

Umweltverträglichkeitsprüfung

KKW Polen



Fachstellungnahme

KKW POLEN UMWELTVERTRÄGLICHKEITSPRÜFUNG

Fachstellungnahme

Oda Becker
Kurt Decker
Gabriele Mraz

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

pulswerk
Das Beratungsunternehmen des
Österreichischen Ökologie-Instituts



REPORT
REP-0832

WIEN 2022

- Projektleitung** Franz Meister (Umweltbundesamt)
- Autor:innen** *BIEGE Nuklearexpertise*
Oda Becker, technisch-wissenschaftliche Konsultantin (Kap. 3, 5, 6, 7)
Kurt Decker (Kap. 4)
Gabriele Mraz, pulswerk GmbH (Kap. Einleitung, 1, 2, 7, Projektmanagement)
- Satz/Layout** Doris Weismayr (Umweltbundesamt)
- Übersetzungen** Patricia Lorenz
- Umschlagfoto** © iStockphoto.com/imagestock
- Auftraggeber** Diese Publikation wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Abteilung VI/8 Allgemeine Koordination von Nuklearangelegenheiten erstellt.
- Dank** Dank gilt dem mitfinanzierenden Bundesland Niederösterreich.
- 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 978-3-99004-660-9

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	6
SUMMARY	12
STRESZCZENIE	17
EINLEITUNG	23
1 VERFAHREN UND ALTERNATIVEN	24
1.1 Darstellung in den UVP-Unterlagen.....	24
1.2 Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die UVP- Scoping-Fachstellungnahme	30
1.3 Schlussfolgerungen, Fragen und vorläufige Empfehlungen.....	32
1.3.1 Fragen	32
2 ABGEBRANNT BRENNELEMENTE UND RADIOAKTIVE ABFÄLLE	33
2.1 Darstellung in den UVP-Unterlagen.....	33
2.2 Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die UVP- Scoping-Fachstellungnahme	34
2.3 Schlussfolgerungen, Fragen und vorläufige Empfehlungen.....	35
2.3.1 Fragen	35
2.3.2 Vorläufige Empfehlungen.....	35
3 REAKTORTYPEN UND ALTERUNGSMANAGEMENT	36
3.1 Darstellung in den UVP-Unterlagen.....	36
3.2 Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die UVP- Scoping-Fachstellungnahme	48
3.3 Schlussfolgerungen, Fragen und vorläufige Empfehlungen.....	61
3.3.1 Fragen	62
3.3.2 Vorläufige Empfehlungen.....	62
4 BEWERTUNG DER STANDORTE UND EXTERNER EREIGNISSE	63
4.1 Darstellung in den UVP-Unterlagen.....	63
4.2 Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die UVP- Scoping-Fachstellungnahme	65
4.3 Schlussfolgerungen, Fragen und vorläufige Empfehlungen.....	68
4.3.1 Fragen	70
4.3.2 Vorläufige Empfehlungen.....	70

5	UNFALLANALYSE (DBA UND BDBA).....	72
5.1	Darstellung in den UVP-Unterlagen.....	72
5.2	Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die UVP- Scoping-Fachstellungnahme	81
5.3	Schlussfolgerungen, Fragen und vorläufige Empfehlungen.....	90
5.3.1	Fragen	91
5.3.2	Vorläufige Empfehlungen.....	91
6	UNFÄLLE DURCH BETEILIGUNG DRITTER	93
6.1	Darstellung in den UVP-Unterlagen.....	93
6.2	Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die UVP- Scoping-Fachstellungnahme	95
6.3	Schlussfolgerungen, Fragen und vorläufige Empfehlungen.....	99
6.3.1	Fragen	99
6.3.2	Vorläufige Empfehlungen.....	100
7	GRENZÜBERSCHREITENDE AUSWIRKUNGEN AUF ÖSTERREICH.....	101
7.1	Darstellung in den UVP-Unterlagen.....	101
7.2	Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die UVP- Scoping-Fachstellungnahme	101
7.3	Schlussfolgerungen, Fragen und vorläufige Empfehlungen.....	104
7.3.1	Fragen	104
8	FRAGEN UND VORLÄUFIGE EMPFEHLUNGEN	105
8.1	Verfahren und Alternativen	105
8.1.1	Fragen	105
8.2	Abgebrannte Brennelemente und radioaktive Abfälle	105
8.2.1	Fragen	105
8.2.2	Vorläufige Empfehlungen.....	105
8.3	Reaktortypen und Alterungsmanagement.....	106
8.3.1	Fragen	106
8.3.2	Vorläufige Empfehlungen.....	106
8.4	Bewertung der Standorte und externe Ereignisse	106
8.4.1	Fragen	106
8.4.2	Vorläufige Empfehlungen.....	107
8.5	Unfallanalyse (DBA und BDBA)	108
8.5.1	Fragen	108
8.5.2	Vorläufige Empfehlungen.....	108
8.6	Unfälle durch Beteiligung Dritter	109

8.6.1	Fragen	109
8.6.2	Vorläufige Empfehlungen.....	109
8.7	Grenzüberschreitende Auswirkungen auf Österreich.....	110
8.7.1	Fragen	110
	LITERATURVERZEICHNIS	111
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	119
	TABELLENVERZEICHNIS	120
	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	121

ZUSAMMENFASSUNG

In Polen ist die Errichtung eines ersten Kernkraftwerks (KKW) geplant. Es soll eine Leistung von bis zu 3.750 MWe haben und aus drei Blöcken bestehen. Zwei Standorte in der Woiwodschaft Pommern an der Ostseeküste sind vorgeschlagen. Der erste Reaktorblock soll in etwa 10 Jahren in Betrieb gehen, und die beiden weiteren Blöcke in 11 bzw. 12 Jahren. Für die zweite Standortvariante ist der Betriebsbeginn für den ersten Reaktor in 11 Jahren und für die beiden weiteren in 16 bzw. 17 Jahren geplant.

Polen hält zu diesem Projekt eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) nach polnischem Recht und im Rahmen der Espoo Konvention ab. Im Rahmen dieser UVP wurde bereits 2015 eine Scopingphase abgehalten, an der sich auch das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft BMLFUW¹ beteiligt hatte. Im Zuge dieser Scopingphase wurde eine Fachstellungnahme erarbeitet. (UMWELTBUNDESAMT 2016) Betreiber des KKW ist die PJE, die zuständige UVP-Behörde ist die GDUS (Generaldirektion für Umweltschutz).

Das Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie beauftragte das Umweltbundesamt, die Bewertung der vorgelegten UVP-Unterlagen im Rahmen der hier vorliegenden Fachstellungnahme zu koordinieren. 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

Das Verfahren wurde ausreichend beschrieben. Nach dem Abschluss der UVP soll die Umweltgenehmigung erteilt werden, und danach die Standortgenehmigung.

Es wurden im UVP-Bericht Alternativen bezüglich Standort, Energieerzeugung und eine Nullvariante diskutiert. Da Polen in seinen Energieszenarien neben dem Einstieg in die Kernenergie auch auf Erdgas setzt, wäre die Frage zu klären, ob und wenn ja welche Änderungen sich durch die aktuelle Energiekrise v.a. für den Kernenergieausbau ergeben. Die Angaben im UVP-Bericht zum CO₂-Ausstoß von KKW erscheinen zu niedrig, es ist fraglich, ob hier Uranabbau und -aufarbeitung entsprechend berücksichtigt wurden.

Internationale Vergleiche zeigen, dass der Zeitplan bis zur Inbetriebnahme des ersten KKW unrealistisch kurz erscheint, auch die kolportierten Kosten für das erste KKW könnten zu niedrig angesetzt sein.

¹ Heute: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Abgebrannte Brennelemente und radioaktive Abfälle

Abgebrannte Brennelemente und radioaktive Abfälle können negative Umweltauswirkungen haben. Daher sollte bei einer UVP für ein neues KKW auch die Entsorgung der radioaktiven Abfälle bewertet werden. In den UVP-Dokumenten wurde jedoch kein ausreichender Nachweis für die sichere Entsorgung von abgebrannten Brennelementen und radioaktiven Abfällen vorgelegt. Informationen zu Art, Standort und Zeitplan für die benötigten Zwischen- und Endlager sowohl für die schwach und mittelaktiven Abfälle als auch für die abgebrannten Brennelemente sollten in den UVP-Unterlagen vorgelegt werden.

Reaktortypen und Alterungsmanagement

Für das erste KKW in Polen wurde der AP1000-Reaktor von Westinghouse ausgewählt. Dieser wurde im UVP-Bericht als Referenzreaktor behandelt. Vier AP1000-Reaktoren sind derzeit in China in Betrieb und zwei Reaktoren stehen am Standort Vogtle in den USA kurz vor der Inbetriebnahme. Der geplante AP1000-Reaktor wäre der erste derartige Reaktor in Europa. Das bedeutet, dass eine Aufsichtsbehörde in Polen mit wenig Erfahrung einen Reaktor genehmigen und beaufsichtigen muss, zu dem bisher weltweit wenig Erfahrungen und in der EU keine Erfahrungen vorliegen.

Der AP1000 war der erste Reaktor der Generation III+, der 2006 in den Vereinigten Staaten von der Genehmigungsbehörde (Nuclear Regulatory Commission - NRC) eine Zulassung erhielt. Er erhielt seine Zulassung jedoch bevor die NRC die Vorschrift über den Schutz vor Flugzeugabstürzen einführte. Westinghouse musste das Design ändern, um diese Anforderung zu erfüllen.

Das generische Design des AP1000-Reaktors erhielt 2017 die Anerkennung als grundsätzlich geeignet für den Einsatz in dem Vereinigten Königreich. Der Anerkennung des sogenannten „Generic Design Assessment“ (GDA) war ein langer Überprüfungsprozess vorangegangen, in dem viele Fragen geklärt werden mussten. Von besonderer Bedeutung war die Struktur des Reaktorgebäudes, da der AP1000 eine bisher unübliche Stahl-Beton-Stahl-Sandwich-Technik verwendet. Die Schlussfolgerung zum Abschluss des GDA-Verfahrens dazu lautete: Die Verwendung von Stahl-/Betonmodulen würde nicht zu einer signifikanten Verringerung der nuklearen Sicherheit führen, vorausgesetzt, dass die „Assessment Findings“ bei der weiteren Detailplanung berücksichtigt werden. Darunter sind auch entscheidende Mängel, wie die Zuverlässigkeit des von Westinghouse verwendeten Finite-Elemente-Modells (FEM).

Die Sicherheit des AP1000 Reaktors beruht vor allem auf passiven Sicherheitssystemen. Bezüglich der passiven Sicherheitssysteme bestehen eine Reihe von grundsätzlichen Fragestellungen, diese betreffen die Fähigkeit und Zuverlässigkeit eines passiven Systems, die Sicherheitsfunktion mit der erwarteten Leistung zu gewährleisten.

Von den in der UVP-Scoping-Fachstellungnahme angefragten Informationen sind die meisten im UVP-Bericht vorhanden. So wurde eine technische Beschreibung der Anlage sowie eine detaillierte Beschreibung der Sicherheitssysteme

vorgelegt, die Maßnahmen zur Kontrolle schwerer Unfälle bzw. zur Abmilderung von deren Folgen dargestellt und die Ergebnisse der probabilistischen Sicherheitsanalyse benannt.

Es wird erklärt, in welchem Projektstadium Grundzüge für ein Lebenszyklusmanagement und Alterungsmanagement implementiert werden sollen. Aber die Grundzüge der entsprechenden Programme werden nicht erläutert. Da das geplante Kernkraftwerk in Polen eine Betriebszeit von mindestens 60 Jahren haben soll, ist es wichtig beurteilen zu können, ob ein adäquates Alterungsmanagement zur Kompensation von möglichen negativen Langzeitschäden vorhanden sein wird. Dieses sollte in einer frühen Phase des Projektes festgelegt werden.

Bewertung der Standorte und externer Ereignisse

Die UVP Unterlagen enthalten eine präzise Darstellung der externen Gefahren, die im Rahmen des UVP Verfahrens untersucht wurden. Auswahl, Screening und Identifizierung von Gefahrenkombinationen folgen im Wesentlichen den Anforderungen der WENRA (2021). Die Forderung von UMWELTBUNDESAMT (2016), auslösende Ereignisse ausführlicher zu behandeln, ist damit erfüllt. Die Vollständigkeit der standortspezifischen Gefährdungen und Gefahrenkombinationen können im Rahmen der Fachstellungnahme nicht geprüft werden.

Eine der wichtigsten Sicherheitsanforderungen an neue KKW in Europa ist der praktische Ausschluss von Kernschmelzunfällen, die zu frühen oder großen Freisetzungen radioaktiver Stoffe in die Umwelt führen können. Der praktische Ausschluss erfordert den Nachweis, dass solche Unfallszenarien physikalisch unmöglich oder mit großer Sicherheit extrem unwahrscheinlich sind (WENRA 2010, 2013). WENRA gibt für den praktischen Ausschluss durch extreme Unwahrscheinlichkeit keine numerischen probabilistischen Ziele an. Mehrere europäische Länder und ENSREG erwarten für frühe oder sehr große Freisetzungen jedoch Eintrittswahrscheinlichkeiten $<10^{-6}$ - 10^{-7} /Jahr. Es ist daher erforderlich, die Einwirkungen von Naturgefahren, die zu frühen oder großen Freisetzungen führen können, auch für extrem seltene Ereignisse mit Eintrittswahrscheinlichkeiten $<10^{-6}$ - 10^{-7} /Jahr zu bestimmen. Die Ergebnisse müssen bei der Auslegung neuer KKW berücksichtigt werden. Aus den UVP Unterlagen ist nicht ersichtlich, ob beziehungsweise wie diese Anforderungen im UVP-Verfahren bei der Standortcharakterisierung berücksichtigt wurden und ob für alle, die Standorte betreffenden Naturgefahren und Gefahrenkombinationen auch Gefährdungsanalysen für extrem seltene Ereignisse durchgeführt wurden.

Unfallanalyse

Um eine mögliche Betroffenheit Österreichs nachvollziehbar bewerten zu können, war in der Fachstellungnahme zum UVP-Scoping Verfahren nach einer Reihe von Informationen zu den Unfallanalysen gefragt worden. Der UVP-Bericht bietet einen Teil dieser Informationen.

Die Wahrscheinlichkeiten/Häufigkeiten für Kernschäden (CDF) und schwere Unfälle mit großen Freisetzungen (LRF) werden genannt, aber die zugehörige

Wahrscheinlichkeitsverteilung (Quantile) wird nicht genannt; die Angaben zu frühen großen Freisetzungen (LERF) fehlen vollständig.

Die Quellterme für die beiden betrachteten Unfall-/Störfallszenarien sind dargestellt. Weitere Quellterme für die wichtigsten Freisetzungskategorien und Unfallszenarien werden nicht genannt.

Die Ausbreitungsrechnungen sowie die Ermittlung der Strahlendosen für Stör- und Unfälle werden nachvollziehbar dargestellt, es werden jedoch nicht alle Informationen übermittelt. So wird die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Ergebnisse nicht genannt, sondern es werden nur die errechneten Mittelwerte angegeben. Zudem werden die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnungen nicht in Form von Boden- und Luftkontamination (insbesondere der Leitnuklide Cs-137 und I-131) angegeben.

Es wird auch im UVP-Bericht nicht deutlich, inwieweit internationale Dokumente (IAEA, EUR, WENRA) für das Projekt in verbindlicher Form berücksichtigt werden sollen. Die Dokumente der IAEA und der WENRA stellen grundsätzlich nur Empfehlungen dar und auch bei den EUR handelt es sich nicht um behördliche Standards.

In dem UVP-Bericht ist nicht angegeben, welche Anforderungen bezüglich des Nachweises für den praktischen Ausschluss in Polen bestehen. Es wird zwar gesagt, dass der Nachweis nicht nur probabilistisch, sondern auch deterministisch geführt werden soll. Es ist allerdings nicht gesagt, ob der praktische Ausschluss auch für Unfallszenarien des Typs III (spätes Versagen des Containments) geführt werden muss. Auch der Zielwert des probabilistischen Nachweises wird nicht genannt.

Im UVP-Bericht wird für den Referenzreaktor, den AP1000-Reaktor, ein verhältnismäßig geringer Quellterm für die Ermittlung der Auswirkung eines schweren Unfalls verwendet, für das Leitnuklid Cs-137 z. B. ist ein Quellterm von 3,26 TBq angegeben.

Es wird nicht erklärt, welche Unfallabläufe mit möglicherweise deutlich höheren Quelltermen aus den Sicherheitsberichten im UVP-Bericht nicht betrachtet wurden. Diese Informationen sollten noch im Rahmen des UVP-Verfahrens übermittelt werden.

Es ist darauf hinzuweisen, dass in einer 2014 veröffentlichten Studie (SEIBERT et al. 2014) für einen schweren Unfall in einem AP1000-Reaktor, ein Quellterm für Cs-137 in Höhe von 114 PBq (114.000 TBq) angegeben wird, der Quellterm ist ebenfalls aus Sicherheitsanalysen entnommen.

Für Behörden in Ländern, die von den Auswirkungen eines schweren Unfalls in einem Kernkraftwerk betroffen sein könnten, besteht die Notwendigkeit auf die potenziellen Folgen eines derartigen Unfalls vorbereitet zu sein.

Unfälle durch Beteiligung Dritter

Terroristische Anschläge und Sabotageakte können erhebliche Auswirkungen auf kerntechnische Anlagen haben und schwere Unfälle verursachen – auch auf das geplante KKW in Polen. Auch wenn Vorkehrungen gegen Sabotage und Terroranschläge im UVP-Verfahren aus Gründen der Vertraulichkeit nicht im Detail öffentlich diskutiert werden können, sollten die notwendigen gesetzlichen Vorgaben in den UVP-Unterlagen dargelegt werden. Informationen zum Thema Terroranschläge wären für die österreichische Seite in Anbetracht der weitreichenden Folgen möglicher Anschläge von großem Interesse.

Es wird im UVP-Bericht erklärt, dass das KKW gegen den Absturz eines zivilen Flugzeugs geschützt sein muss. Genauere Angaben dazu sind nicht vorhanden. So wird weder gesagt gegen welche Flugzeugtypen der Schutz vorhanden sein muss, noch wie die Nachweisführung erfolgen muss.

Weitere Angriffsszenarien, wie z. B. Cyber-Angriffe, sind heutzutage möglich. Im UVP-Bericht ist ein Schutz vor möglichen Cyber-Angriffen nicht thematisiert. Die Ergebnisse der Nuclear Threat Initiative (NTI) aus 2020 weisen auf einen unzureichenden Schutz vor Cyber-Angriffen in Polen hin.

Die IAEA hat den "International Physical Protection Advisory Service" (IPPAS) eingerichtet, um Länder bei der Verbesserung ihres Schutzes vor Sabotage und Terrorangriffen zu unterstützen. Eine derartige Mission wurde bisher in Polen nicht durchgeführt.

Laut UVP-Bericht ergab eine Risikobewertung von Terroranschlägen im Verwaltungsbezirk Pommern in 2017, dass die Wahrscheinlichkeit für einen Anschlag sehr selten ist, die Auswirkungen aber stark sind. Insgesamt wird das Risiko als tolerierbar akzeptiert. Eine Erklärung für diese Bewertung wird nicht gegeben.

Im Zusammenhang mit der Errichtung des neuen KKW in Polen sollte auch ein potentieller Terrorangriff auf das neue Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente betrachtet werden. Für die Auswahl der technologischen Lagervariante sollte der Schutz vor möglichen Terrorangriffen berücksichtigt werden.

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

Grenzüberschreitende Auswirkungen auf Österreich

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.

Zudem wurden keine Berechnungsergebnisse für die Boden- und Luftkontamination vorgelegt. Solche Ergebnisse wären wünschenswert, um abschätzen zu können, ob im Falle eines Unfalls landwirtschaftliche Schutzmaßnahmen in Österreich starten müssten.

Es wird nicht begründet, ob der verwendete niedrige Quellterm für schwere Unfälle abdeckend ist. Unfallabläufe mit Versagen des Containments oder mit einem Containment-Bypass würden zu höheren Freisetzungen führen.

Berechnungen eines solchen schweren Unfalls mit Versagen des Containments aus einem Forschungsprojekt (SEIBERT et al. 2014) zeigen, dass in entsprechenden Wettersituationen Österreich stark betroffen sein könnte.

SUMMARY

The construction of the first nuclear power plant (NPP) is planned in Poland. Its expected capacity is up to 3,750 MWe and consist of three units. Two sites are being considered, both in the Pomeranian Voivodeship on the Baltic coast. The first reactor unit is scheduled for operation in about 10 years and the other two units in 11 and 12 years, respectively. For the second site alternative, the start of operation for the first reactor is planned in 11 years and for the other two in 16 and 17 years.

Poland is conducting an Environmental Impact Assessment (EIA) for this project according to Polish law and within the framework of the Espoo Convention. As part of this EIA, a scoping phase was already held in 2015, in which the Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management BMLFUW also participated. In the course of this scoping phase, an expert statement was prepared. (UMWELTBUNDESAMT 2016). The operator of the NPP is PEJ, the responsible EIA authority is GDOS (General Directorate for Environmental Protection).

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 in the framework of the present expert statement. The objective of the Austrian participation in the EIA procedure is to minimize or prevent possible significant adverse impacts of the project on Austria.

Procedures and alternatives

The procedure has been sufficiently described. After the completion of the EIA, the environmental permit will be issued, followed by the site permit.

The EIA report discussed alternatives in terms of location, energy generation and a zero option. In addition to starting a nuclear power programme, Poland is also relying on energy scenarios with gas and therefore the question arises which and what type of changes could result from the current energy crisis on the nuclear energy deployment. The CO₂ emission figures in the EIA report for NPPs seem to be too low, and it is questionable whether uranium mining and processing have been taken into account accordingly.

International comparisons show that the timetable for commissioning the first NPP seems unrealistically short, and the costs for the first NPP reported in the media may be underestimated.

Spent nuclear fuel and radioactive waste

Spent fuel and radioactive waste can have negative environmental impacts. Therefore, an EIA for a new NPP should also evaluate the management of radioactive waste. However, the EIA documents did not provide sufficient evidence for the safe management of spent fuel and radioactive waste. Information on

the type, site and schedule for the needed interim storage and final repository for both the low and intermediate level waste and the spent fuel should be provided in the EIA documents.

Reactor types and ageing management

The AP1000 reactor manufactured by Westinghouse was selected for the first NPP in Poland. This reactor type was used as the reference reactor in the EIA report. Four AP1000 reactors are currently in operation in China and two reactors are about to be commissioned at the Vogtle site in the USA. The planned AP1000 reactor would be the first reactor of this type in Europe. This means that the nuclear regulatory authority in Poland with little experience has to license and supervise a reactor for which there is little experience worldwide and no experience in the EU.

The AP1000 was the first Generation III+ reactor, which was granted a license by the Nuclear Regulatory Commission (NRC) in the United States in 2006. However, it was licensed before the NRC introduced the aircraft crash protection requirement. Westinghouse had to change the design to meet this requirement.

In 2017 the AP1000 reactor's generic design was approved as fundamentally suitable for use in the United Kingdom. The approval of the so-called "Generic Design Assessment" (GDA) was preceded by a long review process in which many issues had to be clarified. The structure of the reactor building was of particular importance as the AP1000 uses a steel-concrete-steel sandwich technology that was unusual so far. The conclusion drawn at the end of the GDA process on this issue was that the application of steel/concrete modules would not result in a significant reduction in nuclear safety, provided that the "Assessment Findings" are taken into account during the further detailed design. These included critical deficiencies such as the reliability of the finite element model (FEM) used by Westinghouse.

The safety of the AP1000 reactor is based primarily on passive safety systems. Regarding the passive safety systems, there are a number of fundamental issues relating to the ability and reliability of a passive system to provide the safety function with the expected performance.

Of the information requested in the EIA scoping expert statement, most was provided in the EIA report. For example, a technical description of the plant and a detailed description of the safety systems were provided, the measures to control severe accidents or mitigate their consequences were presented, and the results of the probabilistic safety analysis were included.

It is explained at which project stage basic features for life cycle management and aging management are to be implemented. But the outlines of the corresponding programmes are missing. Since the planned nuclear power plant in Poland is supposed to be operating for at least 60 years, it is important to assess whether adequate aging management will be in place to compensate for possible negative long-term damages. This should be determined in an early phase of the project.

Assessing sites and external events

The EIA documents provide a concise presentation of the external hazards that were screened as part of the EIA process. Selection, screening and identification of hazard combinations essentially follow the requirements of WENRA (2021). The requirement of UMWELTBUNDESAMT (2016) to address triggering events in more detail is thus met. The completeness of the site-specific hazards and hazard combinations cannot be verified within the framework of the expert statement.

One of the most important safety requirements for new NPPs in Europe is the practical elimination of core melt accidents that can lead to early or large releases of radioactive substances into the environment. Practical elimination requires demonstrating that such accident scenarios are physically impossible or extremely unlikely with a high degree of confidence (WENRA 2010, 2013). WENRA does not specify numerical probabilistic targets for practical elimination by extreme improbability. However, several European countries and ENSREG expect occurrence probabilities $<10^{-6}$ - 10^{-7} /year for early or very large releases. It is therefore necessary to determine the impact of natural hazards that can lead to early or large releases, even for extremely rare events with probabilities of occurrence $<10^{-6}$ - 10^{-7} /year. The results must be considered in the design basis of new NPPs. It is not clear from the EIA documents whether or how these requirements were taken into account in the EIA procedure for site characterization and whether hazard analyses for extremely rare events were also carried out for all natural hazards and hazard combinations affecting the sites.

Accident analysis

In order to be able to assess a possible impact on Austria in a comprehensible way, a range of information on the accident analyses was requested in the expert statement on the EIA scoping procedure. The EIA report provides some of this information.

The probabilities/frequencies for core damage (CDF) and severe accidents (LRF) with large release are given, but the associated probabilistic distribution (quantiles) was not provided; the data on early large releases (LERF) is completely missing.

The source terms for the two accident/incident scenarios considered are shown. Further source terms for the most important categories of releases and accident scenarios are not mentioned.

The dispersion calculations as well as the determination of radiation doses for incidents and accidents are presented comprehensibly, but not all information is provided. For example, the probabilistic distribution of the results is not mentioned, but only the calculated mean values are given. On top, the results of the dispersion calculations are not given in terms of soil and air contamination (in particular of the reference nuclides Cs-137 and I-131). The EIA report does not clarify to which extent international documents (IAEA, EUR, WENRA) are to be taken into account for the project in a binding form. In principle, IAEA and

WENRA documents are only recommendations and also the EUR are not standards enforced by authorities.

The EIA report does not specify the requirements regarding practical elimination in Poland. It is stated that evidence should not be provided only probabilistically, but also deterministically. However, it is not stated whether the practical elimination must also be performed for accident type III scenarios (late containment failure). The target value of the probabilistic evidence is not mentioned either.

The EIA report uses a relatively low source term for the reference reactor, the AP1000 reactor, to determine the impact of a severe accident; for example, a source term of 3.26 TBq is given for the reference nuclide Cs-137.

No explanation is provided concerning the question which accident sequences with possibly significantly higher source terms from the safety reports were not considered in the EIA report. This information should be provided during the EIA procedure.

It should be noted that in a study published in 2014 (SEIBERT et al. 2014) for a severe accident in an AP1000 reactor, a source term for Cs-137 of 114 PBq (114,000 TBq) is given, the source term is also taken from safety analyses.

Authorities in countries that could be affected by the consequences of a severe accident at a nuclear power plant need to be prepared for the potential consequences of such an accident.

Accidents with third party involvement

Terrorist attacks and acts of sabotage can have a significant impact on nuclear facilities and cause severe accidents - also on the planned NPP in Poland. Even if precautions against sabotage and terrorist attacks cannot be discussed in detail publicly in the EIA procedure for reasons of confidentiality, the necessary legal requirements should be outlined in the EIA documents. In view of the far-reaching consequences of possible attacks, information on terrorist attacks would be of importance to the Austrian side.

According to the EIA report, the NPP must withstand the crash of a civil aircraft. Information that is more detailed is not available. For example, it is not stated against which types of aircraft the NPP must be able to withstand, nor how the verification must be carried out.

Other attack scenarios, e. g. such as cyberattacks are possible nowadays. The EIA report does not address protection against possible cyberattacks. The 2020 Nuclear Threat Initiative (NTI) findings indicate insufficient protection against cyberattacks in Poland.

The IAEA has established the International Physical Protection Advisory Service (IPPAS) to assist countries in improving their protection against sabotage and terrorist attacks. Such a mission has not yet been carried out in Poland.

According to the EIA report, a risk assessment of terrorist attacks in the Pomeranian administrative district in 2017 showed that the probability of an attack is very low, but the impact would be large. At the same time the overall risk is evaluated as being tolerable; no explanation is given for this assessment.

In connection with the construction of the new NPP in Poland, a potential terrorist attack on the new interim spent fuel storage should also be considered. When selecting the type of storage technology, protection against possible terrorist attacks should be taken into account.

In the current global situation, military action against nuclear facilities is another threat that deserves special attention.

Trans-boundary impacts on Austria

Within the framework of the EIA, calculations for a Design Basis Accident and a Beyond Design Basis accident were presented. Significantly adverse impacts on Austria were excluded for both; however, this conclusion has not been explained in a comprehensive manner.

Furthermore, no calculation results for soil and air contamination were presented. Such results would be welcome in order to be able to assess whether agricultural protection measures would have to be started in Austria in the event of an accident.

It is not substantiated whether the low source term used is covering also severe accidents. Accident sequences with containment failure or with a containment bypass would lead to higher releases.

Calculations of such a severe accident with containment failure conducted in a research project (SEIBERT et al. 2014) showed that Austria could be heavily affected under certain weather situations.

STRESZCZENIE

W Polsce planowana jest budowa elektrowni jądrowej (EJ). Jej moc ma wynieść maksymalnie 3 750 MWe i ma ona składać się z trzech bloków. Analizowane są dwie lokalizacje, obie w województwie pomorskim, na wybrzeżu Morza Bałtyckiego. Pierwszy blok z reaktorem jest przewidywany do uruchomienia w ciągu ok. 10 lat, a kolejne dwa bloki tej EJ odpowiednio za 11 i 12 lat po pierwszym. Dla drugiej EJ, w lokalizacji kolejnej, rozpoczęcie eksploatacji pierwszego bloku przewidywane jest za 11 lat, a dla następnych dwóch za 16 i 17 lat.

Polska jest w trakcie przeprowadzania procedury oceny oddziaływania na środowisko (OOŚ) dla tego przedsięwzięcia według przepisów polskiego prawa oraz zgodnie z Konwencją w sprawie oceny oddziaływania na środowisko w kontekście transgranicznym (tzw. Konwencją z Espoo). W ramach tej procedury już w 2015 r. przeprowadzono etap określenia zakresu raportu OOŚ (tzw. scoping), w którym uczestniczyło również Ministerstwo Rolnictwa, Leśnictwa, Środowiska i Gospodarki Wodnej (BMLFUW²). Na etapie scopingu przygotowana została opinia techniczna (UMWELTBUNDESAMT 2016). Operatorem EJ ma być podmiot obecnie noszący nazwę "Polskie Elektrownie Jądrowe sp. z o.o." (PEJ), a urzędem odpowiedzialnym za przeprowadzenie procedury OOŚ jest Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska (GDOŚ).

Federalne Ministerstwo Ochrony Klimatu, Środowiska, Energii, Mobilności, Innowacji i Technologii zleciło Federalnej Agencji Środowiska zadanie koordynowania ewaluacji przedłożonej dokumentacji OOŚ w ramach niniejszym przedstawianej opinii eksperckiej. Celem udziału Austrii w procedurze OOŚ jest doprowadzenie do zminimalizowania lub zapobieżenia możliwym znaczącym szkodliwym oddziaływaniom na Austrię przedmiotowego przedsięwzięcia polegającego na budowie i eksploatacji EJ w przyszłości w Polsce.

Procedura i rozwiązania alternatywne

Procedura została opisana w sposób wystarczający. Po zakończeniu procedury OOŚ wydana zostanie decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach inwestycji, po której zostanie przeprowadzona procedura wydawania decyzji dotyczącej lokalizacji.

Raport OOŚ omawia rozwiązania alternatywne w odniesieniu do lokalizacji EJ, źródeł produkcji energii oraz tzw. "opcji zero". Poza rozpoczęciem krajowego programu energii jądrowej Polska wdraża scenariusze obejmujące również zwiększone wykorzystanie spalania gazu ziemnego, dlatego powstaje pytanie, jakie i jakiego rodzaju zmiany mogłyby wyniknąć z trwającego obecnie kryzysu energetycznego wpływające na wdrożenie energetyki jądrowej. Liczby podane w raporcie OOŚ dotyczące emisji CO₂ dla elektrowni jądrowych wydają się być

² Obecnie: Federalne Ministerstwo Ochrony Klimatu, Środowiska, Energii, Mobilności, Innowacji i Technologii (BMK)

zaniżone i wątpliwe jest, czy w wystarczającym stopniu uwzględniają one emisje z kopalnictwa i przetwarzania rud uranu.

Porównania międzynarodowe przedsięwzięć w energetyce jądrowej pokazują, że przewidziany w harmonogramie termin oddania do użytku planowanej pierwszej EJ jest nierealistycznie krótki, a koszty pierwszej EJ, o których informacje pojawiają się w mediach również mogą być niedoszacowane.

Wypalone paliwo jądrowe i odpady promieniotwórcze

Wypalone paliwo jądrowe i odpady promieniotwórcze mogą powodować negatywne oddziaływanie środowiskowe, dlatego procedurze OOŚ dla nowo powstającej EJ powinien podlegać również system gospodarowania powstającymi w niej odpadami promieniotwórczymi. Jednakże dokumentacja OOŚ nie dostarcza wystarczających dowodów na zapewnienie bezpiecznego zagospodarowania wypalonego paliwa i odpadów promieniotwórczych. W dokumentacji OOŚ przedstawiona powinna być również informacja o rodzaju, lokalizacji i harmonogramie oddania do użytku potrzebnych obiektów przechowywania tymczasowego i składowania ostatecznego zarówno dla nisko- i średnioaktywnych odpadów jak i dla wypalonego paliwa.

Rodzaje reaktorów i system zarządzania eksploatacyjnym starzeniem się reaktorów

Dla pierwszej EJ w Polsce został wybrany reaktor AP1000 produkcji Westinghouse. Ten rodzaj reaktora jest reaktorem referencyjnym w raporcie OOŚ. Obecnie cztery reaktory AP1000 są eksploatowane w Chinach, dwa będą wkrótce włączone do eksploatacji w EJ Vogtle, w Stanach Zjednoczonych (USA). Planowane reaktory AP1000 byłyby pierwszymi tego rodzaju w Europie.

Oznacza to, że urząd dozoru jądrowego w Polsce z niewielkim doświadczeniem będzie musiał przeprowadzić licencjonowanie i nadzór reaktora, dla którego w skali świata istnieje niewielkie doświadczenie, a w Unii Europejskiej nie istnieje żadne.

AP1000 był pierwszym reaktorem generacji III+, który w 2006 roku w USA otrzymał licencję od Komisji Dozoru Jądrowego (NRC). Jednakże została ona przyznana mu, zanim NRC wprowadziła wymagania posiadania zabezpieczeń przed uderzeniem dużego samolotu. Westinghouse musiał zmienić dokumentację projektową w celu spełnienia tego wymagania.

W 2017 roku zatwierdzony został ogólny projekt reaktora AP1000 jako zasadniczo odpowiedni do użytku w Zjednoczonym Królestwie Wielkiej Brytanii (UK). Zwieńczenie procedury tzw. ogólnej oceny projektu (ang. Generic Design Assessment, GDA) było poprzedzone długą procedurą przeglądu, w trakcie której wiele kwestii musiało zostać wyjaśnionych. Przedmiotem szczególnego zainteresowania była struktura budynku reaktora, gdyż AP1000 wykorzystuje technologię "przekładańca" stal-beton-stal, która we wcześniej projektowanych modelach była konstrukcją niestosowaną konwencjonalnie. Wnioskiem z procesu GDA w tej kwestii był to, że zastosowanie modułów stal / beton nie

będzie skutkować znaczącym obniżeniem bezpieczeństwa jądrowego, pod warunkiem że w trakcie szczegółowego projektowania uwzględnione zostaną ustalenia z analizy (ang. "Assessment Findings"). Obejmowały one krytyczne ułomności, takie jak wiarygodność modelowania przy pomocy metody elementów skończonych wykorzystywanej przez Westinghouse.

Zapewnienie bezpieczeństwa eksploatacyjnego dla reaktora AP1000 jest oparte podstawowo o pasywne systemy bezpieczeństwa. Pozostaje jednak szereg fundamentalnych problemów dotyczących zdolności i pewności systemów pasywnych przy zapewnieniu funkcji bezpieczeństwa o oczekiwanych parametrach i skuteczności.

W raporcie OOŚ dostarczono większość informacji, które były przedmiotem pytań zadanych w eksperckiej opinii z etapu *scopingowego* OOŚ. Na przykład przedstawiony został techniczny opis elektrowni i szczegółowy opis systemów bezpieczeństwa, przedstawione zostały środki kontroli poważnej awarii i ograniczania ich konsekwencji, a także wyniki probabilistycznej analizy bezpieczeństwa.

Wyjaśniono, na jakim etapie projektu wdrożone mają zostać podstawowe elementy zarządzania cyklem pełnego okresu eksploatacji instalacji oraz zarządzania starzeniem się elektrowni, lecz brakuje ogólnych zarysów programów działań odnoszących się do tych dwóch obszarów.

Ponieważ planowana EJ w Polsce ma być eksploatowana przez co najmniej 60 lat, ważnym byłoby przeanalizowanie, czy funkcjonować będzie odpowiedni system zarządzania starzeniem się instalacji w celu kompensacji ewentualnych długofalowych procesów uszkodzeń. Powinno być to określone na wczesnych etapach projektu inwestycyjnego.

Analiza lokalizacyjna i analiza zdarzeń powodowanych przez zjawiska zewnętrzne

Dokumentacja OOŚ dostarcza skrócone przedstawienie zagrożeń / ryzyk wynikłych z nieprzewidzianych zjawisk zewnętrznych, które zostały zidentyfikowane w trakcie preselekcji (ang. *screening*) stanowiącej część procedury OOŚ. Wybór, *screening* i identyfikację łącznych oddziaływań zagrożeń przeprowadzono zasadniczo zgodnie z wymaganiami WENRA (2021). Spełnienie są zatem wymagania opisane w UMWELTBUNDESAMT (2016) określające w szczególności sposoby wdrażania odpowiedzi na zdarzenia inicjujące. Kompletność odniesienia się do zagrożeń uwarunkowanych konkretną lokalizacją oraz do wystąpienia wielu różnych zagrożeń łącznie nie może zostać zweryfikowana w ramach niniejszej opinii eksperckiej.

Jednym z najważniejszych wymagań bezpieczeństwa dla nowych EJ w Europie jest tzw. praktyczne wykluczenie awarii ze stopieniem rdzenia reaktora, które może prowadzić do wczesnych lub dużych uwolnień substancji radioaktywnych do środowiska. Praktyczne wykluczenie wymaga wykazania, że tego rodzaju scenariusze awarii są fizycznie niemożliwe lub skrajnie nieprawdopodobne przy dużym poziomie ufności (WENRA 2010, 2013). Jednakże kilka krajów

Europejskich oraz ENSREG wymaga poziomów prawdopodobieństw wystąpienia awarii niższych niż 10^{-6} do 10^{-7} na rok dla uwolnień wczesnych lub bardzo dużych. Dlatego potrzebne jest określenie oddziaływania zagrożeń powodowanych przez zjawiska zewnętrzne / przyrodnicze (ang. *external hazards*) mogących prowadzić do tego rodzaju uwolnień nawet dla zdarzeń skrajnie rzadkich o prawdopodobieństwie wystąpienia $<10^{-6}$ do 10^{-7} na rok. Wyniki muszą być uwzględniane w podstawach projektowych nowych EJ. Na podstawie dokumentacji OOŚ nie można jasno stwierdzić, czy w ogóle lub w jaki sposób wymagania te zostały uwzględnione w procedurze OOŚ dla scharakteryzowania lokalizacji lub czy wykonane zostały analizy dla skrajnie rzadkich zdarzeń w odniesieniu do wszystkich poszczególnych zagrożeń wynikających ze zjawisk zewnętrznych i wielu zjawisk oddziałujących łącznie na system danej EJ.

Analiza awarii

Aby móc ocenić w wyczerpujący sposób możliwe oddziaływanie na terytorium Austrii, w opinii eksperckiej w ramach procedury scopingowej zawnioskowano o szereg informacji dotyczących analiz awarii. Raport OOŚ zawiera niektóre z tych informacji.

Podano prawdopodobieństwa / częstości uszkodzenia rdzenia (CDF) i poważnych awarii z dużymi uwolnieniami (LRF), lecz nie został przedstawiony związany z nimi rozkład prawdopodobieństwa (kwantyle); całkowicie brakuje danych dotyczących wczesnych dużych uwolnień (LERF). Przedstawiono składy uwolnień radioizotopowych dla analizowanych dwóch scenariuszy awarii / zdarzeń. Składy w ramach kolejnych najważniejszych kategorii uwolnień i scenariuszy awarii nie zostały przytoczone.

Obliczenia dotyczące rozprzestrzania się radionuklidów, a także określenie dawek promieniowania dla zdarzeń i awarii przedstawiono w sposób zrozumiały, lecz nie podano wszystkich informacji w tym zakresie. Na przykład nie został przedstawiony rozkład prawdopodobieństwa, podano jedynie obliczone wartości średnie. W dodatku wyniki obliczeń dotyczących rozprzestrzania się radionuklidów nie zostały podane dla skażeń gleby i powietrza (w szczególności radionuklidami referencyjnymi Cs-137 oraz I-131). Raport OOŚ nie wyjaśnia, w jakim zakresie w przedsięwzięciu uwzględnione zostaną w wiążącej formie zapisy zawarte w dokumentach opracowanych przez międzynarodowe organizacje (IAEA, EUR, WENRA). Opracowania IAEA i WENRA zawierają, co do zasady, jedynie rekomendacje, z kolei normy EUR nie podlegają obowiązkowemu wdrożeniu nadzorowanemu przez władze państwowe.

