

# Teil 7

## 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 Umweltverträglichkeit-  
sprüfung – Zusammenfassung – Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Sprachversion: DE

Juli 2022



**Świadomie o atomie**  
energia jądrowa w Polsce

Polskie Elektrownie Jądrowe sp. z o.o.



**Glossar**

<b>Begriff/Abkürzung</b>	<b>Definition</b>
AHP	Analytischer hierarchischer Prozess
ALARA	Der Grundsatz der Optimierung des Strahlenschutzes, d. h. die Verringerung der Exposition gegenüber ionisierender Strahlung auf ein so niedriges Niveau wie vernünftigerweise erreichbar (engl. <i>As low as reasonably achievable</i> )
ALARP	Ein Prinzip des Strahlenschutzes - so niedrig, wie vernünftigerweise praktikabel (engl. <i>As low as reasonably practicable</i> )
BAT	Die beste verfügbare Technologie/Technik (engl. <i>Best available techniques/technology</i> )
BIOZ (SiGePlan)	Gesundheits- und Sicherheitsplan, erstellt gemäß dem Gesetz Prawo budowlane [Baugesetz] vom 7. Juli 1994
CEZAR	Zentrum für Radiologische Ereignisse
Lieferant der Technologie des AP1000-Reaktors	Westinghouse Electric Company
Habitat-Richtlinie	Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen
KKW/ Kernkraftwerk	Das erste Kernkraftwerk in Polen, bestehend aus drei Kernkraftblöcken mit AP1000-Reaktoren mit einer Gesamtleistung von bis zu 3.750 MWe, auf dem Gebiet der Gemeinden Choczewo oder Gniewino und Krokowa
Kernkraftwerk	Eine kerntechnische Anlage im Sinne des Kernkraftgesetzes vom 29. November 2000
EP-K	Energoprojekt-Katowice
EPS	Geschützte Arten in Europa
EP-W	Energoprojekt-Warszawa
FRRS	System zur Befreiung und Umkehrung von Fischen
GIOŚ	Hauptinspektion für Umweltschutz
GIS	Geographisches Informationssystem (engl. <i>Geographical information system</i> )
GDOŚ	Generaldirektor für Umweltschutz
HRA	Habitatbewertung (engl. <i>Habitat regulations assesement</i> )
ICRP	Internationale Strahlenschutzkommission, gegründet in Schweden( <i>International Commission on Radilological Protection</i> )
IMGW - PIB	Institut für Meteorologie und Wasserwirtschaft – Staatliches Forschungsinstitut
OFWK	Oberflächenwasserkörper
JNCC	Gemeinsamer Naturschutzausschuss (engl. <i>Joint Nature Conservation Comittee</i> )
IAEA	Internationale Atomenergie-Organisation (engl. <i>International Atomic Energy Agency</i> )
PAA	Präsident der Staatlichen Atomenergiebehörde/Staatliche Atomenergiebehörde
Umweltinformationsgesetz	Gesetz vom 3. Oktober 2008 über die Bereitstellung von Umweltinformationen, über den Schutz der Umwelt, die Teilnahme der Bevölkerung am Umweltschutz und über die Umweltverträglichkeitsprüfung

Begriff/Abkürzung	Definition
Vorhaben	Bau und Betrieb des ersten Kernkraftwerkes in Polen mit einer installierten Leistung von bis zu 3750 MWe auf dem Gebiet der Gemeinden Choczewo oder Gniewino und Krokowa
Atomgesetz	Atomgesetz vom 29. November 2000
MOLF	Marine Entladeanlage (engl. <i>Marine off-loading facility</i> )
MTZ	Maritime Verkehrszone mit einer Breite von ca. 1 km, eingerichtet für die Durchführung des Vorhabens
NCBJ	Nationales Zentrum für Kernforschung
NRC	Amerikanische Kernaufsichtsbehörde (engl. <i>US Nuclear Regulatory Commission</i> )
ONR	Britische Kernaufsichtsbehörde (engl. <i>Office for Nuclear Regulation</i> )
OOU	Bereich der eingeschränkten Nutzung
PWR	Druckwasserreaktor (engl. <i>Pressurized Water Reactor</i> )
Beschluss / GDOŚ- Beschluss/ Scoping	Beschluss des Generaldirektors für Umweltschutz vom 25. Mai 2016 (Zeichen: DOOŚ-OA.4205.1.2015.23) der den Umfang des Umweltverträglichkeitsberichts festlegt des Vorhabens Bau und Betrieb des ersten Kernkraftwerkes in Polen mit der installierten Leistung von 3.750 MWe auf dem Gebiet der Gemeinde Choczewo oder Gniewino und Krokowa
UVP-Bericht	Bericht zur Umweltverträglichkeitsprüfung des Vorhabens „Bau und Betrieb des ersten Kernkraftwerkes in Polen mit einer installierten Leistung von bis zu 3.750 MWe auf dem Gebiet der Gemeinde Choczewo oder Gniewino und Krokowa“
RCS	Reaktorkühlsystem (engl. <i>Reactor coolant system</i> )
Meeresstrategie- Rahmenrichtlinie	Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie; Richtlinie 2008/56/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Juni 2008 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresumwelt
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie; Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik
RODOS	Entscheidungsunterstützungssystem nach nuklearen Unfällen
Standort-Verordnung	Verordnung vom 10. August 2012 über den genauen Umfang der durchzuführenden Beurteilung des Geländes für die Errichtung einer kerntechnischen Anlage, über die Voraussetzungen für die Ausschließung des Standortes als Standort für eine kerntechnische Anlage sowie über die Anforderungen an den Standortsbericht für eine kerntechnische Anlage
SEP	Stakeholder-Engagementplan (engl. <i>Construction stakeholder engagement plan</i> )
KNN	Künstliche neuronale Netze
VFS	Reinigungssystem für die Sicherheitshülle (engl. <i>containment air filtration system</i> )
Atomgesetz	Atomgesetz vom 29. November 2000
WWS	Abwasserbehandlungsanlage (engl. <i>Waste water system</i> )
WLS	System der Entsorgung von flüssigen radioaktiven Abfällen (engl. <i>Liquid radwaste system</i> )
Festgelegte Vorhabensbereiche	Gebiete, auf denen sich der Kernkraftwerk befinden soll, in den beiden Standortvarianten mit dem Durchführungsgebiet des Vorhabens identisch.

**INHALT**

**Hinweis:** In dem Inhaltsverzeichnis dieses Teiles der Dokumentation wurden **blau** und mit einer Seitennummer jene Kapitel markiert, die vollständig oder teilweise einen Auszug aus dem Bericht zur Umweltverträglichkeitsprüfung darstellen

<b>EINFÜHRUNG .....</b>	<b>8</b>
<b>V.1 SCHILDERUNG DER ANGEWENDETEN PROGNOSEMETHODEN.....</b>	<b>9</b>
V.1.1 Die natürliche Umwelt.....	9
V.1.1.1 Land	
V.1.1.2 Meer.....	9
V.1.2 Klima	
V.1.3 Geologie	
V.1.4 Vibrationen	
V.1.5 Böden und Erdoberfläche	
V.1.6 Grundwasser	
V.1.7 Oberflächengewässer .....	10
V.1.7.1 Binnengewässer	
V.1.7.2 Meeressgewässer .....	10
V.1.8 Qualität der atmosphärischen Luft	
V.1.9 Akustisches Klima	
V.1.9.1 Land	
V.1.9.2 Meeresgebiet	
V.1.10 Baudenkmäler und archäologische Stätten	
V.1.11 Landschaft	
V.1.12 Elektromagnetisches Feld	
V.1.13 Ionisierende Strahlung.....	10
V.1.14 Gesundheit und Leben von Menschen .....	14
V.1.15 Abfallbewirtschaftung	
V.1.16 Schwerer Unfall .....	16
V.1.17 Soziale und kulturelle Aspekte	
V.1.18 Kumulierte Auswirkungen	
<b>V.2 AUSWAHL DER VOM VORHABENTRÄGER VORGESCHLAGENEN VARIANTE, DER RATIONELLEN, FÜR DIE UMWELT GÜNSTIGSTEN VARIANTE UND DER RATIONELLEN ALTERNATIVVARIANTE, SAMT BEGRÜNDUNG DER AUSWAHL .....</b>	<b>18</b>
V.2.1 Einführung .....	18
V.2.1.1 Nationale und internationale Rechtsvorschriften, Regelungen und Leitlinien .....	19
V.2.1.2 Auswahl des Standortes .....	21
V.2.2 Vergleichsanalyse der Standortvarianten.....	30
V.2.2.1 Methode der Vergleichsanalyse .....	30
V.2.2.2 Bestimmung der Ausschlusskriterien .....	34
V.2.2.3 Bestimmung der Bewertungskriterien .....	40
V.2.2.4 Bestimmung der grundlegenden unterscheidenden Teilkriterien .....	44
V.2.2.5 Zusammenfassung der Vergleichsanalyse, Auswahl des vorgezogenen Standortes .....	49
V.2.3 Multi-Kriterien-Analyse .....	50
V.2.3.1 Ansatz zur Multi-Kriterien-Analyse.....	51
V.2.3.2 Bewertungskriterien.....	52
V.2.3.3 Beurteilung der Kriterien.....	53
V.2.3.4 Gewichtung der Kriterien .....	53
V.2.3.5 Struktur und Etappen der Multi-Kriterien-Analyse .....	59
V.2.3.6 Zu berücksichtigende Untersuchungsbereiche .....	60
V.2.3.7 Gewichtungszuordnung .....	69
V.2.3.8 Ergebnisse der Multi-Kriterien-Analyse.....	72

V.2.4	Festlegung der vom Vorhabenträger vorgeschlagenen Variante, der rationellen, für die Umwelt günstigsten Variante und der rationellen Alternativvariante .....	85
<b>V.3</b>	<b>BESCHREIBUNG DER GEPLANTEN MINIMIERUNGSMASSNAHMEN (VERMEIDUNG, VORBEUGUNG, EINSCHRÄNKUNG UND KOMPENSATION) .....</b>	<b>87</b>
V.3.1	Minimierungsmaßnahmen .....	87
V.3.1.1	Die natürliche Umwelt .....	87
V.3.1.2	Geologie und Hydrogeologie	
V.3.1.3	Böden und Erdoberfläche	
V.3.1.4	Binnengewässer	
V.3.1.5	Meeresoberflächengewässer .....	100
V.3.1.6	Qualität der atmosphärischen Luft	
V.3.1.7	Akustisches Klima	
V.3.1.8	Vibrationen	
V.3.1.9	Abfallbewirtschaftung	
V.3.1.10	Baudenkmäler, archäologische Stätten, Schiffswracks	
V.3.1.11	Landschaft	
V.3.1.12	Gesundheit und Leben von Menschen .....	104
V.3.2	Ausgleichsmaßnahmen .....	108
V.3.2.1	Die natürliche Umwelt .....	108
V.3.2.2	Atmosphärische Luft	
<b>V.4</b>	<b>MÖGLICHE GRENZÜBERSCHREITENDE UMWELTAUSWIRKUNGEN – DIESES KAPITEL WURDE VOLLSTÄNDIG IM TEIL 1, KAPITEL 6 ÜBERSETZT</b>	
<b>V.4.1</b>	<b>MÖGLICHE GRENZÜBERSCHREITENDE RADIOAKTIVE AUSWIRKUNGEN AUF DIE UMWELT</b>	
V.4.1.1	Analyse der Ergebnisse	
V.4.1.2	Zusammenfassung	
V.4.2	Anpassung der Realisierung des Vorhabens an die Ziele des Ostseeaktionsplans HELCOM	
V.4.2.1	Einleitung	
V.4.2.2	Biologische Vielfalt	
V.4.2.3	Eutrophierung	
V.4.2.4	Gefährliche Stoffe und Abfälle	
V.4.2.5	Tätigkeit im Meer	
V.4.2.6	Zusammenfassung	
<b>V.5</b>	<b>ANALYSE DER POTENZIELLEN SOZIALEN KONFLIKTE .....</b>	<b>109</b>
V.5.1	Formalrechtliche Aspekte	
V.5.1.1	Interne Vorschriften	
V.5.1.2	Internationale Regelungen	
V.5.2	Maßnahmen in der Planungsphase des Vorhabens (landesweite und lokale Maßnahmen)	
V.5.2.1	Maßnahmen der Regierungsbehörden	
V.5.2.2	Maßnahmen des Vorhabenträgers gegenüber den Stakeholdern und der lokalen Bevölkerung	
V.5.2.3	Die wichtigsten Maßnahmen auf dem Gebiet der Standortgemeinden	
V.5.3	Monitoring der öffentlichen Meinung, Untersuchungen und Analysen	
V.5.3.1	Wahrnehmung des Programms und der Kernenergie durch die öffentliche Meinung auf landesweiter Ebene	
V.5.3.2	Wahrnehmung des Vorhabens und der Kernenergie durch die öffentliche Meinung auf landesweiter Ebene	
V.5.4	Potenzielle Quellen der sozialen Konflikte	
V.5.4.1	Analyse der potenziellen sozialen Konflikte	
V.5.5	Öffentlichkeitsarbeit .....	109
V.5.5.1	Maßnahmen im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung	
V.5.5.2	Bauphase	
V.5.5.3	Betriebsphase .....	109
V.5.6	Potenzielle Hauptquellen gesellschaftlicher Konflikte im Zusammenhang mit der Planung und Umsetzung der mit dem KKW verbundenen Vorhaben (begleitende Infrastruktur)	
<b>V.6</b>	<b>VORAUSSICHTLICHER UMFANG DES BEREICHES DER EINGSCHRÄNKTEN NUTZUNG .....</b>	<b>110</b>

V.6.1	Anforderungen der Vorschriften zur Festlegung des Bereiches der eingeschränkten Nutzung rund um das KKW .....	110
V.6.1.1	Atomgesetz .....	110
V.6.1.2	Umweltschutzgesetz .....	111
V.6.2	Ergebnisse der Analysen des OOU-Umfangs .....	111
V.6.3	Zusammenfassung .....	113
<b>V.7</b>	<b>VORSCHLAG DES ÜBERWACHUNGSUMFANGS FÜR DIE EINZELNEN UMWELTKOMPONENTEN .....</b>	<b>114</b>
V.7.1	Die natürliche Umwelt .....	114
V.7.2	Geologie	
V.7.2.1	Geotechnische Überwachung	
V.7.2.2	Seismische Überwachung	
V.7.3	Böden und Erdoberfläche	
V.7.4	Grundwasser	
V.7.5	Oberflächengewässer .....	119
V.7.5.1	Binnengewässer	
V.7.5.2	Innere Gewässer .....	119
V.7.6	Klima	
V.7.7	Qualität der atmosphärischen Luft	
V.7.8	Ionisierende Strahlung .....	120
V.7.9	Akustisches Klima	
V.7.10	Vibrationen	
V.7.11	Abfallwirtschaft .....	125
V.7.11.1	Konventionelle Abfälle	
V.7.11.2	Radioaktive Abfälle und abgebrannter Kernbrennstoff .....	125
V.7.12	Baudenkmäler und archäologische Stätten	
V.7.13	Gesundheit und Leben von Menschen .....	128
V.7.14	Sozialökonomisches Umfeld	
<b>V.8</b>	<b>HINWEIS AUF DIE SCHWIERIGKEITEN AUS MÄNGELN IM STAND DER TECHNIK UND LÜCKEN IM MODERNEN WISSEN, DIE BEI DER ERSTELLUNG DES UVP-BERICHTS DEUTLICH GEWORDEN SIND .....</b>	<b>129</b>
V.8.1	Aus dem Stand des Wissens resultierende Schwierigkeiten hinsichtlich einzelner Lösungen des Vorhabens auf der Etappe der Erstellung des UVP-Berichtes .....	130
V.8.2	Aus der mangelnden Verfügbarkeit und Qualität von historischen Daten resultierende Schwierigkeiten .....	131
V.8.3	Andere Schwierigkeiten, darunter Einschränkungen der angewendeten Methoden, der mathematischen Modelle und der getroffenen Annahmen .....	134
<b>QUELLMATERIALIEN .....</b>		<b>136</b>
	Literaturverzeichnis .....	136
	Verzeichnis der Abbildungen .....	161
	Verzeichnis der Tabellen .....	142
	Verzeichnis der Fotos	
	Verzeichnis der Anhänge .....	142

## Einführung

Das Band V ist eine Zusammenfassung aller durchgeführten Analysen und im Bericht zur Umweltverträglichkeitsprüfung präsentierten Ergebnisse, ergänzt um bestimmte spezielle Fragen, die eine Gesamtbeurteilung der Auswirkungen des Vorhabens (in allen Phasen) für die Umwelt und die Gesundheit der Menschen darstellen.

Im Kapitel 1 des vorliegenden Bandes [Kapitel V.1] befindet sich eine Beschreibung der angewendeten Prognosemethoden, die im Bericht zur Umweltverträglichkeitsprüfung angenommen wurden, und die als Grundlage für die Analysen der KKW-Auswirkungen auf die Umwelt sowie auf das Leben und die Gesundheit der Menschen dienen. In Bezug auf wesentliche negative KKW-Auswirkungen auf die Umwelt wurden mindernde Maßnahmen festgelegt, um den Auswirkungen des Vorhabens in der Phase des Baus und des Betriebes vorzubeugen oder diese Auswirkungen einzuschränken. Die Vorschläge zum Umfang der Maßnahmen, die für die Minderung der Auswirkungen des Vorhabens auf die Umwelt erforderlich sind, wurden im Kapitel [Kapitel V.3] dargestellt.

Die Schlüsselfrage im Bericht zur Umweltverträglichkeitsprüfung bildet die multikriterielle Analyse, die jedoch erst vorgenommen werden konnte, nachdem eine Beurteilung der prognostizierten Auswirkungen des Vorhabens in den erwogenen Standorten in den einzelnen technischen Subvarianten durchgeführt worden war. Im Kapitel [Kapitel V.2] wurde die Methodik der angewendeten multikriteriellen Analyse samt ihren Ergebnissen geschildert, d. h. es wurde auf die vom Investor ausgewählte Variante, die für die Umwelt günstigste Variante sowie eine rationelle alternative Variante samt einer Begründung der Auswahl hingewiesen.

Im Kapitel [Kapitel V.4] wurden die Methoden und die Ergebnisse der Prüfung von grenzüberschreitenden Auswirkungen dargestellt, die im Kontext eines direkten Einflusses auf die Gebiete außerhalb der Grenzen Polens erwogen werden mussten, d. h. auf die direkt an Polen grenzenden Gebiete, aber auch solche Gebiete, die zwar nicht direkt an Polen grenzen, aber der Grenze so nah liegen, dass sie bei den Analysen berücksichtigt wurden.

Im Kapitel [Kapitel V.5] wurde die Methodik geschildert, mit der die Verfasser des Berichts zur Umweltverträglichkeitsprüfung die Arten, die Orte und den Umfang von gesellschaftlichen Konflikten und gesellschaftlichen Gruppen identifiziert haben, bei denen solche Konflikte auftreten oder ggf. auftreten könnten. Darüber hinaus wurde das jeweilige Gewicht der gesellschaftlichen Konflikte und das damit verbundene Risiko evaluiert; auf dieser Grundlage wurde eine Analyse vorgenommen, mit dem Hinweis auf die Maßnahmen, die Instrumente zur Milderung der Konflikte sowie das Konfliktmanagement, mit dem Ziel, dass sich das Vorhaben auf die einzelnen Gruppen, die Probleme anmelden, nicht negativ auswirkt.

Im Kapitel [Kapitel V.6] hat auch eine erweiterte Analyse der rechtlichen und tatsächlichen Umstände ihren Platz gefunden, mit Hinweis auf die Notwendigkeit oder fehlende Notwendigkeit für die Erstellung eines Bereiches der eingeschränkten Nutzung für das Kernkraftwerk; im Kapitel [Kapitel V.7] wurde der Vorschlag für den Umfang der Überwachung von biotischen und abiotischen Komponenten der Umwelt dargestellt, unter Einteilung in die Phasen des Baus und des Betriebs des Vorhabens.

Der Band V wird vom Kapitel [Kapitel V.8] abgeschlossen, in dem die Schwierigkeiten beschrieben wurden, welche sich bei der Erstellung des Berichtes zur Umweltverträglichkeitsprüfung aus fehlendem technischem Wissen oder aus Lücken im Stand des aktuellen Wissens ergeben haben, und zwar aufgrund der Besonderheit des Vorhabens und eines breiten Spektrums der ausgeführten Analysen und der Größe des untersuchten Geländes.



## V.1 Schilderung der angewendeten Prognosemethoden

### V.1.1 Die natürliche Umwelt

#### V.1.1.2 Meeresgebiet

Die Prognosemethoden, die in Bezug auf die biotischen Komponenten der Meeresumwelt angewendet wurden, stützen sich auf die besten bekannten nationalen und internationalen Praktiken im Bereich Umweltverträglichkeitsprüfung. Die Generaldirektion für Umweltschutz (GDOŚ) hat eine Reihe von Internetressourcen [148] zur Verfügung gestellt, mit Leitlinien bezüglich der Durchführung von Umweltprüfungen und zur Erstellung von Berichten zur Umweltverträglichkeitsprüfung. Sie wurden zur Entwicklung der Methodik für die Umweltverträglichkeitsprüfung genutzt, mit den besten Praktiken, die auf internationalen Richtlinien zur Erstellung der Dokumentation für die Berichte zur Umweltverträglichkeitsprüfung basieren.

Die Umweltdaten zu dem Gebiet, das der Umweltprüfung unterliegt, wurden im Rahmen von Untersuchungen/Bestandaufnahmen im Feld gesammelt, denen ausführliche Studien mit dem Zweck vorausgingen, historische und aktuelle Quellen zu finden, die sich auf das Auftreten der einzelnen Taxone oder deren Gruppen auf dem untersuchten Gebiet beziehen. Die Untersuchungsergebnisse wurden unter Einsatz von statistischen Methoden erlangt, die u. a. eine Beurteilung der biologischen Vielfalt mithilfe von Biodiversitätsindizes oder der ökologischen Abhängigkeiten zwischen den Taxonen und den Umweltparametern in Bezug auf die beiden analysierten Standortvarianten möglich machten. Falls die gesammelten Daten keine Anwendung von statistischen Methoden zugelassen haben, wurde zur Erlangung und zum Vergleich der Ergebnisse das Expertenwissen und Angaben aus der Fachliteratur herangezogen. Für die Analyse der erlangten raumbezogenen Daten wurde eine Software mit geographischen Informationssystemen (GIS) verwendet.

Die potenziellen Quellen von Auswirkungen wurden auf der Grundlage der mit dem Vorhaben verbundenen Meeresinfrastruktur und der verbundenen Baumethoden (darunter der indirekten Folgen der Baumaßnahmen auf dem Land) bestimmt. Die Übersicht der potenziellen Rezeptoren wurde auf der Grundlage der Charakteristik der Meeresumwelt in Anlehnung an eine Reihe von Umweltprüfungen im Bereich der Meeresforschung für die beiden Standortvarianten erstellt.

