjih oseb

Teroristični napadi in sabotažna dejanja lahko bistveno ogrožajo jedrske objekte in povzročijo hude nesreče - tudi v NEK. Kljub temu so v dokumentih presoje vplivov na okolje v zvezi s fizičnim varovanjem NEK le bežno omenjeni. V

[9] Potresi prispevajo 57 % k skupni verjetnosti poškodb jedra (SNSA 2021a).

primerljivih dokumentih PVO so ti dogodki do neke mere obravnavani. Nekaj dodatnih informacij je na voljo v ODGOVORIH (2022).

Čeprav v postopku presoje vplivov na okolje zaradi zaupnosti ni mogoče podrobno javno razpravljati o varnostnih ukrepih proti sabotaži in terorističnim napadom, je treba v dokumentih presoje vplivov na okolje navesti ustrezne pravne zahteve.

Informacije v zvezi s terorističnimi napadi bi bile zaradi velikega vpliva morebitnih napadov nadvse pomembne. Prav tako bi morala dokumentacija o presoji vplivov na okolje vsebovati natančne informacije o zakonodajnih zahtevah za zaščito pred namerno povzročenim strmoglavljenjem komercialnega letala. Tudi v ODGOVORIH (2022) to vprašanje ni obravnavano.

To vprašanje je še posebej pomembno, saj je stavba reaktorja NEK ob letalski nesreči ogrožena. Zaradi staranja se lahko odpornost stavb še dodatno zmanjša.

Nedavna ocena jedrske varnosti v Sloveniji kaže na pomanjkljivosti v primerjavi z nujnimi zahtevami glede jedrske varnosti: Slovenija je na seznamu jedrske varnosti za leto 2020 uvrščena na 14. mesto med 47 državami s skupno oceno 81 točk od 100 možnih. Nizke ocene so za "varnostno kulturo" (50), "kibernetsko varnost" (38) in "zaščito pred notranjimi grožnjami" (64). Te nizke ocene kažejo na pomanjkljivo zaščito. (NTI 2021).

IAEA podpira države na področju jedrske varnosti s svojo Mednarodno svetovalno službo za fizično zaščito (IPPAS). V Sloveniji doslej še ni bila izvedena nobena tovrstna misija. Po navedbah v ODGOVORIH (2022) misija IPPAS ni načrtovana. Obrazloženo je bilo, da bo v okviru tretjega rednega varnostnega pregleda opravljen tudi pregled varovanja. Treba pa je opozoriti, da so mednarodni pregledi priložnost za znatno povečanje varnosti.

Vojaški napadi na jedrske objekte so še ena nevarnost, ki si v sedanjih svetovnih razmerah zaslužijo posebno pozornost.

Čezmejni učinki

V okviru ocene vplivov na okolje so bili predloženi izračuni za projektno nesrečo in nadprojektno nesrečo. Pri obeh so bili pomembni škodljivi učinki za Avstrijo izključeni. Vendar tega na podlagi predloženih podatkov ni mogoče potrditi.

Podatki, predstavljeni na posvetih kažejo, da bi lahko bili v primeru nadprojektne nesreče, kot jo je izračunala slovenska stran, deli Avstrije onesnaženi do te mere, da bi bilo treba začeti izvajati ukrepe v kmetijstvu, kot je predčasno pobiranje pridelka. Gre za območje, ki je od NE Krško oddaljeno vsaj 200 km. To območje vključuje dele Koroške, okraj Lungau in velik del Štajerske.

Ker še ni bilo potrjeno, da doze obremenitve, uporabljene za izračune, predstavljene v poročilu o presoji vplivov na okolje, dejansko zadostujejo, lahko huda nesreča, ki presega predvidene nesreče, povzroči bistveno hujše

radiološke posledice na ozemlju Republike Avstrije. Zlasti opredelitev radioloških vplivov na morebitno hudo nesrečo v projektu flexRISK kaže na večje, celo hujše vplive, kot so bili opredeljeni v poročilu o presoji vplivov na okolje. Na splošno takšnih nesreč z njihovimi hudimi posledicami na avstrijskem ozemlju trenutno ni mogoče izključiti.

EINLEITUNG

Das Kernkraftwerk Krško liegt in der Gemeinde Vrbina am linken Ufer des Flusses Save, südwestlich der Stadt Krško. Betreiber ist die Nuklearna elektrarna Krško d.o.o..

Das KKW hat eine Leistung von 1994 MW thermisch bzw. 696 MW elektrisch. Es gehört jeweils zur Hälfte den Republiken Slowenien und Kroatien; der erzeugte Strom wird zwischen den beiden Ländern aufgeteilt.

Der Reaktor ist ein Leichtwasserreaktor von Westinghouse. Der Betrieb des KKW startete 1983, die Betriebsdauer betrug ursprünglich 40 Jahre (bis 2023).

Derzeit ist eine Verlängerung der Betriebsdauer von 40 auf 60 Jahre geplant, also bis 2043. Slowenien hat Österreich über die geplante Laufzeitverlängerung als vorgeschlagene Aktivität im Rahmen der Espoo Konvention und der UVP-Richtlinie der EU notifiziert und Österreich beteiligt sich an der grenzüberschreitenden UVP. Die zuständige UVP-Behörde ist das slowenische Ministerium für Umwelt und Raumplanung.

Das Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie beauftragte das Umweltbundesamt, die Bewertung der vorgelegten UVP-Unterlagen im Rahmen einer Fachstellungnahme zu koordinieren. (UMWELTBUNDESAMT 2022) In dieser Fachstellungnahme wurden Fragen und vorläufige Empfehlungen formuliert.

Am 20. Mai 2022 fanden in Graz bilaterale Konsultationen der österreichischen und der slowenischen Seite statt, nachdem am 19. Mai eine öffentliche Anhörung stattgefunden hatte. Im Rahmen dieser Konsultationen wurden von slowenischer Seite Antworten auf die Fragen aus der Fachstellungnahme gegeben und konnten diskutiert werden. Im Juni legte die slowenische Seite die überarbeiteten Antworten auf Fragen und vorläufige Empfehlungen in schriftlicher Form vor. (ANTWORTEN 2022) Die vorliegende abschließende Fachstellungnahme bewertet diese Antworten und gibt abschließende Empfehlungen.

Ziel der österreichischen Beteiligung am UVP-Verfahren ist es, mögliche signifikante nachteilige Auswirkungen des Projekts auf Österreich zu minimieren oder zu verhindern.

1 VERFAHREN UND ALTERNATIVEN

1.1 Zusammenfassung der Fachstellungnahme

Die Unterlagen zum UVP-Verfahren sind grundsätzlich vollständig. Es wurden alle Themen behandelt, die laut Espoo-Konvention und EU UVP-Richtlinie in einem UVP-Bericht enthalten sein sollen.

Für Österreich ergeben sich die wichtigsten möglichen erheblichen Auswirkungen aus schweren nuklearen Unfällen und Unfällen in den nuklearen Abfallanlagen.

Alternativen zur Laufzeitverlängerung liegen in der Stromerzeugung durch andere Technologien und Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz. Die im Nationalen Energie- und Klimaplans Sloweniens (NEPN) enthaltenen Pläne für den Einsatz erneuerbarer Energien und für Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz wurden von der Europäischen Kommission in ihrer Bewertung des NEPNs als nicht bis wenig ambitioniert beschrieben (EC 2020). Auch eine aktuelle Studie der TU Wien (RESCH et al. 2021) kommt zu dem Schluss, dass 2030 bereits über 50% des slowenischen Strombedarfs mittels Photovoltaik und Windenergie (an Land) gedeckt werden könnte.

1.2 Fragen und vorläufige Empfehlungen, Antworten und Bewertung der Antworten

Vorläufige Empfehlung (VE)

- **VE1:** *Es sollte nicht darauf verzichtet werden, im Rahmen der UVP Alternativen zur Laufzeitverlängerung zu untersuchen.*

Antwort der slowenischen Seite

Der *Umfassende Nationale Energie- und Klimaplan der Republik Slowenien 2021* (NEPN) und der *Integrale Nationale Energie- und Klimaplan der Republik Kroatien 2020* wurden gemäß der *Verordnung (EU) 2018/1999 vom 11. Dezember 2018 über das Governance-System für die Energieunion und für den Klimaschutz* erstellt und der Europäischen Kommission vorgelegt. Alle in den nationalen Energie- und Klimaplänen definierten Szenarien für die künftige Energienutzung und -versorgung beruhen auf einer Laufzeitverlängerung der KKW, um die energie- und klimapolitischen Ziele zu erreichen. Die als Grundlage für die nationalen Energie- und Klimapläne durchgeführten Analysen haben gezeigt, dass die verstärkte Nutzung erneuerbarer und kohlenstoffarmer Energieträger sowie die Steigerung der Energieeffizienz nicht ausreichen, um die gesetzten Ziele unter Berücksichtigung des prognostizierten Strombedarfs und der höheren Anforderungen an die Verringerung der Treibhausgasemissionen zu erreichen.

Die vom Elektroinstitut Milan Vidmar und der Fakultät für Elektrotechnik der Universität Zagreb erstellte Studie mit dem Titel "Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško aus energiewirtschaftlicher, systemischer, wirtschaftlicher und ökologischer Sicht" hat gezeigt, dass das KKW Krško im Zeitraum der verlängerten Betriebsdauer nicht ersetzbar ist. Ohne das KKW Krško werden beide Länder von Stromimporten abhängig sein, sofern diese verfügbar sein werden. Die nationalen Klima- und Energiepläne der EU-Mitgliedstaaten weisen ein Netto-Energiedefizit aus, was bedeutet, dass Stromimporte nicht immer verfügbar sein werden und in Krisenverhältnissen die einzige Alternative darin bestehen wird, den Verbrauch zu senken. Dies entspricht nicht der ersten Dimension der Energieunion: "Energiesicherheit, Solidarität und Vertrauen – Diversifizierung der Energiequellen der EU und Wahrung der Energieversorgungssicherheit durch Solidarität und Zusammenarbeit zwischen den EU-Ländern". Der Betrieb des KKW Krško bis zum Jahr 2043 ist der Ausgangspunkt auf dem Weg zur Dekarbonisierung und langfristigen Energieunabhängigkeit. Die kurzfristige Energiesicherheit beider Länder kann ohne den Betrieb des KKW Krško nicht aufrechterhalten werden. Dies gilt umso mehr für die künftige Energienutzung, da Strom als die vorherrschende Energieform in der Wirtschaft (Industrie, Verkehr, Dienstleistungen) und beim Großteil des Energieverbrauchs der Bevölkerung angesehen wird. Aus diesem Grund wird bei der schrittweisen Verringerung der Nutzung fossiler Brennstoffe die Rolle der Kernenergie besonders hervorgehoben, da diese eine saisonal stabile kohlenstoffarme Energiequelle darstellt. Die aktuelle Entwicklung und ihre Prognosen lassen keinen ausreichenden technologischen Durchbruch erkennen, der es ermöglichen würde, die derzeitigen Stromerzeugungskapazitäten durch erneuerbare Energiequellen (EE) zu ersetzen und gleichzeitig die heute und in Zukunft notwendigen Kriterien der Zuverlässigkeit, Sicherheit, Umweltverträglichkeit und wirtschaftlichen Effizienz zu erfüllen. Die Bewahrung der räumlichen Gegebenheiten sowie die Erhaltung wertvoller Natur- und anderer Güter machen es schwierig, neue EE zu realisieren, die das KKW Krško in den nächsten 20 Jahren ersetzen könnten. Auf Grundlage der untersuchten Szenarien und Sensitivitätsanalysen der Energiebilanzen und des Leistungsbedarfs zeigt sich, dass die Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško die technisch, ökologisch und wirtschaftlich vorteilhafteste Lösung ist. Die Geschehnisse der letzten Monate, die durch einen steilen Anstieg der Energie- und Strompreise gekennzeichnet waren, bestätigen die Notwendigkeit, die Produktion des KKW Krško aufrechtzuerhalten, da dies eine Garantie für eine erschwingliche und ausreichende Versorgung der Wirtschaft mit dringend benötigtem Strom darstellt. Ohne eine Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško würden die Republik Slowenien und die Republik Kroatien die Ausgangspunkte der oben genannten Strategien und Verpflichtungen nicht mehr erfüllen; zugleich wäre die Stabilität und Zuverlässigkeit des Elektrizitätssystems gefährdet, was auch zu einer Verlangsamung auf dem Weg zur Klimaneutralität führen könnte.

Eine Alternative zum Projekt wird in Kapitel 3 des Umweltverträglichkeitsberichts vorgestellt. Das Übereinkommen von Espoo verlangt eine Bewertung

möglicher Alternativen zur vorgeschlagenen Tätigkeit, während die UVP-Richtlinie[10] eine Bewertung vernünftiger Alternativen vorschreibt. Die vernünftig realisierbaren Alternativen müssen in der Lage sein, die Ziele des vorgeschlagenen Projekts zufriedenstellend zu erreichen, und sie müssen auch in technischer, wirtschaftlicher, politischer und sonstiger relevanter Hinsicht tragfähig sein. Die Alternativen müssen zum Zeitpunkt der Entscheidung über das Projekt realistisch machbar sein. Der Bau eines oder mehrerer Kraftwerke (einschließlich erneuerbarer Energien und einer Kombination verschiedener Energiequellen), die die Stromerzeugung des KKW Krško ersetzen würden, ist im gegenwärtigen Zeitraum nicht realistisch. Darüber hinaus wird in den *UNECE[11]-Empfehlungen für gute Praktiken in Bezug auf die Anwendung des Übereinkommens auf Aktivitäten im Zusammenhang mit Kernenergie* und im *Übereinkommen über die Umweltverträglichkeitsprüfung im grenzüberschreitenden Rahmen* (Übereinkommen von Espoo) erklärt, dass alternative Energieerzeugungsmethoden eine nationale Angelegenheit der jeweiligen Vertragspartei sind und es daher angemessener ist, sie auf politischer und strategischer Ebene zu behandeln, wie es im *Umfassenden Nationalen Energie- und Klimaplan* vorgesehen ist.

Bewertung der Antwort

Im Nationalen Klima- und Energieplan (NEPN) von Slowenien und Kroatien und in der Studie "Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško aus energiewirtschaftlicher, systemischer, wirtschaftlicher und ökologischer Sicht" des Elektroinstitut Milan Vidmar und der Fakultät für Elektrotechnik der Universität Zagreb (zweitere liegt nicht vor) werden Alternativen zur Laufzeitverlängerung thematisiert und erfolgt die Festlegung auf die Laufzeitverlängerung als ausgewählte Alternative.

1.3 Schlussfolgerungen und abschließende Empfehlungen

Die Fachstellungnahme (UMWELTBUNDESAMT 2022) nahm darauf Bezug, dass die im Nationalen Energie- und Klimaplans Sloweniens (NEPN) enthaltenen Pläne für den Einsatz erneuerbarer Energien und für Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz von der Europäischen Kommission in ihrer Bewertung des NEPNs als nicht bis wenig ambitioniert beschrieben wurden (EC 2020). Auch eine aktuelle Studie der TU Wien wurde zitiert (RESCH et al. 2021), die zu dem

[10] Richtlinie 2011/92/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Dezember 2011 über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten und 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

[11] United Nations Economic Commission for Europe

Schluss kam, dass 2030 bereits über 50% des slowenischen Strombedarfs mittels Photovoltaik und Windenergie (an Land) gedeckt werden könnte.

In der Antwort der slowenischen Seite auf die vorläufige Empfehlung, dass nicht darauf verzichtet werden sollte, im Rahmen der UVP Alternativen zur Laufzeitverlängerung zu untersuchen, wurde betont, dass Alternativen (auch aus Umweltsicht) im Rahmen des NEPN und einer weiteren Studie untersucht wurden. Es wäre begrüßenswert, wenn die auf ihre Umweltauswirkungen hin untersuchten Alternativen auch im Rahmen des gegenständlichen UVP-Verfahrens dargestellt worden wären, vor allem vor dem Hintergrund der kritischen Bewertung durch die Europäische Kommission und der sich laufend verbessernden Bedingungen für den Einsatz erneuerbarer Energien.

1.3.1 Abschließende Empfehlungen (AE)

- **AE1:** *Es sollte nicht darauf verzichtet werden, im Rahmen der UVP Alternativen zur Laufzeitverlängerung zu untersuchen.*

2 ABGEBRANNTE BRENNELEMENTE UND RADIOAKTIVE ABFÄLLE

2.1 Zusammenfassung der Fachstellungnahme

Abgebrannte Brennelemente aus der Laufzeitverlängerung klingen zunächst im Lagerbecken ab, danach sollen sie in das Zwischenlager (Trockenlager) verbracht werden, das derzeit am Standort Krško errichtet wird. Der geplante Betriebsbeginn des Trockenlagers wurde mehrfach verschoben und wird nun für 2023 erwartet. Falls es zu einer weiteren Verzögerung kommt, wird die Kompaktlagerung im Lagerbecken ausgebaut – dies sollte jedoch aus sicherheitstechnischen Gründen vermieden werden.

Slowenien und Kroatien haben sich geeinigt, ein gemeinsames Tiefenlager für die abgebrannten Brennelemente zu errichten. Laut zweier Szenarien ist der Betriebsbeginn entweder für 2065 oder für 2093 angedacht. Laut UVP-Unterlagen wird auch eine Wiederaufarbeitung der abgebrannten Brennelemente nicht ausgeschlossen. Sowohl die slowenische (ARAO) als auch die kroatische Abfallorganisation (FOND-NEK) sind Mitglied im Verein ERDO, der ein multinationales Endlager anstrebt. Über den Fortschritt dieser Aktivitäten wurde in den UVP-Unterlagen nicht berichtet.

Neben den abgebrannten Brennelementen fallen auch schwach- und mittelradioaktive Abfälle (LILW) aus Betrieb und zukünftiger Stilllegung des KKW an. Die Zwischenlagerkapazitäten für den LILW sind fast erschöpft, die UVP-Unterlagen haben weder dargelegt, wann das LILW-Zwischenlager in Kroatien in Betrieb geht, noch, wann das slowenische LILW-Endlager in Vrbina betriebsbereit sein wird.

2.2 Fragen und vorläufige Empfehlungen, Antworten und Bewertung der Antworten

Frage (F)

- **F1:** *Wann wird das Trockenlager für die Zwischenlagerung der abgebrannten Brennelemente betriebsbereit sein?*

Antwort der slowenischen Seite

Das Trockenlager für abgebrannte Brennelemente befindet sich im Bau. Die Fertigstellung des Baus ist Ende 2022 vorgesehen, die ersten 592 Brennelemente aus dem Lagerbecken für abgebrannte Brennelemente sollen in der ersten Hälfte des Jahres 2023 in das Trockenlager versetzt werden.

Bewertung der Antwort

Die Frage ist beantwortet.

Frage (F)

- **F2:** *Ist es geplant, die KBS-3 Methode trotz der problematischen Erkenntnisse zur Kupferkorrosion zu nutzen? Wie soll mit dem Problem der Kupferkorrosion umgegangen werden?*

Antwort der slowenischen Seite

Im Hinblick auf die schwedische Endlagerungstechnologie KBS-3 werden die Forschung und Entwicklung verschiedener Konzepte und Technologien für die Endlagerung in tiefengeologischen Formationen mitverfolgt und die verfügbaren Optionen im Lichte des wissenschaftlichen Fortschritts bewertet, bevor eine endgültige Entscheidung über das Endlagerungskonzept getroffen wird.

Wie beim Trockenlager für abgebrannte Brennelemente, für das die bewährte HOLTEC-Technologie gewählt wurde, wird letztlich eine zugelassene, dem Stand der Technik entsprechende Lösung gewählt.

Bewertung der Antwort

Die Frage ist beantwortet.

Frage (F)

- **F3:** *Ist Slowenien an einem regionalen/multinationalen Endlager interessiert? Wenn ja, für welche Arten von radioaktiven Abfällen? Welche Aktivitäten werden diesbezüglich gesetzt?*

Antwort der slowenischen Seite

Die *Entschließung zum Nationalen Programm für die Entsorgung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente für den Zeitraum 2016 - 2025* (ReNPRRO16-25; Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 31/16) sieht auch die Möglichkeit vor, sich auf ein multinationales oder regionales Endlager für abgebrannte Brennelemente und hochradioaktive Abfälle zu einigen, doch das Referenzszenario ist der Bau eines eigenen Endlagers in geeignetem Festgestein. Slowenien ist Mitglied der Arbeitsgruppe European Repository Development Organisation, in der eine Gruppe von EU-Staaten ein Modell für die Entwicklung gemeinsamer Lösungen der Mitgliedsstaaten in einem oder mehreren gemeinsamen geologischen Endlagern in Europa untersucht. Schwach- und mittelradioaktive Abfälle (LILW) sollen im LILW-Endlager am Standort Vrbina, Krško, endgelagert werden.

Bewertung der Antwort

Die Frage ist beantwortet. Slowenien ist an einem multinationalen Endlager für abgebrannte Brennelemente und hochradioaktive Abfälle interessiert.

Frage (F)

- **F4:** *Wann erfolgt eine Festlegung für oder gegen die Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente?*

Antwort der slowenischen Seite

Gemäß der *Entschließung zum Nationalen Programm für die Entsorgung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente für den Zeitraum 2016 - 2025* (ReNPRRO16-25; Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 31/16) sowie der *Dritten Überarbeitung des Programms zur Endlagerung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente des KKW Krško* muss das Unternehmen NEK bis zum Jahr 2025 die Möglichkeit der Aufbereitung abgebrannter Brennelemente analysieren.

Bewertung der Antwort

NEK ist zuständig für diese Entscheidung. Bis 2025 muss NEK die Möglichkeit der Wederaufarbeitung analysiert haben. Wann die Entscheidung erfolgt, wurde nicht angegeben.

Frage (F)

- **F5:** *An welche ausländischen Anbieter werden LILW zur Konditionierung verbracht? Führen Transportrouten durch Österreich?*

Antwort der slowenischen Seite

Alle bisher durchgeführten Behandlungen oder Wiederaufbereitungen von LILW wurden in Schweden beim ehemaligen Unternehmen Studsvik, inzwischen in Cyclife umbenannt, durchgeführt. Bislang wurden acht Kampagnen zur Verbrennung brennbarer radioaktive Abfälle und zwei Kampagnen zur Einschmelzung metallischer radioaktiver Abfälle durchgeführt. Die Transportrouten verliefen auf Straßen, auch durch Österreich, gemäß den für die Beförderung radioaktiver Abfälle geltenden Vorschriften und nach Einholung aller erforderlichen Genehmigungen, die in den einschlägigen Regelungen sowie in den europäischen Richtlinien und Abkommen wie dem *Europäischen Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße* (ADR) vorgeschrieben sind.

Bewertung der Antwort

Die Frage ist beantwortet.

Frage (F)

- **F6:** *Wie ist der Status der Genehmigung und Errichtung des LILW Endlagers Vrbina?*

Antwort der slowenischen Seite

Im September 2021 erhielt die Agentur für radioaktive Abfälle (ARAO) die umweltschutzrechtliche Zustimmung für das Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle in Vrbina. Die Baugenehmigung wurde beantragt. Es ist zu erwarten, dass die Baugenehmigung für das Endlager in Kürze erteilt wird. Die ARAO schreibt den Bau des Endlagers derzeit neu aus, da die bei der ersten Ausschreibung eingegangenen Angebote die Ausschreibungsbedingungen nicht erfüllten.

Bewertung der Antwort

Die Frage ist beantwortet.

Frage (F)

- **F7:** *Wann wird der Betrieb des LILW Endlagers Vrbina aufgenommen?*

Antwort der slowenischen Seite

Der genaue Termin für die Eröffnung bzw. Inbetriebnahme des LILW-Endlagers Vrbina steht noch nicht fest. Die Erteilung der Baugenehmigung wird für die erste Hälfte des Jahres 2022 erwartet. Sobald der Auftrag vergeben ist, wird mit dem Bau begonnen. Das Bauprojekt wird von der Agentur für radioaktive Abfälle (ARAO) geleitet und verantwortet, wobei sich das Unternehmen NEK aktiv an dem Projekt beteiligt und Unterstützung leistet.

Bewertung der Antwort

Die Frage ist beantwortet.

Frage (F)

- **F8:** *Wie wird der LILW zwischengelagert, falls das Endlager Vrbina den Betrieb in 2023 noch nicht aufnehmen kann?*

Antwort der slowenischen Seite

Falls das Endlager Vrbina den Betrieb nicht im Jahr 2023 aufnehmen kann, werden die radioaktiven Abfälle weiterhin im speziellen LILW-Lager im KKW Krško

kontrolliert gelagert. Die Verlagerung der Messausrüstung (Gammaspektroskopie, Wägung, Manipulationsausstattung usw.) und des Superverdichters aus dem Lager wird bald abgeschlossen sein, wodurch zusätzliche Lagerkapazitäten im bestehenden Gebäude frei werden. Darüber werden Studien vorbereitet, die die Möglichkeit der Aufbereitung, Behandlung und Konditionierung radioaktiver Abfallpakete durch externe Auftragnehmer im Ausland prüfen sollen, wo Endlagerbehälter für die direkte Endlagerung in einem Endlager bzw. für eine langfristige Lagerung in Slowenien und Kroatien bereitgestellt werden würden.

Bewertung der Antwort

Die Frage ist beantwortet.

Frage (F)

- **F9:** *Wie ist der Status des kroatischen „Zentrums für die Entsorgung radioaktiver Abfälle Čerkezovac"?*

Antwort der slowenischen Seite

Die Umsetzung des Projekts zur Gründung des Zentrums für die Entsorgung radioaktiver Abfälle Čerkezovac ist im Gange und umfasst folgende Tätigkeiten: Felduntersuchungen am Standort des Zentrums, Nullmessungen der Radioaktivität, Sicherheitsstudien und -berichte, Planungsdokumentation und Umweltverträglichkeitsprüfung für die Einholung der Standortgenehmigung und der Baugenehmigung.

Bewertung der Antwort

Die Frage ist beantwortet.

Frage (F)

- **F10:** *Sind Alternativen vorgesehen, falls Kroatien nicht wie vorgesehen die Hälfte der radioaktiven Abfälle übernehmen kann, z. B. falls die dortigen Lagerstätten nicht rechtzeitig fertiggestellt werden können?*

Antwort der slowenischen Seite

Die Republik Kroatien wird gemäß dem *Abkommen zwischen der Regierung der Republik Slowenien und der Regierung der Republik Kroatien über die Regelung von Status- und anderen Rechtsverhältnissen im Zusammenhang mit Investitionen in das Kernkraftwerk Krško, seiner Nutzung und Stilllegung* (Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 23/2003) im Zeitraum 2023 - 2025 die Hälfte der radioaktiven Abfälle

übernehmen. Falls das Zentrum für die Entsorgung radioaktiver Abfälle Čerkezovac den Betrieb nicht im Jahr 2023 aufnehmen kann, werden die radioaktiven Abfälle weiterhin im speziellen LILW-Lager im KKW Krško kontrolliert gelagert.

Bewertung der Antwort

Die Frage ist beantwortet. Anhand der Antwort auf Frage 10 erscheint es unwahrscheinlich, dass das Zentrum Čerkezovac 2023 in Betrieb gehen wird.

Vorläufige Empfehlung (VE)

- **VE2:** *Um das vom KKW Standort Krško ausgehende Risiko zu mindern, sollten die abgebrannten Brennelemente, die ausreichend abgeklungen sind, zügig in das Trockenlager umgeladen werden.*

Antwort der slowenischen Seite

Das KKW Krško plant die Verlagerung der abgebrannten Brennelemente aus dem Nass- in das Trockenlager als Risikominderungsmaßnahme, weshalb es sich bei der Planung der Verlagerungstermine auf seine eigenen Erfahrungen und die zeitliche Abfolge bei ähnlichen Lagern sowie vor allem auf die Sicherheit der Ausführung der Aktionen und auf hochtechnologisch qualifizierte Fachkräfte stützte. Daher ist das Tempo der Überführung abgebrannter Brennelemente in das Trockenlager wichtig, steht aber nicht vor anderen Kriterien. Das KKW Krško hat das Tempo so angepasst, dass dieses optimal ist.

Bei der Terminplanung der vorgesehenen Kampagnen zur Überführung der Brennelemente in das Trockenlager wurden die Faktoren der technischen Durchführbarkeit, des Strahlenschutzes und der nuklearen Sicherheit sowie der Wirtschaftlichkeit berücksichtigt. Die gewählten Termine der Kampagnen und die Anzahl der überführten Brennelemente wurden als optimal erkannt. Das KKW Krško wird den zeitlichen Ablauf der Überführung der abgebrannten Brennelemente aus dem Becken für abgebrannte Brennelemente in das Trockenlager auch künftig laufend überprüfen und anpassen, so dass die mit den Brennelementen verbundenen Risiken möglichst gering sein werden.

Bewertung der Antwort

Die Wahl der Termine der Kampagnen wurde erklärt. Für Österreich stehen Sicherheitsüberlegungen im Vordergrund, die Empfehlung bleibt daher mit einem Zusatz aufrecht.

2.3 Schlussfolgerungen und abschließende Empfehlungen

Im Rahmen der bilateralen Konsultationen wurden die Fragen aus der Fachstellungnahme beantwortet. Es zeigt sich, dass sich der geplante Betriebsbeginn des LILW Endlagers Vrbina verschieben könnte; ebenso wird das kroatische LILW Zentrum Čerkezovac wahrscheinlich erst nach 2023 den Betrieb aufnehmen können. Die fortgesetzte Zwischenlagerung der LILW am Standort Krško ist gewährleistet, wenn verschiedene Maßnahmen durchgeführt werden. Dazu gehört auch die Verbringung von LILW ins Ausland. LILW wird zur Konditionierung nach Schweden verbracht, dabei können Transportrouten auch durch österreichisches Staatsgebiet führen.

Das Zwischenlager (Trockenlager) für abgebrannte Brennelemente, das derzeit am Standort Krško errichtet wird, soll 2023 in Betrieb gehen. Eine Analyse der Frage, ob die abgebrannten Brennelemente wiederaufbereitet werden sollen, soll 2025 fertiggestellt werden.

Über den Status der Projekte zur Entsorgung von LILW und abgebrannten Brennelementen sollte laufend in den Treffen nach dem Nuklearinformationsabkommen berichtet werden.

2.3.1 Abschließende Empfehlungen (AE)

- **AE1:** *Um das vom KKW Standort Krško ausgehende Risiko zu mindern, sollten die abgebrannten Brennelemente, die ausreichend abgeklungen sind, so zügig wie aus Sicherheitsgründen möglich in das Trockenlager umgeladen werden.*

3 LANGZEITBETRIEB DES REAKTORTYPS

3.1 Zusammenfassung der Fachstellungnahme

Das KKW Krško ist bereits fast 40 Jahre in Betrieb. Das bedeutet, dass negative Alterungseffekte der Strukturen, Systeme und Komponenten (SSK) ein Sicherheitsproblem darstellen könnten, auch wenn laut UVP-BERICHT (2022) durch das Alterungsmanagement (AMP) mögliche negative Folgen verhindert werden sollen.

Ein umfassendes AMP ist notwendig, um alterungsbedingte Ausfälle zumindest bis zu einem gewissen Grad zu begrenzen. Das erste Topical Peer Review (TPR 1) gemäß der Richtlinie 2014/87/EURATOM in 2017/18 hat in Slowenien im AMP einige Defizite im Vergleich zum erwarteten Sicherheitsniveau in Europa gezeigt. So wird bisher der Umfang der im Rahmen im AMP betrachteten Strukturen, Systeme und Komponenten nicht entsprechend des aktuellen IAEO Safety Standard überprüft. Das Peer Review Team kritisierte auch, dass keine umfassende zerstörungsfreie Prüfung (NDE) im Grundmaterial des Reaktordruckbehälters durchgeführt wird. Auch das AMP der verdeckten Rohrleitungen wurde kritisiert. Zudem wurde die Funktionsfähigkeit von Kabeln unter höchsten Beanspruchungen nicht bestimmt.

Im Rahmen der nächsten periodischen Sicherheitsüberprüfung (3. PSÜ) soll das AMP gemäß IAEO Anforderungen aktualisiert werden. Die 3. PSÜ wird derzeit durchgeführt und die Ergebnisse werden für das Jahr 2022 erwartet. Kabel, die für die Unfallbekämpfung erforderlich sind, müssen geprüft werden, um festzustellen, ob sie in der Lage sind, ihre Funktionen unter den Bedingungen der Auslegungserweiterung (DEC) zu erfüllen. Die daraus resultierenden Maßnahmen sollen bis zum 31.12.2022 abgeschlossen werden. Das KKW Krško soll auch das AMP hinsichtlich der zerstörungsfreien Prüfungen von unzugänglichen Teilen der Betonabschirmung überarbeiten.

Auch die im Oktober 2021 durchgeführte Pre-SALTO (Safety Aspects of Long-Term Operation) Mission identifizierte Defizite und empfahl unter anderem, dass die Anlage die Überprüfungen des AMP abschließen soll. Eine Pre-SALTO Mission ist der erste Schritt eines SALTO-Peer-Review Prozesses zur Vorbereitung des langfristigen Betriebs (LTO). Es ist grundsätzlich eine gute Entscheidung, dass eine solche internationale Mission für das KKW Krško durchgeführt wird. Allerdings könnte es zu spät sein, um Defizite für den Langzeitbetrieb zu erkennen und zu beheben. Der beste Zeitpunkt für eine SALTO-Mission liegt laut IAEO innerhalb der letzten 10 Jahre der ursprünglich vorgesehenen Betriebsdauer der Anlage. Da die SALTO-Mission erst in einigen Jahren stattfinden wird, könnte es für das KKW Krško zu spät sein, um Defizite für den Langzeitbetrieb zu erkennen und zu beheben.

Im Jahr 2020 wurden die WENRA Referenzlevel erneut überarbeitet. Die überarbeitete Version der WENRA RL 2020 fordert, dass geeignete Vorkehrungen vorhanden sind, um auch die technologische Veralterung von SSC vorausschauend

zu steuern. Inwieweit diese Anforderung bereits erfüllt wird, ist aus den UVP-Dokumenten nicht zu entnehmen.

Die ursprüngliche Auslegung des KKW Krško beruht auf US-Vorschriften aus den 60er-Jahren und ist aus heutiger Sicht als veraltet anzusehen. Das damals angewandte Sicherheitskonzept hat aus heutiger Sicht eine Reihe von grundsätzlichen Defiziten: Die Anzahl der Redundanzen von Sicherheitssystemen ist zu gering. Die verschiedenen Sicherheitseinrichtungen sind teilweise nicht funktionell unabhängig, so dass sie sich gegenseitig negativ beeinflussen können. Verschiedene Sicherheitseinrichtungen sind nicht räumlich getrennt, so dass auch aus diesem Grund eine negative Wechselwirkung entstehen kann. Darüber hinaus ist das Reaktorgebäude verwundbar gegen äußere Einwirkungen. Im UVP-BERICHT (2022) werden die erfolgten umfangreichen Nachrüstungen dargestellt. Dennoch konnten nicht alle Auslegungsdefizite aus technischen und finanziellen Gründen beseitigt werden.

Das zurzeit laufende zweite "Topical Peer Review“ (TPR 2) gemäß Artikel 8e der Richtlinie 2014/87/EURATOM befasst sich mit dem ebenfalls für die Sicherheit kerntechnischer Anlagen wichtigen Thema, dem Brandschutz. Der Brandschutz in alten Anlagen, zu denen das KKW Krško gehört, besitzt gegenüber neuen KKW sicherheitstechnische Nachteile, da er sich überwiegend auf aktive Maßnahmen verlässt, die versagen können, statt auf eine entsprechende räumliche Trennung (passive Maßnahmen). Auslegungs- und materialbedingte Defizite sollen durch zusätzliche Brandmelder und Löschanlagen kompensiert werden. Es ist nicht bekannt, ob bereits erste Ergebnisse des TPR 2 für das KKW Krško vorliegen.

Der Hauptteil der Maßnahmen des Nationalen Aktionsplans zur Abhilfe der im EU Stresstest nach dem Unfall im Fukushima (2011) identifizierten Defizite bestand aus dem bereits vorher geplanten Sicherheits-Upgrade-Programm (SUP) für das KKW Krško. Mit erheblicher Verzögerung wurden die geplanten Maßnahmen Ende 2021 abgeschlossen. Auch wenn erhebliche Verbesserungen erfolgten, ist nicht geklärt, ob das erreichte Sicherheitsniveau ausreichend ist. Insbesondere ist nicht ausgeschlossen, dass ein stärkeres Erdbeben auftreten kann als bisher zugrundgelegt wurde. Das erforderliche Eingreifen der Betriebsmannschaft mit mobilen Geräten wird eine große Herausforderung nach einem schweren Erdbeben. Ob eine Kühlung des Reaktors gelingt, ist auch daher fraglich, da die ursprüngliche Auslegung der Anlage nur gegen eine Bodenbeschleunigung (PGA) von 0,3 g erfolgte.

Die IAEO, die WENRA und auch die Richtline 2014/87/Euratom führen unterschiedliche Sicherheitsstandards für existierende Anlagen und für neue Anlagen ein. Diese Sicherheitsanforderungen für neue Reaktoren sollen aber auch als Referenz herangezogen werden, um bei den bestehenden Anlagen im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfungen die „vernünftig machbaren“ Sicherheitsverbesserungen zu identifizieren.

Die WENRA empfiehlt jede Anlage im Rahmen der Laufzeitverlängerung auch daraufhin zu überprüfen, inwieweit sie die Sicherheitsziele für neue Reaktoren erfüllt. Aus einer solchen Prüfung würde deutlich, welche Sicherheitsabstände

(Deltas) zum heute geforderten Sicherheitsstandard bestehen. Bei dieser Überprüfung soll deutlich werden, welche Sicherheitsverbesserungen „vernünftig machbar" („reasonably practicable") wären und welche technisch unmöglich sind.

Als Bestandteil des UVP-Verfahrens zur Laufzeitverlängerung sollte ein Risikobericht vorgelegt werden, der eine Darstellung und Gesamtbewertung zu allen Abweichungen vom aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik und zu den verbleibenden Risiken enthalten sollte. Wie sicher ein Kernkraftwerk ist, kann nur dann beurteilt werden, wenn auch die Risiken bekannt sind. Ohne solch einen Risikobericht wird nicht klar, wie weit KKW Krško von den aktuellen Sicherheitsanforderungen entfernt sind. (UMWELTBUNDESAMT 2022)

3.2 Fragen und vorläufige Empfehlungen, Antworten und Bewertung der Antworten

Frage (F)

- **F11:** *Was sind die aktuellen Ergebnisse zur Versprödung der Reaktordruckbehälter (RDB) im KKW Krško (Sprödbruchübergangstemperatur RTNDT, Sprödbruchsicherheitsnachweis)?*

Antwort der slowenischen Seite

Aktuell beträgt die maximale Sprödbruchübergangstemperatur (bezeichnet als RT_{NDT}) 78,3 °C für die 60-jährige Endlaufzeit. Diese Temperatur bezieht sich auf die Innenseite des Reaktorbehälters und gilt für das Basismaterial des Reaktorbehälters. Der Sprödbruchsicherheitsnachweis wird in Kernkraftwerken, die den 10CFR50-Regeln unterliegen, durch die Druck-Temperatur-Grenzkurve (p-T Limiting Curve) und die Bruchenergieobergrenze (Charpy Test Upper-Shelf Energy) des Reaktorbehältermaterials bestimmt. Die Druck-Temperatur-Begrenzungskurve stellt den Temperatur- und Druckbereich dar, in dem der Reaktorbehälter betrieben werden muss, und wird aufgrund der RT_{NDT} und der maximalen Schnellneutronen-Strahlungsdichte (n/cm²) gemäß 10CFR50 Anhang G ermittelt. In diesem Sinne gewährleistet der Betrieb innerhalb der Druck-Temperatur-Grenzkurve die Sprödbruchsicherheit des Reaktorbehälters. Deswegen ist die Druck-Temperatur-Grenzkurve Teil der Technischen Spezifikationen des KKW Krško.

Der zweite Sprödbruchsicherheitsnachweis ist die ausreichende Bruchenergieobergrenze (Upper-Shelf Energy) des Materials. Dies ist die Energie, die erforderlich ist, um das Referenzmaterial im Charpy-Test zu zerreißen. Der Mindestwert dieser Energie ist durch 10CFR50 Anhang G festgelegt und beträgt 68 J am Laufzeitende. Für das KKW Krško beträgt die Bruchenergieobergrenze mindestens 83,8 J bei 60-jähriger Laufzeit.

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde ausreichend beantwortet.

Frage (F)

- **F12:** *Wann werden die WENRA Referenzlevel (RL) 2020 vollständig in das slowenische Regelwerk implementiert? Wann wird überprüft, ob das KKW Krško die Anforderungen der WENRA RL 2020 erfüllt?*

Antwort der slowenischen Seite

Das Amt der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit (URSJV) führt derzeit ein Verfahren zur Ergänzung der Vorschriften, um diese an die jüngsten Aktualisierungen der wichtigsten internationalen IAEO-Normen und der WENRA-Anforderungen anzupassen. Die Ergänzung der Vorschriften wird WENRA 2020 einbeziehen und bis Ende 2022 fertiggestellt sein.

Inwieweit das KKW Krško die WENRA-Referenzlevels für bestehende Reaktoren aus dem Jahr 2020 einhält, wird im Rahmen der derzeit laufenden 3. Periodischen Sicherheitsüberprüfung überprüft. Nach den vorläufigen Ergebnissen der unabhängigen Überprüfung erfüllt das KKW Krško die WENRA-Referenzlevels für bestehende Reaktoren aus dem Jahr 2020. Sollten Abweichungen festgestellt werden, so werden Korrekturmaßnahmen zu ihrer Beseitigung ergriffen.

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde beantwortet. Es ist zu begrüßen, dass die Aufsichtsbehörde bis Ende 2022 die Aufnahme der WENRA Referenzlevel 2020 in das Regelwerk anstrebt. Insofern sollte bereits im Rahmen der aktuell laufenden 3. PSÜ eine Überprüfungen des KKW Krško anhand dieser Anforderungen erfolgen. Ob allfällige Korrekturmaßnahmen noch vor der Genehmigung zur Laufzeitverlängerung durchgeführt werden müssen, bleibt offen.

Frage (F)

- **F13:** *Enthält das Alterungsmanagementprogramm für das KKW Krško bereits Anforderungen zur technologischen Veralterung?*

Antwort der slowenischen Seite

Das KKW Krško verfügt über ein Verfahren zur proaktiven Überwachung der technologischen Veralterung. Die Veralterung wird mit einem speziellen Tool überwacht, das die Lieferfähigkeit von Teilen aller Hersteller verfolgt. Falls veraltete Ausstattungsteile identifiziert werden, werden Maßnahmen ergriffen, um die Komponenten zu überholen, sie (durch ähnliche) zu ersetzen, zusätzliche Er-

kundigungen über die Lagerbestände in anderen Kraftwerken einzuholen, beziehungsweise wird das gesamte System unter Verwendung des Modifikationssystems ausgetauscht. Der Prozess der Obsoleszenzüberwachung ist im "NEK Technological Obsolescence Program" beschrieben, das ein integraler Bestandteil des "NEK Long Term Operation Program" ist.