Raport OOŚ nie wymienia funkcjonujących w Polsce wymagań dotyczących praktycznego wykluczenia poważnej awarii. Stwierdza się w nim, że dowody powinny być dostarczone nie tylko jako wyniki analiz probabilistycznych, lecz także deterministycznych. Jednakże nie podane zostało, czy praktyczne wykluczenie poważnej awarii musi być również spełnione dla scenariuszy awarii III typu (niezadziałanie obudowy bezpieczeństwa w późnej fazie). Ponadto nie zostały podane wartości docelowe dowodzenia probabilistycznego.

W celu ustalenia oddziaływania poważnej awarii raport OOŚ podaje stosunkowo niskie wartości składów uwolnień dla reaktora referencyjnego (AP1000); na przykład dla nuklidu referencyjnego Cs-137 skład uwolnienia został podany w wysokości 3,26 TBq.

Nie przedstawiono wyjaśnienia dotyczącego pytania, które sekwencje awarii ze składami uwolnień o ewentualnie wyższych znacznych wartościach analizowane w raportach bezpieczeństwa nie zostały uwzględnione w raporcie OOŚ. Ta informacja powinna być podana nie później niż w trakcie procedury OOŚ.

Należy zaznaczyć, że w studium z 2014 roku (SEIBERT et al. 2014) dla poważnej awarii z reaktorem AP1000 podaje się informację o radioizotopowym składzie uwolnienia dla Cs-137 w wysokości 114 PBq (114 000 TBq), skład uwolnienia został zaczerpnięty również z analiz bezpieczeństwa dla reaktora.

Władze krajów, które mogą być dotknięte skutkami poważnej awarii w EJ, powinny być przygotowane na potencjalne konsekwencje takiej awarii.

Awary z udziałem stron trzecich

Ataki i akty terrorystyczne mogą przynosić znaczne oddziaływanie na instalacje jądrowe i powodować poważne awarie – dotyczy to również obecnie planowanej EJ w Polsce. Nawet jeśli środki zaradcze przeciwko aktom sabotażu i atakom terrorystycznym nie mogą być w szczegółach omawiane publicznie w ramach procedury OOŚ z powodu konieczności zachowania poufności, powinny być w dokumentacji OOŚ zarysowane niezbędne wymagania prawne w tym zakresie. Wobec dalekosiężnych skutków ewentualnych ataków informacje o proponowanych odpowiedziach na przewidywane akty terrorystyczne miałyby duże znaczenie dla strony austriackiej.

Według raportu OOŚ EJ musi wytrzymać uderzenie cywilnego samolotu. Więcej informacji nie jest dostępne. Na przykład nie jest oznajmione, uderzenie jakich rodzajów samolotów musi wytrzymać proponowana EJ, ani jak przeprowadzony powinien być dowód takiego twierdzenia.

W dzisiejszych czasach możliwe są również inne scenariusze ataków, jak na przykład cyberataki. Raport OOŚ nie dotyka kwestii zabezpieczeń przeciwko możliwym cyberatakami. Ustalenia raportu Nuclear Threat Initiative (NTI) z 2020 roku wskazują, że funkcjonujące w Polsce zabezpieczenia przed cyberatakami są niewystarczające.

IAEA ustanowiła misję International Physical Protection Advisory Service (IPPAS) w celu asystowania krajom przy usprawnianiu zabezpieczeń przed atakami terrorystycznymi i aktami sabotażu. Misja takiego rodzaju jeszcze nie została przeprowadzona w Polsce.

Według raportu OOŚ ocena ryzyka ataków terrorystycznych w województwie pomorskim przeprowadzona w 2017 roku wykazała, że prawdopodobieństwo ataku jest bardzo niskie, lecz że negatywne konsekwencje byłyby duże. Jednocześnie ogólne ryzyko jest oceniane jako tolerowalne; żadne wyjaśnienie nie jest przedstawione dla takiej oceny.

W związku z powstawaniem EJ w Polsce przeanalizowany powinien zostać potencjalny atak terrorystyczny na planowany tymczasowy przechowalnik wypalonego paliwa jądrowego. W ramach wyboru rodzaju technologii przechowywania nie powinna być zbagatelizowana konieczność zapewnienia zabezpieczeń przeciwko możliwym atakom terrorystycznym. W obecnej globalnej sytuacji działania militarne przeciwko obiektom jądrowym stanowią kolejny rodzaj zagrożenia, który zasługuje na specjalną uwagę.

Transgraniczne oddziaływanie na terytorium Austrii

W ramach procedury OOŚ przedstawiono obliczenia dotyczące awarii projektowych i awarii pozaprojektowych. Znacząco poważne oddziaływanie na terytorium Austrii zostało wykluczone dla obu rodzajów awarii, jednakże wniosek ten nie został wyjaśniony w wyczerpujący sposób.

Ponadto nie przedstawiono żadnych wyników obliczeń dla skażeń gleby i powietrza. Wyniki takich obliczeń byłyby przyjęte z aprobatą, aby umożliwić ocenę, czy w przypadku awarii powinny być na terytorium Austrii uruchomione działania zabezpieczające w dziedzinie gospodarki rolnej.

Nie dostarczono żadnego uzasadnienia dla twierdzenia, że uwolnienie radioizotopowe o niskim poziomie radioaktywności może wynikać również z poważnych awarii. Sekwencje awarii, w których nie zadziała obudowa bezpieczeństwa lub w których doszło do jej ominięcia, prowadziłyby do wyższych uwolnień.

Obliczenia dla takiej poważnej awarii z niezadziałaniem obudowy bezpieczeństwa przeprowadzone w projekcie badawczym (SEIBERT et al. 2014) pokazały, że w pewnych określonych warunkach pogodowych Austria mogłaby być ciężko dotknięta skutkami takiej awarii.

EINLEITUNG

In Polen ist die Errichtung eines ersten Kernkraftwerks (KKW) geplant. Es soll eine Leistung von bis zu 3.750 MWe haben und aus drei Blöcken bestehen. Zwei Standorte in der Woiwodschaft Pommern an der Ostseeküste sind vorgeschlagen. Als Reaktortyp ist ein Druckwasserreaktor der Generation III oder III+ (konkret der AP-1000 der Firma Westinghouse) mit einer Laufzeit von 60 Jahren vorgesehen. Der erste Reaktorblock soll in etwa 10 Jahren in Betrieb gehen, und die beiden weiteren Blöcke in 11 bzw. 12 Jahren. Für die zweite Standortvariante ist der Betriebsbeginn für den ersten Reaktor in 11 Jahren und für die beiden weiteren in 16 bzw. 17 Jahren geplant.

Betreiber des KKW ist die PJE (in der Scopingphase noch PGE EJ1 Sp. z o.o. , jetzt PEJ Sp. z o.o.).

Polen hält zu diesem Projekt eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) nach polnischem Recht und im Rahmen der Espoo Konvention ab. Im Rahmen dieser UVP wurde bereits 2015 eine Scopingphase abgehalten, an der sich auch das Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft BMLFUW³ beteiligt hatte. Im Zuge dieser Scopingphase wurde eine Fachstellungnahme erarbeitet. (UMWELTBUNDESAMT 2016)

Die zuständige UVP-Behörde ist die GDUS, auch GDOŚ abgekürzt (Generaldirektion für Umweltschutz, Generalny Dyrektor Ochrony Środowiska).

Das Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie beauftragte das Umweltbundesamt, die Bewertung der vorgelegten UVP-Unterlagen im Rahmen der hier vorliegenden Fachstellungnahme zu koordinieren. Ziel der österreichischen Beteiligung am UVP-Verfahren ist es, mögliche signifikante nachteilige Auswirkungen des Projekts auf Österreich zu minimieren oder zu verhindern.

³ Heute: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

1 VERFAHREN UND ALTERNATIVEN

1.1 Darstellung in den UVP-Unterlagen

Die folgenden Unterlagen wurden von der polnischen Seite auf Deutsch zur Verfügung gestellt. Sie sind unter dieser Internetadresse abrufbar:

<https://www.umweltbundesamt.at/polen-uvp-kkw-2022>. In der vorliegenden Fachstellungnahme werden sie wie folgt zitiert:

UVP-BERICHT TEIL 1 (2022): Dokumentation zum Verfahren bezüglich der grenzüberschreitenden Auswirkungen des Vorhabens. Bau und Betrieb des ersten Kernkraftwerkes in Polen mit der installierten Leistung von bis zu 3.750 MWe auf dem Gebiet der Gemeinden: Choczewo oder Gniewino und Krokowa. Einführung. Polskie Elektrownie Jądrowe sp.z o.o.
https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/energie/kernenergie/verfahren/polen/uvp2022/teil_1_einfuehrung.pdf

UVP-BERICHT TEIL 2 (2022): Dokumentation zum Verfahren bezüglich der grenzüberschreitenden Auswirkungen des Vorhabens. Bau und Betrieb des ersten Kernkraftwerkes in Polen mit der installierten Leistung von bis zu 3.750 MWe auf dem Gebiet der Gemeinden: Choczewo oder Gniewino und Krokowa. Band VI des UVP-Berichts - in nicht-fachlicher Sprache abgefasste Zusammenfassung. Polskie Elektrownie Jądrowe sp.z o.o.
https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/energie/kernenergie/verfahren/polen/uvp2022/teil_2_band_vi_des%20uvp_berichts_zusammenfassung_in_nicht_fachlicher_sprache.pdf

UVP-BERICHT TEIL 3 (2022): Dokumentation zum Verfahren bezüglich der grenzüberschreitenden Auswirkungen des Vorhabens. Bau und Betrieb des ersten Kernkraftwerkes in Polen mit der installierten Leistung von bis zu 3.750 MWe auf dem Gebiet der Gemeinden: Choczewo oder Gniewino und Krokowa. Auszug aus Band I des UVP-Berichts – Einleitende Informationen. Polskie Elektrownie Jądrowe sp.z o.o.
https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/energie/kernenergie/verfahren/polen/uvp2022/teil_3_auszug_aus_band_i_des_uvp_berichts_einleitende_informationen.pdf

UVP-BERICHT TEIL 4 (2022): Dokumentation zum Verfahren bezüglich der grenzüberschreitenden Auswirkungen des Vorhabens. Bau und Betrieb des ersten Kernkraftwerkes in Polen mit der installierten Leistung von bis zu 3.750 MWe auf dem Gebiet der Gemeinden: Choczewo oder Gniewino und Krokowa. Auszug aus Band II des UVP-Berichts - Charakteristik des Vorhabens und der Emissionen. Polskie Elektrownie Jądrowe sp.z o.o.
https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/energie/kernenergie/verfahren/polen/uvp2022/teil_4_auszug_aus_band_ii_des_uvp_berichts_charakteristik_des_vorhabens_und_der_emissionen.pdf

UVP-BERICHT TEIL 5 (2022): Dokumentation zum Verfahren bezüglich der grenzüberschreitenden Auswirkungen des Vorhabens. Bau und Betrieb des ersten Kernkraftwerkes in Polen mit der installierten Leistung von bis zu 3.750 MWe auf dem Gebiet der Gemeinden: Choczewo oder Gniewino und Krokowa. Auszug aus Band III des UVP-Berichtes - Charakteristik der Umwelt. Polskie Elektrownie Jądrowe sp.z o.o.
https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/energie/kernenergie/verfahren/polen/uvp2022/teil_5_auszug_aus_band_iii_des_uvp_berichts_charakteristik_der_umwelt.pdf

UVP-BERICHT TEIL 6 (2022): Dokumentation zum Verfahren bezüglich der grenzüberschreitenden Auswirkungen des Vorhabens. Bau und Betrieb des ersten Kernkraftwerkes in Polen mit der installierten Leistung von bis zu 3.750 MWe auf dem Gebiet der Gemeinden: Choczewo oder Gniewino und Krokowa. Auszug aus Band IV des UVP-Berichts – Abschätzung der Auswirkungen. Polskie Elektrownie Jądrowe sp.z o.o.
https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/energie/kernenergie/verfahren/polen/uvp2022/teil_6_%20auszug_aus_band_iv_des_uvp_berichts_bewertung_der_auswirkungen.pdf

UVP-BERICHT TEIL 7 (2022): Dokumentation zum Verfahren bezüglich der grenzüberschreitenden Auswirkungen des Vorhabens. Bau und Betrieb des ersten Kernkraftwerkes in Polen mit der installierten Leistung von bis zu 3.750 MWe auf dem Gebiet der Gemeinden: Choczewo oder Gniewino und Krokowa. Auszug aus dem Band V des Berichtes zur Umweltverträglichkeitsprüfung – Zusammenfassung – Ergebnisse und Schlussfolgerungen. Polskie Elektrownie Jądrowe sp.z o.o.
https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/energie/kernenergie/verfahren/polen/uvp2022/teil_7_auszug_aus_band_v.pdf

UVP-BERICHT ZUSAMMENFASSUNG (2022): Umweltverträglichkeitsbericht. Bericht über die Umweltauswirkungen des geplanten Baus und Betriebes des ersten polnischen Kernkraftwerks mit einer installierten Leistung von bis zu 3.750 MWe in den Gemeinden Choczewo oder Gniewino und Krokowa Zusammenfassung der Ergebnisse des Berichts über die Umweltauswirkungen des geplanten Vorhabens. Polskie Elektrownie Jądrowe sp.z o.o.
https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/energie/kernenergie/verfahren/polen/uvp2022/summary/uvp_bericht_zusammenfassung_de.pdf

VERFAHRENSINFORMATION (2022). Informationen über die rechtlichen Grundlagen und Bedingungen für die Anfechtung der Entscheidung über die Umweltbedingungen für das Projekt, das den Bau und den Betrieb des ersten Kernkraftwerks Polens mit einer elektrischen Leistung von bis zu 3750 MWe auf dem Gebiet der Gemeinden Choczewo oder Gniewino und Krokowa in der Woiwodschaft Pommern umfasst.
https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/energie/kernenergie/verfahren/polen/uvp2022/clause/de_information_on_the_eia_procedure.pdf

TABELLE MIT ANTWORTEN (2022): Dokumentation zum Verfahren bezüglich der grenzüberschreitenden Auswirkungen des Vorhabens. Bau und Betrieb des ersten Kernkraftwerkes in Polen mit der installierten Leistung von bis zu 3.750 MWe auf dem Gebiet der Gemeinden: Choczewo oder Gniewino und Krokowa. Tabelle mit Antworten von gefährdeten Parteien zugeschickt in der Scoping-Etappe. Polskie Elektrownie Jądrowe sp.z o.o.
https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/energie/kernenergie/verfahren/polen/uvp2022/tabelle_mit_antworten_in_der_scopingetappe.pdf

Im August 2015 hat der Betreiber die Erteilung der Umweltgenehmigung bei der GDUS beantragt; die GDUS hat im September 2015 die Notwendigkeit der Durchführung einer grenzüberschreitenden UVP beschlossen. Die UVP startete im Dezember 2015, neben etlichen anderen Staaten nahm auch Österreich in der damaligen Scopingphase teil. Im Zuge dieser Scopingphase wurde eine Fachstellungnahme erarbeitet. (UMWELTBUNDESAMT 2016)

Die Scopingphase wurde im Mai 2016 mit Beschluss der GDUS, in dem die Erwartungen an den Umfang des UVP-Berichts dargelegt wurden, beendet.

Im März 2022 wurde der gegenständliche UVP-Bericht vorgelegt.

Das derzeit laufende UVP-Verfahren wird mit der Erteilung der Umweltgenehmigung enden. In der Umweltgenehmigung werden umweltschutzbezogene Bedingungen für die Durchführung des Vorhabens festgelegt. Die Umweltgenehmigung muss vor der Standortgenehmigung erteilt werden. (UVP-BERICHT TEIL 2 2022, S. 12)

Zeitplan: In Variante 1 (Standort Lubiatowo-Kopalino) soll der erste Reaktorblock in etwa 10 Jahren in Betrieb gehen, und die beiden weiteren Blöcke in 11 bzw. 12 Jahren. Für die zweite Standortvariante ist der Betriebsbeginn für den ersten Reaktor in 11 Jahren und für die beiden weiteren in 16 bzw. 17 Jahren geplant. Der jeweiligen Bauphase gehen 3 bzw. 4 Jahre Vorbereitung voraus.

Abbildung 1:
 Zeitplan für Variante 1 –
 Standort Lubiatowo-
 Kopalino (UVP-BERICHT
 ZUSAMMENFASSUNG
 2022, S. 4)

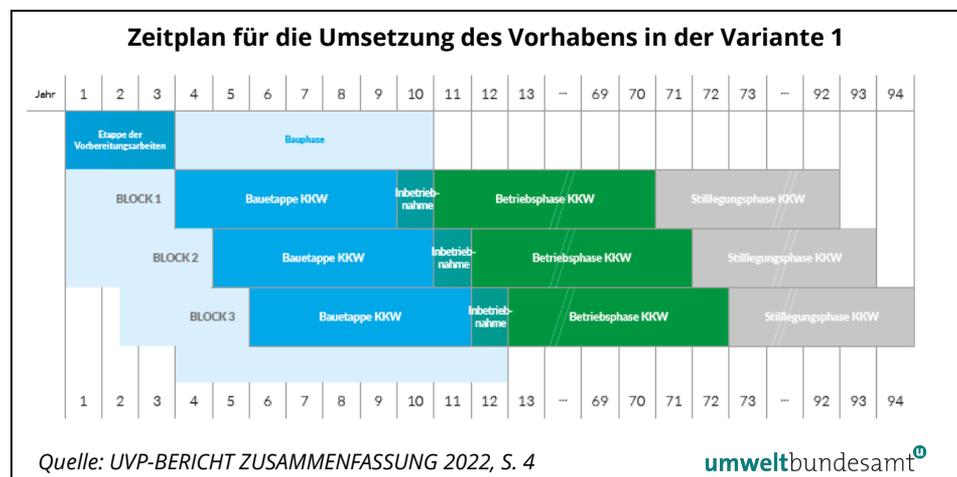
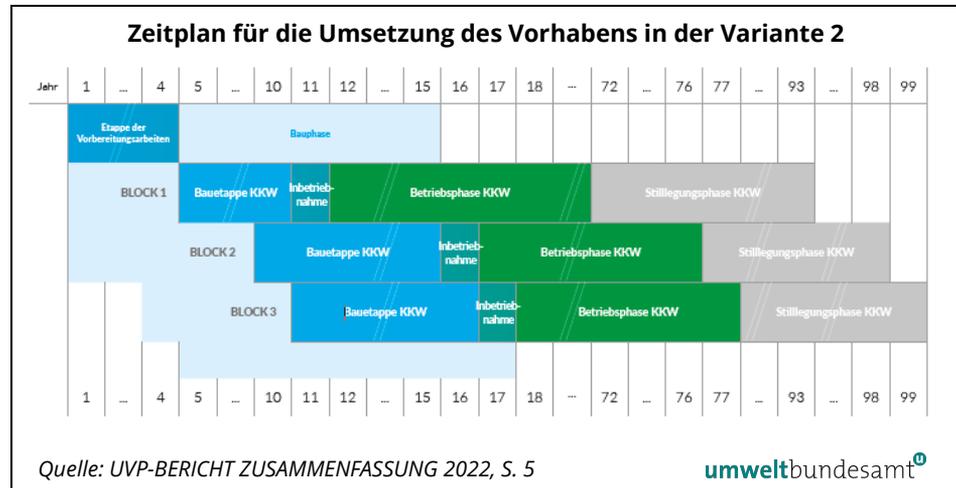


Abbildung 2:
Zeitplan für Variante 2 –
Standort Żarnowiec
(UVP-BERICHT ZUSAM-
MENFASSUNG 2022, S. 5)



In Polen wurde bereits im letzten Jahrhundert der Einstieg in die Kernenergie-nutzung geplant. Der Beschluss zum Bau des ersten Kernkraftwerks am Żarnowiecie-See (KKW Żarnowiec) wurde 1982 von der Regierung der damaligen Volksrepublik Polen gefasst. Es sollte aus vier WWER-400-Reaktoren (V-213) bestehen. Die Umsetzung dieses Vorhabens fiel jedoch in eine Zeit der schweren Wirtschaftskrise und der sozialen Unruhen im Lande, was zu langen Verzögerungen führte. 1990 beschloss die Regierung, den Bau des KKW Żarnowiec aufzugeben, es war zu dem Zeitpunkt etwa zu 40% fertig. (UVP-BERICHT TEIL 3 2022, S. 31)

Alternativen

Im UVP-Bericht werden Alternativen auf verschiedenen Ebenen beschrieben.

Alternative Standorte: Zunächst waren drei Standorte in der näheren Auswahl (Lubiatowo-Kopalino, Choczewo und Żarnowiec). Von 2011 bis 2015 erfolgte die erste Phase der Untersuchungen der Standorte.

Im Jänner 2016 beantragte der Betreiber, dass die Standortvariante „Choczewo“ aus dem Umfang des UVP-Berichts entfernt werde. Diese ursprüngliche Standortvariante „Choczewo“ liegt angrenzend an die Standortvariante Lubiatowo-Kopalino⁴.

- **Variante 1** ist der Standort Lubiatowo-Kopalino. Er umfasst die Gemeinde Choczewo (Gemarkung Jackowo), Kreis Wejherowo.
- **Variante 2** ist Standort Żarnowiec: Gemeinde Gniewino (Gemarkung Nadole) Kreis Wejherowo und Gemeinde Krokowa (Gemarkung Kartoszyño), Kreis Puck.

Für diese 2 Standorte wurden jeweils technische Subvarianten bzgl. Kühlsystem untersucht (UVP-BERICHT TEIL 2 2022, S. 20):

⁴ Der Standort Lubiatowo-Kopalino befindet sich ebenfalls im Gemeindegebiet Choczewo.

1. Variante 1 – Standort Lubiatowo-Kopalino:

- Technische Subvariante 1A – offenes Kühlsystem (direkte Kühlung mit Meereswasser);
- Technische Subvariante 1B – geschlossenes Kühlsystem – Kühlung unter Verwendung von mit Meereswasser betriebenen Dampfkühltürmen mit natürlichem Zug;
- Technische Subvariante 1C – geschlossenes Kühlsystem – Kühlung unter Verwendung von mit Süßwasser (entsalztes Meereswasser) betriebenen Dampfkühltürmen mit natürlichem Zug;

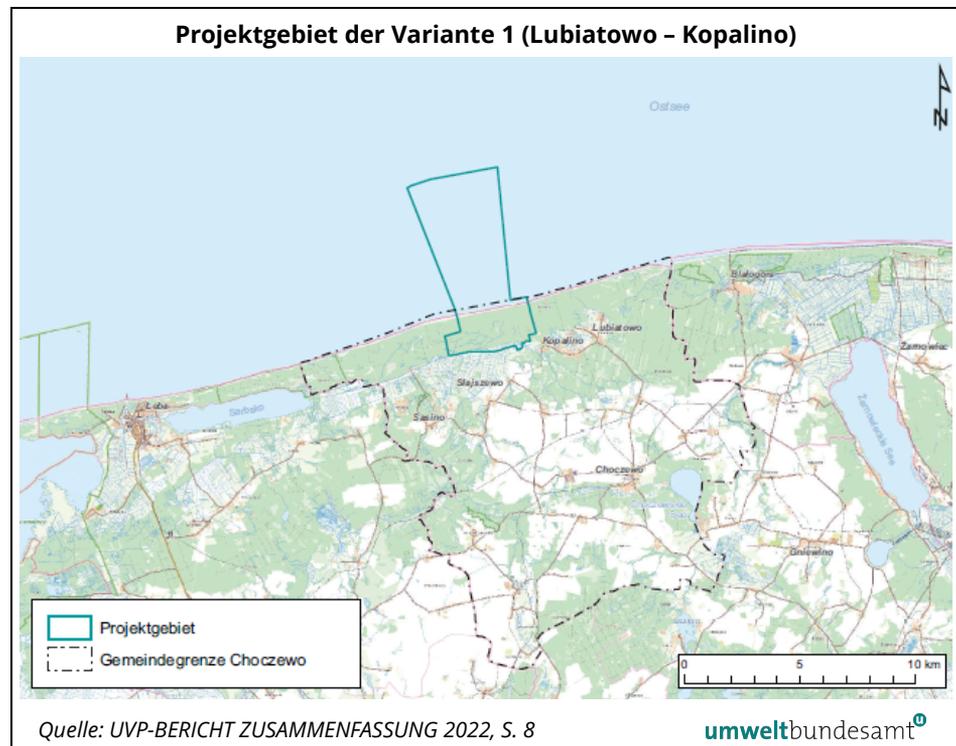
2. Variante 2 – Standort Żarnowiec:

- Technische Subvariante 2A – Kühlung unter Verwendung von mit Meereswasser betriebenen Dampfkühltürmen mit natürlichem Zug;
- Technische Subvariante 2B – geschlossenes Kühlsystem – Kühlung unter Verwendung von mit Süßwasser (entsalztes Meereswasser) betriebenen Dampfkühltürmen mit natürlichem Zug.

Für die Reihung der Subvarianten wurden sowohl umweltbezogene als auch sonstige Kriterien zugrunde gelegt. Aus Umweltsicht schneidet die Subvariante 1B am Standort Lubiatowo-Kopalino am besten ab, gefolgt von Subvariante 1A. Über alle Kriterien betrachtet hat Subvariante 1A die besten Bewertungen erhalten, gefolgt von Subvariante 1B.

Die Variante 1A ist die vom Antragsteller vorgeschlagene Variante, die Variante 1B die Alternativvariante.

Abbildung 3:
Projektgebiet der
Variante 1 (Lubiatowo –
Kopalino), UVP-BERICHT
ZUSAMMENFASSUNG
2022, S. 8.



Alternative Energieerzeugungssysteme: Im Polnischen Kernenergieprogramm wurden vier Energie-Szenarien entwickelt. In diesen Szenarien spielen neben Kernenergie und erneuerbaren Energien vor allem Gas, aber auch andere fossile Brennstoffe eine Rolle. Die größte Reduzierung der CO₂-Emission ist beim sogenannten strategischen Szenario möglich (bei dem Polen das Nuklearprogramm umsetzt) – die endgültigen jährlichen Emissionen werden von 134 Millionen Tonnen CO₂ im Jahr 2020 auf 41 Millionen Tonnen CO₂ im Jahr 2045 gesenkt. Bei einem Szenario ohne Kernenergie, das in einem Gesamtkostenmodell optimiert wird, können 93 Millionen Tonnen CO₂- Emissionen über 25 Jahre vermieden werden. (UVP-BERICHT TEIL 1 2022, S. 16)

Im UVP-Bericht wird deutlich darauf hingewiesen, dass ohne KKW-Einsatz riesige Energiemengen hauptsächlich durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe (Stein- oder Braunkohle, Erdgas), geliefert werden müssten. (UVP-BERICHT TEIL 1 2022, S. 18)

Zur Frage der **Kosten** des Projekts wird erklärt, dass die Einführung der Kernenergie zur Eindämmung des Anstiegs von Energiekosten für Endkund:innen beitragen kann. Unter Berücksichtigung der vollständigen Kostenrechnung (Bauträger-, System-, Netz- und Umweltkosten, sowie gesundheitsbezogene und sonstige externe Kosten) sowie der langen Betriebszeit nach dem Abschreibungszeitraum sind Kernkraftwerke die kostengünstigsten Energiequellen. (UVP-BERICHT TEIL 2 2022, S. 14)

Der UVP-Bericht kommt zum Ergebnis, dass der AP1000-Reaktor **eine kohlenstoffarme Option** für Polen wäre, bei dem Treibhausgasemissionen vergleichbar oder geringer wären als die alternativer Technologien für erneuerbare Energien, auch unter Berücksichtigung der konservativen Annahmen bezüglich des geschätzten Lebenszyklus. (UVP-BERICHT TEIL 1 2022, S. 17)

Zum Vergleich des CO₂-Ausstoßes verschiedener Energiesysteme wird die folgende Tabelle angeführt:

Tabelle 1:
CO₂-Fußabdruck verschiedener Energiesysteme, Quelle: UVP-BERICHT TEIL 3 2022, S. 27; dort wird verwiesen auf JACOBS CLEAN ENERGY LIMITED 2020.

Energietechnologie	CO ₂ -Emissionen bei der Stromerzeugung (g CO ₂ e/kWh)
Biomasse	106,0
Wasserenergie	4,49
Wind	28,5
Solarstrom	81,7
Erdgas	402,0
Kohle	764,0
KKW-Variante 1 – Standort Lubiatowo - Kopalino, technische Subvariante 1A – offenes Kühlsystem	6,01
KKW-Variante 1 – Standort Lubiatowo - Kopalino, technische Subvariante 1B – geschlossenes Kühlsystem mit Verwendung von Meerwasser und KKW-Variante 2 – Standort Żarnowiec, technische Subvariante 2A – geschlossenes Kühlsystem mit Verwendung von Meerwasser	6,46
KKW-Variante 1 – Standort Lubiatowo - Kopalino, technische Subvariante 1C – geschlossenes Kühlsystem mit Verwendung von entsalztem Meerwasser und KKW-Variante 2 – Standort Żarnowiec, technische Subvariante 2B – geschlossenes Kühlsystem mit Verwendung von entsalztem Meerwasser	6,60

Nullvariante: Es wird auch darauf hingewiesen, dass die mögliche Wahl der Nullvariante (Verzicht auf das Vorhaben) als die für die Umwelt ungünstigste gilt. (UVP-BERICHT TEIL 2 2022, S. 21f.)

1.2 Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die UVP-Scoping-Fachstellungnahme

Das Verfahren wurde ausreichend beschrieben.

Zum angestrebten Zeitplan, dass der erste Reaktor in der Variante 1 innerhalb von 10 Jahren genehmigt, errichtet und in Betrieb genommen werden soll, muss allerdings gesagt werden, dass dies aufgrund der Erfahrungen in anderen Staaten ambitioniert ist. Zum Vergleich mit Errichtungszeiten von AP1000-Reaktoren siehe Kapitel 3.2 dieser Fachstellungnahme.

In der Scoping-Fachstellungnahme (UMWELTBUNDESAMT 2016) waren zwei Kommentare bzw. Empfehlungen zu den Themen Verfahren und Alternativen angeführt.

Der erste Kommentar bezog sich auf die **Öffentlichkeitsbeteiligung**, es wurde empfohlen, die Öffentlichkeit nicht nur in der letzten Phase der UVP einzubinden. Diese Empfehlung war deshalb gegeben worden, da in der Scopingphase keine grenzüberschreitende Öffentlichkeitsbeteiligung möglich war. In ihrer Antwort (TABELLE MIT ANTWORTEN 2022) listete die polnische Seite Maßnahmen auf, mit denen die Öffentlichkeit in Polen bereits in den ersten Phasen der UVP informiert wurde. In der gegenständlichen Phase der UVP ist die grenzüberschreitende Öffentlichkeit gemäß der Espoo-Konvention eingebunden.

Eine zweite Empfehlung aus der Scoping-Fachstellungnahme bezog sich darauf, dass im UVP-Bericht **Alternativen** für die Energieerzeugung vorgestellt werden sollten. In TABELLE MIT ANTWORTEN (2022) wurde angegeben, dass dies behandelt worden sei.

Es wurden im UVP-Bericht Alternativen bezüglich Standort, Energieerzeugung und eine Nullvariante diskutiert.

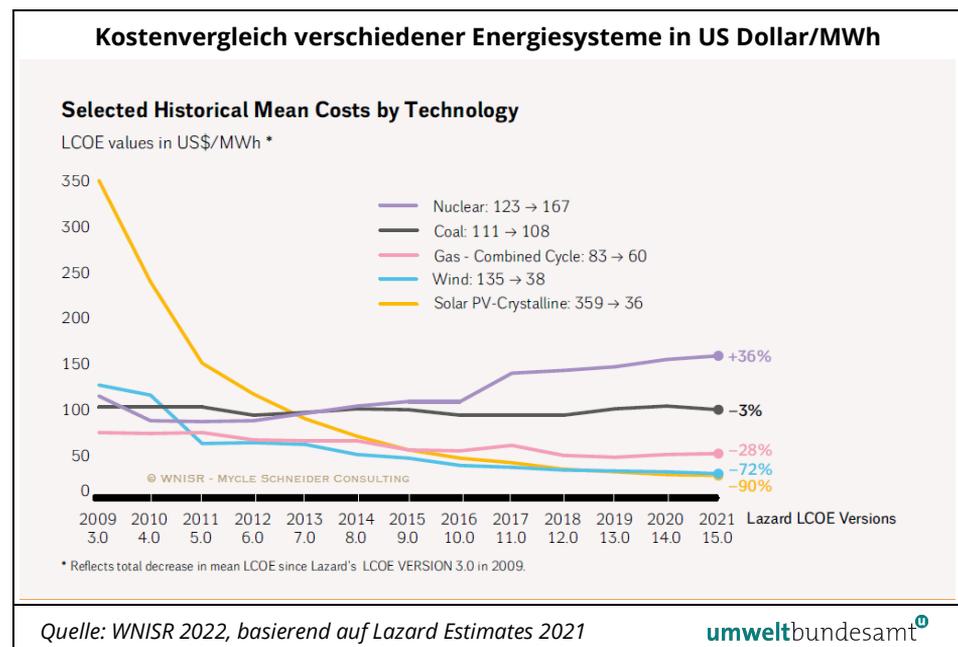
Die im Polnischen Kernenergieprogramm entwickelten Energie-Szenarien wurden vor dem Beginn des russischen Angriffskrieges auf die Ukraine und der **Gaskrise** erstellt. Es stellt sich daher die Frage, ob und wenn ja welche Änderungen sich in den (Kern)Energieszenarien durch die politische Lage ergeben.

Das Angebot von Westinghouse für das erste KKW weist geschätzte **Kosten** von 20 Mrd. Dollar für die 3 Reaktoren aus⁵, dies entspricht ca. 5.120 Euro/kW. Zum Vergleich: Das französische Neubauprojekt Flamanville-3 (EPR mit 1.650 MW)

⁵ <https://www.reuters.com/business/energy/polands-first-nuclear-power-station-cost-around-20-blm-says-pm-2022-11-02/>, gesehen 2022-11-16

war ursprünglich mit 3,2 Mrd. Euro veranschlagt, die Kosten sind inzwischen jedoch auf 12,7 Mrd. Euro gestiegen (auf Preisbasis 2015), dies entspricht etwa 7.700 Euro/kW. Die Kosten für den Neubau des finnischen KKW Olkiluoto-3 belaufen sich auf mehr als 10 Mrd. Euro (mehr als 5.800 Euro/kW; ursprünglich waren ca. 3 Mrd. Euro geplant). Die Errichtung von AP1000-Reaktoren in den USA führte ebenfalls zu massiven Kostenüberschreitungen (für 2 Reaktoren in Vogtle mehr als 35 Mrd. Dollar statt den geplanten 11 Mrd. Dollar (mehr als 15.000 Euro/kW), und für 2 Reaktoren in Summer 25 Mrd. Dollar statt 5,2 Mrd. Dollar; Projekt wurde aufgegeben). (THOMAS 2022) Außerdem muss darauf hingewiesen werden, dass die Kosten für erneuerbare Energien stetig sinken, während die Kosten für KKW-Neubauten stetig steigen. Dies zeigt die folgende Grafik aus dem World Nuclear Industry Status Report (WNISR 2022) auf:

Abbildung 4:
Kostenvergleich verschiedener Energiesysteme in US Dollar/MWh (Quelle: WNISR 2022, basierend auf Lazard Estimates 2021).



Zum **Vergleich des CO₂-Ausstoßes verschiedener Energiesysteme** wurde für die Kernenergie ein Wert von etwas über 6 g CO₂eq/kWh angegeben, für Wind offshore 28,5 und Solarstrom 81,7. Bei Vergleich mit Daten des IPCC (IPCC 2014, Figure 7-6) ergibt sich, dass der CO₂-Ausstoß jedes Energiesystems nicht nur über den Median verglichen wurde, sondern auch über den maximalen Ausstoß. Dieser liegt bei Kernenergie etwa bei 110 bzw. 220 g CO₂eq/kWh in Abhängigkeit von der gewählten IPCC Publikation und somit höher als etwa für Windenergie. Die Daten der Meta-Studie von NUGENT UND SOVACOOOL (2014) zeigen, dass der Median für Kernenergie bei 66 g CO₂eq/kWh liegt. Das Öko-Institut Deutschland berechnete 2019 einen Wert von 104 g CO₂eq/kWh (URANATLAS 2019). Diese Vergleiche führen zu der Frage, ob die Methode der CO₂-Berechnung wirklich alle Schritte der Kernenergienutzung beinhaltet, auch die Urangewinnung und -verarbeitung.

1.3 Schlussfolgerungen, Fragen und vorläufige Empfehlungen

Das Verfahren wurde ausreichend beschrieben. Nach dem Abschluss der UVP soll die Umweltgenehmigung erteilt werden, und danach die Standortgenehmigung.

Es wurden im UVP-Bericht Alternativen bezüglich Standort, Energieerzeugung und eine Nullvariante diskutiert. Da Polen in seinen Energieszenarien neben dem Einstieg in die Kernenergie auch auf Erdgas setzt, wäre die Frage zu klären, ob und wenn ja welche Änderungen sich v.a. für den Kernenergieausbau ergeben.

Die Angaben im UVP-Bericht zum CO₂-Ausstoß von KKWs erscheinen zu niedrig, es ist fraglich, ob hier Uranabbau und -aufarbeitung entsprechend berücksichtigt wurden.

Internationale Vergleiche zeigen, dass der Zeitplan bis zur Inbetriebnahme des ersten KKW unrealistisch kurz erscheint, auch die kolportierten Kosten für das erste KKW könnten zu niedrig angesetzt sein. Beides sind jedoch wichtige Faktoren bei der Erreichung von Klimazielen – Maßnahmen müssen möglichst rasch umgesetzt werden, um wirken zu können. Bei hohen Investitionskosten in KKW stellt sich zudem die Frage, ob dieses Budget beim Ausbau erneuerbarer Energien fehlen würde.

1.3.1 Fragen

- **F1:** *Ergeben sich durch die derzeitige Energiekrise Änderungen im Polnischen Kernenergieprogramm, und wenn ja, welche?*
- **F2:** *Sind in den Angaben zum CO₂-Ausstoß auch die Umweltauswirkungen des Uranabbaus und der Uranverarbeitung enthalten?*

2 ABGEBRANNTEN BRENNNELEMENTE UND RADIOAKTIVE ABFÄLLE

2.1 Darstellung in den UVP-Unterlagen

Radioaktive Abfälle werden laut Atomgesetz in die Kategorien schwach-, mittel- und hochaktiv eingeteilt, weiters wird zwischen lang- und kurzlebigen und festen, flüssigen und gasförmigen Abfällen unterschieden.

Die maximal erwartete Anzahl der **abgebrannten Brennelemente** beträgt über die gesamte Laufzeit etwa 2.730. (UVP-BERICHT TEIL 4 2022, S. 56) Die abgebrannten Brennelemente lagern zunächst in einem Lagerbecken in der Nähe des Reaktors für mindestens 3 Jahre und bis zu 10 Jahre. Danach ist geplant, sie in ein trockenes Zwischenlager zu verbringen. Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente werden als zumeist am Standort befindlich beschrieben, und die Dauer einer üblichen Zwischenlagerung wird mit 50-100 Jahre angegeben. Danach können die abgebrannten Brennelemente in ein geologisches Tiefenlager zur Langzeit- oder Endlagerung verbracht werden. (UVP-BERICHT TEIL 1 2022, S. 25)

In den Raumordnungsplänen der beiden KKW-Standorte wurde ausreichender Platz für das Zwischenlager reserviert. (UVP-BERICHT TEIL 4 2022, S. 57)

Ein alternativer Weg wäre die Wiederaufarbeitung der abgebrannten Brennelemente. Der Nationalen Plan für die Entsorgung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Kernbrennstoffe (NATIONALER PLAN 2015) sieht die Endlagerung vor, lässt aber die Frage einer möglichen Wiederaufbereitung abgebrannter Brennelemente in ausländischen Anlagen offen, über die in Zukunft nach einer erneuten Analyse entschieden werden soll. Nach dem Atomgesetz liegt die Entscheidung über die Einstufung abgebrannter Brennstoffe als Abfall oder Rohstoff für eine weitere Wiederaufbereitung beim Kernkraftwerksbetreiber. (UVP-BERICHT TEIL 1 2022, S. 26) In dieses Endlager sollen neben den abgebrannten Brennelementen auch andere hoch und mittel radioaktive und langlebige radioaktive Abfälle verbracht werden. (UVP-BERICHT TEIL 1 2022, S. 25)

Schwach- und mittelaktiven Abfälle: Die folgende Tabelle zeigt die erwarteten Mengen an festen radioaktiven Abfällen.

Tabelle 2:
Jährlich anfallende
Mengen an festen radioaktiven Abfällen (UVP-BERICHT TEIL 4 2022, S. 60)

Kategorie der radioaktiven Abfälle	Mengen fester radioaktiver Abfälle aus einem Block		Mengen fester radioaktiver Abfälle aus einem KKW mit 3 Blöcken	
	Vor der Verarbeitung	Nach der Verarbeitung	Vor der Verarbeitung	Nach der Verarbeitung
	m ³ /Jahr	m ³ /Jahr	m ³ /Jahr	m ³ /Jahr
Schwachaktiv	176	73	528	219
Mittelaktiv	10	41*	30	123
Hochaktiv	9**	-	27**	-

* Volumenzunahme aufgrund von Verpackungen

** Durchschnittswert, berechnet aus der gesamten Abfallmenge, die für die 60-jährige Betriebsdauer des Reaktors geschätzt wird.

Die anfallenden flüssigen radioaktiven Abfälle werden in Tanks gelagert, abgesetzte Feststoffe werden als feste radioaktive Abfälle weiterbehandelt, die verbleibenden Abwässer werden nach der Reinigung und Messung in die Ostsee abgeleitet. Die Emissionen in TBq/Jahr dafür werden im UVP-BERICHT TEIL 4 (2022, Kapitel II.10.4) angeführt.

Es sind Anlagen für die Sortierung, Konditionierung und Verpackung verschiedener radioaktiver Abfälle geplant, weiters ein Zwischenlager für schwachaktive Abfälle. Ein nationales Endlager für schwach- und mittelaktive Abfälle ist ebenfalls geplant.