Der angenommene Umfang der potenziellen Auswirkungen stützt sich gegebenenfalls (z. B. Temperatur, Lärm, Wasserqualitätselemente) auf verbundene Sommer- und Winterergebnisse der Modellierung sowie auf aggregierte Berechnungen von Änderungen für das 98. Perzentil [123], [72]. Diese Zonen bildeten anschließend eine Grundlage für alle Bewertungen von Auswirkungen, die sich im vorliegenden Bericht befinden. Gegebenenfalls wurden diese Auswirkungszonen auf der Vorhabensebene präzisiert, unter Anwendung der für die Auswirkungszonen spezifischen Informationen, wie etwa der bekannten Hörempfindlichkeiten von einzelnen Arten von Meeressäugern. Überall dort, wo sich die Empfindlichkeiten und die Auswirkungsbereiche decken, gibt es einen potenziellen Wirkungspfad, der anschließend beschrieben und entsprechend evaluiert wurde.

Die Skala der vom Vorhaben ausgehenden Auswirkungen wurde von den vernachlässigbaren bis hin zu den hohen Werten bestimmt, wobei man sich in begründeten Fällen durch Leitlinien für die besten Praktiken (etwa Empfehlungen von GDOŚ oder von Chartered Institute of Ecology and Environmental Management, CIEEM) und die entsprechenden rechtlichen Normen hat leiten lassen.

Die Umweltverträglichkeitsprüfung für die Meeresgebiete und die Schutzgebiete wurde unter Anwendung der sog. Habitatbewertung durchgeführt (engl. *Habitats regulations assessment, HRA*), d. h. einer Prüfung von Habitats-Vorschriften (wortwörtliche Übersetzung). In der ersten Etappe der Habitatbewertung wurde die potenzielle Auswirkung des Vorhabens auf die europäischen Gebiete bestimmt (engl. *Screening*). Falls auf dem untersuchten Gebiet eine wesentliche Auswirkung nicht ausgeschlossen werden konnte, wurde im weiteren Schritt eine volle Prüfung vorgenommen (engl. *Appropriate assessment, AA*) [45].

Der Ansatz bei der Erstellung von Prognosen für die natürliche Umwelt auf Land und auf Meer wurde ausführlich in den Kapiteln [Kapitel IV.1] und [Kapitel IV.2] beschrieben.

## V.1.7 Oberflächengewässer

### V.1.7.2 Meeresgewässer

Eine Analyse der Auswirkungen auf die Meeresgewässer wurde in Anlehnung an ein identisches Schema der methodischen Vorgehensweise vorgenommen, das auch schon bei den Binnengewässern Anwendung fand, mit den folgenden Unterschieden:

#### **Bewertungsmethoden im Bereich der Hydromorphologie:**

Die hydromorphologische Bewertung von ausgewählten fließenden Gewässern und von Auswirkungen des Vorhabens auf die hydromorphologischen Elemente wurde auf die Methodik der Untersuchung und Bewertung der hydromorphologischen Elemente von Übergangs- und Küstengewässern des Instituts für Meteorologie und Wasserwirtschaft (IMGW) [39] gestützt.

#### **Bei den Methoden der quantitativen Bewertung wurde Folgendes angewendet:**

DELFT3D – eine hydrodynamische, mehrdimensionale Software für hydrodynamische Simulationen, nichtlaminare Strömungen und Beförderung von Stoffen aufgrund von Gezeiten und meteorologischen Auswirkungen. Das Hauptziel des Delft3D-FLOW-Berechnungsmodells ist es, verschiedene ein-, zwei- und dreidimensionale, zeitabhängige, nichtlineare Differentialgleichungen im Zusammenhang mit hydrostatischen Problemen der freien Oberflächenströmung zu lösen.

Der Ansatz zur Vornahme der Prognosen wurde detailliert im Kapitel [Kapitel IV.8.3] dargestellt.

## V.1.13 Ionisierende Strahlung

Das vorliegende Kapitel enthält eine Beschreibung der Modellierung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe in Betriebszuständen und eine Bestimmung von Dosen. Die Daten bezüglich der Emission in Betriebszuständen stützen sich auf die Angaben des Lieferanten der AP1000-Technologie [148]. Die im vorliegenden Dokument enthaltenen Emissionswerte wurden angemessen überprüft, korrigiert und ergänzt, indem sie mit den Daten aus den Dokumenten verglichen wurden [10], [133], [24].

Die Strahlungsauswirkungen in den Betriebszuständen werden auf der Grundlage von Quelltermen (Englisch *source terms*) aus den bisherigen Erfahrungen aus dem Betrieb von Druckwasserreaktoren (engl. *Pressurized Water Reactor, PWR*) der Technologielieferanten modelliert. Die jährlichen Emissionen werden unter Annahme des Betriebes mit einem maximalen Niveau der Beschädigung des Brennstoffes geschätzt, die dem Grenzwert der Kühlmittelaktivität gemäß der technischen Spezifikation entspricht. Außerdem wurden die Emissionswerte gemäß den o. g. Dokumenten überprüft:

- für die Emissionen in die Luft wurden Angaben von Westinghouse, ergänzt um die Angaben aus dem Bericht [24] angenommen; diese Daten wurden im Kapitel [Kapitel II.10.2] dargestellt,
- für die Emissionen in die Oberflächengewässer wurden Angaben von Westinghouse, ergänzt um die Angaben aus dem Bericht [24] für H-3 und C-14 angenommen; diese Daten wurden im Kapitel [Kapitel II.10.4] dargestellt.

Die wichtigsten, für den generischen Entwurf UK AP1000 [24] angenommenen Angaben zur Hauptanlagenentlüftung (Englisch *main plant vent*) sehen folgendermaßen aus:

- Schornsteinhöhe 75 m über dem Boden, Wolkenhöhe 6,7 m, rechteckiger Querschnitt des Schornsteins: 2,025 m x 2,311 m,
- Volumenstrom: 38,12 m<sup>3</sup>/s, Nenngeschwindigkeit: 8,15 m/s,
- Abgastemperatur: 12 – 42 °C (285 – 315 K) (je nach Außentemperatur).

Diese Höhe des Entlüftungsschornsteins wurde letzten Endes bei der Berechnung der Strahlungsauswirkungen des KKW in Betriebszuständen am Küstenstandort Lubiatowo-Kopalino (Variante 1) angenommen. Für den Standort Żarnowiec (Variante 2) geht man von einer Schornsteinhöhe von 150 m über dem Boden aus – und zwar angesichts der Höhe der herumliegenden Hügel, die 100 m über dem Boden überschreitet.

### **Modellierung der Ausbreitung von in die Atmosphäre freigesetzten radioaktiven Substanzen und der damit verbundenen Dosen**

#### Schilderung von Modellen der Ausbreitung von in die Atmosphäre freigesetzten radioaktiven Substanzen

Die Modelle der Ausbreitung von in die Atmosphäre freigesetzten radioaktiven Substanzen stützt sich auf zwei Pakete von numerischen Codes: Entscheidungsunterstützungssystem nach nuklearen Unfällen (RODOS), das im Rahmen einer Reihe von Programmen der Europäischen Union (seit 1991) entwickelt und u. a. im Zentrum für Radiologische Ereignisse (CEZAR) der Staatlichen Atomenergiebehörde (PAA) angewendet wird, und die Software PC-CREAM, die von der Gesundheitsschutzbehörde in Großbritannien entwickelt wird. Eine ausführliche Beschreibung der Modelle für die Ausbreitung von radioaktiven Substanzen ist dem Anhang [Anhang V.1.13-1] zu entnehmen.

#### Methode der Nutzung von meteorologischen Angaben

Im Atomgesetz [Prawo atomowe] vom 29. November 2000 [146] wird die Methode, nach der die meteorologischen Daten ausgewählt werden sollen, nicht festgelegt, es enthält dagegen die folgenden allgemeine Formulierung: *„Bei der Einschätzung der effektiven Dosis [...] werden Angaben und Informationen zum [...] Standort der kerntechnischen Anlage, darunter die Bedingungen der natürlichen Umwelt der kerntechnischen Anlage, berücksichtigt, hier insbesondere: die Geländeform, die geologische Struktur, die klimatischen Bedingungen, einschließlich ungünstiger meteorologischer Bedingungen [...]“*.

Für die Bestimmung von Wettersequenzen wurde sich auf die Daten aus der Wetterstation in Łeba aus den Jahren 1973-2016 sowie aus einer 24 Monate (April 2018-März 2020) dauernden Überwachung für den Standort Lubiatowo-Kopalino in der Variante 1 und für den Standort Żarnowiec in der Variante 2 gestützt.

Angesichts der Tatsache, dass die Berücksichtigung der ungünstigsten Wetterbedingungen auf verschiedene Weisen interpretiert werden kann, d. h. auf der Grundlage von:

- a) Dauer von atmosphärischen Inversionen,
- b) Auswahl der Bedingungen, die für den Ferntransport von Partikeln förderlich ist, oder
- c) Auswahl von Bedingungen, die für hohe Expositionen (also Konzentrationen von Stoffen oder Aktivitäten von Radionukliden) sowie den Depositionen von Radionukliden förderlich sind, die zu einer radioaktiven Kontamination von Gebieten und Gewässern führen können,

wurden drei unterschiedliche Methoden für die Auswahl der meteorologischen Daten entwickelt, die den Punkten a)-c) entsprechen.

Die Umsetzung bestand in jeder Variante aus zwei Etappen. In der ersten Etappe wurde für die einzelnen Varianten folgendermaßen das Referenzjahr festgelegt:

- a) Analyse der Sequenzen mit den kontinuierlichen Kategorien der atmosphärischen Stabilität. Als Referenzjahr wurde das Jahr festgelegt, bei dem die Summe der Laufzeiten am größten war – es war das Jahr 2005,
- b) Analyse der Häufigkeit von Winden über 10 m/s in Richtung Dreistadt Gdansk-Sopot-Gdynia (da es sich dabei um die größte Bevölkerungskonzentration um den potenziellen Standort des Kernkraftwerkes handelt). Als Referenzjahr wurde das Jahr 2012 bestimmt,
- c) Analyse der Häufigkeit des gleichzeitigen Auftretens der stabilsten Wetterklassen und Niederschläge – in diesem Fall wurde das Jahr 2010 als Referenzjahr festgelegt.

Dabei muss darauf hingewiesen werden, dass die erlangten neusten Daten aus den 24 Monaten der Überwachung an beiden Standorten zu keinen Änderungen bei der Auswahl der Referenzjahre geführt hat, da die Kennzahlen für diese Jahre, die nach den Methoden aus den Punkten a)-c) festgestellt wurden, wesentlich niedriger waren, als in den entsprechenden Referenzjahren 2005, 2012 und 2010.

In der zweiten Etappe wurde für jede Variante aus dem jeweils in der ersten Etappe ermittelten Referenzjahr ca. 5% der Sequenzen mit den schlechtesten meteorologischen Bedingungen ausgewählt, und zwar folgendermaßen:

- a) Es wurden die längsten Sequenzen mit den längsten kontinuierlichen Kategorien der atmosphärischen Stabilität ausgewählt – insgesamt 36 Datensätze,
- b) anschließend wurden die Sequenzen ausgewählt, deren Reichweite am größten war – insgesamt auch 36 Datensätze,
- c) in diesem Fall wurden Simulationen mit dem Flexpart-Modell vorgenommen, um die Stärke der Exposition und Deposition auf dem Lande in der Entfernung von ca. 50 km vom Freisetzungsort zu ermitteln. Schließlich wurden 41 Sequenzen ausgewählt – und zwar jene, bei denen die Gesamtexpositionen und -depositionen auf diesem Gebiet am größten waren. Um meteorologische Eingabedaten für das Flexpart-Modell zu erlangen, wurde zuerst Simulationen mit dem WFR-Wetterprognosenmodell mit Datenassimilation durchgeführt.

Auf diese Weise wurden  $36+36+41=113$  meteorologische Sequenzen und zwei spezielle Sequenzen aus dem Jahre 1995 ausgewählt, für die österreichische Institute Simulationen im Auftrag von Greenpeace durchgeführt haben. Insgesamt wurden 115 Wettersequenzen ermittelt [2], [3].

Angesichts der Tatsache, dass die neuesten Daten aus den 24 Monaten der Überwachungszeit direkt aus dem erwogenen Standort Lubiatowo-Kopalino oder Żarnowiec stammten, wurde davon ausgegangen, dass diese Daten in die Wettersequenzen für die Analysen aufgenommen werden sollen, und dass obwohl sich dadurch die Referenzjahre nicht geändert haben. Aus diesem Grunde wurden für jeden Standort weitere 44 Wettersequenzen aus dem Zeitraum April 2018 - März 2020 nach den unter a), b) und c) genannten Methoden ausgewählt, d. h. unter Berücksichtigung aller drei Varianten der Auswahl von Sequenzen. Somit beträgt die Gesamtzahl der ausgewählten Wettersequenzen jeweils 159 für jeden Standort, wobei dies aber für die Jahre 2018-2020 keine identischen Sequenzen sind.

Gleichzeitig wurden statistische Berechnungen vorgenommen, um die durchschnittlichen meteorologischen Bedingungen zu ermitteln. Zu diesem Zweck wurde die Eintrittswahrscheinlichkeit von unterschiedlichen Kombinationen der grundlegenden meteorologischen Parameter festgelegt, wie: Windrichtung, Windkraft und Stabilitätskategorie.

Die Windrichtung wurde für 16 Sektoren (genauer: Sektoren, aus denen der Wind weht) festgelegt. Anschließend wurden die Windgeschwindigkeiten in 7 Bereiche geteilt. Für jeden Sektor und für jede Kombination aus Windkraft und Stabilitätskategorie wurde auf der Grundlage von Mehrjahresstatistiken (1973-2016) die Häufigkeitsrate ermittelt. Auf diese Art und Weise konnte die Gesamtwahrscheinlichkeit von Wind aus dem jeweiligen Sektor und Windkraftbereich samt Stabilitätskategorien festgestellt werden. Hier ist hinzuzufügen, dass ein Großteil dieser Wahrscheinlichkeiten bei Null liegt, was insofern offensichtlich ist, dass es Korrelationen zwischen der Windstärke und den Stabilitätskategorien gibt (bestimmte Kombinationen können nicht auftreten).

Dem Anhang [Anhang V.1.13-2] ist die vollständige Aufstellung der Tagesdaten für die Wettersequenzen aus den Referenzjahren sowie aus dem 24-monatigen Überwachungszeitraum von beiden Standorten zu entnehmen.

#### Methode für die Dosisberechnungen bei Betriebszuständen

Die Simulationsberechnungen wurden in zwei Etappen durchgeführt. Die erste, einführende Etappe, bestand in der Vornahme von Überprüfungsrechnungen unter Einsatz des RODOS-Systems und der Daten aus dem Jahre 2010, d. h. dem Referenzjahr für die Depositionen und Expositionen. Da es bei RODOS nicht möglich ist, Dosen

aus den Betriebsemissionen für Tritium und Kohle C-14 zu ermitteln, mussten sie mithilfe einer anderen Software berechnet werden – zu diesem Zweck wurde das Paket PC-CREAM verwendet. Anschließend wurden mit PC-CREAM dieselben Berechnungen für alle radioaktiven Substanzen durchgeführt. Es hat sich herausgestellt, dass die Dosen aus dem PC-CREAM-Paket höher sind, als jene, die man mit RODOS ermittelt hat (dabei oft um eine Größenordnung), also dass diese Ergebnisse konservativer ausfallen. Infolgedessen wurde in der zweiten Etappe das PC-CREAM-Paket sowohl für die meteorologischen Daten aus dem Referenzjahr 2010, als auch für die ausgewählten Wettersequenzen aus dem 24-monatigen Überwachungszeitraum angewendet – die meteorologischen Daten stützten sich auf Statistiken aus diesen Perioden (getrennt für den Mehrjahreszeitraum und aus dem 24-monatigen Überwachungszeitraum).

Die Berechnungen wurden mithilfe des PC-CREAM-Pakets vorgenommen, in Anlehnung an vier grundlegende Modelle: PLUME (Transport und Dispersion in der Atmosphäre), FARMLAND (Nahrungsdosen-Modell), GRANIS (Dispersion im Boden) sowie RESUS (Modell der Resuspension in der Luft). Bei der Dosisberechnung wurde die Option mit den konservativen Parametern des Modells ausgewählt (sog. „critical“).

### **Modellierung der Ausbreitung von in die Gewässer freigesetzten radioaktiven Substanzen und der damit verbundenen Dosen**

#### Schilderung von Modellen der Ausbreitung von in die Oberflächengewässer freigesetzten radioaktiven Substanzen

Als wichtigstes Instrument der Modellierung der Ausbreitung von radioaktiven Substanzen in die Oberflächengewässer wurde eine Kette von hydrologischen Modellen (*HDM - Hydrological Dispersion Module* - Modul der Hydrologischen Dispersion [153], [85], [154]) des RODOS-Systems angewendet. Es umfasst Modelle für den Transport und die Dispersion von Kontaminationen in der aquatischen Umwelt (Flüsse, Stauseen, Seen, Flussmündungen, Küsten- und Meeresgewässer) sowie für den Transfer von Radionukliden aus der atmosphärischen Dispersion auf unterschiedliche Gewässer. Ausgabedaten für hydrologische HDM-Modelle sind simulierte Konzentrationen von Radionukliden im Wasser, in Sedimenten und in Fischen, die von einem untergeordneten Modell der aquatischen Nahrungskette – FDMA-Dosismodul [69] verwendet werden, das eine Ergänzung des grundlegenden Modells der FDMA-Dosen aus dem RODOS-System darstellt. Mit FDMA kann eine Simulation des Transfers von radioaktiven Substanzen vom kontaminierten Wasser und von Fischen zum Menschen infolge des Verzehrs durchgeführt werden, wobei sowohl der direkte Verzehr des kontaminierten Trinkwassers (und der Fische), als auch die indirekte Kontamination durch Fütterung von Tieren und Bewässerung von landwirtschaftlich genutzten Feldern berücksichtigt wird. Dieses Modell findet auch bei der Entscheidungsfindung in Bezug auf die Gegenmaßnahmen in der aquatischen Umwelt Anwendung. Das HDM-System besteht aus den folgenden Modellen: RETRACE, RIVTOX, COASTOX, THREETOX und POSEIDON, ergänzt um das o. g. FDMA-Modul. Eine ausführliche Beschreibung der Modelle für die Ausbreitung von radioaktiven Substanzen ist dem Anhang [Anhang V.1.13-1] zu entnehmen.

#### Methode für die Dosisberechnungen bei Betriebszuständen

Die Dosisberechnungen für flüssige Emissionen in den Betriebszuständen wurden unter Anwendung des POSEIDON-R-Modells vorgenommen. Es wurde davon ausgegangen, dass die flüssigen Emissionen in die See über Rohrleitungen auf eine Entfernung von wenigstens 700 m von der Küste entfernt transportiert werden – im Falle einer offenen Kühlwasserkreislaufs – und im Falle eines geschlossenen Kreislaufs – über Rohrleitungen der Entsalzungsableitung. Die Berechnungen wurden für die Sequenzen aus dem (im Hinblick auf die meteorologischen Daten) Referenzjahr 2010 für drei Jahre, angefangen bei 2010, durchgeführt. Angesichts der Tatsache, dass sich die Information über die Quelle auf Jahresdaten bezieht, ohne dass Details zur Häufigkeit der Freisetzungen angegeben werden, wurde von einer gleichen und kontinuierlichen Freisetzung im Laufe des Jahres ausgegangen. Es wurde auch sehr konservativ angenommen, dass im Laufe eines Jahres eine erwachsene Person 50 kg vor Ort gefangene Fische verzehrt.

Die für die Störfallbedingungen vorgenommenen Berechnungen haben gezeigt, dass die Kontaminationen von Oberflächengewässern bei Emissionen in die Atmosphäre und Depositionen von radioaktiven Substanzen an

Land und auf Wasser nur wenig zu den Dosen beitragen. Es ist zu beachten, dass die Emissionen in den Betriebszuständen um einige Größenordnungen niedriger sind, als die Störfall-Freisetzungen bei schweren Unfällen, die ca. einen Monat lang dauern. Aus diesem Unterschied ergibt sich, dass die geschätzten effektiven Dosen aus allen Strahlenquellen bei einem Störfall, konservativ gerechnet, um wenigstens zwei Größenordnungen höher sein werden, als die entsprechenden Dosen unter Betriebszuständen. Wie es sich aus den Berechnungen ergeben wird, tragen die aus Wasser stammenden Dosen nur minimal zu den Gesamtdosen bei. Dies bedeutet, dass die Dosen aus dem Wasserweg für die Betriebsemissionen vernachlässigbar sind.

### **Modellierung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe im Grundwasser**

#### Schilderung der Modelle der Ausbreitung von radioaktiven Substanzen, die ins Grundwasser freigesetzt wurden, oder infolge einer indirekten Kontamination

Im Falle des AP1000-Reaktors ist eine direkte Freisetzung von radioaktiven Stoffen ins Grundwasser praktisch ausgeschlossen, und zwar sowohl in den Betriebszuständen, als auch bei einem Störfall, d. h. bei einem in Bezug auf die radioaktive Auswirkung am Limit liegenden Auslegungsstörfall (engl. bounding design basis accident), als auch bei einem schweren Störfall, der unter erweiterten Bemessungsgrundlagen als repräsentativ für Störfälle gilt (engl. severe accident considered in DEC, representative also for emergency planning). Deswegen kann das Grundwasser nur indirekt, über die Freisetzungen in die Luft und dann eine Disposition der Kontaminationen auf Land und deren Transport im Boden ins Grundwasser kontaminiert werden. Deswegen wird die Deposition der radioaktiven Kontaminationen aus der Luft auf Land sowie deren Transport im Boden ins Grundwasser und anschließend zu den Oberflächengewässern modelliert. Die Modellierung der Ausbreitung von radioaktiven Substanzen in Oberflächengewässer wurde unter Anwendung von MODFLOW [33] durchgeführt. Eine ausführliche Beschreibung der Modelle für die Ausbreitung von radioaktiven Substanzen ist dem Anhang [Anhang V.1.13-1] zu entnehmen.

#### Methode für die Dosisberechnungen bei Betriebszuständen

Die einzige Möglichkeit, dass das Grundwasser in Betriebszuständen kontaminiert wird, liegt in der Deposition in den Boden und Migration von radioaktiven Stoffen in diese Gewässer. Die flüssigen Emissionen werden direkt ins Meer abgeführt, sodass sie nicht zur Kontamination des Grundwassers beitragen. Schätzungen haben gezeigt, dass die Prozesse der Bodenkontamination und der Migration in die Gewässer wesentlich langsamer verlaufen und einen höchstens unwesentlichen, bei einigen Prozent liegenden Beitrag zur Kontamination der Oberflächengewässer leisten können, und auch das mit einer großen Verzögerung (von wenigstens einigen Monaten).