Der Zweck des Programms und Verfahrens besteht darin, die (proaktive) Umsetzung und Überwachung von Prozessen festzulegen, um die Veralterung von Ausstattung, die für den sicheren und reibungslosen Betrieb der Anlage relevant ist, ordnungsgemäß zu erkennen und zu priorisieren. Durch die Identifizierung wird eine Lösung mit kurz- bzw. langfristigen Maßnahmen bestimmt, es wird ein Aktionsplan erstellt, die genehmigte Lösung wird umgesetzt, abschließend werden die Daten in der Datenbank des KKW Krško zur Aufrechterhaltung der Konfigurationskontrolle (eBS) und der Anwendung POMS (Proactive Obsolescence Management System) aktualisiert. Alle alterungsrelevanten Ausstattungsgegenstände sind Teil der MECL (Master Equipment Component List). Diese Liste von Ausstattungsgegenständen mit den erforderlichen Attributen wird regelmäßig in das POMS exportiert. Mit der POMS-Anwendung wird anschließend die Verfügbarkeit der Teile überprüft und es werden Berichte über Probleme mit der Veralterung von Ausstattungsgegenständen verwendet. Dieser Datenexport aus der MECL und Import in das POMS wird routinemäßig durchgeführt. Der Prozess der Erkennung der Veralterung der Ausstattung ermöglicht uns, Probleme bei Ausstattungsgegenständen zu erkennen und zu lösen, bevor sie bei ihrem Versagen nachgerüstet werden müssen (proaktiver Prozess).

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde beantwortet. Das beschriebene Verfahren ist geeignet die negativen Auswirkungen von technologischer Alterung zu begrenzen. Voraussetzung ist dafür jedoch, dass damit alle relevanten Komponenten erfasst werden. Dieses war bisher nach Bewertung des ersten Topical Peer Review (TPR 1) gemäß der Richtlinie 2014/87/EURATOM in 2017/18 nicht vollständig gegeben.

Frage (F)

- **F14:** *Wie weit ist die Umsetzung des Nationalen Aktionsplans für das Topical Peer Review zum „Ageing Management"? Ist die Übereinstimmung und gegebenenfalls Anpassung des „Ageing Management Proramms" mit den Anforderungen aus dem IAEO-Sicherheitsstandard SSG 48 bereits abgeschlossen?*

Antwort der slowenischen Seite

Der Stand der Umsetzung des Aktionsplans wird im URSJV-Bericht "ENSREG 1st Topical Peer Review Updated National Action Plan on the Krško NPP Ageing Management Programme", Mai 2021, detailliert beschrieben. Die Umsetzung des

TPR-Aktionsplans wird vom Amt der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit (URSJV) überwacht.

Das Alterungsprogramm des KKW Krško ist gemäß der US-Vorschrift 10 CFR 54 erstellt. Im Rahmen der 5-jährlichen periodischen Überprüfung des Alterungsprogramms hat NEK die Programme aktualisiert, alle GALL-Programme harmonisiert und zusätzlich IGALL überprüft sowie die bestehenden Alterungsprogramme wo nötig ergänzt.

Das Alterungsprogramm des KKW Krško wurde im Rahmen der Pre-SALTO-Mission im KKW Krško anhand des IAEA SSG 48 (Ageing Management and Development of a Programme for Long Term Operation of Nuclear Power Plants) gründlich überprüft. Der Aktionsplan dieser Überprüfung wurde genehmigt und wird derzeit umgesetzt.

Das Alterungsprogramm des KKW Krško wird im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung gemäß IAEA SSG 25 (Periodic Safety Review) erneut überprüft. Die Überprüfung ist noch nicht abgeschlossen, eine Empfehlung mit hoher Relevanz für die nukleare Sicherheit wird nicht erwartet.

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde beantwortet. Es laufen noch immer Arbeiten zur Anpassung des Alterungsmanagements an den Stand von Wissenschaft und Technik wie dieser im entsprechenden IAEA Safety Standard IAEA SSG 48 aus 2018 festgeschrieben ist. Insofern ist ein Alterungsmanagement nach dem derzeitigen Stand von Wissenschaft und Technik noch nicht vorhanden. Eine Frist für die Erfüllung des Aktionsplans wurde nicht genannt.

Frage (F)

- **F15:** *Ist bereits die laut Nationalem Aktionsplan zum Alterungsmanagement vorgesehene Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Kabel unter auslegungsüberschreitenden Belastungen (DEC-B) abgeschlossen? Waren Maßnahmen erforderlich? Sind diese bereits erfolgt?*

Antwort der slowenischen Seite

Die Funktionalität der Kabel für auslegungsüberschreitende Bedingungen (DEC-B-Bedingungen) wurde im Rahmen der Qualifizierung für die Umweltbedingungen (Qualifizierungsprogramm) überprüft. Kabel, die während oder nach einem DEC-B-Störfall funktionsfähig sein müssen, müssen für die jeweiligen örtlichen Bedingungen qualifiziert sein. Die Qualifikationsprüfung der Ausstattung selbst (zu der auch die Kabel gehören) umfasst auch eine Simulation der Alterung der Ausstattung.

Die Systeme (Ausstattung), die im Falle von DEC-B-Bedingungen funktionieren müssen, wurden vor kurzem im Rahmen einer Sicherheitsaufrüstung installiert bzw. modifiziert. Daher sind auch die DEC-B-klassifizierten Kabel neu.

Neben der Qualifikation der Kabel wird die Alterung der Kabel kontinuierlich überwacht, um den Zustand der Kabelisolierung zu überprüfen und damit die verbleibende Lebensdauer zu bestätigen. Im Qualifikationsprogramm und im Alterungsüberwachungsprogramm ist festgelegt, dass bei Erkennung jeglicher Abweichungen Korrekturmaßnahmen ergriffen werden müssen.

Alle oben genannten Maßnahmen gewährleisten die Funktionsfähigkeit der DEC-B-klassifizierten Kabel bis zum Ende ihrer qualifizierten Lebensdauer, einschließlich eines DEC-B-Störfalls.

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde beantwortet. Die betreffenden Kabel wurden erneuert.

Frage (F)

- **F16:** *Liegen die Ergebnisse der dritten periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSR3) bereits ganz oder teilweise vor? Wie lauten gegebenenfalls die Ergebnisse?*

Antwort der slowenischen Seite

Die dritte periodische Sicherheitsüberprüfung ist derzeit im Gange und wird im Jahr 2023 mit der Genehmigung des Maßnahmenplans durch das URSJV (Amt der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit) abgeschlossen. Dies bedeutet, dass eine umfassende Sicherheitsbewertung durchgeführt werden wird, bei der aufgrund einer Fachmethode alle positiven und negativen Feststellungen und ihre Gesamtauswirkungen auf die Sicherheit bewertet werden. Die umfassende Sicherheitsbewertung wird auf der Grundlage der slowenischen Nuklearrechtsvorschriften und der IAEA SSG-25 durchgeführt. Das URSJV bewertet und prüft die Berichte über die Prüfung der jeweiligen Inhalte (safety factor), die Gesamtbewertung (global assessment) sowie den Maßnahmenplan und spricht Empfehlungen aus, die befolgt werden müssen. Der Maßnahmenplan muss eine detaillierte Beschreibung aller Maßnahmen und der Fristen für jede Maßnahme gesondert enthalten. Gemäß den slowenischen Rechtsvorschriften sind etwaige bei der periodischen Sicherheitsüberprüfung festgestellte Abweichungen unter Berücksichtigung ihrer Bedeutung für die nukleare Sicherheit schnellstmöglich zu beseitigen. Abweichungen, die die nukleare Sicherheit der Anlage gefährden könnten, müssen unverzüglich beseitigt werden. Die vorläufigen Ergebnisse, die derzeit vom URSJV ausgewertet werden, zeigen, dass es keine größeren Sicherheitsabweichungen und negativen Feststellungen, die sofortige Maßnahmen erfordern würden, gibt. Die festgestellten Abweichungen beziehen sich hauptsächlich auf die Verbesserung von Verfahren und Programmen und haben kei-

nen direkten Bezug zur nuklearen Sicherheit. Eine erfolgreich durchgeführte periodische Sicherheitsüberprüfung ist eine Voraussetzung für die Verlängerung des Betriebs um zehn Jahre.

Im Rahmen des bilateralen Abkommens zwischen der Republik Slowenien und der Republik Österreich wird der Stand der PSR3 bei den regelmäßigen jährlichen Treffen, bei denen Informationen über nukleare Sicherheit und Strahlenschutz ausgetauscht werden, vorgestellt.

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde nicht direkt beantwortet. So wurde nicht erklärt, ob bereits Ergebnisse vorliegen und wie diese gegebenenfalls lauten. Es wurde in den Konsultationen angeboten, dass bei den jährlich stattfindenden Treffen im Rahmen des bilateralen Abkommens zwischen der Republik Slowenien und der Republik Österreich der Stand und die Ergebnisse der 3. PSÜ vorgestellt werden.

Frage (F)

- **F17:** *Liegen bereits Ergebnisse zum zweiten "Topical Peer Review" gemäß Artikel 8e der Richtlinie 2014/87/EURATOM dem Brandschutz für das KKW Krško vor?*

Antwort der slowenischen Seite

Der nationale Bericht liegt noch nicht vor, da sich das Verfahren des Topical Peer Review II (TPR II) noch in der Phase der Vorbereitung befindet. Die Entwürfe der Dokumente im Zusammenhang mit dem TPR-II-Verfahren stehen den interessierten Parteien, einschließlich der Öffentlichkeit, zur Verfügung und können kommentiert werden (https://www.ensreg.eu/tpr-2-public-engagement).

Nach einer öffentlichen Konsultation werden die überarbeiteten Endfassungen der Entwürfe im Juni 2022 der Arbeitsgruppe der europäischen Regulierungsbehörden für nukleare Sicherheit (ENSREG) zur Genehmigung vorgelegt. Die nächste Phase der TPR II, nämlich die Erstellung der nationalen Berichte, wird im Zeitraum 2022 – 2023 erfolgen. Wie beim ersten Topical Peer Review wird nach Abschluss der vergleichenden Prüfung und der Formulierung der generischen und spezifischen Ergebnisse ein Aktionsplan erstellt und an die ENSREG übermittelt. Im Aktionsplan wird der Umfang und der Zeitrahmen der notwendigen Verbesserungen und Maßnahmen, die während des TPR-Prozesses identifiziert wurden, festgelegt. Wie beim ersten Topical Peer Review werden alle Ergebnisse des TPR berücksichtigt. Die Berichterstattung an die ENSREG über den Stand der Umsetzung der Maßnahmen des TPR-Aktionsplans erfolgt gemäß den festgelegten Zeitplänen.

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde beantwortet. Da der Brandschutz für das KKW Krsko ein sicherheitsrelevantes Thema ist, sollte dieses im Rahmen des bilateralen Treffens besprochen werden.

Frage (F)

- **F18:** *Können die Empfehlungen und Vorschläge der Pre-SALTO-Mission aus Oktober 2021 und deren Umsetzung erläutert werden?*

Antwort der slowenischen Seite

Der Zweck der internationalen Missionen besteht darin, dass externe Prüfer Vorschläge zur Verbesserung der Prozesse machen, und zwar in Form von "recommendations" bzw. "suggestions". Das Kraftwerk erstellt daraufhin einen Aktionsplan zur Umsetzung der Empfehlungen. Jede Mission schlägt Verbesserungen vor, denn das Streben nach Exzellenz ist ein fortwährender Prozess. Die Verbesserungen, die sich aus der Pre-SALTO-Mission ergeben, sind im Gange und werden vom Amt der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit überwacht, welches auch die Betriebsgenehmigung für das KKW Krško erteilt.

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Prüfung seitens der Pre-SALTO-Mission hat NEK einen Aktionsplan zur Umsetzung erstellt, der alle Empfehlungen und Vorschläge berücksichtigt. Für jede Empfehlung und jeden Vorschlag ist im Aktionsplan ein detaillierter Umsetzungsplan mit Verantwortlichen und Fristen festgelegt. Der Aktionsplan wird gemäß den Bereichen der IAEO-Prüfung erstellt, nämlich:

- Bereich A (Organisation des Alterungsmanagements und der Aktivitäten des Langzeitbetriebs) *(Area A – Organization of Ageing Management and LTO Activities)*
- Bereich B (Scoping, Anlagenprogramme und Programm für Abhilfemaßnahmen) (Area B – Scope Setting, Plant Programmes and Corrective Action Programme)
- Bereich C (Alterungsmanagement mechanischer Strukturen, Systeme und Komponenten) *(Area C – Ageing Management of Mechanical SSCs*)
- Bereich D (Alterungsmanagement elektrischer, instrumenteller und regelungstechnischer Strukturen, Systeme und Komponenten) *(Area D – Ageing Management of Electrical and I&C SSCs)*
- Bereich E (Alterungsmanagement baulicher Strukturen, Systeme und Komponenten) *(Area E – Ageing Management of Civil SSCs)*
- Bereich F (Humanressourcen, Kompetenzen und Wissensmanagement für den Langzeitbetrieb) *(Area F – Human Resources, Competence and Knowledge Management for LTO)*

Der betreffende Aktionsplan ist außerdem in den Aktionsplan für die dritte Periodische Sicherheitsüberprüfung (PSR3) einbezogen, der seine Umsetzung bestätigen wird.

Der Großteil der Maßnahmen bezieht sich auf kleinere Anpassungen/Ergänzungen der Programme und Verfahren des KKW Krško, mit Ergänzungen bzw. Verbesserungen der Alterungs- und Qualifizierungsprogramme sowie Empfehlungen für Verbesserungen im Bereich des Personal-, Kompetenz- und Wissensmanagements.

Im KKW Krško wird in den Jahren 2024 und 2025 eine SALTO-Mission durchgeführt. So wird die SALTO-Mission die Umsetzung des pre-SALTO- und des PSR3-Aktionsplans überprüfen und neue Feststellungen bezüglich des Betriebs des Kraftwerks abgeben können.

Alle pre-SALTO-Feststellungen und der aufgrund dieser Feststellungen erstellte Aktionsplan werden in den PSR3 Sicherheitsfaktor 4 – Alterung aufgenommen. Dies ist Teil des PSR3-Prozesses und der Überprüfung durch die Aufsichtsbehörde gemäß den Nuklearrechtsvorschriften.

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde nur teilweise beantwortet. Es wurde erläutert, was generell Aufgabe und Umfang einer Pre-Salto Mission ist. Die gestellte Frage zielte aber auf die speziellen Empfehlungen/Vorschläge für das KKW Krško ab. Es wird auch erklärt, dass im KKW Krško in den Jahren 2024 und 2025 eine SALTO-Mission durchgeführt werden soll. Die SALTO-Mission soll dann die Umsetzung des Pre-SALTO- und des PSR3-Aktionsplans überprüfen. Es wäre sicherheitstechnisch von Vorteil, wenn die SALTO-Mission vor Erteilung der Genehmigung zur Betriebsdauerverlängerung stattfinden würde. Der geeignetste Zeitpunkt liegt laut IAEO innerhalb der letzten 10 Jahre vor dem ursprünglich vorgesehenen Betriebsende der Anlage.

Frage (F)

- **F19:** *Welche manuellen Eingriffe sind erforderlich, um die Systeme im Gebäude BB2 in Betrieb zu nehmen und welche Zeiten werden dafür benötigt?*

Antwort der slowenischen Seite

Die neu installierten Systeme können bei Bedarf manuell vom Hauptkontrollraum aus in Betrieb gesetzt werden, indem die Inselstromversorgung aus der MD#3-Sammelschiene (DG#3-Start) hergestellt wird, die Pumpen gestartet werden und die Strömungspfade in einer geschätzten Zeit von weniger als 5 Minuten hergestellt werden.

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde beantwortet. Während der Konsultation wurde ergänzend erklärt, dass ein Anschluss auch vom Notfall-Kontrollraum möglich ist.

Frage (F)

- **F20:** *Auf welcher Grundlage (Abläufe, Annahmen) wurde der Wasserbedarf bzw. das Wasservolumen im Gebäude BB2 geschätzt und welche Abläufe sind damit abgedeckt? Für welchen Zeitraum kann eine Kernnotkühlung gewährleistet werden? Wie wird das Wiederauffüllen des Wassertanks hergestellt? Welche Wassermenge pro Stunde ist bei intaktem Primärkreis erforderlich, um den Reaktorkern zu kühlen?*

Antwort der slowenischen Seite

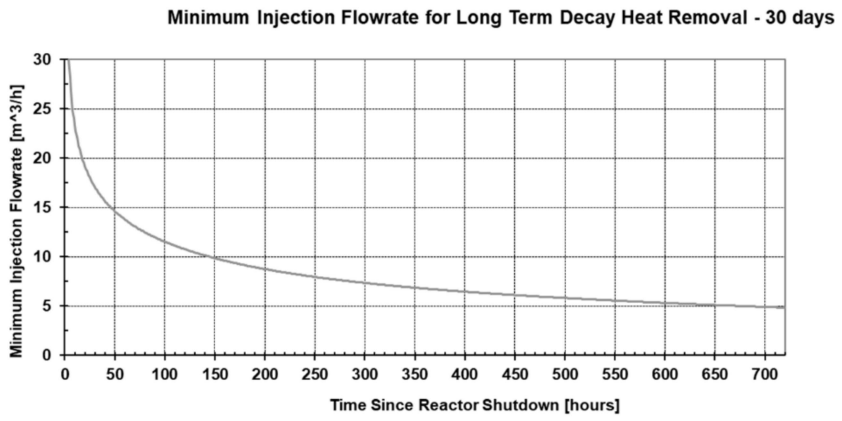
Bei den erweiterten Auslegungsbedingungen (DEC – Design Extension Conditions) wird davon ausgegangen, dass kein Kältemittel aus den Auslegungstanks (RWST - Refueling Water Storage Tank und 2 x CST - Condensate Storage Tank) verfügbar ist.

Im Falle eines Kühlmittelverluststörfalls (LOCA) sorgt die Menge des Kühlmittels im ASI-Tank (Alternative Safety Injection) für einen ausreichenden Füllstand im Sicherheitsbehältersumpf nach Abschluss der Einspeisungsphase, so dass das ARHR-System die Restwärme langfristig im Kreislaufbetrieb abführen kann. Der ASI-Tank hat konservativ eine zusätzliche Kühlmittelreserve von etwa 30 %. Der ASI-Tank kann aus einem unterirdischen Brunnen mit einer Kapazität von ca. 30 m^3/h nachgefüllt werden. Die Borierung des zusätzlichen Kühlmittels ist gewährleistet.

Die Wassermenge im Tank des alternativen Dampferzeuger-Befüllungssystems (AAF – Alternative Auxiliary Feedwater) gewährleistet eine Kühlung des Kraftwerks über den Sekundärkreislauf für eine Dauer von etwa 3 Tagen (80 Stunden). Der AAF-Tank kann aus einem unterirdischen Brunnen mit einer Kapazität von ca. 30 m^3/h nachgefüllt werden. Dadurch wird die langfristige Ableitung der Restwärme gewährleistet.

Die derzeit benötigte Kühlmittelmenge hängt von der Restwärmemenge ab und ist in der nachstehenden Grafik dargestellt:

Abbildung 1: Minimale Injektionsmenge für langfristige Abfuhr der Nachzerfallswärme



Quelle: ANTWORTEN 2022

umweltbundesamt

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde beantwortet.

Frage (F)

- **F21:** *Wie wurde bei der Anbindung der neuen Systeme an die bestehenden Systeme gewährleistet, dass die Funktionen im Bedarfsfall erfüllt werden können? Liegt für alle diese von der Anbindung betroffenen Strukturen, Systeme und Komponenten (SSCs) ein konservativer Nachweis vor, dass diese SSCs den Belastungen standhalten, die einer Erdbebenbelastung von PGA = 0,56 g entsprechen? Entspricht der Nachweis den Richtlinien der WENRA (2020c)?*

Antwort der slowenischen Seite

Die neuen Systeme wurden mit den bestehenden so verbunden, dass die volle Funktionsfähigkeit mindestens einer Linie der redundanten Sicherheitssysteme jederzeit gewährleistet war. Für alle bestehenden Strukturen, Systeme und Komponenten, die mit den neuen Systemen verbunden sind, wurden Analysen der seismischen Vulnerabilität durchgeführt, bei denen nachgewiesen wurde, dass diese Systeme seismischen Belastungen mit dem genannten PGA-Wert (0,56 g) mit hoher Konservativität standhalten können. Die HCLPF-Kapazität wurde gemäß den WENRA-Richtlinien festgelegt.

Der PGA-Wert von 0,56 g entspricht dem mittleren PGA-Wert bei einer Wiederkehrperiode von 10.000 Jahren (PSHA, 2004). Im Rahmen von Stresstests im Jahr 2011 wurde nachgewiesen, dass das KKW Krško aufgrund der bei der Auslegung berücksichtigten Sicherheitsfaktoren sicher abgeschaltet werden kann und die langfristige Kühlung im Falle eines Erdbebens mit einer maximalen Bodenbeschleunigung von mehr als 0,56 g an der Oberfläche aufrechterhalten werden kann.

Die Analysen der Erdbebengefahr und der seismischen Reaktion des KKW Krško werden gemäß den slowenischen Rechtsvorschriften sowie den einschlägigen

internationalen Richtlinien und Standards während der gesamten Betriebsdauer des KKW Krško wiederholt und aktualisiert. Solche Analysen bilden die Grundlage für die kontinuierliche Überprüfung, Gewährleistung und den Nachweis der sehr hohen seismischen und nuklearen Sicherheit der ursprünglichen Auslegung des KKW Krško.

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde beantwortet. Es wird deutlich, dass nur eine Redundanz ausreichend seismisch ausgelegt ist. Das ist sicherheitstechnisch nicht ausreichend. Vor allem ist aber zu bemerken, dass die aktuelle Bewertung der Erdbebengefahr noch nicht abgeschlossen ist (siehe Kapitel 5). Daher ist zurzeit nicht bekannt, ob die Auslegung ausreichend ist.

Frage (F)

- **F22:** *Sind die Analysen zum Vorhandensein von Wasserstoff an unerwarteten Orten beendet. Wie war das Ergebnis? Sind weitere Maßnahmen geplant? Wenn ja, wie sieht der Zeitplan für ihre Umsetzung aus?*

Antwort der slowenischen Seite

Die Analysen zum Vorhandensein von Wasserstoff sind abgeschlossen. Sie wurden als Grundlage für das Programm der sicherheitstechnischen Aufrüstung (SOP - Safety Upgrade Program) durchgeführt. Im Rahmen der sicherheitstechnischen Aufrüstung wurden alle erforderlichen Modifizierungen vorgenommen: Installation passiver autokatalytischer Rekombinatoren (PARs) zur Wasserstoffregulierung im Sicherheitsbehälter, alternative Kühlung des Brennelementlagerbeckens (neues Sprühsystem, Beckenkühlsystem mit mobilem Wärmetauscher und Klappe zur Druckentlastung des Brennelementhandhabungsgebäudes). Die durchgeführten Analysen und die Explosionsrisikostudie haben gezeigt, dass keine zusätzlichen Maßnahmen außer den oben genannten erforderlich sind.

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde beantwortet.

Frage (F)

- **F23:** *Für welchen maximalen Zeitraum kann das gefilterte Entlüftungssystem des Sicherheitsbehälters bei Beibehaltung seiner Funktion betrieben werden?*

Antwort der slowenischen Seite

Die Auslegung des passiven Filtersystems (PCFVS - Passive Containment Filtering Vent System) berücksichtigt die maximal mögliche Masse der Spaltprodukte, somit gewährleistet das PCFVS eine langfristige Filtration.

Das PCFV-System ist konservativ nach den funktionellen Anforderungen ausgelegt, die die Größe der Aerosol- und Jodfilter und die erforderliche Menge an Adsorptionsmaterial bestimmen. Die erforderlichen Auslegungsparameter sind:

- Volumenstrom,
- Zerfallswärme,
- Aerosolmasse,
- erforderliche Rückhalteeffizienz.

Das System wird im Laufe der Zeit nicht an Funktion verlieren, da die integrale Aerosol-/Jodmasse konstant ist und die Rückhaltung der Filter auf Grundlage des maximalen Massenstroms und der maximalen Masse der Spaltprodukte ausgelegt ist. Wenn das System also über einen längeren Zeitraum betrieben werden muss, ändert sich die Gesamtmasse des Spaltprodukts nicht, außerdem wird sie zerfallen. Die Anzahl der Öffnungszyklen ist nicht begrenzt. Auf der Grundlage des analysierten Unfalls sollte das PCFVS 7 Tage beziehungsweise, je nach Abhilfemaßnahmen, sogar bis zu 30 Tage funktionieren.

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde beantwortet.

Frage (F)

- **F24:** *Laut SNSA (2021a) kann das neuinstallierte Sprühsystem um das Lagerbecken für abgebrannte Brennelemente auch die Restwärme der abgebrannten Brennelemente im Falle eines großen Lecks aus dem Becken abführen. Wie groß kann das Leck maximal sein, damit ein Ausgleich des Wasserverlustes erfolgreich durchgeführt werden kann?*

Antwort der slowenischen Seite

Mit dem neu installierten Sprühsystem könnten die Brennelemente im Lagerbecken (SFP – Spent Fuel Pit) auch dann gekühlt werden, wenn das SFP völlig leer – d. h. ohne Wasser – wäre. Das System ist so ausgelegt, dass die Besprühung alle im SFP enthaltenen Brennelemente abdeckt und somit eine angemessene Ableitung der Restwärme gewährleistet ist. Außerdem ist die Konfiguration dieses Systems völlig unabhängig von den anderen aktiven Systemen innerhalb des KKW Krško.

Bewertung der Antwort

Die Frage ist beantwortet. Ein Sprühsystem, dass die Brennelemente bei kompletten Verlust des Kühlmittels durch ein großes Leck langfristig kühlen kann, ist dem Expert:innenteam aus anderen Anlagen nicht bekannt. Es wäre zu begrüßen, wenn die Berechnungen/Experimente dazu im Rahmen des bilateralen Treffens besprochen werden könnten.

Frage (F)

- **F25:** *Wie viel Personen der Betriebsmannschaft und welche Zeitbedarf ist jeweils erforderlich, um den mobilen Wärmetauscher an das Lagerbecken für abgebrannte Brennelemente (SFP), den Containment-Sumpf oder das Reaktorkühlsystem anzuschließen?*

Antwort der slowenischen Seite

Es sind drei (3) Personen erforderlich, um den mobilen Wärmetauscher für die Kühlung des SFP innerhalb von 3 Stunden anzuschließen und betriebsbereit zu machen.

Es sind drei (3) Personen erforderlich, um den fixen Wärmetauscher für die Kühlung des Sicherheitsbehältersumpfes oder des Primärsystems innerhalb von 1 Stunde betriebsbereit zu machen.

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde beantwortet.

Frage (F)

- **F26:** *Wie viel Personen der Betriebsmannschaft und welche Zeitbedarf ist erforderlich, um den mobilen DG anzuschließen?*

Antwort der slowenischen Seite

Um den mobilen 2-MW-Dieselgenerator anzuschließen, ist eine (1) Person erforderlich, die das System innerhalb einer halben Stunde (30 min) betriebsbereit macht.

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde beantwortet.

Frage (F)

- **F27:** *Wie lautet die nationale Strategie für den Umgang mit großen Mengen kontaminierten Wassers nach und während eines schweren Unfalls?*

Antwort der slowenischen Seite

Im Falle eines außergewöhnlichen Ereignisses steuert das KKW Krško das Sammeln, Zurückhalten, Umwälzen und Kühlen des kontaminierten Wassers. Dies wird sowohl durch die Auslegungssysteme des Kraftwerks als auch durch die bei der Aufrüstung eingeführten Systeme gewährleistet, wobei Verfahren zum Einsatz kommen, die durch ein Schulungsprogramm validiert und in einzelnen Trainings und Übungen getestet werden (tatsächlicher Einsatz der Ausstattung). Große Mengen an kontaminiertem Wasser sind nicht zu erwarten. Das gesamte Wasser wird sich im Sicherheitsbehälter und mit der Zeit im Nebengebäude ansammeln.

Aus eben diesem Grund enthält der nationale Plan keine ausdrückliche Verpflichtung, vielmehr kommt diese in mehreren Kapiteln zur Langzeitversorgung bzw. -unterstützung zum Ausdruck (Spezialfahrzeuge des Zivilschutzes, der Armee, Feuerwehr usw.).

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde beantwortet.

Frage (F)

- ***F28:*** *Inwieweit wurden internationale Dokumente (IAEA, WENRA) bei der Laufzeitverlängerung verbindlich angewandt?*

Antwort der slowenischen Seite

Die Laufzeitverlängerung unterliegt der slowenischen Gesetzgebung. Die IAEO-Sicherheitsstandards und die WENRA Safety Reference Levels, die in slowenisches Recht umgesetzt wurden, sind verbindlich. Die Bewertung der Einhaltung der geltenden internationalen Sicherheitsstandards und -anforderungen durch das KKW Krško erfolgt im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfungen.

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde beantwortet.

Frage (F)

- ***F29:*** *Ist eine systematische Bewertung der Auslegungsabweichungen des KKWs Krško von den aktuellen internationalen Sicherheitsstandards und Anforderungen erfolgt?*

Antwort der slowenischen Seite

Das KKW Krško führt regelmäßig Überprüfungen der internationalen Anforderungen und der Übereinstimmung der KKW-Auslegung mit diesen Anforderungen durch. Die Feststellungen und Überprüfungen sind in den entsprechenden Dokumenten dokumentiert und werden an das URSJV übermittelt. Als ergänzendes Instrument zur ständigen Sicherheitsüberprüfung wird außerdem alle zehn Jahre eine Periodische Sicherheitsüberprüfung gemäß den slowenischen Rechtsvorschriften und gemäß SSG-25 der IAEO durchgeführt. Bei der Periodischen Sicherheitsüberprüfung wird eine systematische Überprüfung der KKW-Auslegung vorgenommen, mit dem Ziel, im Bewertungsprozess die Angemessenheit der Auslegung der Anlage und ihrer Dokumentation in Bezug auf die aktuellen Grundlagen der Betriebsgenehmigung der Anlage sowie in Bezug auf die slowenischen und internationalen Normen, Anforderungen und Praktiken zu bestätigen. Die dritte Periodische Sicherheitsüberprüfung ist derzeit im Gange und wird im Jahr 2023 abgeschlossen.

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde ausreichend beantwortet. Anzumerken ist jedoch, dass es eine unbestrittene Tatsache ist, dass ältere Anlagen, die nach den Sicherheitsstandards, die vor 50 Jahren gültig waren, ausgelegt sind, nicht den aktuellen Sicherheitsstandards entsprechen. Auch das Europäische Regelwerk schreibt einen Doppelstandard für neue und ältere Anlage fest. (INRAG 2021)

Frage (F)

- **F30:** *Welche technisch möglichen Verbesserungen zur Erfüllung moderner Sicherheitsanforderungen wurden für das KKW Krško im Rahmen der Laufzeitverlängerung als nicht „vernünftig machbar" angesehen?*

Antwort der slowenischen Seite

Das Programm zur sicherheitstechnischen Aufrüstung des KKW Krško wurde aufgrund des gestaffelten Sicherheitskonzepts (Defence in Depth) sowie der Wirksamkeit und Bedeutung von Verbesserungen zur Verringerung der Gesamthäufigkeit von Kernschäden und der Häufigkeit von Freisetzungskategorien festgelegt. Das ursprüngliche Programm zur sicherheitstechnischen Aufrüstung wurde überarbeitet und die folgenden Verbesserungen wurden geändert, da

die ebenfalls nachstehend genannten ursprünglichen Lösungen nicht als "vernünftig machbar" angesehen wurden:

- Die Einspritzung von Kühlflüssigkeit in die Dichtungen der Primärpumpen wird durch den Einbau von Hochtemperaturdichtungen der Primärpumpen ersetzt.
- Anstelle einer alternativen Wärmesenke wird eine 30-tägige Kühlung des Reaktors über Verdampfer gewährleistet, wobei Kühlflüssigkeit aus einem zusätzlichen Tank eingespritzt wird, der aus unterirdischen Brunnen gefüllt werden kann.
- Neben der bereits geplanten alternativen Pumpe für die langfristige Wärmeabfuhr wird auch ein dazugehöriger Wärmetauscher installiert (ursprünglich war der Einsatz eines mobilen Wärmetauschers geplant).

Die Überarbeitung des Programms zur sicherheitstechnischen Aufrüstung wurde vom Amt der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit genehmigt.

Auf der Grundlage von deterministischen und probabilistischen Analysen wurden die wirksamsten Aufrüstungen zur Verbesserung der nuklearen Sicherheit ermittelt. Es wurden bewährte Lösungen verwendet, weil wir keine nicht erprobten Varianten installieren wollten.

Die Hochtemperaturdichtungen haben eine hohe Zuverlässigkeit, vergleichbar mit der alternativen Lösung der Kühlmitteleinspritzung in Primärpumpendichtungen.

Eine alternative UHS war unter dem Gesichtspunkt des seismischen Risikos nicht akzeptabel. Eine akzeptablere Variante war daher der Bau eines auf Erbebensicherheit ausgelegten befestigten Gebäudes mit separaten erdbebensicheren Tanks für die Primär- und Sekundäreinspeisung.

Die ausgeführten Lösungen boten ein Höchstmaß an Sicherheit, auch bei seismischen Ereignissen, und ermöglichten die Erreichung eines Sicherheitsniveaus des Kraftwerks, das mit dem Sicherheitsniveau neuer Kraftwerke vergleichbar ist.

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde beantwortet. Es wäre interessant zu wissen, anhand welcher Kriterien die Entscheidungen gefällt wurden. So wäre interessant zu wissen, wie sich die Änderung der Maßnahme auf die Kernschadenshäufigkeit (CDF) ausgewirkt hat.

Vorläufige Empfehlung (VE)

- **VE3:** *Es wird empfohlen, alle technisch verfügbaren Sicherheitsverbesserungen zur Verhinderung von Unfällen umzusetzen.*

Antwort der slowenischen Seite

Das KKW Krško hat eine eingehende Analyse der auslegungsüberschreitenden Unfälle durchgeführt und das Programm zur sicherheitstechnischen Aufrüstung auf der Grundlage des Nationalen Aktionsplans im Rahmen der EU-Stresstests erstellt. Das Programm zur sicherheitstechnischen Aufrüstung umfasst zahlreiche Verbesserungen und zusätzliche Systeme für das Management von auslegungsüberschreitenden Unfällen. In den Bereichen Erdbebensicherheit, Hochwasserschutz, Minderung von Brandfolgen, Bereitstellung zusätzlicher Stromquellen, die in Notfällen oder bei Ausfall der externen Wechselstromversorgung eingesetzt werden können, sowie in anderen Bereichen wurden erhebliche Verbesserungen vorgenommen (Umweltverträglichkeitsbericht, Abschnitt 2.8).

Bewertung der Antwort

Die Empfehlung bleibt aufrecht. Es wird von der slowenischen Seite, auf die Verbesserungen im Zuge des EU-Stresstests vor mehr als 10 Jahren hingewiesen. In den letzten 10 Jahren hat sich der Stand von Wissenschaft und Technik weiterentwickelt, so dass weitere Anpassungen möglicherweise erforderlich wären. Zudem wird aus der Antwort zu Frage 30 nicht vollständig klar, ob alle technisch verfügbaren Nachrüstungen erfolgt sind.

Vorläufige Empfehlung (VE)

- **VE4:** *Es wird empfohlen, alle Anforderungen des 2020 WENRA Referenzlevels im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfung 3 (3. PSÜ) zu erfüllen. Bei Abweichungen sollten die Gründe dafür erläutert werden.*

Antwort der slowenischen Seite

Inwieweit das KKW Krško die WENRA-Referenzlevels für bestehende Reaktoren aus dem Jahr 2020 einhält, wird im Rahmen der derzeit laufenden 3. Periodischen Sicherheitsüberprüfung überprüft.

Nach den vorläufigen Ergebnissen der unabhängigen Überprüfung erfüllt das KKW Krško die WENRA-Referenzlevels für bestehende Reaktoren aus dem Jahr 2020.

Bewertung der Antwort

Die Empfehlung bleibt bestehen, wird aber modifiziert. Es ist nun bekannt, dass eine derartige Überprüfung im Rahmen der 3. PSÜ erfolgt. Ob allerdings die Abweichungen in diesem Rahmen korrigiert werden, ist nicht bekannt.

Vorläufige Empfehlung (VE)

- **VE5:** *Es wäre wünschenswert, die folgenden weiteren Informationen zur Verfügung zu stellen:*
  a) Detaillierte Beschreibungen der Sicherheitssysteme, einschließlich Angaben zu Anforderungen an die wichtigen sicherheitsrelevanten Systeme und Komponenten. Darüber hinaus eine detaillierte Beschreibung der Maßnahmen, die zur Beherrschung schwerer Unfälle bzw. zur Abmilderung ihrer Folgen getroffen wurden.
  b) Nachvollziehbare Darstellung und Gesamtbewertung aller Abweichungen vom aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik. Diese Darstellung sollte beinhalten:
     - Alle Abweichungen von den heutigen Anforderungen an Redundanz, Diversität und Unabhängigkeit der Sicherheitsebenen.
     - Unvollständigkeit der verwendeten Datenbasis und Anlagendokumentation.
     - Darstellung aller sicherheitstechnischen Bewertungen bzw. Parameterfestlegungen durch persönliche Begutachtungen ("engineering judgement").
     - Abweichungen vom Stand von Wissenschaft und Technik hinsichtlich der verwendeten Nachweisverfahren, der technischen Abschätzungen und Berechnungsverfahren.
     - Verfüg bare Sicherheitsmargen für die einzelnen sicherheitsrelevanten Komponenten (insbesondere für die Reaktordruckbehälter) und deren jeweilige alterungsbedingte Veränderungen gegenüber dem Ausgangszustand.

Antwort der slowenischen Seite

Die geforderten zusätzlichen Informationen gehen über den Umfang der Umweltverträglichkeitsprüfung hinaus. Diese Informationen sind im Sicherheitsbericht des KKW Krško und anderen Dokumenten enthalten, die regelmäßig vom Amt der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit geprüft und genehmigt werden. Die geforderten Informationen enthalten sensible Daten, die nicht offengelegt werden können, da sie vertraulich sind.

Bewertung der Antwort

Die Empfehlung kann entfallen.

3.3 Schlussfolgerungen und abschließende Empfehlungen

Das KKW Krško ist bereits fast 40 Jahre in Betrieb. Das bedeutet, dass negative Alterungseffekte der Strukturen, Systeme und Komponenten (SSK) ein Sicherheitsproblem darstellen könnten, auch wenn laut UVP-BERICHT (2022) durch das Alterungsmanagementprogramm (AMP) mögliche negative Folgen verhindert werden sollen.

Das erste Topical Peer Review (TPR 1) gemäß der Richtlinie 2014/87/EURATOM in 2017/18 hat in Slowenien im AMP einige Defizite im Vergleich zum erwarteten Sicherheitsniveau in Europa identifiziert. So entspricht zum Beispiel der Umfang der im Rahmen im AMP betrachteten Strukturen, Systeme und Komponenten nicht dem aktuellen IAEO Safety Standard. Ein umfassendes AMP ist notwendig, um alterungsbedingte Ausfälle zumindest bis zu einem gewissen Grad zu begrenzen.

Es laufen noch Arbeiten zur Anpassung des AMP an den Stand von Wissenschaft und Technik wie dieser im entsprechenden IAEA Safety Standard IAEA SSG 48 aus 2018 festgeschrieben ist. Insofern ist ein AMP nach dem derzeitigen Stand von Wissenschaft und Technik noch nicht vorhanden. Auch die im Oktober 2021 durchgeführte Pre-SALTO Mission identifizierte Defizite und empfahl unter anderem, dass die Anlage die Überprüfungen des AMP abschließen soll. Im Rahmen der nächsten periodischen Sicherheitsüberprüfung (3. PSÜ) soll das AMP gemäß IAEO Anforderungen aktualisiert werden.

Eine Pre-SALTO Mission ist der erste Schritt eines SALTO-Peer-Review Prozesses zur Vorbereitung des langfristigen Betriebs (LTO). Es ist begrüßenswert, dass eine solche internationale Mission für das KKW Krško durchgeführt wird. Allerdings wird die eigentliche SALTO-Mission erst 2024/25 stattfinden, also erst nach Beginn der angestrebten Laufzeitverlängerung. Der beste Zeitpunkt für eine SALTO-Mission liegt laut IAEO innerhalb der letzten 10 Jahre vor dem ursprünglich vorgesehenen Betriebsende. Es könnte daher für das KKW Krško zu spät sein, um Defizite für den Langzeitbetrieb zu erkennen und zu beheben.

Die überarbeitete Version der WENRA Referenzlevel aus 2020 fordert, auch die technologische Alterung von Strukturen, Systemen und Komponenten vorausschauend zu steuern. Das in ANTWORTEN (2022) beschriebene Verfahren ist geeignet, die negativen Auswirkungen von technologischer Alterung zu begrenzen. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass damit alle relevanten Komponenten erfasst werden. Dieses war bisher nach Bewertung des ersten Topical Peer Review (TPR 1) und der PRE-SALTO Mission nicht vollständig gegeben.

Es ist zu begrüßen, dass die Aufsichtsbehörde bis Ende 2022 die Aufnahme der WENRA Referenzlevel 2020 in das Regelwerk anstrebt. Insofern sollte bereits im Rahmen der aktuell laufenden 3. PSÜ eine Überprüfung des KKW Krško anhand dieser Anforderungen erfolgen. Ob allfällige Korrekturmaßnahmen noch vor der Genehmigung zur Laufzeitverlängerung durchgeführt werden müssen,

bleibt offen. Es wurde während der Konsultation angeboten, dass bei den jährlich stattfindenden Treffen im Rahmen des bilateralen Abkommens zwischen der Republik Slowenien und der Republik Österreich (bilaterales Treffen) der Stand und die Ergebnisse der 3. PSÜ vorgestellt werden.

Die ursprüngliche Auslegung des KKW Krško beruht auf US-Vorschriften aus den 60er-Jahren. Das damals angewandte Sicherheitskonzept hat aus heutiger Sicht eine Reihe von grundsätzlichen Defiziten: Die Anzahl der Redundanzen von Sicherheitssystemen ist zu gering. Die verschiedenen Sicherheitseinrichtungen sind teilweise nicht funktionell unabhängig, so dass sie sich gegenseitig negativ beeinflussen können. Im UVP-BERICHT (2022) werden die erfolgten umfangreichen Nachrüstungen dargestellt. Dennoch konnten nicht alle Auslegungsdefizite aus technischen oder finanziellen Gründen beseitigt werden.

Der Brandschutz im KKW Krško zum Beispiel hat gegenüber neuen KKW sicherheitstechnische Nachteile, da er sich überwiegend auf aktive Maßnahmen verlässt, die versagen können, statt auf eine entsprechende räumliche Trennung (passive Maßnahmen). Das zweite "Topical Peer Review“ (TPR 2) gemäß Artikel 8e der Richtlinie 2014/87/EURATOM befasst sich mit diesem für die Sicherheit kerntechnischer Anlagen wichtigen Thema. Es wäre zu begrüßen, wenn die Ergebnisse des TPR 2 für das KKW Krško im Rahmen des bilateralen Treffens besprochen werden könnten.

Hinsichtlich der Sicherheitsverbesserung wird in den ANWORTEN (2022) vor allem auf den EU Stresstest hingewiesen. Der Hauptteil der Maßnahmen des Nationalen Aktionsplans zur Abhilfe der im EU Stresstest nach dem Unfall in Fukushima (2011) identifizierten Defizite bestand aus dem bereits vorher geplanten Sicherheits-Upgrade-Programm (SUP) für das KKW Krško. Mit erheblicher Verzögerung wurden die geplanten Maßnahmen Ende 2021 abgeschlossen. Auch wenn erhebliche Verbesserungen erfolgten, ist nicht geklärt, ob das erreichte Sicherheitsniveau ausreichend ist.

Insbesondere ist nicht ausgeschlossen, dass ein stärkeres Erdbeben auftreten kann als bisher zugrunde gelegt wurde. Das erforderliche Eingreifen der Betriebsmannschaft mit mobilen Geräten wird eine große Herausforderung nach einem schweren Erdbeben. Ob eine Kühlung des Reaktors gelingt, ist fraglich, da die ursprüngliche Auslegung der Anlage nur gegen eine Bodenbeschleunigung (PGA) von 0,3 g erfolgte. Aus den ANTWORTEN (2022) wird zudem deutlich, dass nur eine Redundanz ausreichend seismisch ausgelegt wurde. Das ist sicherheitstechnisch nicht ausreichend. Vor allem ist aber zu bemerken, dass die aktuelle Bewertung der Erdbebengefahr noch nicht abgeschlossen ist (siehe Kapitel 5). Daher ist zurzeit nicht bekannt, ob der Schutz gegen extreme Erdbeben ausreichend ist.