2.2 Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die UVP-Scoping-Fachstellungnahme

In der Fachstellungnahme zum UVP Scoping-Verfahren wurden umfassende Fragen zu Anfall und Entsorgung radioaktiver Abfälle gestellt, darunter die Fragen nach Klassifizierung, Mengen, Art der Entsorgung, vorgesehene Zwischen- und Endlager inklusive Zeitpläne für deren Errichtung, und Pläne für eine eventuelle Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente. In TABELLE MIT ANTWORTEN (2022) wurde angemerkt, dass der Großteil der Fragen in den UVP-Unterlagen behandelt würde, es wurde auch auf den Nationalen Plan für die Entsorgung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Kernbrennstoffe verwiesen.

Abgebrannte Brennelemente und radioaktive Abfälle können negative Umweltauswirkungen haben. Daher sollte bei einer UVP für ein neues KKW auch die Entsorgung der radioaktiven Abfälle bewertet werden. In den UVP-Dokumenten wurde jedoch kein ausreichender Nachweis für die sichere Entsorgung von abgebrannten Brennelementen und radioaktiven Abfällen vorgelegt.

Es fehlen Angaben zu den Zeitplänen, wann die nötigen Zwischenlager in Betrieb sein werden, dies betrifft sowohl die Zwischenlager für die schwach und mittelaktiven Abfälle als auch für die abgebrannten Brennelemente.

Es fehlen Angaben zur Endlagerung der schwach und mittelaktiven Abfälle (Art des Endlagers, mögliche Standorte, Zeitplan).

Es werden auch keine Informationen über das geplante geologische Endlager für abgebrannte Brennelemente und hochradioaktive Abfälle gegeben, weder zu möglichen Standorten, Technologien oder dem Zeitplan.

Die Verweise auf den Nationalen Plan für die Entsorgung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Kernbrennstoffe liefern hier auch keine weiterführenden Informationen, außer dass Polen sich für die Option eines multinationalen Endlagers interessiert und Mitglied bei ERDO werden möchte. (NATIONALER PLAN 2015)

Da zudem noch ein Vertragsverletzungsverfahren läuft (INFR(2018)2036), bleibt die Frage offen, inwieweit die geplante Entsorgung radioaktiver Abfälle in Polen den Vorgaben der Nuklearen Abfallrichtlinie 2011/70/Euratom entspricht.

2.3 Schlussfolgerungen, Fragen und vorläufige Empfehlungen

Abgebrannte Brennelemente und radioaktive Abfälle können negative Umweltauswirkungen haben. Daher sollte bei einer UVP für ein neues KKW auch die Entsorgung der radioaktiven Abfälle bewertet werden. In den UVP-Dokumenten wurde jedoch kein ausreichender Nachweis für die sichere Entsorgung von abgebrannten Brennelementen und radioaktiven Abfällen vorgelegt. Informationen zu Art, Standort und Zeitplan für die benötigten Zwischen- und Endlager sowohl für die schwach und mittelaktiven Abfälle als auch für die abgebrannten Brennelemente sollten in den UVP-Unterlagen vorgelegt werden.

2.3.1 Fragen

- **F3:** *Bis wann soll das Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente errichtet werden?*
- **F4:** *Wie ist der Planungsstand für die weitere Vorgangsweise bezüglich des nationalen geologischen Tiefenlagers für abgebrannte Brennelemente und hochradioaktive Abfälle?*
- **F5:** *Wie ist der Planungsstand für die weitere Vorgangsweise bezüglich des Endlagers für schwach und mittelaktive Abfälle?*
- **F6:** *Was ist angedacht für den Fall, dass Zwischen- und Endlager nicht zu dem Zeitpunkt zur Verfügung stehen, wenn sie benötigt werden?*

2.3.2 Vorläufige Empfehlungen

- **VE1:** *Zum Nachweis der sicheren Entsorgung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente sollten detaillierte Informationen über die Zwischen- und Endlagerung vorgelegt werden; außerdem sollten alternative Lösungen für die Entsorgung nuklearer Abfälle für den Fall, dass diese Anlagen nicht rechtzeitig betriebsbereit sind, vorgelegt werden.*

3 REAKTORTYPEN UND ALTERUNGSMANAGEMENT

3.1 Darstellung in den UVP-Unterlagen

Laut UVP-BERICHT (TEIL 3, 2022) plant der Investor den Bau und den Betrieb eines Kernkraftwerks mit drei AP1000-Reaktorblöcken mit einer Gesamtleistung von bis zu 3.750 MWe.

In UVP-BERICHT (TEIL 4, 2022) wird ausgeführt, dass das Ziel des polnischen Kernenergieprogramms (PPEJ) der Bau von 6-9 GWe Kernkraftkapazitäten auf der Grundlage großer, bewährter Druckwasserreaktoren (DWR) ist. Einer der Gründe dafür, das PPEJ auf DWR zu stützen, ist die Tatsache, dass diese unter den in Betrieb befindlichen und unter den neuen Reaktoren überwiegen. Darüber hinaus wurden vom PPEJ auch die umfassende Kenntnis der Technologie durch die Atomaufsichtsbehörden und das Ausbleiben von Unfällen mit großen Freisetzungen in die Umwelt im bisherigen Betrieb als Argumente angeführt.

In Abschnitt II.2.1 wird weiter ausgeführt, dass die Grundlage für die technische Beschreibung in den UVP-Dokumenten der AP1000-Reaktor ist. Im Oktober 2020 unterzeichneten die Regierungen der Republik Polen und der Vereinigten Staaten von Amerika ein Abkommen über die Zusammenarbeit bei der Entwicklung eines zivilen Kernenergieprogramms und der zivilen Kernindustrie in der Republik Polen (Regierungsabkommen). In Anbetracht des Abkommens wurde der UVP-Bericht auf der Grundlage der AP1000-Technologie der Westinghouse Electric Company LLC erstellt, d. h. der einzigen verfügbaren amerikanischen Technologie, die die Kriterien des Kernenergieprogramms erfüllt.

Gleichzeitig wird betont, dass dies keine Entscheidung für eine Reaktortechnologie bedeutet, sondern eine Phase der Vorbereitungsmaßnahmen für die Umsetzung des Kernenergieprogramms und des Regierungsabkommens darstellt. Der Fortschritt der Maßnahmen, die zur Erlangung eines Umweltbeschlusses für das erste Kernkraftwerk in Polen führen, wird Abweichungen vom Zeitplan für die Umsetzung der Investitionen vermeiden oder begrenzen, falls der Ministerrat sich für die AP1000-Technologie entscheidet. (UVP-BERICHT TEIL 4, 2022)

Der AP1000-Reaktor

Abschnitt II.2.1.2 beschreibt das Konzept der nukleare Sicherheit und Sicherheitssysteme des AP1000-Reaktors (Abbildung 5). (UVP-BERICHT TEIL 4, 2022).

Abbildung 5:
Hauptanlagen und
-gebäude des Kernkraft-
werks mit AP1000-Reak-
tor (UVP-BERICHT TEIL 4,
2022).



Der Reaktorkern enthält 157 Brennelemente (Westinghouse). Der Kernbrennstoff ist Uranbrennstoff mit einer Anreicherung (mit dem Uranisotop 235U) von bis zu 4,8 %. Das Nachladen von Kernbrennstoff erfolgt normalerweise alle 18 Monate.

Der allgemeine Ansatz zur Gewährleistung der Sicherheit eines Kernkraftwerks mit einem AP1000-Reaktor besteht in der Verwendung passiver Sicherheitssysteme, um die Notwendigkeit von Eingriffen des Betreibers zu eliminieren (anstatt sie zu automatisieren) und die Anzahl und Komplexität der Eingriffe des Betreibers zu minimieren, die zur Steuerung und Überwachung der Sicherheitssysteme erforderlich sind.

Vorteile der passiven Systeme unter dem Gesichtspunkt der Sicherheit sind:

- keine Abhängigkeit von der AC-Stromversorgung,
- automatische Reaktion auf Notfallbedingungen, was ein höheres Maß an Sicherheit bietet,

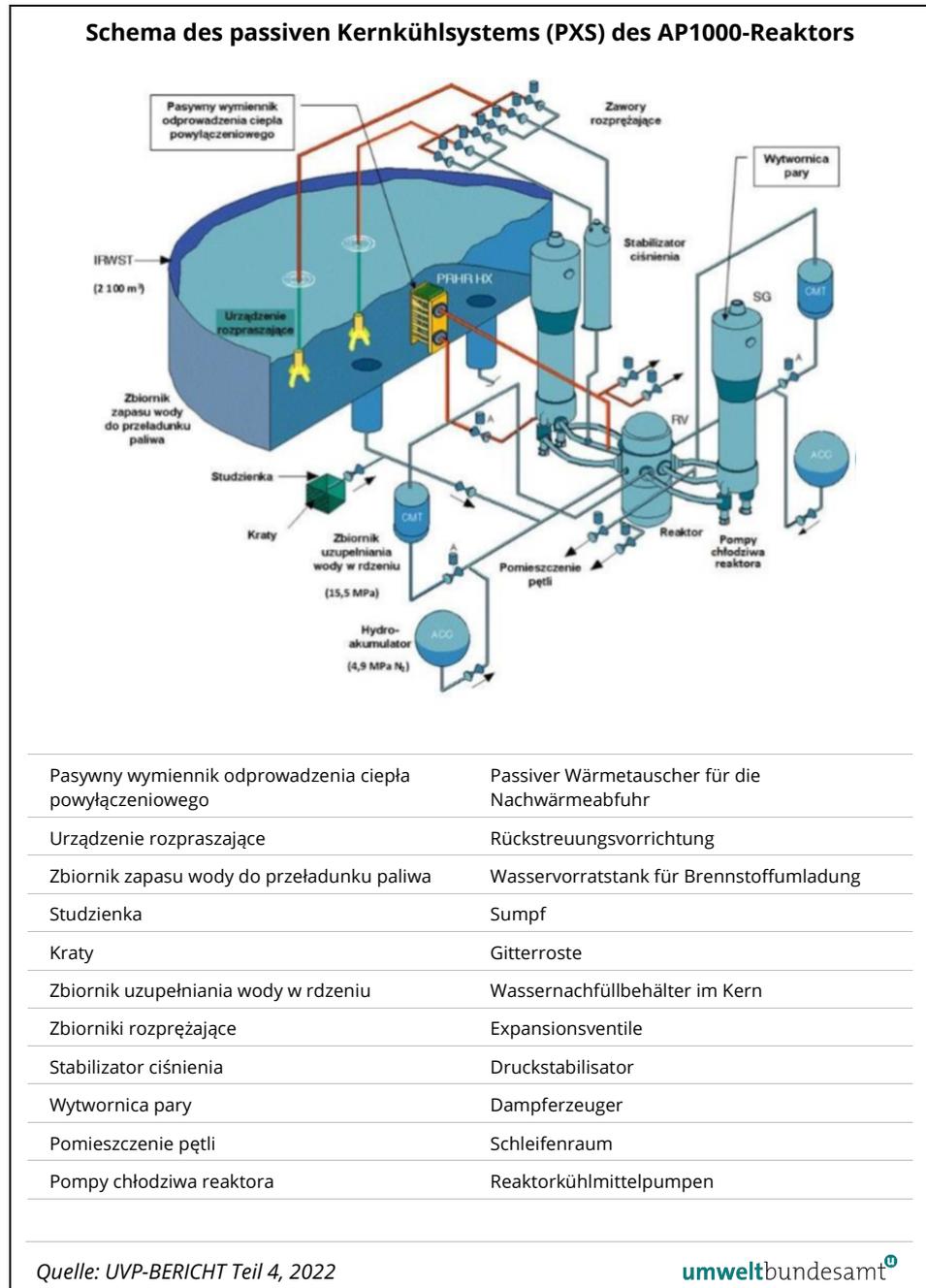
- Gewährleistung einer langfristigen Sicherheit des Kernkraftwerks unter Notfallbedingungen ohne den Einsatz aktiver Vorrichtungen (nur unter Nutzung der physikalischen Gesetze),
- erhebliche Steigerung der Zuverlässigkeit des Sicherheitsbehälters – dank seiner passiven Kühlung,
- bei schweren Störfällen bleibt der geschmolzene Kern im Innern des Reaktordruckbehälters erhalten,
- große Sicherheitsreserven.

Passives Kühlsystem für den Reaktorkern

Eine schematische Darstellung des passiven Kernkühlsystems (PXS) des AP1000-Reaktors ist in Abbildung 6 zu sehen. Der Betrieb dieses Systems basiert auf der Nutzung von Schwerkraft, Energie komprimierter Gase und natürlicher Konvektion. Es wird keine AC-Stromversorgung benötigt und alle Prozesse laufen automatisch ab. Im Falle eines Druckabfalls im Reaktorkühlkreislauf (RCS) erfolgt automatisch eine „passive Sicherheitseinspeisung“ in den Reaktor:

- Zuerst Hochdruckeinspritzung: aus den Wassernachfüllbehältern im Reaktor (CMT), die boriertes Wasser enthalten, unter dem Einfluss von Differenzdruck,
- anschließend Mitteldruckeinspritzung: aus den Hydrospeichern, unter dem Einfluss des Drucks des Gaspolsters (Stickstoff),
- zum Schluss Niederdruckeinspritzung: Schwerkraftzufuhr von Wasser zum Reaktor aus einem großen Wasservorrat (2.100 m³ Fassungsvermögen) zur Umladung des Kernbrennstoffs, welcher sich im Sicherheitsbehälter des Reaktors befindet (PCCWT/IRWST).

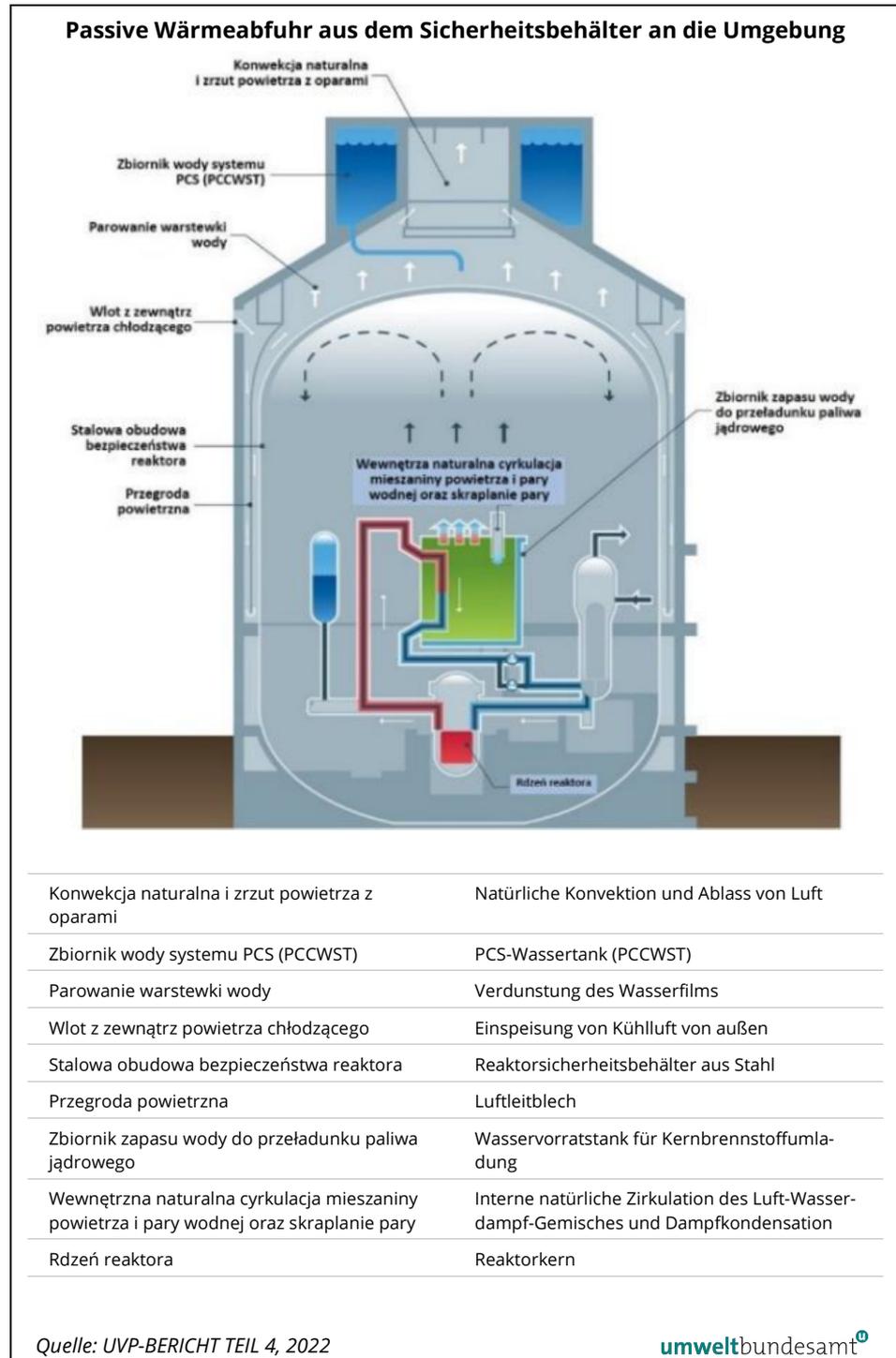
Abbildung 6:
 Schema des passiven
 Kernkühlsystems (PXS)
 des AP1000-Reaktors
 (UVP-BERICHT Teil 4,
 2022).



Das passive Kernkühlsystem (PXS) des AP1000-Reaktors ist mit einem automatischen Druckablasssystem im Reaktorkühlkreislauf ausgestattet, um die langfristige Versorgung des Reaktors mit Wasser aus dem Wasservorrattank (IRWST) ausschließlich infolge von Schwerkrafteinwirkung zu ermöglichen. Im Falle eines Totalausfalls der AC-Stromversorgung (*station black-out*, *SBO*) oder eines Ausfalls beider Leitungen des normalen Nachwärmeabfuhrsystems wird die Nachwärme durch natürliche Konvektion über das passive Nachkühlsystem aus dem Reaktor abgeführt, dessen Wärmetauscher im Wasservorrattank zur Kernbrennstoffumladung eingetaucht ist.

Die Art der Wärmeabfuhr aus dem Inneren des Sicherheitsbehälters an die Umgebung ist in Abbildung 7 dargestellt. Die Ableitung der vom passiven Nachkühlsystem (PRHR) an den Sicherheitsbehälter abgegebenen Wärme an die Umgebung (Atmosphäre) erfolgt über das passive Sicherheitsbehälter-Kühlsystem (PCS).

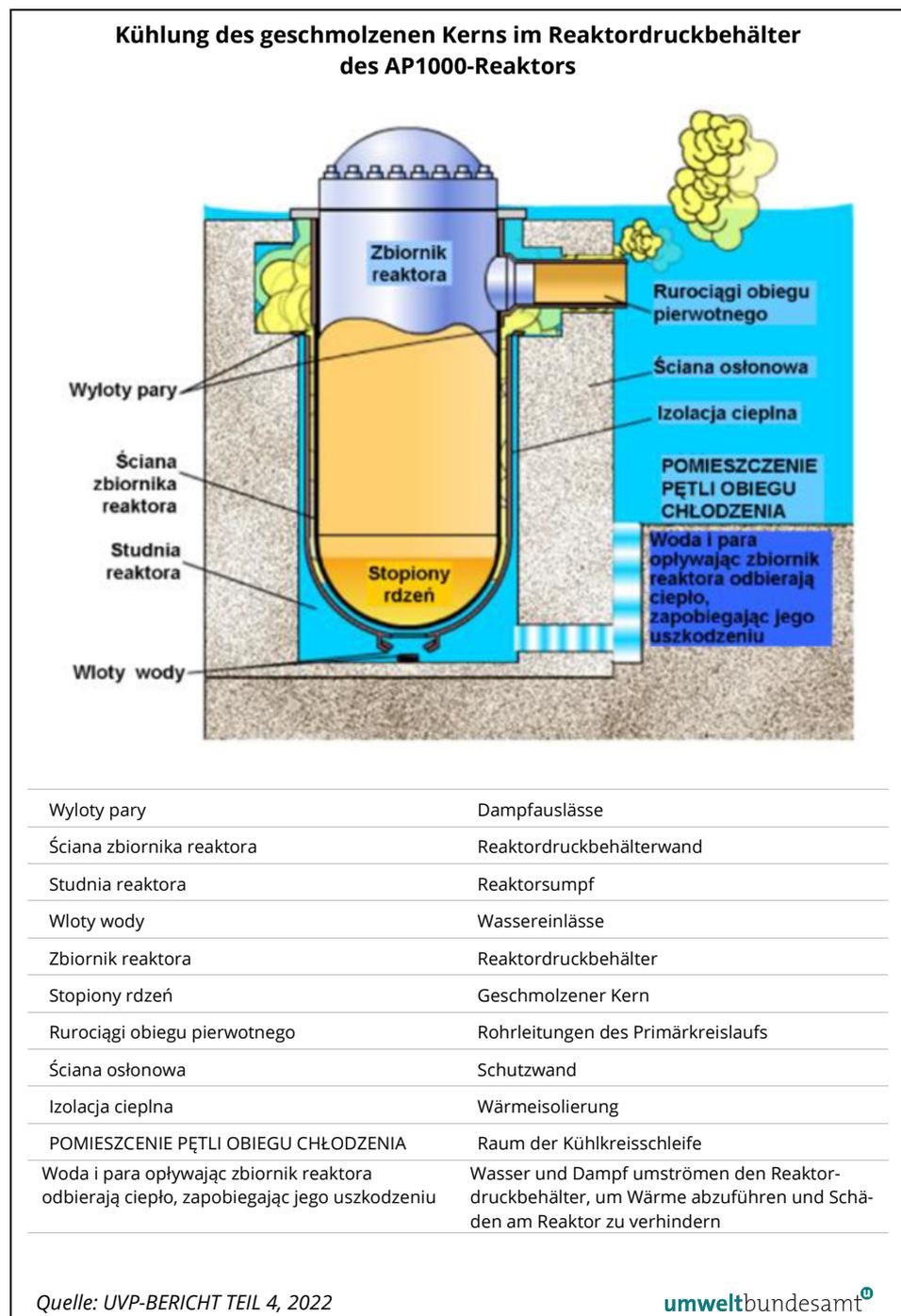
Abbildung 7:
Passive Wärmeabfuhr
aus dem Sicherheitsbe-
hälter an die Umgebung
(UVP-BERICHT TEIL 4,
2022)



Rückhaltung des geschmolzenen Kerns im Reaktordruckbehälter des AP1000-Reaktors

Für den Fall eines schweren Störfalls mit Kernschmelze (*severe accident*) sieht das Sicherheitskonzept des AP1000-Reaktors eine Rückhaltung des geschmolzenen Kerns im Reaktordruckbehälter vor (*in-vessel melt retention*). Durch die ständige Anwesenheit von Wasser und die damit sichergestellte Kühlung ist ein Versagen der Integrität des Reaktordruckbehälters und damit ein Entweichen des geschmolzenen Reaktorkerns nach außen nicht möglich. Dieses Konzept ist in Abbildung 8 dargestellt.

Abbildung 8:
Kühlung des geschmolzenen Kerns im Reaktordruckbehälter des AP1000-Reaktors (UVP-BERICHT TEIL 4, 2022)

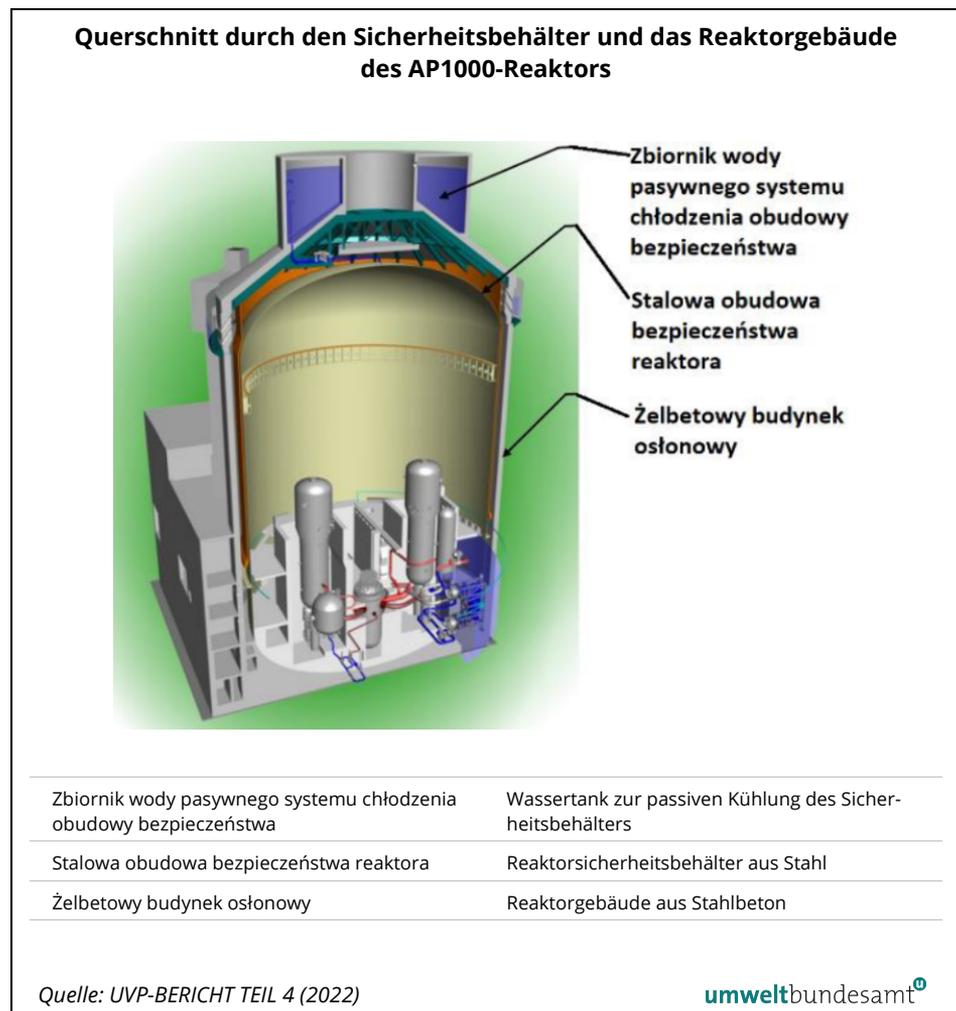


Die Sicherheit des AP1000-Reaktors, auch bei schweren Störfällen, beruht auf der Nutzung natürlicher Kräfte und Phänomene wie Schwerkraft, Verdampfung und natürliche Konvektion. Dadurch wird eine Überhitzung des Reaktordruckbehälters und des Kernbrennstoffs verhindert. Die im Kern freigesetzte Wärme überhitzt den Brennstoff nicht, sondern bringt nur das Wasser zum Sieden und Verdampfen. Wenn jedoch der Wasserdampf den Sicherheitsbehälter füllt und die Wärme aus dem Sicherheitsbehälter an die Umgebung abgeführt werden muss, geschieht dies ebenfalls passiv.

Reaktorsicherheitsbehälter mit passiver Kühlung

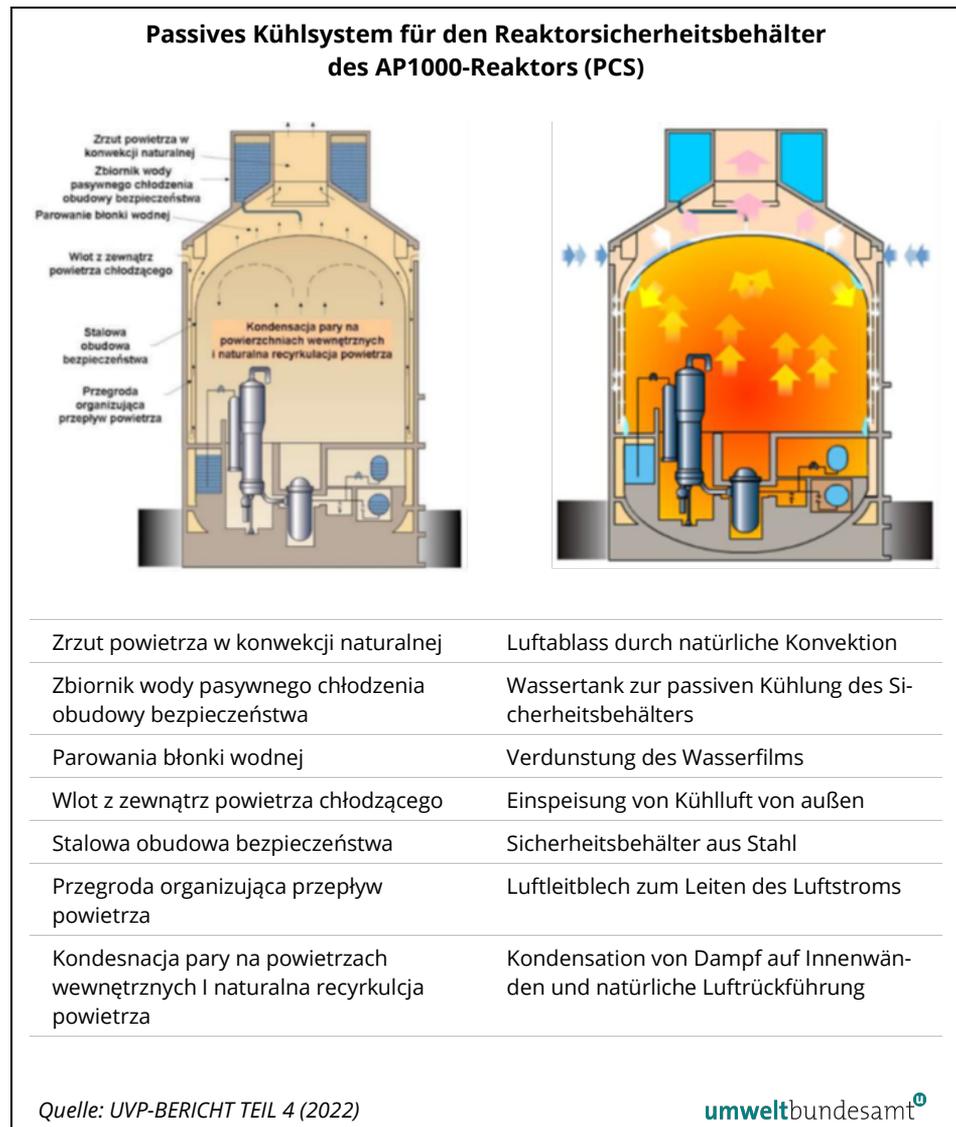
Der AP1000-Reaktor hat einen Reaktorsicherheitsbehälter aus Stahl, der von einem Reaktorgebäude aus Stahlbeton umgeben ist. Die Konstruktionslösungen für den Reaktorsicherheitsbehälter und das Reaktorgebäude sind in Abbildung 9 dargestellt.

Abbildung 9:
Querschnitt durch den
Sicherheitsbehälter und
das Reaktorgebäude des
AP1000-Reaktors



Der innere Stahlmantel des Sicherheitsbehälters bietet ein hohes Maß an Sicherheit und verhindert die unkontrollierte Freisetzung großer Mengen radioaktiver Stoffe in die Umwelt. Das Reaktorgebäude aus Stahlbeton hat eine Art Schornstein, um den herum ein Tank zur passiven Kühlung des Sicherheitsbehälters angeordnet ist, der etwa 3.000 m³ Wasser fasst.

Abbildung 10:
Passives Kühlsystem für den Reaktorsicherheitsbehälter des AP1000-Reaktors (PCS): Systembeschreibung (linke Seite) und Beispiel für einen Notbetrieb (rechte Seite)



Das Reaktorgebäude dient dem Schutz sicherheitskritischer Anlagen und Systeme vor äußeren Gefahren (insbesondere vor extremen, vom Menschen verursachten Gefahren wie dem Aufprall eines großen Verkehrsflugzeugs und Explosionen von außen) sowie der zusätzlichen biologischen Abschirmung von Systemen und Anlagen, die radioaktive Stoffe enthalten, und der Abschirmung vor direkter Strahlung unter Notfallbedingungen.

Die passiven Sicherheitssysteme gewährleisten die Reaktorsicherheit für einen Zeitraum von 72 Stunden ab Auslösen eines Störfalls ohne Eingriff des Betrei-

bers und bei fehlender AC-Stromversorgung. Nach Ablauf von 72 Stunden beschränken sich die Maßnahmen, die zur Gewährleistung einer sicheren Wärmeabfuhr aus dem Sicherheitsbehälter erforderlich sind, auf das Nachfüllen von Wasser in den Tank des passiven Kühlsystems, das sich auf der Spitze des Reaktorgebäudes (PCCWST/IRWST) befindet. Die Quelle des Nachfüllwassers können Reservoirs innerhalb des Kraftwerkblocks und, falls erforderlich, andere auf dem Gelände des Kernkraftwerks verfügbare Wasserquellen sein.

Kühlung im Falle eines Totalausfalls der AC-Stromversorgung

Es wird im UVP-BERICHT (TEIL 4, 2022) beschrieben, wie der Reaktor, der Reaktorsicherheitsbehälter und das Abklingbecken für abgebrannten Brennstoff bei einem Totalausfall der AC-Stromversorgung des Kernkraftwerks, dem so genannten Station Black-out (SBO), gekühlt werden.

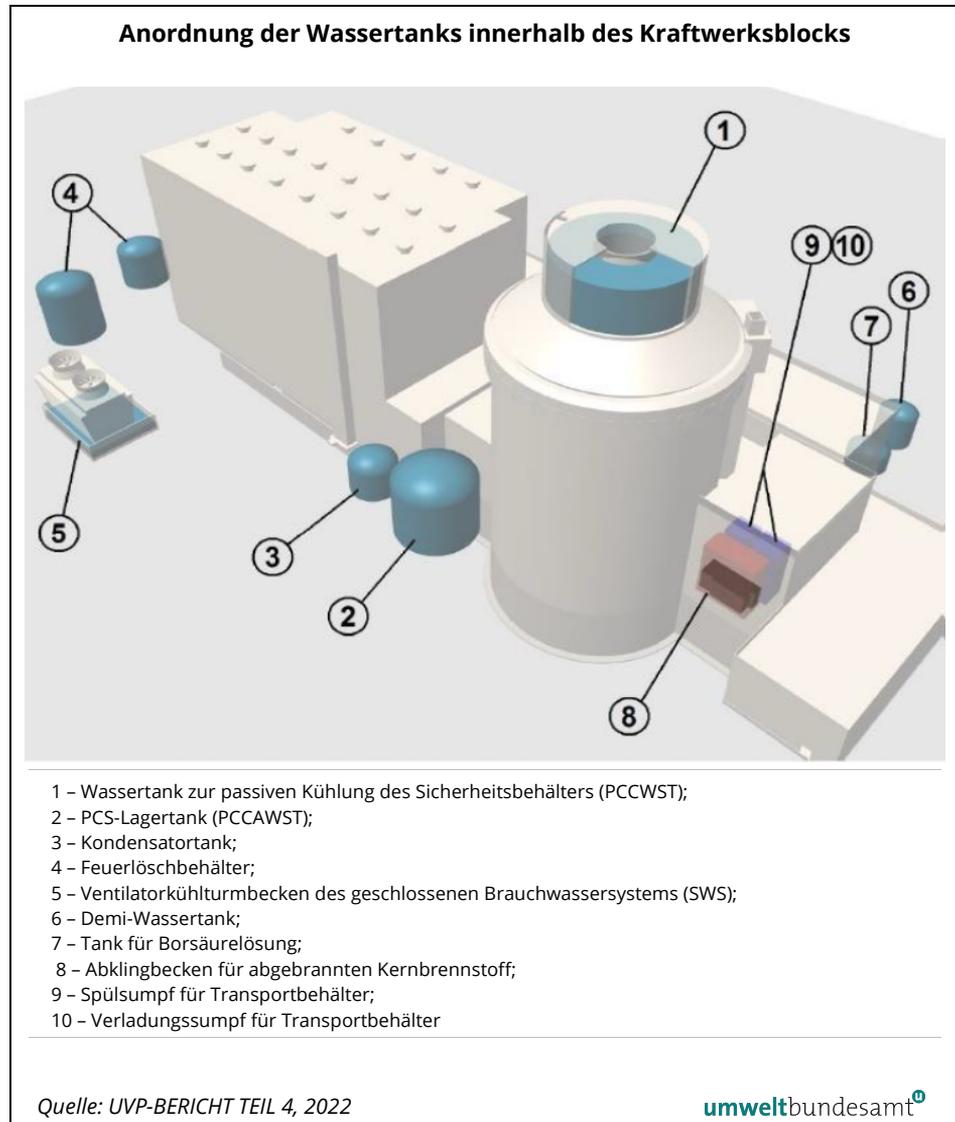
Bei einem Totalausfall der AC-Stromversorgung wird der Reaktor automatisch abgeschaltet. Es öffnen sich die Sicherheitsventile, und das Reaktorschutz- und -überwachungssystem aktiviert automatisch das passive Nachwärmekühlsystem. Auf diese Weise wird die nach dem Abschalten des Reaktors über den Dampf aus dem Wasservorrattank (PCCWST/IRWST) abgeführte Wärme an den Reaktorsicherheitsbehälter übertragen, von wo aus sie über das passive Kühlsystem des Sicherheitsbehälters (PCS) an die Atmosphäre abgegeben wird.

In den ersten 72 Stunden nach einem Totalausfall der Stromversorgung im Kernkraftwerk sorgen passive Sicherheitssysteme dafür, dass die Brennelemente jederzeit unter Wasser bleiben, um sie vor Schäden zu schützen.

Wenn die AC-Stromversorgung nicht innerhalb von 72 Stunden wiederhergestellt ist, wird ein Niederspannungs-Notstromaggregat aktiviert. Eine der beiden Pumpen des passiven Kühlsystems des Sicherheitsbehälters (PCS) fördert auf diese Weise Wasser in das Abklingbecken für abgebrannten Brennstoff aus dem externen Lagertank des PCS-Systems. Dieser Tank fasst einen Wasservorrat für vier Tage, der sowohl zum Nachfüllen des Abklingbeckens für abgebrannten Brennstoff als auch zur Kühlung des Sicherheitsbehälters dient.

Sollte die Stromversorgung nach 7 Tagen nicht wiederhergestellt sein, wird eine Nachfüllwasserzufuhr von ca. 8 m³/Stunde bereitgestellt, um den erforderlichen Wasserstand im Abklingbecken aufrechtzuerhalten. Wenn der PCS-Lagertank (PCCAWST) entleert ist, wird das Wasser aus den anderen Tanks verwendet (siehe Abbildung 11). Dieses Wasser wird mit einer Feuerlöschpumpe, einer tragbaren Motorpumpe oder einem Löschfahrzeug (über einen Hydrantenanschluss an der Außenwand des Gebäudes) gefördert.

Abbildung 11:
Anordnung der Wasser-
tanks innerhalb des
Kraftwerksblocks (UVP-
BERICHT TEIL 4, 2022)



Kühlung des Reaktors und des Sicherheitsbehälters unter Notfallbedin- gungen

Unter Notfallbedingungen wird die Nachwärme aus dem Reaktorkern an die ultimative Wärmesenke (UHS) abgeführt, die in diesem Fall atmosphärische Luft ist. Der Wärmetauscher (PHX) leitet die Nachwärme aus dem Reaktorkern in den Sicherheitsbehälter ab, der von außen durch das passive Kühlsystem des Sicherheitsbehälters (PCS) gekühlt wird. Es verfügt über einen Wasservorrat (ca. 3.000 m³) in einem Tank (PCCWST/IRWST), der sich auf der Spitze des Reaktorgebäudes befindet, so dass der Sicherheitsbehälter 72 Stunden (3 Tage) nach Auslösung des Störfalls gekühlt werden kann, ohne dass Wasser nachgefüllt werden muss, und ohne, dass eine Stromversorgung erforderlich ist oder der Betreiber eingreifen muss.

Neben dem PCCWST-Tank gibt es einen zusätzlichen (Hilfs-)Wasservorratstank für das passive Sicherheitsbehälter-Kühlsystem – mit einem Fassungsvermögen von ca. 3.500 m³, welches das Kühlwasser für weitere vier Tage bereitstellt. Im

Falle eines AC-Stromversorgungsausfalls kann die PCSWST-Tanknachfüllpumpe von einem Niederspannungs-Notstromaggregat betrieben werden. Sollte es nicht möglich sein, eines dieser beiden stationären Notstromaggregate zu betreiben, kann die Pumpe über vorhandene Anschlüsse von einem mobilen oder tragbaren Generator mit Strom versorgt werden.

Sollten sich die oben genannten Maßnahmen als unzureichend erweisen, um die Kühlung des Sicherheitsbehälters zu gewährleisten (7 Tage nach Beginn des Störfalls), wird das Wasser im PCCWST-Tank mit Hilfe einer Motorpumpe des Feuerlöschsystems, tragbarer Pumpen oder unter Einsatz von Löschfahrzeugen in die Tanks mit einem Gesamtfassungsvermögen von mehr als 10.000 m³ nachgefüllt. Es ist auch möglich, die am Standort des Kernkraftwerks vorhandenen Wasserressourcen zu nutzen.

Notstromversorgung – externe Stromnetze und Notstromaggregate

Eine der Hochspannungsleitungen, die den KKW-Block mit dem nationalen Stromnetz verbindet, wird die Notstromversorgung für die Blöcke übernehmen. Darüber hinaus werden zwei unabhängige Hochspannungsleitungen zum KKW verlegt, um die Reservetransformatoren zu versorgen. Eine zusätzliche Sicherheit für die Stromversorgung des KKW wird durch eine Notstromversorgung von zwei unabhängigen Stromkreisen der 110-kV-Hochspannungsleitung gewährleistet, die von einem externen Verteilungsnetz in das KKW zugeführt wird.

An die Sammelschienen für den allgemeinen Bedarf des Blocks werden Mittelspannungs-Notstromaggregate angeschlossen, je zwei für jeden KKW-Block, jeweils mit einer Leistung von 5.200 kWe.

Diese Generatoren sind für den Dauerbetrieb ausgelegt (Kraftstoff kann während des Betriebs nachgefüllt werden), aber es wurde davon ausgegangen, dass bei einem Stromversorgungsausfall, diese Generatoren maximal zwei Tage lang in Betrieb sein werden. Darüber hinaus werden im KKW sechs kleinere Niederspannungs-Notstromaggregate (zwei pro Kernblock) mit einer Leistung von jeweils etwa 80 kW installiert.