Eine ausführliche Beschreibung der Prognosemethoden für die ionisierende Strahlung ist dem Kapitel [Kapitel IV.14] zu entnehmen.

## **V.1.14 Gesundheit und Leben von Menschen**

Bei der Vorbereitung der Abschätzung von Auswirkungen auf die Gesundheit und die Lebensqualität der Menschen wurde ein Verfahren der Identifizierung und Bewertung von potenziell wesentlich ungünstigen und günstigen Folgen der Umsetzung des Vorhabens verwendet. Die Bewertung berücksichtigt die Aspekte im Zusammenhang mit der Vermeidung oder Einschränkung von potenziellen Gefahren für Leib und Leben von Menschen sowie für deren Lebensqualität und nutzt Informationen aus der Studie [5].

Bei der Bewertung wurde die Definition der „Gesundheit“ der Weltgesundheitsorganisation (*World Health Organization, WHO*) in ihrer Verfassung von 1948 verwendet [49]: „Die Gesundheit ist ein Zustand des vollständigen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlbefindens und nicht nur das Freisein von Krankheit oder Gebrechen.“

Gemäß der von der WHO-Arbeitsgruppe für Lebensqualität (*Quality-of-Life Group*) (WHOQOL-Gruppe) [32] entwickelten Definition handelt es sich bei der Lebensqualität um die subjektive Wahrnehmung einer Person über ihre Stellung im Leben in Relation zur Kultur und den Wertsystemen in denen sie lebt und in Bezug auf ihre

Ziele, Erwartungen, Standards und Anliegen. In den WHOQOL-Forschungen an der Lebensqualität findet man neben dieser allgemeinen Definition auch eine Spezifikation der Lebensbereiche, die man berücksichtigen muss, um das Wesen dieses Phänomens zu erfassen. Gemeint sind darunter: die körperliche und psychische Gesundheit, der Grad der Unabhängigkeit von anderen Menschen, die sozialen Beziehungen, die persönlichen Überzeugung der Person und der Einfluss dieser Überzeugungen auf die Umwelt, in der diese Person lebt (WHOQOL-Gruppe 1994, Rapley 2003) [92].

Bei der Bewertung der Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Lebensqualität wurde auch der Begriff des psychischen Wohlbefindens verwendet, der 2004 von der WHO folgendermaßen definiert wurde: *„ein Zustand, in dem eine Person ihre Fähigkeiten ausschöpfen, die normalen Lebensbelastungen bewältigen, produktiv arbeiten und einen Beitrag zu ihrer Gemeinschaft leisten kann“*.

Um die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit auf der Grundlage der im Rahmen des aktuellen Zustandes durchgeführten Analysen [Kapitel III.4.7] zu untersuchen, wurde die potenziellen Auswirkungen des Vorhabens in der Variante 1 – Standort Lubiatowo - Kopalino sowie in der Variante 2 – Standort Żarnowiec geprüft, u. a. unter Berücksichtigung von:

- Einfluss von KKW-Emissionen auf die Gesundheit und das Leben von Menschen,
- Einfluss des Vorhabens auf die Gesundheit und das Leben der lokalen Bevölkerung,
- Einfluss des Vorhabens auf die Gesundheit und das Leben der Arbeitnehmer, die bei der Umsetzung des KKW beschäftigt werden,
- Einfluss des Vorhabens auf das System der Gesundheits- und der Sozialversorgung in der Region.

Bei der Bewertung wurden Faktoren berücksichtigt, die sich auf die Gesundheit und die Lebensqualität der Menschen positiv oder negativ auswirken, darunter:

- die physische Lebensumwelt oder Zugang zum Trinkwasser und zu sauberer Luft, gute Wohn- und Arbeitsbedingungen, soziale Bindungen, sichere Straßen, Gebiete und Orte;
- Beschäftigung und Arbeitsbedingungen;
- Einfluss der ionisierenden Strahlung aus dem KKW auf die Gesundheit der Menschen, und zwar sowohl von Arbeitnehmern als auch von Anwohnern;
- Einfluss von Emissionen radioaktiven Substanzen auf Lebensmittel aus dem Meer und vom Lande;
- soziale Unterstützung, darunter Unterstützung vonseiten der Familie, Freunde und Gemeinschaften, die sich auf die Gesundheit, darunter auf die psychische Gesundheit und die Lebensqualität auswirken;
- Aufrechterhaltung von Bräuchen, Bindungen und familiären Traditionen, die das Gefühl der Gemeinschaft verleihen, deren Einfluss auf die psychische Gesundheit und die Lebensqualität;
- die Genetik – aufgrund der Tatsache, dass die genetischen Bedingungen eine erhöhte Wahrscheinlichkeit der Entwicklung einer Krankheit in Anlehnung an die genetische Verfassung des jeweiligen Menschen widerspiegeln (z. B. fehlt es bei der Bevölkerung von Kaschuben an LCHAD – Mangel an langkettigen Fettsäure-Dehydrogenase);
- Lebensstil und Methoden, wie man mit dem Leben zurechtkommt, mit Einfluss auf die körperliche und psychische Gesundheit sowie auf die Lebensqualität;
- Gesundheitswesen und Zugang zu Dienstleistungen, die den Krankheiten vorbeugen oder diese heilen können, mit Einfluss auf den gesamten gesundheitlichen Zustand;
- Einkommen und sozialer Status, Ausbildungsgrad, die sich auf die Gesundheit, darunter die psychische Gesundheit, auswirken.

Bei der Bewertung der Auswirkungen auf die Gesundheit und das Leben von Menschen wurden auch Mittel und Wege vorgeschlagen, um sowohl den Grad als auch die Folgen der Auswirkungen einzuschränken, um potenzielle Gefahren für die Gesundheit zu vermeiden oder zu mindern.

In Bezug auf die Auswirkungen im Zusammenhang mit der ionisierenden Strahlung wurden die von der Internationalen Kommission für Strahlenschutz (*International Commission on Radiological Protection, ICRP*) vorgeschlagenen Strahlungsrisikomodelle eingesetzt [60]. Es handelt sich dabei um konservative Modelle, die von einem linearen Wachstum des Krebsrisikos auch bei kleinsten Dosen ausgeht. Anhand der geschätzten Dosen für die Allgemeinbevölkerung und für die künftigen KKW-Mitarbeiter wurden die berechneten Werte von Strahlenrisiken (also die Wahrscheinlichkeit eines tödlichen Krebses, d. h. einer stochastischen Wirkung) für den gesamten Organismus oder dessen Einzelteile dargestellt. Die ermittelten Risiken sind völlig unbedeutend (Bruchteile eines Prozentes). Es wurde auch ein Vergleich der geschätzten Dosen mit den geltenden Rechtsvorschriften sowohl für die Allgemeinbevölkerung, als auch für die künftigen KKW-Mitarbeiter gezogen.

Es wurden unter anderem unter Einsatz eines RODOS-Modells, das vom Nationalen Zentrum für Kernforschung (NCBJ) [3], [153] verwendet wird, die maximalen möglichen Depositionen von radioaktiven Substanzen in Lebensmittel (darunter landwirtschaftliche Erzeugnisse) sowohl aus dem Meer als auch vom Lande geschätzt. Diese Berechnungsmethode wird auch von der Staatlichen Atomenergiebehörde verwendet. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die Konzentration von radioaktiven Substanzen in den Lebensmitteln völlig vernachlässigbar sein werden.

Eine ausführliche Beschreibung der Prognosemethoden für die Auswirkungen auf Leib und Leben von Menschen wurde im Kapitel [Kapitel IV.15] dargestellt.

## V.1.16 Schwerer Störfall

Die Eigenschaften von Freisetzungen radioaktiver Substanzen aus dem KKW in die Umgebung unter Störfallbedingungen (engl. *source term*), die für die Analysen herangezogen wurden, stützten sich auf Informationen, die von den Lieferanten der AP1000-Technologie erlangt wurden [148]. Diese Eigenschaften der Freisetzungen von radioaktiven Substanzen wurden für konservative Bedingungen geschätzt. Sie stimmen mit den Richtlinien der US-amerikanischen Atomaufsichtsbehörde (U.S. Nuclear Regulatory Commission, NRC) [71] überein und wurden auch von der britischen Atomaufsichtsbehörde (*Office for Nuclear Regulation, ONR*) in Anlehnung an die durchgeführten Analysen für den AP1000-Reaktor verifiziert.

Gemäß den Beschreibungen aus Band II [Kapitel II.11.4.2] und aus Band IV [Kapitel IV.17] wurde auf der Grundlage von Angaben des Lieferanten der AP1000-Technologie [148] zwei Arten von Störfällen als wesentliche Störfälle aus Sicht der radioaktiven Auswirkungen des KKW auf die Umgebung (engl. *plant off-site radiological impact*) eingestuft, und zwei unter Zuordnung zu den folgenden Kategorien:

- Störfall ohne Kernschmelze im Reaktor: es wurde von einem Bounding Design-Basisstörfall ausgegangen (engl. *bounding design basis accident*), 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 Designbedingungen (engl. *severe accident considered in design extension conditions*), bei dem es sich gleichzeitig um einen Störfall handelt, der für die Störfallplanung (engl. *emergency planning*) repräsentativ ist.

Bei einem Störfall ohne Kernschmelze im Reaktor, d. h. bei LB LOCA, wurden die Freisetzungen von radioaktiven Stoffen bei einer angenommenen Beschädigung von 33% des Brennstoffes (d. h. der Hüllen der Brennelemente) ermittelt, wenn in die Sicherheitshülle des Reaktors alle radioaktiven Substanzen freigesetzt werden, die sich in der Spalte zwischen den Brennelementen und deren Hüllen (engl. *gap release*) befinden. Dabei wurde davon ausgegangen, dass der Aktivitätsanteil in der Spalte für jeder Gruppe der freigesetzten Nukliden 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 (engl. *containment air filtration system, VFS*) 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.

Die Charakteristiken der Freisetzung von radioaktiven Stoffen aus dem KKW in die Umwelt bei einem schweren Störfall mit Kernschmelze im Reaktor, der in den erweiterten Designbedingungen berücksichtigt ist und als repräsentativ für die Störfallplanung gilt, wurden demselben Dokument entnommen [148]. In einem solchen Fall wird davon ausgegangen, dass das Material aus dem geschmolzenen 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 Spaltungsprodukte aus dem Reaktorkern in die Sicherheitshülle freigesetzt. Bei der Bestimmung der Eigenschaften von Freisetzungen der radioaktiven Substanzen in die Umwelt (engl. *fission product source term to the environment*) wurde die Minderung der Aktivitäten von radioaktiven Substanzen in der Sicherheitshülle des Reaktors in Form von Aerosolen dank der Schwerkraftabscheidung und der phoretischen Abscheidung (d. h. mit Ablagerung auf Wassertropfen und Transport) der radioaktiven Aerosole innerhalb der Hülle berücksichtigt. Es wurde auch die Ablagerung von Jod geschätzt, wobei man seine Interaktion mit ungepufferten, offenen Wasserreservoirs und Wasserschichten, die sich innerhalb der Hülle bilden können, erneut abgeschätzt hat. Dabei wurde die Verstopfung des Aerosolflusses durch nominale Leckagen aus der Sicherheitshülle in die Umwelt berücksichtigt, nicht aber ihre Deposition innerhalb des Nebengebäudes.

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 Kontaminierung 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 [Anhang V.1.16-1] aufgenommen.

Eine ausführliche Beschreibung der Prognosemethoden bei einem schweren Störfall ist dem Kapitel [Kapitel IV.17] zu entnehmen.

## **V.2 Auswahl einer vom Investor vorgeschlagenen Variante, einer vernünftigen für die Umwelt günstigsten Variante sowie einer vernünftigen Alternativvariante einschließlich der Begründung für deren Auswahl**

### **V.2.1 Einführung**

Die Auswahl einer im vorliegenden Bericht dargestellten vom Investor vorgeschlagenen Variante, einer vernünftigen für die Umwelt günstigsten Variante sowie einer vernünftigen Alternativvariante ist ein komplexer Bewertungsprozess, der aus zwei separaten, aber miteinander verbundenen Analysen besteht:

- Die vergleichende Standortanalyse konzentrierte sich auf die spezifischen Merkmale von zwei erwogenen Standorten für den Bau des ersten polnischen Kernkraftwerks: Lubiatowo-Kopalino und Żarnowiec. Bei der vergleichenden Analyse wurde jeder Standort anhand von mehr als 100 verschiedenen Kriterien, darunter insbesondere den Ausschlusskriterien verglichen, so dass die Wahl des bevorzugten Standortes gemäß den im Beschluss dargestellten Anforderungen erfolgen kann;
- Das Ziel der Multikriterienanalyse der betrachteten Standorte sowie der Subvarianten, die an jedem Standort realisiert werden können (drei technische Subvarianten bei Variante 1 – Standort Lubiatowo-Kopalino und zwei bei Variante 2 – Standort Żarnowiec), war es, eine vernünftige umweltfreundlichste Variante, eine vom Investor vorgeschlagene Variante sowie eine vernünftige Alternativvariante festzulegen. Bei der Multikriterienanalyse wurden die technischen Unterschiede zwischen den Subvarianten berücksichtigt, die sich u. a. aus den Standortgegebenheiten ergeben, dabei wurden auch die unterschiedlichen ökologischen und sozioökonomischen Folgen berücksichtigt, die sich aus der Anwendung jeder Subvariante an jedem betrachteten Standort ergeben.

Diese Analyse besteht aus mehreren Schritten, in denen Kriterien für die Bewertung der einzelnen Standorte ermittelt und festgelegt wurden, und dann wurde jeder Standort anhand der festgelegten Kriterien bewertet. Die angenommenen Kriterien und ihre Bewertungen basieren auf internationalen und nationalen Richtlinien, einschließlich der geltenden Gesetze, unter Berücksichtigung von Beispielen ähnlicher Projekte. Zu den Kriterien, die für die Standortbewertung herangezogen werden, gehören u.a. die Ausschlusskriterien, die sich direkt aus der Verordnung des Ministerrates vom 10. August 2012 über den detaillierten Umfang der Bewertung eines für die Errichtung einer kerntechnischen Anlage vorgesehenen Ortes, die Errichtung einer kerntechnischen Anlage ausschließende Umstände sowie die Anforderungen an den Standortbericht für eine kerntechnische Anlage (Standort-Verordnung) [108] ergeben, wenn die Erfüllung auch nur eines dieser Kriterien zum Ausschluss des Standorts führen würde. In der letzten Etappe wurden die Umweltverträglichkeitsprüfung des KKW bewertet, um potenzielle Auswirkungen zu ermitteln und mögliche Minderungsmaßnahmen anzuwenden, um die Umweltauswirkungen jedes erwogenen Standortes zu minimieren. Im Rahmen dieser vergleichenden Analyse wurde ein aus technischer Sicht bevorzugter Standort ermittelt.

Die Multikriterienanalyse berücksichtigt die Ergebnisse der vergleichenden Analyse für die betrachteten Standorte mit ihren 5 Subvarianten:

- Variante 1 – Standort Lubiatowo-Kopalino – Subvarianten: 1A – offenes Kühlsystem; 1B – geschlossenes Kühlsystem unter Einsatz von Meerwasser; 1C – geschlossenes Kühlsystem unter Einsatz von entsalztem Meerwasser;
- Variante 2 – Standort Żarnowiec – Subvarianten: 2A – geschlossenes Kühlsystem unter Einsatz von Meerwasser; 2B – geschlossenes Kühlsystem unter Einsatz von entsalztem Meerwasser.

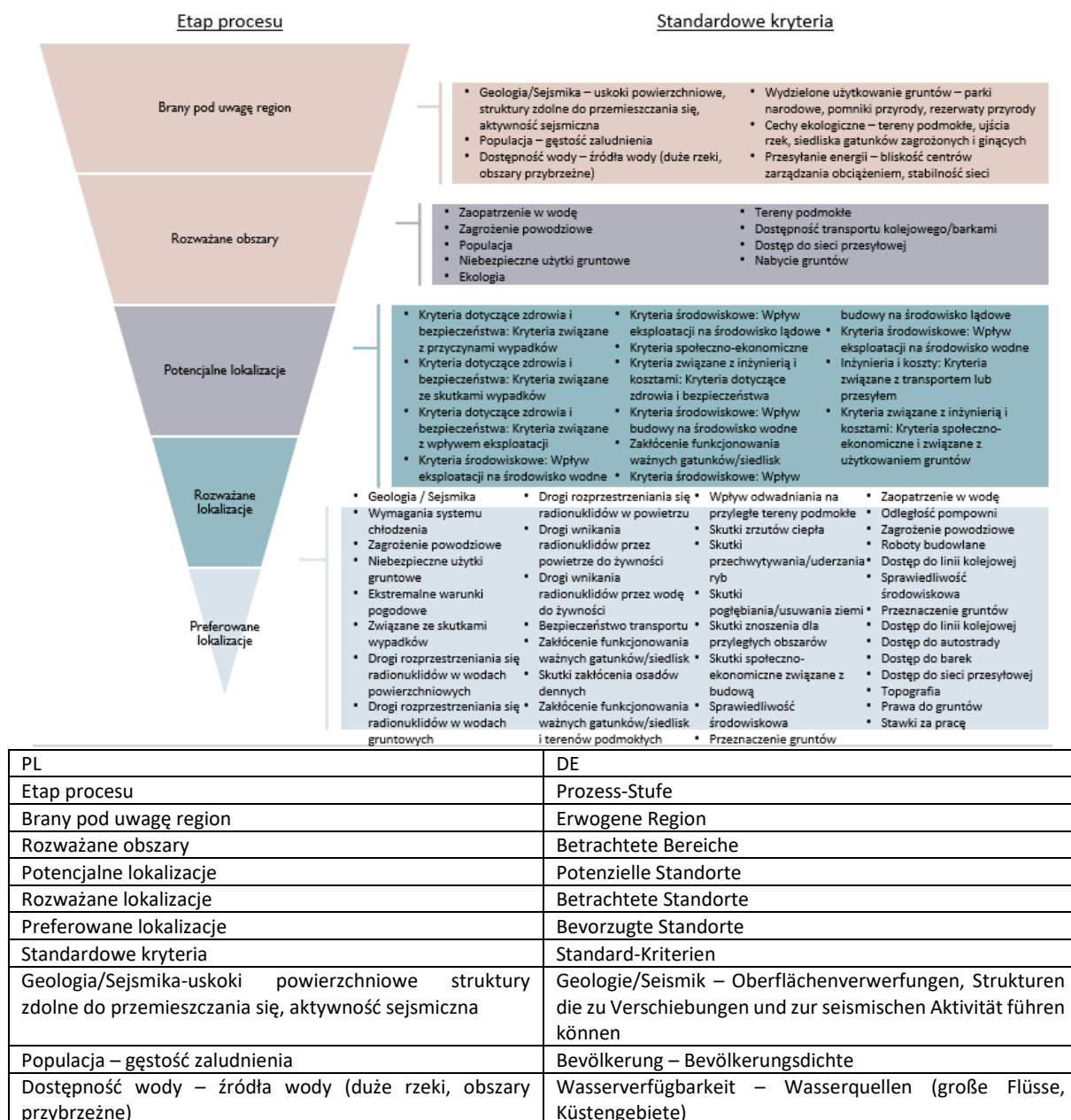
Die Multikriterienanalyse identifiziert und definiert die Kriterien für die Bewertung des untersuchten Standortes unter Berücksichtigung der erwogenen Subvarianten. Jede Subvariante wurde anhand der detaillierten Kriterien bewertet. Die Bedeutung der einzelnen Kriterien wurde mit Hilfe eines analytischen Hierarchieverfahrens (engl.

Analytical Hierarchy Process) ermittelt. Für die Analyse wurde ein speziell für diesen Zweck entwickeltes Tool, DecisionVue, verwendet. Das DecisionVue-Tool wird bei großskaligen Investitionsprojekten eingesetzt. Sowohl die Gewichte als auch die Punktzahlen wurden einer erweiterten Sensitivitätsanalyse und Validierung mit dem dafür vorgesehenen DecisionVue-Tool unterzogen. Das Ergebnis der Multikriterienanalyse ist eine Rangliste der Standorte mit technischen Subvarianten und die Darstellung einer vom Antragsteller vorgeschlagenen Variante, einer vernünftigen Alternativvariante und sowie einer für die Umwelt günstigsten Variante.

### V.2.1.1 Nationale und internationale Gesetze, Vorschriften und Richtlinien

Die Auswahl eines KKW-Standortes ist ein mehrstufiger Prozess, an dessen Ende die Festlegung eines bevorzugten Standortes steht. Das Verfahren ist so gedacht, dass so viele Standorte wie möglich in Betracht gezogen werden und dann die Ausschluss- und Vergleichskriterien angewandt werden, um die günstigsten Standorte zu ermitteln. Die Verwendung von Ausschluss- und Vergleichskriterien (oder Ermessenskriterien) zur Analyse potenzieller Standorte für geplante kerntechnische Anlagen ist eine etablierte und gängige Praxis, die sowohl auf strategischer als auch auf Planungsebene angewandt wird.

Das Standardverfahren für die Standortauswahl ist in Abbildung [Abbildung V.2- 1] dargestellt.