Laut ANTWORTEN (2022) wurde ein Sprühsystem, dass die Brennelemente im Lagerbecken bei komplettem Verlust des Kühlmittels durch ein großes Leck langfristig kühlen kann, nachgerüstet. Es wäre zu begrüßen, wenn die Berechnungen/Experimente dazu im Rahmen des bilateralen Treffens erläutert werden könnten.

Die IAEO, die WENRA und auch die Richtline 2014/87/Euratom führen unterschiedliche Sicherheitsstandards für existierende Anlagen und für neue Anlagen ein. Die WENRA empfiehlt jede Anlage im Rahmen der Laufzeitverlängerung auch daraufhin zu überprüfen, inwieweit sie die Sicherheitsziele für neue Reaktoren erfüllt. Aus einer solchen Prüfung würde deutlich, welche Sicherheitsabstände (Deltas) zum heute geforderten Sicherheitsstandard bestehen und welche Sicherheitsverbesserungen „vernünftig machbar" („reasonably practicable") wären und welche technisch unmöglich sind. Aus den ANTWORTEN (2022) ist nicht zu entnehmen, ob eine derartige systematische Überprüfung erfolgt ist.

Als Bestandteil des UVP-Verfahrens zur Laufzeitverlängerung sollte ein Risikobericht vorgelegt werden, der eine Darstellung und Gesamtbewertung zu allen Abweichungen vom aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik und zu den verbleibenden Risiken enthalten sollte. Wie sicher ein Kernkraftwerk ist, kann nur dann beurteilt werden, wenn auch die Risiken bekannt sind.

3.3.1 Abschließende Empfehlungen (AE)

- **AE3:** *Es wird empfohlen, alle technisch verfügbaren Sicherheitsverbesserungen zur Verhinderung von Unfällen umzusetzen.*
- **AE4:** *Es wird empfohlen, alle Anforderungen des 2020 WENRA Referenzlevels im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfung 3 (3. PSÜ) zu überprüfen und die Erfüllung der WENRA RL 2020 als eine Voraussetzung für die Genehmigung zur Laufzeitverlängerung zu nehmen.*
- **AE5:** *Es wird empfohlen mehr als einen Strang der Sicherheitssysteme gegen DEC-Erdbeben auszulegen.*
- **AE6**: *Es wird empfohlen die Anpassung des Alterungsmanagements an den Stand von Wissenschaft und Technik wie dieser im entsprechenden IAEA Safety Standard IAEA SSG 48 aus 2018 festgeschrieben ist, vor der Genehmigung zur Laufzeitverlängerung abzuschließen.*
- **AE7**: *Es wird empfohlen, die Ergebnisse der SALTO-Mission bindend in die Entscheidung zur Genehmigung Laufzeitverlängerung aufzunehmen.*
- **AE8**: *Es wird empfohlen im Rahmen des bilateralen Treffens folgende Informationen/Themen zu erläutern:*
  - *Ergebnisse und Umsetzungsstand der 3. PSÜ*
  - *Berechnungen/Experimente zum Sprühsystem für das Brennelemente-Lagerbecken, mit dem die Brennelemente selbst bei komplettem Verlust des Kühlmittels durch ein großes Leck langfristig gekühlt werden kann.*
  - *Ergebnisse des TPR 2 zum Brandschutz*

4 UNFALLANALYSE (DBA UND BDBA)

4.1 Zusammenfassung der Fachstellungnahme

Laut UVP-BERICHT (2022) haben die Maßnahmen des SUP die Robustheit des KKW Krško verbessert und das Unfallrisiko verringert. Es lässt sich an den PSA-Ergebnissen ablesen, dass die errechnete Häufigkeit von Kernschäden deutlich gesenkt wurde. Auch wenn die Reduzierung der Kernschmelzhäufigkeit (CDF) erheblich ist, ist die CDF im Vergleich zu anderen Anlagen hoch. Bei neuen KKW liegen die Werte um einen Faktor 10 bis 100 niedriger. Auch die Orientierungswerte für neue KKW gemäß IAEA (2016b) sind deutlich niedriger.

Die Reduzierung der CDF in KKW Krško erfolgte aufgrund lange überfälliger Nachrüstungen für den derartigen Betrieb. Sie sind für eine Betriebsverlängerung aber nicht ausreichend. Zu beachten ist auch, dass Fragen bezüglich der vollständigen Ermittlung der Gefährdungen (intern und extern) sowie der Methoden der Ermittlung noch offen sind. Daher könnten die Werte für die CDF des KKW Krško noch höher liegen.

Bei der letzten Aktualisierung der WENRA Referenzlevel in 2020 wurden auf Basis neuerer Erfahrungen und Erkenntnisse, die in den Sicherheitsnachweisen zu behandelnden Gefahren vervollständigt. Ob die Anforderungen für interne Ereignisse bereits erfüllt sind, ist aus den UVP Dokumenten nicht zu entnehmen. Laut Kapitel 5 dieser Stellungnahme bestehen eine Reihe von Fragen bezüglich der Ermittlung und Bewertung der externen Ereignisse. Solange nicht alle potenziellen auslösenden Ereignisse und deren Kombinationen angemessen berücksichtig werden, sind weder die Unfallszenarien noch die ermittelten Werte für die CDF ausreichend belegt.

Im UVP-Bericht sind die beiden Quellterme für einen Auslegungsstörfall und einen auslegungsüberschreitenden Unfall angegeben, die für die Ermittlung der radiologischen Auswirkungen verwendet wurden.

Der als maximaler Auslegungsstörfall (LB LOCA – großer Kühlmittelverlust-Störfall) betrachtete Unfall entspricht dem allgemein üblichen Vorgehen in Sicherheitsanalysen. Das Unfallszenario sowie der ermittelte Quellterm werden nachvollziehbar angegeben.

Als auslegungsüberschreitender Unfall wird das Szenario „Ausfall der gesamten Wechselstromversorgung und Ausfall der Betriebsmannschaft für 24 Stunden“ gewählt. Im Verlauf des Kernschmelzunfalls kommt es letztlich zur Freisetzung des gesamten radioaktiven gasförmigen Materials durch die gefilterte Druckentlastung in die Umgebung. Es wird erklärt, dass dieses Unfallszenario einem erweiterten Auslegungsstörfall DEC-B entspricht. Es wird hervorgehoben, dass im Falle einer Kernschmelze eine solche Freisetzung im Vergleich zu anderen Freisetzungskategorien am wahrscheinlichsten ist und daher als abdeckendes Ereignis betrachtet wird.

Laut PSA 2 für das KKW Krško können einige der Szenarien von Kernschmelzunfällen ein Versagen des Sicherheitsbehälters verursachen. Diese Szenarien sind mit großen Freisetzungen verbunden. Die Häufigkeit für große Freisetzungen hat sich durch die SUP Maßnahmen kaum verringert. Laut UVP-BERICHT (2022) muss bei einem Kernschaden mit einer frühzeitigen großen Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umwelt bei fünf Freisetzungskategorien bzw. Unfallabläufen gerechnet werden. Um das Risiko frühzeitiger großer Freisetzung (Large Early Release Frequency -LERF) zu ermitteln, werden die Wahrscheinlichkeiten dieser Kategorien addiert. Die ermittelten Wahrscheinlichkeiten und die zugehörigen Quellterme sowie die ermittelte LERF sind im UVP-BERICHT (2022) nicht angegeben.

Es wird auch nicht erklärt, wie hoch die Freisetzungen bei einem Durchschmelzen des Fundaments wären und welche Wahrscheinlichkeit für ein derartiges Szenario errechnet wurde. Eine Einrichtung zur Verhinderung eines derartigen Unfallszenarios mit einer späten großen Freisetzung ist nicht vorhanden.

Laut UVP-BERICHT (2022) resultiert der als abdeckend bezeichnete schwere Unfall aus einem Kernschmelzunfall jedoch unter der Annahme der Erhaltung der Integrität des Containments. Da der Erhalt des Containments während eines Unfalls nicht für alle Unfallabläufe gegeben ist, sollten die radiologischen Folgen eines schweren Unfalls mit Versagen des Containments betrachtet werden. Auch wenn die Wahrscheinlichkeit für einen Unfall mit großen radioaktiven Emissionen sehr klein erscheint, sollten die entsprechenden Quellterme für schwere Unfälle in einem grenzüberschreitenden UVP-Verfahren verwendet werden, um die radiologischen Folgen zu ermitteln.

Einige der laufenden Kernkraftwerke haben Systeme und Komponenten nachgerüstet, um im Bereich der Minderung von Auswirkungen nicht beherrschter schwerer Unfälle insgesamt Verbesserungen des Sicherheitsniveaus zu erzielen. Bei neuen Kernkraftwerken sind diese Verbesserungen bereits im Design verankert. Die Nachrüstung einer Vorrichtung zur Stabilisierung des geschmolzenen Kerns ist für das KKW Krško nicht geplant und auch nicht von der Aufsichtsbehörde gefordert.

Die WENRA „Safety Objectives for New Power Reactors“ sollten als Referenz für die Identifizierung von vernünftigerweise durchführbaren Sicherheitsverbesserungen für das KKW Krško verwendet werden. Laut WENRA-Sicherheitsziel O3 müssten Unfälle mit Kernschmelze, die zu frühen oder großen Freisetzungen führen würden, praktisch ausgeschlossen werden. Der praktische Ausschluss einer Unfallsequenz kann nicht allein aufgrund der Einhaltung eines probabilistischen Zielwerts erfolgen. Auch wenn die Wahrscheinlichkeit eines Unfallszenarios sehr gering ist, sollten alle zusätzlichen, vernünftig machbaren Sicherheitsverbesserungen zur Verringerung des Risikos umgesetzt werden. Das Konzept des „praktischen Ausschlusses“ von frühen oder großen Freisetzungen wird für das KKW Krško im UVP-BERICHT (2022) nicht erwähnt. (UMWELTBUNDESAMT 2022)

4.2 Fragen und vorläufige Empfehlungen, Antworten und Bewertung der Antworten

Frage (F)

- **F31:** *Wie lauten die Quellterme der in der PSA Level 2 berechneten auslegungsüberschreitenden Unfälle der Freisetzungskategorien RC6, RC7A, RC7B, RC8A und RC8B? Welche Wahrscheinlichkeiten wurden dafür ermittelt?*

Antwort der slowenischen Seite

Die gemäß NUREG-1935 und IAEA EPR-NPP (*Actions to Protect The Public in an Emergency Due to Severe Conditions at a Light Water Reactor,* IAEA, 2013) berechneten geforderten Häufigkeiten aller Freisetzungskategorien aufgrund aller internen und externen auslösenden Ereignisse, die sich aus der PSA-Stufe-2-Analyse ergeben, sind in der nachstehenden Grafik und Tabelle aufgeführt.

Das repräsentative Szenario eines schweren Unfalls, das in der UVP für die Berechnung der radiologischen Auswirkungen auf die Umwelt verwendet wird, wird unabhängig von der PSA Berechnung des KKW Krško von externen unabhängigen bevollmächtigten Organisationen erstellt, berücksichtigt aber die PSA-Ergebnisse der KKW Krško. Das auslösende Ereignis für das repräsentative Szenario ist der Ausfall der gesamten Wechselstromversorgung (SBO) mit RCS-Leckage und ohne Schadensminderungsmaßnahmen in den ersten 24 Stunden. Berücksichtigt werden die Auslegungsleckage des Sicherheitsbehälters in die Umwelt und die Freisetzung durch das PCFV-System nach passiver Aktivierung. Es wird davon ausgegangen, dass Schadensminderungsmaßnahmen nach Ablauf von 24 Stunden durch Einsatz qualifizierter DEC Sicherheitssysteme ergriffen werden.

Das KKW Krško hat das Programm zur sicherheitstechnischen Aufrüstung implementiert, welches die Anforderungen von WENRA SRL (2014 und 2020) sowie IAEA - SSR 2/1, Rev. 1 erfüllt. Durch diese sicherheitstechnische Aufrüstung werden große Freisetzungen praktisch eliminiert, durch die Installation des PCFVS und der PAR ist ein zusätzlicher Schutz der Druckbarriere des Sicherheitsbehälters hergestellt und durch den Einbau der DEC-A-Systeme (ASI, AAF, ARHR) werden die Sequenzen, die an den Barrieren des Sicherheitsbehälters vorbeiführen, verringert.

Die Kategorie RC6 stellt ein frühzeitiges Versagen des Sicherheitsbehälters dar und hat eine Häufigkeit von 4,89 E-9 pro Jahr. Die Kategorie RC7A stellt ein Versagen der Isolierung des Sicherheitsbehälters ohne Wechselwirkung zwischen Schmelze und Beton (MCCI) dar und hat eine Häufigkeit von 7,02 E-10 pro Jahr. Die Kategorie RC7B stellt ein Versagen der Isolierung des Sicherheitsbehälters mit Wechselwirkung zwischen Schmelze und Beton (MCCI) dar und hat eine Häufigkeit von 8,60 E-10 pro Jahr. Die Kategorie RC8A stellt eine gereinigte Umgehung des Sicherheitsbehälters (scrubbed release) dar und hat eine Häufigkeit von 1,0 E-7 pro Jahr. Die Kategorie RC8B stellt eine ungereinigte Umgehung des Sicherheitsbehälters (unscrubbed release) dar und hat eine Häufigkeit von 2,93 E-8 pro Jahr.

Außerdem sind diejenigen Sequenzen, die zu einer Umgehung des Sicherheitsbehälters mit einer Häufigkeit von 1 E-7 pro Jahr führen oder weniger als 5 % der Gesamtfreisetzungen darstellen, gemäß GL NRC Nr. 88-20, Appendix 2 nicht Gegenstand der Berechnung der radiologischen Folgen. Daher werden sie bei der Berechnung der radiologischen Auswirkungen auf die Umwelt nicht berücksichtigt.

Für alle anderen Freisetzungskategorien wurde ein repräsentativer Unfall zugrunde gelegt, der die Hüllkurve aller anderen Freisetzungskategorien darstellt:

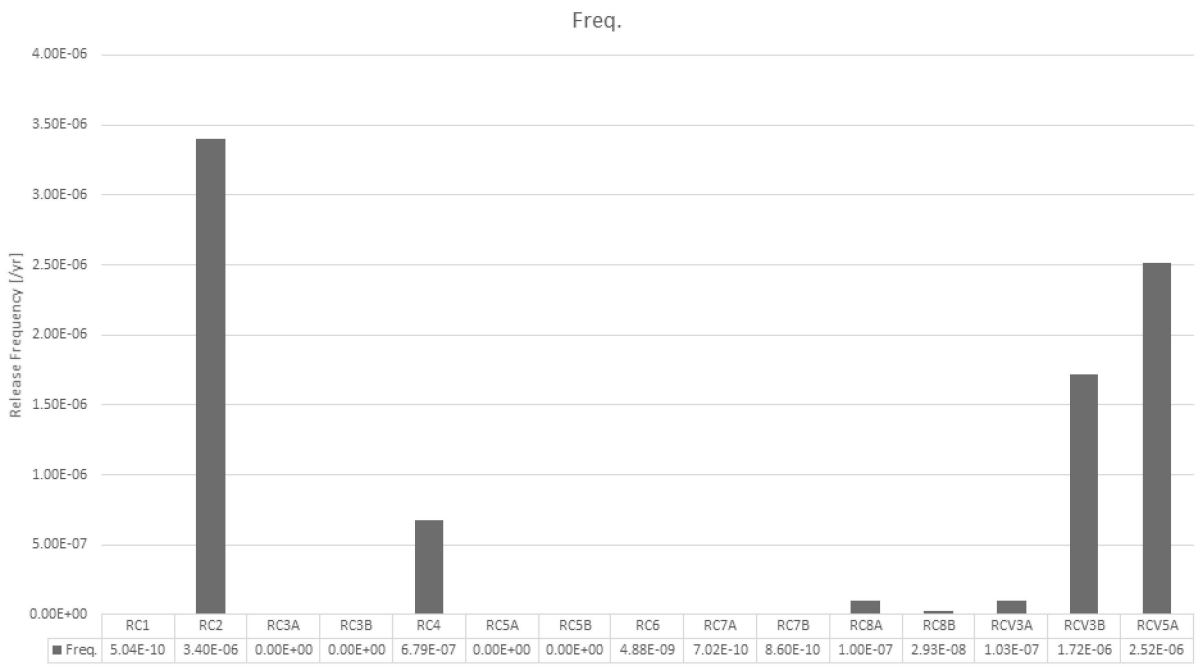
- Die Kategorie RC2 (ohne Versagen des Sicherheitsbehälters) mit einer Häufigkeit von 3,4 E-6 pro Jahr behandelt die Auslegungsleckage des Sicherheitsbehälters. Die Strahlungsquelle innerhalb des Sicherheitsbehälters ist gleich oder geringer als beim repräsentativen Unfall; die Freisetzungen aus dem Sicherheitsbehälter sind geringer.
- Bei der Kategorie RC4 (Durchdringung des Betonfundaments) mit einer Häufigkeit von 6,79 E-7 pro Jahr gibt es keine direkte Freisetzung in die Atmosphäre.
- Bei den Freisetzungskategorien RCV3A, RCV3B und RCV5A mit einer Häufigkeit von 1,03 E-7, 1,72 E-6 bzw. 2,52 E-6 pro Jahr handelt es sich um gefilterte Freisetzungen aus dem Sicherheitsbehälter, die den Freisetzungen aus dem Sicherheitsbehälter beim repräsentativen Unfall entsprechen oder geringer als diese sind.

Unter Berücksichtigung dessen stellt ein repräsentativer Unfall die Hüllkurve der radiologischen Freisetzungen aus einem Kraftwerk für jedes durch interne oder externe auslösende Ereignisse verursachte Freisetzungsereignis mit einer Häufigkeit der Freisetzungskategorie 1 E-6 pro Jahr oder mehr dar. Die Häufigkeiten der oben genannten Freisetzungskategorien wurden gemäß NUREG-1935 und IAEA EPR-NPP berechnet, wie es für die Planung von Umweltmaßnahmen erforderlich ist.

Die zeitabhängigen radiologischen Quellen (Quellterme), die beim NEK PSA Level 2 und bei der Analyse der radiologischen Auswirkungen auf die Umwelt verwendet werden, sind proprietär und können nicht weitergegeben werden.

Die Ergebnisse der NEK-PSA-Analysen sind im aktualisierten slowenischen Post-Fukushima-Aktionsplan vom Dezember 2021 (Update of the Slovenian Post-Fukushima Action Plan – December 2021) veröffentlicht – dieser Bericht ist verfügbar. Die oben erwähnten Häufigkeiten der Freisetzungskategorien stellen die letzte Aktualisierung dieser Ergebnisse dar.

Abbildung 2: Berechnete Häufigkeiten aller Freisetzungskategorien aus der PSA 2 aufgrund aller internen und externen auslösenden Ereignisse



Quelle: ANTWORTEN 2022

umweltbundesamt

Tabelle 1: Berechnete Häufigkeiten aller Freisetzungskategorien aus der PSA 2 aufgrund aller internen und externen auslösenden Ereignisse

	Freq.	**%**
RC1	5.04E-10	0.0%
RC2	3.40E-06	39.8%
RC3A	0.00E+00	0.0%
RC3B	0.00E+00	0.0%
RC4	6.79E-07	7.9%
RC5A	0.00E+00	0.0%
RC5B	0.00E+00	0.0%
RC6	4.88E-09	0.1%
RC7A	7.02E-10	0.0%
RC7B	8.60E-10	0.0%
RC8A	1.00E-07	1.2%
RC8B	2.93E-08	0.3%
RCV3A	1.03E-07	1.2%
RCV3B	1.72E-06	20.1%
RCV5A	2.52E-06	29.4%
GESAMT	**8.56E-06**	**100.0%**

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde nur zum Teil beantwortet. Die ermittelten Häufigkeiten werden genannt, die zugehörigen Quellterme aber nicht. In den ANTWORTEN (2022) wird erklärt, dass das repräsentative Szenario eines schweren Unfalls, das in der UVP für die Berechnung der radiologischen Auswirkungen auf die Umwelt verwendet wird, unabhängig von der PSA Berechnung des KKW Krško erstellt wurde.

Es wird weiterhin erklärt, dass durch sicherheitstechnische Aufrüstung große Freisetzungen praktisch eliminiert werden. Dies ist nicht nachvollziehbar, da der Begriff, „praktischer Ausschluss" bedeutet, dass Unfallszenarien physikalisch ausgeschlossen oder mit einem hohen Maß an Sicherheit extrem unwahrscheinlich sind. Es ist nicht zu erkennen, dass eine derartige Analyse erfolgte. Weiterhin wird erläutert, dass durch weitere Nachrüstungen die Häufigkeiten von Unfallszenarien, bei denen Freisetzungen an den Barrieren des Sicherheitsbehälters vorbeiführen, verringert werden. Insgesamt kann aus den ANTWORTEN (2022) geschlossen werden, dass schwere Unfälle mit höheren Quelltermen als in der UVP betrachtet möglich sind. Diese hätten in der UVP unabhängig von ihrer geringen Wahrscheinlichkeit betrachtet werden sollen.

Die slowenische Seite erklärte sich während der Konsultationen bereit, die wichtigsten PSA-Ergebnisse im Rahmen des bilateralen Treffens zu erläutern.

Frage (F)

- **F32:** *Was ist die technische Begründung für den auslegungsüberschreitenden Unfall, der für die Berechnung möglicher grenzüberschreitender Auswirkungen gewählt wird? Wird dieser Unfall auch als abdeckend für den Absturz eines Flugzeugs angesehen?*

Antwort der slowenischen Seite

Die Auswahl des repräsentativen Unfalls im Umweltverträglichkeitsbericht erfolgte auf der Grundlage des Sicherheitsberichts des KKW Krško, probabilistischer Sicherheitsanalysen und international anerkannter nuklearer Sicherheitsstandards, was der Industrie- und Regulierungspraxis entspricht. Eine Begründung der Auswahl des repräsentativen Unfalls findet sich im Umweltverträglichkeitsbericht, Abschnitt 6.4. Der gewählte BDBA-Unfall mit einem sehr konservativen (fast unwahrscheinlichen) Szenario deckt alle anderen Unfälle in Bezug auf grenzüberschreitende Auswirkungen ab. Eine Erläuterung hierzu ist auch in der Antwort auf Frage 31 enthalten. Denn infolge eines Flugzeugunfalls ist kein Verlust der Integrität des doppelten Sicherheitsbehälters zu erwarten, wie die Analyse der Auswirkungen des Flugzeugunfalls auf das KKW Krško und die generischen Analysen für diese Art von Sicherheitsbehälter, die von der US NRC im Rahmen der Vorbereitung der Anforderung B.5.b. durchgeführt wurden, zeigen. Der ausgewählte repräsentative Unfall deckt in allen anderen Aspekten auch einen Flugzeugunfall ab.

NEK hat eine Analyse der Auswirkungen eines Flugzeugabsturzes auf das Kraftwerk erstellt, einen Aktionsplan ausgearbeitet und verschiedene Sicherheitsverbesserungen auf Grundlage der NEI Anforderungen 06-12 B.5.b Phase 2&3 Submittal Guideline, Rev. 2 bzw. der US-NRC-Anforderungen B.5.b aus dem Jahr 2002 (infolge des WTC-Anschlags in den USA am 11.9.2001 und der Vorbereitung von Kernkraftwerken auf ein solches Ereignis) umgesetzt. Die Stresstests der ENSREG im Rahmen einer außerordentlichen Sicherheitsüberprüfung haben gezeigt, dass die Anlage gut konzipiert und gebaut ist und mit den am Kraftwerksstandort vorhandenen zusätzlichen Einrichtungen zum Schutz vor schweren Unfällen auch auf solche Ereignisse gut vorbereitet ist. Das KKW Krško verfügt über redundante Sicherheitssysteme, die physisch voneinander getrennt sind. Im Rahmen des Programms zur sicherheitstechnischen Aufrüstung hat NEK zusätzliche Sicherheitssysteme in zwei Bunkergebäuden (befestigte Sicherheitsgebäude) installiert, die physisch getrennt sind und einen angemessenen Abstand von der Hauptinsel des Kraftwerks, wo sich der Reaktor in einem zweischaligen Sicherheitsbehälter befindet, aufweisen. Damit ist gewährleistet, dass das KKW Krško auch im Falle des Absturzes eines größeren Verkehrsflugzeugs in das Kraftwerk sicher abgeschaltet wird. Aufgrund ihrer Sensibilität in Bezug auf den physischen Schutz des KKW Krško sind die Sicherheitsanalysen und Daten zum Schutz vor Flugzeugunfällen vertraulich.

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde beantwortet. Allerdings sind die Begründungen in der Antwort nicht nachvollziehbar. Statt einen Unfallablauf zur Berechnung der potenziellen grenzüberschreitenden Auswirkungen zu wählen, der sich aus den probabilistischen Sicherheitsanalysen der Stufe 2 (PSA-2) für das KKW Krško ergibt, wird ein Unfallszenario gewählt, dass bei weitem nicht abdeckend für die möglichen Freisetzungen aus dem KKW Krško ist.

Frage (F)

- **F33:** *Wie soll ein Durchschmelzen des Fundaments infolge eines Kernschmelzunfalls verhindert werden? Wie lautet die errechnete Wahrscheinlichkeit für diesen Ablauf (Freisetzungskategorie RC4)?*

Antwort der slowenischen Seite

Das Verhindern des Durchschmelzens des Fundaments des Sicherheitsbehälters im KKW Krško wird durch die Wet-Cavity-Ausführung sichergestellt, bei der dem Bereich unter dem Reaktor Kühlwasser zugeführt wird, das eine Wechselwirkung zwischen Schmelze und Beton verhindert (MCCI). Die gleiche Ausführung ist auch bei einigen neuen Kraftwerken zu finden, die ohne Kernfänger (core catcher) ausgelegt sind (z. B. Westinghouse AP1000 oder der koreanische APR1400). Die Auslegungsrichtlinien für Kraftwerke wie den APR1400 schreiben

eine Betonstärke zwischen der Reaktorgrube und der Stahlmembran (containment liners) von mindestens 3 ft (0,914 m) vor. Im KKW Krško beträgt die senkrecht unter dem Reaktorbehälter gemessene Betonstärke 7,46 m.

Im Rahmen des Programms zur sicherheitstechnischen Aufrüstung (PNV) wurde eine zusätzliche Linie zur Flutung des Sicherheitsbehälters und des Bereichs unter dem Reaktor installiert. Eine rechtzeitige Flutung der Reaktorgrube würde einen Bruch des Reaktorbehälters (In-Vessel Retention Strategy – externe Kühlung des geschmolzenen Kerns im Behälter) oder eine Wechselwirkung zwischen Schmelze und Beton (MCCI) im Falle eines Bruchs des Reaktorbehälters und des Ausfließens der Schmelze in die Grube verhindern.

Bei der anfänglichen Abkühlung/Verfestigung der Schmelze (debris quench), was mit hoher Wahrscheinlichkeit durch das Grubendesign und die oben erwähnte Safety-Upgrade-Modifikation gewährleistet wird, besteht die Schlüsselfunktion zur langfristigen Verhinderung des Durchschmelzens des Fundaments darin, das Vorhandensein von Wasser in der Grube aus externen Quellen sicherzustellen (d. h. zu verhindern, dass die Grube nachträglich austrocknet (dry-out)). Dies wird zusätzlich zu den Systemen des ursprünglichen Designs (RHR – Residual Heat Removal System, SI – Safety Injection und CI – Containment Spray System) durch zahlreiche zusätzliche Möglichkeiten gewährleistet, die im Rahmen des Programms zur sicherheitstechnischen Aufrüstung (PNV) integriert wurden, wie zum Beispiel ARHR – Alternative Residual Heat Removal System, ASI – Alternative Safety Injection (mit eigenem Tank), verschiedene Möglichkeiten der Kombination von Pumpen/Fließwegen des CI mit RHR und ARHR sowie Möglichkeiten, die sich auch durch den Einsatz mobiler Ausrüstung gemäß den SAMG (Severe Accident Management Guidelines) ergeben.

Die auf dieser Grundlage errechnete Wahrscheinlichkeit eines solchen MCCI-Ereignisses, das eine Durchschmelzung des Fundaments verursachen könnte (Freisetzungskategorie RC4), beträgt 6,79 E-07/Jahr. Die Durchschmelzung könnte in etwa 15 Tagen geschehen.

Da jedoch die oben erwähnten SAMG, die in einem solchen Fall eine vollständige Flutung des Sicherheitsbehälters vorsehen, seit einigen Jahren im KKW Krško verwendet werden und da das KKW Krško nach der Umsetzung des Programms zur sicherheitstechnischen Aufrüstung (PNV) über die oben erwähnten zusätzlichen Wasserquellen verfügt (diese befinden sich in einem separaten Bunkergebäude), ist die Wahrscheinlichkeit einer Durchschmelzung des Fundaments des Sicherheitsbehälters noch wesentlich geringer und sogar äußerst gering.

Das KKW Krško hat einen großen trockenen Sicherheitsbehälter (large dry containment), also mit einem großen freien Volumen, weshalb auch eine sehr unwahrscheinliche Dampfexplosion (die Wahrscheinlichkeit wird auf 1E-9 pro Jahr geschätzt) bzw. die dabei entstehende Druckstoßwelle (Auslaufen der Schmelze in das Wasser unter dem Reaktorbehälter) die Integrität des Sicherheitsbehälters nicht gefährden kann. Diese Schlussfolgerungen beruhen sowohl auf generischen Analysen aus den USA für diesen Sicherheitsbehältertyp als auch auf für das KKW Krško spezifischen Analysen.

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde umfassend beantwortet.

Frage (F)

- **F34:** *Wurde im Rahmen des UVP-Verfahrens der Absturz eines repräsentativen kommerziellen Linienflugzeugs und eines repräsentativen Militärflugzeugs analysiert?*

Antwort der slowenischen Seite

NEK hat eine Analyse der Auswirkungen eines Flugzeugabsturzes (repräsentatives kommerzielles Linienflugzeug und repräsentatives Militärflugzeug) auf das Kraftwerk erstellt, einen Aktionsplan ausgearbeitet und verschiedene Sicherheitsverbesserungen auf Grundlage der NEI-Anforderungen 06-12 B.5.b Phase 2&3 Submittal Guideline, Rev. 2 bzw. der US-NRC-Anforderungen B.5.b aus dem Jahr 2002 (infolge des WTC-Anschlags in den USA am 11.9.2001 und der Vorbereitung von Kernkraftwerken auf ein solches Ereignis) umgesetzt.

Die Stresstests der ENSREG im Rahmen einer außerordentlichen Sicherheitsüberprüfung haben gezeigt, dass die Anlage gut konzipiert und gebaut ist und mit den am Kraftwerksstandort vorhandenen zusätzlichen Einrichtungen zum Schutz vor schweren Unfällen auch auf solche Ereignisse gut vorbereitet ist. Das KKW Krško verfügt über redundante Sicherheitssysteme, die physisch voneinander getrennt sind. Im Rahmen des Programms zur sicherheitstechnischen Aufrüstung hat NEK zusätzliche Sicherheitssysteme in zwei Bunkergebäuden (befestigte Sicherheitsgebäude) installiert, die physisch getrennt sind und einen angemessenen Abstand von der Hauptinsel des Kraftwerks, wo sich der Reaktor in einem zweischaligen Sicherheitsbehälter befindet, aufweisen. Damit ist gewährleistet, dass das KKW Krško auch im Falle des Absturzes eines größeren Verkehrsflugzeugs in das Kraftwerk sicher abgeschaltet wird. Aufgrund ihrer Sensibilität in Bezug auf den physischen Schutz des KKW Krško sind die Sicherheitsanalysen und Daten zum Schutz vor Flugzeugunfällen vertraulich.

Das KKW Krško war ursprünglich nicht für einen Flugzeugabsturz ausgelegt. Dieser Mangel wurde in der breiteren Kraftwerksgemeinschaft erkannt, und in der Folge wurden in den USA Studien und Experimente durchgeführt, um die Angemessenheit der Auslegung von Kernkraftwerken zu bestätigen.

Das KKW Krško hat einen doppelten Sicherheitsbehälter. Er besteht aus einem äußeren Stahlbeton-Schutzbauwerk und einem separaten, versetzten inneren Stahldruckbehälter. Die Dicke der Stahlbetonplatte beträgt 76 cm. Der Zwischenraum, also der Abstand zwischen dem Betonmantel und dem Stahldruckbehälter, beträgt 163 cm. Die Wandstärke des Stahldruckbehälters beträgt 38 mm.

In allgemeinen Studien, vor allem in den USA, wurden Militärflugzeuge der Typen F4 und F15 bei unterschiedlichen Betonstärken, unterschiedlichen Bewehrungen und unterschiedlichen Geschwindigkeiten untersucht. Für F4 wurden Geschwindigkeiten zwischen 150 und 250 m/s bei Betonstärken bis zu 160 cm analysiert und getestet. Die Tests haben gezeigt, dass der Krater im Beton bei einer Geschwindigkeit von 215 m/s etwa 21 cm tief ist. Auch die Kräfte und Massenverteilungen bei einem solchen Aufprall sind mit verschiedenen Methoden berechnet worden.

Die analytischen Untersuchungen des Aufpralls einer F15 basierten auf mathematischen Finite-Elemente-Modellen. Sie umfassten Geschwindigkeiten von 112 bis 190 m/s. Mit der Finite-Elemente-Methode wurden die plastische Verformung der Wand und der lokale Durchschlag ermittelt. Es wird der Schluss gezogen, dass weitere Untersuchungen numerischer Methoden erforderlich sind. Festzustellen ist, dass beim Aufprall eines Militärflugzeugs ein Versprengen der Betonstruktur in den Zwischenraum zu erwarten ist. Der 38 mm dicke innere Stahlmantel, der 163 cm vom Stahlbetonmantel entfernt ist, würde dabei einen wirksamen Schutz gegen Betonteile, die aus dem Innenbereich des Stahlbetonmantels herausfliegen, bieten.

Darüber hinaus wurden Studien zum Aufprall eines Flugzeugs des Typs Boeing 767-400 mit 23.980 Gallonen Treibstoff und einer Geschwindigkeit von 350 Meilen/h durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Kernkraftwerke robust genug sind, um den Kernbrennstoff vor den Auswirkungen eines Aufpralls dieser Art von Flugzeugen zu schützen.

Das KKW Krško hat noch vor der sicherheitstechnischen Aufrüstung des Kraftwerks eine Studie der Risiken eines Flugunfalls durchgeführt. Dabei wird die Zerstörung der Ausstattung durch den Flugzeugaufprall und durch den Brand, der beim Auslaufen des Treibstoffs aus dem Flugzeug entstehen würde, berücksichtigt. Es wurden beispielsweise folgende Flugzeuge berücksichtigt: große Verkehrsflugzeuge, Flugzeuge der allgemeinen Luftfahrt (Pilatus PC-9xx, L-410) und verschiedene Militärflugzeuge (C-130, C-5, F-18).

Es wurde festgestellt, dass das Risiko eines Kernschadens bei etwa 2E-07/Jahr liegt. Nach der sicherheitstechnischen Aufrüstung, bei der die Leitlinien aus B.5.b befolgt wurden, befinden sich alle neuen Systeme in separaten, entfernt befindlichen befestigten Gebäuden, was das Risiko von Kernschäden durch Flugzeuge zusätzlich verringert.

Für das Trockenlager wurde eine Analyse mit einer F4 und einer Boeing 747-400ER durchgeführt. Für die F4 wurden folgende Treibstoffmengen als Richtwerte zugrunde gelegt: 1994 US gal (1660 imp gal; 7550 l) im Innentank und 3335 US gal (2777 imp gal; 12620 l) und 2 x 370 US gal (310 imp gal; 1400 l) in den Außentanks an den Flügeln. Bei der Boeing wurde eine Treibstoffmenge von 63705 US gal (241150 L) Kerosin gemäß dem Nennwert in den Spezifikationen berücksichtigt. Die analysierten Geschwindigkeiten betrugen 215 m/s bei der F4 und 100 m/s bei der Boeing 747-400ER was den verfügbaren Daten in den generischen Dokumenten solcher Analysen entspricht. Es hat sich bestätigt,

dass der Aufprall eines solchen Flugzeugs nicht zu einer radioaktiven Freisetzung der gelagerten abgebrannten Brennelemente aus der Behältern in die Umgebung führen würde.

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde beantwortet. Allerdings verbleiben bei den übermittelten Informationen einige Fragen offen. Das KKW Krško war ursprünglich nicht für einen Flugzeugabsturz ausgelegt. Laut ANTWORTEN (2022) wurden in den USA Studien und Experimente durchgeführt, um die Angemessenheit der Auslegung von Kernkraftwerken zu bestätigen.

Das KKW Krško hat einen doppelten Sicherheitsbehälter. Er besteht aus einem äußeren Stahlbeton-Schutzbauwerk (Dicke 0,76 m) und einem inneren Stahldruckbehälter (0,038m). Aus den zitierten Experimenten in den USA ist bekannt, dass Stahlbeton mit einer Dicke geringer als 1 m, durch die Triebwerke durchdrungen werden kann, das könnte also bei dem weniger als 80 cm dicken äußeren Sicherheitsbehälter passieren. Es ist zweifelhaft, dass der weniger als 4 cm dicke Stahlbehälter die Durchdringung des Triebwerks stoppen könnte. Zudem ist heutzutage bekannt, dass durch die Erschütterungen/Vibrationen durch den Aufprall erhebliche Schäden am Primärkreislauf entstehen können.

Frage (F)

- **F35:** *Wurde eine DEC-B-Analyse durchgeführt, um vernünftig machbare Maßnahmen zu identifizieren, um die Folgen signifikanter Brennstoffschäden oder Bedingungen abzuschwächen, die zu frühen oder großen radioaktiven Freisetzungen führen könnten, soweit solche Schäden oder Zustände nicht mit einem hohen Grad an Vertrauen als extrem unwahrscheinlich eingestuft wurden?*

Antwort der slowenischen Seite

Ja, es wurden deterministische und probabilistische Analysen durchgeführt und im technischen Bericht ESD-TR-09/11 *NPP KRŠKO Analyses of Potential Safety Improvements* dokumentiert. Als vernünftig machbare Maßnahme zur Minderung der Folgen erheblicher Brennstoffschäden bzw. zur Verhinderung größerer Freisetzungen wurde die Installation eines passiven Containment-Filtersystems (PCFVS) und die Installation passiver autokatalytischer Rekombinatoren (PARs) vorgeschlagen. Die übrigen Folgen werden als äußerst unwahrscheinlich eingestuft.

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde beantwortet, allerdings ist die Antwort fachlich nicht zufrieden stellend. Es ist nicht mehr Stand von Wissenschaft und Technik, bestimmte Ereignisabläufe wegen ihrer geringen Wahrscheinlichkeit nicht zu betrachten. Es

sollte auch gezeigt werden, dass diese mit einem hohen Grad an Vertrauen als extrem unwahrscheinlich angesehen werden.

Frage (F)

- **F36:** *Werden für Auslegungsstörfälle (Design Basis Accidents), auslegungsüberschreitende Störfälle (Design Extension Conditions=DEC) ohne signifikantem Kernschaden (DEC-A) und mit Kernschmelze (DEC-B) im Regelwerk in Slowenien Zielwerte für die Wahrscheinlichkeit vorgegeben? Wie lauten die jeweiligen Werte für das KKW Krško?*

Antwort der slowenischen Seite

Für das KKW Krško gilt, dass die Gesamtwahrscheinlichkeit einer Kernschmelze während des Leistungsbetriebs weniger als 10^{-4} pro Jahr und die Wahrscheinlichkeit einer größeren unkontrollierten Freisetzung radioaktiver Stoffe aus dem Kraftwerk während des Leistungsbetriebs weniger als $5*10^{-6}$ pro Jahr beträgt.

Bewertung der Antwort

Die Frage ist nicht beantwortet. Es wird nicht gesagt, ob es Zielwerte im Regelwerk für Auslegungsstörfälle (Design Basis Accidents) und für auslegungsüberschreitende Störfälle (Design Extension Conditions DEC-A und DEC-B) gibt. Die Werte für die Häufigkeiten einer Kernschmelze (CDF) und für große Freisetzungen (LRF) für das KKW Krško werden angegeben. Wie bereits in der Fachstellungnahme zum UVP-Bericht angemerkt (UMWELTBUNDESAMT 2022), sind diese Werte im Vergleich zu anderen Anlagen hoch.

Frage (F)

- **F37:** *Ist eine Betrachtung der internen Ereignisse gemäß WENRA RL SV im Rahmen der aktuellen Sicherheitsnachweise bereits erfolgt?*

Antwort der slowenischen Seite

NEK hat eine Überprüfung der internen Gefahren durchgeführt, die ergab, dass alle internen Gefahren in den Analysen und Verfahren des KKW Krško angemessen berücksichtigt wurden.

Inwieweit das KKW Krško die WENRA-Referenzlevels für bestehende Reaktoren aus dem Jahr 2020 einhält, wird im Rahmen der derzeit laufenden 3. Periodischen Sicherheitsüberprüfung überprüft. Nach den vorläufigen Ergebnissen der unabhängigen Überprüfung erfüllt das KKW Krško die WENRA-Referenzlevels für bestehende Reaktoren aus dem Jahr 2020, einschließlich interner Ereignisse (Issue SV).

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde beantwortet. Eine Überprüfung wird (erst) im Rahmen der 3. PSÜ erfolgen, die zurzeit erfolgt.

Vorläufige Empfehlung (VE)

- **VE6:** *Es wird empfohlen, die WENRA-Sicherheitsziele für neue KKW zu verwenden, um vernünftig machbare Sicherheitsverbesserungen für das KKW Krško zu identifizieren. Auch wenn die Wahrscheinlichkeit eines Unfallszenarios sehr gering ist, sollten alle zusätzlichen, vernünftig machbaren Sicherheitsverbesserungen zur Verringerung des Risikos umgesetzt werden. Es wird empfohlen, für diesen Ansatz das Konzept des praktischen Ausschlusses für Unfälle mit frühen oder großen Freisetzungen zu verwenden.*

Antwort der slowenischen Seite

Das KKW Krško hat eine eingehende Analyse der auslegungsüberschreitenden Unfälle durchgeführt und das Programm zur sicherheitstechnischen Aufrüstung auf der Grundlage des Nationalen Aktionsplans im Rahmen der EU-Stresstests erstellt. Das Programm zur sicherheitstechnischen Aufrüstung umfasst zahlreiche Verbesserungen und zusätzliche Systeme für das Management von auslegungsüberschreitenden Unfällen. In den Bereichen Erdbebensicherheit, Hochwasserschutz, Minderung von Brandfolgen, Bereitstellung zusätzlicher Stromquellen, die in Notfällen oder bei Ausfall der externen Wechselstromversorgung eingesetzt werden können, sowie in anderen Bereichen wurden erhebliche Verbesserungen vorgenommen (Umweltverträglichkeitsbericht, Abschnitt 2.8).

Bewertung der Antwort

Die Empfehlung bleibt bestehen. Es wird anerkannt, dass eine Reihe von Nachrüstungen zur Beseitigung der großen Defizite, die der EU-Stresstest identifizierte, erfolgt sind. Damit ist aber in keiner Weise der Empfehlung gefolgt, die WENRA-Sicherheitsziele für neue KKW zu verwenden, um vernünftig machbare Sicherheitsverbesserungen für das KKW Krško zu identifizieren. Auch wenn die Wahrscheinlichkeit eines Unfallszenarios sehr gering ist, sollten alle zusätzlichen, vernünftig machbaren Sicherheitsverbesserungen zur Verringerung des Risikos umgesetzt werden.