Brandschutzeinrichtungen

Für den Bau aller KKW-Einrichtungen werden nicht brennbare und feuerfeste Materialien verwendet. Die Abstände zwischen den Objekten richten sich nach den einschlägigen in Polen geltenden Brandschutzvorschriften. Zum Schutz vor unerwünschten Brandereignissen, die von außerhalb des KKW-Geländes ausgehen, ist außerdem die Einrichtung eines Brandschutzstreifens um den Zaun des KKW vorgesehen.

Der Kraftwerksstandort wird über ein Wasserversorgungsnetz für die Brandbekämpfung (mit Außen- und Innenhydranten), Blitzschutzsysteme, Notbeleuchtungssysteme, Feuererkennungs- und -meldesysteme, Evakuierungs- und Warnschilder sowie Handfeuerlöschmittel verfügen.

Das Kraftwerk wird mit Brandlöscheinrichtungen und -geräten ausgestattet, die den geltenden Normen und Rechtsvorschriften entsprechen. In ausgewählten Einrichtungen wie dem Maschinenraum und dem Reaktorsicherheitsbehälter wird eine kontinuierliche Überwachung auf das Vorhandensein von explosiven Gasen durchgeführt. Entlüftungssysteme verhindern die Bildung explosionsfähiger Atmosphären. Es ist geplant, dass eine Feuerwehr vor Ort am KKW-Standort tätig wird, um erforderlichenfalls vor dem Eintreffen der nationalen Feuerwehr entsprechende Maßnahmen zu ergreifen.

Vergleich der vorgeschlagenen Lösung mit der besten verfügbaren Technik (BVT)

In Polen werden alle Tätigkeiten im Zusammenhang mit der Planung, dem Bau und dem Betrieb eines Kernkraftwerks durch das Atomgesetz und seine Durchführungsbestimmungen geregelt. Das internationale ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*)-Prinzip wird im polnischen Recht als Optimierungsprinzip bezeichnet.

Gemäß Umweltschutzgesetz muss die in neuen Anlagen eingesetzte Technologie den Anforderungen von Art. 143 dieses Gesetzes entsprechen. Ein Vergleich der in der KKW-Anlage zu verwendenden Technologie mit den Anforderungen von Art. 143 wird im UVP-BERICHT erörtert.

Es wird erklärt, dass die Gewährleistung eines hohen Niveaus der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes, das den Schutz von Menschen und Umwelt vor den schädlichen Auswirkungen ionisierender Strahlung garantiert, im Mittelpunkt der endgültigen Auswahl der auf dem Markt verfügbaren technischen Lösungen steht. Von den in Frage kommenden Entwürfen, die auf einer Druckwasserreaktor-Lösung basieren, zeichnen sich die AP1000-Kernkraftwerke von Westinghouse durch ein sehr hohes Maß an Sicherheit und Funktionalität aus. Sie zeichnen sich auch durch ihren hohen Leistungsfaktor aus. Von allen auf dem Markt befindlichen Druckwasserreaktoren der Generation III/III+ verfügt nur der AP1000 über ein Notkühlsystem für den Kern, das auf einer vollständig passiven Sicherheitsbasis beruht.

Inspektionen

Zum Zeitpunkt der Erstellung des UVP-Berichts ist es noch nicht möglich, die Dauer der verschiedenen Wartungs- und Überholungsphasen genau abzuschätzen. Dies wird im *Plan der Kontrollen und technischen Prüfungen von KKW-Anlagen* festgelegt, der mit dem polnischen Amt für technische Überwachung (UDT) und der Staatlichen Atomenergiebehörde entwickelt und vereinbart wird. Für die Zwecke dieser Studie wurde in Übereinstimmung mit der oben genannten Annahme für die Dauer der Brennstoffumladung für jede Brennstoffkampagne davon ausgegangen, dass die Dauer der laufenden Überholungen 1 Monat beträgt und dass die laufenden Überholungen unmittelbar vor der Brennstoffverladung durchgeführt werden. Die Dauer wurde mit 2 Monaten für mittlere Überholungen und 3 Monaten für Generalüberholungen, die alle 10 Jahre stattfinden, angenommen.

Betriebsdauer

Als Betriebsdauer für die geplanten Reaktorblöcke werden 60 Jahre angegeben. Es wird in Abschnitt II.7.1 zusätzlich darauf hingewiesen, dass die Betriebsphase des KKW je nach dem technischen Zustand des KKW über die derzeit geplanten 60 Jahre hinaus um weitere Jahre verlängert werden kann. Angesichts der Erfahrungen mit dem derzeitigen Betrieb von Kernkraftwerken der Generation II, die für eine Lebensdauer von 30–40 Jahren ausgelegt sind und deren Lebensdauer von den Atomaufsichtsbehörden erheblich verlängert wurde (auf 60 Jahre oder sogar mehr), kann davon ausgegangen werden, dass die Betriebsphase erheblich verlängert werden kann, sofern sich der technische Zustand der wichtigsten technologischen Anlagen als zufriedenstellend erweist (natürlich nach Durchführung entsprechender Analysen und der erforderlichen Nachrüstungen). (UVP-BERICHT TEIL 4, 2022)

Zeitplan für Umsetzung des Vorhabens

Der Zeitplan für die Variante 1 – Standort Lubiatowo-Kopalino geht von einer Bauphase von ca. 10 Jahren aus, die sich aus der Etappe der Vorbereitungsarbeiten (3 Jahre), der Bauetappe (6 Jahre) und Inbetriebsetzungsetappe (1 Jahr) zusammensetzt. Es wird davon ausgegangen, dass der erste Block nach 10 Jahren ab Beginn der Etappe der Vorbereitungsarbeiten in den Betrieb übergeben werden wird. Weitere Blöcke werden mit einer zeitlichen Versetzung von einem Jahr in den Betrieb gehen und die gesamte Bauphase für alle Blöcke wird somit nach ca. 12 Jahren abgeschlossen werden.

Die Dauer der Etappe der Vorbereitungsarbeiten für Variante 2 – Standort Żarnowiec wird ähnlich wie bei Variante 1 sein; im Hinblick auf Verfahren zur Enteignung und Liquidation bestehender, auf diesem Gebiet gelegener Produktionsunternehmen wurde sie jedoch um 1 Jahr verlängert. Die Bauetappe wird im Hinblick auf den im Verhältnis zum ersten Kernkraftblock zeitlich versetzten Beginn des Baus des 2. Blocks um 5 Jahre länger dauern. Der Bau des letzten Kernkraftblocks wird im Verhältnis zum Bau des 2. Kernkraftblocks um 1 Jahr versetzt sein. Ähnlich wie bei Variante 1 wird die Inbetriebsetzungsetappe bei jedem Kernkraftblock 1 Jahr dauern. Bei Variante 2 wird die Bauphase zur Errichtung des gesamten Kraftwerks 17 Jahre dauern. (TEIL 2, 2022)

3.2 Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die UVP-Scoping-Fachstellungnahme**Auswahl des Reaktortyps**

In der UVP-Scoping-Fachstellungnahme wurde gefordert, dass – wie bei Umweltverträglichkeitsprüfungen für andere Kernkraftwerksprojekte – zumindest die zurzeit angebotenen Reaktortypen der Generation III/III+ im UVP-Bericht berücksichtigt werden sollten. Dazu wurde zunächst geantwortet, dass der Inves-

tor während des gesamten Prozesses zur Auswahl des Lieferanten der Reaktortechnologie, die Unparteilichkeit zu wahren hat, und daher keine spezifischen technologischen Lösungen beschreiben darf, die auf eine Präferenz für bestimmte Lieferanten hindeuten könnten. Es wird dann aber auch erklärt, dass es inzwischen eine Änderung gegeben hat, da die Referenztechnologie (AP1000-Reaktor) nun im UVP-Bericht angegeben wird. (TABELLE MIT ANTWORTEN, 2022)

Zurzeit der Erstellung des UVP-Berichts war die Auswahl des Reaktortyps noch nicht erfolgt. Am 28. Oktober 2022 wurde dann bekannt gegeben, dass sich Polen für das Reaktordesign AP1000 von Westinghouse für die ersten drei Kernkraftwerke des Landes entschieden hat. Das Angebot von Westinghouse sieht vor, dass das Unternehmen weniger als 49 % der Anteile an dem Projekt übernimmt. Das staatliche Unternehmen Polnische Kernkraftwerke wird die geplante Investition leiten und einen Anteil von 51 % übernehmen.

Neubauprojekte mit AP1000-Reaktoren

Vier AP1000-Blöcke sind derzeit in China in Betrieb – zwei am Standort Sanmen und zwei am Standort Haiyang – und zwei Blöcke stehen am Standort Vogtle in den USA kurz vor der Inbetriebnahme.⁶ (WNN 2022b) Der Bau von zwei Blöcken im Kernkraftwerk V.C. Summer in den Vereinigten Staaten wurde abgebrochen, ebenso die Planung für drei Blöcke im Kernkraftwerk Moorside im Vereinigten Königreich. (NUKLERIA 2018)

Am 21. Juni 2018 wurde der erste AP1000-Reaktor im chinesischen Kernkraftwerk Sanmen erstmals kritisch. Die Erstkritikalität beendet eine mehr als neun Jahre lange Bauzeit, die von zahlreichen Verzögerungen geprägt war. Der AP1000-Reaktor sollte eigentlich durch seine modulare Bauweise eine sehr kurze Bauzeit ermöglichen. Für das KKW Sanmen war ursprünglich eine Bauzeit von gut vier Jahren vorgesehen. (NUKLERIA 2018)

Der Bau von Vogtle 3 begann im März 2013, der Bau von Block 4 im November 2013. Nach dem Konkurs von Westinghouse übernahmen Southern Nuclear und Georgia Power die Projektleitung für den Bau der Blöcke im Jahr 2017. Im Februar 2022 wurde mitgeteilt, dass sich die Inbetriebnahme der Blöcke weiter verzögern wird. Da für einen Großteil der Materialien und Ausrüstungen von Block 3 die Inspektionsberichte unvollständig waren oder fehlten. Block 3 soll nun im ersten Quartal 2023, Block 4 Ende 2023 den kommerziellen Betrieb aufnehmen.⁷ (WNN 2022a,c) Das wäre dann eine Zeit vom Bau bis Inbetriebnahme von 10 Jahren.

⁶ Zwei CAP1000-Blöcke - die chinesische Version des AP1000 - sind für die Standorte Sanmen und Haiyang genehmigt worden

⁷ Dies wäre die Inbetriebnahme des ersten neuen Kernkraftwerks in den USA seit mehr als drei Jahrzehnten.

Herausforderung für die Aufsichtsbehörde

Im UVP-BERICHT (TEIL 4, 2022) wird als ein Grund für die Wahl eines DWR die umfassende Kenntnis der Technologie durch die Atomaufsichtsbehörden genannt. Diese Feststellung ist aus zwei Gründen nicht ganz zutreffend. Zum einen treten auch heutzutage in Kernkraftwerken, auch in DWR, Fehler und Schäden auf, die nicht erwartet wurden, wie zum Beispiel die aktuellen Korrosionsschäden in den französischen Reaktoren zeigen. Außerdem sind die Erfahrungen mit dem AP1000-Reaktor, der aufgrund seiner passiven Sicherheitssysteme innovativ ist, weltweit begrenzt und in Europa gar nicht vorhanden.

GDA-Prozess im Vereinigten Königreich

Die britischen Aufsichtsbehörden (Office for Nuclear Regulation - ONR und Environment Agency und Natural Resources Wales), die für die generische Auslegungsprüfung (Generic Design Assessment - GDA) neuer Reaktorkonzepte zuständig sind, begannen im September 2007 mit der Bewertung des AP1000-Reaktorkonzepts von Westinghouse. Sie erteilten im Dezember 2011 eine vorläufige GDA-Genehmigung. Damals beantragte Westinghouse eine Unterbrechung im GDA-Verfahren. Im August 2014 nahm Westinghouse das GDA-Verfahren wieder auf, um die 51 offenen GDA-Fragen zu klären.⁸

Das Standarddesign der AP1000-Anlage hatte sich weiterentwickelt, teilweise als Reaktion auf die Erfahrungen beim Bau in China und den USA. Infolgedessen hat Westinghouse eine Reihe von Konstruktionsänderungen für die britische Anlage vorgeschlagen. (WNN 2016)

Die britischen Aufsichtsbehörden ONR erklärten 2017, dass das Reaktordesign des AP1000 für den Bau im Vereinigten Königreich geeignet ist. Alle 51 Fragen seien zur Zufriedenheit der Aufsichtsbehörden geklärt worden. (WNN 2017)

2017 veröffentlichte das ONR den abschließenden zusammenfassenden Bericht für die generische Auslegungsbewertung (Generic Design Assessment, GDA) des Reaktors AP1000 von Westinghouse. In diesem Bericht werden die Arbeit zur Bewertung der von Westinghouse eingereichten Unterlagen zur Klärung der 51 GDA-Fragen erläutert, die der 2011 ausgestellten vorläufigen Bestätigung der Auslegung (iDAC) beigefügt waren. (ONR 2017f)

Für die GDA-Abschlussphase hat das ONR insgesamt 112 „Assessment Findings“ festgehalten. Die Erfüllung der „Assessment Findings“ werden im Rahmen der normalen atomrechtlichen Aufsichtsverfahren kontrolliert. Von besonderer Bedeutung waren zum Beispiel folgende Bereiche:

- Im GDA Verfahren Stufe 4 äußerte das ONR Kritik hinsichtlich der fehlenden Begründung für die angenommenen Kondensatverluste aus dem Wasserspeicher im Sicherheitsbehälter (IRWST), wenn die Nachzerfalls-

⁸ Parallel dazu hat NuGen seine Absicht angekündigt, drei AP1000-Reaktoren am Standort Moorside zu errichten, die voraussichtlich ab 2024 in Betrieb genommen werden sollen. Die Pläne sind jedoch inzwischen aufgegeben worden.

wärme des Reaktorkerns durch den passiven Nachwärmeabfuhrwärmetauscher (PRHR) abgeführt werden soll. Dieses Problem betraf alle AP1000-Projekte, und Westinghouse initiierte ein umfangreiches Arbeitsprogramm, um es zu lösen. Dazu gehörten physikalische Tests, Konstruktionsänderungen an der Anlage, Überarbeitungen der Analysemethoden und Änderungen an den Annahmen im Sicherheitsnachweis in Bezug auf die Fähigkeit, mit passiven Systemen einen stabilen, sicheren Abschaltzustand zu erreichen und aufrechtzuerhalten.

- Der neuartige Einsatz der „Squib-Ventile“ (Zündkapselventile) im AP1000-Primärkreislauf wurde von allen Aufsichtsbehörden in der AP1000-Arbeitsgruppe eingehend geprüft. Westinghouse hat ein gemeinsames Testprogramm für die chinesischen und US-amerikanischen Anlagen initiiert, um die Zuverlässigkeit und die Einhaltung der Vorschriften für die vorgeschlagenen Ventilkonstruktionen nachzuweisen, und die ONR konnte Einblicke in die Bedenken der Aufsichtsbehörden gewinnen. Zwölf hochspezialisierte Squib-Ventile werden in jedem AP1000-Kernkraftwerk zu finden sein. Squib-Ventile werden bereits in der Luft- und Raumfahrt sowie im Verteidigungsbereich eingesetzt, z. B. in Raketentreibstoffversorgungssystemen. Im Falle des AP1000 werden die Squib-Ventile durch eine Schießpulverladung betätigt, um das Primärkühlmittel im Falle eines Überdrucks freizugeben. Die Ventile sind so geladen, dass sie auch bei fehlender externer Stromversorgung betätigt werden können. (NEI 2010)

Zudem fand ein Informationsaustausch zur probabilistischen Sicherheitsbewertung (PSA) über den Stand der AP1000-PSA in den USA und im Vereinigten Königreich statt. Zu den Themen gehörte unter anderem:

- Bei Heißfunktionstests in China wurde eine neue Trümmerquelle entdeckt, die zur Verstopfung der Rückführsiebe beitragen könnte. Dies wird derzeit von der US NRC untersucht.
- Simulatorversuche im Hauptkontrollraum zeigten, dass einige in der PSA angegebene Wahrscheinlichkeiten für menschliche Fehler nicht gerechtfertigt sind.

Insgesamt wurde zwar die grundsätzliche Eignung des Designs festgestellt, jedoch verblieben eine Reihe von noch zu klärenden sicherheitsrelevanten Fragestellungen bzw. Nachweisen. Einige Beispiele werden im Folgenden genannt.

Probleme mit der Struktur des Reaktorgebäudes

Der AP1000 war der erste Reaktor der Generation III+, der 2006 in den Vereinigten Staaten von der Genehmigungsbehörde (Nuclear Regulatory Commission - NRC) eine Zulassung erhielt. (WNN 2011b) Der AP1000-Reaktor erhielt seine Zulassung jedoch bevor die NRC die Vorschrift über den Schutz vor Flugzeugabstürzen einführte. Die 2009 von der NRC eingeführte Vorschrift besagt, dass bei neuen Kernkraftwerken die Kühlung des Reaktorkerns und die Integrität bzw. Kühlung des Lagers für abgebrannte Brennelemente im Falle eines Einschlags eines großen Passagierflugzeugs aufrechterhalten werden muss. Obwohl ein

derartiger terroristischer Angriff auf ein Kernkraftwerk als "über die Auslegungsgrundlagen hinausgehend" beschrieben wird, verlangen die von der NRC erlassenen Vorschriften von den Reaktorherstellern die Beschreibung von Konstruktionsmerkmalen, die die oben genannten Anforderungen erfüllen. Westinghouse wurde daher aufgefordert, eine Bewertung der Auswirkungen von Flugzeugen auf den AP1000-Reaktor vorzulegen. (WNN 2010)

Westinghouse hat daraufhin die Konstruktion des AP1000-Reaktorgebäudes überarbeitet. Eine Auswirkung der Verstärkung der Gebäude war die Verringerung des passiven Luftstroms zur Wärmeabfuhr. Diese Auswirkung wurde als akzeptabel angesehen, da gleichzeitig ein größerer Schutz vor äußeren Einwirkungen geboten wurde. Ein Merkmal des AP1000-Containments ist eine Öffnung im Dach zur passiven Wärmeabfuhr, die von einem Wasserspeichertank umgeben ist. Ein Problem war die Möglichkeit, dass "erhebliche Flugzeugtrümmer" durch die Öffnung gelangen und den Stahlbehälter treffen könnten. (WNN 2010)

Der AP1000 verwendet eine Stahl-Beton-Stahl-Sandwich-Technik für die Wände des Reaktorgebäudes, die ihm die erforderliche Festigkeit verleihen soll. Die Bauvorschriften für diese Technik waren jedoch nicht international festgelegt, so dass es für Westinghouse schwierig war, die Konstruktion der auf diese Weise hergestellten Module zu definieren und gegenüber Sicherheitsbehörden zu rechtfertigen.

In den USA hat Westinghouse 2011 Dokumente vorgelegt, mit denen letzte Fragen der NRC zu einer Überarbeitung der AP1000-Gebäudekonstruktion im Vergleich zur zuvor zertifizierten Version beantwortet werden sollen. Ziel war auch, dass die britische und die US-amerikanische Version der Anlage so ähnlich wie möglich sind. Die amerikanischen Aufsichtsbehörden zeigten sich zufrieden, dass der Aufprall eines großen Flugzeugs auf ein AP1000-Kernkraftwerk die nukleare Sicherheit nicht gefährden würde. (WNN 2011c)

Für die zu diesem Zeitpunkt bereits im Bau befindlichen vier AP1000 in China wurde das ältere Design für die Gebäude verwendet. (WNN 2011a)

Die Schlussfolgerung von ONR zum Abschluss des GDA-Verfahrens bezüglich der Mängel des Nachweises zur strukturellen Integrität lautete: Westinghouse hat eine angemessene Antwort auf die in den GDA-Fragen aufgeworfenen Maßnahmen vorgelegt, auch wenn eine Reihe von „Assessment Findings“ und kleineren Mängeln zu verzeichnen sind. Die Verwendung von Stahl-/Betonmodulen würde nicht zu einer signifikanten Verringerung der nuklearen Sicherheit führen, vorausgesetzt, die „Assessment Findings“ werden bei der weiteren Detailplanung berücksichtigt. Während der Bewertung wurde eine Reihe von Punkten identifiziert, die ein zukünftiger Lizenznehmer in seinen standortspezifischen Sicherheitsvorschlägen berücksichtigen sollte. Es sind neun so genannte „Assessment Findings“ aufgelistet. Darunter sind auch entscheidende Mängel, so war es laut ONR nicht möglich, die Zuverlässigkeit des von Westinghouse verwendeten Finite-Elemente-Modells (FEM) zu bestimmen. (ONR 2017d)

Bruchanalysen

ONR stellte in seinem GDA-Abschlussbericht hinsichtlich der Bruchanalysen fest, es verbleiben folgende Punkte, die ein künftiger Genehmigungsinhaber in seinen standortspezifischen Sicherheitsanalysen zu berücksichtigen und nachzuweisen hat (ONR 2017a):

- Berücksichtigung des Mehrfachversagens von Verschlüssen und Halterungen von hochsicherheitsrelevanten Komponenten.
- Weiterer Nachweis der strukturellen Integrität der Auslassdurchdringung des passiven Nachzerfallswärmeabfuhr-Wärmetauschers oder Umsetzung alternativer Konstruktionsmaßnahmen zur Vermeidung eines Verlustes von Wärmesenken.
- Unabhängige Überprüfung und Validierung von Bruchanalysen.
- Sensitivitätsstudien für Bruchanalysen.
- Maßnahmen zur Erleichterung der Herstellung und der Inspektion während des Betriebs.
- Bruchzähigkeitsprüfung von geschmiedetem Material von hochsicherheitsrelevanten Komponenten.
- Nachweis des Nichtvorhandenseins von Fertigungsfehlern und des Erreichens akzeptabler Materialeigenschaften für die hochsicherheitsrelevanten Schmiedestücke.

Es wurden insgesamt 10 „Assessment Findings“ formuliert. Diese bezeichnen Nachweise, die zur Unterstützung des standortspezifischen Sicherheitsnachweises erforderlich sind. (ONR 2017a)

Anforderungen nach Fukushima

Nach dem Unfall in Fukushima im Jahr 2011 haben die Aufsichtsbehörden der AP1000-Arbeitsgruppe ein gemeinsames Positionspapier über die Anwendbarkeit der aus dem Unfall in Fukushima Daiichi gezogenen Lehren auf den AP1000 erstellt. Westinghouse musste eine Vielzahl von technischen Bereichen überprüfen, dokumentieren und anwenden. (ONR 2017c)

Als Ergebnis der Überprüfung hat Westinghouse Konstruktionsänderungen zur Verbesserungen der Widerstandsfähigkeit identifiziert (ONR 2017f):

- Erhöhter Schutz der Klasse-1-Batterien vor Überflutung über die Auslegungsbasis hinaus.
- Verbesserte Kabelverbindungen und zusätzliche Flanschverbindungen für den passiven Containment-Kühlwasser-Zusatztank.
- Verbesserte Stromversorgung für das AP1000-Kommunikationssystem.
- Verbesserte Positionierung/Anschlüsse der externen Ausrüstung (Dieselgeneratoren, Pumpen) bei anhaltendem Hochwasser.
- Zusätzliche Anschlüsse für standortinterne Wasserspeichertanks.

Als Ergebnis der Bewertung zieht ONR folgende Schlussfolgerung: Die Antwort von Westinghouse zu den Lehren aus Fukushima stellt eine gründliche und umfassende Überprüfung der nach Fukushima gewonnenen Erkenntnisse dar und zeigt die Robustheit der AP1000-Anlage gegenüber einem breiten Spektrum von Herausforderungen durch externe Gefahren. Westinghouse hat im Rahmen seiner Überprüfung ein breites Spektrum an internationalen Lehren aus dem Fukushima-Ereignis berücksichtigt. Die Sicherheit des AP1000-Konzepts wurde aufgrund der aus dem Fukushima-Ereignis gezogenen Lehren verbessert.

Das ONR formulierte ein „Assessment Finding“. Die folgende Anforderung muss vom zukünftigen Genehmigungsinhaber in seinen standortspezifischen Sicherheitsvorschlägen weiterverfolgt werden: Der Genehmigungsinhaber prüft die Durchführbarkeit der Installation einer Füllstandsanzeige für das Becken für abgebrannte Brennelemente (SFP), die den Wasserstand unterhalb der Oberkante des Brennstoffs anzeigen kann. Eine solche Anzeige ist wünschenswert, um bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen ein Lagebild des SFP-Kühlmittelinventars zu erhalten.

Passive Sicherheitssysteme

Im Folgenden werden Fragen zum Einsatz passiver Sicherheitssysteme diskutiert. Die derzeit in Betrieb befindlichen Druckwasserreaktoren sind mit Sicherheitssystemen ausgestattet, die zum größten Teil eine elektrische Stromversorgung benötigen, um zu funktionieren. Sie verfügen auch über verschiedene passive Sicherheitseinrichtungen (z. B. Wasserstoffrekombinatoren). Einige neuere Reaktorkonzepte nutzen nun in größerem Umfang passive Sicherheitssysteme, um den Reaktor in einen sicheren Abschaltzustand zu bringen und diesen Zustand über einen langen Zeitraum (72 Stunden bei AP1000-Reaktoren) ohne menschliches Eingreifen aufrechtzuerhalten. Seit dem Unfall im japanischen Kernkraftwerk Fukushima Dai-ichi besteht ein wachsendes Interesse an passiven Sicherheitssystemen.

In den Dokumenten IRSN (2016, 2019) werden die wichtigsten Merkmale passiver Sicherheitssysteme, die Hauptschwierigkeiten im Zusammenhang mit der Bewertung der Leistung und Zuverlässigkeit solcher Systeme sowie die Forschungsbereiche, die zur Überwindung dieser Schwierigkeiten entwickelt werden, dargelegt.

Einleitung

In Anbetracht der Vielfalt der verfügbaren passiven Sicherheitssysteme schlägt die IAEA eine Einteilung in vier Kategorien vor, die sich nach dem Grad der Passivität richtet:

- Systeme, die keine beweglichen mechanischen Teile oder Betriebsflüssigkeit erfordern und aus statischen Komponenten oder Strukturen bestehen, die keine externe Energiequelle oder Leittechniksignale benötigen (z. B. erdbebensichere Strukturen);
- Systeme, die keine beweglichen mechanischen Teile aufweisen und keine externe Energiequelle oder Leittechniksignale für die Betätigung oder

den Betrieb benötigen, aber eine Betriebsflüssigkeit erfordern (z. B. Kondensatoren);

- Systeme, die keine externe Energiequelle oder leittechnische Signale für die Betätigung oder den Betrieb benötigen, jedoch bewegliche mechanische Teile aufweisen (z. B. Druckspeicher, Überdruckventile, Containment-Entlüftungs- und -Filtersysteme mit Berstscheiben);
- Systeme, die keine manuelle Betätigung erfordern, aber dennoch Leittechniksignale oder eine externe Energieversorgung für die Inbetriebnahme benötigen (z. B. pumpengetriebene Dampfturbinen, pneumatische oder elektrisch angetriebene Akkumulatoren).

Passive Systeme werden zum Beispiel im Tecdoc-Bericht der IAEO vorgestellt, wobei besonderer Augenmerk auf den Systemen liegt, die auf einer natürlichen Zirkulation beruhen. (IAEA 2009a) Im Folgenden werden nur passive Systeme zur Ableitung der Nachwärme betrachtet. Ihre Hauptfunktion besteht darin, die Nachzerfallswärme des Reaktorkerns über einen längeren Zeitraum abzuführen, indem die Wärme über einen Flüssigkeitsumlauf (ein- oder zweiphasig) übertragen wird. Eine solche Konstruktion kann an die Primärseite angeschlossen werden, wie z. B. beim AP1000-Reaktor, oder an die Sekundärseite, wie beim AES 2006 oder dem HPR 1000.

Sicherheitskonzept für passive Systeme

Das gestaffelte Sicherheitskonzept ist das grundlegende Sicherheitsprinzip auch für neuere Reaktorkonzepte, bei denen in größerem Umfang passive Systeme eingesetzt werden. Entscheidend für dieses Sicherheitskonzept ist, dass ein ausreichendes Maß an Unabhängigkeit zwischen den verschiedenen Ebenen erreicht wird. Das passive Containment-Kühlsystem (PCCS) des AP1000 aber nutzt dasselbe physikalische Phänomen unter Unfallbedingungen der Sicherheitsebene 3, um Restwärme aus dem Reaktorkern abzuführen, um eine Kernschmelze zu verhindern, und unter Unfallbedingungen der Sicherheitsebene 4, um Wärme aus dem Containment abzuführen, um dessen Integrität unter Bedingungen der Kernschmelze zu erhalten.

Die Verwendung derselben Systemkonfiguration, die sich auf dieselben physikalischen Phänomene stützt, um ein passives System auf den Sicherheitsebenen 3 und 4 zu betreiben, erfordert ein sehr hohes Maß an Vertrauen in die Phänomene und die Fähigkeit des Systems, unter allen Bedingungen die korrekte Ausführung der entsprechenden Sicherheitsfunktion zu gewährleisten.

Bewertung der Zuverlässigkeit

Die Konstrukteure von passiven Sicherheitssystemen sind im Allgemeinen der Ansicht, dass solche Systeme zuverlässiger sind als aktive Sicherheitssysteme. Es ist jedoch Vorsicht geboten, was den wirklich passiven Charakter von Sicherheitssystemen angeht, die sich nach Angaben ihrer Konstrukteure ausschließlich auf natürliche Phänomene stützen. Die meisten dieser Systeme beruhen auf Änderungen des mechanischen Zustands der Komponenten (z. B. Ventil offen), auf Betätigungssignalen und auf Batteriestrom.

Außerdem ist ein passives Sicherheitssystem möglicherweise nicht in der Lage, die ihm zugewiesene Funktion zu erfüllen, selbst wenn kein mechanisches oder elektrisches Versagen vorliegt. Denn ein passives Sicherheitssystem kann auf Phänomene geringer Intensität (z. B. natürliche Konvektion) angewiesen sein, die unter bestimmten Bedingungen nicht ausreichen, um seine Funktion zu erfüllen. Da die Größe der natürlichen Kräfte, die den Betrieb passiver Systeme antreiben, relativ gering ist, können Gegenkräfte (z. B. Reibung) von vergleichbarer Größe sein und einen größeren Einfluss haben, als dies im Allgemeinen bei Systemen mit Pumpen der Fall ist.

Die Leistung eines passiven Sicherheitssystems kann angesichts der geringen Intensität der einwirkenden Naturkräfte besonders empfindlich auf die Umgebungsbedingungen (z. B. Temperaturanstieg im Sicherheitsbehälter aufgrund eines auslösenden Ereignisses) oder auf externe Gefahren (Klima, Erdbeben usw.) reagieren.

Außerdem sind die Faktoren, von denen die Größe dieser Kräfte und Gegenkräfte abhängt (z. B. die Werte der Wärmeübergangskoeffizienten und Druckverluste), mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Die Größe dieser natürlichen Antriebskräfte hängt von den spezifischen Anlagenbedingungen und -konfigurationen ab, die zu dem Zeitpunkt herrschen können, zu dem ein System seine Sicherheitsfunktion zu erfüllen hat.

Ein Funktionsversagen kann dazu führen, dass ein passives Sicherheitssystem nicht anspricht oder abgeschaltet wird, oder dass unerwartete Betriebsbedingungen auftreten. Wenn das gleiche Phänomen verwendet wird, um den ordnungsgemäßen Betrieb verschiedener Komponenten des passiven Sicherheitssystems zu gewährleisten, kann ein Funktionsfehler alle Komponenten betreffen. Dies wird als Gleichtaktstörung bezeichnet.

Bei der Bewertung der Zuverlässigkeit passiver Sicherheitssysteme ist zu berücksichtigen, dass es schwierig ist, aussagekräftige PSA zu erstellen. Insbesondere aufgrund der Schwierigkeit, den passiven Sicherheitssystemen unter allen Bedingungen Ausfallwahrscheinlichkeiten zuzuordnen.

Zunächst müssen die wichtigsten Parameter, die mit den Phänomenen verbunden sind, für alle vom System ausgeführten Funktionen ermittelt werden, um dann nachzuweisen, dass die verwendete Berechnungssoftware in der Lage ist, zuverlässige Vorhersagen für Betriebsbedingungen zu treffen. Dieser Nachweis wird im Allgemeinen auf Testergebnissen im verkleinerten Maßstab beruhen, was die Frage nach ihrer Repräsentativität und der Übertragung auf den Reaktormaßstab aufwirft.

Erwartete Beiträge von F&E

Die bisherigen Überlegungen des IRSN zu passiven Sicherheitssystemen haben zur Identifizierung einer Reihe grundlegender Fragen geführt, die insbesondere Folgendes betreffen

- Die Fähigkeit des passiven Systems, die Sicherheitsfunktion mit der erwarteten Leistung zu gewährleisten: Da die Leistung stark von den Betriebsbedingungen abhängt, erfordert die Bewertung der Leistung passiver Sicherheitssysteme ein sehr gutes Verständnis der physikalischen Phänomene, die ihrem Betrieb zugrunde liegen, sowie die notwendigen Simulationsmöglichkeiten für diese Phänomene;
- Bewertung der Zuverlässigkeit: Für eine ordnungsgemäße Bewertung der Zuverlässigkeit passiver Sicherheitssysteme scheinen spezifische Entwicklungsansätze erforderlich zu sein, wobei der Schwerpunkt auf der Bewertung der Ausfallwahrscheinlichkeiten der von diesen Systemen verwendeten thermohydraulischen Mechanismen liegt.

Der F&E-Bedarf im Zusammenhang mit der Einführung passiver Sicherheitssysteme liegt insbesondere auf folgenden Aspekten:

- Verständnis der physikalischen Phänomene, die den Betrieb der passiven Sicherheitssysteme beeinflussen,
- Simulationsmöglichkeiten für solche Phänomene,
- Tests zur Validierung von Simulationssoftware.

Es sind weitere Forschungsarbeiten erforderlich, um die Leistung und Zuverlässigkeit passiver Sicherheitssysteme, die in neuen Reaktorkonzepten eingesetzt werden sollen, angemessen zu bewerten.

Auch die Reactor Harmonization Working Group der WENRA hat sich mit der Frage der neuen Sicherheitsansätze für passive Sicherheitssysteme befasst. Ein Report aus 2018 gibt einen Überblick über einige der wichtigsten Merkmale passiver Systeme und betont die potenzielle Notwendigkeit, den Regulierungsbehörden spezifische Nachweise vorzulegen. (WENRA 2018)

Langzeitaspekte des Betriebs

Die Implementierung eines effektiven Alterungsmanagements ist für einen sicheren Langzeitbetrieb eines Kernkraftwerks von wesentlicher Bedeutung. Sie tragen dazu bei, die Wahrscheinlichkeit des Eintretens von Störungen und Störfällen zu vermindern und den ordnungsgemäßen Zustand der sicherheitsrelevanten Anlagenteile zur Störfallbeherrschung zu gewährleisten.

In der österreichischen Fachstellungnahme zum UVP-Scoping-Dokument wurde gefordert, dass die Grundzüge der entsprechenden Programme erläutert werden sollten. In der TABELLE MIT ANTWORTEN (2022) wird erklärt, dass es nicht vorgesehen sei, die Frage des Alterungsmanagements in dem im Rahmen des UVP-Verfahrens vorzulegenden UVP-Bericht ausführlich zu beschreiben, da dies verfrüht ist. Laut TABELLE MIT ANTWORTEN (2022) sind die Fragen im Zusammenhang mit dem Alterungsmanagement durch das polnische Recht geregelt

und sollten ein Element der Sicherheitsanalyse sein. Danach ist bei den Sicherheitsanalysen einer kerntechnischen Anlage insbesondere zu prüfen, ob [...] (4) bei der Auslegung einer kerntechnischen Anlage die langfristigen Alterungsmechanismen, die zu einer verminderten Zuverlässigkeit der kerntechnischen Anlage führen könnten, ermittelt werden und ob diese überwacht werden und ihnen angemessen entgegengewirkt wird".

Die Themen Lebenszyklusmanagement ("Plant Life Management" (PLM)) und Alterungsmanagement ("Ageing Management" (AM)) werden in einer Reihe von Dokumenten der IAEA behandelt, darunter z. B. IAEA (2006), IAEA (2009).

PLM wird in IAEA (2006) als Methode beschrieben, die Anforderungen, die aus einem sicheren und gleichzeitig ökonomisch rentablen Betrieb resultieren, geeignet zu integrieren. Für erfolgreiches PLM müssen mehrere Vorbedingungen erfüllt sein. Dazu gehören in technischer Hinsicht eine geeignete Betriebspraxis, die u. a. entsprechende Prozeduren für die Instandhaltung und Prüfung umfasst, sowie eine lückenlose Dokumentation der im Hinblick auf das AM relevanten Strukturen, Systeme und Komponenten. Weiterhin müssen die im Hinblick auf die Alterung relevanten Parameter überwacht und entsprechend dokumentiert werden.

Die Beherrschung der mit der Alterung der Anlage verbundenen negativen Effekte ist Gegenstand des AM. Das AM beinhaltet detaillierte Programme zur Überwachung und Instandhaltung der verschiedenen Strukturen, Systeme und Komponenten. Es dient dem Erhalt der Verfügbarkeit der erforderlichen Sicherheitsfunktionen über die Betriebsdauer der Anlage unter Einbeziehung diesbezüglicher Eigenschaftsänderungen über die Zeit. Hierbei bezieht es sich sowohl auf die physische als auch die konzeptionelle Alterung (IAEA 2009).

Gemäß IAEA (2009) spielt das AM eine Schlüsselrolle für einen sicheren und zuverlässigen Betrieb von Kernkraftwerken. Für ein effektives AM ist es erforderlich, dass Alterungseffekte in jedem Stadium des Lebenszyklus der Anlage berücksichtigt werden, d. h. während der Planung, Errichtung, Inbetriebsetzung und des Betriebs.

In IAEA (2012) wird verlangt, dass die Auslegung der sicherheitsrelevanten Anlagenteile angemessene Reserven vorsehen muss, um Alterungseffekte zu kompensieren. Detailliertere Anforderungen zur Berücksichtigung von Alterungseffekten in der Planungsphase enthält IAEA (2009), darunter: *"3.5. The operating organization should be made responsible for demonstrating to the regulatory body that ageing issues of the plant concerned have been adequately addressed in the plant design for its entire lifetime. The operating organization should prepare a description of measures by which it is going to implement an effective ageing management programme throughout all stages of the lifetime of the plant."*

Vergleichbare Anforderungen der IAEA finden sich auch in den Positionen der WENRA (Western European Nuclear Reactor's Association) bzw. ihrer Arbeitsgruppe RHWG (Reactor Harmonization Working Group). Im Dokument zu den Sicherheitszielen neuer Reaktoren wird u. a. gefordert (WENRA 2013): *"It shall also be ensured that the DiD [Defence-in-Depth] capabilities intended in the design*

are reflected in the as-built and as-operated plant and are maintained throughout the plant life."

Aus den genannten Anforderungen ergibt sich, dass Grundzüge für ein effektives PLM und AM bereits in einem frühen Projektstadium implementiert werden sollten.

Alterung der Sicherheitsnachweise und Anforderungen an das Alterungsmanagement

Für ein erfolgreiches Alterungsmanagement der Systeme, Strukturen und Komponenten sind die Kenntnis der relevanten Alterungsmechanismen sowie eine geeignete Überwachung der relevanten Alterungs- und Schädigungsmechanismen in der Anlage erforderlich. Weiterhin muss das in der Anlage implementierte Prüfprogramm geeignet sein, bis dato unbekannte Schädigungsmechanismen zu erkennen.

Bisherige Erfahrungen aus dem Betrieb der Kernkraftwerke, wie z. B. der Unfall von Fukushima, zeigen die Notwendigkeit, dass Sicherheitsanalysen und erbrachte Sicherheitsnachweise dem aktuellen Stand der Wissenschaft und Technik entsprechen. Daher ist es wichtig, dass die Sicherheitsnachweise sowie die entsprechenden Anforderungen im Bereich AM immer auf Aktualität überprüft werden.

Da Polen bisher nicht über eigene Erfahrungen mit Kernkraftwerken im Leistungsbetrieb verfügt, sind adäquate Anforderungen im Regelwerk von besonderer Bedeutung.

Im UVP-Bericht wird nicht klar dargestellt, wie sichergestellt wird, dass die Sicherheitsnachweise und die Anforderungen und Spezifikationen im Bereich Alterungsmanagement kontinuierlich dem aktuellen Stand der Wissenschaft und Technik entsprechen.

Da das geplante Kernkraftwerk in Polen eine Betriebszeit von mindestens 60 Jahre haben soll, ist es wichtig beurteilen zu können, ob ein adäquates Alterungsmanagement zur Kompensation von möglichen negativen Langzeitaspekten vorhanden ist.

Vergleich mit anderem UVP-Verfahren

Fragen zum AM werden z. B. in dem UVP-Verfahren zum geplanten KKW Bohunice 3 in der Slowakischen Republik diskutiert. In den entsprechenden Sicherheitsanweisungen der Slowakischen Republik zu diesem Thema wird u. a. Folgendes regelt (JESS 2015):

- Auswahlkriterien der Systeme, Bauarten und Komponenten;
- Anforderungen an die Organisation des Alterungsmanagements;
- Anforderungen an die Datenbank der Systeme, Bauarten und Komponenten;
- Anforderungen an die Dokumentation;

- Bewertung der Leistungserfüllung des Alterungsmanagementprogramms.

Es wird auch erwähnt, dass alle Lieferanten in Übereinstimmung mit den jeweiligen Standards verpflichtet werden, nachzuweisen, wie die Anforderung an die mindestens 60-jährige Laufzeit der neuen Kernanlage in dem Projekt berücksichtigt wird. (JESS 2015)

Vergleich der Anforderungen aus UVP-Scoping-Fachstellungnahme mit Informationen aus UVP-Bericht

In der TABELLE MIT ANTWORTEN (2022) wird erklärt, dass die Anforderungen zum Thema Reaktortypen und Alterungsmanagement aus *der UVP-Scoping-Fachstellungnahme teilweise behandelt wurden*.