Wydzielone użytkowanie gruntów – parki narodowe, pomniki przyrody, rezerваты przyrod	Zweckgebundene Landnutzung – Nationalparks, Naturdenkmäler, Naturschutzgebiete
Cechy ekologiczne – tereny podmokłe, ujścia rzek, siedliska gatunków zagrożonych i ginących	Ökologische Merkmale – Feuchtgebiete, Flussmündungen, Lebensräume für bedrohte und gefährdete Arten
Przesyłanie energii – bliskość centrów zarządzania obciążeniem, stabilność sieci	Energieübertragung – Nähe zu Lastmanagementzentren, Netzstabilität
Zaopatrzenie w wodę	Wasserversorgung
Zagrożenie powodziowe	Hochwasserrisiko
Populacja	Bevölkerung
Niebezpieczne użytki gruntowe	Gefährliche Bodennutzung
Ekologia	Ökologie
Tereny podmokłe	Feuchtgebiete
Dostępność transportu kolejowego/barkami	Erreichbarkeit per Bahn/Schiff
Dostęp do sieci przesyłowej	Zugang zum Übertragungsnetz
Nabycie gruntów	Erwerb von Grundstücken
Kryteria dotyczące zdrowia i bezpieczeństwa. Kryteria związane z przyczynami wypadków	Gesundheits- und Sicherheitskriterien. Kriterien in Bezug auf die Unfallursachen
Kryteria dotyczące zdrowia i bezpieczeństwa. Kryteria związane z skutkami wypadków	Gesundheits- und Sicherheitskriterien. Kriterien in Bezug auf die Unfallfolgen
Kryteria dotyczące zdrowia i bezpieczeństwa. Kryteria związane z wpływem eksploatacji	Gesundheits- und Sicherheitskriterien. Kriterien in Bezug auf die betrieblichen Auswirkungen
Kryteria środowiskowe. Wpływ eksploatacji na środowisko wodne	Umweltkriterien. Betriebliche Auswirkungen auf die aquatische Umwelt
Kryteria środowiskowe. Wpływ eksploatacji na środowisko lądowe	Umweltkriterien. Betriebliche Auswirkungen auf die terrestrische Umwelt
Kryteria społeczno-ekonomiczne	Sozioökonomische Kriterien
Kryteria związane z inżynierią i kosztami	Kriterien in Bezug auf Technik und Kosten
Kryteria dotyczące zdrowia i bezpieczeństwa	Kriterien für Gesundheit und Sicherheit
Kryteria środowiskowe: Wpływ budowy na środowisko wodne	Umweltkriterien: Auswirkungen der Bauarbeiten auf die aquatische Umwelt
Zakłócenie funkcjonowania ważnych gatunków/siedlisk	Beeinträchtigung des Funktionierens wichtiger Arten/Lebensräume
Kryteria środowiskowe: Wpływ budowy na środowisko lądowe	Umweltkriterien: Auswirkungen der Bauarbeiten auf die terrestrische Umwelt
Kryteria środowiskowe: Wpływ eksploatacji na środowisko wodne	Umweltkriterien: Betriebliche Auswirkungen auf die aquatische Umwelt
Inżynieria i koszty: Kryteria związane z transportem lub przesyłem	Technik und Kosten: Kriterien in Bezug auf Transport und Übertragung
Kryteria związane z inżynierią i kosztami: Kryteria społeczno-ekonomiczne i związane z użytkowaniem gruntów	Kriterien in Bezug auf Technik und Kosten: Sozioökonomische Kriterien und Kriterien in Bezug auf Landnutzung
Geologia / Sejsmika	Geologie / Seismik
Wymagania systemu chłodzenia	Anforderungen an das Kühlsystem
Zagrożenie powodziowe	Hochwasserrisiko
Niebezpieczne użytki gruntowe	Gefährliche Bodennutzung
Ekstremalne warunki pogodowe	Extreme Wetterbedingungen
Związane ze skutkami wypadków	Kriterien in Bezug auf Unfallfolgen
Drogi rozprzestrzeniania się radionuklidów w wodach powierzchniowych	Ausbreitungswege von Radionukliden in Oberflächengewässern
Drogi rozprzestrzeniania się radionuklidów w wodach gruntowych	Ausbreitungswege von Radionukliden im Grundwasser
Drogi rozprzestrzeniania się radionuklidów w powietrzu	Ausbreitungswege von Radionukliden in der Luft
Drogi wnikania radionuklidów przez powietrze do żywności	Eintrittswege von Radionukliden in Lebensmittel über die Luft
Drogi wnikania radionuklidów przez wodę do żywności	Eintrittswege von Radionukliden in Lebensmittel durch Wasser
Bezpieczeństwo transportu	Verkehrssicherheit
Zakłócenie funkcjonowania ważnych gatunków / siedlisk	Beeinträchtigung des Funktionierens wichtiger Arten/Lebensräume
Skutki zakłócenia osadów dennych	Auswirkungen der Beeinträchtigung auf die Bodensedimente

Zakłócenie funkcjonowania ważnych gatunków / siedlisk i terenów podmokłych	Beeinträchtigung des Funktionierens wichtiger Arten/Habitate und Feuchtgebiete
Wpływ odwadniania na przyległe tereny podmokłe	Auswirkungen der Entwässerung auf angrenzende Feuchtgebiete
Skutki zrzutów ciepła	Auswirkungen von Wärmeabfuhr
Skutki przechwytywania / uderzania ryb	Auswirkungen des Fangens/Schlagens von Fischen
Skutki pogłębiania / usuwania ziemi	Auswirkungen des Ausbaggerns/Bodenabtrags
Skutki znoszenia dla przyległych obszarów	Drifteffekte auf angrenzende Gebiete
Skutki społeczno-ekonomiczne związane z budową	Sozioökonomische Auswirkungen der Bauarbeiten
Sprawiedliwość środowiska	Umweltgerechtigkeit
Przeznaczenie gruntów	Flächennutzung
Zaopatrzenie w wodę	Wasserversorgung
Odległość pompowni	Entfernung der Pumpstation
Zagrożenie powodziowe	Hochwasserrisiko
Roboty budowlane	Bauarbeiten
Dostęp do linii kolejowej	Zugang zur Eisenbahn
Sprawiedliwość środowiskowa	Umweltgerechtigkeit
Przeznaczenie gruntów	Flächennutzung
Dostęp do linii kolejowej	Zugang zur Eisenbahn
Dostęp do autostrady	Zugang zur Autobahn
Dostęp do barek	Zugang zu Schuten
Dostęp do sieci przesyłowej	Zugang zum Übertragungsnetz
Topografia	Topographie
Prawa do gruntów	Rechte an Grundstücken
Stawki za pracę	Arbeitsätze

Abbildung V.2- 1 Standard-Standortauswahlprozess

Quelle: [151]

Zu den Ausschlusskriterien gehören Kriterien, die, wenn sie nicht erfüllt werden können (keine Maßnahmen zur Risikominderung), einen potenziellen Standort kategorisch von der weiteren Berücksichtigung im Standortauswahlprozess ausschließen. Diese Kriterien beziehen sich im Allgemeinen auf solche Attribute wie Ereignisse, Phänomene oder Gefahren, für die es keine praktischen technischen Lösungen gibt und für die es nicht möglich sein wird, die entsprechenden regulatorischen oder gesetzlichen Anforderungen zu erfüllen [108]. Ausschlusskriterien werden in der Regel bereits in einer frühen Etappe des Standortauswahlprozesses berücksichtigt (z. B. während der Etappen 1 und 2 des Standortauswahlprozesses der IAEA [43]), um einen unnötigen Aufwand an Zeit und Ressourcen für die weitere Analyse dieser Standorte zu vermeiden.

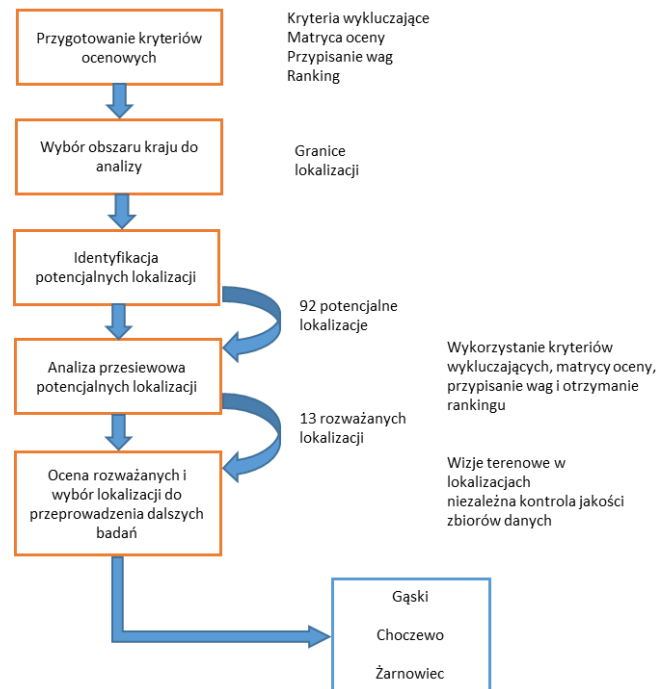
Zu den Ermessenskriterien gehören Kriterien, die einzeln oder in Kombination einen bevorzugten Standort für ein KKW angeben können. Diese Kriterien sollten anhand dessen bewertet werden, ob eine realistische Möglichkeit besteht, dass potenzielle erhebliche negative Auswirkungen (ganz oder teilweise) angemessen gemildert werden können, oder ob die Auswirkungen so schwerwiegend sind (in Bezug auf solche Faktoren wie Kosten, Zeitplan und Umweltschäden), dass sie das Vorhaben an dem betreffenden Standort undurchführbar machen.

## V.2.1.2 Standortauswahl

### V.2.1.2.1 Standortauswahl im Jahr 2011.

Der Standortauswahlprozess für ein Kernkraftwerk besteht aus einer Reihe schrittweiser Aktivitäten, die den Standortauswahlprozess von oben nach unten ablaufen lassen: zunächst werden geografische Regionen berücksichtigt, gefolgt von standortspezifischen Aspekten wie der Verfügbarkeit von Wasservorräten, der Entfernung zu risikoreichen Einrichtungen und anderen standortspezifischen Elementen, um nachzuweisen, dass der Standort sicher zu betreiben ist. Der Standortauswahlprozess besteht unter anderem aus einer quantitativen Prüfung potenzieller Standorte, um eine Reihe vorläufig festgelegter Standorte für das geplante Kraftwerk zu bewerten und die Anzahl der Optionen auf diejenigen Standorte einzuschränken, die nach Erfüllung einer Reihe strenger Ausschlusskriterien näher untersucht werden können. Im Jahr 2011 entwickelte PGE Polska Grupa Energetyczna S.A. gemeinsam mit PGE Energia Jądrowa S.A. (Zusammen PGE) – die früheren Partner des

Investors - die Methodik zur Standortauswahl. Für die Durchführung des Gesamtprozesses wurde die Firma CH2M HILL beauftragt. Darüber hinaus wurde PGE bei der Entwicklung eines zuverlässigen und umfassenden Bewertungs- und Gewichtungskriterien-Sets von der Firma Pöyry unterstützt. Abbildung [Abbildung V.2- 2] zeigt einen Querschnitt durch den gesamten Standortauswahlprozess.



PL	DE
Przygotowanie kryteriów ocenowych	Ausarbeitung von Bewertungskriterien
Wybór obszaru kraju do analizy	Auswahl des zu analysierenden Landesgebietes
Identyfikacja potencjalnych lokalizacji	Identifizierung von potenziellen Standorten
Analiza przesiewowa potencjalnych lokalizacji	Screening-Analyse der potenziellen Standorte
Ocena rozważanych i wybór lokalizacji do przeprowadzenia dalszych badań	Bewertung der betrachteten Standorte und Auswahl von Standorten für weitere Studien
Kryteria wykluczające	Ausschlusskriterien
Matryca oceny	Bewertungsmatrix
Przypisanie wag	Zuordnung von Gewichten
Ranking	Rangliste
Granice lokalizacji	Standortgrenzen
92 potencjalne lokalizacje	92 potenzielle Standorte
13 rozważanych lokalizacji	13 betrachtete Standorte
Wykorzystywanie kryteriów wykluczających, matrycy oceny, przypisanie wag i otrzymanie rankingu	Verwendung von Ausschlusskriterien, Bewertungsmatrix, Zuordnung von Gewichten und Erstellung einer Rangliste
Wizje terenowe w lokalizacjach należna kontrola jakości zbiorów danych	Besuche vor Ort zur Qualitätskontrolle der Datensätze

Abbildung V.2- 2 Diagramm des im Jahr 2011 durchgeführten Standortauswahlprozesses.

Quelle: Eigene Studie anhand [120]

Zunächst entwickelte PGE mit Unterstützung des Beratungsunternehmens CH2M HILL die Ausschlusskriterien für die Prüfung der ermittelten Standorte und verwendete diese Kriterien, um eine eingeschränkte Liste der betrachteten Standorte zu erstellen. PGE beauftragte die Firmen Energoprojekt-Katowice (EP-K) und Energoprojekt-Warszawa (EP-W) mit der Ermittlung weiterer potenzieller Standorte auf der Grundlage von Ausschlusskriterien. Die Firmen CH2M HILL und Pöyry entwickelten gemeinsam die Bewertungskriterien und eine Bewertungsmatrix, die zur Evaluierung einer eingeschränkten Liste der betrachteten Standorte verwendet wurden. Die Firma PGE hat das Untersuchungsgebiet für die Auswahl des vorläufigen Standorts für das KKW als das Gebiet nördlich von Warschau-Poznań und westlich von Warschau-Olsztyn definiert.

Das Untersuchungsgebiet wurde anhand der folgenden Faktoren ausgewählt:

- sorgfältige Prüfung des aktuellen strategischen Energiebedarfs und der Zuverlässigkeit des nationalen Stromnetzes;
- Situation, in der die Stromnachfrage in Nordpolen die Versorgungskapazität übersteigt, während sich die meisten Stromerzeugungsanlagen des Landes in Südpolen befinden; und
- wesentliche Standortaspekte wie Zugang zu guten Kühlwasserquellen und geringere seismische Aktivität.

PGE beschränkte danach das Untersuchungsgebiet und schloss das Gebiet innerhalb von 100 km von der polnisch-deutschen Grenze aus, da im Nordwesten Polens die Erweiterung eines bestehenden Kraftwerks geplant ist und um die Bewertung der grenzüberschreitenden Umweltauswirkungen zu minimieren.

Als Ergebnis des ersten Auswahlprozesses wurden 92 potenzielle Standorte ermittelt, von denen 27 in früheren Studien des polnischen Wirtschaftsministeriums identifiziert wurden. 92 potenzielle Standorte wurden anhand einer Reihe vereinbarter Ausschlusskriterien überprüft, um die Anzahl der Standorte für eine detailliertere Analyse einzuschränken. Diese Überprüfung führte zur Auswahl von 13 betrachteten Standorten innerhalb des Untersuchungsgebiets, die anhand der detaillierteren standortspezifischen Daten bewertet wurden.

In der Tabelle [Tabelle V.2- 1] sind die 9 Ausschlusskriterien aufgeführt, die zum Ausschluss der potenziellen Standorte und zur Ermittlung der 13 betrachteten Standorte verwendet wurden.

Tabelle V.2- 1 Ausschlusskriterien für die Auswahl von Standorten im Jahr 2011

Pos.	Ausschlusskriterium	Beschreibung
1	Entfernung zur Ostsee oder zum Fluss	Die Standortgrenze darf nicht weiter als 15 km von der Ostsee oder einem Fluss mit ausreichender Strömung (Wasserentnahme zur Kühlung des Kernkraftwerks) entfernt sein. Dieses Kriterium erfordert die Identifizierung eines Schutzgebietes, das zwischen dem Standort und der Wasserquelle liegt.
2	Entfernung zu Hochspannungsleitungen (400 kV)	Die Entfernung zur bestehenden/geplanten Hochspannungsleitung (400 kV) beträgt nicht mehr als 80 km.
3	Fläche des Standortes	Die Fläche des Standortes muss mindestens 150 ha betragen. Die Form des Standortes ist nicht zu langgestreckt (Verhältnis Länge zu Breite nicht größer als 4:1)
4	Geringe Bevölkerungsdichte	Das Standortgebiet und die Umgebung des Standorts in einem Umkreis von bis zu 3 km von der Standortgrenze sind schwach besiedelt (der Bau von Einfamilienhäusern ist zulässig).
5	Entfernung vom Dorf, von der Stadt oder vom Ort	Die Entfernung zum nächstgelegenen Dorf, zur nächstgelegenen Stadt und zur nächstgelegenen Stadt mit 500, 2.000 bzw. 10.000 Einwohnern beträgt mindestens 3, 5 bzw. 8 km.
6	Merkmale des Standortgebietes	Der Standort befindet sich nicht in Feuchtgebieten, Sümpfen, Überschwemmungsgebieten oder Senken.
7	Höhe über dem Meer-/Flusspegel	Das Standortgebiet liegt nicht zu hoch über dem Meer- oder Flusspegel.
8	Schutzgebiete	Der Standort befindet sich außerhalb von Schutzgebieten (Natura 2000, Naturschutzgebiete, Nationalparks).
9	Entfernung von Bevölkerungszentren	Die Entfernung des Standortgebietes zu Ballungszentren mit mindestens 20.000 Einwohnern darf nicht weniger als 16 km betragen.

Quelle: Eigene Studie anhand [120]

Die einzelnen Experten für die Standortauswahl von Kernkraftwerken prüften die verfügbaren Daten und wandten spezifische Bewertungsmethoden an, um die verschiedenen Kriterien und Unterkriterien zu bewerten. Diese Ergebnisse ergaben die Werte, die in eine gewichtete Ranglistenmatrix eingegeben wurden, um eine endgültige Rangliste der 13 betrachteten Standorte zu erstellen. Die Standorte wurden anhand eines breiten Spektrums öffentlich zugänglicher Informationen analysiert, um ihren relativen Rang anhand der Standortbewertungskriterien zu bestimmen. Bei dieser detaillierten Bewertung wird ein Bewertungs- und Gewichtungsverfahren angewandt, das zuverlässig und reproduzierbar sein und externen Prüfern ausreichende

Argumente liefern soll. Die Datenerhebung, die Datenanalyse und das Scoring-Verfahren wurden auf die 13 betrachteten Standorte angewandt, wobei man sich auf relevante Datenquellen aus EP-K und EP-W sowie auf Daten und Informationen aus öffentlich zugänglichen Quellen stützte. Bei der Durchführung der allgemeinen Bewertungen zur Überprüfung der einzelnen Standorte wurde ein breites Spektrum an Informationen herangezogen. Die wichtigsten Punkte, die in den Ausschluss- und Bewertungskriterien enthalten sind, werden in der Abbildung [Abbildung V.2- 3] dargestellt.

Kryteria wykluczające	Kryteria ocenowe																																				
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Odległość od Morza Bałtyckiego lub rzeki</li> <li>✓ Odległość od linii wysokiego napięcia (400 kV)</li> <li>✓ Powierzchnia terenu lokalizacji</li> <li>✓ Niska gęstość zaludnienia wokół lokalizacji</li> <li>✓ Odległość lokalizacji od wsi/miasta</li> <li>✓ Charakterystyka terenu lokalizacji</li> <li>✓ Wysokość nad poziomem morza/rzeki</li> <li>✓ Lokalizacja poza obszarami chronionymi</li> <li>✓ Odległość od skupisk ludności</li> </ul>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Kryterium</th> <th>Waga [%]</th> <th>Liczba podkryteriów</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Powierzchnia terenu</td> <td>15</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Zagrożenia sejsmiczne/geologiczne</td> <td>5</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Geotechnika</td> <td>5</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Dostępność wody chłodzącej</td> <td>15</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Sieć przesyłowa</td> <td>10</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Infrastruktura transportowa</td> <td>10</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Aspekty dot. technologii jądrowych</td> <td>15</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Aspekty socjoekonomiczne</td> <td>5</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Rozprzestrzenianie się substancji promieniotwórczych</td> <td>5</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Kwestie środowiskowe/legislacyjne</td> <td>15</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td><b>Razem</b></td> <td><b>100</b></td> <td><b>43</b></td> </tr> </tbody> </table>	Kryterium	Waga [%]	Liczba podkryteriów	Powierzchnia terenu	15	6	Zagrożenia sejsmiczne/geologiczne	5	4	Geotechnika	5	2	Dostępność wody chłodzącej	15	9	Sieć przesyłowa	10	2	Infrastruktura transportowa	10	3	Aspekty dot. technologii jądrowych	15	6	Aspekty socjoekonomiczne	5	4	Rozprzestrzenianie się substancji promieniotwórczych	5	3	Kwestie środowiskowe/legislacyjne	15	4	<b>Razem</b>	<b>100</b>	<b>43</b>
Kryterium	Waga [%]	Liczba podkryteriów																																			
Powierzchnia terenu	15	6																																			
Zagrożenia sejsmiczne/geologiczne	5	4																																			
Geotechnika	5	2																																			
Dostępność wody chłodzącej	15	9																																			
Sieć przesyłowa	10	2																																			
Infrastruktura transportowa	10	3																																			
Aspekty dot. technologii jądrowych	15	6																																			
Aspekty socjoekonomiczne	5	4																																			
Rozprzestrzenianie się substancji promieniotwórczych	5	3																																			
Kwestie środowiskowe/legislacyjne	15	4																																			
<b>Razem</b>	<b>100</b>	<b>43</b>																																			
PL	DE																																				
Kryteria wykluczające	Ausschlusskriterien																																				
Odległość od Morza Bałtyckiego lub rzeki	Entfernung zur Ostsee oder zum Fluss																																				
Odległość od linii wysokiego napięcia (400 kV)	Entfernung zu Hochspannungsleitungen (400 kV)																																				
Powierzchnia terenu lokalizacji	Fläche des Standortes																																				
Niska gęstość zaludnienia wokół lokalizacji	Geringe Bevölkerungsdichte in der Umgebung des Standorts																																				
Odległość lokalizacji od wsi/miasta	Entfernung des Standorts vom Dorf/von der Stadt																																				
Charakterystyka terenu lokalizacji	Merkmale des Standortgebietes																																				
Wysokość nad poziomem morza/rzeki	Höhe über dem Meer-/Flusspegel																																				
Lokalizacja poza obszarami chronionymi	Standort außerhalb von Schutzgebieten																																				
Odległość od skupisk ludności	Entfernung von Bevölkerungszentren																																				
Kryteria ocenowe	Die Bewertungskriterien																																				
Kryterium	Kriterium																																				
Waga	Gewicht																																				
Liczba podkryteriów	Anzahl der Unterkriterien																																				
Powierzchnia terenu	Geländefläche																																				
Zagrożenia sejsmiczne/geologiczne	Seismische/geologische Risiken																																				
Geotechnika	Geotechnik																																				
Dostępność wody chłodzącej	Kühlwasserverfügbarkeit																																				
Sieć przemysłowa	Industrielles Netzwerk																																				
Infrastruktura transportowa	Verkehrsinfrastruktur																																				
Aspekty dot. technologii jądrowych	Aspekte im Zusammenhang mit Nukleartechnologien																																				
Aspekty socjoekonomiczne	Sozioökonomische Aspekte																																				
Rozprzestrzenianie się substancji promieniotwórczych	Ausbreitung von radioaktiven Stoffen																																				
Kwestie środowiskowe/legislacyjne	Umwelt-/Gesetzgebungsthemen																																				
Razem	Insgesamt																																				

Abbildung V.2- 3 Die wichtigsten Themen, die 2011 in die Ausschluss- und Bewertungskriterien aufgenommen wurden.

Quelle: Eigene Studie anhand [120]



Um die Analyse für die endgültige Standortprüfung weiter einzuschränken, wurden die hausinternen Spezialisten von CH2M HILL für die Standortauswahlanalyse (die jedoch nicht direkt mit der für PGE durchgeführten Analyse, sog. Peer Review, zusammenhängt) gebeten, plausible Szenarien für die Anlagenanordnung und die Konfigurationen des Kühlwassersystems in Betracht zu ziehen, um die Bewertungskriterien bezogen auf eher theoretische technische Konzepte zu prüfen. Dadurch konnten die Scoring-Methoden verbessert werden, um den wahrscheinlichen Projektanforderungen des Kernkraftwerkes besser zu entsprechen, insbesondere im Hinblick auf standortspezifische Kühlwassersystemkonfigurationen.