Vorläufige Empfehlung (VE)

- **VE 7:** *Es wird empfohlen, die folgenden Informationen über Störfallanalysen und die Ergebnisse der PSA 2 bereitzustellen, um nachvollziehbar beurteilen zu können, ob Österreich potenziell betroffen ist:*
    - Häufigkeit großer (früher) Freisetzungen (L(E)RF)

- Anteil der Kernschmelzunfälle, die zum Containmentversagen führen
- Liste der auslegungsüberschreitenden Störfälle (BDBAs) und der zugehörigen Quellterme

Antwort der slowenischen Seite

Der Abschnitt 6.4 ("Grenzüberschreitende Auswirkungen im Falle eines außergewöhnlichen Ereignisses – Unfalls") enthält die zu erwartenden radiologischen Folgen für Österreich bei einem Unfall und die Methodik, die zu diesem Ergebnis geführt hat.

Diese Informationen sind im Sicherheitsbericht des KKW Krško und anderen Dokumenten enthalten, die regelmäßig vom Amt der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit geprüft und genehmigt werden.

Bewertung der Antwort

Die Empfehlung bleibt modifiziert bestehen, da die Informationen nicht zur Verfügung gestellt wurden. Diese Informationen, insbesondere zu den möglichen Quelltermen, sind aber wie bereits erwähnt, für eine ausreichende Beurteilung einer potenziellen Betroffenheit Österreichs erforderlich.

4.3 Schlussfolgerungen und abschließende Empfehlungen

Laut UVP-BERICHT (2022) haben die Nachrüstungen die Robustheit des KKW Krško verbessert und das Unfallrisiko verringert. Auch wenn die Reduzierung der Kernschmelzhäufigkeit (CDF) erheblich ist, ist die CDF (unter 10^{-4} pro Jahr) im Vergleich zu anderen Anlagen hoch. Die Häufigkeit für große Freisetzungen (LRF) hat sich durch die Nachrüstungen kaum verringert. Sie liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von $5*10^{-6}$ pro Jahr ebenfalls relativ hoch. Bei neuen KKW liegen die Werte um einen Faktor 10 bis 100 niedriger. Auch die Orientierungswerte für neue KKW gemäß IAEA (2016b) sind deutlich niedriger.

Die Reduzierung der CDF im KKW Krško erfolgte aufgrund lange überfälliger Nachrüstungen für den zurzeit genehmigten Betrieb. Sie sind für eine Betriebsverlängerung aber nicht ausreichend. Zu beachten ist auch, dass die Analyse der Gefährdungen (intern und extern) noch nicht vollständig ist. Daher könnten die Werte für die CDF des KKW Krško noch höher liegen.

Bei der letzten Aktualisierung der WENRA Referenzlevel in 2020 wurden auf Basis neuerer Erfahrungen und Erkenntnisse die in den Sicherheitsnachweisen zu behandelnden Gefahren vervollständigt. Eine Anpassung der Sicherheitsnachweise wird (erst) im Rahmen der zurzeit laufenden 3. PSÜ erfolgen. Es bestehen weiterhin einige Fragen bezüglich der Ermittlung und Bewertung der externen

Ereignisse (siehe Kapitel 5). Solange nicht alle potenziellen auslösenden Ereignisse und deren Kombinationen angemessen berücksichtig werden, sind die ermittelten Werte für die CDF nicht ausreichend belegt.

Im UVP-Verfahren werden die Auswirkungen für einen Auslegungsstörfall und einen auslegungsüberschreitenden Unfall ermittelt. Als auslegungsüberschreitender Unfall wird das Szenario „Ausfall der gesamten Wechselstromversorgung und Ausfall der Betriebsmannschaft für 24 Stunden" gewählt. Im Verlauf des Kernschmelzunfalls kommt es letztlich zur Freisetzung des gesamten radioaktiven gasförmigen Materials durch die gefilterte Druckentlastung in die Umgebung. Im Falle einer Kernschmelze ist laut UVP-BERICHT (2022) eine solche Freisetzung im Vergleich zu anderen Freisetzungskategorien am wahrscheinlichsten ist und wird daher als abdeckendes Ereignis betrachtet wird. In den ANTWORTEN (2022) wird erklärt, dass das repräsentative Szenario eines schweren Unfalls, das in der UVP für die Berechnung der radiologischen Auswirkungen auf die Umwelt verwendet wird, unabhängig von den probabilistischen Sicherheitsanalysen der Stufe 2 (PSA-2) des KKW Krško erstellt wurde.

Laut PSA-2 für das KKW Krško können einige der Szenarien von Kernschmelzunfällen ein Versagen oder Umgehen des Sicherheitsbehälters verursachen. Diese Szenarien sind mit großen Freisetzungen verbunden. Die ermittelten Wahrscheinlichkeiten und die zugehörigen Quellterme sind im UVP-BERICHT (2022) nicht angegeben. In den ANTWORTEN (2022) werden die ermittelten Wahrscheinlichkeiten genannt, die zugehörigen Quellterme aber ebenfalls nicht.

Insgesamt kann aus den ANTWORTEN (2022) geschlossen werden, dass schwere Unfälle mit höheren Quelltermen als in der UVP betrachtet möglich sind. Diese hätten in der UVP unabhängig von ihren geringen Wahrscheinlichkeiten betrachtet werden sollen. Statt einen Unfallablauf zur Berechnung der potenziellen grenzüberschreitenden Auswirkungen zu wählen, der sich aus den probabilistischen Sicherheitsanalysen der Stufe 2 (PSA-2) für das KKW Krško ergibt, wurde ein Unfallszenario gewählt, dass bei weitem nicht abdeckend ist.

Laut UVP-BERICHT (2022) resultiert der als abdeckend bezeichnete schwere Unfall aus einem Kernschmelzunfall jedoch unter der Annahme der Erhaltung der Integrität des Containments. Da der Erhalt des Containments während eines Unfalls nicht für alle Unfallabläufe gegeben ist, sollten die radiologischen Folgen eines schweren Unfalls mit Versagen des Containments betrachtet werden. Auch wenn die Wahrscheinlichkeit für einen Unfall mit großen radioaktiven Freisetzungen sehr klein erscheint, sollten die entsprechenden Quellterme für schwere Unfälle in einem grenzüberschreitenden UVP-Verfahren verwendet werden, um die radiologischen Folgen zu ermitteln.

Das KKW Krško ist nicht gegen einen Flugzeugabsturz ausgelegt. Das KKW Krško hat einen doppelten Sicherheitsbehälter. Er besteht aus einem äußeren Stahlbeton-Schutzbauwerk (Dicke 0,76 m) und einem inneren Stahldruckbehälter (0,038m). Aus den in ANTWORTEN (2022) zitierten Experimenten in den USA ist bekannt, dass Stahlbeton mit einer Dicke geringer als 1 m, durch die Triebwerke durchdrungen werden kann. Das könnte also bei dem weniger als 80 cm dicken äußeren Sicherheitsbehälter geschehen. Es ist zweifelhaft, dass der weniger als

4 cm dicke Stahlbehälter eine Durchdringung durch das Triebwerk stoppen könnte. Zudem ist heutzutage bekannt, dass aufgrund der Erschütterungen/Vibrationen durch den Aufprall erhebliche Schäden am Primärkreislauf entstehen können. Insofern kann davon ausgegangen werden, dass aus einem gezielten Absturz eines Verkehrsflugzeugs ein schwerer Unfall resultieren könnte.

Die WENRA „Safety Objectives for New Power Reactors" sollten als Referenz für die Identifizierung von vernünftigerweise durchführbaren Sicherheitsverbesserungen für das KKW Krško verwendet werden. Laut WENRA-Sicherheitsziel O3 müssten Unfälle mit Kernschmelze, die zu frühen oder großen Freisetzungen führen würden, praktisch ausgeschlossen werden. Der praktische Ausschluss einer Unfallsequenz kann nicht allein aufgrund der Einhaltung eines probabilistischen Zielwerts erfolgen. Auch wenn die Wahrscheinlichkeit eines Unfallszenarios sehr gering ist, sollten alle zusätzlichen, vernünftig machbaren Sicherheitsverbesserungen zur Verringerung des Risikos umgesetzt werden. Das Konzept des „praktischen Ausschlusses" von frühen oder großen Freisetzungen wird für das KKW Krško weder im UVP-BERICHT (2022) noch in den ANTWORTEN (2022) erwähnt.

4.3.1 Abschließende Empfehlungen (AE)

- **AE9:** *Es wird empfohlen, die WENRA-Sicherheitsziele für neue KKW zu verwenden, um vernünftig machbare Sicherheitsverbesserungen für das KKW Krško zu identifizieren. Auch wenn die Wahrscheinlichkeit eines Unfallszenarios sehr gering ist, sollten alle zusätzlichen, vernünftig machbaren Sicherheitsverbesserungen zur Verringerung des Risikos umgesetzt werden. Es wird empfohlen, für diesen Ansatz das Konzept des praktischen Ausschlusses für Unfälle mit frühen oder großen Freisetzungen zu verwenden.*
- **AE10**: *Es wird empfohlen vor der Genehmigung zur Laufzeitverlängerung eine aktuelle Sicherheitsanalyse zu den potenziellen Auswirkungen eines Flugzeugabsturzes nach dem Stand von Wissenschaft und Technik zu erstellen und die Ergebnisse in der Entscheidung zur Laufzeitverlängerung zu beachten.*
- **AE11***: Es wird empfohlen vor der Genehmigung zur Laufzeitverlängerung die Bewertung der externen und internen Gefahren nach dem Stand von Wissenschaft und Technik abzuschließen, und gegebenenfalls erforderliche Nachrüstungen vor der Genehmigung zur Laufzeitverlängerung durchzuführen.*
- **AE12:** *Es wird empfohlen, die folgenden Informationen über Störfallanalysen und die Ergebnisse der PSA 2 im Rahmen der bilateralen Treffen bereitzustellen, um nachvollziehbar beurteilen zu können, ob Österreich potenziell betroffen ist:*
  - *Häufigkeit großer (früher) Freisetzungen (L(E)RF)*
  - *Anteil der Kernschmelzunfälle, die zum Containmentversagen oder -Containment-Bypass führen*
  - *Liste der auslegungsüberschreitenden Störfälle (BDBAs) und insbesondere der zugehörigen Quellterme*

5 UNFÄLLE DURCH EXTERNE EREIGNISSE

5.1 Zusammenfassung der Fachstellungnahme

Für das KKW Krško wurde ein Screening der standortspezifischen Gefährdungen durchgeführt. Die Darstellungen von äußeren Einwirkungen in den UVP-Unterlagen beschränkt sich auf Bodenbewegung durch Erdbeben, Überflutung und ausgewählte Extremwetterereignisse. Analysen von Auswirkungen möglicher Gefahrenkombinationen, die nach WENRA (2020b, 2021) für die Standortbewertung erforderlich sind, und andere seismotektonische Gefahren als Bodenbewegungen (Oberflächenversatz/Fault Capability), Bodenverflüssigung und störungsnahe Effekte der Bodenbewegungen werden nicht oder nur unzureichend behandelt.

Erdbeben: Das KKW Krško ist erdbebensicher nach der Slowenischen Regelung RG 1.60 für Strahlenschutz und nukleare Sicherheit[12]. Die maximale Bodenbeschleunigung (Peak Ground Acceleration, PGA) des ursprünglichen Auslegungserdbebens für die sichere Abschaltung (Safe Shutdown Earthquake, SSE) wurde mit 0,3 g in Hohe des Fundaments gewählt. 2004 und 2014 durchgeführte Erdbebengefährdungsanalysen erhöhten die standortspezifische Erdbebengefährdung auf zuletzt PGA = 0,56 g für eine Wiederkehrperiode von 10.000 Jahren.

Neue geologische, tektonische und seismologische Daten aus dem Nahfeld des KKW liefern hinreichend Gründe für die Annahme, dass die Ergebnisse der PSHA 2004 und 2014 nicht mehr aktuell sind. Dazu gehört die neue Erdbebengefährdungskarte von Slowenien (2021), die für den Wiederholungszeitraum von 475 Jahren und für den Raum Krško eine um etwa 25% höhere Gefährdung ausweist als die nationale Gefährdungskarte aus 2001. Die genannten Werte sind auf das KKW nicht anwendbar[13]. Die Erhöhung der Gefährdung zeigt jedoch, dass neue Daten, Bewertungen und Methoden erheblichen Einfluss auf die Gefährdungsanalyse haben.

In Bezug auf Erdbeben können die UVP-Unterlagen daher nicht nachweisen, dass sich aus der Verlängerung des Anlagenbetriebs keine zusätzlichen Gefährdungen und Risiken ergeben können. Es ist daher wünschenswert, dass die Entscheidung über die Laufzeitverlängerung auf der Grundlage einer PSHA getroffen wird, die dem Stand von Wissenschaft und Technik entspricht und eine aktualisierte Datengrundlage verwendet. Es wird empfohlen, die Durchführung einer neuen PSHA in ähnlicher Form als Auflage in die umweltschutzrechtliche Stellungnahme aufzunehmen, wie das für Extremwetterereignisse vorgesehen ist (ENTWURF BEWILLIGUNG 2022, Auflage II/1/16).

Darstellung aus Perspektive des Erdbebeningenieurwesens*:* Der UVP-BERICHT (2022) mit den Verweisen auf den Nuclear Stress Test Report (SNSA 2011)

[12] JV5-Regelung, Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 74/16 und 76/17 - ZVISJV-1

[13] Für KKW ist die Wiederkehrperiode von 10.000 Jahren relevant (WENRA, 2020a; IAEA, 2010)

bietet aus Sicht des Erdbebeningenieurwesens Einblicke in die Berechnungsstrategie zur Nachweisführung gemäß der entsprechenden Regulatorien. Trotzdem ergeben sich die in Kapitel 5.3.1 gelisteten Fragestellungen zu den Themenkreisen Berechnung von Floorspektren, Ermittlung von Fragilitätskurven und der Definition/Schärfung des Wortlautes „konservativ". Diese Fragen sollten vor Genehmigung einer Betriebsbewilligung geklärt und entsprechende Auflagen in die UVP-Genehmigung aufgenommen werden.

Überschwemmungen: Das KKW Krško wurde für Save-Hochwässer mit einer Häufigkeit von 0,01 % pro Jahr (Wiederkehrperiode von 10.000 Jahren) ausgelegt. Die Der Wert entspricht einem Durchfluss von 4.790 m³/s bzw. einem Pegelstand von 155,35 m. Die Anlage ist darüber hinaus auch gegen das höchste mögliche Hochwasser (PMF, Probable Maximum Flood) mit 155,61 m Pegelhöhe durch Zwischenbauwerke, Dämme und Gebäudeabdichtungen geschützt. Die Hochwasserschutzeinrichtungen sind für ein Bemessungserdbeben mit PGA = 0,6 g ausgelegt.

Für Überflutungen durch extremen Niederschlag enthalten die UVP-Unterlagen keine Angaben über die Gefährdungsanalyse. Es ist nicht bekannt, ob das Drainagesystem für Ereignisse (z. B., Starkregen, Kombinationen von starkem Regen und Schneeschmelze etc.) mit der von WENRA (2021, Issue TU) festgelegten Eintrittswahrscheinlichkeit von 10^{-4}/Jahr ausgelegt ist.

Extreme Witterungsbedingungen. Die UVP-Unterlagen enthalten keine Angaben über Gefährdungsanalysen in Bezug auf extreme Witterungsbedingungen. Aus SNSA (2017) ergibt sich, dass zumindest für extreme Temperaturen und Blitzschlag Werte für die Wiederkehrperiode von 10.000 Jahren bestimmt wurden. Es ist jedoch nicht bekannt, ob für alle anderen relevanten meteorologischen Gefahren und Gefahrenkombinationen Bemessungswerte (Design Basis Events) für Ereignisse mit Eintrittswahrscheinlichkeiten von 10^{-4}/Jahr entsprechend WENRA (2021, Issue TU) definiert wurden, und ob das KKW Krško gegen die entsprechenden Lasten geschützt ist.

Der Schutz gegen Einwirkungen extremer Witterungsbedingungen wird im ENTWURF BEWILLIGUNG (2022) aufgegriffen. Auflage II/1/16 erfordert die Verfolgung und Analyse von Extremwetterereignissen sowie die Nachrüstungen der Kraftwerkssysteme, -Strukturen und -komponenten bei Überschreitungen der Auslegungsgrundlage bzw. adäquaten Schutz gegen die Auswirkungen extremer Ereignisse.

5.2 Fragen, Antworten und Bewertung der Antworten

Frage (F)

- **F38:** *Wurden beim Screening der standortspezifischen Gefährdungen auch Kombinationen von Gefahren berücksichtigt und bewertet?*

Antwort der slowenischen Seite

NEK hat alle Gefahrenkombinationen gemäß dem WENRA RHWG Guidance Document Issue T: Natural Hazards – Head Document und gemäß den Erläuterungen im WENRA Guidance Document Issue T: Natural Hazards vom 21. April 2015, die als Lehren aus dem Umfall im Kernkraftwerk TEPCO Fukushima Daiichi vorgestellt wurden, berücksichtigt und bewertet.

Die in der letzten PSR behandelten Kombinationen von externen Ereignissen sind: Erdbeben und Brand, Erdbeben und externe Überschwemmung, Erdbeben und extreme Dürre sowie extreme Kombinationen von langfristigen externen Ereignissen.

Die Konformität des KKW Krško mit den WENRA-Referenzlevels für bestehende Reaktoren 2020 und den Anweisungen des Guidance Document, Issue TU: External Hazards, Head Document, 10 January 2020 (mit Anhängen zu externen Überschwemmungen, extremen Wetterbedingungen und seismischen Ereignissen) wird im Rahmen der derzeit laufenden dritten Periodischen Sicherheitsüberprüfung überprüft. Nach den vorläufigen Ergebnissen der unabhängigen Überprüfung erfüllt das KKW Krško die WENRA-Referenzlevels für bestehende Reaktoren aus dem Jahr 2020.

Bewertung der Antwort

Die Frage ist vollständig beantwortet. Die slowenische Seite berichtet, dass die Sicherheitsanalyse Gefahrenkombinationen externer Ereignisse berücksichtigt und diese in der laufenden Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSR) 2023 nochmals geprüft wird.

Frage (F)

- **F39:** *Wurden für alle Einwirkungen von außen, die den Standort betreffen, Auslegungsereignisse (Design Basis Events) und alle möglichen Gefahrenkombinationen mit Eintrittswahrscheinlichkeiten von maximal 10^{-4} / Jahr definiert?*

Antwort der slowenischen Seite

Ja, im Programm zur sicherheitstechnischen Aufrüstung sind die in WENRA SRL aufgeführten externen Gefahren mit einer Wiederkehrperiode von mindestens

10000 Jahren berücksichtigt. Auch alle relevanten Kombinationen von Ereignissen wurden geprüft.

Für bestimmte Bereiche des Kraftwerks werden Ausgleichs- und Abhilfemaßnahmen getroffen. Das Verfahren sieht während des Winters regelmäßige Kontrollgänge durch die Kraftwerksanlage vor. Bei extremem Schneefall oder bei extremer Kälte muss an bestimmten kleineren Stellen Schnee geräumt werden, bei extremer Kälte ist in bestimmten Tanks eine thermische Umwälzung erforderlich.

Bewertung der Antwort

Die Frage ist vollständig beantwortet. Es wird versichert, dass alle Einwirkungen von außen und Gefahrenkombinationen mit Eintrittswahrscheinlichkeiten von maximal 10^{-4} / Jahr berücksichtigt wurden.

Frage (F)

- **F40:** *Liegt für alle sicherheitsrelevanten Strukturen, Systeme und Komponenten (SSCs) ein konservativer Nachweis vor, dass diese SSCs den Belastungen standhalten, die einer Erdbebenbelastung von PGA = 0,56 g (Freifeld) entsprechen? Wie wurde ein solcher Sicherheitsnachweis geführt? Entspricht der Nachweis den Richtlinien der WENRA (WENRA 2020c, TU5.1, S. 16-17)?*

Antwort der slowenischen Seite

Für alle bestehenden Strukturen, Systeme und Komponenten, die mit den neuen Systemen verbunden sind, wurden Analysen der seismischen Vulnerabilität durchgeführt, bei denen nachgewiesen wurde, dass diese Systeme seismischen Belastungen mit dem genannten PGA-Wert (0,56 g) mit hoher Konservativität standhalten können. Die Kapazität im Sinne des HCLPF PGA wurde gemäß den WENRA-Richtlinien festgelegt. Die Methodik zur Bestimmung der HCLPF PGA für SSCs basiert auf der EPRI-Methodik.

Der PGA-Wert von 0,56 g entspricht dem mittleren PGA-Wert bei einer Wiederkehrperiode von 10.000 Jahren (PSHA, 2004). Im Rahmen von Stresstests im Jahr 2011 wurde nachgewiesen, dass das KKW Krško aufgrund der bei der Auslegung berücksichtigten Sicherheitsfaktoren sicher abgeschaltet werden kann und die langfristige Kühlung im Falle eines Erdbebens mit einer maximalen Bodenbeschleunigung von mehr als 0,56 g an der Oberfläche aufrechterhalten werden kann.

Die Analysen der Erdbebengefahr und der seismischen Reaktion des KKW Krško werden gemäß den slowenischen Rechtsvorschriften sowie den einschlägigen internationalen Richtlinien und Standards während der gesamten Betriebsdauer des KKW Krško wiederholt und aktualisiert. Solche Analysen bilden die

Grundlage für die kontinuierliche Überprüfung, Gewährleistung und den Nachweis der sehr hohen seismischen und nuklearen Sicherheit der ursprünglichen Auslegung des KKW Krško.

Bewertung der Antwort

Die Frage ist nicht ausreichend beantwortet. Die slowenische Seite gibt an, *dass „für alle bestehenden Strukturen, Systeme und Komponenten* [SSCs], *die mit den **neuen** Systemen verbunden sind"* der Nachweis geführt wurde, dass *„diese Systeme seismischen Belastungen mit dem genannten PGA-Wert (0,56 g) mit hoher Konservativität standhalten können"* und bezieht sich in der Folge auf die Ergebnisse der Stress Tests 2012.

Aus der Antwort lässt sich **nicht** ableiten, dass für **alle** sicherheitsrelevanten Strukturen, Systeme und Komponenten (SSCs) ein konservativer Nachweis vorliegt, dass diese SSCs einer Erdbebenbelastung von PGA = 0,56 g (Freifeld) standhalten.

Frage (F)

- **F41:** *NEK (2021, S. 49-51) listet Verbesserungen der Reaktorsicherheit durch Austausch der Verdampfer, Reaktorkühlmittelpumpen, elektrischen Schaltanlage, Sicherheits-Wechselstromversorgung (DG3), Einbau von Systemen zur autokatalytischen Verbrennung von Wasserstoff und gefilterten Druckentlastung des Sicherheitsbehälters, alternative Kühlungen für das Lagerbecken abgebrannter Brennelemente und den Reaktor, etc. auf. Wie hoch ist die seismische Bemessungsgrundlage (PGA) für diese neuen Systeme und Komponenten?*

Antwort der slowenischen Seite

Systeme, die als Bestandteil der ursprünglichen Auslegung ausgetauscht wurden (einschließlich Verdampfer und Reaktorkühlmittelpumpenmotoren), waren für die ursprünglichen seismischen Auslegungsbelastungen qualifiziert (siehe hierzu auch Absatz 1 der Antwort auf die Frage 42). Der Dieselgenerator DG3 war für eine um 50 % erhöhte Belastung (0,45 g an der freien Oberfläche) qualifiziert. Aufgrund von Auslegungsfaktoren und konservativen ingenieurtechnischen Annahmen beträgt die seismische Kapazität im Sinne der HCLPF PGA etwa das Doppelte der Auslegungsbodenbeschleunigung, in manchen Fällen sogar mehr. Die seismische Auslegungsbelastung im Sinne der PGA an der Oberfläche für die neuen Sicherheitssysteme auf der Hauptinsel des KKW Krško (einschließlich der oben genannten Systeme) betrug 0,6 g. Bei der Auslegung der neuen Systeme wurde die positive Wirkung der Energiedissipation aufgrund der Wechselwirkung zwischen Boden und Bauwerk eingeschränkt. Die außerhalb des Hauptinselfundaments gelegenen neuen Objekte und Systeme sind für eine noch 30 % höhere maximale Bodenbeschleunigung an der Oberfläche (0,78 g) ausgelegt.

Bewertung der Antwort

Die Frage bleibt weitgehend unbeantwortet. Numerische Angaben zur Fragilität bzw. seismischen Belastbarkeit der in der Frage genannten SSCs fehlen. Es bleibt damit unklar, wie robust die genannten SSCs sind. Dabei ist zu berücksichtigen, dass ein Teil dieser SSCs[14] bei auslegungsüberschreitenden Erdbeben (DEC) und Unfällen der DiD Niveaus (Defence in Depth levels) 3 und 4, also auch nach Unfällen mit postulierter Kernschmelze, verfügbar sein sollen. Die seismische Belastbarkeit dieser Systeme muss daher deutlich höher sein als die Auslegungsgrundlage gegen Erdbeben.

Frage (F)

- **F42:** *Warum wird bei der Beschreibung der Auslegungsgrundlage für Nachrüstungen, die im Rahmen des Safety Upgrade Programs (SUP) und des Nationalen Aktionsplans (NAcP in Folge der Europäischen Stress Tests) durchgeführt werden, auf „erweiterte Auslegungsbedingungen" (DEC, z. B., Auslegung auf 0.6 g Erdbebenbelastung) verwiesen und nicht auf Auslegungsbedingungen (Design Basis)?*

Antwort der slowenischen Seite

Die seismische Auslegungsbelastung des KKW Krško wird durch das Auslegungsbeschleunigungsspektrum RG 1.60 mit einer maximalen Beschleunigung von 0,3 g auf dem Niveau der Fundamente des KKW-Hauptobjekts dargestellt. Das Auslegungsspektrum des KKW Krško entspricht in etwa dem in der PSHA-Studie (2004) für das Niveau der Fundamente des KKW-Hauptkomplexes berechneten UHS-Spektrum mit einer Wiederkehrperiode von 10.000 Jahren. Auf

Grundlage der anschließenden seismischen Bodenanalysen und der seismischen Analysen unter Berücksichtigung der Wechselwirkung von Bauwerk und Boden wurde nachgewiesen, dass die bei der Auslegung des KKW Krško berücksichtigten seismischen Auswirkungen mit denjenigen seismischen Auswirkungen vergleichbar sind, die unter Berücksichtigung des Auslegungsspektrums ermittelt wurden, das auf eine maximale Bodenbeschleunigung an der Oberfläche von 0,6 g normiert ist, was ungefähr einem PGA-Wert mit einer Wiederkehrperiode von 10.000 Jahren entspricht (PSHA, 2004).

Die seismische Auslegungsbelastung für die Auslegung der neuen Sicherheitssysteme auf der Hauptinsel des KKW Krško, die zum Management von Unfällen unter erweiterten Auslegungsbedingungen (DEC) gebaut wurden und auf die im Nationalen Aktionsplan verwiesen wird, wurde konservativ gemäß den ursprünglichen seismischen Kriterien des KKW Krško bestimmt. Es wurde eine PGA von 0,6 g an der Oberfläche berücksichtigt. In der seismischen Analyse

[14] U.B., Sicherheits-Wechselstromversorgung (DG3), Systemen zur autokatalytischen Verbrennung von Wasserstoff, gefilterten Druckentlastung

wurde die positive Wirkung der Energiedissipation aufgrund der Wechselwirkung zwischen Boden und Bauwerk eingeschränkt. Für die neuen Objekte im Rahmen des Programms zur sicherheitstechnischen Aufrüstung, die außerhalb des Fundaments der KKW-Hauptinsel gebaut wurden, wurde ein zusätzlicher, um 30 % höherer PGA-Wert (0,6 g × 1,3 = 0,78 g) angesetzt. Beim Bau dieser neuen Objekte wurde das Sicherheitskriterium der Akzeptabilität in der seismischen Vulnerabilitätsanalyse auch mit der HCLPF PGA bestimmt.

Bewertung der Antwort

Nach der Definition von WENRA (2021) kann sich die Auslegungsgrundlage einer Anlage in deren Lebenszeit aufgrund neuer Analysen und Daten verändern. Das ist für das KKW Krško mit der Erhöhung der Auslegungsgrundlage von ursprünglich 0,3 g auf zuletzt 0,56 g der Fall. Die Bodenbeschleunigung von PGA = 0,56 g ist daher die Auslegungsgrundlage. Erdbeben mit dieser Bodenbeschleunigung können daher nicht als auslegungsüberschreitend (DEC) gelten. Das Schutzkonzept des KKW muss für PGA = 0,56 g so zuverlässig sein, dass die Funktion der grundlegenden Sicherheitsfunktionen für alle direkten und glaubwürdigen indirekten Auswirkungen des Auslegungsereignisses (0,56 g) konservativ sichergestellt sind (WENRA 2021, RL TU5.2).

Die Berücksichtigung einer Bodenbeschleunigung für erweiterten Auslegungsbedingungen (DEC) von PGA = 0,60 g entspricht daher nur einer Sicherheitsmarge von 0,04 g für die neuen Sicherheitssysteme auf der Hauptinsel. Es wäre zu klären, ob diese überschaubare Sicherheitsmarge mit den WENRA Anforderungen für auslegungsüberschreitende Ereignisse (DEC) vereinbar ist (WENRA 2021, Issue F).

Es ist jedoch zu begrüßen, dass die Sicherheitsmarge für die sicherheitstechnischen Aufrüstungen, die außerhalb des Fundaments der KKW-Hauptinsel gebaut wurden, deutlich höher ist (0,6 g × 1,3 = 0,78 g).

Frage (F)

- **F43:** *Sind die drei Kühlturmblöcke vollständig unabhängig von der Kühlwasserversorgung aus der Save?*

Antwort der slowenischen Seite

Die Kühltürme dienen dem Betrieb des Kraftwerks und haben keine Sicherheitsfunktion. Der Betrieb des Kraftwerks und der Betrieb der Kühltürme sind vom Durchfluss der Save abhängig.

Bewertung der Antwort

Die Frage ist vollständig beantwortet.

Frage (F)

- **F44:** *Wie hoch ist die Auslegungsgrundlage der Kühltürme gegen Erdbebenbelastungen (PGA)?*

Antwort der slowenischen Seite

Die Kühltürme sind für die nukleare Sicherheit nicht relevant. Die ursprünglichen Gebäude des konventionellen Teils des Kraftwerks, zu denen auch die Kühltürme gehören, sind für eine seismische Auslegungsbelastung, die 10 % des Eigengewichts (0,1 g PGA) entspricht, ausgelegt. Der neue (dritte) Kühlturmblock ist erdbebensicher nach Eurocode 8 ausgelegt.

Bewertung der Antwort

Die Frage ist vollständig beantwortet. Da die Kühltürme keine Relevanz für die sichere Abschaltung des KKW nach einem Erdbeben haben, ist eine seismische Auslegung auf das Niveau des Auslegungs- oder DEC-Erdbebens nicht erforderlich.

Frage (F)

- **F45:** *Wie wurde die Gefahrenkombination erdbebeninduziertes Feuer im Sicherheitskonzept des KKW Krško berücksichtigt? Sind Einrichtungen zur Brandbekämpfung und Feuerlöschsysteme für Erdbebenbelastungen mit PGA = 0,56 g ausgelegt?*

Antwort der slowenischen Seite

Kombinationen von Erdbeben und Bränden wurden behandelt. Es wurde bestätigt, dass nach der Umsetzung des Programms zur sicherheitstechnischen Aufrüstung ein Einsatz mobiler Ausrüstung zur Bewältigung der Kombination von Bränden und anderen Ereignissen nicht erforderlich ist. Die Gebäude mit der Brandbekämpfungs- und mobilen Ausrüstung sind für eine maximale Bodenbeschleunigung an der Oberfläche von 0,6 g bzw. 0,78 g ausgelegt (neues Objekt).

Bewertung der Antwort

Die Frage ist nicht vollständig beantwortet. Es wird zwar die seismische Kapazität der Gebäude, in denen mobile Ausrüstungen für die Brandbekämpfung gelagert werden, mit 0,6 g bzw. 0,78 g angegeben. Informationen über die Robustheit der fix installierten Brandbekämpfungseinrichtungen im Reaktorgebäude etc. fehlen jedoch. WENRA (2021), RL SV5.6 und Fußnote 84 erfordern, dass auch diese Systeme für seismische Belastungen des Auslegungserdbebens ausgelegt sind.

Frage (F)

- **F46:** *Untersuchungen für die Neubewertung der Erdbebengefährdung Sloweniens haben eine Reihe aktiver und möglicherweise aktiver Störungen im Nahbereich von Krško in der „Database of Active Faults in Slovenia" dokumentiert (Artiče Störung, aktiv, <5km W Krško ; Orlica Störung, wahrscheinlich aktiv, <5 km E Krško ;. Dobrovec-Hrastnik Störungssystem, wahrscheinlich aktiv, ca. 10-20 km E Krško ; Orehovec-Pstena vas Störung, wahrscheinlich/möglicherweise aktiv, >7 km S Krško ; Ostteil des dinarischen Störungssystems, Bewegungsgeschwindigkeit 1-2 mm/Jahr, > 25 km SW Krško). Wurden diese Störungen systematisch paläoseismologisch untersucht, um ihren Beitrag zur Erdbebengefährdung in einer PSHA zu berücksichtigen? Sind paläoseismologische Untersuchungen dieser Störungen geplant?*

Antwort der slowenischen Seite

Ja, aktualisierte paläoseismologische Untersuchungen der Störungen in der Region sind im Gange; die Störungen werden systematisch untersucht. Ihre Auswirkungen werden in der derzeit durchgeführten neuen probabilistischen Erdbebengefährdungsanalyse für die nahe Umgebung des KKW Krško berücksichtigt. Aus Sicht der Erdbebensicherheit am wichtigsten sind die näher gelegenen Störungen, nämlich die Artiče-Störung und die Orlica-Störung, während die Analysen der Auswirkungen im Rahmen der laufenden neuen probabilistischen Erdbebengefährdungsanalyse gezeigt haben, dass die weiter entfernten Störungen keine wesentlichen Auswirkungen haben. Aus diesem Grund waren die bisherigen paläoseismologischen Untersuchungen auf die Artiče-Störung und die Orlica-Störung gerichtet. Die Strukturen im südlichen Teil der Krško-Synklinale und die direkt mit ihnen verbundenen Umgebungsstrukturen sind Gegenstand derzeit laufender Untersuchungen. Neben der Aktivität und den geometrischen und kinematischen Parametern der Verwerfungen sind für die seismische Gefährdung auch die Parameter der Abnahme der seismischen Wellen mit der Entfernung wichtig. Die weiter entfernten Verwerfungen sind aufgrund ihrer Entfernung nicht von Bedeutung für die seismische Gefährdung des Standorts und es sind von ihnen keine relevanten Auswirkungen auf die seismischen Gefährdungsparameter in der nahen Umgebung des KKW Krško zu erwarten.

Bewertung der Antwort

Die Frage ist ausführlich beantwortet. Das Expert:innenteam begrüßt die paläoseismologischen Untersuchungen der Störungen in der Nähe des KKW Krško. Es wird jedoch bezweifelt, dass *„weiter entfernte"* Verwerfungen keinen Einfluss auf die seismischen Gefährdungsparameter haben, vor allem „schnell" bewegte Störungen wie der Ostteil des dinarischen Störungssystems (Bewegungsgeschwindigkeit 1-2 mm/Jahr). Die in der Antwort geäußerte Vermutung, dass diese Verwerfungen keinen Einfluss auf die standortspezifische Gefährdung haben, kann allenfalls von einer Deaggregation der Gefährdung abgeleitet werden. Das Verfahren erlaubt eine Quantifizierung des Beitrags von Erdbeben verschiedener Magnitude / Entfernung zur Gesamtgefährdung. Ergebnisse der Deaggregation der Gefährdung werden in der slowenischen Antwort jedoch nicht angeführt.

Frage (F)

- **F47:** *Die neue Erdbebengefährdungskarte von Slowenien (2021) zeigt für den Raum Krško wesentlich höhere Gefährdung als frühere Analysen (2001). Zudem hat sich die Datengrundlage seit der PSHAs für das KKW Krško in 2004 und 2014 wesentlich verändert (neue seismotektonische Modelle, aktive Störungsdatenbank). Es gibt daher hinreichend Gründe für die Annahme, dass die Ergebnisse der PSHA 2004 und 2014 nicht mehr aktuell sind. Ist vor diesem Hintergrund eine neue PSHA geplant? In welchem Zeitraum soll – falls geplant – eine PSHA durchgeführt werden?*

Antwort der slowenischen Seite

Derzeit läuft ein Projekt zur Aktualisierung der probabilistischen Erdbebengefährdungsanalyse für den engeren Umkreis des KKW-Standorts. Das Projekt, das vor mehr als einem Jahrzehnt mit Feldforschung begann, wird von GEN finanziert. Die vorläufige Studie umfasst 12 lineare seismische Quellen im Umkreis von 200 km um das Kernkraftwerk. Zusätzlich zu den seismischen Linienquellen werden auch seismische Flächenquellen bzw. Kombinationen verschiedener Arten von seismischen Quellen berücksichtigt. Es wurde ein neues nicht-ergodisches Bodenbewegungsmodell für den Standort entwickelt. Ein solches Bodenmodell berücksichtigt die lokalen Erdbebenmerkmale auf der Grundlage von Bodenbewegungsmessungen, die von der Umweltagentur der Republik Slowenien (ARSO) seit mehr als 20 Jahren durchgeführt werden. Die neue Erdbebengefährdungsanalyse wird Ende 2022 aktualisiert, eine unabhängige Überprüfung erfolgt im Jahr 2023. Auf der Grundlage der vorläufigen Ergebnisse der neuen PSHA, die auf einem neuen nicht-ergodischen Bodenbewegungsmodell basieren, ist zu erwarten, dass sich die Endergebnisse der neuen PSHA nicht wesentlich von den Ergebnissen der aktuellen Erdbebengefährdungsanalyse von 2004 unterscheiden werden. Eine zusätzliche Erklärung gibt der Bericht der Fakultät für Bauingenieur und Vermessungswesen Ljubljana mit dem Titel Overview of the non-ergodic ground motion model for Krško and preliminary PSHA results for the mean return period of 10,000 years, Rev. 1, der als Anhang 1 zu dieser Antwort beiliegt und sich auf durchgeführte Analysen und Berichte in englischer Sprache bezieht. Gemäß der slowenischen Gesetzgebung und der EU-Praxis wird das KKW Krško nach Abschluss der neuen PSHA-Analyse, die auch einer unabhängigen Prüfung und Genehmigung durch das URSJV (SNSA) unterliegen wird, diese als Eingangsdaten für die einmal jährlich erfolgende Aktualisierung des seismischen PSA-Modells des KKW Krško verwenden.

Bewertung der Antwort

Die slowenische Seite berichtet über eine laufende neue Gefährdungsanalyse (PSHA) für den Standort Krško. Die Frage ist damit ausreichend beantwortet.

Das Experten:innenteam bedankt sich für die Beschreibung des Ansatzes, in der neuen PSHA nicht-ergodische Bodenbewegungsmodelle zu verwenden. (ANTWORTEN 2022, Anhang 1) Dies entspricht den jüngsten internationalen Forschungen auf dem Gebiet. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass auch der

neue Ansatz zu einer konservativ bestimmten Auslegungsgrundlage führen soll (WENRA 2021, RL TU4.4).

In den Konsultationen wurde von slowenischer Seite erklärt, dass die PSHA 2022 für ein möglicherweise neu zu errichtendes KKW am Standort Krško von GEN 2 durchgeführt wird. Da die Standortbedingungen für beide Anlagen identisch sind, sollten die Ergebnisse der PSHA 2022 auch auf die bestehende Anlage angewendet werden. Diese Vorgangsweise wird von WENRA (2021), RL E11.1 gefordert *„Die tatsächliche Auslegungsgrundlage muss regelmäßig und gegebenenfalls aufgrund von Betriebserfahrungen und wesentlichen neuen Sicherheitsinformationen[Fussnote 41] überprüft werden … um festzustellen, ob die Auslegungsgrundlage noch angemessen ist. Basierend auf den Ergebnissen dieser Überprüfungen sollen Verbesserungsbedarfe und -möglichkeiten identifiziert und entsprechende Maßnahmen umgesetzt werden. Dazu Fussnote 41: Unter wesentlichen neuen Sicherheitsinformationen werden neue Erkenntnisse verstanden, z. B. aus der Standortbewertung … .“*

Es ist an dieser Stelle hervorzuheben, dass die unabhängige Prüfung der neuen PSHA erst im Jahr 2023 erfolgen wird – also erst nach Abschluss des UVP Verfahrens und nach der Entscheidung über die Laufzeitverlängerung des bestehenden KKWs.

Die Entscheidungen zur UVP und Laufzeitverlängerung sollen erst getroffen werden, wenn ein unabhängig geprüftes Ergebnis der PSHA 2022 vorliegt. Bei einem PSHA-Ergebnis, das eine höhere Gefährdung für den Standort ausweist, müssen entsprechende sicherheitstechnische Nachrüstungen vorgeschrieben werden. Sollte der UVP-Entscheid vor Abschluss und Prüfung der PSHA 2022 erfolgen, wird empfohlen, diese dargestellte Vorgangsweise aufgrund der möglichen erheblichen Umweltfolgen eines von Erdbeben ausgelösten schweren Unfalls in einer Auflage vorzuschreiben.

Frage (F)

- **F48:** *In Kap. 2.1.1.3 (S. 19) von Nuclear Stress Test Report (SNSA 2011) wird erwähnt, dass Fragilitäten entwickelt werden, konkret handelt es sich um die Textstelle „… peak accelerations, maximum member forces, and floor acceleration time histories. These quantities were needed for fragility development“. Wie wurde bei der Ermittlung von Fragilitätskurven vorgegangen?*

Antwort der slowenischen Seite

Wie im nationalen Bericht beschrieben, wurde eine probabilistische Analyse der seismischen Reaktion der Objekte des KKW Krško durchgeführt. Es wurden epistemische und aleatorische Unsicherheiten berücksichtigt. Die seismische Belastung wurde durch 30 synthetische Akzelerogramme dargestellt. Die synthetischen Akzelerogramme wurden so erzeugt, dass der Median und das 84. Perzentil der Spektren der generierten Akzelerogramme dem Median bzw. 84.

Perzentil des Spektrums der einheitlichen Erdbebengefährdung mit einer Wiederkehrperiode von 10.000 Jahren entsprachen. Es wurden probabilistische Decken-Antwortspektren (Floorspektren) für das ausgewählte Referenzerdbeben und die seismischen Kräfte auf die Ausstattung berechnet. Auf der Grundlage der berechneten seismischen Kräfte, der Erdbebenkapazitäten (Tragfähigkeit) der Ausstattung für die gewählten Grenzzustände sowie der Unsicherheit der Erdbebenantwort und der Erdbebenkapazitäten wurden die sogenannten HCLPF PGAs berechnet. Es wurde die EPRI Methode verwendet. Die HCLPF PGA enthält ein hohes Maß an Konservatismus. Nach der angewandten Methodik besteht bei einem Erdbeben mit einer Oberflächen-PGA, die der HCLPF PGA entspricht, eine Wahrscheinlichkeit von 95 %, dass der gewählte Grenzzustand der Ausstattung bei einer solchen PGA nicht überschritten wird bzw. dass die gewählte Ausstattung während und nach dem Erdbeben funktioniert, wobei in dieser Wahrscheinlichkeitsbewertung ein hohes Konfidenzmaß berücksichtigt ist.