- Von den angefragten Informationen sind die meisten im UVP-Bericht vorhanden. So wurde eine technische Beschreibung der Anlage sowie eine detaillierte Beschreibung der Sicherheitssysteme vorgelegt, die Maßnahmen zur Kontrolle schwerer Unfälle bzw. zur Abmilderung von deren Folgen dargestellt und die Ergebnisse der probabilistischen Sicherheitsanalyse benannt.
- Zu einigen Themen ist ein Teil der Informationen übermittelt: Erfüllung der europäischen und internationalen Standards (WENRA, IAEA, EUR) und Berücksichtigung der Stresstest-Empfehlungen.
- Auch die angefragten Betriebsgrunddaten der Anlage (Betriebsdauer, Zyklus des Brennelementwechsels, erwartete Verfügbarkeit, Abbrände,...) wurden zum größten Teil übermittelt. Die erwartete Verfügbarkeit, die auch Rückschlüsse auf die technische Zuverlässigkeit liefert, wurde nicht genannt.
- Informationen über den derzeitigen Entwicklungsstand (aktuelle Darstellung der Anlagen in Bau/Betrieb, vorliegende Zertifizierung,...) fehlen im UVP-Bericht. Eine Liste möglicher Auslegungsstörfälle ist ebenfalls nicht vorhanden.
- Es wird erklärt, in welchem Projektstadium Grundzüge für ein Lebenszyklusmanagement und Alterungsmanagement implementiert werden sollen. Aber die Grundzüge der entsprechenden Programme werden nicht erläutert.
- So wurde auch nicht dargelegt, ob bzw. in welcher Form Aspekte des Alterungsmanagements bei der Entscheidung für die Wahl des Lieferanten bzw. der Technologie berücksichtigt werden sollen.

Es wird ebenfalls nicht dargelegt, wie sichergestellt wird, dass die Sicherheitsnachweise und die Anforderungen und Spezifikationen im Bereich Alterungsmanagement immer dem aktuellen Stand der Wissenschaft und Technik entsprechen.

3.3 Schlussfolgerungen, Fragen und vorläufige Empfehlungen

Für das erste KKW in Polen wurde der AP1000-Reaktor von Westinghouse ausgewählt. Dieser wurde im UVP-Bericht als Referenzreaktor behandelt. Vier AP1000-Reaktoren sind derzeit in China in Betrieb und zwei Reaktoren stehen am Standort Vogtle in den USA kurz vor der Inbetriebnahme. Der geplante AP1000-Reaktor wäre der erste derartige Reaktor in Europa. Das bedeutet, dass eine Aufsichtsbehörde in Polen mit wenig Erfahrung einen Reaktor genehmigen und beaufsichtigen muss, zu dem bisher weltweit wenig Erfahrungen und in der EU keine Erfahrungen vorliegen.

Der AP1000 war der erste Reaktor der Generation III+, der 2006 in den Vereinigten Staaten von der Genehmigungsbehörde (Nuclear Regulatory Commission - NRC) eine Zulassung erhielt. Er erhielt seine Zulassung jedoch bevor die NRC die Vorschrift über den Schutz vor Flugzeugabstürzen einführte. Westinghouse musste das Design ändern, um diese Anforderung zu erfüllen.

Das generische Design des AP1000-Reaktors erhielt 2017 die Anerkennung als grundsätzlich geeignet für den Einsatz in dem Vereinigten Königreich. Der Anerkennung des sogenannten „Generic Design Assessment“ (GA) war ein langer Überprüfungsprozess vorangegangen, in dem viele Fragen geklärt werden mussten. Von besonderer Bedeutung war die Struktur des Reaktorgebäudes, da der AP1000 eine bisher unübliche Stahl-Beton-Stahl-Sandwich-Technik verwendet. Die Schlussfolgerung zum Abschluss des GDA-Verfahrens bezüglich der Mängel des Nachweises zur strukturellen Integrität lautete: Die Verwendung von Stahl/Betonmodulen würde nicht zu einer signifikanten Verringerung der nuklearen Sicherheit führen, vorausgesetzt, dass die „Assessment Findings“ bei der weiteren Detailplanung berücksichtigt werden. Darunter sind auch entscheidende Mängel, so war es laut der britischen Atomaufsicht ONR nicht möglich, die Zuverlässigkeit des von Westinghouse verwendeten Finite-Elemente-Modells (FEM) zu bestimmen.

In der GDA-Abschlussphase hat das ONR insgesamt 112 „Assessment Findings“ festgehalten. Diese Anforderungen müssen im Genehmigungsprozess nachgewiesen werden.

Die Sicherheit des AP1000 Reaktors beruht vor allem auf passiven Sicherheitssystemen. Bezüglich der passiven Sicherheitssysteme bestehen eine Reihe von grundsätzlichen Fragestellungen, diese betreffen die Fähigkeit und Zuverlässigkeit eines passiven Systems, die Sicherheitsfunktion mit der erwarteten Leistung zu gewährleisten.

Von den in der UVP-Scoping-Fachstellungnahme angefragten Informationen sind die meisten im UVP-Bericht vorhanden. So wurde eine technische Beschreibung der Anlage sowie eine detaillierte Beschreibung der Sicherheitssysteme vorgelegt, die Maßnahmen zur Kontrolle schwerer Unfälle bzw. zur Abmilderung von deren Folgen dargestellt und die Ergebnisse der probabilistischen Sicherheitsanalyse benannt. Es verbleiben dennoch einige Fragen:

Es wird erklärt, in welchem Projektstadium Grundzüge für ein Lebenszyklusmanagement und Alterungsmanagement implementiert werden sollen. Aber die Grundzüge der entsprechenden Programme werden nicht erläutert.

Da das geplante Kernkraftwerk in Polen eine Betriebszeit von mindestens 60 Jahren haben soll, ist es wichtig beurteilen zu können, ob ein adäquates Alterungsmanagement zur Kompensation von möglichen negativen Langzeitschäden vorhanden sein wird. Dieses sollte in einer Frühphase des Projektes festgelegt werden.

3.3.1 Fragen

- **F7:** *Wie ist der Stand des rechtlichen Rahmens für den Genehmigungsprozess für das geplante KKW? Liegt das atomrechtliche Regelwerk vor? Wann wurde es zuletzt aktualisiert? Ist eine weitere Aktualisierung geplant?*
- **F8:** *Welche Version des AP1000 Reaktors soll gebaut werden, orientiert diese sich an der amerikanischen Version oder wird es eine spezielle Version für Polen geben?*
- **F9:** *Welchen Sicherheitsebenen ist die Funktion des jeweiligen passiven Systems (insbesondere das passive Containment-Kühlsystem (PCCS) des AP1000) zugeordnet?*

3.3.2 Vorläufige Empfehlungen

- **VE2:** *Es wird empfohlen, die Aufsichtsbehörde mit ausreichend personellen und finanziellen Ressourcen auszustatten.*

4 BEWERTUNG DER STANDORTE UND EXTERNER EREIGNISSE

4.1 Darstellung in den UVP-Unterlagen

Standortcharakteristika und Bewertungen von standortspezifischen Naturgefahren sind Teil der Ausführungen in UVP-BERICHT TEIL 2 (2022) und UVP-BERICHT TEIL 4 (2022).

Kapitel VI.2.11.1 in UVP-BERICHT TEIL 2 (2022, S. 45-47) informiert über die Identifizierung potentieller externer Ereignisse sowie die Auswahl von Ereignissen, die Bedeutung für die Sicherheit des Kernkraftwerks an den ausgewählten Standorten haben können. Für die Standorte wurden demnach 40 Ereignisse aus einer generischen Liste von insgesamt 183 externen Ereignissen (Naturgefahren und anthropogene Gefahren) ausgewählt. Die ausgewählten Ereignisse, darunter 26 Naturgefahren und 14 anthropogene Gefährdungen⁹, sind in UVP-BERICHT TEIL 4 (2022, p. 69-70) gelistet. Die Auswahl von Gefährdungen, die den Standort betreffen können, umfasst auch Gefahrenkombinationen, die in UVP-BERICHT TEIL 4 (2022, S. 78-80) detailliert dargestellt sind.

Das „*Risiko des Eintretens einer Naturkatastrophe*“ wird in UVP-BERICHT TEIL 2 (2022, S. 48) angesprochen. Die Ausführungen beschränken sich an dieser Stelle im Wesentlichen auf den Verweis, dass sich im Bereich der beiden möglichen Standorte keine „*tektonische Kollisionszone*“ befindet, die die Standorte als ungeeignet qualifizieren würde. Es wird weiters festgehalten, dass im Zuge des UVP-Verfahrens keine ernsthaften Gefahren festgestellt wurden, die den Bau eines KKW an einem der beiden Standortvarianten unmöglich machen würden.

Schutzmaßnahmen gegen die Einwirkungen von Naturgefahren sind im UVP-BERICHT TEIL 4 (2022, Anhang II.11.3-1) für die beiden Standorte Lubiatowo-Kopalino und Żarnowiec in getrennten Tabellen detailliert dargestellt (S. 165-176).

UVP-BERICHT TEIL 2 (2022, Kapitel VI.3.3) und UVP-BERICHT TEIL 4 (2022, S. 89-93) enthalten Bewertungen der Standorte in Bezug auf **geologischen und geotechnischen Gefahren**. Geologische Gefahren (Suffosion, Bodenverflüssigung, wenig tragfähige Böden, Erosion, Sedimentablagerung, Erdbeben, Verkarsung) werden in den UVP Unterlagen nicht detailliert analysiert und sollen erst in der Phase der KKW-Planung berücksichtigt werden. Hinsichtlich der Gefährdungen durch Erosion und Sedimentation wird der Küstenabschnitt des Standortes Lubiatowo-Kopalino als dynamisch eingestuft (Verlagerung von marinen Sedimenten und Veränderungen der Topographie insbesondere durch Stürme; UVP-BERICHT TEIL 2, 2022, S. 113).

Seismotektonischen Gefahren: An den beiden Standorten wurden keine tektonischen Störungen nachgewiesen, durch die der Standort nach polnischen

⁹ Die Bewertung Anthropogener Gefahren erfolgt in Kapitel 6 dieses Berichts.

Vorschriften als ungeeignet für den Bau eines KKW klassifiziert werden müsste (UVP-BERICHT TEIL 4 2022, S. 84). Vom Standort Żarnowiec wird jedoch die sogenannte Zarnowitzer Rinne (Rynna Żarnowca) beschrieben, eine Struktur von fluvioglazialer Herkunft, für die angenommen wird, dass *„die durch die Sprünge im älteren Untergrund ausgelöste Senkung des Geländes das Einschneiden des Eisschildes in den Untergrund erleichtert haben könnte und durch die Gletscherwässer als vorgezogene Durchflussrichtungen gewählt wurde.“* (UVP-BERICHT TEIL 2 2022, S. 84). Eine weiterführende Bewertung der beschriebenen Struktur im Zusammenhang mit der möglichen Aktivität der genannten „Sprünge im älteren Untergrund“ ist aus den UVP Unterlagen nicht ersichtlich.

Zur **Erdbebengefährdung** wird festgehalten, dass in der Region im Umkreis von 300 km seit dem 14. Jahrhundert kein katastrophales Erdbeben verzeichnet wurde. Probabilistische Analysen der Erdbebengefährdung (PSHA) ergeben für die beiden möglichen Standorte und für das Auslegungserdbeben mit einer Wiederkehrperiode von 10.000 Jahren sehr geringe Bodenbeschleunigungen $PGA \approx 0,03$ g (UVP-BERICHT TEIL 4 2022, S. 84-86). Die Werte sollen einer Intensität $I=5.4$ EMS-98 entsprechen¹⁰. Für Eintrittswahrscheinlichkeiten von 10^{-6} und 10^{-7} /Jahr, die für den praktischen Ausschluss von frühen oder großen Freisetzung relevant sind, ergeben die dargestellten Gefährdungskurven Werte von $PGA \approx 0,4-1$ g (Mittelwert / mean hazard; Abbildungen II.11.4- 1 und II.11.4- 1).

Der UVP-BERICHT TEIL 2 (2022, S. 335) beschreibt die Schwierigkeiten und Einschränkungen, die sich für die seismotektonische Standortbewertung aus der Verfügbarkeit historischer Erdbebenaufzeichnungen und der Qualität von geologischen und geophysikalischen Daten ergeben. Diese Einschränkungen sollen die Ergebnisse der Beurteilung von tektonischen Brüchen und damit die Eignung der Standorte jedoch nicht in Frage stellen. Ein Erdbebenüberwachungsnetz ist vorhanden und soll, abhängig von den Ergebnissen der Analysen der Erdbebengefährdung und der Störungsanalyse, weiter angepasst werden (UVP-BERICHT TEIL 2 2022, S. 329).

Gefährdungsanalysen für **externe Überflutung** durch die Ostsee berücksichtigen die Kombination von Sturmflut, Wellenhöhe, die erwartete Veränderung des Meeresspiegels in einer Klimawandelperspektive bis 2180 für eine Eintrittswahrscheinlichkeit von 1 in 10.000 Jahren und eine Unsicherheit von 1 m (UVP-BERICHT TEIL 4 2022, S. 87-89). Die Analysen ergeben einen *„voraussichtlichen maximalen Meeresspiegel“*, infolgedessen Mindesthöhen für die Gründung eines KKW an den Standorten wie folgt festgelegt wurden: Lubiatowo-Kopalino: 9,5 m über dem Meeresspiegel für kerntechnische Anlagen und 8,3 m für sonstige Anlagen; Żarnowiec: 9,0 m für kerntechnische Anlagen, 6,5 m für sonstige Anlagen und 5,0 m für die Kühlwasserpumpenstation. Überflutungen durch Flüsse werden durch die Lage der Standorte ausgeschlossen.

Meteorologische Gefahren sind im UVP-BERICHT TEIL 4 (2022, S. 93-94) nur cursorisch behandelt. Der Bericht hält fest, dass Extremwerte meteorologischer Parameter, des Auftretens extremer meteorologischer Phänomene und extrem

¹⁰ Die Intensitätsstufen der EMS-98 sind ganzzahlig. Gemeint ist daher wohl $I=V-VI$.

seltener meteorologischer Phänomene nach den Richtlinien der IAEA (2011) analysiert wurden. Grundlage für die Gefährdungsanalysen sind Daten aus dem Messnetz des Instituts für Meteorologie und Wasserwirtschaft – Nationales Forschungsinstitut (IMGWPIB) aus dem Zeitraum 1981 bis 2018. Extremwerte von meteorologischen Parametern wurden für Eintrittswahrscheinlichkeiten von einmal in 10.000 Jahren ermittelt. Die berechneten Wahrscheinlichkeiten sind in UVP-BERICHT TEIL 4 (2022), Kapitel IV.3, dargestellt¹¹.

Aus den Ausführungen in UVP-BERICHT TEIL 2 (2022) ist zu schließen, dass die bisher durchgeführten Analysen externer Überflutungen und meteorologischer Ereignisse auch die voraussichtlichen Folgen des Klimawandels berücksichtigen. In diesem Zusammenhang werden Hitze, Dürre, extreme Niederschläge, Überschwemmungen, Stürme, Wirbelstürme, Meeresspiegelschwankungen, Zurückweichen der Küstenlinie (Erosion, Abrasion) sowie Frost und Schnee genannt. Der UVP-BERICHT TEIL 2 (2022, S. 81) stellt dazu fest, dass *„schon in der Eingangsphase der Planung des KKW ... die die Folgen der künftigen klimatischen Veränderungen vorbeugenden oder mildernden Maßnahmen ausgearbeitet [werden]“*.

4.2 Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die UVP-Scoping-Fachstellungnahme

Die UVP Unterlagen enthalten eine präzise Darstellung der Einwirkungen von außen, die im Rahmen des UVP Verfahrens untersucht wurden. Die Grundlage der Standortbewertung in Bezug auf externe Ereignisse bildet eine Liste von 183 möglichen externen Gefährdungen (UVP-BERICHT TEIL 4 2022, S. 69-70), die von ASAMPSA (2019)¹² übernommen wurde. Für Naturgefahren ist diese Liste mit der generischen Gefahrenliste der WENRA (2020a, Appendix 1) praktisch identisch. Die durch ein Screening-Verfahren ermittelten, für die beiden Standorte relevanten Gefährdungen (UVP-BERICHT TEIL 4 2022, S. 69-70) sowie relevante Gefahrenkombinationen werden ebenfalls detailliert dargestellt (UVP-BERICHT TEIL 4 2022, S. 78-80). Auswahl und Screening von einzelnen Gefahrentypen und die Identifizierung von Gefahrenkombinationen folgen damit im Wesentlichen den Anforderungen der WENRA Sicherheitsrichtlinien, Issue TU (WENRA 2021). Die Forderung von UMWELTBUNDESAMT (2016), auslösende Ereignisse ausführlicher zu behandeln, ist damit erfüllt.

Die Vollständigkeit der standortspezifischen Gefährdungen und Gefahrenkombinationen können in diesem Rahmen nicht detailliert geprüft werden. In der folgenden Diskussion werden einige Gefahren und Gefahrenkombinationen behandelt, die möglicherweise nicht berücksichtigt wurden.

¹¹ UVP-BERICHT TEIL 4 (2022), Kapitel IV.3 liegt nicht in Übersetzung vor.

¹² Zitiert wird ein Bericht des EU-Projekts „Advanced Safety Assessment Methodologies: Extended PSA“, DECKER & BRINKMAN (2017)

Eine der wichtigsten Sicherheitsanforderungen, die an Projekte neuer KKW in Europe gestellt werden, ist die Anforderung des praktischen Ausschlusses (Practical Elimination) von Kernschmelzunfällen, die zu frühen Freisetzungen durch Versagen des Containments oder zu großen Freisetzungen radioaktiver Stoffe in die Umwelt führen könnten (WENRA 2010, 2013). Der praktische Ausschluss erfordert den Nachweis, dass Unfallszenarien, die zu frühen oder großen Freisetzungen führen können, physikalisch unmöglich oder mit großer Sicherheit extrem unwahrscheinlich sind (WENRA 2010, 2013). WENRA (2013) fordert daher, dass auslegungsüberschreitende Ereignisse in der Sicherheitsanalyse berücksichtigt werden müssen. Neue KKW sind so auszulegen, dass auch bei einem Störfall mit Kernschmelze nur begrenzte räumliche und zeitliche Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung erforderlich sind und ausreichend Zeit zur Umsetzung dieser Maßnahmen zur Verfügung steht. Es ist daher nicht ausreichend, die Einwirkungen von Naturgefahren nur für Auslegungsereignisse mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von maximal 10^{-4} /Jahr in der Auslegung des KKW und in der Sicherheitsanalyse zu berücksichtigen.

WENRA gibt weder numerische probabilistische Ziele für die Formulierung *extrem unwahrscheinlich* noch Erwartungen für die Sicherheit der statistischen Aussage (Perzentile) an. Mehrere europäische Länder und ENSREG erwarten für frühe oder sehr große Freisetzungen jedoch Eintrittswahrscheinlichkeiten $<10^{-6}$ - 10^{-7} /Jahr. Im UVP-BERICHT TEIL 4 (2022, S. 65) wird für auslegungsüberschreitende Störfälle, die durch geeignete Auslegungslösungen praktisch ausgeschlossen werden sollten, eine Frequenzrate von $<10^{-6}$ pro Jahr angegeben. Der Wert bezieht sich auf schwere Störfälle mit Beschädigung des Containments („BDB“ in der polnischen Klassifizierung).

Geologische und geotechnische Gefahren (Suffosion, Bodenverflüssigung, wenig tragfähige Böden, Erosion, Sedimentablagerung, Erdbeben, Verkantung) werden nach Angaben der UVP Dokumente erst in der Phase der KKW-Planung berücksichtigt. Hinsichtlich der Gefährdungen durch Bodenverflüssigung ist festzuhalten, dass diese Gefährdung im Zusammenhang mit seismischen Ereignissen nicht prinzipiell ausgeschlossen werden kann (siehe unten).

Im Zusammenhang mit **seismotektonische Gefahren** erscheint die Beschreibung der sogenannten Zarnowitzer Rinne (Rynna Żarnowca) am Standort Żarnowiec bemerkenswert. Für die Struktur wird eine fluvioglaziale Genese genannt wobei angenommen wird, dass die glaziale Erosion durch Absenkung an Störungen im älteren Untergrund lokalisiert worden sein könnte (UVP-BERICHT TEIL 2 2022, S. 84). Aus der Zarnowitzer Rinne (Rynna Żarnowca) liegen außerdem geologische Daten vor, aus denen auf pleistozäne Störungsaktivität geschlossen wird (LASOCKI et al., 2022). Der hergestellte Zusammenhang zwischen der Morphologie der Zarnowitzer Rinne und tektonischen Störungen kann auf Bewegungen der angesprochenen Störungen im Pleistozän hinweisen. Es ist daher unklar, wie die Inaktivität der Störungen nachgewiesen wurde. Der Ausschluss von aktiven Störungen an den Standorten wurde in der Scoping-Phase auch vom Schwedischen Geologischen Institut thematisiert (TABELLE MIT ANTWORTEN 2022, Ord. Nr. 7).

Für die **Erdbebengefährdung** geben die UVP Unterlagen für die Auslegungserdbeben mit der Eintrittswahrscheinlichkeit von 10^{-4} /Jahr extrem geringe Bodenbeschleunigungswerte von $PGA \approx 0.03$ g an. Die osteuropäische Plattform, auf der die untersuchten Standorte liegen, ist tatsächlich durch sehr geringe Seismizität gekennzeichnet, und internationale Erdbeben-Datenbanken wie AHEAD listen keine historische Starkbeben in der Region¹³. Aus dem Gebiet um Kaliningrad (ca. 130 km östlich der Standorte) sind jedoch mehrere Erdbeben mittlerer Stärke bekannt (2006-09-21 Kaliningrad, $M=4,6$ und $M=4,7$)¹⁴. Die angegebene Bodenbeschleunigung von $PGA \approx 0.03$ g für 10^{-4} /Jahr erscheint auch im Vergleich mit Gefährdungsanalysen anderer Standorte auf der osteuropäischen Plattform sehr gering (z. B. KKW Astrawec; ENSREG 2018).

Für den Standort Lubiatowo-Kopalino verweist der UVP-BERICHT TEIL 2 (2022, S. 85) auf die in unmittelbarer Nähe gelegenen, von der PGNiG SA (AG) genutzten Erdöl-Lagerstätten Żarnowiec, Dębki und Żarnowiec-W Białogóra. Die Produktion von Kohlenwasserstoffen kann grundsätzlich zu induzierten und ausgelösten Erdbeben führen (induced and triggered seismicity). Aus den UVP Unterlagen ist nicht ersichtlich, ob diese möglichen Einwirkungen in der Gefährdungsanalyse für den KKW Standort Żarnowiec berücksichtigt sind.

Die Liste der Gefahrenkombinationen enthält keine Folgeereignisse von Erdbeben. Es wird angenommen, dass Erdbebenfolgeereignisse (z. B. Bodenverflüssigung) aufgrund der für das Auslegungserdbeben (mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von 10^{-4} /Jahr) ermittelten sehr geringen Bodenbeschleunigungen ($PGA \approx 0,03$ g) nicht beachtet werden. Für neue KKW müssen aufgrund der Forderung des praktischen Ausschlusses im Rahmen der Sicherheitsanalyse jedoch auch Erdbeben mit wesentlich geringeren Eintrittswahrscheinlichkeiten (bis 10^{-6} oder 10^{-7}) berücksichtigt werden. Für diese extrem seltenen Ereignisse gibt die durchgeführte PSHA Bodenbeschleunigungen mit $PGA \approx 0,4-1$ g an (Mittelwert / Mean Hazard; UVP-BERICHT TEIL 4 2022, Abbildungen II.11.4- 1 und II.11.4- 1). Bodenbeschleunigungen dieser Größenordnung können eine Reihe von Sekundärereignissen (consequential hazards) auslösen, die in der Sicherheitsanalyse adäquat zu berücksichtigen sind. Da der oberste geologische Untergrund an beiden Standorten von mächtigen quartären Lockersedimenten gebildet wird, sollten Bodenverflüssigung und andere mögliche Sekundärereignisse wie Kompaktion und Setzung in Folge extrem seltener Erdbeben in Betracht gezogen werden.

Schutz gegen **Überflutung** durch die Ostsee soll durch eine Höhe der kerntechnischen Anlagen von 9,5 m (Lubiatovo-Kobalino) bzw. 9,0 m (Żarnowiec) über Meeresspiegel gewährleistet werden. Die Gefährdungsanalyse berücksichtigt eine Eintrittswahrscheinlichkeit von 1 in 10.000 Jahren, den voraussichtlichen klimabedingten Anstieg des Meeresspiegels bis 2180 und eine Unsicherheit von

¹³ AHEAD: <https://www.emidius.eu/AHEAD/services/>

¹⁴ SHARE European Earthquake Catalogue (SHEEC) 1900-2006: <https://www.emidius.eu/SHEEC/>

1 m (UVP-BERICHT TEIL 4, 2022, S. 87-89). Unklar bleibt, ob die in der Ostsee bekannte Gefährdung durch Seiche¹⁵ berücksichtigt ist. Ein gefährliches, durch Seiche ausgelöstes Überflutungsereignis ist für das finnische KKW Loviisa dokumentiert (JÄNKÄLÄ et al. 2004; KÄMÄRÄINEN et al. 2014). Der UVP-BERICHT TEIL 2 (2022, S. 114) erwähnt außerdem maximale Wellenhöhen von 6,98 m und 7,78 m, die im Jahr 2019 gemessen wurden. Es ist unklar, ob diese Wellenhöhen bei der Festlegung der Überflutungsgefahren berücksichtigt wurden. Aus den UVP Dokumenten geht außerdem nicht klar hervor, ob bei der Bestimmung der maximalen Fluthöhe für die beiden Standorte die Summe aller maßgeblichen Phänomene (Flut, Sturmflut, Wellenhöhe, barometrische Einflüsse, Seiche etc.) berücksichtigt wurden, wie das die Richtlinien der IAEA (2011) und WENRA (2020b) vorsehen.

Meteorologische Gefahren. Laut der UVP-Unterlagen wurden Extremwerte meteorologischer Parameter, des Auftretens extremer meteorologischer Phänomene und extrem seltener meteorologischer Phänomene nach den Richtlinien der IAEA (2011) analysiert. Erwartete Auswirkungen des Klimawandels wurden berücksichtigt. Als Datengrundlage werden Messungen des Instituts für Meteorologie und Wasserwirtschaft – Nationales Forschungsinstitut (IMGWPIB) aus dem Zeitraum 1981 bis 2018 angegeben. Dieser Zeitraum erscheint für eine verlässliche Bestimmung der Extremwerte meteorologischer Parameter mit Eintrittswahrscheinlichkeiten von 10^{-4} /Jahr wesentlich zu kurz. Die Ergebnisse der Analysen sollten jedenfalls mit bekannten historischen Extremwerten verglichen und gegebenenfalls angepasst werden (WENRA 2020c). Unklar ist, ob auch die Gefährdung der Kühlwasserversorgung durch Nadeleis in Folge subkritischer Wassertemperatur¹⁶ (frail ice) berücksichtigt ist. Gefährdungen durch die spontane Bildung von Nadeleis sind von finnischen KKW bekannt (NITOI et al. 2016).

4.3 Schlussfolgerungen, Fragen und vorläufige Empfehlungen

Die UVP Unterlagen enthalten eine präzise Darstellung der externen Gefahren, die im Rahmen des UVP Verfahrens untersucht wurden. Die Grundlage der Standortbewertung bildet eine generische Liste von 183 Gefahren, die mit der Liste externer Gefahren von WENRA (2020a) vergleichbar ist. Aus der generischen Liste wurden 26 für die Standorte relevante Naturgefahren sowie eine Reihe von Gefahrenkombinationen zur detaillierten Analyse ausgewählt. Auswahl, Screening und Identifizierung von Gefahrenkombinationen folgen im Wesentlichen den Anforderungen der WENRA (2021). Die Forderung von UMWELT-

¹⁵ Überflutung durch Fluktuationen des Meeresspiegels aufgrund von stehenden Wellen in umschlossenen oder teilweise umschlossenen Wasserkörpern.

¹⁶ Die Gefährdung ist durch die Auswirkungen von Nadeleis auf die Kühlwasserversorgung definiert.

BUNDESAMT (2016), auslösende Ereignisse ausführlicher zu behandeln, ist damit erfüllt. Die Vollständigkeit der standortspezifischen Gefährdungen und Gefahrenkombinationen können im Rahmen der Fachstellungnahme nicht geprüft werden.

Eine der wichtigsten Sicherheitsanforderungen an neue KKW in Europa ist der praktische Ausschluss von Kernschmelzunfällen, die zu frühen oder großen Freisetzungen radioaktiver Stoffe in die Umwelt führen können (WENRA 2010, 2013). Der praktische Ausschluss erfordert den Nachweis, dass solche Unfallszenarien physikalisch unmöglich oder mit großer Sicherheit extrem unwahrscheinlich sind (WENRA 2010, 2013). WENRA gibt für den praktischen Ausschluss durch extreme Unwahrscheinlichkeit keine numerischen probabilistischen Ziele an. Mehrere europäische Länder und ENSREG erwarten für frühe oder sehr große Freisetzungen jedoch Eintrittswahrscheinlichkeiten $<10^{-6}$ - 10^{-7} /Jahr. Aufgrund der WENRA Anforderungen ist es erforderlich, die Einwirkungen von Naturgefahren, die zu frühen oder großen Freisetzungen führen können, auch für extrem seltene Ereignisse mit Eintrittswahrscheinlichkeiten $<10^{-6}$ - 10^{-7} /Jahr zu bestimmen. Die Ergebnisse müssen bei der Auslegung neuer KKW berücksichtigt werden. Aus den UVP Unterlagen ist nicht ersichtlich, ob beziehungsweise wie diese Anforderungen im UVP-Verfahren bei der Standortcharakterisierung berücksichtigt wurden und ob für alle, die Standorte betreffenden Naturgefahren und Gefahrenkombinationen auch Gefährdungsanalysen für extrem seltene Ereignisse durchgeführt wurden.

Im Zusammenhang mit seismotektonische Gefahren ist die Beschreibung der sogenannten Zarnowitzer Rinne (Rynna Żarnowca) am Standort Żarnowiec bemerkenswert. Für die Struktur wird ein möglicher Zusammenhang mit tektonischer Absenkung an Störungen im älteren Untergrund diskutiert. Der Zusammenhang kann auf Bewegungen der angesprochenen Störungen im Pleistozän und damit auf eine aktive Störung am Standort hinweisen.

Für die Erdbebengefährdung geben die UVP Unterlagen für die Auslegungserdbeben (Eintrittswahrscheinlichkeit 10^{-4} /Jahr) extrem geringe Bodenbeschleunigungen von $PGA \approx 0,03$ g an. Für neue KKW müssen aufgrund der Forderung des praktischen Ausschlusses jedoch auch Erdbeben mit wesentlich geringeren Eintrittswahrscheinlichkeiten (10^{-6} - 10^{-7} /Jahr) berücksichtigt werden. Für solche Ereignisse ergibt die durchgeführte PSHA Bodenbeschleunigungen von $PGA \approx 0,4$ - 1 g. Bodenbeschleunigungen dieser Größenordnung können eine Reihe von Sekundärereignissen wie etwa Bodenverflüssigung auslösen, die in der Sicherheitsanalyse derzeit nicht adäquat berücksichtigt erscheinen.

Schutz gegen Überflutung durch die Ostsee soll durch eine Höhe der kerntechnischen Anlagen von 9,5 m (Lubiatovo-Kobalino) bzw. 9,0 m (Żarnowiec) über Meeresspiegel gewährleistet werden. Die Gefährdungsanalyse berücksichtigt eine Eintrittswahrscheinlichkeit von 10^{-4} /Jahr sowie den klimabedingten Anstieg des Meeresspiegels. Unklar ist, ob die Fluthöhe aus der Summe aller maßgeblichen Phänomene (Flut, Sturmflut, Wellenhöhe, barometrische Einflüsse, Seiche etc.) bestimmt wurde.

Extremwerte meteorologischer Parameter, des Auftretens extremer meteorologischer Phänomene und extrem seltener meteorologischer Phänomene wurden nach den Richtlinien der IAEA (2011) und unter Berücksichtigung der erwarteten Auswirkungen des Klimawandels analysiert.

4.3.1 Fragen

- **F10:** *Welche probabilistischen Ziele legt das polnische Atomgesetz für den praktischen Ausschluss von frühen oder großen Freisetzungen fest?*
- **F11:** *Ist, nach polnischem Regelwerk, der Ausschluss von aktiven Störungen an einem Standort Voraussetzung für die Eignung des Standorts zur Errichtung eines KKW?*
- **F12:** *Im UVP-BERICHT TEIL 2, 2022, S. 84 wird zur sogenannten Żarnowitzer Rinne (Rynna Żarnowca) angemerkt, dass ältere Störungen im Untergrund die Senkung des Geländes ausgelöst und damit die glaziale Erosion durch das pleistozäne Eisschild erleichtert haben könnte. Der hergestellte Zusammenhang kann auf die pleistozäne Aktivität der angesprochenen Störung hinweisen. Welche Untersuchungen wurden an den Standorten Żarnowiec und Lubiatowo-Kopalino durchgeführt, um aktive Störungen auszuschließen? Welche Untersuchungen paläoseismologischer Natur wurden durchgeführt?*
- **F13:** *Wurden für die Standorte Żarnowiec und Lubiatowo-Kopalino mögliche Gefährdungen durch induzierte und ausgelöste Erdbeben (induced and triggered seismicity) durch die Kohlenwasserstoffproduktion bzw. damit verbundene Maßnahmen wie Fracking in Betracht gezogen und analysiert?*
- **F14:** *Wurde bei der Analyse von Überflutungsgefahren durch die Ostsee die Summe aller maßgeblichen Phänomene (Gezeiten, Sturmflut, Wellenhöhe, barometrische Einflüsse etc.) berücksichtigt?*
- **F15:** *Wurden in der Analyse von Überflutungsgefahren die Effekte von Seichen berücksichtigt?*
- **F16:** *In den UVP-Dokumenten werden im Zusammenhang mit Überflutungsgefahren 2019 gemessene maximale Wellenhöhen von 6,98 m und 7,78 m angeführt (UVP-BERICHT TEIL 2, 2022, S. 114). Wurden solche Wellenhöhen in der Analyse der Überflutungsgefahr berücksichtigt?*
- **F17:** *Wurde bei der Analyse von extremen Witterungsbedingungen die Gefahr von Nadeleis (Frazil Ice) berücksichtigt?*

4.3.2 Vorläufige Empfehlungen

- **VE3:** *Der praktische Ausschluss von frühen oder großen Freisetzungen für neue europäische Kernkraftwerke erfordert den Nachweis, dass Unfallszenarien, die zu solchen Freisetzungen führen können, physikalisch unmöglich oder mit großer Sicherheit extrem unwahrscheinlich sind (WENRA 2010, 2013). Die Bewertung der Einwirkungen von Naturgefahren und der Sicher-*

heitsnachweis für das geplante Kernkraftwerk sollte daher auch extrem seltene Ereignisse mit Eintrittswahrscheinlichkeiten von 10^{-6} - 10^{-7} /Jahr berücksichtigen.

- **VE4:** *Als Datengrundlage für die Bewertung extremer Witterung werden Messungen des Instituts für Meteorologie und Wasserwirtschaft – Nationales Forschungsinstitut (IMGWPIB) aus dem Zeitraum 1981 bis 2018 angegeben. Dieser Zeitraum erscheint für eine verlässliche Bestimmung der Extremwerte meteorologischer Parameter mit Eintrittswahrscheinlichkeiten von 10^{-4} /Jahr wesentlich zu kurz. Die Ergebnisse der Analysen sollten mit historischen Extremwerten verglichen werden (WENRA 2020c).*

5 UNFALLANALYSE (DBA UND BDBA)

5.1 Darstellung in den UVP-Unterlagen

Interne Ereignisse, die die Sicherheit des KKW's gefährden können

Laut UVP-BERICHT (TEIL 4, 2022) können für den AP1000-Reaktor die folgenden internen Ereignisse auftreten, die die Sicherheit des KKW beeinträchtigen und deren Quelle sich innerhalb der Gebäude des KKW's befindet:

1. Interne Brände;
2. interne Überflutungen;
3. Schäden an druckleitenden Teilen verschiedener Systeme auf dem Kraftwerksgelände,
4. interne Explosionen;
5. Aufprall von Gegenständen mit hoher kinetischer Energie, auch infolge von Explosionen in Kraftwerksgebäuden;
6. Freisetzung von giftigen, ätzenden und entzündlichen Stoffen;
7. Einstürze, unsachgemäße Handhabung der Ladung – einschließlich Unfälle mit herabfallenden Brennelement-Sets;
8. biologische Verunreinigungen;
9. Verkehrsunfälle auf dem KKW-Gelände;
10. Elektromagnetische Auswirkungen von Kraftwerkssystemen und -geräten.

Alle oben genannten Situationen werden von den KKW-Auslegungsbedingungen abgedeckt. Ihre detaillierte Analyse, einschließlich der Auswirkungen auf die Sicherheit und die menschliche Gesundheit, ist im vorläufigen Sicherheitsbericht (PCSR) detailliert beschrieben.

Kategorien von Unfällen

Zu den **erweiterten Auslegungsbedingungen** gehören **komplexe Sequenzen** und **schwere Störfälle**.

Komplexe Sequenzen sind in den genannten Vorschriften definiert als „*Sequenzen von Ereignissen, die über die bei der deterministischen Auslegung eines kerntechnischen Objekts angenommenen Sequenzen hinausgehen – die im Rahmen von Beschädigungen der Ausrüstungsbestandteile oder Bedienerfehler zu erheblichen Freisetzungen radioaktiver Stoffe in die Umwelt führen können, aber keine Kernschmelze des Reaktors bewirken*“.

Auslegungsstörfälle und komplexe Sequenzen bilden zusammen die Klasse der **Störfälle ohne Reaktorkernschmelze**, die in Art. 36f Abs. 2 Ziff. 2 des Atomgesetzes sowie in den WENRA-Empfehlungen und im Dokument EUR Rev. D genannt werden.

Ein schwerer Störfall ist im Atomgesetz definiert als: „*Notfallbedingungen in einem kerntechnischen Objekt, die schwerer sind als Auslegungsstörfälle, zu einer erheblichen Zerstörung des Reaktorkerns führen und eine erhebliche Freisetzung radioaktiver Stoffe zur Folge haben können*“.

Um die Folgen von erweiterten Auslegungsstörfällen zu beherrschen und abzumildern, dienen zusätzliche Sicherheitssysteme, die das wichtigste Element der Stufe 4 des gestaffelten Sicherheitskonzepts darstellen.

Der AP1000-Kernkraftwerksblock wurde gemäß den US-Lizenzerteilungsvorschriften entworfen. Diese setzten die in den 1990er Jahren von der EUR-Organisation der europäischen Energieunternehmen eingeführten und anschließend (im Jahr 2012) von der IAEA in ihrem Dokument mit Anforderungen an die Auslegung von KKW und in den nationalen Nuklearvorschriften übernommene Klassifizierung der KKW-Zustände noch nicht um. Insbesondere wurde in den US-Lizenzerteilungsvorschriften die Kategorie der „erweiterten Auslegungsbedingungen“ (engl. *design extension conditions, DEC*) nicht eingeführt, während der Begriff „auslegungsüberschreitender Störfall“ (engl. *Beyond design basis accident, BDBA*) weiterhin verwendet wird.

Daher weicht die Klassifizierung der Kernkraftwerkszustände, die in den Sicherheitsanalysen des AP1000-Reaktorblocks verwendet wird, von der Klassifizierung ab, die in den nationalen Nukleargesetzen verwendet wird und den Anforderungen der IAEA und der EU entspricht.

Die Sicherheitsanalysen, die für den vorläufigen Sicherheitsbericht für das geplante Vorhaben vorgesehen sind, werden jedoch in Übereinstimmung mit den Anforderungen der polnischen Gesetzgebung durchgeführt.

Ergebnisse der probabilistischen Sicherheitsanalysen

Es wird erklärt, dass probabilistische Sicherheitsanalysen ein nützliches Instrument bei der KKW-Auslegung sind, da sie es ermöglichen, Schwächen der Auslegung aus Sicht der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes zu ermitteln und die Wirksamkeit verschiedener Optionen zur Änderung der Auslegungslösungen zu bewerten, um die optimalen Lösungen auszuwählen.

Die Häufigkeit von Reaktorkernschäden (CDF) und die Häufigkeit großer radioaktiver Freisetzungen in die Umwelt (LRF) sind Indikatoren, die die Ergebnisse probabilistischer Sicherheitsanalysen (PSA) und das Niveau der nuklearen Sicherheit von KKW charakterisieren.

Laut Anforderungen der Verordnung über den Umfang und die Art und Weise der Durchführung von Sicherheitsanalysen (...) ist es in Polen erforderlich, probabilistische Sicherheitsanalysen der Stufen 1 und 2 durchzuführen.

Grundsätzlich werden folgende drei Stufen der PSA-Analysen unterschieden:

- Stufe 1 – umfasst Schadensbewertungen, die zur Bestimmung der Häufigkeit von Kernschäden führen;

- Stufe 2 – führt zur Bestimmung der Häufigkeit der Beschädigung des Sicherheitsbehälters und der Freisetzung eines bestimmten Anteils der im Reaktorkern enthaltenen Radionuklide in die Umgebung;
- Stufe 3 – umfasst die Bewertung der Folgen von Freisetzungen radioaktiver Stoffe außerhalb des KKW-Geländes, die zu einer Abschätzung des Risikos für die Bevölkerung durch die Exposition gegenüber ionisierender Strahlung führt.

Die folgende Tabelle zeigt die Werte der CDF- und LRF-Indikatoren, die anhand der probabilistischen Sicherheitsanalysen ermittelt wurden, die für die generische Auslegung des AP1000-Reaktors aus dem vorläufigen Sicherheitsbericht (PCSR) durchgeführt wurden.