Anschließend besuchten die Mitarbeiter von PGE einige der am besten bewerteten Standorte vor Ort, um die Informationen von Internetseiten und anderen öffentlich zugänglichen Datensätzen zu bestätigen. Dies führte zu einer Neubewertung einiger Unterkriterien zur Berücksichtigung der Informationen, die zuvor nicht identifiziert wurden. Im Rahmen der geplanten Gesamtbewertung wurde für 13 betrachtete Standorte eine detailliertere Bewertung durchgeführt. Dazu gehörte eine unabhängige Qualitätskontrolle der Datensätze, Bewertungen und Begründungen durch Fachexperten, um eine hohe Zuverlässigkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Zu den Qualitätskontrollen gehörte die Verwendung detaillierterer Datensätze, wie z. B. aktuellere Volkszählungsdaten, detaillierte Karten und topografische Daten, die ursprünglich nicht in öffentlichen Quellen verfügbar waren. Die Standorte wurden dann von diesen Experten bewertet, um eine Hauptrangliste der Standorte zu erstellen. Sobald eine Hauptrangliste der Standorte festgelegt war, wurde der gesamte Prozess einer umfassenden Sensitivitätsanalyse unterzogen, um ihn auf den möglichen Einfluss zugrunde liegender Faktoren oder Annahmen zu prüfen, die die Kriterien für die Standortauswahl möglicherweise beeinträchtigen (engl. inherent biases) oder eine unbeabsichtigte Überbetonung eines bestimmten Kriteriums zur Folge haben konnten. Die Sensitivitätsanalysen ergaben eine Reihe kohärenter Ergebnisse in Bezug auf die Standortbewertung.

Die beiden am besten bewerteten Orte, Gąski und Choczewo, befinden sich in den Woiwodschaften Westpommern und Pommern. Die beide Standorte liegen direkt an der Ostsee mit einem ungehinderten Wasserzugang und einem kurzen Wasserstraßenkorridor, was bedeutet, dass ein Kühlsystem mit einem einzigen Kühlwasserfluss an diesen Standorten möglich wäre. Standorte, die sich in unmittelbarer Nähe (weniger als 1 km) zu einer solchen uneingeschränkten Kühlwasserquelle befinden, haben bei der Bewertung aufgrund der erheblichen technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Vorteile solcher Konfigurationen gute Ergebnisse erzielt. Die Bewertungen des Kühlwassers zeigten deutlich, dass der Kühlwasserzugang und die vorausgesetzten Kühlsystemkonfigurationen einen erheblichen Einfluss auf die Wahl des Standortes für weitere Tests hatten. Die geologischen Bedingungen an der Oberfläche und im Untergrund scheinen generell günstig für den Bau von KKW an diesen beiden Standorten zu sein. Die beiden Standorte haben auch einen Zugang zu einer Eisenbahnlinie, die in einer angemessenen Entfernung zum Standort erweitert werden könnte.

Es ist auch zu beachten, dass die Küstenlinie und die Küstengewässer entlang der nördlichen Grenze der beiden Gebiete als geschützte Natura-2000-Gebiete gelten, die während des Baus der Wassereinlass- und -auslassleitungen des KKW (bei denen vorausgesetzt wird, dass sie unterirdisch verlaufen) vorübergehend beeinträchtigt werden könnten. Die beiden Standorte grenzen auch an Natura 2000-Gebiete. Die Nähe dieser Natura-2000-Gebiete musste im Rahmen der Standortbestimmung weiter untersucht werden, um die potenziellen Auswirkungen auf diese Gebiete während des Baus und Betriebs des KKW zu ermitteln. Aufgrund der geringen Entfernung zwischen der Küste und dem flachen oder leicht ansteigenden Gelände an den beiden Standorten musste außerdem die maximal wahrscheinliche Flutwelle in Verbindung mit anhaltenden Stürmen mit hoher Geschwindigkeit abgeschätzt werden, um sicherzustellen, dass diese externen Ereignisse bei allen nachfolgenden Erschließungsmaßnahmen angemessen berücksichtigt werden.

Zusätzlich zu den Offshore-Standorten wurde Żarnowiec als Standort identifiziert, der in der Vergangenheit für den Bau eines KKW vorgesehen war (d. h. es handelt sich um eine Industriebrache und hat das Potenzial für die Installation eines Kühlsystems). Da dieser Standort bereits für den Bau eines KKW in Betracht gezogen wurde, wäre es ratsam, ihn weiter daraufhin zu prüfen, ob er für den Bau eines künftigen Kernkraftwerkes geeignet ist. Eine solche Bewertung würde eine Risikominderungsstrategie für die Standortbestimmung liefern, falls einer der beiden oben bewerteten Küstenstandorte aus verschiedenen Gründen als inakzeptabel erachtet wird. Es wurde

daher empfohlen, den Standort Żarnowiec nach einer gründlicheren Bewertung der mit den bestehenden Bedingungen verbundenen Probleme (einschließlich der Kosten und des Zeitplans für die Vorbereitung des Geländes vor dem Bau) in Betracht zu ziehen.

Am Ende wurden drei Standorte ausgewählt: Gąski, Choczewo und Żarnowiec.

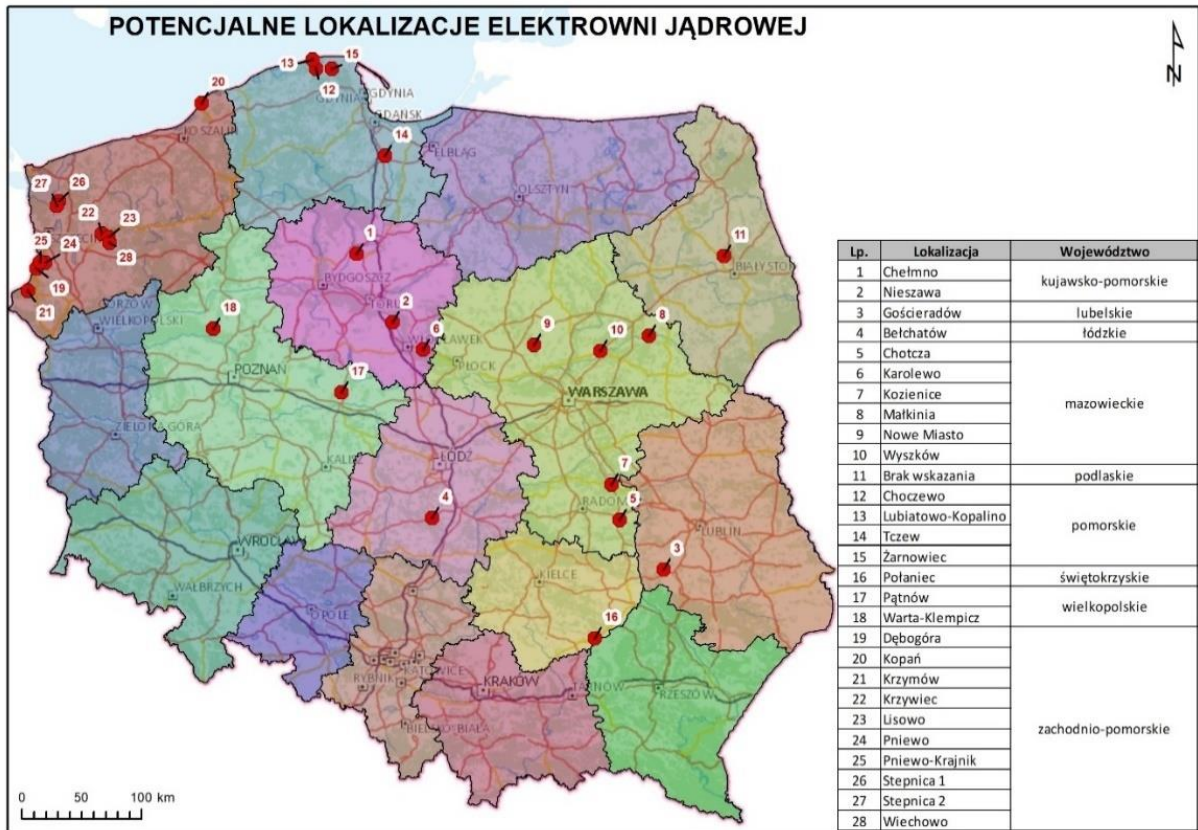
#### **V.2.1.2.2 Verzicht auf den Standort Gąski**

Der Standort Gąski wurde im November 2011 als einer von drei potenziellen Standorten für ein Kernkraftwerk ausgewählt. Diese Entscheidung stieß auf den heftigen Widerstand der lokalen Gemeinschaften und der lokalen Regierungen. Am 12. Februar 2012 sprachen sich mehr als 94 Prozent der Wähler in einem kommunalen Referendum gegen die Investition aus.

Der Investor führte keine Standort- und Umweltverträglichkeitsprüfungen auf dem Standortgelände Gąski durch und gab ihn schließlich 2016 offiziell auf.

#### **V.2.1.2.3 Verzicht auf den Standort Choczewo und Auswahl des Standortes Lubiatowo-Kopalino im Jahr 2016.**

Zum Jahreswechsel 2013/2014 wurde die erste Etappe der Umwelt- und Standortuntersuchungen an zwei Standorten (Żarnowiec und Choczewo) durchgeführt und die vorläufigen Ergebnisse wurden überprüft, die auf den hohen Naturwert des Standortes Choczewo hingewiesen haben. Aufgrund der fehlenden Analyse potenzieller Auswirkungen auf Natura 2000-Gebiete gab es jedoch keinen Grund, auf diesen Standort zu verzichten. Zusätzliche Analysen, die Anfang 2015 durchgeführt wurden, ergaben, dass das Risiko erheblicher Auswirkungen auf das Natura-2000-Gebiet Białogóra PLH220003 besteht, so dass der Investor im Jahr 2015 die geeigneten Maßnahmen ergriffen hat, um dieses Risiko zuverlässig und unabhängig zu überprüfen. Gleichzeitig mit der Überprüfung des Risikos, den Standort Choczewo zu verlieren, begann der Investor mit der Analyse, den Standort an der Küste ändern zu können. Die interne Analyse bezog sich auf das Gebiet, das an den derzeitigen Standort angrenzt. Anhand der durchgeführten internen Analysen wurde die Standortvariante Lubiatowo-Kopalino unter den vom Investor zuvor erwogenen Standorten am Meer ausgewählt.



PL	DE
POTENCJALNE LOKALIZACJE ELEKTROWNI JĄDROWEJ	MÖGLICHE STANDORTE FÜR EIN KERNKRAFTWERK
Lp.	Lfd. Nr.
Lokalizacja	Standort
Województwo	Woiwodschaft

Abbildung V.2-4 Potenzielle Standorte für KKW, die im Polnischen Kernenergieprogramm 2014 dargestellt wurden.

Quelle: Eigene Studie anhand: [129]

Die Standortvariante Lubiatowo-Kopalino wurde in dem im Januar 2014 verabschiedeten polnischen Kernenergieprogramm ebenfalls als eine der drei Alternativen genannt, die die Nutzung von Meerwasser für die Kühlung im offenen System ermöglichen würde. Polnisches Kernenergieprogramm [Abbildung V.2-4].

Für die Bewertung des potenziellen Standortes Lubiatowo-Kopalino wurde eine Multikriterienanalyse anhand einer technischen und organisatorischen Kriterienmatrix durchgeführt. Für die Bewertung der Standorte Choczewo, Żarnowiec, Gąski und anderer Bewerber durch die PGE wurden dieselben Kriterien sowie zugeteilten Gewichtungen und Punktzahlen wie im Jahr 2011 verwendet, um Standorte für Umwelt- und Standortstudien zu ermitteln. Ein wesentlicher methodischer Unterschied zwischen der 2011 durchgeführten Bewertung und der Bewertung des Standortes Lubiatowo-Kopalino besteht darin, dass man sich auf bezogene Archiv- und Verwaltungsdaten sowie auf erworbene wissenschaftliche Studien stützt und nicht auf öffentlich zugängliche Daten, sowie dass die Daten vor Ort überprüft wurden. Der potenzielle Standort Lubiatowo-Kopalino wurde gut bewertet, was die Richtigkeit dieser Auswahl bestätigte.

Im Jahr 2016 hat der Investor anhand der eigenen und von ihm in Auftrag gegebenen Untersuchungen und Analysen die folgenden Maßnahmen getroffen:

- Verzicht auf den Standort Choczewo und weitere Maßnahmen für das erste polnische Kernkraftwerksprojekt an diesem Standort,
- Auswahl des Standortes Lubiatowo-Kopalino als Standortvariante für das erste polnische Kernkraftwerk, das eingehend geprüft werden soll.

Der Standort Choczewo wurde aufgegeben und der Standort Lubiatowo-Kopalino wurde aus folgenden Gründen ausgewählt:

- Hydrogeologische Bedingungen

Die Analyse des Materials aus der geologischen Erkundung der Standorte Choczewo und Lubiatowo-Kopalino sowie die numerische hydrogeologische Modellierung ließen feststellen, dass der Standort Choczewo unter den Bedingungen der durchgeführten Entwässerung wesentlich schwierigere Boden- und Wasserverhältnisse für den Aushub von tiefen Gräben aufweisen. Trotz der technischen Möglichkeiten zur Anwendung von Methoden zur Verringerung des Absenkungstrichters besteht aufgrund der unmittelbaren Nähe des Standortes zum Natura 2000-Gebiet Białogóra ein erhebliches Risiko, dass das Projekt in der Bauphase (darunter durch die Bauentwässerung) sowie infolge der angewandten Minimierungsmaßnahmen (z. B. Bau von Lehmvorlagen) negative Auswirkungen auf das Natura 2000-Gebiet haben kann.

Am Standort Lubiatowo-Kopalino hingegen sind die Boden- und Wasserverhältnisse wesentlich günstiger für den Aushub von Gräben, so dass Bauobjekte in einer Tiefe von fast 26 m unter der Erdoberfläche gegründet werden können (insbesondere der westliche Teil). Das ist durch das Vorkommen von kohäsiven Formationen in einer Tiefe von 16 m bis 25 m unter der Erdoberfläche bedingt, was die Anwendung von Schutzmaßnahmen an den Aushubwänden (vertikale Filtersiebe, Schlitzwände usw.) ermöglicht, die den Aushub wirksam gegen den Zufluss von Grundwasser bis zur Sohle schützen sowie die räumliche Ausdehnung des Absenkungstrichters beschränken und die negativen Auswirkungen der Investition auf die Umwelt, einschließlich der Natura-2000-Gebiete, minimieren.

- Natürliche Bedingungen

Die beiden Standorte befinden sich im Küstendünengürtel. Sie weisen ähnliche natürliche Habitate auf, wo Mischwälder und Wälder auf Küstendünen vorherrschen. Weiße und graue Dünen sind ebenfalls an beiden Standorten zu finden, aber am Standort Choczewo herrschen diese Habitate örtlich vor (Gebiet der Lubiatowska-Düne). Die wesentlichen Unterschiede zwischen den untersuchten Standorten betreffen vor allem den Grad des Schutzes und des Naturwertes sowie den Anteil wertvoller und nicht wertvoller Habitate an der Fläche der untersuchten Gebiete. Zu betonen ist, dass der Standort Choczewo einen eher natürlichen und wirtschaftlich ungenutzten Charakter hat (Lubiatowska-Düne), im Gegensatz zu den kommerziell genutzten Wäldern, die den größten Teil des Gebietes Lubiatowo-Kopalino darstellen. Am Standort Choczewo sind die Gebiete mit einem hohen Naturwert eher über das gesamte Gelände verstreut, im Gegensatz zu einem großen kohärenten Fragment im zentralen, südlichen und westlichen Teil des Gebietes von Lubiatowo-Kopalino, wo aufgrund der betriebenen Forstwirtschaft die Wälder mit geringer oder mittlerer biologischer Vielfalt vorherrschen. Auch der Anteil der weißen und grauen Dünen ist deutlich geringer.

- Infrastrukturbedingungen

Die Bedingungen für den Bau von Begleitinvestitionen für den Standort Choczewo und den Standort Lubiatowo-Kopalino sind ziemlich ähnlich. Es ist jedoch zu beachten, dass der Standort Lubiatowo-Kopalino aufgrund der Möglichkeit, kürzere Abschnitte einer speziellen Strom- und Straßenverbindungsinfrastruktur zu bauen, sowie aufgrund der Möglichkeit, längere Abschnitte außerhalb der städtischen Gebiete zu verlegen, in diesen Bereichen einen Vorteil gegenüber dem Standort Choczewo haben könnte.

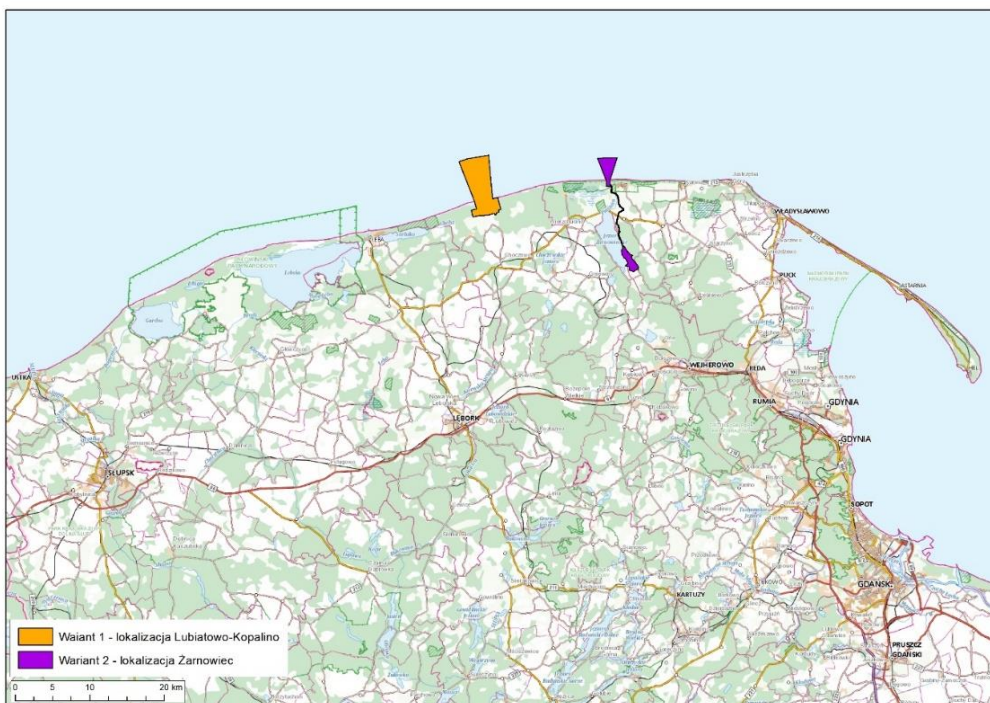
- Sozioökonomische Bedingungen

Der Standort Choczewo ist schon viel länger – seit 2011 – im Bewusstsein der lokalen Gemeinschaften als die 2015 identifizierte Standortvariante Lubiatowo-Kopalino verankert. Der Widerstand der Gemeinde gegen die Investition am Standort Choczewo war jedoch wesentlich stärker und nahm organisierte Formen an. Dies konnte darauf zurückzuführen sein, dass es sich bei den Landbesitzern in Choczewo in erster Linie um „Sommerfrischler“ handelt, die den Großteil ihres Lebens, einschließlich ihrer Haupteinkommensquelle, anderswo verbringen. In diesem Fall gab es praktisch keinen Raum für Dialog und Diskussionen, in denen der Investor Lösungen vorschlagen konnte, um einen möglichen Rückgang der Touristenzahlen oder Unannehmlichkeiten im

Zusammenhang mit dem Bau und Betrieb des Kraftwerkes zu kompensieren. Die Sommerfrischler sind nur daran interessiert, den bisherigen Status quo zu erhalten. Für die Bewohner des Standortes Lubiatowo-Kopalino war die Situation definitiv anders. Als ständige Bewohner dieser Gebiete waren sie offen für Initiativen, die ihnen einen angemessenen Lebensunterhalt und Entwicklungsmöglichkeiten für ihre Kinder bieten können. Hierzu waren sie bereit, ihren Tätigkeitsbereich zu ändern oder anzupassen. Ihre Stellungnahme gab dem Investor eine viel breitere Möglichkeit, Lösungen anzubieten, die sie als angemessene Entschädigung für die erheblichen Eingriffe in ihr bisheriges Leben betrachten (Arbeitsplätze, Bildungsmöglichkeiten für Kinder, Straßen- und Kommunalinfrastruktur usw.).

Das vom Investor im Jahr 2016 ins Leben gerufene Standort- und Umweltstudienprogramm wurde gemäß den Anforderungen der Verordnung der Generaldirektion für Umweltschutz vom 25. Mai 2016 (Beschluss, Beschluss der Generaldirektion für Umweltschutz) [87] für zwei Standortvarianten, d. h. Żarnowiec und Lubiatowo-Kopalino, erstellt.

Die vergleichende Standortanalyse berücksichtigt zwei potenzielle KKW-Standorte Lubiatowo-Kopalino direkt an der Ostsee sowie Żarnowiec etwa 10 km landeinwärts. Die Standorte sind in der Abbildung [Abbildung V.2-5] dargestellt.



PL	DE
Wariant 1 lokalizacja Lubiatowo-Kopalino	Variante 1 – Standort Lubiatowo-Kopalino
Wariant 2 – lokalizacja Żarnowiec	Variante 2 – Standort Żarnowiec

Abbildung V.2-5 Standort Lubiatowo-Kopalino und Żarnowiec

Quelle: Eigene Studie

Die für jeden potenziellen Standort erforderlichen Anlagen und Ausrüstungen variieren je nach den betrachteten alternativen Kühloptionen. Als Folge der unterschiedlichen Anlagen und Ausrüstungen gibt es unterschiedliche Pläne für die Bewirtschaftung des KKW-Standortes. Jede dieser Festlegungen wird als Subvariante bezeichnet. Das KKW kann über ein Kühlsystem verfügen, das entweder in einem geschlossenen Kreislauf mit Kühltürmen oder in einem offenen Kreislauf unter Einsatz von Meerwasser arbeitet. Es werden drei allgemeine Subvarianten unterschieden (geschlossenes Kühlsystem in Żarnowiec und geschlossenes und offenes Kühlsystem in Lubiatowo-Kopalino), die sich weiter unterteilen lassen: in zwei Kühloptionen in ŻA und eine für das offene und zwei für das geschlossene Kühlsystem in Lubiatowo-Kopalino. Die Subvarianten des geschlossenen Kühlsystems unterscheiden sich im Hinblick auf den Bedarf an entsalztem Wasser, daher die beiden Optionen des geschlossenen Kühlsystems.