Bewertung der Antwort

Die Frage ist vollständig beantwortet. Die Erzeugung eines Satzes künstlicher Erdbebenschriebe ist konsistent mit der probabilistischen Seismischen Gefährdungsanalyse (PSHA), weshalb aleatorische Unsicherheiten (aufgrund der Variabilität der Erdbebenanregung) erfasst wurden. Die PGA-Werte diverser Grenzzustände der Deckenantwortspektren werden mittels des HCLPF Verfahrens (High Confidence Low Probability of Failure) ermittelt. Dabei fließen zur Bestimmung der Fragilitätskurven epistemische Unsicherheiten durch das probabilistische Modell mit ein. Durch die Wahl eines Konfidenzniveau (hohes Konfidenzmaß entspricht 95%) und einer Versagenswahrscheinlichkeit (geringe Versagenswahrscheinlichkeit entspricht 5%) wird der zugehörige PGA Wert gefunden. Diese Strategie ist in vollständiger Übereinstimmung mit den anerkannten Empfehlungen von EPRI.

Frage (F)

- **F49:** *In Kap. 2.1.1.3 (S. 19) von Nuclear Stress Test Report (SNSA 2011) wird beschrieben, dass Spitzenwerte der Decken-Antwortspektren (Floorspektren) von der ursprünglichen Berechnung (PGA = 0,30 g, einfache Boden-Bauwerk-Interaktion) gleich bzw. ähnlich zu Floorspektren aus der Analyse zur Erstellung des Stress Test Report sind (also mit PGA = 0,60 g, rigorose Boden-Bauwerk-Interaktion). Bitte erklären Sie ausführlicher, woher diese Übereinstimmung herrührt.*

Antwort der slowenischen Seite

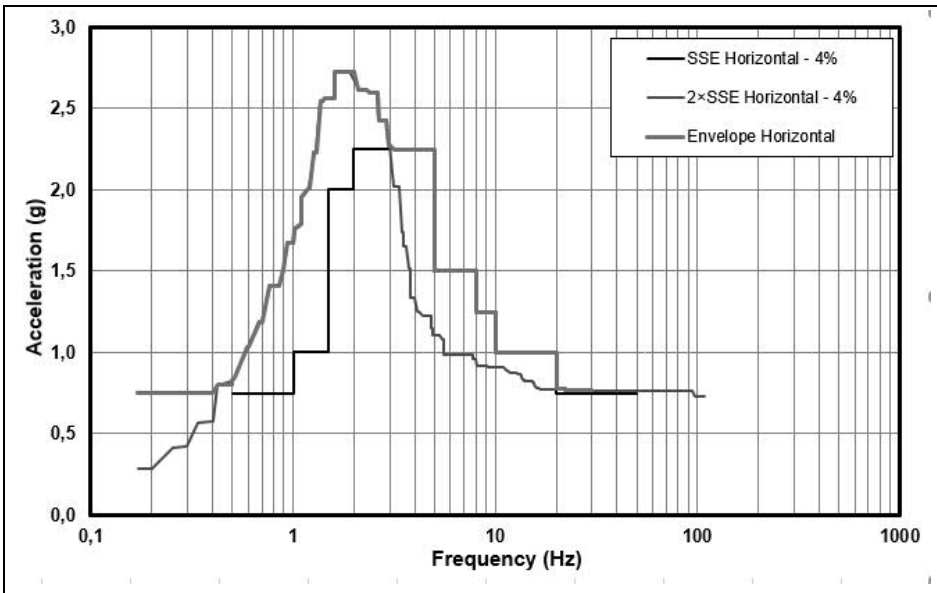
Die seismische Auslegungsbelastung des KKW Krško wird durch das Beschleunigungsspektrum gemäß den US-Richtlinien RG 1.60 dargestellt, normiert auf eine maximale Beschleunigung von 0,3g in der Tiefe der Fundamente (etwa 20 m unter der Oberfläche). Da die Spitzenbeschleunigungen bei einem Erdbeben mit

der Tiefe abnehmen und die Bemessungsspitzenbeschleunigung von 0,3 g in der Tiefe der KKW-Fundamente angesetzt wurde, können die ursprünglichen Bemessungsbeschleunigungen nicht unmittelbar mit den in der probabilistischen Erdbebengefährdungsanalyse ermittelten Oberflächenbeschleunigungen verglichen werden.

In den Jahren 1996 und 2013 wurden seismische Analysen der Böden und seismische Analysen der Anlage durchgeführt, wobei die Wechselwirkung zwischen dem Bauwerk und dem Boden berücksichtigt wurde, auch um festzustellen, welche seismische Belastung an der Oberfläche ungefähr die gleichen seismischen Auswirkungen auf die KKW-Anlage und -Ausstattung haben würde, wie sie in der Phase der Auslegung des KKW ermittelt wurden (d. h. PGA 0,3 am Fundament). Im Jahr 1996 wurde die seismische Belastung in den Analysen mit einem einheitlichen Gefährdungsspektrum dargestellt, während im Jahr 2013 das Auslegungsspektrum nach den amerikanischen Richtlinien RG 1.60, normiert auf eine PGA von 0,6 g an der Oberfläche, verwendet wurde. Daher ist es am sinnvollsten, die ursprünglichen Floorspektren mit den im Jahr 2013 berechneten Floorspektren zu vergleichen. Im Rahmen eines solchen Vergleichs wurde festgestellt, dass die Berücksichtigung des Bemessungsspektrums nach den US-Richtlinien RG 1.60, welches auf eine PGA von 0,6 g an der Oberfläche normiert ist, zu ähnlichen seismischen Auswirkungen auf die KKW-Anlage und -Ausstattung führt wie in der Auslegungsphase. In den Analysen im Jahr 2013 wurde auch der positive Einfluss der Wechselwirkung zwischen der KKW-Struktur und dem Boden berücksichtigt, da auf diese Weise eine erhebliche Menge an Energie abgeleitet wird. Die Berechnungen haben gezeigt, dass die spektralen Deckenbeschleunigungen (spectral floor accelerations) infolge eines Erdbebens mit einer maximalen Bodenbeschleunigung von 0,6 g an der Oberfläche ungefähr gleich oder geringer sind als die ursprünglichen Beschleunigungswerte für Ausstattung mit Eigenfrequenzen zwischen 4 und 16 Hz (bzw. 20 Hz, was vom Standort abhängig ist), was eine breitere Palette von Sicherheitssystemen und Ausstattung im KKW Krško umfasst (siehe Abbildungen 3 und 4).

Es ist besonders darauf hinzuweisen, dass gemäß ENSREG-Empfehlung alle Modifizierungen und die gesamte Ausstattung auf die im Jahr 2013 ermittelten neuen seismischen Floorspektren qualifiziert werden, die die Hüllkurven der ursprünglichen Floorspektren und der neuen Floorspektren darstellen, welche unter Berücksichtigung des Bemessungsbeschleunigungsspektrums RG 160, normiert auf PGA 0,6 g an der freien Oberfläche des Standorts des KKW Krško, berechnet wurden.

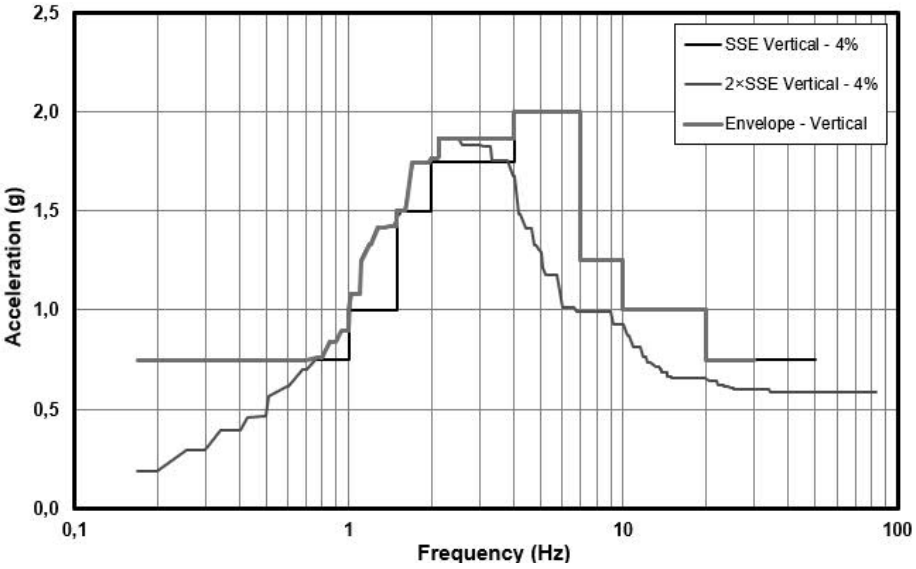
Abbildung 3: Vergleich der Bemessungsfloorspektren in HORIZONTALER Richtung für das Reaktorgebäude auf der Höhe 107.



Die schwarze Kontur stellt das ursprüngliche Floorspektrum dar, die rote Kurve stellt das Floorspektrum für eine maximale Bodenbeschleunigung von 0,6 g an der Oberfläche dar, die grüne Kurve stellt die Hüllkurve beider Floorspektren dar, die bei der Aufrüstung der Systeme auf der Hauptinsel des KKW berücksichtigt wird.

Quelle: ANTWORTEN 2022 umweltbundesamt

Abbildung 4: Vergleich der Bemessungsfloorspektren in VERTIKALER Richtung für das Reaktorgebäude auf der Höhe 107.



Die schwarze Kontur stellt das ursprüngliche Floorspektrum dar, die rote Kurve stellt das Floorspektrum für eine maximale Bodenbeschleunigung von 0,6 g an der Oberfläche dar, die grüne Kurve stellt die Hüllkurve beider Floorspektren dar, die bei der Aufrüstung der Systeme auf der Hauptinsel des KKW berücksichtigt wird.

Quelle: ANTWORTEN 2022 umweltbundesamt

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde vollständig beantwortet. Es ist hervorzuheben, dass die slowenische Seite für repräsentative Standorte des Equipments (in diesem Fall Standort eines Equipments im Reaktorgebäude auf der Höhe 107) Abbildungen der Floorspektren, wie in den bilateralen Konsultationen besprochen, nachgeliefert hat. Aus diesen Abbildungen ist ersichtlich, dass die Floorspektren im Spektralbereich von 4 bis 20 Hz zufolge PGA = 0,30 g am Fundament (einfache Boden-Bauwerk-Interaktion) kleiner sind als zufolge PGA = 0,60 g an der Oberfläche (rigorose Boden-Bauwerk-Interaktion). Somit ist die Wahl der Einhüllenden beider Spektren für die seismische Qualifizierung des Equipments auf der konservativen Seite.

Frage (F)

- **F50:** *Neueste Forschungserkenntnisse (GREMER et al. 2019) zeigen, dass die vertikale Komponente der Deckenbeschleunigung um ein Vielfaches höher sein kann als die horizontale Deckenbeschleunigung. Dies hat unmittelbar Auswirkungen auf die Befestigungsmittel von Strukturen und Systemen bzw. auf die Funktionstüchtigkeit von Strukturen und Systemen. Wie werden die vertikale Komponente der Deckenbeschleunigung und die Kombination mit der horizontalen Deckenbeschleunigung in dem mechanischen Modell erfasst? Wie wird die daraus resultierende Interaktion der horizontalen und vertikalen Schnittgrößen der Verbindungsmittel zwischen Equipment und Bauwerk erfasst?*

Antwort der slowenischen Seite

Wir haben die Studie der geschätzten Wissenschaftler geprüft. Wir stimmen den Ergebnissen der Studie zu, aber die Begründung der Studie basiert auf der Annahme, dass Floorspektren für die vertikale Richtung normalerweise nicht berechnet werden und stattdessen davon ausgegangen wird, dass Strukturen in vertikaler Richtung starr sind. Eine solche Annahme ist bei der Berechnung der Floorspektren von kerntechnischen Anlagen nicht zulässig, obwohl die Strukturen kerntechnischer Anlagen wesentlich steifer sind als die Stahlmomentrahmen, die Gegenstand der Untersuchungen der Wissenschaftler waren. Daher sind die Schlussfolgerungen der Studie für das KKW Krško nicht relevant, da die Floorspektren unter Berücksichtigung aller Eigenschaften des Bauwerks, der Wechselwirkung zwischen Bauwerk und Boden sowie der gleichzeitigen Wirkung aller drei Komponenten der Bodenbeschleunigung berechnet wurden. Darüber hinaus wird der Einfluss der wesentlichen Unsicherheiten bei der Bestimmung der Modelleigenschaften berücksichtigt.

Jede einzelne Komponente des Floorspektrums für die Objekte des KKW Krško berücksichtigt alle oben genannten Auswirkungen. Bei der Auslegung der Verbindungselemente werden die Auswirkungen mehrerer Belastungskombinationen bewertet. Bei der seismischen Belastung wird für eine Komponente ein Einfluss von 100 % berücksichtigt, während die beiden anderen Komponenten mit

einem Einfluss von 40 % berücksichtigt werden, was auf die Verwendung von US Normen bzw. die Berücksichtigung des ungünstigsten Ergebnisses nach den US- und den Eurocode Normen zurückzuführen ist. Die seismische Wirkung bei der gewählten Belastungskombination wird mit sechs Kombinationen bewertet, da auch die Wirkung des Erdbebens in beide Richtungen berücksichtigt werden muss.

Bewertung der Antwort

Die Antwort ist vollständig, die angesprochene Berechnungsstrategie zur Bemessung der Verbindungsmittel ist konsistent mit normativen Anforderungen.

Frage (F)

- **F51:** *In Kap. 2.1.2.5.1 (S. 30) von Nuclear Stress Test Report (SNSA 2011) wird beschrieben: „The structural response analysis used to develop in-structure spectra for NPP was conducted in a very conservative manner". Bitte beziffern Sie „very conservative".*

Antwort der slowenischen Seite

Faktoren, die die Konservativität der Ergebnisse der probabilistischen Analysen der seismischen Antwort des KKW Krško erhöhen (Abschnitt 2.1.2.5.1 auf S. 30 des Nationalen Stresstestberichts), sind: Berücksichtigung des gleichen Zielspektrums der einheitlichen seismischen Gefährdung für die Auswahl der Akzelerogramme in allen drei Wirkungsrichtungen der seismischen Belastung, Begrenzung der Energiedissipation aufgrund der Wechselwirkung zwischen Bauwerk und Boden, Berücksichtigung des Einflusses von Unsicherheiten bei der Bestimmung der dynamischen Eigenschaften des Bodens sowie Art der Bestimmung der Floorspektren, die eine zusätzliche Ausweitung und Glättung der Floorspektren vorschreibt. Hingegen wurden bestimmte andere Reserven, wie z. B. die günstige Wirkung des bedingten Beschleunigungsspektrums, bei der Bestimmung der Erdbebensicherheit des KKW Krško bisher nicht berücksichtigt.

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde ausreichend beantwortet.

Frage (F)

- **F52:** *In Kap. 2.1.2.3 (S. 26) von Nuclear Stress Test Report (SNSA 2011) wird beschrieben: „For systems that could respond in multiple modes of vibration, 1.5 times the peak of the response spectrum was used". Aus diesem Satz ergeben sich folgende Fragestellungen:*
  Warum ist der Wert von 1.5 hinreichend?

Die oben stehende Strategie erscheint konservativ für die Bemessung von Bauwerken, falls der Faktor von 1.5 gerechtfertigt ist. Unter „Systemen" (2. Wort im Satz) wird aber das Equipment verstanden, für dessen Bemessung das Floorspektrum erforderlich ist. Es ist aber bekannt, dass die Spitzenwerte von Floorspektren sehr viel höher als der 1.5-fache Wert des Spitzenwertes des Antwortspektrums sind, siehe MEDINA et al. (2006). Die oben beschriebene Vorgehensweise ist inkonsistent mit den Abschnitten „Auxiliary Class 1 line systems" (Seite 28) – der Faktor 1,5 wird nicht definiert. Wie wurde nun tatsächlich bei der Ermittlung der Einwirkungen zur Bemessung von Equipment vorgegangen?
Auf Seite 28 in Abschnitt „Auxiliary Class 1 line systems" wird in der Auflistung ständig das Wort „response spectra" verwendet. Die Verwendung von Antwortspektren ist in diesem Zusammenhang fraglich, da diese per Definition die seismische Einwirkung am Baugrund repräsentieren. Zur Bemessung müssten Floorspektren (Deckenantwortspektren) verwendet werden. Bitte beschreiben Sie die tatsächliche Vorgehensweise präziser.

Antwort der slowenischen Seite

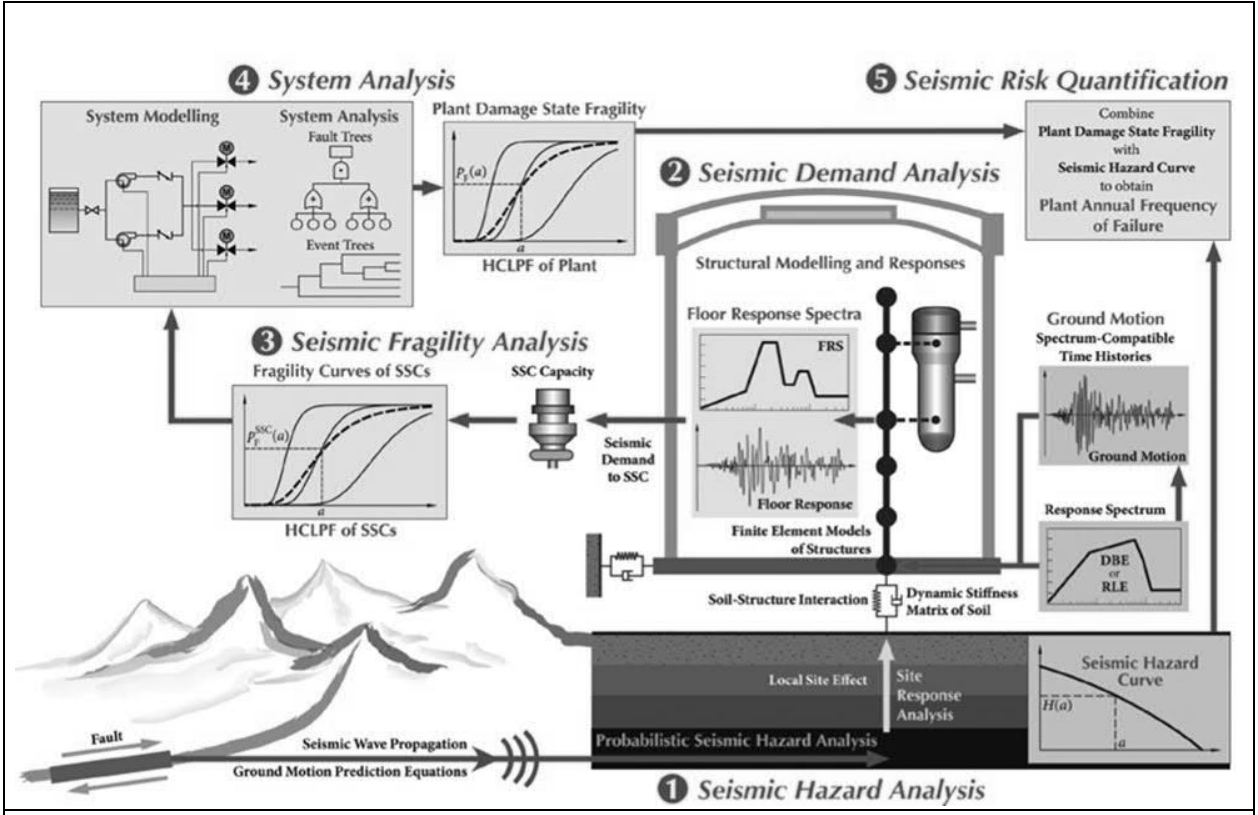
- Der Wert des Faktors 1,5 wurde nicht beim KKW Krško festgelegt, sondern ist in der amerikanischen Norm IEEE 344 für die seismische Qualifizierung von Kernkraftwerkskomponenten genormt.
- Die Erläuterung der Verwendung des Faktors 1,5 im Stresstestbericht (SNSA 2011) ist nicht ausreichend detailliert. Auf den Beschleunigungswert aus dem konservativ bestimmten Floorspektrum wird nämlich ein Multiplikationsfaktor von 1,5 angewendet. Der Faktor wird nicht auf Systeme angewendet, die mit einem Freiheitsgrad modelliert werden können, sondern auf Systeme (Equipment), die neben der dominanten Schwingungsform noch einige höhere Schwingungsformen aufweisen. In diesen Fällen ist das Equipment auf eine Spektralbeschleunigung auszulegen, die durch das Produkt aus dem Faktor 1,5 und der maximalen Spektralbeschleunigung aus dem Floorspektrum (Deckenantwortspektrum) bestimmt wird. Die in der obigen Frage erwähnten Rohrleitungen der Sicherheitsklasse 1 (Class 1) wurden durch Modalanalyse mit Antwortspektren analysiert, wobei die Auswirkungen des Einflusses aller Schwingungsformen, die zusammen zur Antwort eines erheblichen Teils der Masse des Systems (typischerweise 95 %) beitragen, systematisch berücksichtigt wurden. Für jede Schwingungsform und Eigenfrequenz wird die zugehörige spektrale Beschleunigung berücksichtigt. Die Auswirkungen der einzelnen Schwingungsformen und die Auswirkungen der seismischen Belastung (Spektren) in den verschiedenen Richtungen werden dann mit Hilfe von Methoden kombiniert, die in den Normen für die seismische Analyse von kerntechnischen Anlagen und Systemen (einschließlich der US-Richtlinien) festgelegt sind. Aus diesem Grund wurde bei der Analyse dieser Rohrleitungen nicht der Faktor 1,5 verwendet.
- Der Stresstestbericht (URSJV 2011) ist in diesem Teil nicht ausreichend detailliert, daher bedanken wir uns für die Frage. Der Begriff "response spectra" bezieht sich in diesem Fall auf die Deckenantwortspektren. Eine

Bemessung der Ausstattung auf Eingangsbeschleunigungsspektren ist nicht zulässig. In allen Analysen der Systeme, Strukturen und Komponenten des KKW Krško werden Deckenantwortspektren, die für den genau bestimmten Standort am Bauwerk errechnet wurden, verwendet.

Die oben beschriebene Methode der seismischen Analyse mit Verwendung eines Faktors von 1,5 ist die so genannte äquivalente statische Analyse. Diese wird im KKW Krško vor allem für die Auslegung von Kabelpritschen, Kabelkanälen und Instrumentenverteilungsleitungen verwendet.

Das KKW Krško ist eines der wenigen Kraftwerke, das über eine umfassende PSA-Analyse zur Erdbebengefährdung (seismic PSA) verfügt. Die folgende Abbildung zeigt eine Übersicht über die Methodik der seismischen PSA (Quelle: Seismic Risk Analysis of Nuclear Power Plants, Wei-Chau Xie, Shun-Hao Ni, Wei Liu, and Wei Jiang, Cambridge University Press 2019, ISBN 978-1-107-04046-5). Für alle Systeme, die für die nukleare Sicherheit relevant sind, wurden seismische Analysen durchgeführt. Zur Bestimmung der seismischen Anforderungen wird für die meisten Systeme im KKW Krško die Modalanalyse mit Antwortspektren verwendet. Die dynamische Modalanalyse wird zur Analyse von Bauwerken eingesetzt. Der Zweck der seismischen Analysen in der Auslegungsphase bestand darin, alle Sicherheitssysteme für die seismische Belastung zu qualifizieren. Alle Systeme wurden im Rahmen der seismischen PSA-Analyse analysiert, um ihre Erdbebenfestigkeit zu bewerten. Auf der Grundlage der Ergebnisse der seismischen Analysen und unter Berücksichtigung der Unsicherheiten wurden Kurven der seismischen Vulnerabilität berechnet. Die Vulnerabilitätskurven wurden des Weiteren in Kombination mit der Erdbebengefährdungskurve in den probabilistischen Sicherheitsanalysen des KKW Krško berücksichtigt. Die Ergebnisse dieser probabilistischen Analysen wurden in der Umweltverträglichkeitsprüfung des KKW Krško behandelt. Das KKW Krško aktualisiert die PSA-Analysen regelmäßig/jährlich und bezieht alle neu installierten oder modifizierten Systeme (einschließlich der Systeme des Programms zur sicherheitstechnischen Aufrüstung) ein.

Abbildung 5: Übersicht über die Methodik der seismischen PSA.



Quelle: Seismic Risk Analysis of Nuclear Power Plants, Wei-Chau Xie, Shun-Hao Ni, Wei Liu, and Wei Jiang, Cambridge University Press 2019, ISBN 978-1-107-04046-5

umweltbundesamt

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde vollständig beantwortet. Darüber hinaus gibt die slowenische Seite Einblicke in die Grundlagen zur Quantifizierung des seismischen Risikos. Die dargestellte Methodik repräsentiert bei korrekter Anwendung den technischen sowie wissenschaftlichen State-of-the-Art.

Frage (F)

- **F53:** *In Abschnitt 2.11.1 (Seite 108f) UVP-BERICHT (2022) werden gesetzliche und sonstige Grundlagen angeführt. Die Dokumente US NRC RG 1.60 und US NRC RG 1.61 wurden jeweils 1973 publiziert und 2007 bzw. 2014 revidiert. Welche Auswirkungen haben diese Revisionen auf die seismische Bemessung der Anlage?*

Antwort der slowenischen Seite

Keine Auswirkungen. Die Revision RG 1.60 aus dem Jahr 2014 hatte keine Auswirkungen auf die Bemessungsbeschleunigungswerte und die Erdbebensicherheit des KKW Krško. Die Änderung RG 1.61 aus dem Jahr 2007 erlaubt die Ver-

wendung höherer Werte der kritischen Dämpfung für die meisten Ausstattungstypen, was angesichts der Ergebnisse der bestehenden seismischen Qualifizierungen im KKW Krško konservativ ist. Für bestimmte Ausstattung reduziert die neue Fassung RG 1.61 die Anteile der kritischen Dämpfung nur minimal (um nicht mehr als 1 % des Anteils der kritischen Dämpfung). Daher haben diese Änderungen keine wesentlichen Auswirkungen auf die Sicherheit bestehender qualifizierter Komponenten. In der neuen Fassung RG 1.61 wird das Dämpfungsverhältnis für aktive elektrische Einrichtungen genauer definiert, was ebenfalls keine Auswirkungen auf die Qualifizierung solcher Ausstattung im KKW Krško hat, da die aktiven elektrischen Einrichtungen im KKW Krško durch dynamische Tests qualifiziert werden, bei denen die Akzelerogramme auf der Erdbebensimulationsanlage (Shake Table) auf Grundlage der Floorspektren für einen gewählten Wert der kritischen Dämpfung erstellt werden. Die Wahl der Anteile der kritischen Dämpfung für die Zielspektren zur Erzeugung von Akzelerogrammen für die Verwendung in dynamischen Tests hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Unterschiede in den berechneten Akzelerogrammen.

Bewertung der Antwort

Die Frage ist vollständig beantwortet.

Frage (F)

- **F54:** *Der Pegelstand für das höchste mögliche Hochwasser (PMF, Probable Maximum Flood) wird in NEK (2021) und UVP-BERICHT (2022) mit 155,61 m, in SNSA (2017) jedoch mit 157,53 m angegeben. Wir ersuchen um Klarstellung und Bestätigung, dass Hochwasserschutz gegen das höchste mögliche Hochwasser (PMF) gegeben ist.*

Antwort der slowenischen Seite

Der Hochwasserschutz der NEK ist mehrstufig (auf mehreren Höhen) ausgeführt. Das Kraftwerk ist durch Deiche vor Überschwemmungen geschützt, die bei 11130 m^3/s überlaufen (USAR 2.4.10). Dies entspricht einer Häufigkeit von weniger als 1E-06/Jahr (zusätzliche statistische Bearbeitung der Abbildung USAR 2.4-6B). Solche deichüberlaufenden Überschwemmungen wurden mit hohem Vertrauensgrad als äußerst unwahrscheinlich eingestuft (Gumbel-Extremwertverteilung). Das vermutlich größte Hochwasser (PMF – Probable Maximum Flood) mit 7081 m^3/s stellt die ungünstigste Kombination aus extremem Niederschlag (PMP - Probable Maximum Precipitation, ANS-2.8) und Schneeschmelze im gesamten Einzugsgebiet der Save dar. Außerdem werden auch die Wasserschwankungen im Stausee des Wasserkraftwerks Brežice, der ungünstigste Wind und Wellengang im Stausee berücksichtigt. Bei einem PMF-Hochwasser, Wasserschwankungen und dem ungünstigsten Wellengang erreicht der Wasserstand 156,82 m (USAR 2.4.3.6) und lässt immer noch 0,28 m Sicherheitsspielraum (Höhe der Bauwerke entlang der Save 157,1 m E-004-404, MECL-ESW-01).

Die PMP-Niederschläge, die PMF-Hochwasser auslösen, werden für das gesamte Einzugsgebiet der Save angenommen, was etwa 40 % der Fläche Sloweniens ausmacht. PMP-Niederschläge entsprechen etwa dem 2-fachen des maximalen gemessenen Niederschlags. Zugleich wird von einer 100-jährigen Schneedecke ausgegangen, die wegen dieser Niederschläge schmilzt. Eine solche Kombination von Ereignissen wird mit hohem Konfidenzniveau als äußerst unwahrscheinlich eingestuft.

Darüber hinaus werden an den Eingängen zur Anlage (155,50 m) Barrieren errichtet, wenn sich der Pegel der Save 155,50 m nähert und/oder wenn extreme Durchflüsse der Save von über 4500 m^3/s vorhergesagt werden, um das Kraftwerk vor einem etwaigen Dammbruch im Falle eines gleichzeitigen seismischen Ereignisses mit einem PMF-Hochwasser zu schützen. Die Spundwände sind seismisch auf 0,6 g PGA ausgelegt.

Auf diese Weise wird ein sehr hoher Hochwasserschutz für verschiedene Kombinationen von gleichzeitigen Extremereignissen gewährleistet, so dass das Kraftwerk sehr gut gegen Überschwemmungen geschützt ist.

Bei den Kraftwerken an der Save handelt es sich um Strömungskraftwerke ohne nennenswerte Aufstauung (ROR – Run-of-river hydroelectricity). Bei diesen Kraftwerken wären alle Überlauffelder vollständig geöffnet und wären im Falle eines PMF-Hochwassers überflutet. Daher stellen sie in diesem Fall keinen Wasserdamm dar. Berücksichtigt ist die ungünstigste Hochwasserkombination (25-jährliches Hochwasser), bei der die Wehre der Kraftwerke noch teilweise geschlossen sind und die volle Wassermenge zurückhalten. Ferner wird angenommen, dass sie nacheinander und gleichzeitig brechen – zwei Szenarien. Bei der ungünstigsten Kombination würde der Durchfluss beim KKW Krško 3700 m^3/s erreichen, was zum Save-Pegel von 154,93 m beiträgt. Bei gleichzeitiger Berücksichtigung eines Wellengangs betragen die maximalen Wasserhöhen bis zu 155,34 m, so dass ein Bruch der Dämme an der Save keine zusätzliche Gefahr für das KKW Krško darstellt. Bei größeren Durchflüssen wären die Wehre dieser Kraftwerke bereits vollständig geöffnet und die Brüche würden nicht mehr wesentlich zum Hochwasservolumen beitragen.

Im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung PSR3 werden die Risikoanalysen für das Kraftwerk entsprechend aktualisiert.

Bewertung der Antwort

Die Frage ist vollständig beantwortet. Die slowenische Seite bestätigt, dass das KKW Krško gegen das höchste mögliche Hochwasser (PMF) geschützt ist. Der Hochwasserschutz (Spundwände) ist auf eine seismische Belastung von 0,6 g PGA ausgelegt.

Frage (F)

- **F55:** *Ist die Kapazität des Drainagesystems für Niederschläge (Starkregen) oder Gefahrenkombinationen wie etwa Regen und Schneeschmelze mit Wahrscheinlichkeiten von 10^{-4}/Jahr ausgelegt?*

Antwort der slowenischen Seite

Die Auslegung des Kraftwerks sieht eine Niederschlagswasserableitung bei extremen Niederschlägen oder Schneeschmelze (USAR, Kap. 2.4.1.1.4) mit einer Wahrscheinlichkeit von 10^{-4}/Jahr vor.

Bewertung der Antwort

Die Frage ist vollständig beantwortet. Die Auslegungsgrundlage zur Vermeidung von Überflutungen durch extreme Niederschläge entspricht den Anforderungen der WENRA (2021).

Frage (F)

- **F56:** *Sicherheitsgebäude sind gegen Windgeschwindigkeiten mit 140 km/h ausgelegt. Wie hoch ist die Eintrittswahrscheinlichkeit dieser Windbelastung? Ist dieser Wert im Einklang mit der Anforderung der WENRA (2021; Eintrittswahrscheinlichkeit 10^{-4}/Jahr)?*

Antwort der slowenischen Seite

Die Häufigkeit des Auftretens von Windgeschwindigkeiten von 140 km/h beträgt 5,48E-5/Jahr und entspricht den Anforderungen der WENRA (Eintrittswahrscheinlichkeit 10^{-4}/Jahr).

Bewertung der Antwort

Die Frage ist vollständig beantwortet. Die Auslegungsgrundlage gegen Sturm entspricht den Anforderungen der WENRA (2021).

Frage (F)

- **F57:** *Wie hoch ist die Eintrittswahrscheinlichkeit der als Auslegungsgrundlage gewählten extremen Temperaturen (-28 °C, +40 °C)? Sind diese Werte im Einklang mit der Anforderung der WENRA (2021; Eintrittswahrscheinlichkeit 10^{-4}/Jahr)?*

Antwort der slowenischen Seite

Das WENRA-Kriterium für DEC-Systeme ist erfüllt (Eintrittswahrscheinlichkeit 10-4/Jahr), und für wichtige Auslegungssysteme wurden entsprechende Maßnahmen ergriffen.

Bewertung der Antwort

Die Formulierung der Antwort lässt keine eindeutige Bewertung zu, da sich die Eintrittswahrscheinlichkeit 10^{-4}/Jahr nicht auf DEC-Systeme beziehen kann, sondern auf die Auslegungsgrundlage (Design Basis). Das Expert:innenteam interpretiert die Antwort jedoch in dem Sinne, dass die angegebenen Temperaturwerte (-28 °C, +40 °C) Eintrittswahrscheinlichkeiten von 10^{-4}/Jahr entsprechen.

In den Konsultationen wurde erklärt, dass Sicherheitseinrichtungen und -gebäude für Temperaturen von -28 °C bis 40 °C ausgelegt sind (Design Basis). Neu aufgerüstete DEC-Sicherheitseinrichtungen und -gebäude sind für noch niedrigere bzw. höhere Außentemperaturen (-35,1 °C bzw. +46 °C) ausgelegt. Die Temperaturen bezeichnen jeweils 12-Stunden-Mittelwerte.

Frage (F)

- **F58:** *Wie hoch sind die Eintrittswahrscheinlichkeiten der als Auslegungsgrundlage gewählten Schneelasten (120 bis 374 kg/m²)? Sind diese Werte im Einklang mit der Anforderung der WENRA (2021; Eintrittswahrscheinlichkeit 10^{-4}/Jahr)?*

Antwort der slowenischen Seite

Die Werte stehen im Einklang mit der Anforderung der WENRA (10^{-4}/Jahr). Bei den Außentanks sind geringere Belastungen zulässig, aber sie halten das Medium auf Temperaturen über 0°C, so dass der Schnee auf diesen Tanks schmilzt und keine dicke Schneedecke bildet. Bei starkem Schneefall machen die diensthabenden Maschinentechniker regelmäßig Rundgänge außerhalb der Kraftwerksobjekte, um zu prüfen, ob auf den Rundgangwegen und an den Anlagen dringend Schnee geräumt werden muss.

Bewertung der Antwort

Die Frage ist vollständig beantwortet. Die Auslegungsgrundlage gegen Schneelasten entspricht den Anforderungen der WENRA (2021).

Frage (F)

- **F59:** *Sind Einwirkungen von extremen Witterungsbedingungen in der aktuellen PSA und der Kernschadenswahrscheinlichkeit (CDF) von 1,41E-5 berücksichtigt?*

Antwort der slowenischen Seite

Ja, alle externen Ereignisse werden gemäß den Anforderungen der WENRA SRL berücksichtigt.

Bewertung der Antwort

Die Frage ist vollständig beantwortet.

Frage (F)

- **F60:** *Sicherheitsrelevante Auswirkungen des Klimawandels sind laut UVP-BERICHT (2022, S. 347) „unwesentlich". Auflage II/1/16 in ENTWURF BEWILLIGUNG (2022) erfordert dennoch die Verfolgung und Analyse von Extremwetterereignissen sowie die Nachrüstungen der Kraftwerkssysteme, -strukturen und -komponenten bei Überschreitungen der Auslegungsgrundlage. Worauf begründet sich diese Entscheidung.*

Antwort der slowenischen Seite

Die Auswirkungen sind wie folgt bewertet: "wegen der Durchführung von Minderungsmaßnahmen unwesentlich". Diese Auflage ist nur eine der zusätzlichen Maßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit, die vom Amt der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit (URSJV) in der Stellungnahme Nr. 3570-13/2020/27 vom 7.12.2021 zusätzlich genannt wurden. Dabei führte das Amt folgende Begründung der Auflage an: Der Umweltverträglichkeitsbericht behandelt die Auswirkungen extremer Wetterereignisse und des Klimawandels auf die Sicherheitsaspekte des Vorhabens (Abschnitt 5.6.1.2). Die Auswirkungen des Vorhabens und die Gesamtauswirkungen in Bezug auf die Auswirkungen des Klimawandels auf das Vorhaben während des Betriebszeitraums werden im Umweltverträglichkeitsbericht wie folgt bewertet: (3) die Auswirkungen sind unwesentlich wegen der Durchführung von Minderungsmaßnahmen, die vom KKW Krško bereits durchgeführt wurden und auch während des verlängerten Betriebs durchgeführt werden müssen. Unter diesen Maßnahmen sind für die Aufrechterhaltung der nuklearen Sicherheit des Kraftwerks folgende Maßnahmen besonders wichtig:

- Die Strukturen, Systeme und Komponenten des Kraftwerks sind auf extreme Wetterereignisse und meteorologische Parameter mit einem hohen Maß an Konservativität ausgelegt.
- Die Periodische Sicherheitsüberprüfung, die alle 10 Jahre durchgeführt wird, umfasst eine Analyse der Auswirkungen extremer Wetterereignisse auf die Sicherheit des Kraftwerks.

Aufgrund des Klimawandels, den der Umweltverträglichkeitsbericht für den Zeitraum bis zum Ende der verlängerten Betriebsdauer des KKW Krško prognostiziert, kann die Häufigkeit oder Auswirkung extremer Wetterereignisse zunehmen, weshalb das KKW Krško solche Ereignisse mit besonderer Sorgfalt

überwachen und detailliert analysieren sowie die Ergreifung geeigneter Maßnahmen sicherstellen muss, wie in der Auflage im Spruch dargelegt. Grundlage für die Behandlung von Extremereignissen und die Auslegung von Kraftwerksstrukturen, -systemen und -komponenten auf extreme Wetterereignisse sind Anforderungen, die in der Regelung über die Faktoren des Strahlenschutzes und der nuklearen Sicherheit (JV5) festgelegt sind, insbesondere in Anhang 1, Kapitel 5.

Bewertung der Antwort

Die Frage ist vollständig beantwortet.

Frage (F)

- **F61:** *Sicherheitsrelevante Auswirkungen des Klimawandels sind Gegenstand der Auflage II/1/16 in ENTWURF BEWILLIGUNG (2022). Warum werden keine Auflagen in Bezug auf andere, die nukleare Sicherheit betreffende Gefahren, insbesondere seismotektonische Gefahren (Erdbeben), formuliert?*

Antwort der slowenischen Seite

Die Auflage vom Gesichtspunkt des Klimawandels wurde vom URSJV festgelegt (siehe Erläuterung oben). Bezüglich der sonstigen externen Gefahren bzw. Risiken, die sich auf die nukleare Sicherheit auswirken könnten, wie z. B. Erdbeben, ist das URSJV der Ansicht, dass es nicht notwendig ist, in der Umweltschutzrechtlichen Zustimmung besondere Auflagen festzulegen, da sie im Rahmen der Sicherheits- und thematischen Überprüfungen und insbesondere in den Genehmigungsverfahren, in denen die Angemessenheit der Auslegung in Bezug auf seismotektonische Gefahren bewertet wird, ausreichend berücksichtigt werden. Hinsichtlich der seismotektonischen Gefahren (Erdbeben) ist es offensichtlich, dass sowohl die Stellungnehmer (URSJV, ARSO) als auch das für die Umweltverträglichkeitsprüfung zuständige Ministerium für Umwelt und Raumordnung zu der Einschätzung gelangt sind, dass die Sicherheit des Kraftwerks in Bezug auf seismische Gefahren so gut ist, dass keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich sind. Auch nach Einschätzung der Verfasser des Umweltverträglichkeitsberichts sind die bestehenden Maßnahmen vom Gesichtspunkt der seismotektonischen Gefahren (Erdbeben) gut genug, um eine hohe Sicherheit des Kraftwerks zu gewährleisten.

Bewertung der Antwort

Im Gegensatz zu sicherheitsrelevante Auswirkungen des Klimawandels sind Auswirkungen von Erdbeben nicht Gegenstand einer Auflage II/1/16 in ENTWURF BEWILLIGUNG (2022). Die slowenische Seite begründet das in ihrer Antwort im Wesentlichen damit, *„dass die Sicherheit des Kraftwerks in Bezug auf seismische Gefahren so gut ist, dass keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich sind“*.

Die dieser Begründung zugrundeliegenden Annahmen sind nicht nachvollziehbar.

(1) Die slowenische Antwort auf Frage 47 verweist auf ein derzeit laufendes Projekt zur Aktualisierung der probabilistischen Erdbebengefährdungsanalyse (PSHA) für den KKW-Standort, das 2022 abgeschlossen sein wird und 2023 einer Begutachtung unterzogen werden soll. Die Ergebnisse der PSHA sind somit offen. Die Einschätzung, dass "*die Sicherheit des Kraftwerks in Bezug auf seismische Gefahren so gut ist, dass keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich sind*" ist daher in Bezug auf diese neue PSHA faktisch unbegründet.

(2) Die Erdbebengefährdung trägt wesentlich zum Gesamtrisiko des KKW Krško bei. Die jüngste PSA (2021) belegt, dass Erdbeben einen Anteil von 57% an der gesamten Kernschadenswahrscheinlichkeit (CDF) ausmachen (SNSA 2021a, S. 10). Im Gegensatz dazu tragen alle anderen Einwirkungen von außen in Summe nur etwa 27% zur Kernschadenswahrscheinlichkeit bei. Erdbeben sind damit die bei weitem dominierende Gefährdung, deutlich vor möglichen Auswirkungen des Klimawandels.

Das Expert:innenteam schließt daraus, dass die Berücksichtigung von Gefahren, die zu unfallbedingten Freisetzungen aus dem KKW Krško führen können, in den Auflagen im ENTWURF BEWILLIGUNG (2022) unausgewogen ist. Freisetzungen nach einem Erdbeben können erheblichen Einfluss auf die Umwelt haben. Die Bewilligung des Ministeriums für Umwelt und Raumordnung sollte der hohen Relevanz von Erdbeben als auslösende Ereignisse, die zu Kernschäden führen können, Rechnung tragen.

Vorläufige Empfehlung (VE)

- **VE8:** *Es wird empfohlen, sicherzustellen, dass die Auslegungsgrundlagen für Schutzmaßnahmen gegen extreme Wetterereignisse den Vorschriften von WENRA (2021) entsprechen und sich auf Ereignisse (Design Basis Events) mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von nicht mehr als 10^{-4} / Jahr beziehen.*

Antwort der slowenischen Seite

Schutzmaßnahmen für den Fall extremer Wetterereignisse sind in Übereinstimmung mit den WENRA SRL sichergestellt.

Bewertung der Antwort

Die Antworten auf die Fragen 54 (Hochwasserschutz), 55 (Starkregen), 56 (Sturm), 57 (extreme Temperaturen) und 58 (Schneelasten) zeigen, dass die Auslegungsgrundlagen für Schutzmaßnahmen gegen extreme Wetter-ereignisse den Vorschriften von WENRA (2021) entsprechen.