*Tabelle 3:
Ergebnisse der probabilistischen Sicherheitsanalysen für den Kernkraftwerksblock mit einem AP1000-Reaktor (UVP-BERICHT TEIL 4, 2022)*

	Schadenhäufigkeit von schweren Kernschäden (CDF) pro Reaktorjahr	Schadenhäufigkeit großer Freisetzungen von radioaktiven Stoffen (LRF) pro Reaktorjahr
Reaktor im Leistungsbetrieb –alle internen Ereignisse	$1,7 \times 10^{-7}$	$1,7 \times 10^{-8}$
Reaktor im Leistungsbetrieb –interne Überflutung	$4,4 \times 10^{-9}$	$1,2 \times 10^{-9}$
Reaktor im Leistungsbetrieb –interner Brand	$6,7 \times 10^{-7}$	$5,6 \times 10^{-8}$
Gesamtfrequenz für Reaktor im Leistungsbetrieb	$8,4 \times 10^{-7}$	$7,4 \times 10^{-8}$

Im Jahr 2015 ermittelte der Investor ähnliche CDF- und LRF-Indikatorgrößen für den Leistungsbetrieb eines Kernkraftwerks mit einem AP1000-Reaktor (Vogtle 3, USA) im Referenzentwurf: CDF = $2,41 \times 10^{-7}$ pro Reaktorjahr; LRF = $1,95 \times 10^{-8}$ pro Reaktorjahr.

Die Werte dieser Indikatoren erfüllen mit großem Abstand die probabilistischen Sicherheitskriterien der Auslegungsverordnung: CDF < $1,0 \times 10^{-5}$ pro Reaktorjahr, LRF < $1,0 \times 10^{-6}$ pro Reaktorjahr.

Sicherheitsanforderungen

Im UVP-BERICHT (TEIL 3, 2022) wird erklärt, dass Polen als Mitglied der EU und von EURATOM, Richtlinien zur Gewährleistung der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes in sein Recht umgesetzt hat. Aufgelistet wird u. a. Richtlinie des Rates 2014/87/EURATOM vom 8. Juli 2014 über einen Gemeinschaftsrahmen für die nukleare Sicherheit kerntechnischer Anlagen.

Außerdem wird erklärt, dass Polen seit 1957 Gründungsmitglied der IAEO ist. Obwohl die Sicherheitsnormen nicht verbindlich sind, werden sie von vielen Ländern, darunter auch Polen, angewandt, da sie einen hohen fachlichen Wert haben und in erster Linie auf den Erfahrungen von Ländern mit einem entwickelten Kernkraftsektor beruhen. Bei der Erstellung des UVP-Berichts wurden auch die von der IAEA entwickelten Sicherheitsstandards berücksichtigt.

Bei der Erstellung des UVP-Berichts wurden auch die Leitlinien der Western European Nuclear Regulators Association (WENRA) berücksichtigt. Polen hat in der WENRA einen Beobachterstatus.

Mit dem Atomgesetz wurden die in den einschlägigen Richtlinien enthaltenen EURATOM-Anforderungen an die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz umgesetzt. Mit den Bestimmungen des genannten Gesetzes wurden auch zahlreiche Leitlinien internationaler Organisationen umgesetzt, darunter vor allem die von der IAEO entwickelten Sicherheitsstandards.

Der § 10 der Verordnung des Ministerrats über die Anforderungen an die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz, die bei der Auslegung einer kerntechnischen Anlage zu berücksichtigen sind, enthält probabilistische Sicherheitskriterien für die bei der KKW-Auslegung berücksichtigten Notfallbedingungen (in Übereinstimmung mit den Anforderungen des EUR-Dokuments (EU 2016)).

Diese Wahrscheinlichkeit für einen Unfall mit Kernschmelze entspricht somit den Kriterien, die im polnischen Atomgesetz, seinen Durchführungsverordnungen, dem EUR-Dokument (EUR 2016) und den neuesten IAEA-Richtlinien (IAEA 2019) beschrieben sind.

Verhütung eines schweren Störfalls im Nuklearbereich

Potenzielle Störfälle und Strahlungsereignisse, die während der Betriebsphase des KKW auftreten können, werden im vorläufigen Sicherheitsbericht (PCSR), ermittelt und analysiert.

Zu den technischen Maßnahmen und Lösungen, die dem Auftreten von Notfallbedingungen im KKW entgegenwirken sollen, gehören (UVP-BERICHT TEIL 4, 2022):

1. Umsetzung des „gestaffelten Sicherheitskonzepts“, das eine Abfolge von fünf unabhängigen Schutzebenen vorsieht, die so konzipiert sind, dass der Verlust einer Schutzebene nicht zum Verlust der nächsten oder nachfolgenden Ebenen führt.
2. Einsatz eines Barrierensystems zur Begrenzung/Verhinderung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe.
3. Gewährleistung, dass das KKW widerstandsfähig gegen Auswirkungen extremer externer (natürlicher und anthropogener) Ereignisse/Gefahren und interner Ereignisse ist.
4. Praktischer Ausschluss von Notfallsequenzen, die zu frühzeitigen und/oder großen Freisetzungen von radioaktiven Stoffen in die Umwelt führen können.

5. Milderung und Verringerung der radiologischen Folgen von Störfällen, die nicht ausgeschlossen werden können.

Ausgewählter Auslegungsstörfall

In der Kategorie der Auslegungsstörfälle ist der in Bezug auf die Strahlungsauswirkungen abdeckende Störfall ein großer LOCA (LB LOCA) mit einer Häufigkeit des Auftretens von $7,78 \times 10^{-7}$ pro Reaktorjahr. Der Lieferant der Kerntechnologie hat auch bestätigt, dass die Freisetzungen radioaktiver Stoffe in die Umwelt bei Störfällen der Kategorie „Komplexe Sequenzen“ die Freisetzungen bei einem großen LOCA-Störfall nicht übersteigen werden.

→ Bei dem Störfall ohne Kernschmelze im Reaktor wurden die Freisetzungen von radioaktiven Stoffen bei einer angenommenen Beschädigung von 33% der Brennstoffhüllrohre ermittelt, wenn in die Sicherheitshülle des Reaktors alle radioaktiven Substanzen freigesetzt werden, die sich in der Spalte zwischen dem Brennstab und deren Hüllrohren befinden. Dabei wurde davon ausgegangen, dass der Aktivitätsanteil in der Spalte für jede Gruppe der freigesetzten Nuklide bei 5% der Aktivität im Reaktorkern liegt. Darüber hinaus wurde angenommen, dass bevor es zu den Beschädigungen des Brennstoffes kommt, aus der Sicherheitshülle über das Luftfiltersystem die gesamte Aktivität freigesetzt wird, die im Reaktorkühlkreislauf enthalten war, unter der Annahme, dass die Aktivität des Reaktorkühlmittels zu diesem Zeitpunkt auf dem maximalen in der technischen Spezifikation zulässigen Niveau lag.

Ausgewählter schwerer Unfall

Ein schwerer Störfall mit Reaktorkernschmelze könnte sich ereignen, wenn nach einem bestimmten postulierten auslösenden Ereignis, das zu den Notfallbedingungen führt, die zur Eindämmung des Störfalls vorgesehenen Sicherheitssysteme versagen. KKW-Notfallbedingungen können dann von einem Auslegungsstörfall (z. B. wie der oben beschriebene LB LOCA (Kühlmittelverluststörfall) zu schweren Störfallbedingungen in Verbindung mit Kernschäden, einschließlich Kernschmelze, eskalieren. In einem solchen Fall wird davon ausgegangen, dass der geschmolzene Kern im Inneren des Reaktorbehälters verbleibt (engl. in-vessel core melt retention), wobei die Kühlung von außen, d. h. über die Wände des Behälters, erfolgt. Bei einem solchen Störfall werden die Spaltprodukte aus dem Reaktorkern in die Sicherheitsbehälter freigesetzt.

Obwohl dies nicht völlig ausgeschlossen werden kann, ist es äußerst unwahrscheinlich. Aber auch dann müssen die im KKW angewandten technischen und organisatorischen Lösungen es ermöglichen, einen solchen Störfall einzudämmen und seine Strahlenfolgen auf ein für die Bevölkerung akzeptables Niveau zu reduzieren.

Der in den erweiterten Auslegungsbedingungen enthaltene Störfall mit Reaktorkernschmelze ist auch ein repräsentativer Störfall für die Notfallplanung. Nach Angaben des Lieferanten von KKW-Technologie beträgt die Wahrscheinlichkeit, dass ein Ereignis diesen Störfall auslöst, $1,7 \times 10^{-7}$ pro Reaktorjahr. Diese Wahr-

scheinlichkeit entspricht somit den Kriterien, die im Atomgesetz, seinen Durchführungsverordnungen dem EUR-Dokument und den neuesten IAEA-Richtlinien¹⁷ beschrieben sind.

Laut UVP-BERICHT (TEIL 4, 2022), haben die Sicherheitsbewertungen für die schweren Unfälle (*severe accidents*), die in Vorbereitung des vorläufigen Sicherheitsberichts für die britische Atomaufsichtsbehörde (ONR) durchgeführt wurden, mit einem hohen Maß an Zuverlässigkeit gezeigt, dass die Auslegungskonzepte der AP1000-Reaktorsicherheitssysteme die Auswirkungen aller schweren Störfallphänomene im Zusammenhang mit Reaktorkernschäden, einschließlich der Kernschmelze, berücksichtigen. Die nuklearen Sicherheitssysteme des AP1000-Reaktors sind zusammen mit anderen Systemen in der Lage, den Block in einen stabilen Zustand zu bringen, in dem hochenergetische Prozesse, die den Reaktorsicherheitsbehälter beschädigen können, nicht mehr auftreten. Diese Bewertungen belegen insbesondere die Robustheit der Konstruktion des Sicherheitsbehälters.

Es wurde auch bestätigt, dass der o.g. schwere Störfall auch für die Zwecke der Notfallplanung und für die Ermittlung der Strahlungsauswirkungen in einem grenzüberschreitenden Kontext repräsentativ ist.

Freisetzungsraten/Quellterm

- Auf der Grundlage von Angaben des Lieferanten der AP1000-Technologie wurden zwei Arten von Störfällen als wesentliche Störfälle aus Sicht der radioaktiven Auswirkungen des KKW auf die Umgebung eingestuft:
- Störfall ohne Kernschmelze im Reaktor: es wurde von einem abdeckenden Auslegungsstörfall ausgegangen, wobei es sich bei dem AP1000-Reaktor um einen Störfall wegen eines großen Kühlmittelverlustes handelt (engl. large-break loss-of-coolant accident, LB LOCA),
 - schwerer Störfall mit Kernschmelze im Reaktor, berücksichtigt in den erweiterten Auslegungsbedingungen (engl. severe accident considered in design extension conditions), bei dem es sich gleichzeitig um einen Störfall handelt, der für die Störfallplanung repräsentativ ist.

Charakteristiken des Quellterms basieren auf der Information vom Lieferanten der Technik. Sie wurden anhand von Ergebnissen der technischen Analysen des AP1000-Reaktors, die von der britischen Nuklearaufsichtsbehörde ONR durchgeführt wurden, verifiziert. Die Daten entsprechen den Richtlinien der amerikanischen Behörde U.S. NRC über Anforderungen an die Durchführung von Analysen zur Freisetzung der radioaktiven Stoffe aus Leichtwasserreaktoren und sie basieren auf konservativen Annahmen.

In Tabelle 4 und Tabelle 5 wurden Informationen bezüglich der Freisetzung von radioaktiven Stoffen bei einem Störfall ohne Kernschmelze bzw. mit Kernschmelze bereitgestellt. Die Informationen beruhen auf folgendem Dokument

¹⁷ Deterministic Safety Analysis for Nuclear Power Plants. Specific Safety Guide No. SSG-2 (Rev. 1). International Atomic Energy Agency. Vienna, 2019.

von Westinghouse aus 2017: „Westinghouse Response to PGE EJ 1 Request for Information for Site Evaluation Data for Polish Nuclear Projects“. (UVP-BERICHT TEIL 1, 2022)

Tabelle 4:
Quellterm Auslegungs-
störfall (UVP-BERICHT
TEIL 1, 2022)

Intervall	0-2hr	2-8hr	8-24hr	24-96hr	96-720hr
Isotop	Bq	Bq	Bq	Bq	Bq
Kr-85m	1.15E+12	1.85E+12	1.11E+12	1.01E+11	0.00E+00
Kr-85	1.45E+11	1.72E+11	4.58E+11	2.05E+12	1.75E+13
Kr-87	1.57E+12	7.41E+11	2.93E+10	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	2.77E+12	3.28E+12	9.63E+11	1.97E+10	0.00E+00
Xe-131m	9.12E+10	1.60E+11	4.16E+11	1.68E+12	6.80E+12
Xe-133m	3.54E+11	8.84E+11	2.04E+12	5.31E+12	3.33E+12
Xe-133	1.35E+13	2.92E+13	7.33E+13	2.60E+14	5.12E+14
Xe-135m	3.86E+11	1.47E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	1.95E+12	4.12E+12	5.01E+12	2.08E+12	8.34E+09
Xe-138	1.44E+12	3.53E+09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-134	1.11E+11	1.09E+11	2.14E+10	6.64E+09	5.60E+10
Cs-136	2.60E+10	2.53E+10	4.90E+09	1.37E+09	5.87E+09
Cs-137	7.34E+10	7.19E+10	1.41E+10	4.40E+09	3.75E+10
Cs-138	5.04E+11	1.91E+10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Rb-86	1.21E+09	1.18E+09	2.30E+08	6.62E+07	3.43E+08
I-130	1.29E+10	9.69E+09	1.81E+09	4.29E+08	7.87E+06

Tabelle 5:
 Quellterm Auslegungs-
 überschreitender Unfall
 (UVP-BERICHT TEIL 1,
 2022)

Intervall	0-24hr	25-720hr	Summe 0-720hr	Intervall	0-24hr	25-720hr	Summe 0-720hr
Isotop	(Bq)	Bq	(Bq)	Isotop	(Bq)	Bq	(Bq)
Kr-85m	1.40E+14	6.00E+12	1.46E+14	Sr-92	2.42E+12	0.00E+00	2.42E+12
Kr-85	3.31E+13	1.10E+15	1.13E+15	Ba-139	1.10E+12	0.00E+00	1.10E+12
Kr-87	2.39E+13	0.00E+00	2.39E+13	Ba-140	1.21E+13	1.00E+11	1.22E+13
Kr-88	1.82E+14	1.00E+12	1.83E+14	Ru-103	4.64E+10	4.00E+08	4.68E+10
Xe-131m	3.12E+13	4.89E+14	5.20E+14	Ru-105	1.39E+10	0.00E+00	1.39E+10
Xe-133m	1.65E+14	5.24E+14	6.89E+14	Ru-106	1.47E+10	2.00E+08	1.49E+10
Xe-133	5.65E+15	4.60E+16	5.16E+16	Rh-105	2.88E+10	0.00E+00	2.88E+10
Xe-135m	3.65E+13	1.00E+11	3.66E+13	Mo-99	3.86E+13	1.00E+11	3.87E+13
Xe-135	1.14E+15	3.10E+14	1.45E+15	Tc-99m	3.55E+13	1.00E+11	3.56E+13
Xe-138	2.45E+10	0.00E+00	2.45E+10	Ce-141	1.74E+11	2.00E+09	1.76E+11
I-130	5.26E+11	1.40E+10	5.40E+11	Ce-143	1.45E+11	0.00E+00	1.45E+11
I-131	3.80E+13	8.10E+13	1.19E+14	Ce-144	1.34E+11	2.00E+09	1.36E+11
I-132	3.74E+13	2.00E+11	3.76E+13	Pu-238	2.45E+08	3.00E+06	2.48E+08
I-133	6.25E+13	4.20E+12	6.67E+13	Pu-239	2.79E+07	4.00E+05	2.83E+07
I-134	2.36E+12	0.00E+00	2.36E+12	Pu-240	4.37E+07	5.00E+05	4.42E+07
I-135	3.97E+13	3.00E+11	4.00E+13	Pu-241	1.11E+10	2.00E+08	1.13E+10
Cs-134	4.87E+12	7.00E+10	4.94E+12	Np-239	2.05E+12	0.00E+00	2.05E+12
Cs-136	1.13E+12	1.00E+10	1.14E+12	Y-90	2.74E+10	7.20E+09	3.46E+10
Cs-137	3.22E+12	4.00E+10	3.26E+12	Y-91	1.80E+11	2.00E+09	1.82E+11
Cs-138	4.32E+11	0.00E+00	4.32E+11	Y-92	9.37E+11	0.00E+00	9.37E+11
Rb-86	5.27E+10	4.00E+08	5.31E+10	Y-93	1.37E+11	0.00E+00	1.37E+11
Te-127m	1.77E+11	2.00E+09	1.79E+11	Nb-95	2.32E+11	3.00E+09	2.35E+11
Te-127	1.09E+12	0.00E+00	1.09E+12	Zr-95	2.29E+11	2.00E+09	2.31E+11
Te-129m	6.12E+11	6.00E+09	6.18E+11	Zr-97	1.81E+11	0.00E+00	1.81E+11
Te-129	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	La-140	7.18E+11	7.90E+10	7.97E+11
Te-131m	2.13E+12	0.00E+00	2.13E+12	La-142	2.34E+10	0.00E+00	2.34E+10
Te-132	1.66E+13	0.00E+00	1.66E+13	Nd-147	8.48E+10	5.00E+08	8.53E+10
Sb-127	1.08E+12	0.00E+00	1.08E+12	Pr-143	2.02E+11	2.00E+09	2.04E+11
Sb-129	1.46E+12	0.00E+00	1.46E+12	Am-241	1.46E+07	2.00E+05	1.48E+07
Sr-89	6.89E+12	7.00E+10	6.96E+12	Cm-242	3.95E+09	5.00E+07	4.00E+09
Sr-90	6.08E+11	8.00E+09	6.16E+11	Cm-244	3.40E+08	5.00E+06	3.45E+08
Sr-91	5.70E+12	0.00E+00	5.70E+12				

Ergebnisse der Berechnungen

Auf Grundlage der vom Lieferanten der Reaktortechnologie bereitgestellten Freisetzungseigenschaften radioaktiver Stoffe wurden Analysen der Strahlenwirkungen auf die Umgebung durchgeführt.

In Kapitel IV.17 werden Ergebnisse der Prüfung der radioaktiven Auswirkung des Kernkraftwerkes in Unfallsituationen, die vom Bauherrn für beide Standortvarianten beauftragt und vom Nationalen Zentrum für Kernforschung durchgeführt wurde, dargestellt und diskutiert. (UVP-BERICHT TEIL 6, 2022)

Aufgrund der gewählten technischen Lösungen und vor allem der verwendeten Sicherheitssysteme würden sich die notwendigen Interventionsmaßnahmen selbst bei einem Auslegungsstörfall und äußerst unwahrscheinlichen schweren

Unfällen auf die unmittelbare Umgebung des KKW beschränken, mit Ausnahme der Zonen für die Verabreichung von Präparaten mit stabilem Jod:

1. Auslegungsstörfall: Detaillierte Analysen der Verteilung der Siedlungen in der Umgebung des KKW zeigen, dass keine Umsiedlung der Bevölkerung (Evakuierung, vorübergehende oder dauerhafte Umsiedlung) oder gar eine Aufforderung, in den Gebäuden zu bleiben, erforderlich wäre und dass sich die Intervention auf eine Jodprophylaxe der Schilddrüse bis zu einer Entfernung von etwa 7,3 km (6,7 km) vom KKW beschränken würde.¹⁸
2. Im Falle eines schweren Unfalls mit Kernschmelze, der unter den erweiterten Auslegungsbedingungen betrachtet wird und auch für die Notfallplanung repräsentativ ist:
 - a) Bereich der Evakuierung der Bevölkerung würde etwa 1,4 km (3,4 km) vom KKW entfernt sein; während der Bereich der vorübergehenden Umsiedlung der Bevölkerung etwa 1,65 km¹⁹ (1,8 km) vom KKW entfernt wäre;
 - b) die Aufforderung, in geschlossenen Räumen zu bleiben: bis zu einer Entfernung von etwa 4,2 km (2,7 km) vom KKW;
 - c) Jodprophylaxe der Schilddrüse: bis zu einer Entfernung von etwa 12 km (14,3 km) vom KKW;
 - d) der Bereich für eine dauerhafte Umsiedlung der Bevölkerung wäre maximal 630 m²⁰ (1,95 km) vom KKW entfernt;
 - e) langfristige Beschränkungen für den Verzehr kontaminierter Lebensmittel wären bis zu einer Entfernung von etwa 8,9 km (10,9 km) vom KKW erforderlich, während Beschränkungen für die Fütterung von Tieren bis zu 9,1 km (17,7 km) reichen würden.

Die Ergebnisse der Berechnungen und Analysen der radiologischen Auswirkungen des KKW für die Variante 1 (Standort Lubiatowo-Kopalino) und Variante 2 (Standort Żarnowiec) bestätigen im Allgemeinen die Erfüllung der von der WENRA empfohlenen Sicherheitskriterien für KKW der neuen Generation, mit Ausnahme der Schilddrüsenjodprophylaxe im Falle eines Ausstellungsstörfalls, die unter Annahme des in der IAEO-Veröffentlichung Nr. GSR Teil 7 festgelegten Interventionsniveaus bestimmt wird, das strenger ist als die polnische Verordnung. Die Anwendung des Kriteriums des oben genannten IAEO-Dokuments führt zu einer maximalen räumlichen Reichweite der Jodprophylaxe der Schilddrüse von ca. 7,3 km bzw. 6,7 km, während die Anwendung des Kriteriums der geltenden polnischen Verordnung über Interventionsstufen eine maximale Reichweite dieser Intervention von weniger als 950 m bzw. etwa 2,3 km ergibt.

Hervorzuheben ist, dass alle Empfehlungen von WENRA zur Begrenzung des räumlichen Geltungsbereichs der sozial am stärksten belastenden Maßnahmen

¹⁸ Die Ergebnisse sind für den Standort Lubiatowo-Kopalino und die Ergebnisse in Klammern sind für den Standort Żarnowiec.

¹⁹ Es ist zu beachten, dass es nach den Daten vom 30.09.2021 in dem genannten Gebiet keine ständigen Einwohner gibt.

²⁰ Eine dauerhafte Umsiedlung der Bevölkerung wäre nicht erforderlich, da sich im Umkreis von 630 m um den Reaktor keine Einwohner befinden.

im Zusammenhang mit der Umsiedlung der Bevölkerung (Evakuierung, vorübergehende Umsiedlung, dauerhafte Umsiedlung) erfüllt werden.

Der Hauptzweck der Durchführung von Dosisberechnungen in Entfernungen von mehr als 30 km vom Kernkraftwerk im Falle eines für die Notfallplanung repräsentativen Unfalls besteht darin, den Grad des Risikos für die Bevölkerung in Polen in den vom KKW entfernten Gebieten zu bewerten.

- Im Rahmen der Analyse der Ausbreitung von radioaktiven Substanzen und der Bestimmung der Dosen in der KKW-Umgebung unter Störfallbedingungen wurden die folgenden Modellierungen vorgenommen:
 - Modellierung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe und Bestimmung der Dosen in einer Entfernung von 30 km vom KKW; dabei:
 - Modellierung der Ausbreitung von radioaktiven Substanzen, die in die Luft freigesetzt wurden und Bestimmung von Dosen im Zusammenhang mit diesen Freisetzungen;
 - Modellierung des Transportes von radioaktiven Substanzen in die Oberflächengewässer und Bestimmung der mit deren Kontamination verbundenen Dosen;
 - Modellierung der Ausbreitung von radioaktiven Substanzen im Grundwasser;
 - Modellierung der Ausbreitung von radioaktiven Substanzen und Bestimmung der Dosen in einer Entfernung von über 30 km vom KKW, darunter im grenzüberschreitenden Kontext.
- Im Rahmen der Modellierung wurden Analysen der Trajektorien der Ausbreitung von Radionukliden und meteorologische Daten des IMGW genutzt. Angesichts der Komplexität der Beschreibungen dieser Modelle und der Methoden für die Analyse der Trajektorien wurden diese Informationen in den Anhang V.1.16-1 aufgenommen.

Die Ergebnisse der ermittelten grenzüberschreitenden Auswirkungen werden in Kapitel 7 der vorliegenden Fachstellungnahme dargestellt und diskutiert.

5.2 Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die UVP-Scoping-Fachstellungnahme

Die Entfernung des geplanten KKW am geplanten Standort in Polen bis zur Staatsgrenze von Österreich beträgt ca. 680 km. Im Falle eines schweren Unfalls mit großen Freisetzungen in die Atmosphäre kann das Staatsgebiet Österreichs dennoch betroffen sein. Eine detaillierte Berücksichtigung möglicher schwerer Unfälle mit hohen Freisetzungen im Rahmen des grenzüberschreitenden UVP-Verfahrens ist deshalb erforderlich.

Interne Ereignisse/Vollständigkeit der Liste

Laut WENRA (2021) sind interne Gefährdungen als integraler Bestandteil des Sicherheitsnachweises der Anlage (einschließlich der Lagerung abgebrannter Brennelemente) zu betrachten. Bedrohungen durch interne Gefahren sind für alle Betriebszustände zu beseitigen oder auf ein Mindestmaß zu reduzieren, soweit dies mit vertretbarem Aufwand möglich ist. Es ist gefordert, alle internen Gefährdungen, die sicherheitsrelevante Strukturen, Systeme und Komponenten betreffen könnten, zu ermitteln. In WENRA (2021) ist eine Liste der internen Gefährdungen vorhanden, die mindestens betrachtet werden müssen. Laut UVP-Bericht werden diese Ereignisse betrachtet.

Eines der betrachteten Ereignisse ist ein interner Brand. Dieses Ereignis hat den höchsten Anteil an den ermittelten PSA-Werten. Laut ONR (2017b) kann sich bei genauerer Ermittlung das Brandrisiko noch erhöhen.

Der Bericht ONR (2017b) enthält die technischen Schlussfolgerungen für die Bewertung der Brand-PSA im Zusammenhang mit der GDA-Abschlussphase des AP1000-Reaktors. Die 2011 durchgeführte GDA-Bewertung der Brand-PSA der AP1000-Anlage kam zu dem Schluss, dass das vorhergesagte interne Brandrisiko nicht repräsentativ für die AP1000-Auslegung war. Daher hat die ONR, die Entwicklung einer Brand-PSA nach modernen Standards für die AP1000-Reaktoren gefordert.

Die Bewertung, der erneuten Brand-PSA bezog sich auf jedes der wichtigsten technischen Elemente einer Brand-PSA, wie sie in den NUREG-Leitlinien und der ASME/ANS PSA-Norm dargestellt sind. Es zeigten sich eine Reihe von Mängeln, daher hat ONR acht „Assessment Findings“ formuliert, um diese Mängel zu beheben.

- Analyse der möglichen Wege, auf denen flüssiges brennbares Material in die unterirdischen Tunnel eindringen kann;
- weitere Absicherung der Häufigkeit, mit der ein Brand Kabel beschädigt, die ein oder mehrere Zündkapselventile auslösen könnten;
- Verbesserung der Vollständigkeit der unterstützenden Brandanalyse (z. B. Dauer der Brandausbreitung innerhalb von Kabeltrassen, vollständigere Berücksichtigung von Sekundärbrennstoffen);
- zusätzliche Analyse des brandbedingten Einsturzes des Turbinengebäudes auf angrenzende Strukturen;
- Verbesserung der Begründung für Brände im Hauptkontrollraum;
- Nachweis, dass die Bediener im Falle eines Brandes erfolgreich handeln können, um Geräte abzuschalten, die fälschlicherweise ein Zündkapselventil auslösen könnten;
- Vervollständigung der Modellierung von Bedienerfehlern bei Bränden in mehreren Abteilungen und zusätzliche Überprüfung der verwendeten Datenbanksoftware.

ONR ist der Ansicht, dass sich das ermittelte Brandrisiko nach oben oder unten verändern könnte, wenn während der Genehmigungsphase zusätzliche Analysen durchgeführt werden, um die detaillierte Auslegung zu berücksichtigen, und die oben dargestellten Aspekte berücksichtigt werden.

Sicherheitsanforderungen/Projektziele und probabilistische Sicherheitsanalysen (PSA)

In der TABELLE MIT ANTWORTEN (2022) wird erklärt, dass schwere Unfälle, die grenzüberschreitende Auswirkungen verursachen können, im UVP-Bericht vollständig ermittelt und bewertet werden. Unfälle werden in Übereinstimmung mit den geltenden polnischen Vorschriften und unter Berücksichtigung der einschlägigen internationalen Anforderungen und Empfehlungen definiert.

Weiterhin wird erklärt, dass die polnischen Vorschriften die weltweit höchsten Sicherheitsstandards für Kernkraftwerke festlegen, die den neuesten internationalen Anforderungen entsprechen, insbesondere den Sicherheitszielen für Reaktoren der neuen Generation, die in den Dokumenten der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEA 2016) und der WENRA (2010), auch unter Berücksichtigung der Anforderungen des "EUR"-Dokuments (European Utility Requirements) festgelegt sind. (TABELLE MIT ANTWORTEN, 2022)

Die Anforderungen der europäischen Energieversorger (EUR/European Utility Requirements) werden im UVP-Scoping-Dokument als Basis für technische Anforderungen für das geplante KKW benannt. Weiterhin werden die Dokumente zu den Sicherheitsstandards der IAEA genannt, aber zum Teil in der veralteten Version. Im UVP-Scoping-Dokument finden die Sicherheitsanforderungen der WENRA keine Erwähnung. Im UVP-Bericht wird ebenfalls auf die EUR, aber auch auf die WENRA Sicherheitsziele für neue Kernkraftwerke²¹ aus 2010 und die aktuellen IAEA-Anforderungen hingewiesen.

Bereits in der Fachstellungnahme zum UVP-Scoping Dokument wird erklärt, dass der UVP-Bericht die rechtlich verbindlichen polnischen Vorschriften und Normen für die Sicherheitsanforderungen darstellen soll. Die Entwicklung von Sicherheitsanforderungen für KKW befindet sich in Polen noch in einem frühen Stadium. Eine detailliertere Beschreibung der Vorgangsweise zur Entwicklung dieser Standards wäre von Interesse, wobei auch das Verhältnis des zeitlichen Ablaufs der Entwicklung der Sicherheitsstandards zur Entwicklung des geplanten KKW-Projekts zu erläutern wäre.

Es wird auch im UVP-Bericht nicht deutlich, inwieweit internationale Dokumente (IAEA, EUR, WENRA) für das Projekt in verbindlicher Form berücksichtigt werden sollen. Die Dokumente der IAEA stellen grundsätzlich nur Empfehlungen dar und auch bei den EUR handelt es sich nicht um behördliche Standards.

²¹ Eine vor zwei Jahren erfolgte Überprüfung kam zu dem Ergebnis, dass diese Sicherheitsziele noch aktuell sind (WENRA 2020d)

In der Fachstellungnahme zum UVP-Scoping-Dokument wird für eine Bewertung einer möglichen Betroffenheit Österreichs eine Darstellung der Ergebnisse von PSA-Untersuchungen (Level 1, 2 und 3) für jede mögliche Reaktoroption gefordert. Im UVP-Scoping-Dokument werden die Häufigkeiten für schwere Unfälle (Häufigkeit eines schweren Unfalls mit einem Containment-Bypass und großer radioaktiver Freisetzung) für drei Reaktortypen (EPR: $< 10^{-6}$ / Reaktorjahr, AP1000: $6 \cdot 10^{-8}$ /Reaktorjahr ESBWR: $< 10^{-8}$ / Reaktorjahr) angegeben. Es wird auch erklärt, dass ein Wert $< 10^{-6}$ / Reaktorjahr für ein KKW in Polen zulässig ist.

Die angegebenen Häufigkeiten unterscheiden sich um mehr als eine Größenordnung. Die Bedeutung der unterschiedlichen Werte für die Auswahl des Reaktortyps wird nicht erläutert.

Im UVP-Bericht werden die Häufigkeiten für den AP1000 als Referenzreaktor angegeben. Dabei werden die generischen Daten für die PSA 1 und 2 von Westinghouse verwendet (CDF von $8,4 \cdot 10^{-7}$ pro Reaktorjahr und ein LRF von $7,4 \cdot 10^{-8}$ pro Reaktorjahr). Gleichzeitig werden auch die Werte aus dem vorläufigen Sicherheitsbericht für den AP1000 am Standort Vogtle genannt (CDF = $2,41 \cdot 10^{-7}$ pro Reaktorjahr; LRF = $1,95 \cdot 10^{-8}$ pro Reaktorjahr.), die von vergleichbarer Höhe sind.

In dem UVP-Bericht wird erklärt, dass die Werte dieser Indikatoren mit großem Abstand die probabilistischen Sicherheitskriterien der Auslegungsverordnung erfüllen²²: CDF $< 1,0 \cdot 10^{-5}$ pro Reaktorjahr, LRF $< 1,0 \cdot 10^{-6}$ pro Reaktorjahr.

Im UVP-Bericht fehlen Angaben über die Ergebnisse probabilistischer Analysen (PSA) zu großen Freisetzungen (LRF) und frühen großen Freisetzungen nach Freisetzungskategorien. Eine mögliche Freisetzung aus dem Brennelement-Lagerbecken, die zur Häufigkeit eines schweren Unfalls beitragen kann, wird im UVP-Bericht ebenfalls nicht diskutiert. Bei aktuelleren Analysen wie z. B. zum U-KEPR werden mögliche Unfälle aus dem Brennelement-Lagerbecken, auch wegen der Erfahrungen des Fukushima-Unfalls, inkludiert.

Es ist auch darauf hinzuweisen, dass Ergebnisse probabilistischer Analysen (PSA) grundsätzlich nur ergänzend zu deterministischen Überlegungen als Kriterien für ausreichende Sicherheit herangezogen werden sollten. Denn lediglich Unsicherheiten bei den Eingangsparametern, die durch Wahrscheinlichkeitsverteilungen erfasst werden, lassen sich quantifizieren. Unsicherheiten, die durch Unvollständigkeit der Daten entstehen, entziehen sich jeglicher Quantifizierung (IAEA 2010a).

Schwer zu erfassen ist in probabilistischen Sicherheitsanalysen auch komplexes menschliches Fehlverhalten, dessen Wahrscheinlichkeit von der Sicherheitskultur einer Anlage bestimmt wird. Sowohl für den Unfall in Tschernobyl in 1986 als auch für den Unfall in Fukushima in 2011 waren Mängel in der Sicherheitskultur ursächlich.

²² Verordnung des Ministerrats vom 31. August 2012 über die Anforderungen an die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz bei der Auslegung eines kerntechnischen Objekts (Dz.U. [poln. GBl.], Pos. 1048).

Verschiedene Faktoren können in probabilistischen Sicherheitsanalysen grundsätzlich nicht einbezogen werden; das gilt insbesondere für Terrorangriffe oder Sabotagehandlungen. (siehe Kapitel 5).

Praktischer Ausschluss von schweren Unfällen

Eine der wichtigsten Sicherheitsanforderungen, die an Kernkraftwerke der neuen Generation gestellt werden, ist die **Anforderung des praktischen Ausschlusses** von Kernschmelzunfällen, die zum frühen Versagen des Containments oder zu sehr großen Freisetzungen der radioaktiven Stoffe in die Umwelt führen könnten.

International wird erwartet, dass große oder frühzeitige Freisetzungen bei neuen Reaktoren praktisch ausgeschlossen werden können. Die 2014 geänderte Richtlinie der Europäischen Union über nukleare Sicherheit verlangt, dass neue kerntechnische Anlagen mit dem Ziel ausgelegt werden, Unfälle zu verhindern und im Falle eines Unfalls dessen Folgen zu mindern sowie frühzeitige Freisetzungen und große Freisetzungen radioaktiver Stoffe zu vermeiden. (EU 2014).

Im UVP-BERICHT (TEIL 4, 2022) wird erklärt, dass zu den technischen Maßnahmen und Lösungen, die dem Auftreten von Notfallbedingungen im KKW entgegenwirken sollen, der *„praktischer Ausschluss von Notfallsequenzen, die zu frühzeitigen und/oder großen Freisetzungen von radioaktiven Stoffen in die Umwelt führen können“* gehört. Weitere Angaben zu diesem Thema fehlen.

In der TABELLE MIT ANWORTEN (2022) wird ergänzend erklärt, dass sich die in den polnischen Vorschriften enthaltenen Sicherheitsanforderungen nicht auf die Festlegung probabilistischer Kriterien beschränken. Die Sicherheitsziele für die neue Generation von Reaktoren, die in den polnischen Vorschriften festgelegt wurden, betreffen den praktischen Ausschluss (deterministisch, durch Anwendung geeigneter Auslegungslösungen) von Unfällen, die zu einer frühzeitigen Beschädigung der Sicherheitshülle oder zu sehr großen Freisetzungen radioaktiver Stoffe in die Umwelt führen könnten, und die Begrenzung der Folgen von Unfällen, die nicht ausgeschlossen werden konnten, auf ein solches Ausmaß, dass die Notwendigkeit von Interventionsmaßnahmen zum Schutz der Gesundheit der Bevölkerung auf ein begrenztes Gebiet und eine begrenzte Zeit reduziert werden.

Laut IAEA (2012) ist eine Situation *praktisch ausgeschlossen*, wenn es entweder physikalisch unmöglich ist, dass sie eintritt, oder wenn sie mit einem hohen Grad an Vertrauen als extrem unwahrscheinlich angesehen werden kann. Der Begriff „extrem unwahrscheinlich“ wird weder von der IAEA genauer definiert noch gibt es zurzeit eine international allgemein akzeptierte zahlenmäßige Festlegung. Das Gleiche gilt für die Bedeutung der Phrase „hoher Grad an Vertrauen“. Ob z. B. das 95%- oder das 99%-Quantil dem geforderten hohen Grad an Vertrauen entspricht, ist international nicht festgelegt.

Für die Häufigkeiten von Kernschäden und großen Freisetzungen (CDF und LRF) werden oft Werte angegeben, die den Median der errechneten Wahrscheinlichkeitsverteilung darstellen. Die entsprechende Häufigkeit ist also mit 50 % Wahrscheinlichkeit tiefer oder höher als dieser Wert, der Wert entspricht also keineswegs einem hohen Grad von Vertrauen.

Auch laut dem Bericht der Western European Nuclear Regulators Association (WENRA) über die Sicherheit neuer KKW-Konzepte müssen Unfälle mit Kernschmelze, die zu frühzeitigen oder großen Freisetzungen führen würden, praktisch ausgeschlossen werden. Weiter heißt es in dem Bericht: Für Unfälle mit Kernschmelze, die nicht praktisch ausgeschlossen sind, müssen Auslegungsvorkehrungen getroffen werden, so dass nur begrenzte räumliche und zeitliche Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung erforderlich sind und ausreichend Zeit für die Umsetzung dieser Maßnahmen zur Verfügung steht. (WENRA 2013)

WENRA beruft sich auf die obengenannte Definition der IAEO, sah sich aber auch nicht verpflichtet, quantitativ anzugeben, was unter "praktisch ausgeschlossen" zu verstehen ist.

Ein 2019 veröffentlichter WENRA-Bericht liefert dann aber ein gemeinsames Verständnis des Ansatzes zum Nachweis der Vermeidung von frühzeitigen Freisetzungen und großen Freisetzungen unter Verwendung des Begriffs des praktischen Ausschlusses. (WENRA 2019)

Laut WENRA (2019) muss der Nachweis des praktischen Ausschlusses auf den beiden Säulen der deterministischen und probabilistischen Betrachtung basieren. Für den deterministischen Teil des Nachweises sollte der praktische Ausschluss in erster Linie auf Konstruktionsvorschriften beruhen, die durch Betriebsvorschriften unterstützt werden. Für den probabilistischen Teil des Nachweises kann der praktische Ausschluss eines Szenarios als erfolgreich angesehen werden, wenn ein Zielwert erreicht wird.

Es gibt verschiedene Arten von Szenarien, auf die der Begriff des praktischen Ausschlusses angewendet werden kann. Um einen Überblick über alle relevanten Fälle zu erhalten, ist es sinnvoll, die Szenarien in drei Typen zu klassifizieren:

- Typ I - Szenarien mit einem auslösenden Ereignis, das direkt zu schweren Brennstoffschäden und einem frühzeitigen Versagen der Einschlussfunktion führt.
- Typ II - schwere Unfallszenarien mit Phänomenen, die ein frühes Versagen der Einschlussfunktion bewirken.
- Typ III - schwere Unfallszenarien, die zu einem späten Versagen der Einschlussfunktion führen.

Alle WENRA-Länder wenden den Begriff des praktischen Ausschlusses auf Szenarien der Typen I und II an; einige Länder wenden ihn auch auf Szenarien des Typ III an. (WENRA 2019)

In dem UVP-Bericht ist nicht angegeben, welche Anforderungen bezüglich des Nachweises für praktischen Ausschluss in Polen bestehen. Es wird zwar gesagt,

dass der Nachweis nicht nur probabilistisch, sondern auch deterministisch geführt werden soll. Es ist allerdings nicht gesagt, ob der praktische Ausschluss auch für Unfallszenarien des Typs III (spätes Versagen des Containments) geführt werden muss. Auch der Zielwert des probabilistischen Nachweises wird nicht genannt.

Ausgewählte Unfälle und Quellterme

In der Fachstellungnahme zum UVP-Scoping Verfahren wurde gefordert, dass im UVP-Bericht (abdeckender) Quellterme auf Basis von vorhandenen Unfallanalysen bzw. PSA-Ergebnissen verwendet werden. In jedem Fall sollte die UVP eine nachvollziehbare Begründung für die verwendeten Quellterme enthalten.

Die im UVP-Bericht verwendeten Quellterme, d.h. die Menge der während eines Störfalls oder Unfalls freigesetzten Radionuklide, basieren auf Sicherheitsanalysen des AP1000 des Lieferanten.

Im UVP-Bericht wird für den Referenzreaktor, den AP1000-Reaktor, die Quellterme für einen schweren Unfall angegeben. Für das Leitnuklid Cs-137 ist ein Quellterm von 3,26 TBq und für I-131 ein Quellterm von 119 TBq aufgelistet.

Es wird nicht erklärt, welche Unfallabläufe mit möglicherweise deutlich höheren Quelltermen aus den Sicherheitsberichten im UVP-Bericht nicht betrachtet wurden. Diese Informationen sollten noch im Rahmen des UVP-Verfahrens übermittelt werden.