## V.2.2 Vergleichende Analyse der Standortvarianten

### V.2.2.1 Methodik der vergleichenden Analyse

Die vergleichende Analyse (Benchmarking) besteht aus 11 Etappen [Abbildung V.2-6], die sich durch die folgenden Maßnahmen auszeichnen:

#### **Etappe 1. Festlegung der Ziele.**

Die erste Etappe besteht darin, die Ziele festzulegen. In dieser Etappe wurden der Umfang der Methodik sowie ihre weiteren Anforderungen festgelegt, damit sie als wirksam eingestuft werden konnte;

#### **Etappe 2. Festlegung und Ermittlung der wichtigsten zu berücksichtigenden Kriterien und der Ausschlusskriterien**

In dieser Etappe werden die wichtigsten Kriterien für den Vergleich zweier Standorte ermittelt und festgelegt. Beispiele für das Hauptkriterium können biologische Vielfalt, externe Naturgefahren, Zustand des Standortes usw. sein. Diese stellen vollständige Gruppen von potenziellen Unterschieden dar, die beim Standortvergleich berücksichtigt werden sollten. In dieser Etappe werden auch alle internationalen oder nationalen Ausschlusskriterien ermittelt. Zu den Ausschlusskriterien gehören Kriterien, die, wenn sie nicht erfüllt werden können, einen potenziellen Standort kategorisch von der weiteren Prüfung im Standortauswahlprozess ausschließen. Diese Kriterien beziehen sich im Allgemeinen auf solche Attribute wie Ereignisse, Phänomene oder Gefahren, für die es keine praktischen technischen Lösungen gibt und für die es nicht möglich ist, die entsprechenden regulatorischen oder gesetzlichen Anforderungen zu erfüllen;

#### **Etappe 3. Festlegung von Teilkriterien für die Hauptkriterien**

Jedes Hauptkriterium setzt sich aus Teilkriterien zusammen. Die verschiedenen detaillierten Bereiche, die zusammen ein Attribut bilden, sind Kriterien. Diese Komponenten werden so definiert, dass sie auf der Grundlage ihrer eigenen Maßstäbe bewertet und verglichen werden können. Beispiele hierfür sind Seismik bei externen Naturgefahren oder Infrastrukturanforderungen unter Standortbedingungen. Wenn innerhalb der Kriterien weitere Einzelheiten zur Betonung wesentlicher Bewertungen erforderlich sind, kann ein Unterkriterium verwendet werden, z. B. werden seismische Kriterien in tektonische Plattengrenzen und aktive Verwerfungen unterteilt;

#### **Etappe 4. Festlegung der Teilkriterien-Maßstäbe, anhand derer die Bewertung durchgeführt werden soll**

Für jedes der identifizierten (Unter-)Teilkriterien werden die Maßstäbe festgelegt, an denen sie gemessen werden. Sie sind flexibel, um Unterschiede bei verfügbaren Daten zu berücksichtigen, und können sogar für quantitative oder qualitative Ansätze geändert werden. Ein Unterkriterium für einen Industriebetrieb könnte z. B. der Abstand zu einer stark explosionsgefährdeten Anlage oder der Abstand zum Transportweg einer Explosionsquelle sein. Ein qualitativer Maßstab kann die subjektive Einschätzung des Fachexperten über das Risiko für den Standort sein, das von einer bestimmten Gefahr ausgeht;

#### **Etappe 5. Festlegung der verfügbaren/erforderlichen Daten und etwaiger Datenlücken**

Für die Festlegung der Kriterienmaßstäbe wurden die verfügbaren Daten und Informationen geprüft [4]. Wenn für beide Standorte ähnliche und ausreichende Daten zur Verfügung stehen, kann ein einfacher direkter Vergleich zwischen diesen Standorten durchgeführt werden. Liegen Mängel bezogen auf einen oder die beiden Standorte vor, werden weitere zu ergreifende Maßnahmen festgelegt. Mögliche Informationslücken, die in der für die Studie zur Verfügung stehenden Zeit nicht ergänzt werden können, sind ebenfalls angegeben;

#### **Etappe 6. Festlegung der Scoring-Grundlage**

Alle Kriterien werden auf einer Fünf-Punkte-Skala bewertet, wobei das ungünstigste Kriterium die größte Auswirkung oder Herausforderung für den Standort darstellt und das günstigste Kriterium die geringste/keine Auswirkung oder Herausforderung ist. Am Beispiel der Explosionsgefahr basieren die Maßstäbe auf der Entfernung von der Geländegrenze mit der folgenden Punktzahl:

**Äußerst ungünstig** – die Entfernung zur nächstgelegenen gelisteten gefährlichen Industrieanlage ist weniger als oder gleich 0,5 km vom Standortgelände entfernt;

**Ungünstig** – die Entfernung zur nächstgelegenen gelisteten gefährlichen Industrieanlage ist größer als 0,5 km, aber kleiner oder gleich 1 km vom Standortgelände;

**Neutral** – die Entfernung zur nächstgelegenen gelisteten gefährlichen Industrieanlage ist größer als 1 km, aber kleiner oder gleich 5 km vom Standortgelände;

**Günstig** – die Entfernung zur nächstgelegenen gelisteten gefährlichen Industrieanlage ist größer als 5 km, aber kleiner oder gleich 10 km vom Standortgelände;

**Am günstigsten** – die Entfernung zur nächstgelegenen gelisteten gefährlichen Industrieanlage ist größer als 10 km vom Standortgelände.

Somit wird sichergestellt, dass die erstellte Analyse angemessen ausgewogen ist. Die Begründung stützt sich u. a. auf internationale und nationale Richtlinien und geltende Rechtsvorschriften, beispielhafte ähnliche Projekte und die Bewertungen von Experten. In der ersten Etappe der Bewertung werden beschreibende Formulierungen verwendet. Die Punktzahl wird berücksichtigt, nachdem allen Attributen eine Position auf einer fünfstufigen Skala zugeordnet wird.

Die in den Etappen 1–6 erarbeiteten Informationen werden in einem Methodikbericht [4] zusammengefasst, in dem die Kohärenz zwischen den verschiedenen Kriterien bewertet und entsprechend angepasst werden kann;

#### **Etappe 7. Bewertung anhand der Ausschlusskriterien**

Die betrachteten Standorte werden anhand der in den polnischen Rechtsvorschriften und Richtlinien, einschließlich internationaler Richtlinien, festgelegten Ausschlusskriterien bewertet. Damit kann nachgewiesen werden, dass die betrachteten Standorte den internationalen Richtlinien für kerntechnische Anlagen entsprechen. Ein Standort, der die Anforderungen erfüllt, wird für die Vergabe von Punkten auf der Grundlage von Ermessenskriterien berücksichtigt. Wie bereits erwähnt, werden die Kriterien der Ausschlussprüfung auch bei den Ermessenskriterien berücksichtigt, um die Herausforderungen zu ermitteln, die diese Standorte selbst für ein potenzielles KKW darstellen;

#### **Etappe 8. Vergabe von Punkten in Bezug auf Ermessenskriterien und Wichtigkeitsbestimmung.**

Diese Etappe umfasst drei Maßnahmen:

- Bewertung der einzelnen Kriterien (Scoring),
- Wichtigkeitsbestimmung der Kriterien für die einzelnen Bereiche,
- Festlegung, welche Kriterien weiter bewertet werden sollen.

**Bewertung der Kriterien (Scoring).** Anhand der in der Etappe 6 beschriebenen Bewertungsgrundlage wird jedes Kriterium auf einer Fünf-Punkte-Skala bewertet und die vergebene Punktzahl wird begründet.

Stellt sich während des Scoring-Prozesses heraus, dass die verfügbaren Informationen der Scoring-Grundlage nicht entsprechen, geht man zur Etappe 6 (Scoring-Begründung) zurück. Die Scoring-Grundlage kann nach der Analyse der verfügbaren Informationen neu festgelegt werden.

**Bedeutung (Wichtigkeit).** Da die einzelnen Kriterien in Bezug auf deren Bedeutung unterschiedlich sind, wird jedes Kriterium im Verhältnis zu den anderen betrachtet und mit einem Wichtigkeitsfaktor versehen. Dies geschieht bei Workshops, um sicherzustellen, dass ein fachübergreifendes Expertenwissen genutzt wird. Die Wichtigkeitssequenz ist wie folgt definiert:

#### Kriterien in Bereichen mit hoher Bedeutung:

Im Vergleich zu einer mittleren oder „neutralen“ Bedeutung mit einem Wichtigkeitsfaktor von 4 gilt die folgende Einstufung:

- Hoch doppelt so wichtig wie mittlere Bedeutung, d.h. ein Wichtigkeitsfaktor von 8;
- Sehr hoch doppelt so wichtig wie hohe Bedeutung, d.h. ein Wichtigkeitsfaktor von 16.

Kriterien in Bereichen mit geringer Bedeutung:

Im Vergleich zu einer mittleren oder „neutralen“ Bedeutung mit einem Wichtigkeitsfaktor von 4 gilt die folgende Einstufung:

- Gering halb so wichtig wie mittlere Bedeutung, d. h. ein Wichtigkeitsfaktor von 2;
- Sehr gering halb so wichtig wie niedrige Bedeutung, d. h. ein Wichtigkeitsfaktor von 1.

Eine Zusammenfassung der Punktevergabe und der Bewertungsgrundlage dient als Orientierungshilfe und bildet den Rahmen für die Bestimmung der Wichtigkeit der einzelnen Kriterien. Alle Kriterien werden zunächst mit einer durchschnittlichen Wichtigkeit (4) bewertet und diese Bewertung wird dann modifiziert.

Die oben beschriebene Skala ist eine nichtlineare Verteilung. Dadurch kann eine sehr hohe Disproportionalität (bis zu einem Faktor von 16) zwischen den Kriterien berücksichtigt werden. Es ist anzumerken, dass es verschiedene Ansätze für die Verwendung von Wichtigkeitsfaktoren gibt, die bei der vergleichenden Analyse zu berücksichtigen sind. Die vorgeschlagene Methode ermöglicht eine vernünftige Bewertung der Kriterien (d. h. ein Kriterium ist entweder gleich wichtig, doppelt so wichtig oder halb so wichtig wie ein anderes). Eine Sensitivitätsanalyse des Wichtigkeitseinstufungssystems gegenüber linearen und logarithmischen Optionen zeigte, dass verschiedene Gewichtungsoptionen die Unterscheidungskriterien nicht wesentlich verändern.

Die direkte Gewichtung ist ein einfaches Verfahren mit geringer Komplexität, aber die Wahrscheinlichkeit von verzerrten Ergebnissen ist hoch. Eine mögliche unbeabsichtigte Überbetonung eines bestimmten Kriteriums wurde durch rigorose Sensitivitätsprüfungen (siehe Etappe 10) teilweise abgeschwächt. Außerdem eignen sich die angewandten Methoden am besten für diese Attribute, die auf die gleiche Weise (z. B. quantitativ) bewertet werden. Der Vergleich der Standorte umfasst eine breite Palette von Punktzahl-Bewertungskriterien, was eine ohnehin schon komplexe Methode noch komplizierter macht. Die direkte Gewichtung wird für die vergleichende Standort-Analyse (Benchmarking) als am besten geeignet betrachtet, da sie eine geringe Komplexität aufweist und gleichzeitig mögliche Verzerrungen durch Sensitivitätsprüfungen teilweise reduziert.

**Weitere Bewertung.** Durch die Kombination von Scoring-Methode und Wichtigkeitsfaktoren werden Kriterien ermittelt, die eine weitere Bewertung erfordern (Etappe 9). Kriterien mit einer Gesamtpunktzahl von 16 oder mehr wurden für die weitere Bewertung berücksichtigt.

**Etappe 9. Weitere Bewertung zur Ermittlung der relativen Auswirkungen auf den Umsetzungsprozess**

Die letzte Bewertungsstufe umfasst eine Folgenabschätzung, um potenzielle Probleme und Minderungsmaßnahmen für jeden Standort zu ermitteln. Die Bewertung wurde nicht für jedes einzelne Kriterium durchgeführt, sondern konzentrierte sich auf Kriterien, die die größten potenziellen Auswirkungen auf das Vorhaben haben könnten (siehe Etappe 8). Im Rahmen dieser Etappe werden auch Subvarianten (geschlossene und offene Kühlsystemoptionen) geprüft, für die einige Kriterien sehr empfindlich sind. Ebenso konzentriert sich die Bewertung auf diese Kriterien, die für die Standortvarianten von Bedeutung sind;

**Etappe 10. Auswertung der Ergebnisse.**

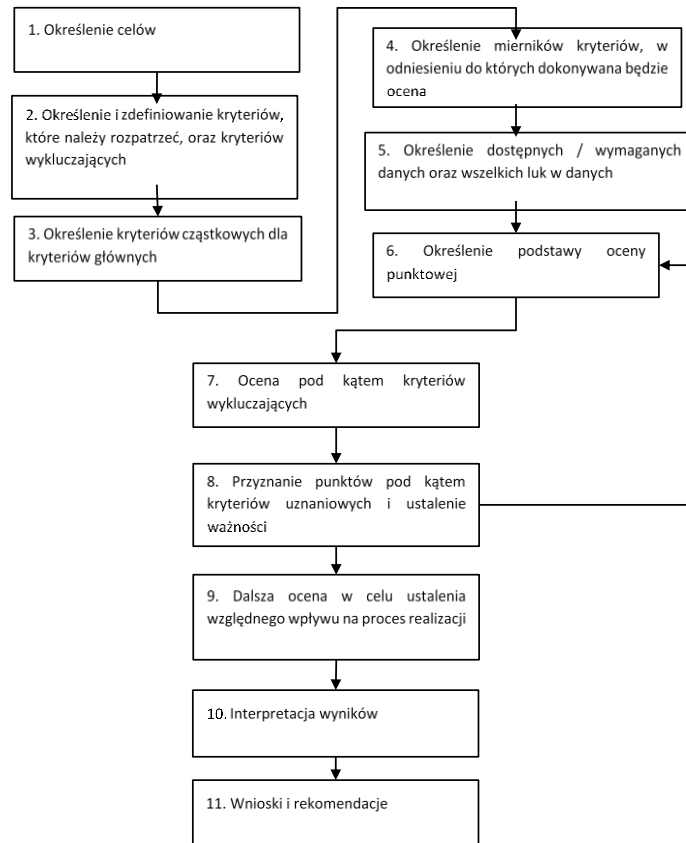
Die Dokumentation der dreistufigen Bewertung (Etappe 7, 8 und 9) wird zu einer vergleichenden Standortstudie zusammengestellt. Die Ergebnisse der Vergleichsmethodik sollen lediglich zur Ermittlung der Wichtigkeit und Relevanz der Unterscheidungskriterien dienen. Die Ergebnisse der vergleichenden Studie geben nicht die beste Variante an, sondern nur die günstigste, da die Gründe, warum einige Kriterien besser als andere bewertet werden, unterschiedlich sein können. Daher wird die Auswertung der Ergebnisse abgeschlossen, so dass die wichtigsten Unterscheidungskriterien ermittelt und eine detailliertere Prüfung vorgenommen werden können, um die günstigste Option zu ermitteln. Hierzu wird eine Sensitivitätsprüfung durchgeführt, um festzustellen, welche Auswirkungen bestimmte



Kriterien auf die Ergebnisse haben können. Zur Auswertung der Ergebnisse gehört auch die Berücksichtigung von Folgenabschätzungen;

**Etappe 11. Schlussfolgerungen und Referenzen**

Anhand der ausgewerteten Ergebnisse werden Schlussfolgerungen gezogen und mögliche Referenzen ermittelt.



PL	DE
Określenie celów	Festlegung der Ziele
Określenie i zdefiniowanie kryteriów, które należy rozpatrzyć oraz kryteriów wykluczających	Festlegung und Ermittlung der zu berücksichtigenden Kriterien und Ausschlusskriterien
Określenie kryteriów cząstkowych dla kryteriów głównych	Festlegung von Teilkriterien für die Hauptkriterien
Określenie mierników kryteriów, w odniesieniu do których dokonywana będzie ocena	Festlegung der Maßstäbe für die Kriterien, anhand derer die Bewertung vorgenommen wird
Określenie dostępnych / wymaganych danych oraz wszelkich luk w danych	Festlegung der verfügbaren/erforderlichen Daten und etwaiger Datenlücken
Określenie podstawy oceny punktowej	Festlegung der Scoring-Grundlage
Ocena pod kątem kryteriów wykluczających	Bewertung anhand der Ausschlusskriterien
Przyznanie punktów pod kątem kryteriów uznaniowych i ustalenie ważności	Vergabe von Punkten nach Ermessenskriterien und Wichtigkeitsbestimmung
Dalsza ocena w celu ustalenia względnego wpływu na proces realizacji	Weitere Bewertung zur Ermittlung der relativen Auswirkungen auf den Umsetzungsprozess
Interpretacja wyników	Auswertung der Ergebnisse
Wnioski i rekomendacje	Schlussfolgerungen und Referenzen

Abbildung V.2-6 Etappen der vergleichenden Standort-Analyse

Quelle: [4]

### V.2.2.2 Festlegung der Ausschlusskriterien

Die betrachteten Standorte müssen den internationalen und nationalen Anforderungen entsprechen, um diese als realisierbare Optionen für die Gründung von KKW zu betrachten. Diese Anforderungen gelten als Mindestexpectungen, die ein Standort erfüllen muss, und als Ausschlusskriterien, die in dieser Studie berücksichtigt werden. Die Ausschlusskriterien basieren auf den folgenden Quellen:

- Nationale Quellen: Standort-Verordnung [108],
- Internationale Quellen: IAEA Site Survey and Site Selection for Nuclear Installations [43].

Da die nationalen und internationalen Anforderungen ähnliche Kriterien umfassen, sind alle Ausschlusskriterien zu ermitteln, wobei gegebenenfalls die am schwierigsten zu erfüllenden Kriterien zu übernehmen und zu begründen sind. Die Tabelle [Tabelle V.2-2] enthält alle Ausschlusskriterien aus den angegebenen Quellen sowie die Kriterien, die dieser vergleichenden Studie zugrunde gelegt werden.

Tabelle V.2-2 Identifizierung der Ausschlusskriterien

Lfd. Nr.	Kriterium	Typ	Quelle	Angenommen	Begründung
1	Erdbebengefahr	Im Boden in einer Entfernung von weniger als 20 km von der Grenze des geplanten Standortes der kerntechnischen Anlage gibt es eine aktive Verwerfung oder eine Verwerfung mit Wahrscheinlichkeit einer Reaktivierung, die größer als einmal alle 10.000 Jahre ist und deren Auftreten eine Bedrohung für die nukleare Sicherheit der kerntechnischen Anlage darstellen könnte;	Standort-Verordnung [108]	✓	Die strengsten Ausschlusskriterien, die sich auf die die Erdbebengefahr beziehen.
2		In der Standortregion hat sich innerhalb der letzten 10.000 Jahre ein Erdbeben 8 EMS-98 ereignet oder es besteht eine Wahrscheinlichkeit, dass sich ein Erdbeben dieser Intensität ereignet, die größer als einmal alle 10.000 Jahre ist;	Standort-Verordnung	✓	
3		Ein Erdbeben mit einer Wahrscheinlichkeit, die größer als einmal alle 10.000 Jahre, und mit einer Intensität von weniger als 8 EMS-98, ist möglich, das den sicheren Betrieb einer kerntechnischen Anlage verhindert;	Standort-Verordnung	✓	
4		Innerhalb der Grenzen des geplanten Standortes einer kerntechnischen Anlage kommen Böden mit schlechten mechanischen Parametern, darunter schwach tragfähig, quellend oder mit anderen für die Gründung einer kerntechnischen Anlage äußerst ungünstigen Parametern vor, die nicht beseitigt, ersetzt oder verstärkt werden können;	Standort-Verordnung	✓	
5		Gibt es glaubwürdige Hinweise darauf, dass an einem Standort eine aktive Verwerfung vorliegen kann, die die Sicherheit der Anlage gefährdet, sollte die Durchführbarkeit des Projektes, des Baus und des sicheren Betriebs der Anlage an diesem Standort neu bewertet und erforderlichenfalls ein alternativer Standort in Betracht gezogen werden.	SSG-9 [42]	x	
6	Geotechnische Fragen	In der Standortregion besteht die Gefahr geologischer Phänomene, die die Stabilität des Untergrundes gefährden, wie z. B. starke Suffosions- oder Karstprozesse, Felsstürze, Erdbeben oder andere geodynamische	Standort-Verordnung	✓	Alle Ausschlusskriterien für geotechnische Fragen sind ähnlich und

Lfd. Nr.	Kriterium	Typ	Quelle	Angenommen	Begründung
		Phänomene, die sich auf die nukleare Sicherheit der kerntechnischen Anlage auswirken können und die nicht konstruktiv kompensiert werden können.			stehen nicht im Widerspruch zueinander.
7		Instabilität von Hängen: Wenn es festgestellt wird, dass die Sicherheit einer kerntechnischen Anlage durch die Instabilität von Hängen beeinträchtigt werden kann, sollte ein alternativer Standort in Betracht gezogen werden.	SSG-35 [43]	✓	
8		Massive Bodenverflüssigung – Das Potenzial für die Verflüssigung von unterirdischen Materialien am geplanten Standort sollte anhand von standortspezifischen Bodenbewegungsparametern und -werten bewertet werden.	SSG-35	✓	
9		Karstphänomene – Wenn die Bewertung zeigt, dass die Gefahr eines Einsturzes, eines Absinkens oder einer Hebung der Oberfläche besteht, die die Sicherheit der kerntechnischen Anlage beeinträchtigen kann, sollten durchführbare technische Lösungen vorgesehen werden, andernfalls ist der Standort als ungeeignet einzustufen.	SSG-35 [43]	✓	
10	Vulkanische Phänomene	<p>Wenn die Bewertungsergebnisse darauf hindeuten, dass die Möglichkeit des Auftretens der folgenden Phänomene auf dem Standortgelände oder in der Nähe des Standortgeländes und ihrer Auswirkungen auf die Sicherheit des Kernkraftwerkes besteht und dass keine praktischen technischen Lösungen verfügbar sind, ist der Standort als ungeeignet einzustufen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pyroklastische Ströme, Auswurf und Explosionen – dynamische physikalische Belastungen, erhöhter atmosphärischer Druck, Aufprall von pyroklastischem Material, Temperaturen &gt;300°C, abrasive Partikel, toxische Gase.</li> <li>▪ Lavaströme – dynamische physikalische Belastungen, Überschwemmungen und stehendes Wasser, Temperaturen &gt;700°C.</li> <li>▪ Trümmerlawinen, Erdbeben und Hangschäden. Bodenverformung – dynamische physikalische Belastungen, erhöhter</li> </ul>	SSG-21 [44]	✓	Für den Vulkanismus wurden nur die Ermessenskriterien festgelegt. Es gibt keine entsprechenden nationalen Kriterien.