Die vorläufige Empfehlung ist erfüllt.

Vorläufige Empfehlung (VE)

- **VE9:** *Es wird empfohlen, systematische paläoseismologische Untersuchungen durchzuführen, um Versatzraten, Häufigkeit und Magnitude von Paläoerdbeben zu bestimmen und die Unsicherheiten in Bezug auf die Bewertung von aktiven, wahrscheinlich aktiven und möglicherweise aktiven Störungen im Nahfeld (Near Region, < 25 km) von Krško zu minimieren*.

Antwort der slowenischen Seite

Wie bereits als Antwort zu einer der Fragen in Abschnitt 8.5 dieses Dokuments angeführt, läuft derzeit ein Projekt zur Aktualisierung der probabilistischen Erdbebengefährdungsanalyse für den weiteren Umkreis des KKW-Standorts. Das Projekt, das vor mehr als einem Jahrzehnt mit Feldforschung begann, wird von GEN finanziert. Die vorläufige Studie umfasst 12 lineare seismische Quellen im Umkreis von 200 km um das Kernkraftwerk. Zusätzlich zu den linearen seismischen Quellen werden auch die Quellen von Erdbeben, die in einem bestimmten Gebiet auftreten können, berücksichtigt. Es wurde ein neues nicht-ergodisches Bodenbewegungsmodell für den Standort entwickelt. Ein solches Bodenmodell berücksichtigt die lokalen Erdbebenmerkmale auf der Grundlage von Bodenbewegungsmessungen, die von der Umweltagentur der Republik Slowenien (ARSO) seit mehr als 20 Jahren durchgeführt werden. Darüber hinaus hat GEN Anfang 2022 ein größeres Projekt gestartet, das die genaue Bestimmung der Geometrie, der kinematischen Parameter und der Aktivitätsparameter der Gorjanci-Struktur zum Ziel hat. Die neue Erdbebengefährdungsanalyse wird Ende 2022 aktualisiert, eine unabhängige Überprüfung erfolgt im Jahr 2023. Auf der Grundlage der vorläufigen Ergebnisse werden keine wesentlichen Änderungen gegenüber der aktuellen Studie zur seismischen Gefährdung aus dem Jahr 2004 erwartet.

Bewertung der Antwort

Die Empfehlung wird durch ein derzeit laufendes Projekt im Rahmen der Neubewertung der Erdbebengefahren (PSHA) teilweise erfüllt (siehe Antwort zu Frage 46). Demnach werden paläoseismologische Untersuchungen an der Artiče-Störung und der Orlica-Störung in der Nähe des KKW durchgeführt.

In den Konsultationen wurde von slowenischer Seite erklärt, dass die PSHA 2022 für ein möglicherweise neu zu errichtendes KKW am Standort Krško von GEN 2 durchgeführt wird. Da die Standortbedingungen für beide Anlagen identisch sind, sollen die Ergebnisse der PSHA 2022 auch auf die bestehende Anlage angewendet werden (WENRA 2021, RL E11.1; siehe auch Bewertung der Antwort auf Frage 47).

Das Expert:innenteam empfiehlt, auch die weiter entfernten, in der „Database of Active Faults in Slovenia“ dokumentierten Störungen paläoseismologisch zu untersuchen (Dobrovec-Hrastnik Störungssystem, Orehovec-Pstena vas Störung, Ostteil des dinarischen Störungssystems; siehe Bewertung der Antwort auf Frage 46).
Die Empfehlung bleibt daher in modifizierter Form aufrecht.

Vorläufige Empfehlung (VE)

- **VE10:** *Die Ergebnisse einer PFDHA sind in hohem Maße von Eingangsdaten (Bewegungsgeschwindigkeit und Erdbebenhäufigkeit an den berücksichtigten Störungen) und verwendeten Modellen abhängig. Es wird empfohlen, die PFDHA im Lichte neuer methodischer Entwicklungen und neuer Daten zu überprüfen und gegebenenfalls zu wiederholen.*

Antwort der slowenischen Seite

Die PFDHA wurde von unabhängigen Fachinstitutionen und vom Amt der Republik Slowenien für nukleare Sicherheit überprüft. Aus diesem Grund und in Anbetracht der vernachlässigbaren Wahrscheinlichkeit kleiner permanenter Bodenbewegungen am Standort des KKW Krško aufgrund der Auswirkungen starker Erdbeben und der erwiesenen Robustheit der KKW-Systeme besteht keine Notwendigkeit oder Anforderung zur Aktualisierung der PFDHA. Sobald die neue PSHA fertiggestellt ist, werden wir die Eigenschaften der linearen Quellen in der neuen PSHA mit denen in der PFDHA vergleichen. Wir erwarten keine wesentlichen Abweichungen. Sollten wesentliche Abweichungen auftreten, wäre zu prüfen, ob das PFDHA aktualisiert werden muss.

Bewertung der Antwort

Die slowenische Antwort bezieht sich auf die Ergebnisse einer PFDHA, die etwa um das Jahr 2015 abgeschlossen wurde (CLINE et al. 2015). Für die Entwicklung dieser PDFHA lagen keine Daten zu den Störungen vor (paläoseismologischen Eingangsdaten wie etwa Häufigkeit und Stärke von Erdbeben, Versatzraten), die Bewertung der berücksichtigten Störungen beruhte auf Annahmen der Analysten. PDFHA Ergebnisse sind jedoch in hohem Maße von Eingangsdaten (Bewegungsgeschwindigkeit, Erdbebenhäufigkeit, Breite der von primären und sekundären Oberflächenbrüchen betroffenen Zone) abhängig. Laut der slowenischen Antwort auf Frage 46 werden erst jetzt paläoseismologische Daten für einen Teil der von CLINE et al. (2015) berücksichtigten Störungen erhoben (Artiče- und Orlica-Störung).

Die PFDHA-Methodik und Datenbasis wurde seit der Zeit der Erstellung der Studie zum Standort Krško überprüft und weiterentwickelt. IAEA hat dabei auf sehr erhebliche, mit der Methode verbundenen Unsicherheiten hingewiesen. VALENTINI et al. (2021, Abb. 5) zeigen, dass die Eintrittswahrscheinlichkeiten eines bestimmten Oberflächenversatzes modellabhängig um 2 bis 4 Zehnerpotenzen (!) variieren können. Ein entsprechendes IAEA Benchmarking-Programm der Methode läuft derzeit[15].

Die Empfehlung bleibt daher aufrecht.

[15] IAEA Programme of Benchmarking Current Practices in Probabilistic Fault Displacement Hazard Assessment, 2021, including a Technical Meeting 02-04 November 2021

Vorläufige Empfehlung (VE)

- **VE11:** *Es wird empfohlen, die Entscheidung über die Laufzeitverlängerung auf folgenden Grundlagen zu treffen: (1) einer neuen, dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechenden PSHA; (2) dem Nachweis, dass alle sicherheitsrelevanten SSCs den Anforderungen entsprechen, die sich aus einer neuen PSHA ergeben.*

Antwort der slowenischen Seite

Der Gewährleistung der Sicherheit im KKW Krško ist dynamisch und kontinuierlich, was bedeutet, dass alle oben aufgeführten Maßnahmen umgesetzt werden müssen, sobald die Ergebnisse der neuen PSHA bekannt sind. Aufgrund der langwierigen Ausführung der PSHA führte die ARSO im Jahr 2015 eine unabhängige Beurteilung der Auswirkungen auf die Ergebnisse der PSHA aus dem Jahr 2004 durch. Dabei wurde festgestellt, dass die nach 2004 entwickelten Bodenbewegungsmodelle das Erdbebenrisiko erheblich erhöhen könnten. Aufgrund dieser Ungewissheit bezog NEK den Standpunkt, dass die seismische Auslegungsbelastung für neue Systeme, die in den letzten Jahren im KKW Krško gebaut wurden und Teil des Programms der sicherheitstechnischen Aufrüstung des KKW Krško sind, durch Berücksichtigung einer PGA von 0,78 g an der Oberfläche erhöht wird. Darüber hinaus wurde im Jahr 2018 mit der Entwicklung eines nicht-ergodischen Bodenbewegungsmodells für die nahe Umgebung des KKW Krško begonnen. Im Jahr 2021 wurde das neue nicht-ergodische Bodenbewegungsmodell von einem internationalen Prüfungsgremium bestätigt. Eine neue Erdbebengefährdungsanalyse, die auch das neue nicht-ergodische Bodenbewegungsmodell berücksichtigt, ist derzeit in Arbeit und wird voraussichtlich Ende 2022 aktualisiert und 2023 von unabhängiger Seite überprüft. Basierend auf den vorläufigen Ergebnissen der neuen PSHA unter Berücksichtigung des nicht-ergodischen Bodenbewegungsmodells werden keine wesentlichen Änderungen der Erdbebengefährdung des KKW Krško im Vergleich zur aktuell gültigen Erdbebengefährdungsstudie von 2004 erwartet.

Bewertung der Antwort

Die jüngste Periodische Sicherheitsüberprüfung (PSA 2021) für das KKW Krško belegt, dass Erdbeben die dominierende Gefahr für Unfälle mit Kernschaden sind, die zu umweltrelevanten Freisetzungen führen können. Die PSA 2021 weist für Erdbeben einen Anteil von 57% an der gesamten Kernschadenswahrscheinlichkeit (CDF) aus (SNSA 2021a, S. 10). Die starke Dominanz von Erdbeben im Gesamtspektrum aller internen und externen Gefahren erfordert daher eine besonders ausführliche Betrachtung im UVP Verfahren.

Gefährdungen von außen werden im ENTWURF BEWILLIGUNG (2022) als Ursachen für Freisetzungen durch den Bezug auf mögliche Gefahren durch Extremwetterereignisse und Klimawandel (Auflage II/1/16) grundsätzlich berücksichtigt. Dabei ist die Vorgangsweise, meteorologische Gefahren, die nur relativ unwesentlich zum Gesamtrisiko der Anlage beitragen, im umweltrechtlichen zu Verfahren berücksichtigen, während die weitaus überwiegenden Risikofaktoren von Erdbeben nicht beachtet werden, nicht nachvollziehbar.

Aufgrund des hohen Beitrags von Erdbeben zum Risiko umweltrelevanter unfallbedingten Freisetzungen aus dem KKW Krško sollte die Entscheidung über die Laufzeitverlängerung des KKW nicht aufgrund veralteter Daten getroffen werden. Die Entscheidung sollte vielmehr die derzeit laufende Gefährdungsstudie (PSHA 2022) als Entscheidungsgrundlage verwenden. Nach Auskunft der slowenischen Seite in den Konsultationen wird die PSHA 2022 für ein möglicherweise neu zu errichtendes KKW am Standort Krško von GEN 2 durchgeführt. Da die Standortbedingungen für beide Anlagen identisch sind, sollen die Ergebnisse der PSHA 2022 jedoch auch auf die bestehende Anlage angewendet werden (WENRA 2021, RL E11.1; siehe auch Bewertung der Antwort auf Frage 47).

Die Empfehlung bleibt daher aufrecht.

Vorläufige Empfehlung (VE)

- **VE12:** *Es wird empfohlen, die Durchführung einer neuen PSHA und die Umsetzung von Sicherheitsnachrüstungen, die sich aus den Ergebnissen der PSHA ergeben könnten, als Auflage für die umweltrechtliche Bewilligung der Laufzeitverlängerung festzulegen (analog zu den Auflagen auf extreme Witterungsbedingungen und Klimawandel).*

Antwort der slowenischen Seite

Siehe Antwort auf VE11.

Bewertung der Antwort

In ihrer Antwort auf Frage 61 begründet die slowenische Seite den Umstand, dass sicherheitsrelevante Auswirkungen von Erdbeben Im Gegensatz zu Auswirkungen des Klimawandels nicht Gegenstand einer in ENTWURF BEWILLIGUNG (2022) sind, damit, *„dass die Sicherheit des Kraftwerks in Bezug auf seismische Gefahren so gut ist, dass keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich sind“*. Diese Aussage ist unbegründet, da (1) die Ergebnisse der derzeit laufenden PSHA zur Aktualisierung der Erdbebengefährdung derzeit offen sind und (2) die jüngste PSA (2021) belegt, dass Erdbeben einen Anteil von 57% an der gesamten Kernschadenswahrscheinlichkeit (CDF) ausmachen[16] (SNSA 2021a, S. 10) (siehe auch .

Gefährdungen von außen werden im ENTWURF BEWILLIGUNG (2022) als Ursachen für Freisetzungen grundsätzlich berücksichtigt. Dabei ist die Vorgangsweise, meteorologische Gefahren, die nur relativ unwesentlich zum Gesamtrisiko der Anlage beitragen, im umweltrechtlichen zu Verfahren berücksichtigen, während die weitaus überwiegenden Risikofaktoren von Erdbeben nicht beachtet werden, unausgewogen und nicht nachvollziehbar.

[16] Im Gegensatz dazu tragen alle anderen Einwirkungen von außen nur etwa 27% zur Kernschadenswahrscheinlichkeit bei.

Aufgrund des hohen Beitrags von Erdbeben zum Risiko unfallbedingten Freisetzungen aus dem KKW Krško mit möglichen erheblichen Umweltfolgen sollte die umweltrechtliche Bewilligung der Laufzeitverlängerung Erdbeben in einer Auflage analog zu den Auflagen auf extreme Witterungsbedingungen und Klimawandel berücksichtigen.

Die Empfehlung bleibt daher in modifizierter Form aufrecht.

Vorläufige Empfehlung (VE)

- **VE13:** *Es wird eine Untersuchung der Auswirkungen der vertikalen Komponente der Bodenbeschleunigung auf die Befestigungsmittel sowie die Funktionstüchtigkeit der Strukturen und Systeme empfohlen.*

Antwort der slowenischen Seite

Die Auswirkungen der vertikalen Beschleunigungskomponente sind bei der Auslegung der gesamten Ausstattung im KKW Krško berücksichtigt, wobei auch die entsprechende Kombination mit seismischen Auswirkungen aufgrund der horizontalen Komponenten der Bodenbewegung und anderen Auswirkungen (z. B. Eigengewicht, Temperatur, Flüssigkeitsdruck u. a.) berücksichtigt ist.

Siehe auch Antwort auf die Fragen F50, F51 in F52.

Bewertung der Antwort

Die vorläufige Empfehlung ist erfüllt.

5.3 Schlussfolgerungen und abschließende Empfehlungen

Für das KKW Krško wurde ein Screening der standortspezifischen Gefährdungen durchgeführt. Die Darstellungen von äußeren Einwirkungen in den UVP-Unterlagen beschränkt sich auf Bodenbewegung durch Erdbeben, Überflutung und ausgewählte Extremwetterereignisse. Andere seismotektonische Gefahren als Bodenbewegungen (Oberflächenversatz/Fault Capability), Bodenverflüssigung und störungsnahe Effekte der Bodenbewegungen werden nicht oder nur unzureichend behandelt. Durch die Konsultationen wurde jedoch geklärt, dass Analysen von Auswirkungen möglicher Gefahrenkombinationen, die nach WENRA (2020b, 2021) für die Standortbewertung erforderlich sind, durchgeführt wurden.

Erdbeben: Das KKW Krško ist erdbebensicher nach der Slowenischen Regelung RG 1.60 für Strahlenschutz und nukleare Sicherheit[17]. Die maximale Bodenbeschleunigung (Peak Ground Acceleration, PGA) des ursprünglichen Auslegungserdbebens für die sichere Abschaltung (Safe Shutdown Earthquake, SSE) wurde mit 0,3 g in Höhe des Fundaments gewählt. 2004 und 2014 durchgeführte Erdbebengefährdungsanalysen erhöhten die standortspezifische Erdbebengefährdung auf zuletzt PGA = 0,56 g für eine Wiederkehrperiode von 10.000 Jahren.

Neue geologische, tektonische und seismologische Daten aus dem Nahfeld des KKW liefern hinreichend Gründe für die Annahme, dass die Ergebnisse der PSHA 2004 und 2014 nicht mehr aktuell sind. Dazu gehört die neue Erdbebengefährdungskarte von Slowenien (2021), die für den Wiederholungszeitraum von 475 Jahren und für den Raum Krško eine um etwa 25% höhere Gefährdung ausweist als die nationale Gefährdungskarte aus 2001. Die genannten Werte sind auf das KKW nicht anwendbar[18]. Die Erhöhung der Gefährdung zeigt jedoch, dass neue Daten, Bewertungen und Methoden erheblichen Einfluss auf die Gefährdungsanalyse haben. Diese neuen Daten, Bewertungen und Methoden wurden jedoch nicht für den Sicherheitsnachweis des KKW verwendet.

In Bezug auf Erdbeben können die UVP-Unterlagen daher nicht nachweisen, dass sich aus der Verlängerung des Anlagenbetriebs keine zusätzlichen Gefährdungen und Risiken ergeben können. In den Konsultationen hat die slowenische Seite mitgeteilt, dass derzeit eine neue Erdbebengefährdungsanalyse (PSHA 2022) ausgearbeitet wird, die 2022 abgeschlossen und 2023 begutachtet werden soll. Diese PSHA soll eine aktualisierte Datengrundlage, die auch paläoseismologische Bewertungen von Störungen im Nahbereich des KKW enthält, sowie ein neues nicht-ergodisches Bodenbewegungsmodell für den Standort verwenden.

Es wird daher empfohlen, die Entscheidung über die Laufzeitverlängerung auf Grundlage der neuen PSHA Ergebnisse zu treffen. Es wird weiters empfohlen, die Implementierung von weiteren Schutzmaßnahmen gegen die Einwirkung von Erdbeben, deren Notwendigkeit sich aus der neuen PSHA 2022 ergeben könnten, in ähnlicher Form als Auflage in die umweltschutzrechtliche Stellungnahme aufzunehmen, wie das für Extremwetterereignisse vorgesehen ist (ENTWURF BEWILLIGUNG 2022, Auflage II/1/16). Dabei ist es unerheblich, dass die neue PSHA 2022 von einem anderen Betreiber (GEN 2) für ein möglicherweise neu zu errichtendes KKW am Standort Krško durchgeführt wird. Da die Standortbedingungen für beide Anlagen identisch sind, sollen die Ergebnisse der PSHA 2022 nach WENRA (2021, RL E11.1) auch auf die bestehende Anlage angewendet werden.

In den Konsultationen hat die slowenische Seite in Aussicht gestellt, dass die zusammengefassten Ergebnisse der PSHA 2022 der österreichischen Seite zur Verfügung gestellt und im Rahmen der bilateralen Treffen nach dem Nuklearinformationsabkommen beider Länder angesprochen werden könnten.

---

[17] JV5-Regelung, Amtsblatt der Republik Slowenien Nr. 74/16 und 76/17 - ZVISJV-1

[18] Für KKW ist die Wiederkehrperiode von 10.000 Jahren relevant (WENRA, 2020a; IAEA, 2010)

Aus Sicht des Erdbebeningenieurwesens belegen die Angaben aus dem UVP-BERICHT (2022) mit den Verweisen auf den Nuclear Stress Test Report (SNSA 2011) ausreichend, dass der State-of-the-Art (Vorschriften/Normen) im Jahr 2011 eingehalten wurde. Zwischen 2011 und 2022 haben sich jedoch Richtlinien, insbesondere die zitierten Richtlinien der US Nuclear Regulatory Commission (NRC), geändert. Diese Revisionen und etwaige Auswirkungen auf die Nuklearanlage werden im UVP Bericht nicht diskutiert. Gerade in den vergangenen zwei Dekaden wurden wichtige Erkenntnisse zur Charakterisierung des seismischen Verhaltens des Equipments (also Strukturen und Systeme, aber keine Bauwerke) gewonnen. In den Konsultationen erklärten die slowenischen Expert:innen, dass diese Entwicklungen geprüft wurden. Dabei wurde ersichtlich, dass die technischen und wissenschaftlichen Anforderungen zu den vorher genannten Themenkreisen bei der Bemessung auf Erdbeben eingehalten wurden.

Überschwemmungen: Das KKW Krško wurde für Save-Hochwässer mit einer Häufigkeit von 0,01 % pro Jahr (Wiederkehrperiode von 10.000 Jahren) ausgelegt. Die Der Wert entspricht einem Durchfluss von 4.790 m³/s bzw. einem Pegelstand von 155,35 m. Die Anlage ist darüber hinaus auch gegen das höchste mögliche Hochwasser (PMF, Probable Maximum Flood) mit 155,61 m Pegelhöhe durch Zwischenbauwerke, Dämme und Gebäudeabdichtungen geschützt. Die Hochwasserschutzeinrichtungen sind für ein Bemessungserdbeben mit PGA = 0,6 g ausgelegt.

In den Konsultationen wurde klargestellt, dass die Anlage auch gegen Überflutungen durch extremen Niederschlag (z. B. Starkregen, Kombinationen von starkem Regen und Schneeschmelze etc.) mit der von WENRA (2021, Issue TU) festgelegten Eintrittswahrscheinlichkeit von 10^{-4}/Jahr ausgelegt ist.

Extreme Witterungsbedingungen. Aus den UVP-Unterlagen, SNSA (2017) und Informationen, die in den bilateralen Konsultationen übermittelt wurden, ergibt sich, dass Bemessungswerte (Design Basis Events) für Ereignisse mit Eintrittswahrscheinlichkeiten von 10^{-4}/Jahr für folgende meteorologische Gefahren ermittelt wurden: Überflutung durch Starkniederschläge, Sturm, Schneelast, extreme Temperaturen und Blitzschlag. Die slowenischen Angaben bestätigen, dass das KKW Krško gegen die entsprechenden Lasten geschützt ist. Dies entspricht den Vorgaben von WENRA 2021, Issue TU.

Der Schutz gegen Einwirkungen extremer Witterungsbedingungen wird im ENTWURF BEWILLIGUNG (2022) aufgegriffen. Auflage II/1/16 erfordert die Verfolgung und Analyse von Extremwetterereignissen sowie die Nachrüstungen der Kraftwerkssysteme, -strukturen und -komponenten bei Überschreitungen der Auslegungsgrundlage bzw. adäquaten Schutz gegen die Auswirkungen extremer Ereignisse, die im Zuge des Klimawandels auftreten können.

5.3.1 Abschließende Empfehlungen (AE)

- **AE13:** *Es wird empfohlen, systematische paläoseismologische Untersuchungen durchzuführen, um Versatzraten, Häufigkeit und Magnitude von Paläoerdbeben zu bestimmen und die Unsicherheiten in Bezug auf die Bewertung*

von aktiven, wahrscheinlich aktiven und möglicherweise aktiven Störungen im Nahfeld (Near Region, < 25 km) von Krško zu minimieren.

- **AE14:** *Es wird empfohlen, die paläoseismologischen Ergebnisse in den aktualisierten Gefährdungsanalysen für Oberflächenversatz (PFDHA) und Erdbebenbelastungen (PSHA) zu verwenden.*
- **AE15:** *Die Ergebnisse einer Gefährdungsanalyse für Oberflächenversatz (PFDHA) sind in hohem Maße von Eingangsdaten (Bewegungsgeschwindigkeit und Erdbebenhäufigkeit an den berücksichtigten Störungen) und verwendeten Modellen abhängig. Es wird empfohlen, die existierende PFDHA für den Standort Krško im Lichte neuer methodischer Entwicklungen und der neuen Daten aus den laufenden paläoseismologischen Untersuchungen zu überprüfen und gegebenenfalls zu aktualisieren.*
- **AE16:** *Es wird empfohlen, die Ergebnisse der Erdbebengefährdungsstudie (PSHA 2022), die derzeit für ein möglicherweise neu zu errichtendes KKW am Standort Krško von GEN 2 durchgeführt wird, auch auf das bestehende KKW Krško anzuwenden. Da die Standortbedingungen für beide Anlagen identisch sind, sollen die Ergebnisse der PSHA 2022 nach WENRA (2021, RL E11.1) auch auf die bestehende Anlage angewendet werden.*
- **AE17:** *Es wird empfohlen, Entscheidungen über die Laufzeitverlängerung der Anlage erst zu treffen, wenn ein unabhängig geprüftes Ergebnis der PSHA 2022 vorliegt.*
- **AE18:** *Es wird empfohlen, die Entscheidung über die Laufzeitverlängerung auf folgenden Grundlagen zu treffen: (1) der derzeit durchgeführten und 2022 abzuschließenden PSHA; (2) dem Nachweis, dass alle sicherheitsrelevanten SSCs den Anforderungen entsprechen, die sich aus der neuen PSHA ergeben. Die Empfehlung gründet sich auf den hohen Beitrag von Erdbeben am Gesamtrisiko der Anlage (57% Anteil an der gesamten Kernschadenswahrscheinlichkeit).*
- **AE19:** *Es wird empfohlen, die Umsetzung von Sicherheitsnachrüstungen, die sich aus den Ergebnissen der derzeit durchgeführten PSHA 2022 ergeben könnten, als Auflage für die umweltrechtliche Bewilligung der Laufzeitverlängerung festzulegen (analog zu den Auflagen auf extreme Witterungsbedingungen und Klimawandel). Die Empfehlung gründet sich auf den hohen Beitrag von Erdbeben am Gesamtrisiko der Anlage (57% Anteil an der gesamten Kernschadenswahrscheinlichkeit) und den erheblichen Umwelteinflüssen, die durch Freisetzungen nach einem Erdbeben auftreten können.*

6 UNFÄLLE DURCH BETEILIGUNG DRITTER

6.1 Zusammenfassung der Fachstellungnahme

Terroristische Anschläge und Sabotageakte können erhebliche Auswirkungen auf kerntechnische Anlagen haben und schwere Unfälle verursachen – das gilt auch für das KKW Krško. Dennoch werden sie in den UVP-Dokumenten nur kurz hinsichtlich der physischen Sicherung des KKW Krško erwähnt. In vergleichbaren UVP-Dokumenten wurden solche Ereignisse in gewissem Maße diskutiert.

Obwohl die Vorkehrungen gegen Sabotage und Terroranschläge aus Gründen der Vertraulichkeit im UVP-Verfahren nicht öffentlich im Detail diskutiert werden können, sollten die notwendigen gesetzlichen Anforderungen in den UVP-Dokumenten dargelegt werden.

Informationen zum Thema Terroranschläge wären in Anbetracht der erheblichen Auswirkungen möglicher Anschläge von großem Interesse. Insbesondere sollten die UVP-Dokumente detaillierte Informationen zu den Anforderungen an den Schutz vor einem gezielten Absturz eines Verkehrsflugzeugs enthalten. Dieses Thema ist von besonderer Bedeutung, weil die Reaktorgebäude von KKW Krško gegenüber einem Flugzeugabsturz verwundbar sind. Alterungsbedingte Degradation kann die Widerstandsfähigkeit der Gebäude weiter reduzieren.

Eine aktuelle Bewertung der nuklearen Sicherung in Slowenien weist auf Defizite im Vergleich zu den notwendigen Anforderungen an die nukleare Sicherung hin: Im Nukleare Sicherungsindex 2020 liegt Slowenien mit einer Gesamtpunktzahl von 81 Punkten von 100 möglichen Punkten auf Platz 14 von 47 Ländern, was auf ein verbesserungsfähiges Schutzniveau hinweist. Es zeigen sich niedrige Punktzahlen für die "Sicherheitskultur" (50), "Cybersicherheit" (38) und "Schutz vor Insider-Bedrohungen" (64). Diese niedrigen Punktzahlen deuten auf Schwächen beim Schutz hin. (NTI 2021)

Die IAEO unterstützt die Staaten durch ihren International Physical Protection Advisory Service (IPPAS) auf dem Gebiet der nuklearen Sicherung. (IAEA 2021a) Bisher ist in Slowenien weder eine IPPAS-Mission durchgeführt worden noch ist eine derartige Mission geplant. (IAEA 2022)

Militärische Aktionen gegen kerntechnische Anlagen stellen eine weitere Gefahr dar, die in der gegenwärtigen globalen Situation besondere Aufmerksamkeit verdient. (UMWELTBUNDESAMT 2022)

6.2 Fragen und vorläufige Empfehlungen, Antworten und Bewertung der Antworten

Frage (F)

- **F62:** *Was sind die Anforderungen an den Schutz des KKW Krško in Bezug auf den absichtlichen Absturz eines Verkehrsflugzeugs?*

Antwort der slowenischen Seite

Das Kernkraftwerk Krško ist so gebaut, dass die redundanten Sicherheitssysteme physisch voneinander getrennt sind. Im Rahmen des Programms der sicherheitstechnischen Aufrüstung wurden im KKW Krško zusätzliche Sicherheitssysteme zusammen mit Kühlmitteltanks in zwei Bunkergebäuden installiert, die physisch getrennt sind und sich in angemessener Entfernung von den Sicherheitssystemen der KKW-Hauptinsel befinden. Damit ist gewährleistet, dass das KKW Krško auch im Falle des Absturzes eines größeren Verkehrsflugzeugs in den Kraftwerksbereich sicher abgeschaltet wird.

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde nicht beantwortet. Es wurde nicht gesagt, welche Anforderungen an den Schutz des KKW Krško in Bezug auf den absichtlichen Absturz eines Verkehrsflugzeugs bestehen. Es wurde jedoch erklärt, dass durch die räumlich getrennten und gebunkerten Sicherheitssysteme, die Anlage auch nach einem Absturz eines Verkehrsflugzeugs sicher abgeschaltet werden kann.

Frage (F)

- **F63:** *Gegen welche Angriffe von außen müssen das Reaktorgebäude und andere sicherheitsrelevante Gebäude ausgelegt sein? Ist dieser Schutz trotz nachteiliger Alterungseffekte noch gewährleistet?*

Antwort der slowenischen Seite

Siehe Antwort zu F62 oben. Das KKW Krško führt ein Alterungsmanagementprogramm aus und gewährleistet dementsprechend die grundlegenden Auslegungsanforderungen.

Bewertung der Antwort

Der erste Teil der Frage wurde nicht und der zweite Teil nur allgemein beantwortet.

Frage (F)

- **F64:** *Wie wird das Ergebnis des Nuclear Security Index 2020 für Slowenien bewertet? Sind Verbesserungen bezüglich der „Sicherheitskultur", der* „Cybersicherheit" (38) und "Schutz vor Insider-Bedrohungen" geplant?

Antwort der slowenischen Seite

Der NTI-Index wurde aufgrund von öffentlich zugänglichen Daten entwickelt (https://www.ntiindex.org/about-the-nti-index/). Die Economist Intelligence Unit (EIU) führt alle Untersuchungen unter Verwendung öffentlich zugänglicher Informationen wie nationaler Gesetze und Vorschriften, Vertragsdatenbanken und anderer Primär- und Sekundärquellen durch. Die NTI führt keine physischen Sicherheitsprüfungen vor Ort durch. Wie aus den Details der Ergebnisse für Slowenien (https://www.ntiindex.org/country/slovenia/) ersichtlich ist, lautet das Ergebnis für viele Indikatoren und Teilindikatoren "Nein oder die Informationen sind nicht öffentlich zugänglich".

Offensichtlich ist dieses Ergebnis auf den Mangel an öffentlich zugänglichen Informationen zurückzuführen, was dem sensiblen Charakter des physischen Schutzes entspricht. Bei Anwendung derselben *2020 NTI-Index EIU-Methodology* und unter Verwendung realer Daten wäre die Punktzahl wesentlich höher. Aus diesem Grund kann der NTI-Wert nicht als Referenz für das Niveau des physischen Schutzes von kerntechnischen Anlagen und Kernmaterial in Slowenien verwendet werden. Informationen über den physischen Schutz des KKW Krško sind vertraulich und nicht öffentlich zugänglich.

Tatsache ist allerdings, dass sich NEK verpflichtet hat, im Rahmen der dritten Periodischen Sicherheitsüberprüfung - PSR 3, die derzeit im Gange ist, eine Bewertung des Sicherheitsfaktors 17 – "Physische Sicherung" vorzunehmen. Dieser Teil des PSR-3-Programms wird aufgrund des Charakters dieses Bereichs als intern behandelt und die Ergebnisse werden nicht veröffentlicht. Der Zweck der Überprüfung des Sicherheitsfaktors 17 besteht natürlich darin, alle Aspekte der physischen Sicherheit der Anlage zu überprüfen (einschließlich der Cybersicherheit und der Einstellung zur Sicherheitskultur, wie von WENRA gefordert). Die Ergebnisse und Daten selbst sowie die Vorschläge für Verbesserungen in diesem Bereich werden nicht veröffentlicht. Unseres Wissens ist das KKW Krško eines der ersten Kraftwerke, die sich zur Überprüfung der physischen Sicherung im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung – Sicherheitsfaktor 17 verpflichtet haben.

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde beantwortet. Allerdings ist der Hinweis, die Bewertung des NTI habe nur deshalb so einen geringen Wert ergeben, weil die Informationen nicht vorlagen, nicht vollständig zutreffend. Auch wenn die Punktzahl bei einem vollständigen Vorliegen der Informationen höher ausfallen würde, sind dennoch Defizite vorhanden. Hinsichtlich der „Bedrohung durch Insider" lagen immerhin für 4 der 5 Teilindikatoren Informationen vor, die Bewertung erfolgte also maß-

geblich anhand der vorliegenden Informationen. Für die „Sicherheitskultur" lagen für 2 der 3 und für „Cybersicherheit" für 3 der 6 Teilindikatoren Informationen vor.

Frage (F)

- **F65:** *Ist eine IAEO-Mission des International Physical Protection Advisory Service (IPPAS) zur Verbesserung der nuklearen Sicherung geplant?*

Antwort der slowenischen Seite

Derzeit ist keine Mission des International Physical Protection Advisory Service (IPPAS) geplant. Die physische Sicherung des KKW Krško wird jedoch im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung PSR 3 (derzeit im Gange) unabhängig überprüft, und zwar bei der Überprüfung und Bewertung des Sicherheitsfaktors 17 - "Physische Sicherung". Ziel der Überprüfung des physischen Schutzes ist es, festzustellen, ob der Betreiber einer kerntechnischen Anlage die Anforderungen der slowenischen Gesetzgebung erfüllt, die Empfehlungen der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) und anderer relevanter Organisationen (WENRA) verfolgt und umsetzt sowie ein hohes Niveau der Sicherheitskultur aufrechterhält. Mit der Überprüfung des Sicherheitsfaktors 17 soll festgestellt werden, ob alle Aspekte der nuklearen Sicherheitsüberwachung (d. h. Maßnahmen zur Verhinderung und Aufdeckung von sowie Reaktion auf Diebstahl, Sabotage, unbefugten Zugang, unbefugte Weitergabe oder andere böswillige Handlungen mit nuklearen/kerntechnischen oder radioaktiven Stoffen und Anlagen oder damit verbundene Tätigkeiten) angemessen, ausreichend umfassend und auf dem neuesten Stand der einschlägigen Anforderungen und Gesichtspunkte sind. Dieser Teil des Programms der Sicherheitsüberprüfung wird aufgrund des Charakters dieses Bereichs als intern behandelt und die Ergebnisse werden nicht veröffentlicht.

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde beantwortet. Es ist keine IAEO-Mission des International Physical Protection Advisory Service (IPPAS) zur Verbesserung der nuklearen Sicherung geplant. Zur Begründung wird erklärt, dass eine Überprüfung der Sicherung im Rahmen des 3. PSÜ erfolgt. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass internationale Reviews eine Möglichkeit für einen deutlichen Sicherheitsgewinn darstellen.

Frage (F)

- **F66:** *Wie wird die Bedrohungssituation durch militärische Aktionen für die nächsten 20 Jahre für kerntechnische Anlagen in Slowenien bewertet? Welche Schutzmaßahmen sind geplant?*

Antwort der slowenischen Seite

Die Bedrohung kerntechnischer Anlagen in Slowenien wird jährlich von der Polizei bewertet. Auf der Grundlage dieser Bewertung werden die technischen und physischen Sicherungsmaßnahmen angepasst. Wichtige Einrichtungen für den sicheren Betrieb und die Abschaltung sind in geschützten Betongebäuden untergebracht. Die Sicherheitsvorkehrungen sind vertraulich, da sie den physischen Schutz des KKW Krško betreffen und daher sensibel sind.

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde nicht direkt beantwortet. Die Antwort erklärte die Überprüfung der Sicherung gegenüber terroristischen oder kriminelle Angriffen. Gefragt wurde aber – unter dem Eindruck der militärischen Handlungen in der Ukraine – nach der Einschätzung zu militärischen Bedrohung.

Vorläufige Empfehlung (VE)

- **VE14:** *Im UVP-Verfahren sollten die allgemeinen Anforderungen in Bezug auf den Schutz gegen den absichtlichen Absturz eines Verkehrsflugzeugs und andere Terror- und Sabotageakte dargestellt werden.*

Antwort der slowenischen Seite

NEK hat eine Analyse der Auswirkungen eines Flugzeugabsturzes (repräsentatives kommerzielles Linienflugzeug und repräsentatives Militärflugzeug) auf das Kraftwerk sowie anderer Terror- und Sabotageakte auf Grundlage der NEI-Anforderungen 06-12 B.5.b Phase 2&3 Submittal Guideline, Rev. 2 bzw. der US-NRC-Anforderungen B.5.b aus dem Jahr 2002 (infolge des WTC-Anschlags in den USA am 11.9.2001 und der Vorbereitung von Kernkraftwerken auf ein solches Ereignis) erstellt. Auf der Grundlage der Analysen wurde ein Aktionsplan erstellt, und es wurden verschiedene Sicherheitsverbesserungen durchgeführt. Die Stresstests der ENSREG im Rahmen einer außerordentlichen Sicherheitsüberprüfung haben gezeigt, dass die Anlage gut konzipiert und gebaut ist und mit den am Kraftwerksstandort vorhandenen zusätzlichen Einrichtungen zum Schutz vor schweren Unfällen auch auf solche Ereignisse gut vorbereitet ist. Aufgrund ihrer Sensibilität in Bezug auf den physischen Schutz des KKW Krško sind die Sicherheitsanalysen und Daten zum Schutz vor Flugzeugunfällen und anderen Terror- und Sabotageakten vertraulich.

Bewertung der Antwort

Die Empfehlung bleibt bestehen. Es sei darauf hingewiesen, dass nicht die Veröffentlichung von sensiblen Daten zum Schutz vor Flugzeugunfällen und anderen Terror- und Sabotageakten empfohlen wurde, sondern lediglich von bestehenden gesetzlichen Anforderungen.

Vorläufige Empfehlung (VE)

- **VE15:** *In Anbetracht der Ergebnisse des Nuclear Security Index sollte der Schutz vor potenziellen Cyberangriffen und Innentätern verbessert werden.*

Antwort der slowenischen Seite

Wie bereits in der Antwort auf die Frage 64 erläutert, gibt das Ergebnis des NTI-Index nicht die tatsächliche Situation wieder. Wie aus den Details der Ergebnisse für Slowenien (https://www.ntiindex.org/country/slovenia/) ersichtlich ist, lautet das Ergebnis für viele Indikatoren und Teilindikatoren "Nein oder die Informationen sind nicht öffentlich zugänglich".

Offensichtlich ist dieses Ergebnis auf den Mangel an öffentlich zugänglichen Informationen zurückzuführen, was dem sensiblen Charakter des physischen Schutzes entspricht. Bei Anwendung derselben *2020 NTI-Index EIU-Methodology* und unter Verwendung realer Daten wäre die Punktzahl wesentlich höher. Aus diesem Grund kann der NTI-Wert nicht als Referenz für das Niveau des physischen Schutzes von kerntechnischen Anlagen und Kernmaterial in Slowenien verwendet werden. Informationen über den physischen Schutz des KKW Krško sind vertraulich und nicht öffentlich zugänglich.

Bewertung der Antwort

Die Empfehlung bleibt bestehen. Wie bereits in der Antwort zu Frage 64 erläutert wurde, erfolgte die Bewertung vor allem aufgrund der vorliegenden Informationen.

Vorläufige Empfehlung (VE)

- **VE16:** *Zur Unterstützung der Verbesserung der nuklearen Sicherung sollte eine IAEO International Physical Protection Advisory Service (IPPAS) durchgeführt werden. (IAEA 2022)*

Antwort der slowenischen Seite

Wie bereits in der Antwort auf die Frage 64 erläutert, gibt das Ergebnis des NTI-Index nicht die tatsächliche Situation wieder. Die physische Sicherung des KKW Krško befindet sich auf einem hohen Niveau und wird regelmäßig auf der Grundlage einer jährlich von der Polizei erstellten Bedrohungsanalyse bewertet und verbessert. Die physische Sicherung des KKW Krško wird im Rahmen der Periodischen Sicherheitsüberprüfung PSR 3 (derzeit im Gange) unabhängig überprüft, und zwar bei der Überprüfung und Bewertung des Sicherheitsfaktors 17 - "Physische Sicherung".

Bewertung der Antwort

Die Empfehlung bleibt bestehen. Es ist von Vorteil, auch für die Überprüfung der Sicherung ein internationales Review zu nutzen, um unbekannte Defizite und Verbesserungen zu identifizieren.

6.3 Schlussfolgerungen und abschließende Empfehlungen

Terroristische Anschläge und Sabotageakte können erhebliche Auswirkungen auf kerntechnische Anlagen haben und schwere Unfälle verursachen – das gilt auch für das KKW Krško. Dennoch werden sie in den UVP-Dokumenten nur kurz hinsichtlich der physischen Sicherung des KKW Krško erwähnt. In vergleichbaren UVP-Dokumenten wurden solche Ereignisse in gewissem Umfang diskutiert. In den ANTWORTEN (2022) werden einige weitere Informationen gegeben.

Obwohl die Vorkehrungen gegen Sabotage und Terroranschläge aus Gründen der Vertraulichkeit im UVP-Verfahren nicht öffentlich im Detail diskutiert werden können, sollten die notwendigen gesetzlichen Anforderungen dargelegt werden.

Informationen zum Thema Terroranschläge wären in Anbetracht der erheblichen Auswirkungen möglicher Anschläge von großem Interesse. Insbesondere sollten die UVP-Dokumente detaillierte Informationen zu den gesetzlichen Anforderungen an den Schutz vor einem gezielten Absturz eines Verkehrsflugzeugs enthalten. Aber auch ANTWORTEN (2022) gehen auf diese Frage nicht ein.

Dieses Thema ist von besonderer Bedeutung, weil die Reaktorgebäude des KKW Krško gegenüber einem Flugzeugabsturz verwundbar sind. Alterungsbedingte Degradation kann die Widerstandsfähigkeit der Gebäude weiter reduzieren. In den ANTWORTEN (2022) konnte nicht dargelegt werden, dass ein gezielter Absturz mit einem Verkehrsflugzeug keinen schweren Unfall auslösen könnte.

Eine aktuelle Bewertung der nuklearen Sicherung in Slowenien weist auf Defizite im Vergleich zu den notwendigen Anforderungen an die nukleare Sicherung hin: Im Nukleare Sicherungsindex 2020 liegt Slowenien mit einer Gesamtpunktzahl von 81 Punkten von 100 möglichen Punkten auf Platz 14 von 47 Ländern. Es zeigen sich niedrige Punktzahlen für die "Sicherheitskultur" (50), "Cybersicherheit" (38) und "Schutz vor Insider-Bedrohungen" (64). Diese niedrigen Punktzahlen deuten auf Schwächen beim Schutz hin. (NTI 2021)

In den ANTWORTEN (2022) wird darauf hingewiesen, dass die Bewertung des NTI nur daher so geringe Werte ergeben habe, weil die entsprechenden Informationen nicht vorlagen. Dieser Hinweis ist nicht vollständig zutreffend, die Bewertung erfolgte maßgeblich anhand der vorliegenden Informationen.