Die Untersuchungen der Unfallfolgen aufgrund der Ergebnisse für hohe Freisetzung sind aus Sicht der ExpertInnen wesentlich für die Beurteilung einer potentiellen Betroffenheit Österreichs. Basis können und sollten die vorläufigen PSA-Ergebnisse der betrachteten Reaktorooptionen sein. Auch wenn die Eintrittshäufigkeit für einen Unfall mit großen radioaktiven Emissionen laut Berechnungen in den probabilistischen Sicherheitsanalysen (PSA) sehr klein erscheint, sollten die entsprechenden Quellterme für schwere Unfälle berücksichtigt werden, da die Resultate der PSA mit vielen Unsicherheiten behaftet sind. Es sei denn, dass der praktische Ausschluss eines Ereignisses nachvollziehbar demonstriert wird und das Ereignis nicht nur wegen eines probabilistischen Cut-off Werts als praktisch ausgeschlossen erklärt werden kann.

Es ist darauf hinzuweisen, dass in einer 2014 veröffentlichten Studie für einen AP1000, ein Quellterm für Cs-137 in Höhe von 114 PBq (114.000 TBq) angegeben wird. Das betrachtete Unfallszenario ist ein schwerer Unfall mit einem Containment-Bypass (BP) infolge eines Versagens der Dampferzeugerrohre (entweder als auslösendes Ereignis oder als Folge des Versagens eines oder mehrerer Rohre aufgrund der hohen Temperatur während des Unfallverlaufs).

Die AP1000 Unfallverlaufsanalyse zeigt, dass die Freisetzung von Cäsium, Jod, Tellur und Strontium bis 25.000 Sekunden (ca. 7h) nach Beginn des Unfalls weitgehend abgeschlossen ist. Es ist zu beachten, dass die Ermittlung dieses Quellterms (Freisetzungskategorie BP) die Tatsache einschließt, dass das Sicherheitsventil für Dampfabgabe an die Umgebung als offen angenommen wird. Bei erfolgreicher Rückhaltung des Kerns im Reaktorbehälter dürfte diese Freisetzung

noch anhalten, bis sich die Kerntrümmer im Behälter verfestigt haben. Die Freisetzungssanteile für diesen Unfallablauf sind für die Cäsiumgruppe 27,20% und für die Jodgruppe 44,70% des Kerninventars.

Die Freisetzungshöhe beträgt 15 m. Die Häufigkeit dieses Unfalltyps beträgt $1,05 \times 10^{-8}$ pro Reaktorjahr. (SHOLLY et al. 2014, SEIBERT et al. 2014)

In dem Bericht ONR (2017e) werden die Ergebnisse der Bewertung der GDA-Ausgabe GI-AP1000-RC-01 in Bezug auf die Unfallursachenbedingungen für den AP1000-Reaktor dargestellt. Es wird erklärt, dass Westinghouse eine Analyse des Quellterms der AP1000-Reaktors unter Verwendung der neuesten Versionen der Industriestandard-Codes und unter Einbeziehung der neuesten Erkenntnisse über das chemische Verhalten bei solchen Ereignissen durchgeführt hat. Dabei wurden sowohl die kurz- und langfristigen Phasen als auch die Besonderheiten der AP1000-Konstruktion berücksichtigt.

Als Ergebnis der Bewertung wurde von der ONR ein „Assessment Finding“ identifiziert: Der Genehmigungsinhaber muss eine standortspezifische Analyse für die radiologischen Folgen von Unfällen mit Kernschmelze vorlegen. Diese sollte die Unsicherheiten bei den Reaktionen von Jod und anderen Phänomenen innerhalb des Sicherheitsbehälters berücksichtigen, die die Freisetzungen in die Umwelt beeinflussen könnten. Dabei ist nachzuweisen, dass die Ergebnisse und Schlussfolgerungen angemessen in die betreffende Sicherheitsnachweise eingeflossen sind.

Im Kapitel Reaktortypen der vorliegenden Fachstellungnahme wurde darauf hingewiesen, dass Zweifel an der Zuverlässigkeit der passiven Sicherheitssysteme besteht. Im Falle eines schweren Unfalls mit großen Freisetzungen in die Atmosphäre kann das Staatsgebiet Österreichs betroffen sein. Eine detaillierte Berücksichtigung eines abdeckenden Unfalls im UVP-Bericht ist deshalb besonders wichtig. Grundsätzlich sollten daher im UVP-Bericht mögliche auslegungsüberschreitende Unfälle unabhängig von ihrer Eintrittshäufigkeit dargestellt werden.

Für Behörden in Ländern, die von den Auswirkungen eines schweren Unfalls in einem Kernkraftwerk betroffen sein könnten, besteht die Notwendigkeit auf die potenziellen Folgen eines derartigen Unfalls vorbereitet zu sein.

Vergleich der Anforderungen aus UVP-Scoping-Fachstellungnahme mit Informationen aus UVP-Bericht

Um eine mögliche Betroffenheit Österreichs nachvollziehbar bewerten zu können, war in der Fachstellungnahme zum UVP-Scoping Verfahren nach einer Reihe von Informationen zu den Unfallanalysen gefragt. Der UVP-Bericht bietet einen Teil dieser Informationen. In der TABELLE MIT ANWORTEN (2022) wird gesagt, dass die meisten der angeforderten Informationen im UVP-Bericht beantwortet werden.

- Die Ergebnisse von PSA-Untersuchungen (Level 1 und 2) werden für die ausgewählte Reaktorooption angegeben. Da PSA-Level 3 Untersuchungen

erst zu einem späteren Projektstadium erfolgen, werden entsprechende Informationen jetzt nicht übermittelt.

- Die Wahrscheinlichkeiten/Häufigkeiten für Kernschäden (CDF) und schwere Unfälle mit großen Freisetzungen (LRF) werden genannt, aber die zugehörige Wahrscheinlichkeitsverteilung (Quantile) nicht; die Angaben zu frühen großen Freisetzungen (LERF) fehlen vollständig.
- Die Beiträge der internen und externen Ereignisse an CDF und LRF werden genannt, soweit dies im jetzigen Projektstadium möglich ist.
- Die Quellterme für die beiden betrachteten Unfall/Störfallszenarien sind dargestellt. Weitere Quellterme für die wichtigsten Freisetzungskategorien oder für Freisetzung aus dem Brennelement-Lagerbecken werden nicht genannt.
- Die wichtigsten Unfallszenarien inklusive Unfälle im Brennelement-Lagerbecken werden nicht angegeben.
- Die Maßnahmen zur Kontrolle schwerer Unfälle bzw. zur Abmilderung von deren Folgen werden ausreichend detailliert dargestellt.
- Die Ausbreitungsrechnungen sowie die Ermittlung der Strahlendosen für Stör- und Unfälle werden nachvollziehbar dargestellt, es werden jedoch nicht alle Informationen übermittelt:
 - Die für die Ausbreitungsrechnungen gewählten Methoden und Programme werden genannt;
 - die verwendeten Inputparameter der Ausbreitungsrechnung (Quellterm, Freisetzungshöhe und -dauer, meteorologische Daten) und deren Rechtfertigung sind ausreichend nachvollziehbar angegeben;
 - die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Ergebnisse wird nicht genannt, sondern es werden nur die errechneten Mittelwerte angegeben;
 - die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnungen werden nicht in Form von Bodenkontamination (insbesondere der Leitnuklide Cs-137 und I-131) angegeben.

In der TABELLE MIT ANTWORTEN (2022) wird zur Darstellung der Ausbreitungsrechnungen und der Strahlungsdosen erklärt, dass die Methoden der Modellierung im UVP-Bericht beschrieben werden, und ihr Umfang, die Art des Modells und die Art der Darstellung der Ergebnisse an den Zweck angepasst werden, dem sie dienen sollen, d.h. die Bewertung der Auswirkungen der Betriebs- und Notfallbedingungen auf die Umwelt, einschließlich der menschlichen Gesundheit und des menschlichen Lebens.

5.3 Schlussfolgerungen, Fragen und vorläufige Empfehlungen

Um eine mögliche Betroffenheit Österreichs nachvollziehbar bewerten zu können, war in der Fachstellungnahme zum UVP-Scoping Verfahren nach einer Reihe von Informationen zu den Unfallanalysen gefragt worden. Der UVP-Bericht bietet einen Teil dieser Informationen.

Die Wahrscheinlichkeiten/Häufigkeiten für Kernschäden (CDF) und schwere Unfälle mit großen Freisetzungen (LRF) werden genannt, aber die zugehörige Wahrscheinlichkeitsverteilung (Quantile) werden nicht genannt; die Angaben zu frühen großen Freisetzungen (LERF) fehlen vollständig.

Die Quellterme für die beiden betrachteten Unfall-/Störfallszenarien sind dargestellt. Weitere Quellterme für die wichtigsten Freisetzungskategorien und Unfallszenarien werden nicht genannt.

Die Ausbreitungsrechnungen sowie die Ermittlung der Strahlendosen für Stör- und Unfälle werden nachvollziehbar dargestellt, es werden jedoch nicht alle Informationen übermittelt. So wird die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Ergebnisse nicht genannt, sondern es werden nur die errechneten Mittelwerte angegeben. Zudem werden die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnungen nicht in Form von Bodenkontamination (insbesondere der Leitnuklide Cs-137 und I-131) angegeben.

Es wird auch im UVP-Bericht nicht deutlich, inwieweit internationale Dokumente (IAEA, EUR, WENRA) für das Projekt in verbindlicher Form berücksichtigt werden sollen. Die Dokumente der IAEA und der WENRA stellen grundsätzlich nur Empfehlungen dar und auch bei den EUR handelt es sich nicht um behördliche Standards.

In dem UVP-Bericht ist nicht angegeben, welche Anforderungen bezüglich des Nachweises für praktischen Ausschluss in Polen bestehen. Es wird zwar gesagt, dass der Nachweis nicht nur probabilistisch, sondern auch deterministisch geführt werden soll. Es ist allerdings nicht gesagt, ob der praktische Ausschluss auch für Unfallszenarien des Typs III (spätes Versagen des Containments) geführt werden muss. Auch der Zielwert des probabilistischen Nachweises wird nicht genannt.

Im UVP-Bericht wird für den Referenzreaktor, den AP1000-Reaktor, ein Verhältnis mäßig geringer Quellterm für die Ermittlung der Auswirkung eines schweren Unfalls verwendet, für das Leitnuklid Cs-137 z. B. ist ein Quellterm von 3,26 TBq angegeben.

Es wird nicht erklärt, welche Unfallabläufe mit möglicherweise deutlich höheren Quelltermen aus den Sicherheitsberichten im UVP-Bericht nicht betrachtet wurden. Diese Informationen sollten noch im Rahmen des UVP-Verfahrens übermittelt werden.

Es ist darauf hinzuweisen, dass in einer 2014 veröffentlichten Studie für einen schweren Unfall in einem AP1000-Reaktor, ein Quellterm für Cs-137 in Höhe

von 114 PBq (114.000 TBq) angegeben wird, der Quellterm ist ebenfalls aus Sicherheitsanalysen entnommen.

Für Behörden in Ländern, die von den Auswirkungen eines schweren Unfalls in einem Kernkraftwerk betroffen sein könnten, besteht die Notwendigkeit auf die potenziellen Folgen eines derartigen Unfalls vorbereitet zu sein.

5.3.1 Fragen

- **F18:** Welche internationalen Dokumente (IAEA, EUR, WENRA) sollen für das Projekt in verbindlicher Form berücksichtigt werden?
- **F19:** Laut WENRA (2019) wenden alle WENRA-Länder das Konzept der praktischen Eliminierung auf die Typen I und II an; einige Länder wenden es auch auf Typ III an. Soll in Polen der Nachweis für den praktischen Ausschluss auch für Unfallszenarien des Typs III (spätes Versagen des Containments) geführt werden? Ist ein Zielwert des probabilistischen Nachweises bereits definiert?
- **F20:** Können die Wahrscheinlichkeitsverteilungen (Quantile) für die angegebenen Häufigkeiten für die Kernschäden (CDF) und schweren Unfällen mit großen Freisetzungen (LRF) genannt werden?
- **F21:** Welche Wahrscheinlichkeiten wurden für frühe große Freisetzungen (LERF) im Rahmen der zitierten generischen PSA ermittelt?
- **F22:** Wie lauten die Quellterme der in der PSA Level 2 berechneten auslegungsüberschreitenden Unfälle für die weiteren Freisetzungskategorien und welche Wahrscheinlichkeiten wurden dafür ermittelt?
- **F23:** Was ist die technische Begründung für den auslegungsüberschreitenden Unfall, der für die Berechnung möglicher (grenzüberschreitender) Auswirkungen gewählt wurde? Wird dieser Unfall auch als abdeckend für den Absturz eines Flugzeugs angesehen?

5.3.2 Vorläufige Empfehlungen

- **VE5:** Es wird empfohlen, das Konzept des praktischen Ausschlusses konsequent in den Sicherheitsanforderungen für das KKW in Polen anzuwenden. Der praktische Ausschluss von Störfallsequenzen soll mit modernsten probabilistischen und deterministischen Methoden nachgewiesen werden, wobei die entsprechende Veröffentlichung der WENRA im Jahr 2019 in vollem Umfang zu berücksichtigen ist.
- **VE6:** Es wird empfohlen, ein konservatives Worst-Case-Szenario für die Ermittlung der Auswirkungen als Teil der Umweltverträglichkeitsprüfung zu verwenden. Ein schwerer Unfall mit einem Quellterm für ein Containmentversagen oder ein Bypass-Szenario sollte als Teil der UVP analysiert werden - insbesondere wegen seiner Relevanz für Auswirkungen in größerer Entfernung.
- **VE7:** 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 oder Containment-Bypass führen.*
- *Liste der auslegungsüberschreitenden Störfälle (BDBAs) und der zugehörigen Quellterme.*

6 UNFÄLLE DURCH BETEILIGUNG DRITTER

6.1 Darstellung in den UVP-Unterlagen

Im Abschnitt II.3.3.1 werden Terroristische oder sabotierende Aktivitäten thematisiert. Zunächst wird die Möglichkeit einer terroristischen Gefährdung in Pommern bewertet. (UVP-BERICHT TEIL 4, 2022)

Es wird erklärt, dass laut dem Nationalen Katastrophenschutzplan von 2017 Polen kein vorrangiges Ziel für mögliche Terroranschläge ist. Wie in den vergangenen Jahren bleibt die terroristische Bedrohung auf dem Gebiet der Republik Polen, einschließlich der Grenzen des Verwaltungsbezirks Pommern, auf einem niedrigen Niveau, obwohl das Risiko terroristischer Anschläge in der Welt weiterhin hoch ist und die Zahl der Anschläge in Europa zunimmt. Aufgrund seiner Lage liegt das Standortgebiet für das geplante Kernkraftwerk in der Überwachungszone der Seestreitkräfte des Grenzschutzes und der Kriegsmarine. Darüber hinaus ist das Gebiet, wie der Rest des Landes, gemäß dem Nationalen Katastrophenschutzplan geschützt.

Die Analyse der Katastrophenschutzpläne zeigt, dass Elemente des Energieversorgungssystems (wie Kraftwerke, Heizkraftwerke und Übertragungsnetze) zu den Objekten gehören, die potenzielle Angriffsziele sein können. Aus der Bewertung der auf der Grundlage dieser Dokumente erstellten Gefahrenlage im Verwaltungsbezirk Pommern werden folgende Schlussfolgerungen gezogen:

- Das Risiko eines Terroranschlags ist in den großen Stadtgebieten mittelgroß und in den übrigen Gebieten gering,
- Die wahrscheinlichsten Arten von Terroranschlägen im Verwaltungsbezirk Pommern sind Sprengstoffanschläge und Anschläge mit Bakterien und Viren, die hoch ansteckende Krankheiten übertragen.

Die aktuelle Risikobewertung von Terroranschlägen im Verwaltungsbezirk Pommern sieht folgendermaßen aus:

- Wahrscheinlichkeit des Auftretens: Skala 1 – sehr selten (auf einer fünfstufigen Wahrscheinlichkeitsskala von 1 – sehr selten bis 5 – sehr wahrscheinlich),
- Einstufung der Auswirkungen: Skala D – starke Auswirkungen (auf einer 5-stufigen Skala A, B, C, D, E von A – vernachlässigbar bis E – katastrophal),
- Risikoakzeptanz: tolerierbar.

Die Vorbeugung terroristischer Aktivitäten umfasst laut UVP-BERICHT (TEIL 4, 2022): die ständige Aufklärung der Umgebung, um Personen zu entdecken, die terroristische Aktionen planen, die Verstärkung des Schutzes wichtiger öffentlicher Einrichtungen, die Beeinflussung von Eigentümern oder Leitern von Industrieanlagen oder Leitern von Büros, damit diese für einen angemessenen physischen und technischen Schutz der Einrichtungen sorgen.

Auch die Beständigkeit eines Kernkraftwerks gegen feindliche Aktivitäten wird thematisiert. Es wird erklärt, dass Kernkraftwerke – trotz ihrer offensichtlichen Attraktivität als Angriffsziel – keine leichten Ziele für Terroristen sind. Das liegt daran, dass es sich um besonders sorgfältig und stark geschützte Objekte handelt. Jedes Kernkraftwerk verfügt über ein physisches Schutzsystem, das aus verschiedenen technischen Mitteln und gut geschultem und ausgerüstetem professionellen Sicherheitspersonal besteht. Darüber hinaus wird das Risiko eines Sabotageakts in einem Kernkraftwerk durch verschiedene technische Konstruktionsbeschränkungen sowie durch eine angemessene Personalpolitik und entsprechende Überwachungsmaßnahmen in Zusammenarbeit mit dem Ministerium für Inneres und Verwaltung, dem Sicherheitszentrum der Regierung, der Agentur für Innere Sicherheit und der Staatlichen Atomenergiebehörde gemildert. Die Kommunikationssysteme sind ebenfalls durch Sicherheitsmaßnahmen geschützt.

Um einen Terroranschlag und seine möglichen Folgen zu verhindern, wird ein angemessenes System für den physischen Schutz des Kernkraftwerks entwickelt, und sein Schutz durch die zuständigen staatlichen Behörden als Objekt der kritischen Infrastruktur des Landes sichergestellt. Das physische Schutzsystem für das KKW wird auf der Grundlage des grundlegenden Auslegungsrisikos geplant, das zu diesem Zweck vom Präsidenten der Staatlichen Atomenergiebehörde zur Verfügung gestellt wird. Das physische Schutzsystem eines Kernkraftwerks umfasst in der Regel folgende Maßnahmen: physische Barrieren und beleuchtete Einbruchserkennungszonen, gut geschultes, ausgerüstetes und bewaffnetes Wachpersonal, Überwachung und Bestreifung der äußeren Umzäunung, technische Mittel zur Einbruchserkennung (verschiedene Arten von Detektoren, TV-Systeme, Alarmer), schusssichere Barrieren in besonders wichtigen Bereichen, ausgewiesene Eingriffstruppen und eine Reihe von Maßnahmen zur Minimierung potenzieller Bedrohungen durch Personen, die im Kraftwerk arbeiten.

Militäranlagen

Unter Beachtung der Lokalisierung von nächstgelegenen bestehenden Militäranlagen sowie unter Zuhilfenahme der Stellungnahme des Generalstabs der polnischen Armee wurde festgestellt, dass von den in einer großen Entfernung von dem Gebiet der Vorhabensumsetzung (in beiden Standortvarianten) gelegenen Militäranlagen (Militärbasen und Truppenübungsplätze) im Hinblick auf die Folgen einer eventuellen Explosion keine Gefahr für die Sicherheit des Kernkraftwerks ausgeht. (UVP-BERICHT TEIL 2, 2022)

In den Grenzen der administrativen Lokalisierungsregion Lubiatowo-Kopalino befinden sich 22 militärische Anlagen. In der geringsten Entfernung von dem geplanten KKW befindet sich die militärische Anlage Nr. 4121 in der Gemeinde Krokowa, die ca. 7,0 km (Richtung Osten) entfernt ist. (UVP-BERICHT TEIL 2, 2022)

6.2 Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die UVP-Scoping-Fachstellungnahme

Viele Einrichtungen einer modernen Industriegesellschaft sind durch Sabotage und terroristische Attacken verwundbar. Neben Verwaltungseinrichtungen betrifft dies insbesondere auch Wirtschaft und Infrastruktur wie Verkehrswege und Energieversorgung. Seit den Terrorattacken des 11. Septembers 2001 befassen sich die Regierungen, insbesondere der Industriestaaten intensiv mit dem Schutz der Infrastruktur. Bei Planung und Bau neuer Kernkraftwerke ist ein entsprechender Schutz vorzusehen.

Einwirkungen Dritter (Terrorangriffe oder Sabotagehandlungen) können erhebliche Auswirkungen auf kerntechnische Anlagen und somit auch auf das geplante KKW in Polen haben.

Die Fragen zu möglichen Terrorangriffen und Sabotagehandlungen, die im UVP-Bericht thematisiert werden, sind laut TABELLE MIT ANTWORTEN (2022) im UVP-Bericht teilweise berücksichtigt.

Ein Vergleich der übermittelten Informationen und der gestellten Fragen im Rahmen der Fachstellungnahme zum UVP-Scoping-Dokument bestätigt diese Aussage. Es wird im UVP-Bericht erklärt, dass die Anforderung besteht, dass das geplante KKW gegen den gezielten Absturz eines Verkehrsflugzeuges ausgelegt ist. Die Frage, welche der betrachteten Reaktorooptionen diese Anforderung nach heutigem Kenntnisstand (nicht nur durch Angaben des Lieferanten, sondern aufgrund entsprechender Genehmigung durch Genehmigungsbehörden anderer Länder) erfüllt, wurde nicht beantwortet. Jedoch ist bekannt, dass der AP1000 aus Sicht der Genehmigungsbehörden in den Vereinigten Staaten (NRC) und dem Vereinigten Königreichs (ONR) diese Anforderung erfüllt.

Die Fragen nach den Anforderungen bezüglich einer Gefährdung des geplanten KKW durch Cyberattacken wurde nicht beantwortet. Auch befinden sich diesbezüglich keine Informationen im UVP-Bericht.

Es wird ebenfalls nicht erklärt, gegen welche potenziellen Terrorangriffe das neue Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente laut gesetzlicher Anforderungen ausgelegt sein muss.

Zudem wird nicht erklärt, ob das vorhandene Schutzniveau des Kernkraftwerks und des Zwischenlagers für abgebrannte Brennelemente einen Einfluss auf die Auswahl des Lieferanten bzw. der Technologie hat.

In der TABELLE MIT ANTWORTEN (2022) wird erklärt, dass die Sicherung von Kernkraftwerken gegen einen möglichen Terroranschlag und dessen Auswirkungen eine Aufgabe ist, deren Erfüllung sich aus dem geltenden Recht ergibt und die Gegenstand von Sicherheitsanalysen sein wird, die von der Atomaufsicht bewertet werden. Die Erteilung einer Genehmigung für den Bau eines Kernkraftwerks setzt die Vorlage eines geeigneten Entwurfs für ein physisches Schutzsystem voraus. Obwohl der UVP-Bericht in der Vorprojektphase erstellt wird, enthält der Bericht die Beschreibung der rechtlichen Bedingungen und der

Entwurfsanforderungen, auch in Bezug auf Ereignisse, die sich aus menschlicher Tätigkeit ergeben, in dem Umfang und in der Ausführlichkeit, die dem Wissensstand des Investors in der jeweiligen Projektphase entsprechen und die Durchführung der UVP ermöglichen. Vollständige Informationen werden jedoch in der Phase der erneuten Umweltverträglichkeitsprüfung zur Verfügung stehen.

Die Sicherheitsanalyse ist notwendig, um eine Genehmigung für den Bau einer kerntechnischen Anlage zu erhalten. Da es sich bei dem KKW um ein Schlüsselement der kritischen Infrastruktur des Landes handelt, werden Sicherheitsfragen (einschließlich eines umfassenden Schutzes vor Terroranschlägen) bei ihrer Planung, ihrem Bau und ihrem Betrieb Vorrang haben und müssen mit der internen Sicherheitsstrategie für die Kernenergie vereinbar sein.

Laut TABELLE MIT ANTWORTEN (2022) schreiben die polnischen Vorschriften (§33, Auslegungsverordnung) vor, dass Kernkraftwerksanlagen gegen den Aufprall eines großen Zivilflugzeugs gesichert sein müssen.

Die polnischen Vorschriften (§33 der Auslegungsverordnung) verlangen auch, dass bei einem Aufprall eines großen Zivilflugzeugs die Integrität des Beckens für abgebrannte Brennelemente des Kernkraftwerks erhalten bleibt. Darüber hinaus schreiben die Vorschriften vor, dass bei der Prüfung des Standorts einer kerntechnischen Anlage, einschließlich eines Endlagers für abgebrannte Brennelemente, die potenziellen Risiken von Flugzeugkatastrophen bewertet werden müssen (§ 2.5a der Standortverordnung).

Für neue KKW wird laut WENRA erwartet, dass ein gezielter Absturz eines Verkehrsflugzeugs nicht zu einem Kernschmelzunfall führt, und daher gemäß WENRA-Sicherheitsziel (O2) nur geringe radiologische Folgen haben darf. Um dieses nachzuweisen, sind Auswirkungen aus direkten und sekundären Einwirkungen des Flugzeugunfalls zu betrachten (Vibrationen/Erschütterungen, Verbrennen und/oder Explosion des Flugzeugsbrennstoffs). Außerdem sollen Gebäude oder Gebäudeteile, die Kernbrennstoff und sicherheitstechnische relevante Sicherheitseinrichtungen enthalten, so ausgelegt sein, dass kein Kerosin eindringen kann. (WENRA 2013)

Aus den Angaben des UVP-Berichts wird deutlich, dass sich Anforderungen des neuen Kernkraftwerks an den **physischen Schutz** stark an bisherigen Anforderungen orientieren. Eine Verbesserung des bisherigen Systems des physischen Schutzes wäre jedoch aus zwei Gründen erforderlich: Zum einen müssen im europäischen Raum gezielte Terrorangriffe auch auf kerntechnische Anlagen für möglich gehalten werden. Zu bedenken ist zum anderen in diesem Zusammenhang, dass mit Drohnen, die im militärischen Kontext zur Aufklärung, d. h. zum Ausspionieren eines geplanten Angriffsziels, verwendet werden, Mittel zur Informationsbeschaffung der vorhandenen organisatorischen, technischen und personellen Schutzmaßnahmen des physischen Schutzes existieren.

Zurzeit und zukünftig sind aber auch weitere Angriffsszenarien denkbar. Insbesondere weisen Fachleute auf die Gefahr von **Cyber-Angriffen** hin. Im UVP-Bericht ist ein Schutz vor möglichen Cyber-Angriffen nicht thematisiert.

Die **Nuclear Threat Initiative** (NTI) bewertet die Maßnahmen, die unterschiedliche Länder zum Schutz vor Terrorangriffen und Sabotage in ihren kerntechnischen Anlagen treffen. Dabei werden nicht die konkreten Maßnahmen bei einzelnen Anlagen bewertet, sondern die Aktivitäten der Regierung und die gesetzlichen Anforderungen. Laut NTI (2020) ist die erreichte Punktzahl hinsichtlich eines Schutzes vor Cyber-Angriffen in Polen im Jahr 2020 niedrig, es wurden nur 38 von 100 möglichen Punkten erreicht. Dies Ergebnis kann auf einen unzureichenden Schutz vor Cyber-Angriffen hinweisen.

Die IAEA hat den **“International Physical Protection Advisory Service”** (IPPAS) eingerichtet, um Länder bei der Verbesserung ihres Schutzes vor Sabotage und Terrorangriffen zu unterstützen. (IAEA 2022) Eine derartige Mission wurde bisher in Polen nicht durchgeführt.

Die US-amerikanische Aufsichtsbehörde (NRC) wie auch die Genehmigungsbehörden anderer Länder verwenden den so genannte **Design Basis Threat** (DBT) in ihren Vorschriften bezüglich der Sicherung der Kerneinrichtungen. Auch in der Polen wird das Konzept des DBT verwendet. DBTs beschreiben einen bestimmten Satz an Angriffsmerkmalen, die im Sicherheitskonzept der kerntechnischen Anlagen betrachtet werden müssen. Die genauen Angaben sind geheimhaltungswürdig, aber allgemeine Annahmen können bekannt gegeben werden. Zum Beispiel wird die allgemeine Charakteristik des Design Basis Threat (DBT) für die US-amerikanischen kerntechnischen Anlagen angegeben. Der DBT ist nicht die „worst-case“ Bedrohung, sondern definiert ein abdeckendes Angriffsszenario gegen welchen der Betreiber einer kerntechnischen Einrichtung für Schutz sorgen muss. Für den Schutz gegen darüber hinausgehende Angriffsszenarien sind der Staat bzw. die entsprechenden staatlichen Behörden zuständig. (NAS 2016) In der UVP-Dokumentation könnte die allgemeine Charakteristik der DBT in Polen genannt werden.

Auch wenn aus berechtigten Gründen der Geheimhaltung Vorkehrungen gegen schwere Einwirkungen Dritter nicht im Detail öffentlich im UVP-Verfahren diskutiert werden können, sollten zumindest die Anforderungen in gewissem Umfang dargelegt werden.

Die Identifikation von terroristischen Bedrohungen für kerntechnische Anlagen ist ein wichtiger Teil der Planung der Sicherheitsmaßnahmen (NAS 2016). Experten sehen die Notwendigkeit die Bedrohung durch Terrorangriffe systematischer zu untersuchen und schlagen **probabilistische Risikoanalysen** (PRA) bzw. probabilistische Sicherheitsanalysen (PSA) vor. Aus der PSA für Terrorgriffe können ähnlich wie aus der PSA für technische Fragen nützliche Hinweise abgeleitet werden. Der aktuelle Entwicklungsstand der Risikoanalysen für Terrorangriffe ist vergleichbar mit dem Entwicklungsstand von probabilistischen Sicherheitsanalysen zu technischen Fragen Anfang der 1970er Jahre. Seitdem sind diese erheblich verbessert worden. Eine entsprechende Weiterentwicklung ist aus Sicht der Experten auch für die PSA bezüglich potenzieller Terroranschläge möglich.

Bezüglich der von Experten empfohlenen probabilistischen Analysen könnte im UVP-Bericht allgemein erwähnt werden, ob in Polen solche Überlegungen bestehen oder bereits Eingang in das Regelwerk gefunden haben.

Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente

Im Zusammenhang mit der Errichtung des neuen KKW in Polen sollte auch ein möglicher Terroranschlag auf das (neue) Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente betrachtet werden. Die zurzeit auf dem Markt befindlichen Konzepte für Zwischenlager unterscheiden sich in ihrer Robustheit gegen externe Einwirkungen erheblich. Unterhalb der Erdoberfläche befindliche Lager könnten einen besseren Schutz gegenüber einem gezielten (oder unfallbedingten) Flugzeugabsturz als im Freien aufgestellte Behälter bieten.

Der Absturz eines Verkehrsflugzeuges und daraus möglicherweise resultierende Brände mit Temperaturen von über 1.000 °C können bei fehlender Auslegung der Lagergebäude oder bei Lagerung der Behälter im Freien zu einem Integritätsverlust der Transport- und Lagerbehälter und zu massiven radioaktiven Freisetzungen führen.

Neben einem möglichen terroristischen Flugzeugangriff auf ein trockenes Zwischenlager ist der Einsatz von panzerbrechenden Waffen gegen die Transport- und Lagerbehälter ein Szenario, welches in Deutschland im Rahmen der Genehmigung von Zwischenlagern betrachtet wird. Dabei wird unterstellt, dass eine Gruppe von Tätern in das Zwischenlager eindringt und mit panzerbrechenden Waffen die Behälter beschädigt. Durch einen Beschuss mit einem sogenannten Hohlladungsgeschoss kann die Wand eines metallischen Behälters durchschlagen und in seinem Inneren Brennstoff zerstäubt werden. Durch den Druckaufbau würde eine nennenswerte Menge an radioaktivem Material in die Atmosphäre freigesetzt.

Besondere Bedrohungslage

Militärische Aktionen gegen kerntechnische Anlagen wie die Angriffe auf die ukrainischen Kernkraftwerke stellen eine weitere Gefahr dar, die in der gegenwärtigen globalen Situation besondere Aufmerksamkeit verdient. Eine neue Risikobewertung müsste prüfen, ob derartige Szenarien mit einbezogen werden müssten.

Mit dem gezielten Terrorangriff am 11. September 2001 ist deutlich geworden, dass auch extreme terroristische Aktivitäten konkrete Bedrohungslagen darstellen können, was zu einer Verschärfung von Sicherheitsauflagen für nukleare Anlagen führte. Mit dem Angriff Russlands auf die Ukraine sind jedoch Szenarien eingetreten, die bisher als kaum realistisch galten. Das Risiko katastrophaler Unfälle hat sich nochmals verschärft.

Mit dem Krieg in der Ukraine sind zivile kerntechnische Anlagen zum ersten Mal direkt und indirekt zum Ziel kriegerischer Auseinandersetzungen geworden. Kerntechnische Anlagen werden in derartigen Fällen zu einer besonderen Bedrohung. (BASE 2022)

6.3 Schlussfolgerungen, Fragen und vorläufige Empfehlungen

Terroristische Anschläge und Sabotageakte können erhebliche Auswirkungen auf kerntechnische Anlagen haben und schwere Unfälle verursachen - auch auf das geplante Kernkraftwerk in Polen. Auch wenn Vorkehrungen gegen Sabotage und Terroranschläge im UVP-Verfahren aus Gründen der Vertraulichkeit nicht im Detail öffentlich diskutiert werden können, sollten die notwendigen gesetzlichen Vorgaben in den UVP-Unterlagen dargelegt werden. Informationen zum Thema Terroranschläge wären für die österreichische Seite in Anbetracht der weitreichenden Folgen möglicher Anschläge von großem Interesse.

Es wird im UVP-Bericht erklärt, dass das Kernkraftwerk gegen den Absturz eines zivilen Flugzeugs geschützt sein muss. Genauere Angaben dazu sind nicht vorhanden. So wird weder gesagt gegen welche Flugzeugtypen der Schutz vorhanden sein muss, noch wie die Nachweisführung erfolgen muss.

Weitere Angriffsszenarien, wie z. B. Cyber-Angriffen, sind heutzutage möglich. Im UVP-Bericht ist ein Schutz vor möglichen Cyber-Angriffen nicht thematisiert. Die Ergebnisse der Nuclear Threat Initiative (NTI) aus 2020 weisen auf einen unzureichenden Schutz vor Cyber-Angriffen in Polen hin.

Die IAEA hat den "International Physical Protection Advisory Service" (IPPAS) eingerichtet, um Länder bei der Verbesserung ihres Schutzes vor Sabotage und Terrorangriffen zu unterstützen. Eine derartige Mission wurde bisher in Polen nicht durchgeführt.

Laut UVP-Bericht ergab eine Risikobewertung von Terroranschlägen im Verwaltungsbezirk Pommern in 2017, dass die Wahrscheinlichkeit für einen Anschlag sehr selten ist die Auswirkungen aber stark sind. Insgesamt wird das Risiko als tolerierbar akzeptiert. Eine Erklärung für diese Bewertung wird nicht gegeben.

Im Zusammenhang mit der Errichtung des neuen KKW in Polen sollte auch ein potentieller Terrorangriff auf das neue Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente betrachtet werden. Für die Auswahl der technologischen Lagervariante sollte der Schutz vor möglichen Terrorangriffen berücksichtigt werden.

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

6.3.1 Fragen

- **F24:** *Kann erklärt werden, wie die Bewertung des Risikos als tolerierbar erfolgt ist? Hat sich die Risikobewertung seit 2017 geändert? Hat der Angriffskrieg Russlands auf die Ukraine zu einer veränderten Risikoeinschätzung geführt?*

- **F25:** *Ist in Polen ein sogenanntes Design Basis Threat (DBT) definiert gegen den das Kernkraftwerk geschützt sein muss? Wird auch für das Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente ein DBT definiert?*
- **F26:** *Was sind die genauen Anforderungen an den Schutz des KKW in Polen in Bezug auf den absichtlichen Absturz eines Verkehrsflugzeugs?*
- **F27:** *Gegen welche Angriffe von außen müssen das Reaktorgebäude und andere sicherheitsrelevante Gebäude ausgelegt sein?*
- **F28:** *Wie wird das Ergebnis des Nuclear Security Index 2020 für Polen bewertet? Sind Verbesserungen bezüglich der „Cybersicherheit“ geplant?*
- **F29:** *Werden zur Identifikation von terroristischen Bedrohungen für kerntechnische Anlagen eine systematische Untersuchung und probabilistische Risikoanalysen für notwendig gehalten?*

6.3.2 Vorläufige Empfehlungen

- **VE8:** *Hinsichtlich des Schutzes des KKW in Polen gegen Flugzeugabstürze wird empfohlen, das KKW so auszulegen, dass die sicherheitsrelevanten Sicherheitsfunktionen trotz der thermischen und mechanischen Einwirkungen, die dem angenommenen Absturz von Passagierflugzeugen der größten Klasse (Airbus A-380) und schnellen Militärjets entsprechen, erfüllt werden können. Für den Nachweis sollten die Sicherheitsziele der WENRA (2013) verwendet werden.*
- **VE9:** *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.*
- **VE10:** *In Anbetracht der Ergebnisse des Nuclear Security Index sollte der Schutz vor potenziellen Cyberangriffen verbessert werden.*
- **VE11:** *Zur Unterstützung der Verbesserung der nuklearen Sicherung sollte eine IAEO International Physical Protection Advisory Service (IPPAS) durchgeführt werden. (IAEA 2022)*

7 GRENZÜBERSCHREITENDE AUSWIRKUNGEN AUF ÖSTERREICH

7.1 Darstellung in den UVP-Unterlagen

Im UVP-Bericht wird erklärt, dass sich keine Gefährdungen ergeben, die auf aus der Tätigkeit des Vorhabens resultierende grenzüberschreitende Auswirkungen hinweisen würden, dies bei keiner der beiden vorgeschlagenen Standortvarianten. (UVP-BERICHT TEIL 1 2022, S. 11)

Für die Berechnung des schweren Unfalls wurde ein Quellterm für die Leptonuklide Cäsium-137 von 3,26E12 Bq (3,26 TBq) und für Iod-131 von 1,19 E14 Bq (119 TBq) verwendet. (UVP-BERICHT TEIL 1 2022, S. 31)

Alle dafür berechneten Dosen für die Nachbarländer Polens liegen deutlich unter jenen Schwellenwerten, bei denen Gegenmaßnahmen ergriffen werden müssen. Die maximalen Lebensdosen aus allen Expositionswegen für Kinder und für Erwachsene liegen unter dem Wert von 0,5 mSv. (UVP-BERICHT TEIL 1 2022, S. 37)

Somit stellt ein für die Notfallplanung repräsentativer schwerer Störfall keine Gefahr für die menschliche Gesundheit in standortfernen Gebieten dar, insbesondere in unmittelbar an Polen angrenzenden Ländern, und die grenzüberschreitenden Auswirkungen des polnischen Kernkraftwerks sind vollständig unbedeutend. (UVP-BERICHT TEIL 2 2022, S. 323)

7.2 Diskussion und Bewertung unter Bezugnahme auf die UVP-Scoping-Fachstellungnahme

Es wurden bei der Berechnung der Folgen eines schweren, auslegungsüberschreitenden Unfalls zwar für anderer Länder Dosiswerte berechnet, aber keine Kontaminationswerte.

Bei einem schweren Unfall kann es jedoch auch zu einer Betroffenheit Österreichs kommen, wenn landwirtschaftliche Schutzmaßnahmen laut Maßnahmenkatalog (BMLFUW 2014) ergriffen werden müssen. Der Maßnahmenkatalog sieht bereits bei geringen erwarteten Kontaminationen die Einleitung landwirtschaftlicher Schutzmaßnahmen vor. Darin findet sich u. a. die Maßnahme A07 („Die unverzügliche Ernte von vermarktungsfähigen Produkten, insbesondere von lagerfähigen Produkten“) mit ihr zugeordneten (Prognose-)Werten:

*Tabelle 6:
(Prognose-)Werte für
die landwirtschaftliche
Maßnahme A07
(BMLFUW 2014)*

	I-131 Bq*h/m ³	I-131 Bq/m ²	Cs-137 Bq*h/m ³	Cs-137 Bq/m ²
Start von Maß- nahme A07	170	700	350	650

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

Es wäre wünschenswert, wenn die Berechnungen eines schweren Unfalls aus dem polnischen KKW Kontaminationswerte entsprechend der obigen Tabelle liefern könnten, um überprüfen zu können, ob Österreich im Falle eines schweren Unfalls landwirtschaftliche Schutzmaßnahmen ergreifen müsste.