Lfd. Nr.	Kriterium	Typ	Quelle	Angenommen	Begründung
		<p>atmosphärischer Druck, Aufprall von pyroklastischem Material, stehendes Wasser und Überschwemmungen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vulkanische Trümmerströme, Ascheströme und Überschwemmungen – dynamische physikalische Belastungen, stehendes Wasser und Überschwemmungen, Schwebstoffe im Wasser.</li> <li>▪ Öffnung neuer Eruptionskanäle – dynamische physikalische Belastungen, Bodenverformung, vulkanische Erdbeben.</li> <li>▪ Pyroklastische Materialien – Partikeleinschlag, statische physikalische Belastungen, abrasive Partikeln im Wasser.</li> <li>▪ Tsunamis, Seiches, Überlaufen des Kratersees und Gletscherbruch – Überflutung mit Wasser.</li> <li>▪ Bodenverformung – Bodenverschiebung, Senkung oder Hebung, Kippung, Erdrutsch.</li> <li>▪ Hydrothermale Systeme und Grundwasseranomalien – Thermalwasser, korrosives Wasser, Wasserverschmutzung, Überflutung oder Hebung, hydrothermale Veränderungen, Erdbeben, Karst- und Thermokarstveränderungen, rasche Änderungen des hydraulischen Drucks.</li> </ul>			
11	Durchführbarkeit des Notfallplans	Bei einem radiologischen Notfall ist es in einer kerntechnischen Anlage nicht möglich, die erforderlichen Maßnahmen durchzuführen.	Standort-Verordnung [108]	✓	Die Ausschlusskriterien für die Durchführbarkeit eines Notfallplans sind ähnlich und stehen nicht im Widerspruch zueinander. Daher wurden die beiden Arten von Kriterien angenommen.
12		Wenn nach einer Bewertung der im Abschnitt 6 der IAEA-Sicherheitsleitlinien NS-G-3.2 genannten Faktoren (International Atomic Energy Agency, NS-G-3.2, 2002) und ihrer möglichen Folgen festgestellt wird, dass kein durchführbarer Notfallplan erstellt werden kann, ist ein solcher Standort als inakzeptabel einzustufen.	NS-G-3.2 [41]	✓	
13	Flugzeugaufprall	Es muss einen zivilen Flughafen geben, der weniger als 10 km von den Grenzen des geplanten Standortes einer kerntechnischen Anlage entfernt ist, es sei denn, die Wahrscheinlichkeit, dass ein großes ziviles Luftfahrzeug eine kerntechnische Anlage trifft, geringer als einmal alle 10.000.000 Jahre ist.	Standort-Verordnung [108]	✓	Da es keine gleichwertigen internationalen Kriterien gibt, wurden nationale Kriterien angenommen.
14	Hochwasserrisiko	Auf dem Standortgebiet besteht die Gefahr von Überschwemmungen oder Überflutungen, die die nukleare Sicherheit der kerntechnischen	Standort-Verordnung	✓	Da es keine gleichwertigen internationalen Kriterien gibt, wurden nationale Kriterien angenommen.

Lfd. Nr.	Kriterium	Typ	Quelle	Angenommen	Begründung
		Anlage gefährden und die konstruktiv nicht kompensiert werden können.			
15	Geotechnische Phänomene, die durch menschliche Aktivität verursacht werden	In der Region, für die der in § 2 Absatz 1 Buchstabe d) genannte Faktor berücksichtigt wurde, gab oder gibt es in den letzten 60 Jahren: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tätigkeiten, die die Gewinnung von Mineralien umfassen oder</li> <li>▪ Tätigkeiten im Zusammenhang mit der unterirdischen Lagerung von Stoffen ohne Lagertanks oder der unterirdischen Lagerung von Abfällen, oder</li> <li>▪ sonstige Tätigkeiten, die die nukleare Sicherheit der Kernanlage gefährden könnten, indem sie seismische Erschütterungen hervorrufen, Verwerfungsstrukturen aktivieren oder Bodenverschiebungen, -einstürze oder -verflüssigungen verursachen, oder die Auswirkungen solcher Tätigkeiten in der Region aufgetreten sind, die, falls sie während der Lebensdauer der Kernanlage auftreten, die nukleare Sicherheit der Kernanlage gefährden würden.</li> </ul>	Standort-Verordnung	✓	Da es keine gleichwertigen internationalen Kriterien gibt, wurden nationale Kriterien angenommen.
16	Industriegebiet	In einer Entfernung, die die nukleare Sicherheit einer kerntechnischen Anlage beeinträchtigen kann, befinden sich: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ militärische Einrichtung oder militärisches Sperrgebiet einschließlich der Sperrzone.</li> <li>▪ Einrichtung, die eine kerntechnische Anlage chemisch, biologisch oder mechanisch beeinflussen kann.</li> <li>▪ Wasserausrüstung im Sinne des Wassergesetzes vom 18. Juli 2001. Wenn diese negativen Auswirkungen nicht konstruktiv kompensiert werden können.</li> </ul>	Standort-Verordnung	✓	Da es keine gleichwertigen internationalen Kriterien gibt, wurden nationale Kriterien angenommen.
17	Nicht-nukleare Sicherheitsfragen	Ausreichende und zuverlässige Kühlwasserquelle und eventueller Bedarf an Kühltürmen.	SSG-35 [43]	✓	Da es keine gleichwertigen nationalen Kriterien gibt, wurden internationale Kriterien angenommen.
18		Nicht-radiologische Umweltauswirkungen, darunter: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wärmestellen: Gewässer und Atmosphäre;</li> <li>▪ Vorkommen von biologisch empfindlichen Gebieten in der Nähe des Standortes;</li> <li>▪ Naturschutzgebiete, Denkmäler oder Touristenorte;</li> </ul>	SSG-35	✓	Da es keine gleichwertigen nationalen Kriterien gibt, wurden internationale Kriterien angenommen.

Lfd. Nr.	Kriterium	Typ	Quelle	Angenommen	Begründung
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Von den gesetzlichen Stellen auferlegte Beschränkungen in folgenden Bereichen:                      Thermische Verschmutzung:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperaturunterschied zwischen dem Kühlwassereinlass und -auslass des Verflüssigers.</li> <li>• Auswirkungen der Ableitung von Kondensationswasser auf Wasserorganismen.</li> </ul> </li> <li>Ableitung von chemischen Schadstoffen.</li> </ul>			

Quelle: [4]

### V.2.2.3 Festlegung der Bewertungskriterien

Gemäß der in V.2.2.1 beschriebenen Methodik erfolgten die folgenden Benchmarking-Etappen:

- Etappe 1 Festlegung der Ziele;
- Etappe 2 Festlegung und Ermittlung der zu berücksichtigenden Hauptkriterien und der Ausschlusskriterien;
- Etappe 3 Festlegung von Teilkriterien für die Hauptkriterien;
- Etappe 4 Festlegung der Maßstäbe für die Teilkriterien;
- Etappe 5 Festlegung der verfügbaren/erforderlichen Daten und etwaiger Datenlücken.

Die Ergebnisse der Etappen 1–5 sind im Anhang [Anhang V.2-1] in der Tabelle [Tabelle V.2-1-1] dargestellt. Vergabe von Punkten nach Ermessenskriterien und Wichtigkeitsbestimmung

Diese Etappe umfasst drei Maßnahmen:

- Bewertung der einzelnen Kriterien (Scoring),
- Wichtigkeitsbestimmung der Kriterien für die einzelnen Bereiche,
- Festlegung, welche Kriterien weiter bewertet werden sollen.

Eines der Ziele der vergleichenden Analyse ist es, die Kriterien zu ermitteln, die die wesentlichen Unterschiede zwischen den Standorten darstellen. Die ungewichteten Ergebnisse geben nur einen beschränkten Einblick in die Unterschiede, da nicht alle Kriterien die gleiche Bedeutung für die Umsetzung der KKW haben. Wenn es jedoch keine Unterschiede zwischen den Standorten zugeordneten Punktzahlen gibt (Kriterien, die nicht zwischen den Standorten differenzieren), können diese von der weiteren Analyse ausgenommen werden [Anhang V.2-1] [Tabelle V.2-1-2]).

#### V.2.2.3.1 Wesentliche Unterscheidungskriterien

Jedes der Hauptkriterien ist für die Umsetzung des KKW von unterschiedlicher Bedeutung. Daher werden die Kriterien aus jedem Bereich der Reihe nach betrachtet und ihre relative Bedeutung im Verhältnis zu anderen Kriterien aus anderen Bereichen bestimmt, so dass ein Wichtigkeitsfaktor zugeordnet werden kann.

Die Wichtigkeitssequenz ist wie folgt definiert:

##### Hauptkriterien von großer Bedeutung:

Im Vergleich zu einer mittleren oder "neutralen" Bedeutung von Gewichtung 4 wird die folgende Einstufung verwendet:

- Groß doppelt so wichtig wie mittlere Bedeutung, d.h. Gewichtung 8;
- Sehr groß doppelt so wichtig wie große Bedeutung, d.h. Gewichtung 16.

##### Hauptkriterien von geringer Bedeutung:

Im Vergleich zu einer mittleren oder "neutralen" Gewichtung wird die folgende Einstufung verwendet:

- Gering ist halb so wichtig wie mittlere Bedeutung, d.h. ein Wichtigkeitsfaktor von 2;
- Sehr gering ist halb so wichtig wie geringe Bedeutung, d.h. ein Wichtigkeitsfaktor von 1.

Die Ergebnisse für jeden Standort werden mit einem Wichtigkeitsfaktor multipliziert, dann wird der Unterschied für jedes Unterkriterium zwischen den Standorten berechnet, um die Unterschiede zu ermitteln. Je größer der Unterschied zwischen den Standorten ist, desto größer ist der Einfluss der Kriterien auf die Standortwahl. Kriterien mit einer Gesamtpunktzahl von 16 oder mehr wurden für die weitere Bewertung berücksichtigt.

Die Bewertungen der einzelnen Standorte wurden auf einer Fünf-Punkte-Skala dargestellt. Auf diese Weise wird jeder Standort anhand der festgelegten Unterkriterien bewertet, um festzustellen, wie er im Vergleich zu anderen steht. Der Wichtigkeitsfaktor berücksichtigt die Attribute im Zusammenhang mit der Akzeptanz für den



Bau eines Kernkraftwerks. Um ein gemeinsames Verständnis zu gewährleisten, wurden die folgenden Aspekte bei der Zuordnung von Wichtigkeitsfaktoren berücksichtigt:

- Herausforderungen bei der Erteilung einer Genehmigung für den Bau einer kerntechnischen Anlage;
- Herausforderungen bei der Erlangung von Umweltgenehmigungen;
- Herausforderungen für die Durchführbarkeit des Vorhabens, z. B. Kosten, Zeitplan;
- Nationale rechtliche Anforderungen.

Die Tabelle [Tabelle V.2-3] zeigt die den Kriterien zugeordnete Gewichtung.

Tabelle V. 1-3 Zuordnung von Gewichtung/Bedeutung

Hauptkriterium / Teilkriterium	Gewichtung / Bedeutung
Biologische Vielfalt	Sehr groß
Meeres- und Küstengeomorphologie	Mittel
CO <sub>2</sub> -Emission	Groß
Historisches Umfeld	Mittel
Luftqualität	Gering
Landschaft (und visuelle Auswirkungen)	Groß
Meeresumwelt (Wasserqualität)	Sehr groß
Hydrogeologie (Grundwasser)	Groß
Sozioökonomische Auswirkungen	Groß
Gesundheit	Mittel
Hochwasserrisiko	Mittel
Lärm und Vibrationen	Mittel
Kontamination von Land und Boden	Gering
Elektromagnetische Feldstärke und ionisierende Strahlung	Sehr gering
Hydrologie	Mittel
Externe Naturgefahren – Seismik	Sehr groß
Externe Naturgefahren – meteorologische Phänomene	Groß
Externe Naturgefahren – Überschwemmungen	Sehr groß
Externe Naturgefahren – geologische und geomorphologische Gefahren	Groß
Externe Bedrohungen durch menschliche Aktivität – stationäre Quellen	Gering
Externe Bedrohungen durch menschliche Aktivität – mobile Quellen	Gering
Radiologische Auswirkungen – Bevölkerung	Groß
Radiologische Auswirkungen – Meteorologie und radiologische Auswirkungen	Mittel
Notfallverfahren	Groß
Zustand des Standortgeländes – Raumordnungsplan des wesentlichen Standortgeländes	Groß
Zustand des Standortgeländes – Vorbereitung der Hauptbaustelle	Gering
Zustand des Standortgeländes – Aushub und Gießen der Fundamente	Groß
Zustand des Standortgeländes – Logistik außerhalb des Standortgeländes	Mittel
Standortbezogene Aspekte – ständige Arbeiten	Groß
Standortbezogene Aspekte – Standortbezogene Aspekte	Groß

Quelle: [4]

Die detaillierte Analyse zeigte, dass die 14 in der Tabelle [Tabelle V.2- 4] aufgeführten Kriterien die wichtigsten Hauptkriterien zur Unterscheidung der Standorte sind.

Tabelle V. 2-4 Wichtige Unterscheidungskriterien

Fläche	Hauptkriterium	Teilkriterium	Unterkriterium
Umwelt	Biologische Vielfalt	Meeresumwelt	Ausgewiesene Gebiete für den Schutz der biologischen Meeresvielfalt
		Terrestrische Umwelt	Ausgewiesene Naturschutzgebiete Habitats
	Gesundheit	Menschliche Gesundheit und Lebensqualität	Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und Lebensqualität
	Hydrogeologie (Grundwasser)	Grundwasser	Günstige Bedingungen für grundwasserabhängige terrestrische Ökosysteme
Nukleare Fragen und sonstige Gefahren	Externe Naturgefahren	Hochwasserrisiko	Überschwemmungen im Inland
Standort	Zustand des Standortgeländes	Raumordnungsplan für den Hauptstandort	Räumliche Beschränkungen für das Standortgelände für die Baustrategie Räumliche Beschränkungen für die Logistik des Standortgeländes
		Logistik außerhalb des Standortgeländes	Zugang zum Standort vom Meer aus
	Standortbezogene Aspekte	Standortbezogene Aspekte	Eigentum am Standortgelände
	Standortbezogene Aspekte	Ständige Arbeiten	Bereitstellung der Kühlwasserinfrastruktur für Zwecke des Vorhabens
			Keine Einschränkungen der geplanten Flächennutzung

Quelle: [4]

### V.2.2.3.2 Sensitivitätsanalyse

Es wurde ein exponentielles Gewichtungssystem gewählt, das ein hohes Maß an Disproportionalität berücksichtigt. Es wurden auch alternative lineare und logarithmische Systeme verwendet, um die Auswirkungen dieses Systems auf die Ermittlung von Unterscheidungsfaktoren zu bestimmen. Die Tabelle [Tabelle V.2-5] zeigt das in der Sensitivitätsanalyse verwendete alternative System von Wichtigkeitsfaktoren.

Tabelle V. 2-5 Alternatives Gewichtungssystem für die Hauptkriterien

Bedeutung der Hauptkriterien	Gewichtung nach dem Exponentialsystem	Gewicht nach dem linearen System	Gewicht nach dem logarithmischen System
Sehr gering	1	1	0
Gering	2	2	0,693
Mittel	4	3	1,099
Groß	8	4	1,386
Sehr groß	16	5	1,609

Quelle: [4]

Die alternativen Systeme wurden auf die im vorangegangenen Benchmarking-Schritt ermittelten endgültigen Gewichtungen angewandt, und die am stärksten differenzierenden Kriterien wurden überprüft, um die Unterschiede zu analysieren. Die Tabelle [Tabelle V.2-6] zeigt die Ergebnisse der Wichtigkeitsfaktorenschemata, wobei die am meisten differenzierenden Faktoren grün markiert sind.

Tabelle V. 2-6 Die wichtigsten Teilkriterien zur Unterscheidung von alternativen Wichtigkeitsfaktorenschemata

Teilkriterium	Exponential	Linear	Logarithmisch
Nukleare Fragen und sonstige Gefahren – Externe natürliche Gefahren – Überschwemmungen – Binnenhochwasser	48	15	4,828
Standort – ständige Arbeiten – Bereitstellung der Kühlwasserinfrastruktur für die Umsetzung des Vorhabens	32	16	5,545
Standort – Zustand des Standortgeländes – Raumordnungsplan des Hauptstandortes – räumliche Beschränkungen des Standortgeländes für die Baustrategie	24	12	4,159
Standort – ständige Arbeiten – Flexibilität des Standortgrundstückes	24	12	4,159
Standort – Zustand des Standortgeländes – Raumordnungsplan des Hauptstandortes – räumliche Beschränkungen für die Logistik des Standortgeländes	24	12	4,159
Umwelt – biologische Vielfalt – terrestrische Umwelt – ausgewiesene Naturschutzgebiete	16	5	1,609
Umwelt – Biologische Vielfalt – Terrestrische Umwelt – Habitats	16	5	1,609
Umwelt – Gesundheit – menschliche Gesundheit und Lebensqualität – Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und Lebensqualität	16	12	4,394
Umwelt – Biologische Vielfalt – Meeresumwelt – Ausgewiesene Gebiete zum Schutz der biologischen Meeresvielfalt	16	5	1,609
KKW-Anpassungsfragen – Zustand des Standortgeländes – Logistik außerhalb des Standortgeländes – Zugang zum Standort vom Meer aus	16	12	4,394
Standort – Standortbezogene Aspekte – Eigentum am Standortgelände	16	8	2,773
Hydrogeologie (Grundwasser) – Grundwasser – Bedingungen, die grundwasserabhängige terrestrische Ökosysteme unterstützen	16	8	2,773
Nukleare und sonstige Gefahren – Externe Gefahren durch menschliche Aktivität – Stationäre Quellen – Industrieanlagen und ihre Tätigkeit	8	8	2,773

Quelle: [4]

Bei der Verwendung von drei Gewichtungsfaktorsystemen sind die 10 Kriterien mit der größten Differenz gemeinsam. Es ist zu beachten, dass die Reihenfolge leicht abweicht, da in einem logarithmischen System die Kühlwasserinfrastruktur das wichtigste Unterscheidungskriterium ist. Die Kriterien im Bereich der biologischen Vielfalt erfüllen die Anforderungen eines Exponentialsystems für die weitere Bewertung, d. h. eine Punktedifferenz von 16 oder mehr. Das lineare / logarithmische System und das Exponentialsystem definieren 11 gemeinsame Kriterien für die weitere Bewertung.

Die Sensitivitätsanalyse wird in Bezug auf die wichtigsten Unterscheidungskriterien durchgeführt, die als Ausgangskriterien festgelegt werden. Die Wichtigkeitsfaktoren, die den Kriterienbereichen innerhalb der Key-Output-Kriterien zugeordnet werden, sind doppelt differenziert:

- eine Stufe höher (z. B. von hoher Bedeutung auf sehr hohe Bedeutung) sowie
- eine Stufe nach unten (z. B. von hoher Bedeutung auf mittlere Bedeutung).

Die unterschiedlichen Gewichtungsfaktoren führten zu zwei weiteren Listen von Schlüsselkriterien für die weitere Bewertung. Die Listen der Schlüsselkriterien werden mit den Ausgangskriterien verglichen, um die Sensibilität der Bewertungen zu beurteilen. Alle Schlüsselkriterien-Listen enthalten das gleiche Kriterium für die weitere Bewertung. Eine Liste mit einem geringeren Wichtigkeitsfaktor führt dazu, dass mehr Kriterien die gleiche Endpunktzahl erhalten, was zu erwarten ist, da viele Attribute einen hohen oder mittleren Wichtigkeitsfaktor und keines eine sehr hohe Punktzahl erhalten hat.

Es wurde festgestellt, dass die Schlüsselkriterien für alle Szenarien gleich sind und keine neuen Kriterien eingeführt wurden. Die Ergebnisse sind daher weitgehend unempfindlich gegenüber den Wichtigkeits-/Gewichtungsfaktoren.

Die durchgeführte Sensitivitätsanalyse zeigte, dass die wichtigsten Unterscheidungskriterien weitgehend unempfindlich gegenüber dem System der zugeordneten Gewichtungsfaktoren sind. Unterschiede in den Bewertungen sind der einflussreichste Faktor bei den wichtigsten Unterscheidungskriterien. Daher wurden die wichtigsten identifizierten Unterscheidungskriterien im Hinblick auf Auswirkungen und Minderungsmaßnahmen weiter bewertet [Tabelle V.2-4].

#### V.2.2.4 Identifizierung der wichtigsten Unterscheidungskriterien

In der Etappe 9 der vergleichenden Standortanalyse (Benchmarking) wird die Gesamtmethodik für die „weitere Bewertung zur Bestimmung der relativen Auswirkungen auf den Umsetzungsprozess“ wie folgt festgelegt:

- In dieser Etappe wird eine Folgenabschätzung durchgeführt, um potenzielle Probleme und Minderungsmaßnahmen für jeden Standort zu ermitteln. Die Bewertung erfolgt nicht anhand jedes einzelnen Kriteriums, sondern konzentriert sich auf die Kriterien, die sich am stärksten auf das Projekt auswirken könnten, wie in der Etappe 8 beschrieben. In dieser Etappe werden auch Standortvarianten (darunter Subvarianten für geschlossenes und offenes Kühlsystem) geprüft, für die einige Kriterien sehr sensibel sind. Ebenso konzentriert sich die Bewertung auf die Kriterien, die für die Standortwahl von Bedeutung sind.
- In den Etappen 2 bis 8 der Benchmarking-Methodik wurden die Kriterien in jedem Bereich für jeden Standort bewertet, um die wichtigsten Unterscheidungskriterien zu ermitteln, bei denen die Unterschiede zwischen den beiden Standorten am größten und für die Standortwahl am relevantesten waren. Das sind:
  - Externe Naturgefahren – Überschwemmungen – Hochwasser im Binnenland;
  - Standortbezogene Aspekte – ständige Arbeiten – Bereitstellung der Kühlwasserinfrastruktur für die Umsetzung des Vorhabens;
  - Standortbezogene Aspekte – ständige Arbeiten – Flexibilität des Standortgrundstückes;
  - Standortbezogene Aspekte – Eigentum am Standortgelände;
  - Status des Standortgeländes – Logistik außerhalb des Standortgeländes – Erreichbarkeit des Standortgeländes auf dem Seeweg;
  - Zustand des Standortgeländes – Raumordnungsplan des Hauptstandortes – räumliche Beschränkungen des Standortgeländes für die Baustrategie;
  - Zustand des Standortgeländes – Raumordnungsplan der Hauptstandortes – räumliche Beschränkungen für die Logistik des Standortgeländes;
  - Hydrogeologie (Grundwasser) – Grundwasser – Bedingungen, die grundwasserabhängige terrestrische Ökosysteme unterstützen;
  - Biologische Vielfalt – terrestrische Umwelt – ausgewiesene Naturschutzgebiete;
  - Biologische Vielfalt – terrestrische Umwelt – Habitate;
  - Biologische Vielfalt – Meeresumwelt – ausgewiesene Gebiete zum Schutz der biologischen Meeresvielfalt.

Das Hauptziel der Bewertung von Minderungsmaßnahmen ist es, die Ergebnisse der Ermessenskriterien in Frage zu stellen und Minderungsmaßnahmen auf die wichtigsten Unterscheidungskriterien anzuwenden, um die Ergebnisse der Standorte einander anzunähern. Auf dieser Grundlage wurden die an den einzelnen Standorten möglicherweise erforderlichen Minderungsmaßnahmen sowie die Kosten und Auswirkungen für die Durchführung des Vorhabens durch diese Maßnahmen ermittelt.

### V.2.2.4.1 Methodik für die weitere Bewertung

Die Tabelle [Tabelle V.2-7] enthält die für die Bewertung der Minderungsmaßnahmen ermittelten Ziele und die zu ihrer Erreichung zu ergreifenden Maßnahmen. Sie wurden wie in der Methodik für den Standortvergleich [4] beschrieben entwickelt.