Die IAEO unterstützt die Staaten durch ihren International Physical Protection Advisory Service (IPPAS) auf dem Gebiet der nuklearen Sicherung. Bisher wurde

in Slowenienkeine IPPAS-Mission durchgeführt. (IAEA 2022) Laut ANTWORTEN (2022) ist auch weiterhin keine IPPAS-Mission vorgesehen. Zur Begründung wird erklärt, dass eine Überprüfung der Sicherung im Rahmen der 3. PSÜ erfolgt. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass internationale Reviews eine Möglichkeit für einen deutlichen Sicherheitsgewinn darstellen.

Militärische Aktionen gegen kerntechnische Anlagen stellen eine weitere Gefahr dar, die in der gegenwärtigen globalen Situation besondere Aufmerksamkeit verdient.

6.3.1 Abschließende Empfehlungen (AE)

- **AE20:** *Im UVP-Verfahren sollten die rechtlichen Anforderungen in Bezug auf den Schutz gegen den absichtlichen Absturz eines Verkehrsflugzeugs und andere Terror- und Sabotageakte dargestellt werden.*
- **AE21:** *In Anbetracht der Ergebnisse des Nuclear Security Index sollte der Schutz vor potenziellen Cyberangriffen und Innentätern verbessert werden.*
- **AE22:** *Zur Unterstützung der Verbesserung der nuklearen Sicherung sollte eine IAEO International Physical Protection Advisory Service (IPPAS) durchgeführt werden.*

7 GRENZÜBERSCHREITENDE AUSWIRKUNGEN

7.1 Zusammenfassung der Fachstellungnahme

Im Rahmen der UVP wurden Berechnungen für einen Auslegungsstörfall und einen auslegungsüberschreitenden Unfall vorgelegt. Für beide wurden für Österreich erhebliche nachteilige Auswirkungen ausgeschlossen. Dies kann so jedoch nicht nachvollzogen werden. Es ist unklar, ob in den Ausbreitungsrechnungen auch Depositionen durch Abregnen berücksichtigt wurden, weiters wurde nicht angegeben ob die Dosiswerte für die kritische Gruppe der Kinder gelten oder für Erwachsene, auch fehlen Angaben zur Maximaldosis. Diese Punkte werden als Fragen an die slowenische Seite übermittelt werden.

Anhand der Angaben im UVP-Bericht zeigt sich, dass durch den auslegungsüberschreitenden Unfall mit Auswirkungen auf die österreichische Landwirtschaft zu rechnen ist, die zu wirtschaftlichen Schäden, aber auch Imageschäden der österreichischen Landwirtschaft führen können. Aufgrund der Höhe der berechneten Iod-Konzentration müssten Maßnahmen zur vorgezogenen Ernte zumindest in grenznahen Gebieten starten. Es wurden jedoch noch nicht alle Berechnungsergebnisse für den auslegungsüberschreitenden Unfall vorgelegt um abklären zu können, welche Gebiete Österreichs von landwirtschaftlichen Folgen betroffen sein könnten.

Da bisher nicht belegt wurde, dass der für die im UVP-Bericht vorgelegten Berechnungen verwendete Quellterm tatsächlich abdeckend ist, kann ein über die berechneten Unfälle hinausgehender schwerer Unfall erheblich größere radiologische Wirkungen auf österreichisches Staatsgebiet zeigen. Insbesondere zeigt die Ermittlung der radiologischen Auswirkungen zu einem möglichen schweren Unfall im Projekt flexRISK größere, noch erheblichere Auswirkungen als im UVP-Bericht ermittelt wurden. Insgesamt können derartige Unfälle mit entsprechenden erheblichen Auswirkungen auf österreichisches Staatsgebiet zum jetzigen Zeitpunkt nicht ausgeschlossen werden.

7.2 Fragen und vorläufige Empfehlungen, Antworten und Bewertung der Antworten

Frage (F)

- **F67:** *Welche 2-Tages-Dosiswerte ergeben die Berechnungen für einen schweren Unfall ab 75 km Entfernung, sowohl für Kinder als auch für Erwachsene? Welche Maximaldosen sind zu erwarten, welche Dosen entsprechend des 95% Quantils?*

Antwort der slowenischen Seite

Die Antworten auf Ihre Fragen haben wir auf zweifache Weise erstellt:

- Unter Verwendung des im Umweltverträglichkeitsbericht beschriebenen RODOS Modellierungssystems (Modelle Dipcot und Lasat).
- Für die Simulationen mit dem Modellierungssystem AriaIndustry (SPRAY-Modell) haben wir alle Berechnungen mit dem Programm DOZE (Referenz Nr. 200 im Umweltverträglichkeitsbericht) erstellt, da RADTRAD keine Depositionsberechnungen ermöglicht. Die Simulationen mit dem SPRAY-Modells haben wir nun für drei Jahre (2018 - 2020) durchgeführt, um die Niederschlagsstatistiken deutlich zu verbessern, außerdem haben wir das Gebiet auf 400 km x 400 km vergrößert, wobei alle anderen Einstellungen des Modellierungssystems gleich geblieben sind.

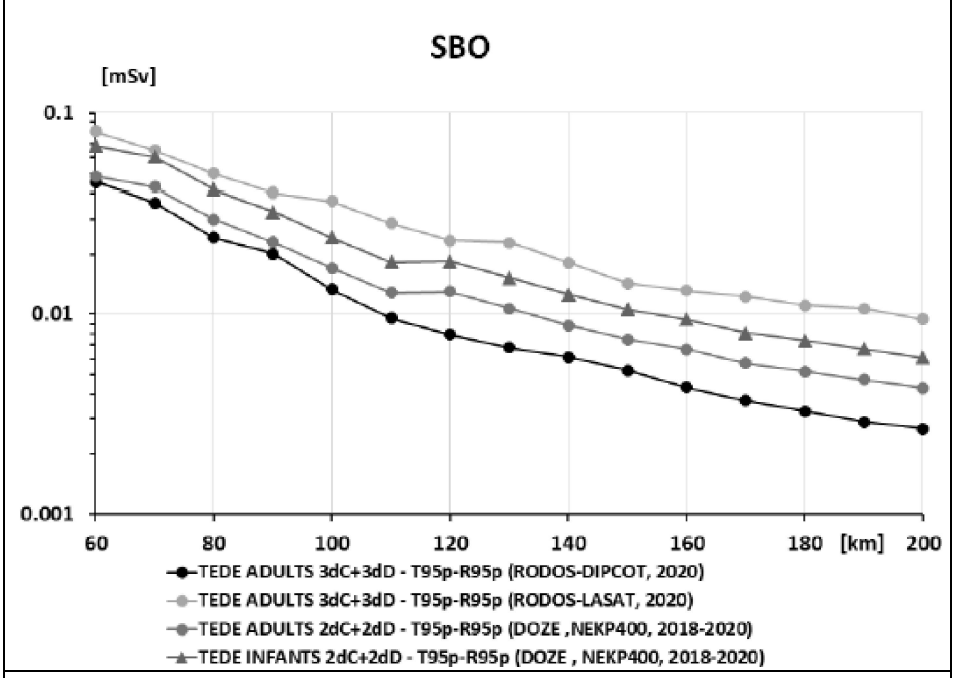
Die Berechnungen wurden für den erweiterten Auslegungsstörfall erstellt, wie er im Umweltverträglichkeitsbericht beschrieben ist (Auslegungsüberschreitende Bedingungen (DEC-B) bzw. im Folgenden "SBO").

DOZE ermöglicht die Berechnung von 2-Tages-Dosen, während RODOS die Berechnung von 3-Tages-Dosen ermöglicht, so dass das letztgenannte Programm in den Vergleich einbezogen wurde. Die Ergebnisse haben wir in den folgenden Diagrammen zusammengefasst.

In allen Diagrammen haben die Bezeichnungen die folgende Bedeutung: d - Anzahl der Tage, die für "C – Wolkendurchzug" und "D – Ablagerung" berücksichtigt werden. T95p-R95p bedeutet, dass zunächst das zeitliche 95. Perzentil über alle betrachteten meteorologischen Fälle und dann das örtliche 95. Perzentil in den Kreisringen berechnet wurde, wie im Umweltverträglichkeitsbericht beschrieben.

In den 2D-Diagrammen über der jeweiligen Karte stellt die Angabe "95%" das 95. Perzentil aller betrachteten meteorologischen Fälle dar. Diese und alle anderen Bezeichnungen sind die gleichen wie im Umweltverträglichkeitsbericht.

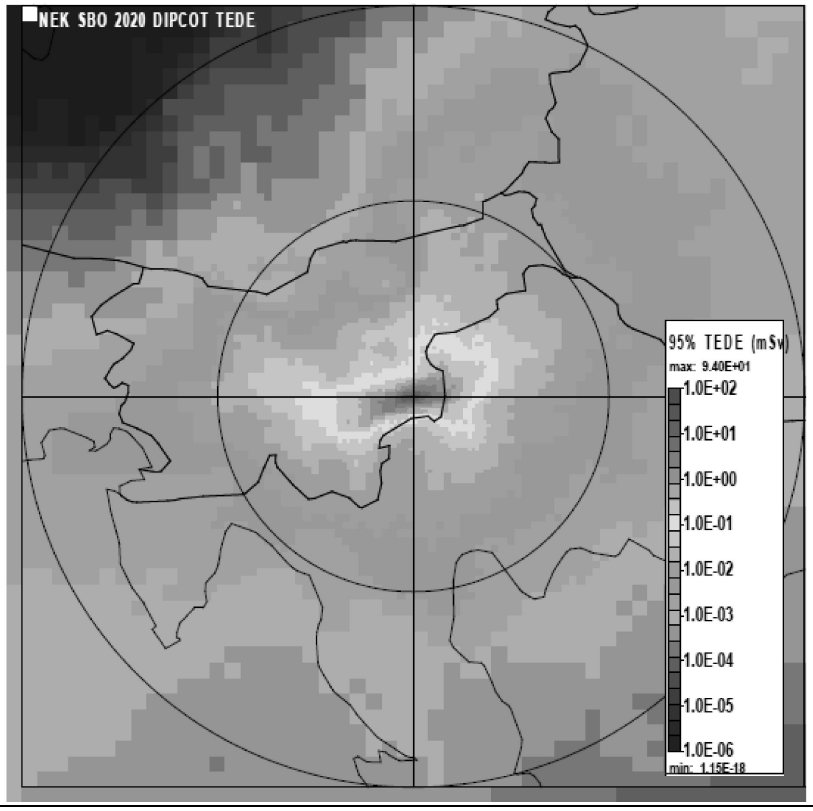
Abbildung 6: Das Diagramm zeigt die effektive 2- und 3-Tages-Ganzkörperdosis einschließlich Deposition für Erwachsene bzw. Kinder bei einem SBO-Unfall.



Quelle: ANTWORTEN 2022 umweltbundesamt

Darüber hinaus haben wir eine 2D-Darstellung dieser Ergebnisse über der jeweiligen Karte für das RODOS-DIPCOT-Modell, Jahr 2020, erstellt. In der Abbildung kann abgelesen werden, wo in Österreich der Höchstwert des 95. Perzentils dieser Dosis auftritt.

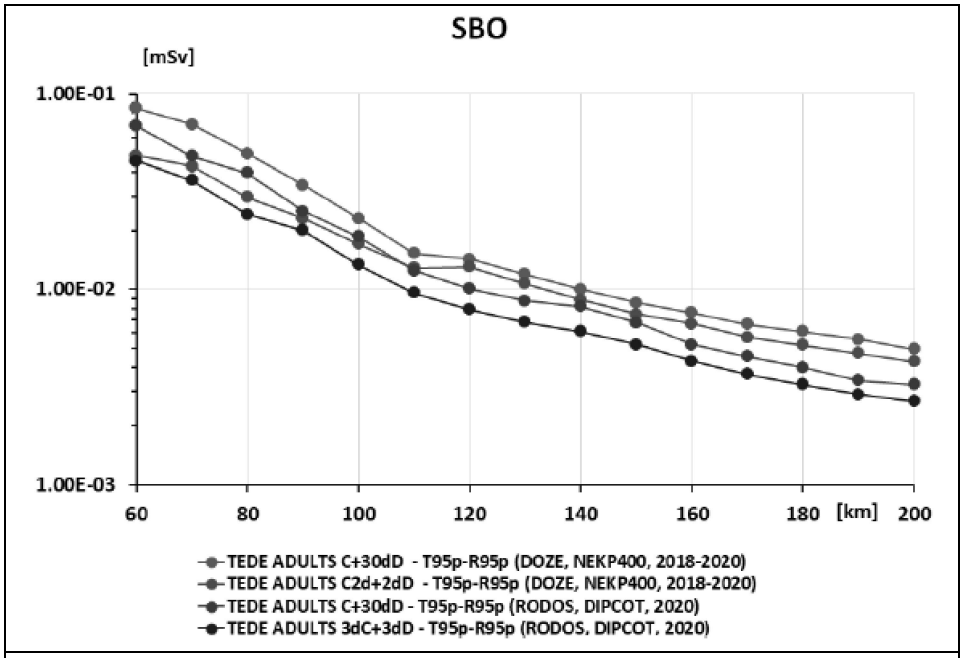
Abbildung 7: 2D-Darstellung der örtlichen Verteilung der effektiven 3-Tages-Ganzkörperdosis für Erwachsene einschließlich Deposition bei einem SBO-Unfall.



Quelle: ANTWORTEN 2022 umweltbundesamt

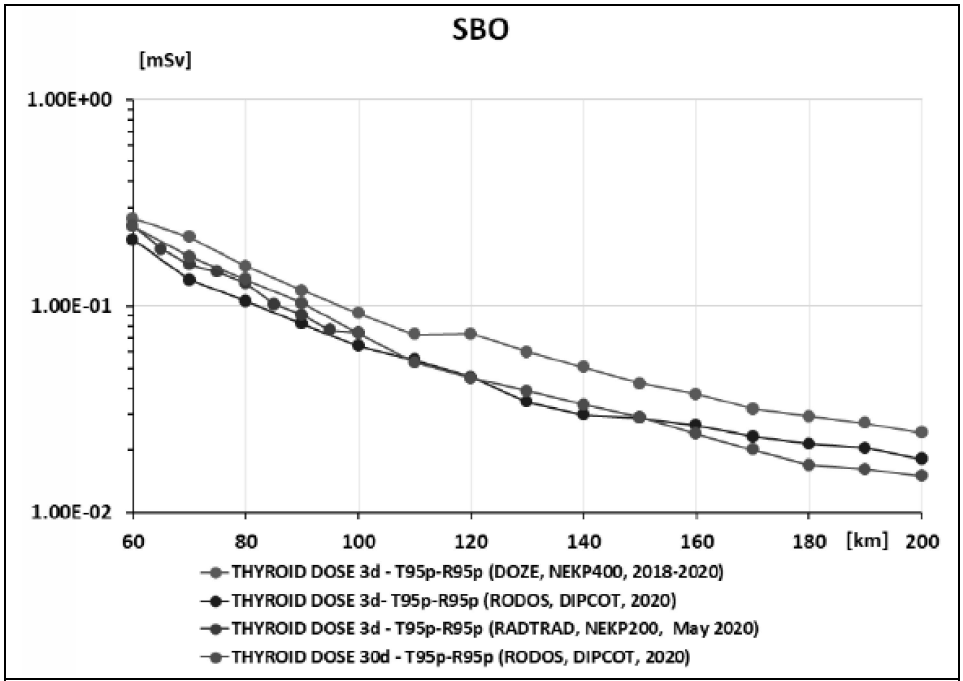
Zum Vergleich sind zwei weitere Diagramme hinzugefügt.

Abbildung 8: Das Diagramm zeigt die effektive 2- bzw. 3- und 30-Tages-Ganzkörperdosis für Erwachsene einschließlich Deposition bei einem SBO-Unfall.



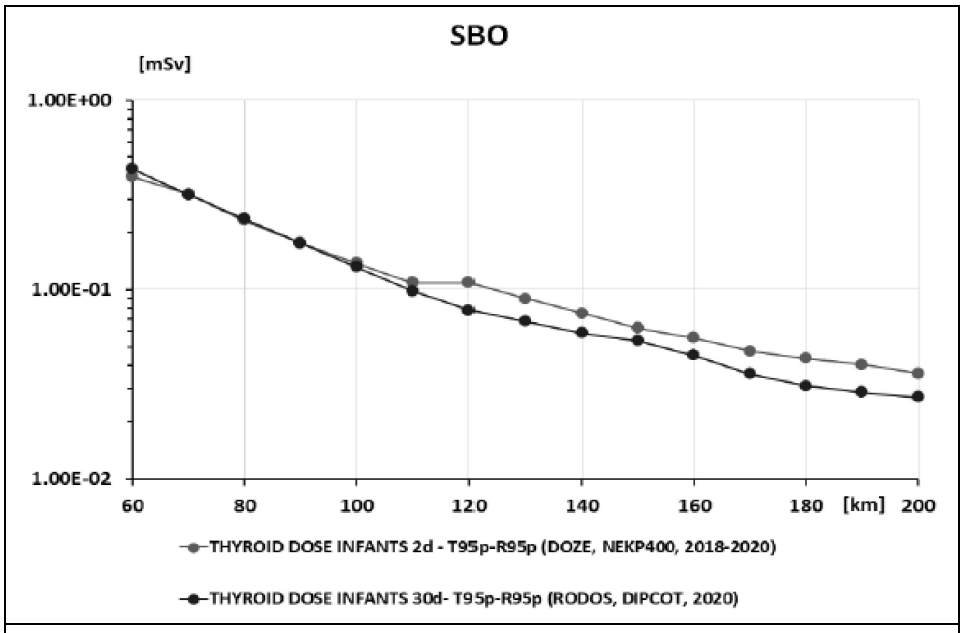
Quelle: ANTWORTEN 2022 umweltbundesamt

Abbildung 9: Abbildung: Das Diagramm zeigt die 3- und 30-Tages-Schilddrüsendosis für Erwachsene bei einem SBO-Unfall.



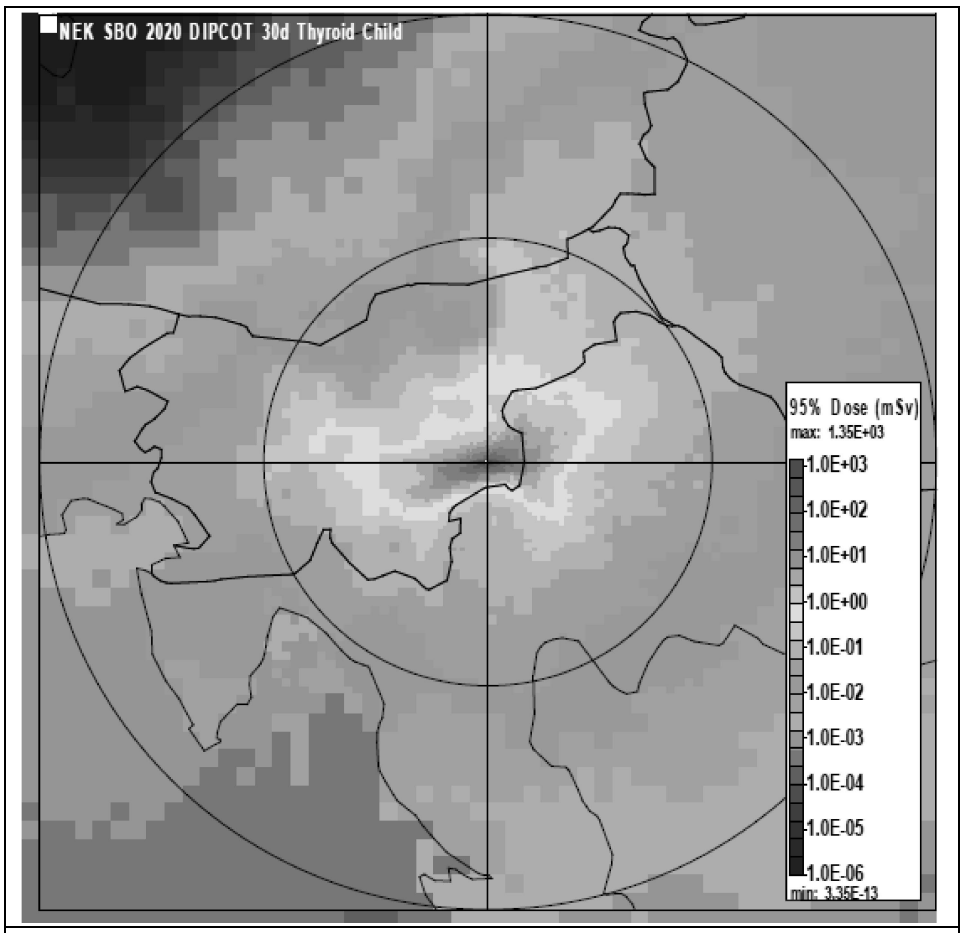
Quelle: ANTWORTEN 2022 umweltbundesamt

Abbildung 10: Das Diagramm zeigt die 2- und 30-Tage-Schilddrüsendosis für Säuglinge (0 - 1 Jahre) bei einem SBO-Unfall.



Quelle: ANTWORTEN 2022 umweltbundesamt

Abbildung 11: Das 2D-Diagramm zeigt die örtliche Verteilung der 95-Perzentil-Werte für die 30-Tage-Schilddrüsendosis für Säuglinge (0 - 1 Jahre) bei einem SBO-Unfall.



Quelle: ANTWORTEN 2022 umweltbundesamt

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde sehr umfassend beantwortet. Die Berechnungen wurden mit zwei verschiedenen Systemen durchgeführt, die zu ähnlichen Ergebnissen kamen. Zusätzlich wurden auch Schilddrüsendosiswerte berechnet.

Es zeigt sich, dass die österreichischen Richtwerte für Interventionsmaßnahmen in dem hier berechneten schweren Unfall nicht erreicht werden.

Frage (F)

- **F68:** *Haben Sie auch Wettersituationen berechnet, in denen es auf österreichischem Staatsgebiet zu nassen Depositionen (durch Abregnen der Wolke) kommen kann? Was sind die maximalen 2-Tages-Dosisergebnisse für Kinder und Erwachsene in diesen Fällen?*

Antwort der slowenischen Seite

Bei den Berechnungen wurden alle realen Wettersituationen in den angegebenen Jahren für die Simulationen berücksichtigt, also auch alle Niederschläge, die zu nasser Deposition führen. Alle Ergebnisse sind bereits in der vorstehenden Antwort dargestellt.

Bewertung der Antwort

Die Frage ist beantwortet.

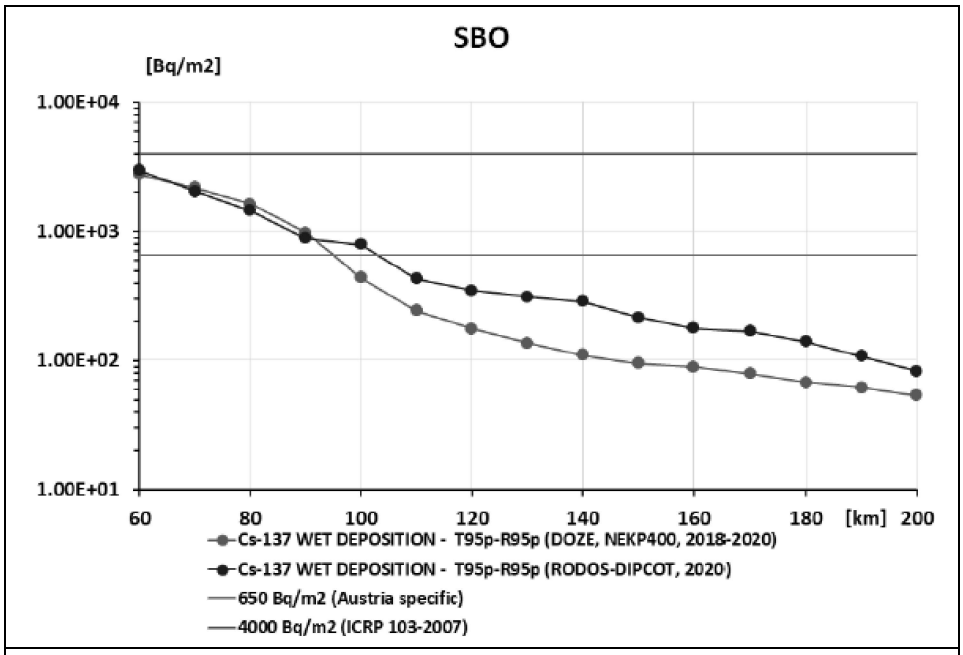
Frage (F)

- **F69:** *Welche Depositionswerte sind bei einem schweren Unfall auf österreichischem Staatsgebiet möglich? (ersucht wird um Angabe von Cs-137 und I-131 sowohl für nasse als auch trockene Deposition)*

Antwort der slowenischen Seite

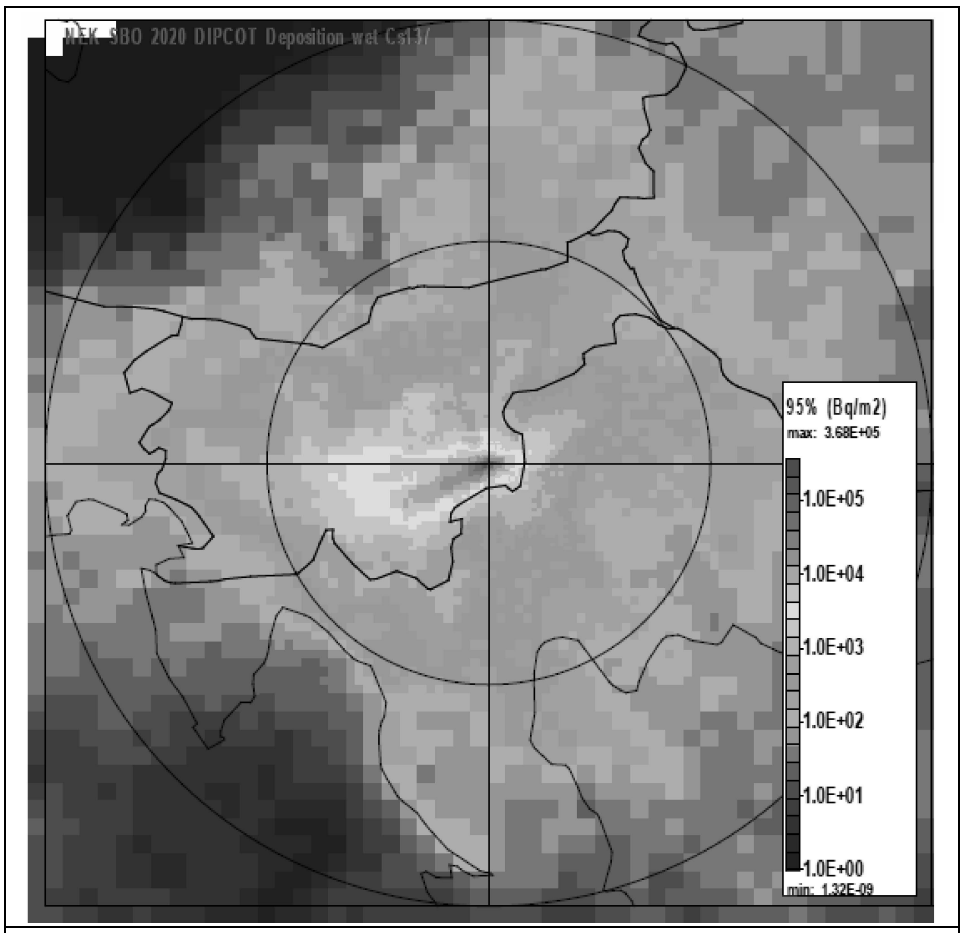
Die Methodik der Berechnungen und die Bedeutung der Legende auf den Diagrammen ist in unserer Antwort auf Frage 67 beschrieben.

Abbildung 12: Das Diagramm zeigt die nasse Deposition von Cs-137 bei einem SBO-Unfall.



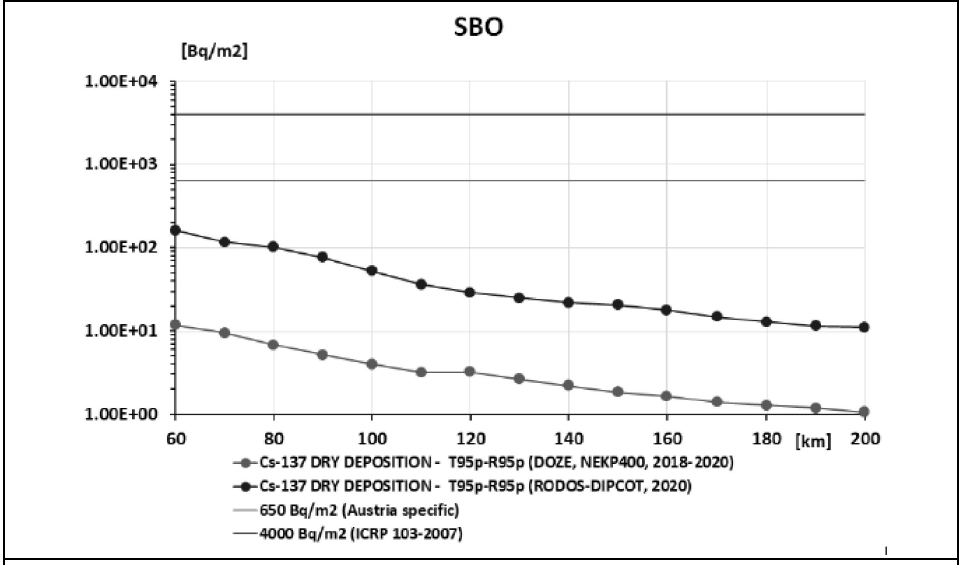
Quelle: ANTWORTEN 2022 umweltbundesamt

Abbildung 13: Das 2D-Diagramm zeigt die örtliche Verteilung des 95. Perzentils für die nasse Deposition von Cs-137 bei einem SBO-Unfall.



Quelle: ANTWORTEN 2022 umweltbundesamt

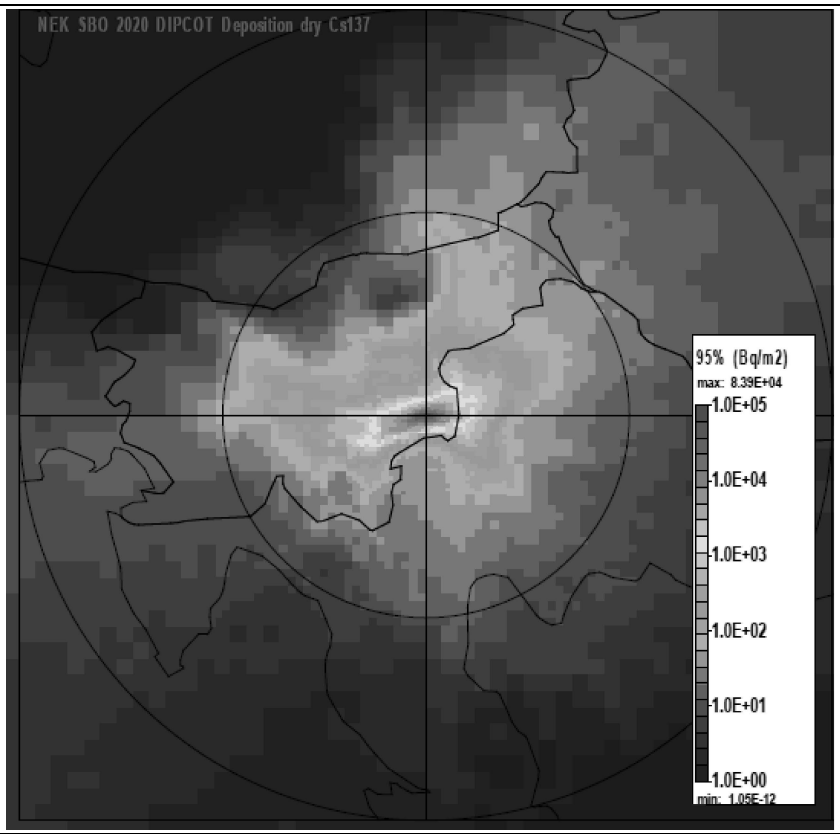
Abbildung 14: Das Diagramm zeigt die trockene Deposition von Cs-137 bei einem SBO-Unfall.



Quelle: ANTWORTEN 2022 umweltbundesamt

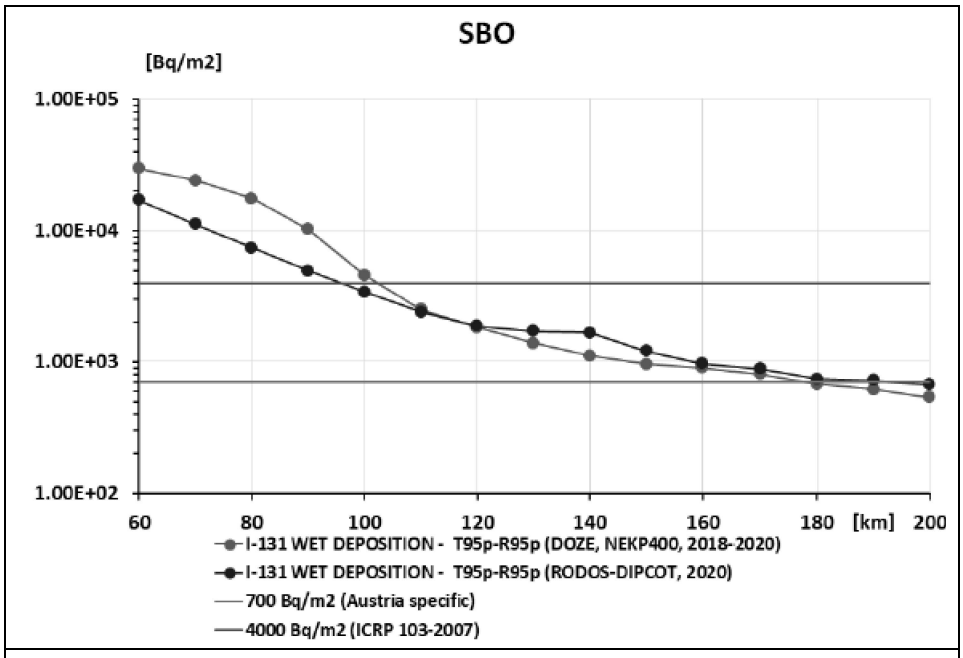
Die Unterschiede zwischen den Ergebnissen sind auf die unterschiedlichen Geschwindigkeitskoeffizienten der trockenen Deposition von Cs-137 und auf die im Umweltverträglichkeitsbericht beschriebenen unterschiedlichen Methoden der Bearbeitung der Ergebnisse zurückzuführen. DOZE verwendet den Koeffizienten von MACCS, während RODOS seine eigenen hat.

Abbildung 15: Das 2D-Diagramm zeigt die örtliche Verteilung des 95. Perzentils für die trockene Deposition von Cs-137 bei einem SBO-Unfall.



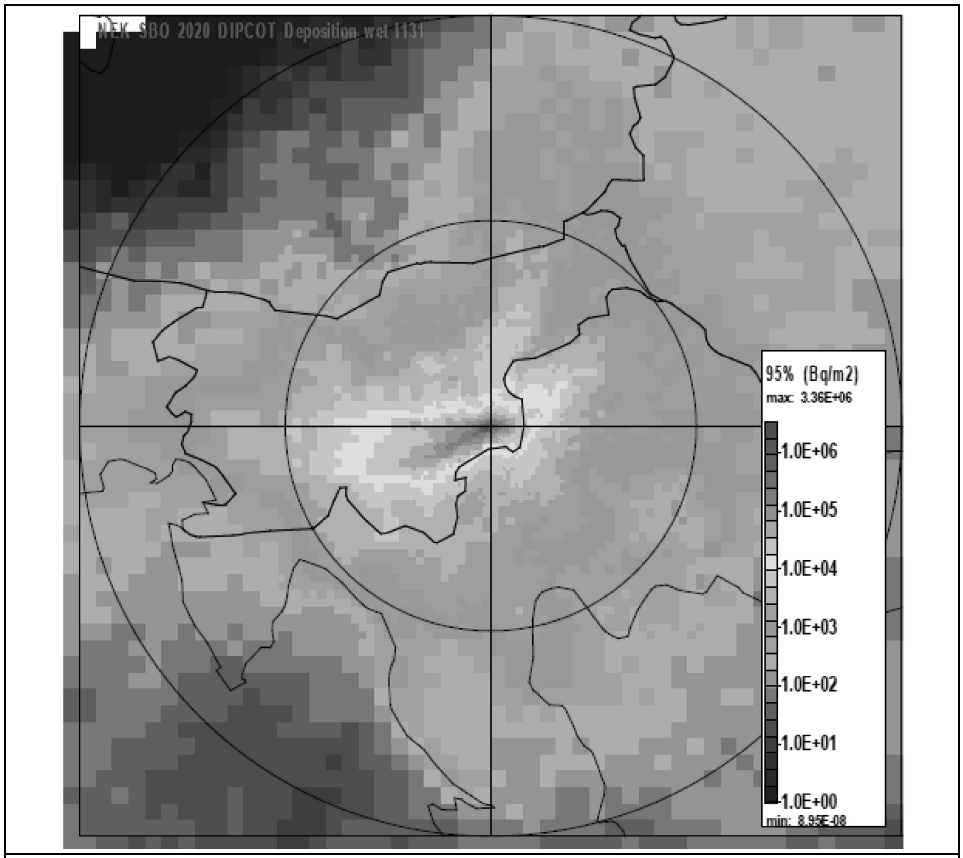
Quelle: ANTWORTEN 2022 umweltbundesamt

Abbildung 16: Das Diagramm zeigt die nasse Deposition von I-131 bei einem SBO-Unfall.



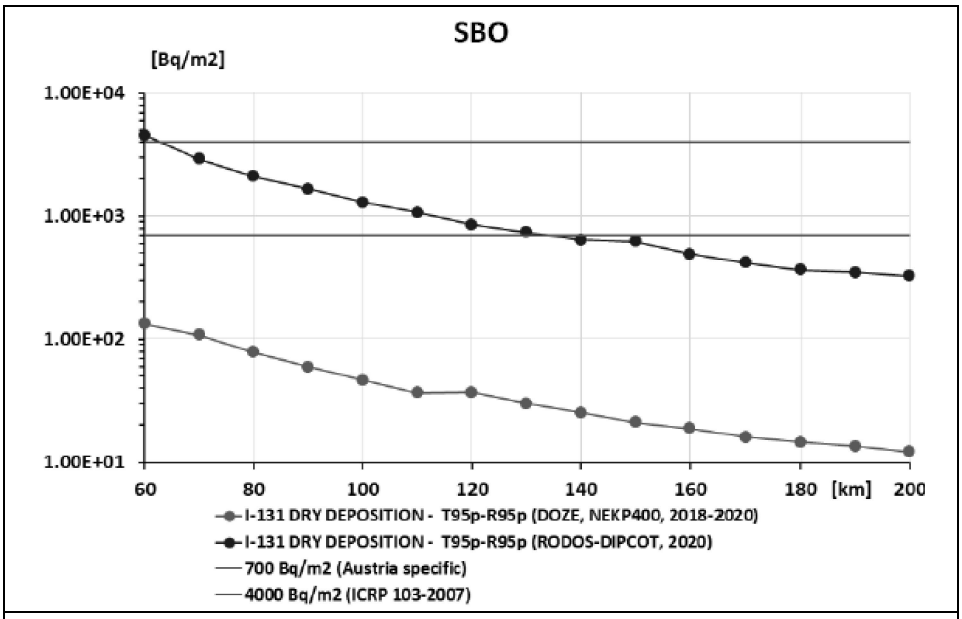
Quelle: ANTWORTEN 2022 umweltbundesamt

Abbildung 17: Das 2D-Diagramm zeigt die örtliche Verteilung des 95. Perzentils für die nasse Deposition von I-131 bei einem SBO-Unfall.



Quelle: ANTWORTEN 2022 umweltbundesamt

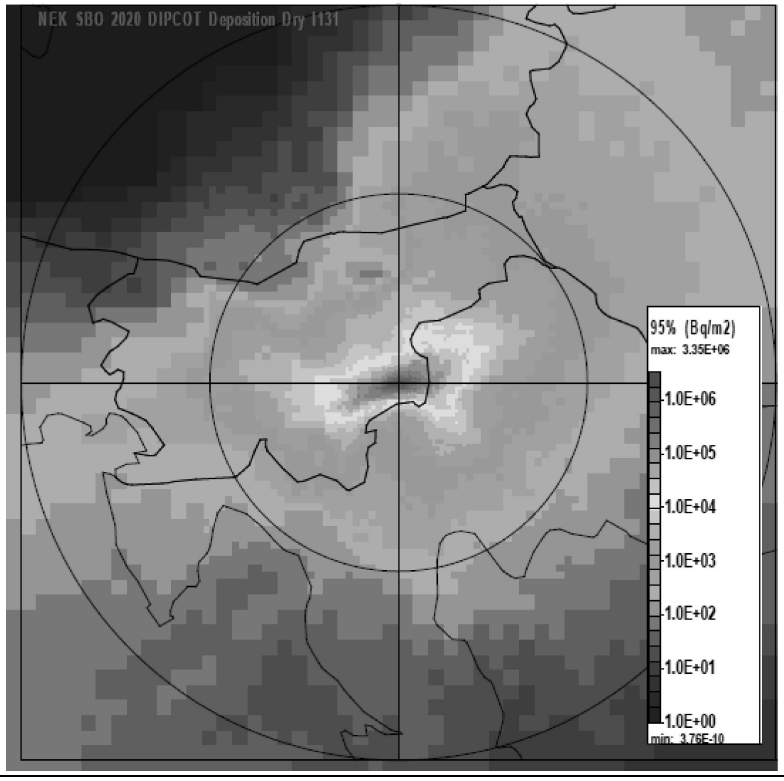
Abbildung 18: Das Diagramm zeigt die trockene Deposition von I-131 bei einem SBO-Unfall.



Quelle: ANTWORTEN 2022t umweltbundesamt

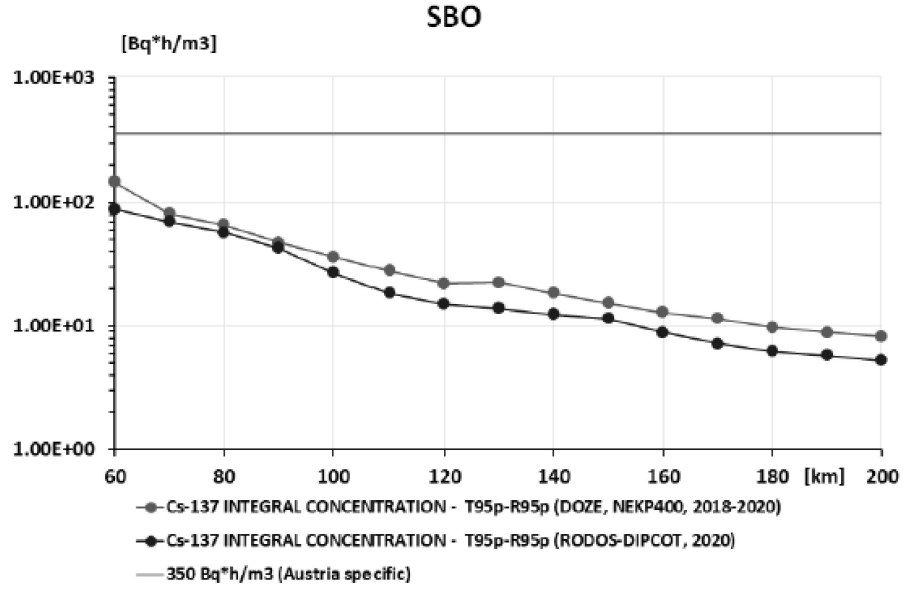
Die Unterschiede zwischen den Ergebnissen sind auf die unterschiedlichen Geschwindigkeitskoeffizienten der trockenen Deposition von I-131 und auf die im Umweltverträglichkeitsbericht beschriebenen unterschiedlichen Methoden der Bearbeitung der Ergebnisse zurückzuführen. DOZE verwendet den Koeffizienten von MACCS, während RODOS seine eigenen hat.