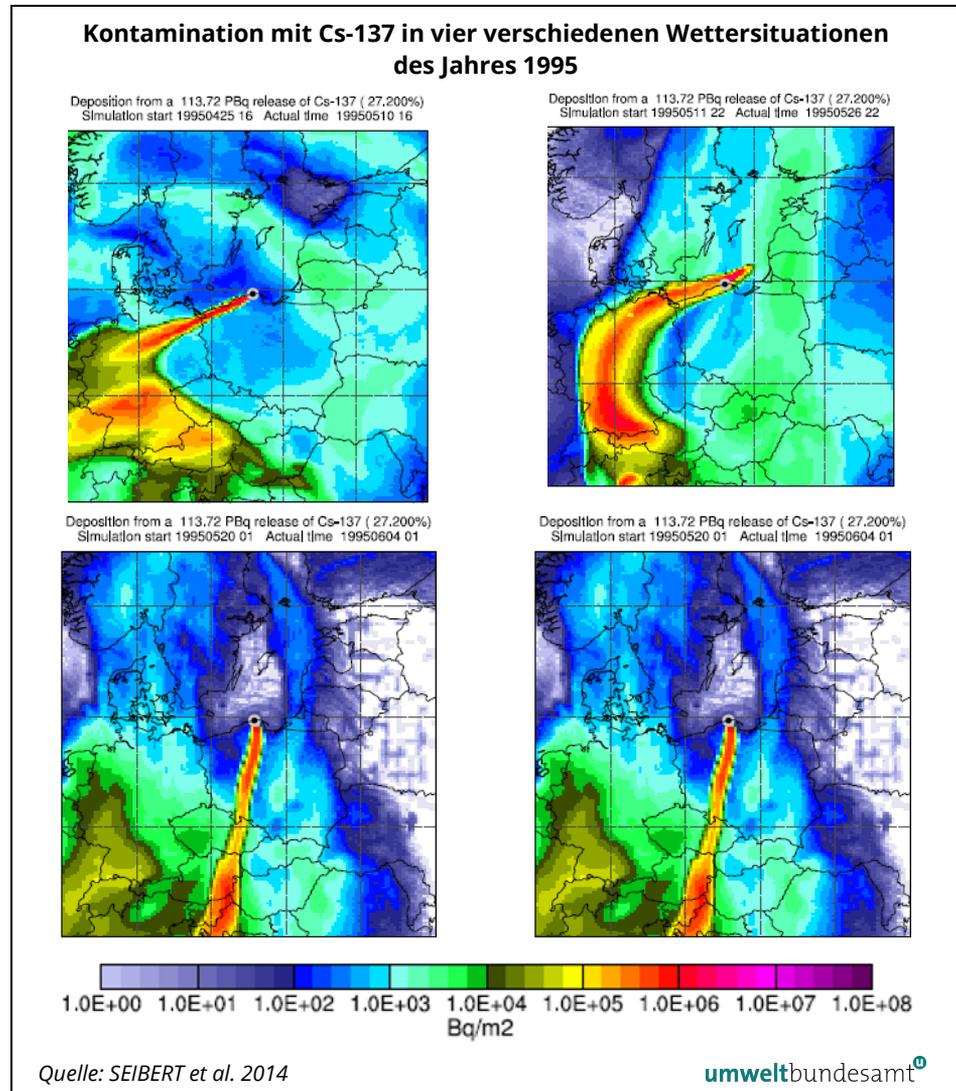
Wie bereits in Kapitel 5 dargelegt, wird im UVP-Bericht für den Referenzreaktor, den AP1000-Reaktor, ein relativ niedriger Quellterm für die Ermittlung der Auswirkung eines schweren Unfalls verwendet, für das Leitnuklid Cs-137 z. B. ist ein Quellterm von 3,26 TBq angegeben. Es wird nicht begründet, dass dieser Quellterm für schwere Unfälle abdeckend ist. Unfallabläufe mit Versagen des Containments oder mit einem Containment-Bypass würden zu höheren Freisetzungen führen.

Es ist darauf hinzuweisen, dass in einer 2014 veröffentlichten Studie (SEIBERT et al. 2014) für einen schweren Unfall in einem AP1000-Reaktor ein Quellterm für Cs-137 in Höhe von knapp 114 PBq (114.000 TBq) angegeben wird, dieser Quellterm ist ebenfalls aus Sicherheitsanalysen entnommen. Mit Hilfe der flexRISK-Methode wurde ein schweres Unfallszenario für einen AP1000-Reaktor am Standort Lubiatowo berechnet. Bei diesem angenommenen schweren Unfall handelt es sich um ein Containment-Bypass-Szenario (BP), das aus dem Versagen von Dampferzeugerrohren resultiert (entweder als auslösendes Ereignis oder als Folge des Versagens eines oder mehrerer Rohre aufgrund der hohen Temperatur während des Unfallverlaufs).

Für reale Wetterlagen des Jahres 1995 wurde die Verteilung der Radionuklide in einem solchen Unfallszenario analysiert. Die Ergebnisse zeigen, dass je nach Wetterlage auch Länder, die nicht direkt an Polen grenzen, von einem solchen schweren Unfall massiv betroffen sein können.

Die folgende Abbildung 12 zeigt vier ausgewählte Wettersituationen, die zu Kontaminationen von Österreich führen können.

Abbildung 12:
Kontamination mit Cs-137 in vier verschiedenen Wettersituationen des Jahres 1995, flexRISK Berechnung für einen schweren Unfall mit einer Freisetzung von 113,72 PBq Cs-137 (SEIBERT et al. 2014)



Die Kontamination auf österreichischem Staatsgebiet könnte in einem solchen Unfallszenario bis zu mehreren hundert Kilobecquerel (kBq) Cs-137/m² betragen²³. In Abhängigkeit von der Wetterlage könnten alle Regionen Österreichs betroffen sein. Es ist in einem solchen Szenario auch nicht auszuschließen, dass punktuell Grenzen für Interventionsmaßnahmen wie den Verbleib im Innenraum erreicht werden könnten.

²³ Zum Vergleich: Nach Tschernobyl wurden Gebiete in der Sowjetunion mit einer Deposition ab 37 kBq Cs-137/m² als „kontaminiert“ definiert und kontinuierlichen Strahlenmessungen unterzogen. Die durchschnittliche Belastung in Österreich nach Tschernobyl war 21 kBq Cs-137/m² (dunkelolivgrüner Bereich in der flexRISK Farbskala), mit Spitzenwerten bis 185 kBq Cs-137/m² (helloranger Bereich).

7.3 Schlussfolgerungen, Fragen und vorläufige 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.

Zudem wurden keine Berechnungsergebnisse für die Boden- und Luftkontamination vorgelegt. Solche Ergebnisse wären aber nötig um abschätzen zu können, ob landwirtschaftliche Schutzmaßnahmen in Österreich starten müssten.

Wie bereits in Kapitel 5 dargelegt, wird im UVP-Bericht für den Referenzreaktor, den AP1000-Reaktor, ein relativ niedriger Quellterm für die Ermittlung der Auswirkung eines schweren Unfalls verwendet, für das Leitnuklid Cs-137 z. B. ist ein Quellterm von 3,26 TBq angegeben. Es wird nicht begründet, dass dieser Quellterm für schwere Unfälle abdeckend ist. Unfallabläufe mit Versagen des Containments oder mit einem Containment-Bypass würden zu höheren Freisetzungen führen.

Berechnungen eines solchen schweren Unfalls mit Versagen des Containments aus einem Forschungsprojekt (SEIBERT et al. 2014) zeigen, dass in entsprechenden Wettersituationen Österreich stark betroffen sein könnte.

7.3.1 Fragen

- **F30:** *Wir ersuchen um folgende Ergebnisse der Berechnungen für den schweren Unfall für österreichisches Staatsgebiet: Cs-137 in Bq/m², Cs-137 in Bq*h/m³, I-131 in Bq/m² und I-131 in Bq*h/m³. Anhand dieser Ergebnisse können wir überprüfen, ob Österreich im Falle eines schweren Unfalls im ersten polnischen KKW landwirtschaftliche Schutzmaßnahmen ergreifen müsste.*

8 FRAGEN UND VORLÄUFIGE EMPFEHLUNGEN

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

8.1 Verfahren und Alternativen

8.1.1 Fragen

- **F1:** *Ergeben sich durch die derzeitige Energiekrise Änderungen im Polnischen Kernenergieprogramm, und wenn ja, welche?*
- **F2:** *Sind in den Angaben zum CO₂-Ausstoß auch die Umweltauswirkungen des Uranabbaus und der Uranverarbeitung enthalten?*

8.2 Abgebrannte Brennelemente und radioaktive Abfälle

8.2.1 Fragen

- **F3:** *Bis wann soll das Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente errichtet werden?*
- **F4:** *Wie ist der Planungsstand für die weitere Vorgangsweise bzgl. des nationalen geologischen Tiefenlagers für abgebrannte Brennelemente und hochradioaktive Abfälle?*
- **F5:** *Wie ist der Planungsstand für die weitere Vorgangsweise bzgl. des Endlagers für schwach und mittelaktive Abfälle?*
- **F6:** *Was ist angedacht für den Fall, dass Zwischen- und Endlager nicht zu dem Zeitpunkt zur Verfügung stehen, wenn sie benötigt werden?*

8.2.2 Vorläufige Empfehlungen

- **VE1:** *Zum Nachweis der sicheren Entsorgung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente sollten detaillierte Informationen über die Zwischen- und Endlagerung vorgelegt werden; außerdem sollten alternative Lösungen für die Entsorgung nuklearer Abfälle für den Fall, dass diese Anlagen nicht rechtzeitig betriebsbereit sind, vorgelegt werden.*

8.3 Reaktortypen und Alterungsmanagement

8.3.1 Fragen

- **F7:** *Wie ist der Stand des rechtlichen Rahmens für den Genehmigungsprozess für das geplante KKW? Liegt das atomrechtliche Regelwerk vor? Wann wurde es zuletzt aktualisiert? Ist eine weitere Aktualisierung geplant?*
- **F8:** *Welche Version des AP1000 Reaktors soll gebaut werden, orientiert diese sich an der amerikanischen Version oder wird es eine spezielle Version für Polen geben?*
- **F9:** *Welchen Sicherheitsebenen ist die Funktion des jeweiligen passiven Systems (insbesondere das passive Containment-Kühlsystem (PCCS) des AP1000) zugeordnet?*

8.3.2 Vorläufige Empfehlungen

- **VE2:** *Es wird empfohlen, die Aufsichtsbehörde mit ausreichend personellen und finanziellen Ressourcen auszustatten.*

8.4 Bewertung der Standorte und externe Ereignisse

8.4.1 Fragen

- **F10:** *Welche probabilistischen Ziele legt das polnische Atomgesetz für den praktischen Ausschluss von frühen oder großen Freisetzungen fest?*
- **F11:** *Ist, nach polnischem Regelwerk, der Ausschluss von aktiven Störungen an einem Standort Voraussetzung für die Eignung des Standorts zur Errichtung eines KKW?*
- **F12:** *Im UVP-BERICHT TEIL 2, 2022, S. 84 wird zur sogenannten Zarnowitzer Rinne (Rynna Żarnowca) angemerkt, dass ältere Störungen im Untergrund die Senkung des Geländes ausgelöst und damit die glaziale Erosion durch das pleistozäne Eisschild erleichtert haben könnte. Der hergestellte Zusammenhang kann auf die pleistozäne Aktivität der angesprochenen Störung hinweisen. Welche Untersuchungen wurden an den Standorten Żarnowiec und Lubiatowo-Kopalino durchgeführt, um aktive Störungen auszuschließen? Welche Untersuchungen paläoseismologischer Natur wurden durchgeführt?*
- **F13:** *Wurden für die Standorte Żarnowiec und Lubiatowo-Kopalino mögliche Gefährdungen durch induzierte und ausgelöste Erdbeben (induced and triggered seismicity) durch die Kohlenwasserstoffproduktion bzw. damit verbundene Maßnahmen wie Fracking in Betracht gezogen und analysiert?*
- **F14:** *Wurde bei der Analyse von Überflutungsgefahren durch die Ostsee die Summe aller maßgeblichen Phänomene (Gezeiten, Sturmflut, Wellenhöhe, barometrische Einflüsse etc.) berücksichtigt?*

- **F15:** *Wurden in der Analyse von Überflutungsgefahren die Effekte von Seichen berücksichtigt?*
- **F16:** *In den UVP-Dokumenten werden im Zusammenhang mit Überflutungsgefahren 2019 gemessene maximale Wellenhöhen von 6,98 m und 7,78 m angeführt (UVP-BERICHT TEIL 2, 2022, S. 114). Wurden solche Wellenhöhen in der Analyse der Überflutungsgefahr berücksichtigt?*
- **F17:** *Wurde bei der Analyse von extremen Witterungsbedingungen die Gefahr von Nadeleis (Frazil Ice) berücksichtigt?*

8.4.2 Vorläufige Empfehlungen

- **VE3:** *Der praktische Ausschluss von frühen oder großen Freisetzungen für neue europäische Kernkraftwerke erfordert den Nachweis, dass Unfallszenarien, die zu solchen Freisetzungen führen können, physikalisch unmöglich oder mit großer Sicherheit extrem unwahrscheinlich sind (WENRA 2010, 2013). Die Bewertung der Einwirkungen von Naturgefahren und der Sicherheitsnachweis für das geplante Kernkraftwerk sollte daher auch extrem seltene Ereignisse mit Eintrittswahrscheinlichkeiten von 10^{-6} - 10^{-7} /Jahr berücksichtigen.*
- **VE4:** *Als Datengrundlage für die Bewertung extremer Witterung werden Messungen des Instituts für Meteorologie und Wasserwirtschaft – Nationales Forschungsinstitut (IMGWPIB) aus dem Zeitraum 1981 bis 2018 angegeben. Dieser Zeitraum erscheint für eine verlässliche Bestimmung der Extremwerte meteorologischer Parameter mit Eintrittswahrscheinlichkeiten von 10^{-4} /Jahr wesentlich zu kurz. Die Ergebnisse der Analysen sollten mit historischen Extremwerten verglichen werden (WENRA 2020c).*

8.5 Unfallanalyse (DBA und BDBA)

8.5.1 Fragen

- **F18:** Welche internationalen Dokumente (IAEA, EUR, WENRA) sollen für das Projekt in verbindlicher Form berücksichtigt werden?
- **F19:** Laut WENRA (2019) wenden alle WENRA-Länder das Konzept der praktischen Eliminierung auf die Typen I und II an; einige Länder wenden es auch auf Typ III an. Soll in Polen der Nachweis für den praktischen Ausschluss auch für Unfallszenarien des Typs III (spätes Versagen des Containments) geführt werden? Ist ein Zielwert des probabilistischen Nachweises bereits definiert?
- **F20:** Können die Wahrscheinlichkeitsverteilungen (Quantile) für die angegebenen Häufigkeiten für die Kernschäden (CDF) und schweren Unfällen mit großen Freisetzungen (LRF) genannt werden?
- **F21:** Welche Wahrscheinlichkeiten wurden für frühe große Freisetzungen (LERF) im Rahmen der zitierten generischen PSA ermittelt?
- **F22:** Wie lauten die Quellterme der in der PSA Level 2 berechneten auslegungsüberschreitenden Unfälle für die weiteren Freisetzungskategorien und welche Wahrscheinlichkeiten wurden dafür ermittelt?
- **F23:** Was ist die technische Begründung für den auslegungsüberschreitenden Unfall, der für die Berechnung möglicher (grenzüberschreitender) Auswirkungen gewählt wurde? Wird dieser Unfall auch als abdeckend für den Absturz eines Flugzeugs angesehen?

8.5.2 Vorläufige Empfehlungen

- **VE5:** Es wird empfohlen, das Konzept des praktischen Ausschlusses konsequent in den Sicherheitsanforderungen für das KKW in Polen anzuwenden. Der praktische Ausschluss von Störfallsequenzen soll mit modernsten probabilistischen und deterministischen Methoden nachgewiesen werden, wobei die entsprechende Veröffentlichung der WENRA im Jahr 2019 in vollem Umfang zu berücksichtigen ist.
- **VE6:** Es wird empfohlen, ein konservatives Worst-Case-Szenario für die Ermittlung der Auswirkungen als Teil der Umweltverträglichkeitsprüfung zu verwenden. Ein schwerer Unfall mit einem Quellterm für ein Containmentversagen oder ein Bypass-Szenario sollte als Teil der UVP analysiert werden - insbesondere wegen seiner Relevanz für Auswirkungen in größerer Entfernung.
- **VE7:** 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 oder Containment-Bypass führen.
 - Liste der auslegungsüberschreitenden Störfälle (BDBAs) und der zugehörigen Quellterme.

8.6 Unfälle durch Beteiligung Dritter

8.6.1 Fragen

- **F24:** *Kann erklärt werden, wie die Bewertung des Risikos als tolerierbar erfolgt ist? Hat sich die Risikobewertung seit 2017 geändert? Hat der Angriffskrieg Russlands auf die Ukraine zu einer veränderten Risikoeinschätzung geführt?*
- **F25:** *Ist in Polen ein sogenanntes Design Basis Threat (DBT) definiert gegen den das Kernkraftwerk geschützt sein muss? Wird auch für das Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente ein DBT definiert?*
- **F26:** *Was sind die genauen Anforderungen an den Schutz des KKW in Polen in Bezug auf den absichtlichen Absturz eines Verkehrsflugzeugs?*
- **F27:** *Gegen welche Angriffe von außen müssen das Reaktorgebäude und andere sicherheitsrelevante Gebäude ausgelegt sein?*
- **F28:** *Wie wird das Ergebnis des Nuclear Security Index 2020 für Polen bewertet? Sind Verbesserungen bezüglich der „Cybersicherheit“ geplant?*
- **F29:** *Werden zur Identifikation von terroristischen Bedrohungen für kerntechnische Anlagen eine systematische Untersuchung und probabilistische Risikoanalysen für notwendig gehalten?*

8.6.2 Vorläufige Empfehlungen

- **VE8:** *Hinsichtlich des Schutzes des KKW in Polen gegen Flugzeugabstürze wird empfohlen, das KKW so auszulegen, dass die sicherheitsrelevanten Sicherheitsfunktionen trotz der thermischen und mechanischen Einwirkungen, die dem angenommenen Absturz von Passagierflugzeugen der größten Klasse (Airbus A-380) und schnellen Militärjets entsprechen, erfüllt werden können. Für den Nachweis sollten die Sicherheitsziele der WENRA (2013) verwendet werden.*
- **VE9:** *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.*
- **VE10:** *In Anbetracht der Ergebnisse des Nuclear Security Index sollte der Schutz vor potenziellen Cyberangriffen verbessert werden.*
- **VE11:** *Zur Unterstützung der Verbesserung der nuklearen Sicherung sollte eine IAEA International Physical Protection Advisory Service (IPPAS) durchgeführt werden. (IAEA 2022)*

8.7 Grenzüberschreitende Auswirkungen auf Österreich

8.7.1 Fragen

- **F30:** Wir ersuchen um folgende Ergebnisse der Berechnungen für den schweren Unfall für österreichisches Staatsgebiet: Cs-137 in Bq/m², Cs-137 in Bq*h/m³, I-131 in Bq/m² und I-131 in Bq*h/m³. Anhand dieser Ergebnisse können wir überprüfen, ob Österreich im Falle eines schweren Unfalls im ersten polnischen KKW landwirtschaftliche Schutzmaßnahmen ergreifen müsste.

LITERATURVERZEICHNIS

- BASE – Bundesamt für Sicherheit der nuklearen Entsorgung (2022): Laufzeitverlängerung deutscher Atomkraftwerke? Stand 26.07.2022;
- BMK – FEDERAL MINISTRY FOR CLIMATE ACTION (2020): Gesamtstaatlicher Notfallplan: Ereignisse in Kernkraftwerken und anderen kerntechnischen Anlagen. (Austrian Emergency Plan).
https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:9b5c25e2-7e90-44b0-9edd-aaf9153eaf25/notfallplan_KKW.pdf
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2014): Maßnahmenkatalog für radiologische Notstandssituationen. Arbeitsunterlage für das behördliche Notfallmanagement auf Bundesebene gemäß Interventionsverordnung, Wien, Juli 2014.
- DECKER, K., BRINKMAN, H. (2017) List of external hazards to be considered in ASAMPSA_E. ASAMPSA_E, Technical report ASAMPSA_E /WP21/D21.2/2017-41 Reference IRSN PSN-RES/SAG/2017-00011. <http://asampsa.eu/deliverables-library/>
- ENSREG (2018): EU Peer Review Report of the Belarus Stress Tests. 74pp.
<https://www.ensreg.eu/document/belarus-stress-test-final-report>
- ESPOO-KONVENTION (1991): Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context. United Nations.
- EU (2014): Council Directive 2014/52/EU of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 amending Directive 2011/92/EU on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment.
- EUR – European Utility Requirements for LWR Nuclear Power Plants (2016). (Revision D, October 2012; Revision E, December 2016.
- IAEA – International Atomic Energy Agency (2006): Plant Life Management for Long Term Operation of Light Water Reactors. Technical Reports Series No. 448; Vienna 2006.
- IAEA – International Atomic Energy Agency (2009): Ageing management for nuclear power plants. Safety guide No. NS-G-2.12; Vienna.
- IAEA – International Atomic Energy Agency (2009a): Passive Safety Systems and Natural Circulation in Water Cooled Nuclear Power Plants, IAEA-TECDOC-1624, IAEA, Vienna.
- IAEA – International Atomic Energy Agency (2010a): Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants; Specific Safety Guide No. SSG-3, Wien.

- IAEA – International Atomic Energy Agency (2011). Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations, IAEA Specific Safety Guide (SSG-18), IAEA, Vienna, 2011.
- IAEA – International Atomic Energy Agency (2012): Safety of Nuclear Power Plants: Design. Specific Safety Requirements No. SSR-2/1, Vienna 2012.
- IAEA – International Atomic Energy Agency (2016): Safety of Nuclear Power Plants: Design. Specific Safety Requirements. IAEA Safety Standards Series No. SSR-2/1 (Rev. 1). International Atomic Energy Agency. Vienna, 2016.
- IAEA – International Atomic Energy Agency (2019): Deterministic Safety Analysis for Nuclear Power Plants. Specific Safety Guide No. SSG-2 (Rev. 1). International Atomic Energy Agency. Vienna, 2019.
- IAEA – International Atomic Energy Agency (2022): International Physical Protection Advisory Service (IPPAS); <http://www-ns.iaea.org/security/ippas.asp>
- IPCC (2014): Assessment Report 5 Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Chapter 7, figure 7-6.
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/06_figure_7.6.png
- IRSN – Institute de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (2016): Considerations on the performance and reliability of passive safety systems for nuclear reactors; January 2016
- IRSN – Institute de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (2019): IRSN activities related to passive safety systems assessment, Christophe Herer, Borislav Dimitrov, Jean Michel Evrard, Antoine Lejosne and Emmanuel Wattelle ICAPP 2019, International Congress on Advances in Nuclear Power Plants; France, Juan-les-pins, 2019, May 12-15
- JÄNKÄLÄ, K., RANTATAINEN, L., VAURIO, J. (2004). Severe Weather Risk Assessment for Loviisa Power Plant. PSAM 7 - ESREL 2004: Probabilistic Safety Assessment and Management 14-18 June 2004, Hotel-Intercontinental Berlin, Germany 2004, p. 1510-1515 (Springer) http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-85729-410-4_243
- JESS (2015): Neue Kernanlage in der Lokalität Jaslovské Bohunice. Bericht über die Umweltverträglichkeitsprüfung der projektierten Tätigkeit. August 2015.
- KÄMÄRÄINEN, M., KAHMA, K.K., JOKINEN, O., JOHANSSON, M.M., SÄRKKÄ, J. (2014). Modelling the variations and extremes of the sea level on the Finnish coast in the Baltic Sea. Geophysical Research Abstracts 2014 Vol. 16 Pages EGU2014-12186
- LASOCKI, S., RUDZI, L., TOKARSKI, A. & ORLECKA-SIKORA, B. (2022). A Hydrofracturing-Triggered Earthquake Occurred Three Years after the Stimulation. Energies 2022, 15, 336. <https://doi.org/10.3390/en15010336>

- NAS – National Academy of Sciences (2016): Lessons Learned from the Fukushima Nuclear Accident for Improving safety and Security of U.S. Nuclear Plants, Phase 2; Committee on Lessons Learned from the Fukushima Nuclear Accident for Improving Safety and Security of U.S. Nuclear Plants; 2016.
- NATIONAL PLAN (2015): THE NATIONAL PLAN OF RADIOACTIVE WASTE AND SPENT NUCLEAR FUEL MANAGEMENT. Appendix to resolution No. 195 of Council of Ministers of 16 October 2015 (Item 1092). <https://www.nuclear-transparency-watch.eu/htdocs/wp-content/uploads/2016/NaProPLen.pdf>
- NEI – Nuclear Engineering International (2010): Westinghouse completes testing of squib valves; 11 August 2010; <https://www.neimagazine.com/news/newswestinghouse-completes-testing-of-squib-valves>
- NITOI, M., IVANOV, I., PIHL, J., GUIGUENO, Y., DECKER, K. (2016). D10.3 Report on external hazards with high amplitude that have affected NPP in operation (in Europe or in other countries). ASAMPSA_E, Technical report ASAMPSA_E / WP10 / D10.3 / 2016-13, IRSN PSN/RES/SAG/ 2016-00031. <http://asampsa.eu/deliverables-library/>
- NTI – Nuclear Threat Initiative (2020): Nuclear Security Index; <http://ntiindex.org>
- NUGENT, D; SOVACOOOL, BK (2014): Assessing the lifecycle greenhouse gas emissions from solar PV and wind energy: A critical meta survey. In: Energy Policy 64 (February, 2014), S. 229 244.
- NUKLERIA (2018): Sanmen 1: Erster AP1000-Reaktor geht in Betrieb; 2018/06/25; <https://nuklearia.de/2018/06/25/sanmen-1-erster-ap1000-reaktor-geht-in-betrieb/>
- ONR – Office for Nuclear Regulation (2017a): New Reactors Programme, GDA close-out for the AP1000 reactor, GDA Issue GI-AP1000-SI-01: Avoidance of Fracture, Assessment Report: ONR-NR-AR-16-009, Revision 0, March 2017
- ONR – Office for Nuclear Regulation (2017b): New Reactors Programme, GDA close-out for the AP1000® Reactor, GDA Issue GI-AP1000-PSA-02 (Fire PSA), Probabilistic Safety Analysis for the Westinghouse AP1000® Reactor, Assessment Report: ONR-NR-AR-16-018, Revision 0, March 2017
- ONR – Office for Nuclear Regulation (2017c): Office for Nuclear Regulation: New Reactors Programme, GDA close-out for the AP1000 reactor; GDA Issue: Consider and action plans to address the lessons learnt from the Fukushima event GI-AP1000-CC-03, Assessment Report: ONR-NR-AR-16-039-AP1000, Revision 0, March 2017
- ONR – Office for Nuclear Regulation (2017d): New Reactors Programme, GDA close-out for the AP1000® reactor, GDA Issues, GI-AP1000®-CE-02 Rev 1 – Further Justification of Novel Form of Structure for the Steel/Concrete Composite Wall to the Enhanced Shield Building, Assessment Report: ONR-NR-AR-16-040, Revision 0, March 2017

- ONR – Office for Nuclear Regulation (2017e): New Reactors Programme GDA Close-out for the AP1000 Reactor, GDA Issue GI-AP1000-RC-01 Revision 0 – Accident Source Terms; Assessment Report: ONR-NR-AR-16-044; Revision 0 ; March 2017
- ONR – Office for Nuclear Regulation (2017f): New Nuclear Reactors: Generic Design Assessment, Summary of the GDA issue close-out assessment of the Westinghouse Electric Company AP1000® Nuclear Reactor; March 2017
- SEIBERT, P.; HOFMAN, R., PHILIPP, A. (2014): Possible Consequences of Severe Accidents at the Proposed Nuclear Power Plant Site Lubiatowo near Gdansk, Poland; Final Report March 4, 2014.
- SHOLLY, S.; MÜLLNER, N.; ARNOLD, N., GUFLER, K. (2014): Source terms for potential NPPs at the Lubiatowo site, Poland. Report prepared for Greenpeace Germany, Institut für Sicherheits- und Risikowissenschaften, BOKU Wien.
- TABELLE MIT ANTWORTEN (2022): Dokumentation zum Verfahren bezüglich der grenzüberschreitenden Auswirkungen des Vorhabens. Bau und Betrieb des ersten Kernkraftwerkes in Polen mit der installierten Leistung von bis zu 3.750 MWe auf dem Gebiet der Gemeinden: Choczewo oder Gniewino und Krokowa. Tabelle mit Antworten von gefährdeten Parteien zugeschickt in der Scoping-Etappe. Polskie Elektrownie Jądrowe sp.z o.o.
https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/energie/kernenergie/verfahren/polen/uvp2022/tabelle_mit_antworten_in_der_scopingetappe.pdf
- THOMAS; S (2022): Vortrag auf der Nuclear Energy Conference 2022.
https://jadernaenergetika.eu/images/Thomas_NEC2022.pdf
- UMWELTBUNDESAMT (2016): Tomic, B., Bricman Rejc, Z. (ENCO), Becker, O., Mraz, G. (pulswerk GmbH): KKW POLEN. Fachstellungnahme zum Informationsblatt des Vorhabens „Erstes Polnisches Kernkraftwerk“ (UVP-Scoping-Dokument) im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung. Erstellt im Auftrag des BMLFUW, Abt. VI/6 Allgemeine Koordination von Nuklearangelegenheiten. REP-0560, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2020): Becker, O.; Mraz, G.. ENERGIEPOLITIK POLEN BIS 2040. STRATEGISCHE UMWELTPRÜFUNG. Erstellt im Auftrag des BMLFUW, Abt. VI/6 Allgemeine Koordination von Nuklearangelegenheiten. REP-0560, Wien. Konsultationsbericht und abschließende Fachstellungnahme. Erstellt im Auftrag des BMK, Abt. VII/10 Allgemeine Koordination von Nuklearangelegenheiten. REP-0731, Wien.
- URANATLAS (2019): Daten und Fakten über den Rohstoff des Atomzeitalters. Hg. von Le Monde diplomatique, Nuclear Free Future Foundation, Rosa-Luxemburg-Stiftung, BUND.

- UVP-BERICHT TEIL 1 (2022): Dokumentation zum Verfahren bezüglich der grenzüberschreitenden Auswirkungen des Vorhabens. Bau und Betrieb des ersten Kernkraftwerkes in Polen mit der installierten Leistung von bis zu 3.750 MWe auf dem Gebiet der Gemeinden: Choczewo oder Gniewino und Krokowa. Einführung. Polskie Elektrownie Jądrowe sp.z o.o.
https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/energie/kernenergie/verfahren/polen/uvp2022/teil_1_einfuehrung.pdf
- UVP-BERICHT TEIL 2 (2022): Dokumentation zum Verfahren bezüglich der grenzüberschreitenden Auswirkungen des Vorhabens. Bau und Betrieb des ersten Kernkraftwerkes in Polen mit der installierten Leistung von bis zu 3.750 MWe auf dem Gebiet der Gemeinden: Choczewo oder Gniewino und Krokowa. Band VI des UVP-Berichts - in nicht-fachlicher Sprache abgefasste Zusammenfassung. Polskie Elektrownie Jądrowe sp.z o.o.
https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/energie/kernenergie/verfahren/polen/uvp2022/teil_2_band_vi_des%20uvp_berichts_zusammenfassung_in_nicht_fachlicher_sprache.pdf
- UVP-BERICHT TEIL 3 (2022): Dokumentation zum Verfahren bezüglich der grenzüberschreitenden Auswirkungen des Vorhabens. Bau und Betrieb des ersten Kernkraftwerkes in Polen mit der installierten Leistung von bis zu 3.750 MWe auf dem Gebiet der Gemeinden: Choczewo oder Gniewino und Krokowa. Auszug aus Band I des UVP-Berichts – Einleitende Informationen. Polskie Elektrownie Jądrowe sp.z o.o.
https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/energie/kernenergie/verfahren/polen/uvp2022/teil_3_auszug_aus_band_i_des_uvp_berichts_einleitende_informationen.pdf
- UVP-BERICHT TEIL 4 (2022): Dokumentation zum Verfahren bezüglich der grenzüberschreitenden Auswirkungen des Vorhabens. Bau und Betrieb des ersten Kernkraftwerkes in Polen mit der installierten Leistung von bis zu 3.750 MWe auf dem Gebiet der Gemeinden: Choczewo oder Gniewino und Krokowa. Auszug aus Band II des UVP-Berichts - Charakteristik des Vorhabens und der Emissionen. Polskie Elektrownie Jądrowe sp.z o.o.
https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/energie/kernenergie/verfahren/polen/uvp2022/teil_4_auszug_aus_band_ii_des_uvp_berichts_charakteristik_des_vorhabens_und_der_emissionen.pdf
- UVP-BERICHT TEIL 5 (2022): Dokumentation zum Verfahren bezüglich der grenzüberschreitenden Auswirkungen des Vorhabens. Bau und Betrieb des ersten Kernkraftwerkes in Polen mit der installierten Leistung von bis zu 3.750 MWe auf dem Gebiet der Gemeinden: Choczewo oder Gniewino und Krokowa. Auszug aus Band III des UVP-Berichtes - Charakteristik der Umwelt. Polskie Elektrownie Jądrowe sp.z o.o.
https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/energie/kernenergie/verfahren/polen/uvp2022/teil_5_auszug_aus_band_iii_des_uvp_berichts_charakteristik_der_umwelt.pdf

- UVP-BERICHT TEIL 6 (2022): Dokumentation zum Verfahren bezüglich der grenzüberschreitenden Auswirkungen des Vorhabens. Bau und Betrieb des ersten Kernkraftwerkes in Polen mit der installierten Leistung von bis zu 3.750 MWe auf dem Gebiet der Gemeinden: Choczewo oder Gniewino und Krokowa. Auszug aus Band IV des UVP-Berichts – Abschätzung der Auswirkungen. Polskie Elektrownie Jądrowe sp.z o.o.
https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/energie/kernenergie/verfahren/polen/uvp2022/teil_6_%20auszug_aus_band_iv_des_uvp_berichts_bewertung_der_auswirkungen.pdf
- UVP-BERICHT TEIL 7 (2022): Dokumentation zum Verfahren bezüglich der grenzüberschreitenden Auswirkungen des Vorhabens. Bau und Betrieb des ersten Kernkraftwerkes in Polen mit der installierten Leistung von bis zu 3.750 MWe auf dem Gebiet der Gemeinden: Choczewo oder Gniewino und Krokowa. Auszug aus dem Band V des Berichtes zur Umweltverträglichkeitsprüfung – Zusammenfassung – Ergebnisse und Schlussfolgerungen. Polskie Elektrownie Jądrowe sp.z o.o.
https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/energie/kernenergie/verfahren/polen/uvp2022/teil_7_auszug_aus_band_v.pdf
- UVP-BERICHT ZUSAMMENFASSUNG (2022): Umweltverträglichkeitsbericht. Bericht über die Umweltauswirkungen des geplanten Baus und Betriebes des ersten polnischen Kernkraftwerks mit einer installierten Leistung von bis zu 3.750 MWe in den Gemeinden Choczewo oder Gniewino und Krokowa Zusammenfassung der Ergebnisse des Berichts über die Umweltauswirkungen des geplanten Vorhabens. Polskie Elektrownie Jądrowe sp.z o.o.
https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/energie/kernenergie/verfahren/polen/uvp2022/summary/uvp_bericht_zusammenfassung_de.pdf
- VERFAHRENSINFORMATION (2022). Informationen über die rechtlichen Grundlagen und Bedingungen für die Anfechtung der Entscheidung über die Umweltbedingungen für das Projekt, das den Bau und den Betrieb des ersten Kernkraftwerks Polens mit einer elektrischen Leistung von bis zu 3750 MWe auf dem Gebiet der Gemeinden Choczewo oder Gniewino und Krokowa in der Woiwodschaft Pommern umfasst.
https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/themen/energie/kernenergie/verfahren/polen/uvp2022/clause/de_information_on_the_eia_procedure.pdf
- WENRA (2010). WENRA Statement on Safety Objectives for New Nuclear Power Plants, November 2010. 4 pp. <https://www.wenra.eu/publications>.
- WENRA (2013): Safety of New NPP Designs. A report by RHWG – Reactor Harmonization Working Group. March 2013.
<https://www.wenra.eu/publications>.
- WENRA (2018): Report Regulatory Aspects of Passive Systems, RHWG report for the attention of WENRA; 01 June 2018.

- WENRA (2019). Report Practical Elimination Applied to New NPP Designs - Key Elements and Expectations, 17 September 2019. 28pp.
<https://www.wenra.eu/publications>
- WENRA (2020a). Guidance Document Issue TU: External Hazards. Head Document, 29pp. <http://www.wenra.org/publications/>
- WENRA (2020b). Guidance Document Issue TU: External Hazards. Guidance on External Flooding. Annex to the Guidance Head Document. 21pp.
<http://www.wenra.org/publications/>
- WENRA (2020c). Guidance Document Issue TU: External Hazards. Guidance on Extreme Weather Conditions. Annex to the Guidance Head Document. 22pp.
<http://www.wenra.org/publications/>
- WENRA (2020d): Report WENRA Safety Objectives for New Nuclear Power Plants and WENRA Report on Safety of new NPP designs – RHWG position on need for revision; 30 September 2020
- WENRA (2021). WENRA Safety Reference Levels for Existing Reactors, Update in relation to lessons learned from TEPCO Fukushima Dai-ichi Accident; 17th February 2021. <https://www.wenra.eu/publications>
- WNN – World Nuclear News (2010): AP1000 Impact Study not adequate, 09 November 2010 <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/AP1000-impact-study-not-adequate>
- WNN – World Nuclear News (2011a): AP1000 concerns for NRC, 23 May 2011; <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/AP1000-concerns-for-NRC>
- WNN – World Nuclear News (2011b): Structure emerging for Standard AP1000; 29. Juni 2011; <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Structure-emerging-for-standard-AP1000s>
- WNN – World Nuclear News (2011c): Nuclear reactor gets OK on aircraft impact, 24 January 2011; <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Nuclear-reactor-gets-OK-on-aircraft-impact>
- WNN – World Nuclear News (2016): UK regulator reports 'slippage' in assessment of AP1000 design, 08 January 2016; <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/UK-regulator-reports-slippage-in-assessment-of-AP1000>
- WNN – World Nuclear News (2017): AP1000 design completes UK regulatory assessment, 30 March 2017 <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/AP1000-design-completes-UK-regulatory-assessment>
- WNN – World Nuclear News (2022a): Further delay in startup of Vogtle AP1000s, 18 February 2022; <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Fuel-loading-under-way-at-Vogtle-3>
- WNN – World Nuclear News (2022b): Westinghouse and Hyundai to cooperate on AP1000, 25 May 2022; <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Westinghouse-and-Hyundai-to-cooperate-on-AP1000>

WNN – World Nuclear News (2022c): Fuel loading under way at Vogtle 3. 14 October 2022; <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Fuel-loading-under-way-at-Vogtle-3>

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Zeitplan für Variante 1 – Standort Lubiatowo-Kopalino (UVP-BERICHT ZUSAMMENFASSUNG 2022, S. 4)	26
Abbildung 2:	Zeitplan für Variante 2 – Standort Żarnowiec (UVP-BERICHT ZUSAMMENFASSUNG 2022, S. 5)	27
Abbildung 3:	Projektgebiet der Variante 1 (Lubiatowo – Kopalino), UVP-BERICHT ZUSAMMENFASSUNG 2022, S. 8.	28
Abbildung 4:	Kostenvergleich verschiedener Energiesysteme in US Dollar/MWh (Quelle: WNISR 2022, basierend auf Lazard Estimates 2021).	31
Abbildung 5:	Hauptanlagen und -gebäude des Kernkraftwerks mit AP1000-Reaktor (UVP-BERICHT TEIL 4, 2022).....	37
Abbildung 6:	Schema des passiven Kernkühlsystems (PXS) des AP1000-Reaktors (UVP-BERICHT Teil 4, 2022).	39
Abbildung 7:	Passive Wärmeabfuhr aus dem Sicherheitsbehälter an die Umgebung (UVP-BERICHT TEIL 4, 2022)	40
Abbildung 8:	Kühlung des geschmolzenen Kerns im Reaktordruckbehälter des AP1000-Reaktors (UVP-BERICHT TEIL 4, 2022).....	41
Abbildung 9:	Querschnitt durch den Sicherheitsbehälter und das Reaktorgebäude des AP1000-Reaktors	42
Abbildung 10:	Passives Kühlsystem für den Reaktorsicherheitsbehälter des AP1000-Reaktors (PCS): Systembeschreibung (linke Seite) und Beispiel für einen Notbetrieb (rechte Seite).....	43
Abbildung 11:	Anordnung der Wassertanks innerhalb des Kraftwerksblocks (UVP-BERICHT TEIL 4, 2022).....	45
Abbildung 12:	Kontamination mit Cs-137 in vier verschiedenen Wettersituationen des Jahres 1995, flexRISK Berechnung für einen schweren Unfall mit einer Freisetzung von 113,72 PBq Cs-137 (SEIBERT et al. 2014).....	103

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	CO ₂ -Fußabdruck verschiedener Energiesysteme, Quelle: UVP-BERICHT TEIL 3 2022, S. 27; dort wird verwiesen auf JACOBS CLEAN ENERGY LIMITED 2020.....	29
Tabelle 2:	Jährlich anfallende Mengen an festen radioaktiven Abfällen (UVP-BERICHT TEIL 4 2022, S. 60).....	33
Tabelle 3:	Ergebnisse der probabilistischen Sicherheitsanalysen für den Kernkraftwerksblock mit einem AP1000-Reaktor (UVP-BERICHT TEIL 4, 2022).....	74
Tabelle 4:	Quellterm Auslegungsstörfall (UVP-BERICHT TEIL 1, 2022).....	78
Tabelle 5:	Quellterm Auslegungsüberschreitender Unfall (UVP-BERICHT TEIL 1, 2022).....	79
Tabelle 6:	(Prognose-)Werte für die landwirtschaftliche Maßnahme A07 (BMLFUW 2014).....	102

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BE	Brennelement
BMK.....	Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Österreich
BMLFUW	Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (heute: BMK)
Bq	Becquerel
Cs-137	Cäsium-137
DEC.....	Design Extension Conditions
DWR	Druckwasserreaktor, auf Englisch: PWR
ENSREG.....	European Nuclear Safety Regulation Group
FEM.....	Finite-Elemente-Modell
GBq.....	GigaBecquerel
GDA.....	Generic Design Assessment
GDUS, GDOŚ, GDEP.....	Generaldirektion für Umweltschutz, Generalny Dyrektor Ochrony Środowiska, General Directorate for Environmental Protection
I-131	Iod-131
IAEO.....	Internationale Atomenergieorganisation
.....	Internationale Atomenergie Organisation
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
NGO	Nichtregierungsorganisation
NTI.....	Nuclear Threat Initiative

NRC	Nuclear Regulatory Commission, USA
PGA.....	Peak Ground Acceleration (Maximale (horizontale) Bodenbeschleunigung)
PSÜ	Periodische Sicherheitsüberprüfung
RDB	Reaktordruckbehälter
RL.....	Reference Level
RSK	Reaktor-Sicherheitskommission
SRL.....	Safety Reference Level
SUP	Strategische Umweltprüfung
UVP.....	Umweltverträglichkeitsprüfung
WENRA WGWD	WENRA Working Group on Waste and Decommissioning
WENRA.....	Western European Nuclear Regulators Association

Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5
1090 Wien/Österreich

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

office@umweltbundesamt.at
www.umweltbundesamt.at