Abbildung 19: Das 2D-Diagramm zeigt die örtliche Verteilung des 95. Perzentils für die trockene Deposition von I-131 bei einem SBO-Unfall.



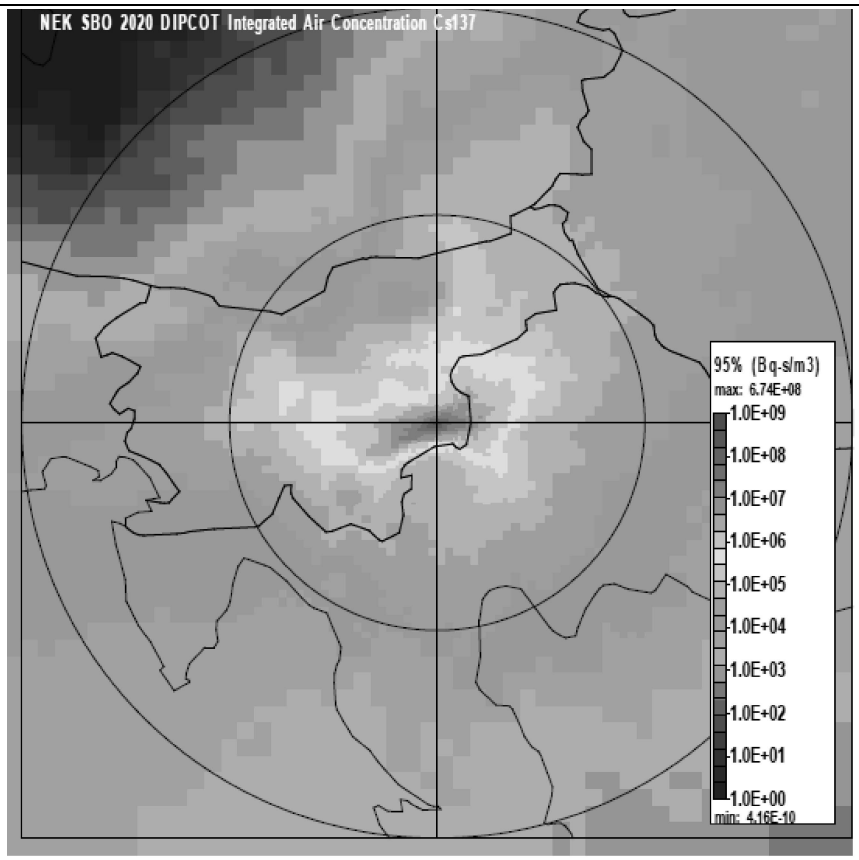
Quelle: ANTWORTEN 2022 umweltbundesamt

Abbildung 20: Das Diagramm zeigt die integrale Cs-137-Konzentration bei einem SBO-Unfall.



Quelle: ANTWORTEN 2022 umweltbundesamt

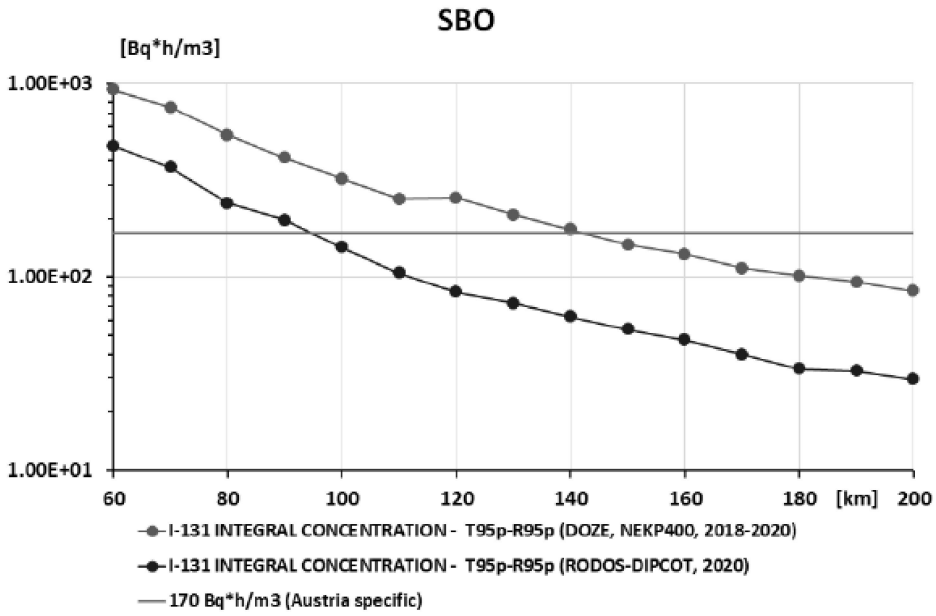
Abbildung 21: 2D-Diagramm, das die Verteilung der 95-Perzentil-Werte der integralen Cs-137-Konzentration für einen SBO-Unfall zeigt.



*Hinweis: die Werte in der Abbildung sind in Bq*s/m3 und nicht in Bq*h/m3 angegeben.*

Quelle: ANTWORTEN 2022 umweltbundesamt

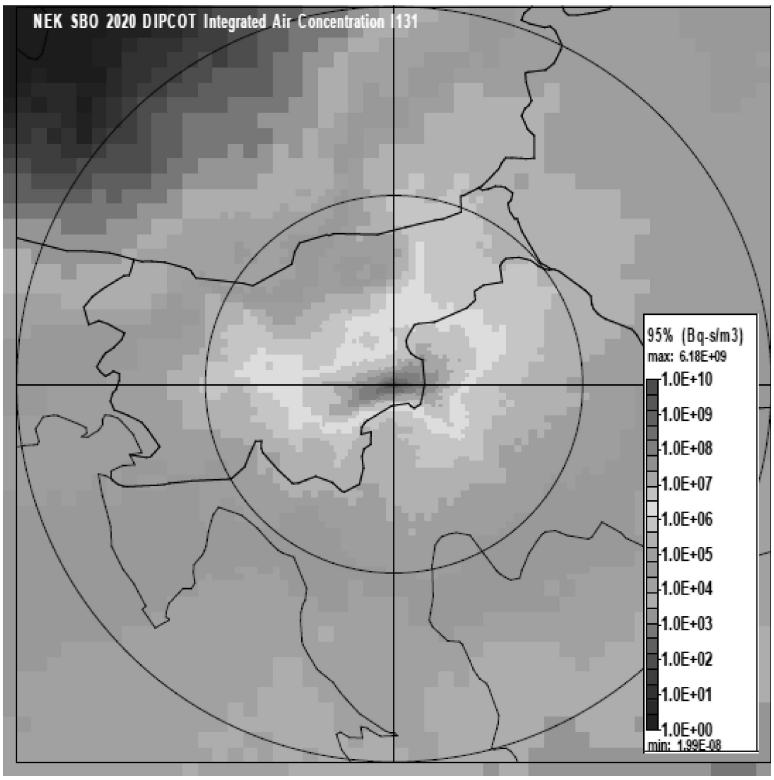
Abbildung 22: Das Diagramm zeigt die integrale I-131-Konzentration bei einem SBO-Unfall.



Die Ergebnisse des DOZE-Programms sind konservativ, da sie die Verringerung der Konzentrationen in der Wolke aufgrund von Deposition und radioaktivem Zerfall nicht berücksichtigen.

Quelle: ANTWORTEN 2022 umweltbundesamt

Abbildung 23: Das 2D-Diagramm zeigt die örtliche Verteilung der 95-Perzentil-Werte für die integrale I-131-Konzentration bei einem SBO-Unfall.



*Hinweis: Die Werte in der Abbildung sind in Bq*s/m3 und nicht in Bq*h/m3 angegeben.*

Quelle: ANTWORTEN 2022 umweltbundesamt

Bewertung der Antwort

Die Frage wurde sehr umfassend beantwortet, die slowenische Seite lieferte dankenswerterweise Werte, die direkt mit den Werten aus dem Maßnahmenkatalog (BMLFUW 2014) verglichen werden können, konkret mit den (Prognose)Werten für Maßnahme A07 („Die unverzügliche Ernte von vermarktungsfähigen Produkten, insbesondere von lagerfähigen Produkten").

Tabelle 2: (Prognose-)Werte für die landwirtschaftliche Maßnahme A07 (BMLFUW 2014) und Abgleich mit Berechnungsergebnissen für den schweren Unfall in Krško (ANTWORTEN 2022)

	I-131 trockene Deposition	**I-131 Deposition**	**Cs-137 trockene Deposition**	**Cs-137 Deposition**
Start von Maßnahme A07	170 Bq*h/m^3	700 Bq/m^2	350 Bq*h/m^3	650 Bq/m^2
Dieser Wert wird bis zu dieser Entfernung erreicht oder überschritten	Ca. 140 km	Mind. 200 km* (nasse Dep.) Ca. 140 km (trockene Dep.)	Wird in Österreich nicht überschritten	Ca. 100 km (nasse Dep.) Wird in Österreich nicht überschritten (trockene Dep.)

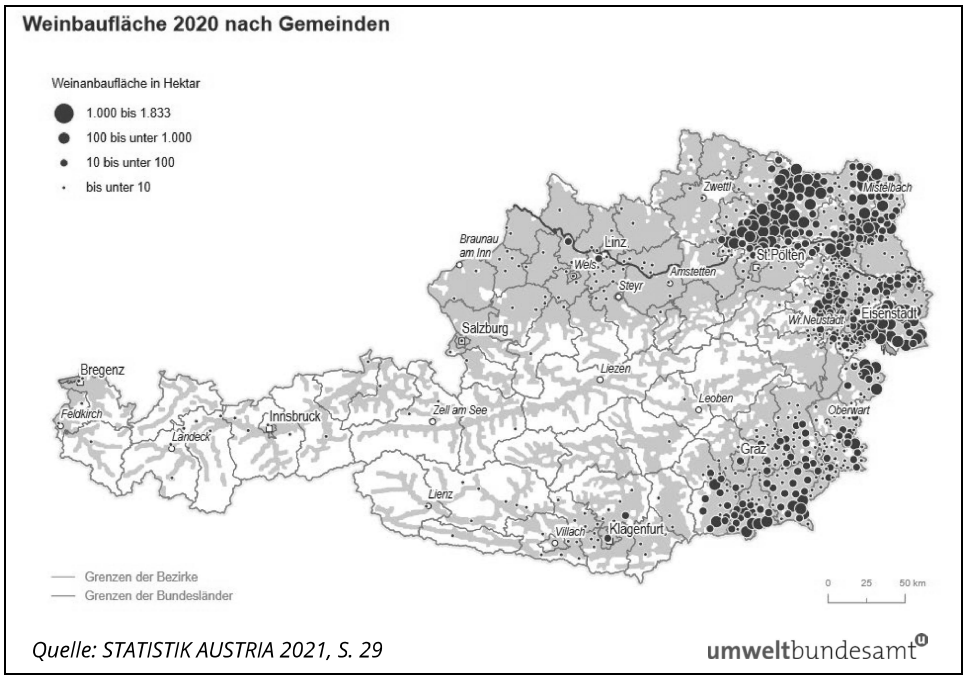
* *Die Berechnungen wurden nur bis 200 km durchgeführt Ein Überschreiten dieses Iodwertes für die nasse Deposition könnte auch in noch größerer Entfernung vom KKW auftreten. (siehe Abb. 16)*

Laut Maßnahmenkatalog können bei Überschreiten dieser (Prognose-)Werte im ungünstigsten Fall die EU-Höchstwerte für Nahrungsmittel (in diesem Fall Blattgemüse) überschritten werden.

Es zeigt sich, dass beim von der slowenischen Seite berechneten auslegungsüberschreitenden schweren Unfall Teile von Österreich soweit kontaminiert werden können, dass landwirtschaftliche Maßnahmen starten müssten. Dies betrifft einen Bereich von zumindest 200 km Entfernung vom KKW Krško. Die Luftlinie von Krško nach Graz beträgt ca. 120 km. In einen Radius von 200 km fallen Teile von Kärnten, der Lungau, und weite Teile der Steiermark.

Die betroffenen Gebiete sind landwirtschaftlich wichtig für Österreich. In der Steiermark werden v.a. Getreide wie Weizen und Mais, weiters Wein, Ölkürbisse und Äpfel angebaut, aber auch anderes Obst. Auch die Vieh- und Milchwirtschaft liefern bedeutende Beiträge. (STATISTIK AUSTRIA 2021)

Abbildung 24: Weinbaufläche in Österreich 2020.

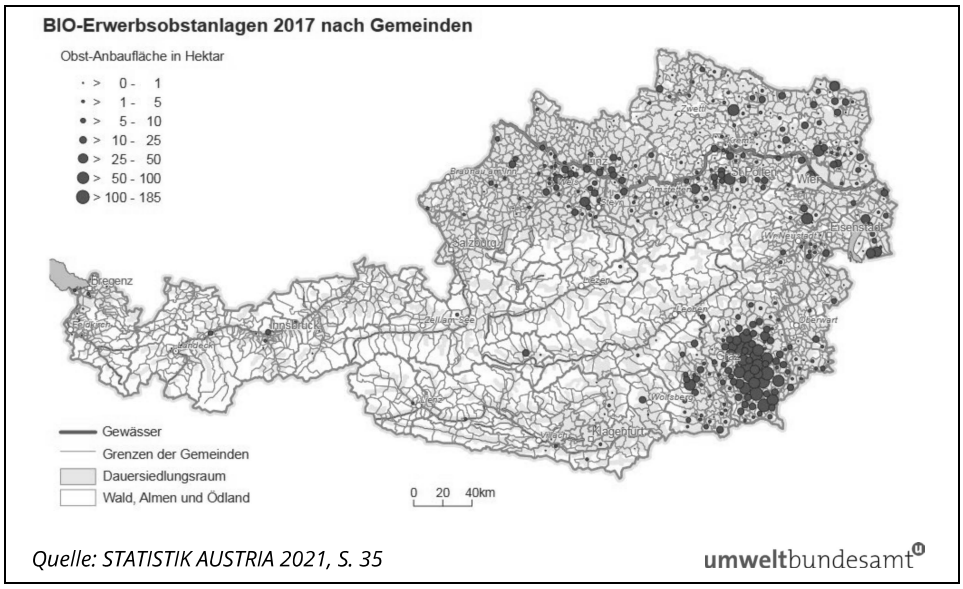


Quelle: STATISTIK AUSTRIA 2021, S. 29

Aus obiger Abbildung ist ersichtlich, dass das möglicherweise durch einen schweren Unfall im KKW Krško betroffene Gebiet innerhalb eines 200 km Radius zahlreiche Weinbaugebiete v.a. in der Südsteiermark umfasst. Über 10% des österreichischen Weines werden in der Steiermark produziert. (STATISTIK AUSTRIA 2021)

In der Steiermark werden über drei Viertel der österreichischen Äpfel produziert, ebenso wie zwei Drittel des biologisch angebauten Obstes. (STATISTIK AUSTRIA 2021)

Abbildung 25: Bio-Erwerbsobstanlagen 2017.



Quelle: STATISTIK AUSTRIA 2021, S. 35

Es ist zudem zu berücksichtigen, dass die Maßnahme A07 nur wirkt, wenn die ganze Ernte von vermarktungsfähigen Produkten innerhalb kürzester Zeit eingebracht werden kann. Dies hängt nicht nur von der Länge der Vorwarnzeit ab, sondern auch von der Verfügbarkeit entsprechender Erntemaschinen und von Lagerräumen und Personalressourcen.

In Folge kann es auch zu Imageschäden der betroffenen Regionen kommen, wie dies wird auch im Maßnahmenkatalog formuliert wird *„Aufgrund der Stigmatisierung der betroffenen Gegend können die aus der Region stammenden Produkte aus Akzeptanzgründen nicht vermarktbar sein und müssen entsorgt werden."* (BMLFUW 2014, S. 30)

Vorläufige Empfehlung (VE)

- **VE17:** *Es sollte berücksichtigt werden, dass in Österreich andere Dosisrichtwerte für den Start von Interventionsmaßnahmen gelten als in Slowenien. Berechnungen und Interpretationen der Ergebnisse sollten dies berücksichtigen.*

Antwort der slowenischen Seite

Die UVP-Dosen sind ohne Anwendung von Schutzmaßnahmen berechnet. Als Kriterium für die Folgenabschätzung haben wir die Dosisgrenzwerte ("TEDE" für die effektive Ganzkörperdosis und die Schilddrüsendosis) sowie die Boden-Aktivitätskonzentrationen der Gammakontamination aus ICRP 103-2007 verwendet. Die slowenischen Rechtsvorschriften sind im Hinblick auf Interventionsmaßnahmen mit ICRP 103-2007 harmonisiert. Die Republik Österreich stützt sich bei ihren Schutzmaßnahmen und Folgenabschätzungen natürlich auf ihre eigenen Gesetze. Die UVP wurde nach international anerkannten Kriterien erstellt.

Bewertung der Antwort

Die Dosisberechnung ohne Anwendung von Schutzmaßnahmen entspricht auch der österreichischen Vorgehensweise, abgesehen von den Berechnungen für die Maßnahmen der Umsiedelung – hier würden realistische Aufenthaltszeiten im Freien und die Wirkung von Schutz- und Sanierungsmaßnahmen berücksichtigt werden (GESAMTSTAATLICHER NOTFALLPLAN 2020).

Die Empfehlung bleibt leicht abgeändert bestehen.

Vorläufige Empfehlung (VE)

- **VE18:** *Es wird empfohlen, die grenzüberschreitenden Auswirkungen für einen schweren Unfall mit Versagen des Sicherheitsbehälters zu berechnen, und zwar unabhängig von der ermittelten Eintrittswahrscheinlichkeit, solange dieser physikalisch möglich ist.*

Antwort der slowenischen Seite

Die Auswahl des repräsentativen Unfalls im Umweltverträglichkeitsbericht erfolgte auf der Grundlage des Sicherheitsberichts des KKW Krško sowie deterministischer und probabilistischer Sicherheitsanalysen. Das Referenzszenario eines schweren Unfalls wurde als Grenz- oder Envelope-Szenario ausgewählt, das die größte Herausforderung für grenzüberschreitende Auswirkungen darstellt, da es sich um ein sehr konservatives (fast unwahrscheinliches) Szenario mit Ausfall der gesamten Wechselstromversorgung, der Verfügbarkeit von Sicherheits-/Hilfssystemen und der Betriebsmannschaft für 24 Stunden handelt (keine Maßnahmen der Betriebsmannschaft in den ersten 24 Stunden). Eine Begründung der Auswahl des repräsentativen Unfalls findet sich im Umweltverträglichkeitsbericht, Abschnitt 6.4.

Die Integrität des Sicherheitsbehälters kann durch ein schweres Erdbeben, den Absturz eines großen Flugzeugs oder einen extremen Druck-/Temperaturanstieg im Inneren physisch gefährdet werden. Nach den durchgeführten Bruchanalysen ist eine Beschädigung des Sicherheitsbehälters bei einem Grenzbeben mit einer Wiederkehrperiode von bis zu 100.000 Jahren unwahrscheinlich. Aufgrund der Analyse der Auswirkungen eines Flugzeugabsturzes auf den Sicherheitsbehälter des KKW Krško ist kein Verlust der Integrität des Sicherheitsbehälters zu erwarten und die prognostizierten Freisetzungen wären nicht höher als die im Umweltverträglichkeitsbericht berechneten. Die Integrität des Sicherheitsbehälters bei einem Anstieg des Innendrucks oder der Innentemperatur wird durch aktive Sicherheitssysteme und (Design Extension Conditions) passive Rekombinatoren (PAR – Passive Autocatalytic Recombiner) sowie ein passives Filtersystem (PCFV – Passive Containment Filter Venting) gewährleistet. Daher wurde die Leckage des Sicherheitsbehälters in der UVP-Berechnung als Freisetzung durch das PCFV-System mit zusätzlicher Auslegungsleckage bei erhöhtem Druck betrachtet. Die in den probabilistischen Sicherheitsanalysen des KKW

Krško betrachtete Freisetzungskategorie RC6 (Versagen des Sicherheitsbehälters) geht von einem geringeren Quellterm im Sicherheitsbehälter und folglich von einer geringeren Freisetzung von Radionukliden als der im Umweltverträglichkeitsbericht für den ausgewählten repräsentativen Unfall mit vollständiger Kernschmelze vorhergesagten aus. Dies bedeutet, dass im Umweltverträglichkeitsbericht der maximal mögliche Quellterm berücksichtigt wurde.

Bewertung der Antwort

Die Empfehlung bleibt bestehen, sie wird leicht modifiziert. In den Kapiteln 4 und 5 wird dargelegt, dass die Erdbebengefährdung bzw. die Gefährdung durch einen Absturz eines Verkehrsflugzeuges noch nicht ausreichend nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik bewertet wurde. Daher ist der Nachweis des Erhalts der Integrität des Sicherheitsbehälters nicht vollständig gegeben. Zudem sollten die Auswirkungen von schweren Unfällen auch unabhängig von der zurzeit errechneten geringen Wahrscheinlichkeit ermittelt werden. Darüber hinaus sind auch schwere Unfälle mit Umgehung des Sicherheitsbehälters möglich.

7.3 Schlussfolgerungen und abschließende Empfehlungen

Im Rahmen der UVP wurden Berechnungen für einen Auslegungsstörfall und einen auslegungsüberschreitenden Unfall vorgelegt. Für beide wurden für Österreich erhebliche nachteilige Auswirkungen ausgeschlossen. Dies kann so jedoch nicht nachvollzogen werden.

Die in den Konsultationen vorgelegten Daten zeigen, dass beim von der slowenischen Seite berechneten auslegungsüberschreitenden schweren Unfall Teile von Österreich soweit kontaminiert werden können, dass landwirtschaftliche Maßnahmen wie die vorgezogene Ernte eingeleitet werden müssten. Dies betrifft einen Bereich von zumindest 200 km Entfernung vom KKW Krško. In diesen Bereich fallen Teile von Kärnten, der Lungau, und weite Teile der Steiermark.

Da bisher nicht belegt wurde, dass der für die im UVP-Bericht vorgelegten Berechnungen verwendete Quellterm tatsächlich abdeckend ist, kann ein über die berechneten Unfälle hinausgehender schwerer Unfall erheblich größere radiologische Wirkungen auf österreichisches Staatsgebiet zeigen. Insbesondere zeigt die Ermittlung der radiologischen Auswirkungen zu einem möglichen schweren Unfall im Projekt flexRISK größere, noch erheblichere Auswirkungen als im UVP-Bericht ermittelt wurden. Insgesamt können derartige Unfälle mit entsprechenden erheblichen Auswirkungen auf österreichisches Staatsgebiet zum jetzigen Zeitpunkt nicht ausgeschlossen werden.

7.3.1 Abschließende Empfehlungen (AE)

- **AE23:** *Es sollte berücksichtigt werden, dass in Österreich andere Dosisrichtwerte für den Start von Interventionsmaßnahmen gelten als in Slowenien.*
- **AE24:** *Es wird empfohlen, die grenzüberschreitenden Auswirkungen für einen schweren Unfall mit Versagen oder Umgehung des Sicherheitsbehälters zu berechnen, und zwar unabhängig von der ermittelten Eintrittswahrscheinlichkeit, solange dieser physikalisch möglich ist.*

8 ABSCHLIEßENDE EMPFEHLUNGEN (AE)

Aus Sicht des Expert:innenteams ergeben sich anhand der vorgelegten Informationen nachfolgend angeführte abschließende Empfehlungen.

8.1 Verfahren und Alternativen

- **AE1:** *Es sollte nicht darauf verzichtet werden, im Rahmen der UVP Alternativen zur Laufzeitverlängerung zu untersuchen.*

8.2 Abgebrannte Brennelemente und radioaktive Abfälle

- **AE2:** *Um das vom KKW Standort Krško ausgehende Risiko zu mindern, sollten die abgebrannten Brennelemente, die ausreichend abgeklungen sind, so zügig wie aus Sicherheitsgründen möglich in das Trockenlager umgeladen werden.*

8.3 Langzeitbetrieb des Reaktortyps

- **AE3:** *Es wird empfohlen, alle technisch verfügbaren Sicherheitsverbesserungen zur Verhinderung von Unfällen umzusetzen.*
- **AE4:** *Es wird empfohlen, alle Anforderungen des 2020 WENRA Referenzlevels im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfung 3 (3. PSÜ) zu überprüfen und die Erfüllung der WENRA RL 2020 als eine Voraussetzung für die Genehmigung zur Laufzeitverlängerung zu nehmen.*
- **AE5:** *Es wird empfohlen mehr als einen Strang der Sicherheitssysteme gegen DEC-Erdbeben auszulegen.*
- **AE6**: *Es wird empfohlen die Anpassung des Alterungsmanagements an den Stand von Wissenschaft und Technik wie dieser im entsprechenden IAEA Safety Standard IAEA SSG 48 aus 2018 festgeschrieben ist, vor der Genehmigung zur Laufzeitverlängerung abzuschließen.*
- **AE7**: *Es wird empfohlen, die Ergebnisse der SALTO-Mission bindend in die Entscheidung zur Genehmigung Laufzeitverlängerung aufzunehmen.*
- **AE8**: *Es wird empfohlen im Rahmen des bilateralen Treffens folgende Informationen/Themen zu erläutern:*
  - *Ergebnisse und Umsetzungsstand der 3. PSÜ*
  - *Berechnungen/Experimente zum Sprühsystem für das Brennelemente-Lagerbecken, mit dem die Brennelemente selbst bei komplettem Verlust des Kühlmittels durch ein großes Leck langfristig gekühlt werden kann.*
  - *Ergebnisse des TPR 2 zum Brandschutz*

8.4 Unfallanalyse (DBA und BDBA)

- **AE9:** *Es wird empfohlen, die WENRA-Sicherheitsziele für neue KKW zu verwenden, um vernünftig machbare Sicherheitsverbesserungen für das KKW Krško zu identifizieren. Auch wenn die Wahrscheinlichkeit eines Unfallszenarios sehr gering ist, sollten alle zusätzlichen, vernünftig machbaren Sicherheitsverbesserungen zur Verringerung des Risikos umgesetzt werden. Es wird empfohlen, für diesen Ansatz das Konzept des praktischen Ausschlusses für Unfälle mit frühen oder großen Freisetzungen zu verwenden.*
- **AE10**: *Es wird empfohlen vor der Genehmigung zur Laufzeitverlängerung eine aktuelle Sicherheitsanalyse zu den potenziellen Auswirkungen eines Flugzeugabsturzes nach dem Stand von Wissenschaft und Technik zu erstellen und die Ergebnisse in der Entscheidung zur Laufzeitverlängerung zu beachten.*
- **AE11***: Es wird empfohlen vor der Genehmigung zur Laufzeitverlängerung die Bewertung der externen und internen Gefahren nach dem Stand von Wissenschaft und Technik abzuschließen, und gegebenenfalls erforderliche Nachrüstungen vor der Genehmigung zur Laufzeitverlängerung durchzuführen.*
- **AE12:** *Es wird empfohlen, die folgenden Informationen über Störfallanalysen und die Ergebnisse der PSA 2 im Rahmen der bilateralen Treffen bereitzustellen, um nachvollziehbar beurteilen zu können, ob Österreich potenziell betroffen ist:*
  - *Häufigkeit großer (früher) Freisetzungen (L(E)RF)*
  - *Anteil der Kernschmelzunfälle, die zum Containmentversagen oder -Containment-Bypass führen*
  - *Liste der auslegungsüberschreitenden Störfälle (BDBAs) und insbesondere der zugehörigen Quellterme*

8.5 Unfälle durch externe Ereignisse

- **AE13:** *Es wird empfohlen, systematische paläoseismologische Untersuchungen durchzuführen, um Versatzraten, Häufigkeit und Magnitude von Paläoerdbeben zu bestimmen und die Unsicherheiten in Bezug auf die Bewertung von aktiven, wahrscheinlich aktiven und möglicherweise aktiven Störungen im Nahfeld (Near Region, < 25 km) von Krško zu minimieren.*
- **AE14:** *Es wird empfohlen, die paläoseismologischen Ergebnisse in den aktualisierten Gefährdungsanalysen für Oberflächenversatz (PFDHA) und Erdbebenbelastungen (PSHA) zu verwenden.*

- **AE15:** *Die Ergebnisse einer Gefährdungsanalyse für Oberflächenversatz (PFDHA) sind in hohem Maße von Eingangsdaten (Bewegungsgeschwindigkeit und Erdbebenhäufigkeit an den berücksichtigten Störungen) und verwendeten Modellen abhängig. Es wird empfohlen, die existierende PFDHA für den Standort Krško im Lichte neuer methodischer Entwicklungen und der neuen Daten aus den laufenden paläoseismologischen Untersuchungen zu überprüfen und gegebenenfalls zu aktualisieren.*
- **AE16:** *Es wird empfohlen, die Ergebnisse der Erdbebengefährdungsstudie (PSHA 2022), die derzeit für ein möglicherweise neu zu errichtendes KKW am Standort Krško von GEN 2 durchgeführt wird, auch auf das bestehende KKW Krško anzuwenden. Da die Standortbedingungen für beide Anlagen identisch sind, sollen die Ergebnisse der PSHA 2022 nach WENRA (2021, RL E11.1) auch auf die bestehende Anlage angewendet werden.*
- **AE17:** *Es wird empfohlen, Entscheidungen über die Laufzeitverlängerung der Anlage erst zu treffen, wenn ein unabhängig geprüftes Ergebnis der PSHA 2022 vorliegt.*
- **AE18:** *Es wird empfohlen, die Entscheidung über die Laufzeitverlängerung auf folgenden Grundlagen zu treffen: (1) der derzeit durchgeführten und 2022 abzuschließenden PSHA; (2) dem Nachweis, dass alle sicherheitsrelevanten SSCs den Anforderungen entsprechen, die sich aus der neuen PSHA ergeben. Die Empfehlung gründet sich auf den hohen Beitrag von Erdbeben am Gesamtrisiko der Anlage (57% Anteil an der gesamten Kernschadenswahrscheinlichkeit).*
- **AE19:** *Es wird empfohlen, die Umsetzung von Sicherheitsnachrüstungen, die sich aus den Ergebnissen der derzeit durchgeführten PSHA 2022 ergeben könnten, als Auflage für die umweltrechtliche Bewilligung der Laufzeitverlängerung festzulegen (analog zu den Auflagen auf extreme Witterungsbedingungen und Klimawandel). Die Empfehlung gründet sich auf den hohen Beitrag von Erdbeben am Gesamtrisiko der Anlage (57% Anteil an der gesamten Kernschadenswahrscheinlichkeit) und den erheblichen Umwelteinflüssen, die durch Freisetzungen nach einem Erdbeben auftreten können.*

8.6 Unfälle durch Beteiligung Dritter

- **AE20:** *Im UVP-Verfahren sollten die rechtlichen Anforderungen in Bezug auf den Schutz gegen den absichtlichen Absturz eines Verkehrsflugzeugs und andere Terror- und Sabotageakte dargestellt werden.*
- **AE21:** *In Anbetracht der Ergebnisse des Nuclear Security Index sollte der Schutz vor potenziellen Cyberangriffen und Innentätern verbessert werden.*
- **AE22:** *Zur Unterstützung der Verbesserung der nuklearen Sicherung sollte eine IAEO International Physical Protection Advisory Service (IPPAS) durchgeführt werden.*

8.7 Grenzüberschreitende Auswirkungen

- **AE23:** *Es sollte berücksichtigt werden, dass in Österreich andere Dosisrichtwerte für den Start von Interventionsmaßnahmen gelten als in Slowenien.*
- **AE24:** *Es wird empfohlen, die grenzüberschreitenden Auswirkungen für einen schweren Unfall mit Versagen oder Umgehung des Sicherheitsbehälters zu berechnen, und zwar unabhängig von der ermittelten Eintrittswahrscheinlichkeit, solange dieser physikalisch möglich ist.*

LITERATURVERZEICHNIS

ANTWORTEN (2022): Priloga14_Fachstellungnahme_At_NEK_response_SLO_NEM.pdf. 69 Seiten.

CLINE, K.M., CLINE, M.L., BLANCO, JH., QUITTMEYER, R., KIMBALL, J., RIZZO, P.C. & BAVEC, M. (2015): Probabilistic fault displacement hazard analysis for regulatory decision-making: a case study using state-of-the-practice fault characterization methods. Conference Paper: Best Practices in Physics-based Fault Rupture Models for Seismic Hazard Assessment of Nuclear Installations, IAEA, Vienna, 18-20.11.2015, 15 pp.

EC – EUROPEAN COMMISSION (2020): Commission Staff Working Document. Assessment of the final national energy and climate plan of Slovenia. Brussels, 14.10.2020, SWD(2020) 923 final. CORRIGENDUM. This document corrects document SWD(2020) 923 final of 14.10.2020.

ENTWURF BEWILLIGUNG (2022): Republik Slowenien, Ministerium für Umwelt und Raumordnung: Umweltschutzrechtliche Zustimmung. Entwurf. pdf, 100 Seiten.

GESAMTSTAATLICHER NOTFALLPLAN (2020): BMK. Gesamtstaatlicher Notfallplan: Ereignisse in Kernkraftwerken und anderen kerntechnischen Anlagen. https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:9b5c25e2-7e90-44b0-9edd-aaf9153eaf25/notfallplan_KKW.pdf

GREMER N., ADAM C., MEDINA R.A., MOSCHEN L. (2019): Vertical Peak Floor Accelerations of Elastic Moment Resisting Steel Frames. In: Bulletin of Earthquake Engineering. https://doi.org/10.1007/s10518-019-00576-6

IAEA – INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (2016b): Considerations on the Application of the IAEA Safety Requirements for the Design of Nuclear Power Plants, TECDOC-1791.

IAEA – INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (2021a): International Physical Protection Advisory Service (IPPAS); http://www-ns.iaea.org/security/ippas.asp

IAEA – INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (2022): Peer Review and Advisory Services Calendar; https://www.iaea.org/services/review-missions/calendar

INRAG – INTERNATIONAL NUCLEAR RISK ASSESSMENT GROUP (2021): Risiken von Laufzeitverlängerungen alter Atomkraftwerke, Revision 4; April 2021

NEK (2021): Projekt: Langfristiger Betrieb des Kernkraftwerks Krško (2023-2043). (Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško von 40 auf 60 Jahre). Krško, den 14. Oktober 2021, Rev. 3. pdf, 91 Seiten.

NTI – NUCLEAR THREAT INITIATIVE (2021): Nuclear Security Index. http://ntiindex.org

RESCH, G., LIEBMANN, L., GEIPEL, J. (2021): A renewable pathway for decarbonizing the electricity sector in Croatia and Slovenia – Just Transition for an early coal and nuclear exit. TU Wien, June 2021.

SNSA - SLOVENIAN NUCLEAR SAFETY ADMINISTRATION (2011): Slovenian national report on nuclear Stress Tests, Final Report, December 2011, 190pp. http://www.ensreg.eu/node/355

SNSA - SLOVENIAN NUCLEAR SAFETY ADMINISTRATION (2017): Update of the Slovenian post-Fukushima action plan Revision 1 December 2017, 78pp. https://www.ensreg.eu/document/updated-national-action-plan-slovenia-1

SNSA – SLOVENIAN NUCLEAR SAFETY ADMINISTRATION (2021a): Update of the Slovenian Post-Fukushima Action Plan, December 2021

STATISTIK AUSTRIA (2021): Statistik der Landwirtschaft. https://www.statistik.at/fileadmin/publications/Statistik_der_Landwirtschaft_2020.pdf

UMWELTBUNDESAMT (2022): Becker, O.; Decker, K., Moschen, L., Mraz, G.: KKW Krško/Slowenien Laufzeitverlängerung. Umweltverträglichkeitsprüfung. Fachstellungnahme. Erstellt im Auftrag des BMK, Abt. VI/8 Allgemeine Koordination von Nuklearangelegenheiten. Mitfinanziert durch die Bundesländer Burgenland, Kärnten, Niederösterreich, Oberösterreich, Salzburg, Steiermark und Vorarlberg. REP-0810, Wien.

UVP-BERICHT (2022): Umweltverträglichkeitsbericht für die Verlängerung der Betriebsdauer des KKW Krško von 40 auf 60 Jahre – Nuklearna Elektrarna Krško d.o.o.. Verfasser: E-NET Okolje d.o.o., Ljubljana. Nummer: 100820-dn. Ljubljana, Oktober 2021, Ergänzung 8.11.2021, 10.1.2022. pdf, 547 Seiten.

VALENTINI, A., FUKUSHIMA, Y., CONTRI, P., ONO, M., SAKAI, T., THOMPSON, S.C., VIALLET, E., ANNAKA, T., CHEN, R., MOSS, R., PETERSEN, M., VISINI, F., YOUNGS, R. (2021): Probabilistic Fault Displacement Hazard Assessment (PFDHA) for Nuclear Installations According to IAEA Safety Standards. Bulletin of the Seismological Society of America 111 (5): 2661–2672.

WENRA (2020b): Guidance Document Issue TU: External Hazards Guidance Head Document; 10 January 2020. https://www.wenra.eu/publications

WENRA (2020c): Guidance Document Issue TU: External Hazards Guidance on Seismic Events. Annex to the Guidance Head Document; 10 January 2020. https://www.wenra.eu/publications

WENRA (2021): WENRA Safety Reference Levels for Existing Reactors, Update in relation to lessons learned from TEPCO Fukushima Dai-ichi Accident; 24th February 2021. https://www.wenra.eu/publications

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Minimale Injektionsmenge für langfristige Abfuhr der Nach-zerfallswärme 56

Abbildung 2: Berechnete Häufigkeiten aller Freisetzungskategorien aus der PSA 2 aufgrund aller internen und externen auslösenden Ereignisse 72

Abbildung 3: Vergleich der Bemessungsfloorspektren in HORIZONTALER Richtung für das Reaktorgebäude auf der Höhe 107. 97

Abbildung 4: Vergleich der Bemessungsfloorspektren in VERTIKALER Richtung für das Reaktorgebäude auf der Höhe 107. 97

Abbildung 5: Übersicht über die Methodik der seismischen PSA. 102

Abbildung 6: Das Diagramm zeigt die effektive 2- und 3-Tages-Ganzkörper-dosis einschließlich Deposition für Erwachsene bzw. Kinder bei einem SBO-Unfall. 128

Abbildung 7: 2D-Darstellung der örtlichen Verteilung der effektiven 3-Tages-Ganzkörperdosis für Erwachsene einschließlich Deposition bei einem SBO-Unfall. 128

Abbildung 8: Das Diagramm zeigt die effektive 2- bzw. 3- und 30-Tages-Ganzkörperdosis für Erwachsene einschließlich Deposition bei einem SBO-Unfall. 129

Abbildung 9: Abbildung: Das Diagramm zeigt die 3- und 30-Tages-Schilddrüsendosis für Erwachsene bei einem SBO-Unfall. 129

Abbildung 10: Das Diagramm zeigt die 2- und 30-Tage-Schilddrüsendosis für Säuglinge (0 - 1 Jahre) bei einem SBO-Unfall. 130

Abbildung 11: Das 2D-Diagramm zeigt die örtliche Verteilung der 95-Perzentil-Werte für die 30-Tage-Schilddrüsendosis für Säuglinge (0 - 1 Jahre) bei einem SBO-Unfall. 130

Abbildung 12: Das Diagramm zeigt die nasse Deposition von Cs-137 bei einem SBO-Unfall. 132

Abbildung 13: Das 2D-Diagramm zeigt die örtliche Verteilung des 95. Perzentils für die nasse Deposition von Cs-137 bei einem SBO-Unfall. 132

Abbildung 14: Das Diagramm zeigt die trockene Deposition von Cs-137 bei einem SBO-Unfall. 133

Abbildung 15: Das 2D-Diagramm zeigt die örtliche Verteilung des 95. Perzentils für die trockene Deposition von Cs-137 bei einem SBO-Unfall. 133

Abbildung 16: Das Diagramm zeigt die nasse Deposition von I-131 bei einem SBO-Unfall. 134

Abbildung 17: Das 2D-Diagramm zeigt die örtliche Verteilung des 95. Perzentils für die nasse Deposition von I-131 bei einem SBO-Unfall. 134

Abbildung 18: Das Diagramm zeigt die trockene Deposition von I-131 bei einem SBO-Unfall. 135

Abbildung 19: Das 2D-Diagramm zeigt die örtliche Verteilung des 95. Perzentils für die trockene Deposition von I-131 bei einem SBO-Unfall. 135

Abbildung 20: Das Diagramm zeigt die integrale Cs-137-Konzentration bei einem SBO-Unfall. 136

Abbildung 21: 2D-Diagramm, das die Verteilung der 95-Perzentil-Werte der integralen Cs-137-Konzentration für einen SBO-Unfall zeigt. 136

Abbildung 22: Das Diagramm zeigt die integrale I-131-Konzentration bei einem SBO-Unfall. 137

Abbildung 23: Das 2D-Diagramm zeigt die örtliche Verteilung der 95-Perzentil-Werte für die integrale I-131-Konzentration bei einem SBO-Unfall. 137

Abbildung 24: Weinbaufläche in Österreich 2020. 139

Abbildung 25: Bio-Erwerbsobstanlagen 2017. 140

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Berechnete Häufigkeiten aller Freisetzungskategorien aus der PSA 2 aufgrund aller internen und externen auslösenden Ereignisse 72

Tabelle 2: (Prognose-)Werte für die landwirtschaftliche Maßnahme A07 (BMLFUW 2014) und Abgleich mit Berechnungsergebnissen für den schweren Unfall in Krško (ANTWORTEN 2022) 138

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ABE	Abgebrannte Brennelemente
ARAO	Agencija za Radioaktivne Odpadke, Agency for Radioactive Waste Management
BE	Brennelement
BMK	Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Österreich
Bq	Becquerel
Cs-137	Cäsium-137
DEC	Design Extension Conditions
DWR	Druckwasserreaktor, auf Englisch: PWR
ENSREG	European Nuclear Safety Regulation Group
EPRI	Electrical Power Research Institute
g	Beschleunigung
GBq	GigaBecquerel
HCLPF	High confidence of low probability of failure
I-131	Iod-131
IAEO, IAEA	Internationale Atomenergieorganisation,
	International Atomic Energy Agency
IPPAS	International Physical Protection Advisory Service
KKW	Kernkraftwerk
LILW	Schwach- und mittelradioaktive Abfälle, low and intermediate level waste
Mg	MegaGramm, eine Million Gramm, entspricht einer Tonne
mSv	MilliSievert, ein Tausendstel Sievert
MWe	MegaWatt elektrisch
MWth	MegaWatt thermisch
NAcP	National Action Plan
NEK	Nuklearna Elektrarna Krško d.o.o, Betreiber des KKW
NGO	Nichtregierungsorganisation
NTI	Nuclear Threat Initiative
PGA	Peak Ground Acceleration (Maximale (horizontale) Bodenbeschleunigung)
PFDHA	Probabilistic Fault Displacement Hazard Analysis, probabilistische Störungsversatz-Schadensanalyse
PMF	Probable Maximum Flood
PSHA	Probabilistic Seismic Hazard Assessment, Probabilistische Erdbebengefährdungsanalyse
PSÜ	Periodische Sicherheitsüberprüfung

RDB ..... Reaktordruckbehälter
RL..... Reference Level
RSK ..... Reaktor-Sicherheitskommission
SBO..... Station Blackout
SNSA..... Slovenian Nuclear Safety Administration
SRL..... Safety Reference Level
SSE..... Safe Shutdown Earthquake
SUP ..... Strategische Umweltprüfung
SUP ..... Safety Upgrade Program
UVP..... Umweltverträglichkeitsprüfung
WENRA WGWD ..... WENRA Working Group on Waste and Decommissioning
WENRA..... Western European Nuclear Regulators Association

umweltbundesamt

Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5
1090 Wien/Österreich

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

office@umweltbundesamt.at
www.umweltbundesamt.at

EMAS
VERIFIED ENVIRONMENTAL MANAGEMENT
AT-000484

ISBN 978-3-99004-643-2