Tabelle V. 2-7 Weitere Bewertungsmethodik

Zielsetzung	In der Methodik vorgesehene Maßnahmen für die weitere Bewertung
1. Prüfen, ob die Bewertungsergebnisse für die einzelnen Standorte und Attributkriterien einheitlich angewandt wurden	- Besprechung der wichtigsten Bewertungsergebnisse und der Scoring-Kriterien für die wichtigsten Unterscheidungskriterien. - Überprüfung der Bewertungsmatrix, um die Gründe für die Auswahl der wichtigsten Unterscheidungskriterien zu verstehen.
2. Die Bestätigung der potenziellen kumulativen Auswirkungen niedriger Unterscheidungskriterien ist für den Vergleich von Standorten nicht entscheidend	- Bewertung der ungewichteten und gewichteten Ergebnisse für alle Unterkriterien in der Ermessensbewertung. - Wichtige Unterscheidungskriterien, Nichtschlüssel-Unterscheidungskriterien*, alle Kriterien und themenbezogen zusammengefasste Kriterien, die zur Bewertung der Unterschiede zwischen den Standorten aggregiert wurden. * Zu den Nicht-Schlüsselkriterien zählen alle Kriterien, die nicht als Schlüsselkriterien identifiziert wurden.
3. Identifizierung von Minderungsmaßnahmen für potenzielle Auswirkungen im Zusammenhang mit den Schlüsselkriterien	- Gespräche mit Fachexperten, um potenzielle Minderungsmaßnahmen für Schlüsselkriterien zu ermitteln.
4. Qualitative Bewertung der Kosten und Auswirkungen des Vorhabens unter Einsatz von Minderungsmaßnahmen	- Geschätzte Auswirkungen auf die Kosten und den Zeitplan für die Schlüsselkriterien im Vergleich zu früheren Bewertungen. - Ein Hinweis auf die Unterschiede zwischen den Standorten in Bezug auf die Kriterien für die Standortbedingungen, d. h. die Anwendung von Minderungsmaßnahmen, wenn ein Standort schlechter als der andere bewertet wurde. - Wenn für ein Unterkriterium mehrere Minderungsmaßnahmen identifiziert wurden, wurden die Gesamtkosten/Auswirkungen für den Zeitplan geschätzt, indem die Gesamtkosten und Auswirkungen der Umsetzung des Vorhabens bewertet wurden.
5. Folgenabschätzung (nach der Anwendung von Abhilfemaßnahmen) für jeden Standort	- Für die standortbezogenen Unterkriterien wurden die Auswirkungen in Bezug auf die Minderungsmaßnahmen anhand der ursprünglichen Bewertungskriterien beurteilt, um die Wirksamkeit der Minderungsmaßnahmen bei der Beseitigung von Ungleichheiten zwischen den einzelnen Standorten zu bewerten.

Quelle: [4]

Es ist anzumerken, dass die Abschwächung der Auswirkungen externer Naturgefahren und Umweltfaktoren darauf abzielte, Neutralität zwischen den Standorten zu erreichen, da in diesem Fall konstruktive Minderungsmaßnahmen angewandt werden müssten, um ein akzeptables Sicherheitsniveau zu erreichen. Daher wurden die Auswirkungen (nach der Anwendung der Minderungsmaßnahmen) anhand der Kriterien unter Ziel 5 oben betrachtet, und die ursprünglichen Bewertungskriterien gelten nicht für diese Auswirkungen, und Neutralität bedeutet, dass akzeptable Abhilfemaßnahmen am jeweiligen Standort im Rahmen des umgesetzten Vorhabens erreicht werden können. Daher werden die ursprünglichen Punktzahlkriterien nach der Umsetzung von Minderungsmaßnahmen nicht erneut auf externe Naturgefahren und Umweltfaktoren angewandt.

Die Auswirkungen der Minderungsmaßnahmen auf die Kosten und den Zeitplan wurden unter Bezugnahme auf ähnliche Kernkraftwerksprojekte in Europa und auf Erfahrungen mit anderen Infrastrukturprojekten, die für die einzelnen Minderungsmaßnahmen relevant sind, bewertet.

### V.2.2.4.2 Schlüsselannahmen in der Methodik für die weitere Bewertung

Schlüsselannahmen, die bei der Bewertung vorausgesetzt wurden:

- Es wurde davon ausgegangen, dass eine Strategie des Baus von 2 + 1 Einheiten für Lubiatowo-Kopalino und 1 + 2 Einheiten für Żarnowiec eine durchführbare Minderungsmaßnahme wäre, die auf die Schlüsselkriterien angewandt werden könnte, wenn dies die Ergebnisse der Standortbewertung verbessern könnte;
- Die AP1000-Technologie wurde in die Bewertung mit einbezogen;
- Es wurde vorausgesetzt, dass die Verwendung von Trockenkühlern keine durchführbare Minderungsmaßnahme ist;
- Es wurde davon ausgegangen, dass der Kauf/die Pacht zusätzlicher Flächen am Standort Żarnowiec eine durchführbare Minderungsmaßnahme wäre, die auf die Schlüsselkriterien angewandt werden könnte, wenn dies die Ergebnisse der Standortbewertung verbessern könnte;
- Der Żarnowieckie-See kann nicht als Kühlwasserquelle für das Kraftwerk in Żarnowiec eingesetzt werden, deshalb gilt die Ostsee als einzige mögliche Quelle.

Die Kriterien für Ermessensattribute und die Bewertungsmatrix wurden einer unabhängigen Überprüfung unterzogen, um zu bestätigen, dass die Bewertung für die einzelnen Standorte und Attributkriterien einheitlich vorgenommen wurde, und um die Gründe für die Auswahl der wichtigsten Unterscheidungskriterien zu verstehen.

Dabei wurden keine Abweichungen oder Widersprüche festgestellt.

### V.2.2.4.3 Potenzielle kumulative Auswirkungen

Zur Bewertung möglicher kumulativer Auswirkungen, die den Vergleich der Standorte beeinträchtigen könnten, wurden die ungewichteten und gewichteten Ergebnisse wie in der Tabelle [Tabelle V.2-8] dargestellt bewertet.

Tabelle V. 22-8 Methodik Punktevergabe

Kriterien/Thema	Ungewichtetes Ergebnis			Gewichtete (exponentielle) Ergebnisse		
	Lubiatowo-Kopalino	Żarnowiec	Unterschied	Lubiatowo-Kopalino	Żarnowiec	Unterschied
Gesamt (Summe aller Kriterien)	321	290	31	2125	1963	162
Schlüsselkriterien	42	28	14	388	340	48
Nicht-Schlüsselkriterien	282	270	12	1785	1751	34
<b>Themenbezogen aggregiert</b>						
<b>Umwelt</b>						
Biologische Vielfalt	10	11	-1	160	176	-16
Meeres- und Küstengeomorphologie	10	9	1	40	36	4
CO <sub>2</sub> -Emission	6	6	0	48	48	0
Historisches Umfeld	2	3	-1	8	12	-4
Luftqualität	29	28	1	58	56	2
Landschaft (und visuelle Auswirkungen)	2	4	-2	16	32	-16
Meeresumwelt (Wasserqualität)	21	21	0	336	336	0
Hydrogeologie (Grundwasser)	9	10	-1	72	80	-8

Kriterien/Thema	Ungewichtetes Ergebnis			Gewichtete (exponentielle) Ergebnisse		
	Lubiatowo-Kopalino	Żarnowiec	Unterschied	Lubiatowo-Kopalino	Żarnowiec	Unterschied
Sozioökonomische Auswirkungen	3	5	-2	12	20	-8
Gesundheit	9	9	0	36	36	0
Hochwasserrisiko	11	10	1	44	40	4
Lärm und Vibrationen	3	2	1	12	8	4
Geologie und Böden	9	8	1	18	16	2
Elektromagnetische Feldstärke und ionisierende Strahlung	3	3	0	3	3	0
Hydrologie	43	39	4	172	156	16
<b>Nukleare Fragen und sonstige Gefahren</b>						
Externe Naturgefahren	50	46	4	568	512	56
Externe Gefahren durch menschliche Aktivität	17	15	2	34	30	4
Radiologische Auswirkungen	9	9	0	56	56	0
Notfallverfahren	5	5	0	40	40	0
<b>Anpassungsfragen bezüglich der Kernkraftwerke</b>						
Zustand des Standortgeländes	38	24	14	136	86	50
Standortbezogene Aspekte	32	23	9	256	184	72

Die grün markierten Felder zeigen an, welcher Standort bei jedem Kriterium/Thema bessere Ergebnisse entsprechend den Spalten "Unterschied" erzielt hat, wobei der Standort Żarnowiec bessere Ergebnisse als Lubiatowo-Kopalino erzielt hat  
Quelle: [4]

Die wichtigsten Bewertungsergebnisse wurden in der Tabelle [Tabelle V.4-9] dargestellt:

- Der Standort Lubiatowo-Kopalino wurde in Bezug auf die Gesamtkriterien (Summe aller Kriterien), die Hauptunterscheidungskriterien und die Nicht-Hauptunterscheidungskriterien besser als Żarnowiec bewertet. Das bedeutet, dass Lubiatowo-Kopalino auch bei der Berücksichtigung der niedrigen Unterscheidungskriterien immer noch der günstigste Standort ist.
- Lubiatowo-Kopalino hat in 16 der 21 einzelnen Themenbereiche bessere Ergebnisse als Żarnowiec erzielt; Die einzigen Themenbereiche, in denen Żarnowiec bessere Ergebnisse als Lubiatowo-Kopalino erzielt hat, waren biologische Vielfalt, historisches Umfeld, Landschaft (und visuelle Auswirkungen), Hydrogeologie und sozioökonomische Auswirkungen.

#### V.2.2.4.4 Minderungsmaßnahmen, die indirekt mit den Schlüsselkriterien verbunden sind

Im Rahmen des Bewertungsprozesses wurde eine Reihe von Problemen im Zusammenhang mit den Minderungsmaßnahmen ermittelt, die indirekt mit den unten aufgeführten Schlüsselkriterien zusammenhängen.

- Erdarbeiten:
  - Bei Standort Lubiatowo-Kopalino wird ein Materialüberschuss erwartet (positive Erdmassenbilanz);
  - Für den Standort Żarnowiec wird mit einem Materialmangel (negative Erdmassenbilanz) gerechnet;

- Abbruchmaterial aus dem Rückbau des bestehenden, teilweise errichteten Kraftwerkes am Standort Żarnowiec wurde aus der Erdmassenbilanz herausgenommen, ist aber möglicherweise wiederverwendbar;
- Entwässerung des Geländes – Die Entwässerungsprobleme sind an beiden Standorten ähnlich;
- Technischer Korridor (Standort Żarnowiec) – Beim Betrieb können die für den langfristigen Schutz der Straße und der zugehörigen Infrastruktur (vor allem Kühlwasserleitungen) ergriffenen Minderungsmaßnahmen erhebliche Auswirkungen auf die Kosten haben;
- Die biologische Vielfalt der terrestrischen Umwelt – geschützte Arten – wurde nicht als Schlüsselkriterium identifiziert, aber es sollte beachtet werden, dass die Kosten und der Zeitplan für Minderungsmaßnahmen für den Standort Żarnowiec wahrscheinlich größer als für den Standort Lubiatowo-Kopalino sind.

Potenzielle Varianten für Minderungsmaßnahmen, die sich auf die aktuellen Punktzahlen für jedes der wichtigsten Unterscheidungskriterien auswirken könnten, wurden untersucht und die Ergebnisse dieser Analyse werden in den folgenden Unterabschnitten dargestellt.

Tabelle [Tabelle V.2-9] zeigt die Matrix, die zur Bewertung der Auswirkungen der angewandten Minderungsmaßnahmen auf Kosten und Zeitplan verwendet wurde.

Tabelle V. 2-9 Auswirkungsmatrix

	Auswirkungen auf den Zeitplan	Vernachlässigbar (keine Veränderung)	Gering (1–6 Monate)	Mittel (6 Monate bis 1 Jahr)	Groß (1–2 Jahre)	Sehr groß (>2 Jahre)
Auswirkungen auf die Kosten	Ergebnis	1	2	3	4	5
Vernachlässigbar (<100.000. €)	1	1	2	3	4	5
Gering (100.000 € – 1 Mio. €)	2	2	4	6	8	10
Mittel (1–10 Mio. €)	3	3	6	9	12	15
Groß (10–100 Mio. €)	4	4	8	12	16	20
Sehr groß (> 100 Mio. €)	5	5	10	15	20	25

Quelle: [4]

Die Auswirkungen auf die Kosten und den Zeitplan wurden bewertet, wenn für ein bestimmtes Unterkriterium mehr als eine Minderungsmaßnahme ermittelt wurde.

Im Falle von Minderungsmaßnahmen, die sich kumulativ auf den Zeitplan auswirken, wurde eine qualitative Bewertung der voraussichtlichen Dauer jeder mit einer bestimmten Minderungsmaßnahme verbundenen Aktivität vorgenommen, wobei die Durchführung des Vorhabens berücksichtigt wurde.

#### V.2.2.4.5 Zusammenfassung der getroffenen Minderungsmaßnahmen

Tabelle [Tabelle V.2-10] fasst die kumulativen Auswirkungen der Anwendung von Minderungsmaßnahmen auf Kosten und Zeitplan sowie die Unterschiede zwischen den Standorten zusammen.

Aus der Bewertung wurden die folgenden Schlussfolgerungen gezogen:

- Die Bewertung ergab, dass der Standort Lubiatowo-Kopalino durchweg bessere Ergebnisse als der Standort Żarnowiec erzielt. Die Ergebnisse wurden durch die Gewichtung der einzelnen Kriterien nicht beeinflusst;
- Die Faktoren, die die beiden Standorte in Bezug auf die „Bereitstellung von Infrastruktur für Kühlwasser“ und die „Verfügbarkeit von Boden“ am stärksten voneinander unterscheiden, können durch keine Minderungsmaßnahmen ausgeglichen werden. – Zu den Kriterien gehört das Erfordernis, einen ca. 10 km langen technischen Korridor zum Standort Żarnowiec zu verlegen, was unvermeidlich ist und daher wird er immer ein Schlüsselfaktor bei der Standortwahl bleiben;



- Der Vergleich der Standorte nach der Durchführung von Minderungsmaßnahmen fällt immer noch zugunsten von Lubiatowo-Kopalino aus;
- Die Auswirkungen der Minderungsmaßnahmen auf die Kosten und den Zeitplan sind für den Standort Żarnowiec größer, um die Neutralität zwischen den beiden Standorten zu erreichen.

Tabelle V. 2-10 Zusammenfassung der Minderungsmaßnahmen und Unterschiede zwischen den Standorten

Kriterien	Auswirkungen von Minderungsmaßnahmen		Unterschiede zwischen den Standorten
	Lubiatowo-Kopalino	Żarnowiec	
Überschwemmungen an der Küste und im Binnenland	4	16	Neutralität zwischen Standorten
Bereitstellung einer Kühlwasserinfrastruktur	Beschränktes Potenzial für Minderungsmaßnahmen, gilt für beide Standorte		Standort L-K am günstigsten, ŻA am ungünstigsten
Keine Einschränkungen der geplanten Flächennutzung	-	12	Änderung der ŻA-Standortbewertung von ungünstig auf günstig; L-K am günstigsten
Eigentum am Standortgelände	Keine Minderungsmaßnahmen wurden ermittelt		Standort L-K günstig, ŻA ungünstig
Erreichbarkeit des Standortes vom Meer aus	Keine Minderungsmaßnahmen wurden ermittelt		Standort L-K weiterhin am günstigsten, ŻA am wenigsten günstig
Räumliche Beschränkungen des Standortgeländes für die Realisierung der Bauarbeiten	-	16	Änderung der Bewertung des Standortes ŻA von am wenigsten günstig auf ungünstig; L-K günstig
Räumliche Beschränkungen für die Logistik des Standortgeländes	-	16	Änderung der Bewertung des Standortes ŻA von am wenigsten günstig auf ungünstig; L-K günstig
Günstige Bedingungen für die Hydrogeologie	In dieser Etappe wurden keine Minderungsmaßnahmen ermittelt		Keine Änderung – Standort L-K ungünstig, ŻA günstig
Ausgewiesene Naturschutzgebiete (in terrestrischer Umwelt)	12	16	Neutralität zwischen Standorten
Habitate (terrestrische Umwelt)	3	-	Neutralität zwischen Standorten
Ausgewiesene Gebiete für den Schutz der biologischen Vielfalt (in der Meeresumwelt)	16	16	Neutralität zwischen Standorten

L-K – Standort Lubiatowo-Kopalino

Ża – Standort Żarnowiec

Quelle: [4]

### V.2.2.5 Zusammenfassung der vergleichenden Analyse, Auswahl des bevorzugten Standortes

Der Standort Lubiatowo-Kopalino wurde als bevorzugter Standort für den Bau des ersten Kernkraftwerkes in Polen anerkannt. Das Projekt ist an beiden Standorten durchführbar, aber jeder Standort birgt andere Herausforderungen, die die Umsetzung von Minderungsmaßnahmen erfordern. Wesentliche Herausforderungen an den erwogenen Standorten betreffen die Durchführung des Bauprozesses und z. B. die Kontrolle der Entwässerung bei der Gründung.

Die wichtigsten Unterschiede zwischen den Standorten, die nicht vollständig ausgeglichen werden können, betreffen die „Bereitstellung der Kühlwasserinfrastruktur“ und die „seewärtige Erreichbarkeit des Standortes“,

so dass die Standorte nicht durch Minderungsmaßnahmen ausgeglichen werden können. Diese Kriterien berücksichtigen das Erfordernis eines ca. 10 km langen technischen Korridors zum Standort Żarnowiec, was nicht zu vermeiden ist, und daher immer ein wichtiger Faktor bei der Standortwahl bleiben wird.

Die größere Fläche des Standortes Lubiatowo-Kopalino bietet günstige Möglichkeiten für einen flexibleren Bau des Kernkraftwerkes, während die kleinere Fläche des Standortes Żarnowiec erhebliche, ungünstige Einschränkungen für den Bau des KKW mit sich bringt. Aufgrund der größeren Flexibilität des Standortes Lubiatowo-Kopalino gibt es mehr Möglichkeiten für eine zusätzliche Flächennutzung für den Bau und Betrieb der drei AP1000-Blöcke. Der Standort Lubiatowo-Kopalino ist auch dadurch günstiger, dass ein offenes Kühlsystem eingesetzt werden kann, während dies am Standort Żarnowiec aufgrund der Entfernung zur Ostsee nicht möglich ist. Bei der Betrachtung geschlossener Kühlsysteme an den untersuchten Standorten ist Żarnowiec aufgrund seiner Entfernung zum Meer nach wie vor ein ungünstiger Standort. Außerdem spricht die Entfernung von Żarnowiec zur Küste gegen diesen Standort, da eine Wasserpumpstation und eine etwa 10 km lange Rohrleitung für die Kühlwasserversorgung gebaut werden müssten. Obwohl die Länge der Offshore-Rohrleitung in den Einlass- und Auslasstunneln bei Lubiatowo-Kopalino größer ist, ist die Gesamtkomplexität der Anlage einschließlich der etwa 10 km langen Rohrleitung für die Kühlwasserversorgung zum Nachteil von Żarnowiec.

Die Bewertung der wichtigsten Unterschiede ergab, dass der Standort Lubiatowo-Kopalino durchweg bessere Ergebnisse als der Standort Żarnowiec erzielt.

Trotz der Umsetzung von Minderungsmaßnahmen zur Milderung der Unterschiede zwischen den Standorten fällt der Standort Lubiatowo-Kopalino immer noch besser als Żarnowiec aus. Um z. B. die Kosten- und Zeitplanneutralität zwischen den Standorten zu erreichen, muss eine Reihe von Minderungsmaßnahmen am Standort Żarnowiec ergriffen werden, um sagen zu können, dass die Standorte "ähnlich" sind, auf die man in Bezug auf den Standort Lubiatowo-Kopalino verzichten kann.

## V.2.3 Multikriterienanalyse

Die am häufigsten verwendeten Methoden bei der Standortwahl für Kernkraftwerke sind:

- Leistungsmatrizen (ang. *performance matrices*);
- Multikriterienanalyse (ang. *multi-criteria analysis (MCA)*);
- Kosten-Nutzen-Analyse (ang. *cost-benefit analysis*);
- Pro-/Kontra-Analyse (ang. *pro/con analysis*).

Für die Bestimmung des bevorzugten Standortes [4] wurden die Vor- und Nachteile der aufgeführten Methoden geprüft, und die Multikriterienanalyse wurde als das beste Instrument anerkannt, da diese Methode verständlich und bei Nuklearprojekten verbreitet ist. Die Multikriterienanalyse wurde vom technischen Berater des Investors (Jacobs Clean Energy) bei der Standortwahl eingesetzt, u. a. für das Kernkraftwerk Barakah in den Vereinigten Arabischen Emiraten und für Projekte in den Vereinigten Staaten, darunter der Standort Clinton oder die Kernkraftwerke Shearon Harris und Levy. Die Multikriterienanalyse wird in den Leitlinien der Nuklearindustrie, insbesondere in den Leitlinien der IAEA für die Standortwahl sowie vom US Electric Power Research Institute, empfohlen.

Für die Multikriterienanalyse wurde das Tool DecisionVue verwendet. Der technische Berater wandte DecisionVue für den gesamten Lebenszyklus des Vorhabens bis zu seiner Stilllegung an. DecisionVue ist eine maßgeschneiderte Softwarelösung, die digitale Datenbanken nutzt und aus fünf Analysemodulen besteht, die einen logischen, transparenten und auswertbaren Prozess zur Auswahl des bevorzugten Standortes ermöglichen: Dieses Tool ermöglicht auf systematische Weise folgende Vorgänge:

- Festlegung, Kartierung und Analyse von Entscheidungszielen und Prioritäten;
- Bewertung der direkten und indirekten Faktoren, die die Entscheidung beeinflussen könnten, in Echtzeit;
- Einbeziehung sozialer, wirtschaftlicher und ökologischer Kriterien und Maßstäbe, um deren Anwendbarkeit im Auswahlprozess zu verbessern und zu erhöhen;

- Prüfung und Analyse von Szenarien, darunter Anpassungsplanung;
- Erstellung von Ranglisten unter Berücksichtigung von kritischen Schwellenwerten und Feedback;
- Einfach zu steuernde Datenaufzeichnung, Analysen und Visualisierung der Ergebnisse;
- Ein strukturierter Ansatz zur Prüfung von Lösungen für zukünftige Situationen und Bedingungen.

Jedes Kriterium bei DecisionVue ist mit einem realen Datenmodell verknüpft, was die Visualisierung und ein leichteres Verständnis durch eine interaktive Ringhierarchiegrafik ermöglicht [Abbildung V.2-7]. Dieses Tool bietet eine einfache, intuitive Darstellung des Bewertungs- und Gewichtungsprozesses und ist eine wirksame Methode zur Kommunikation.

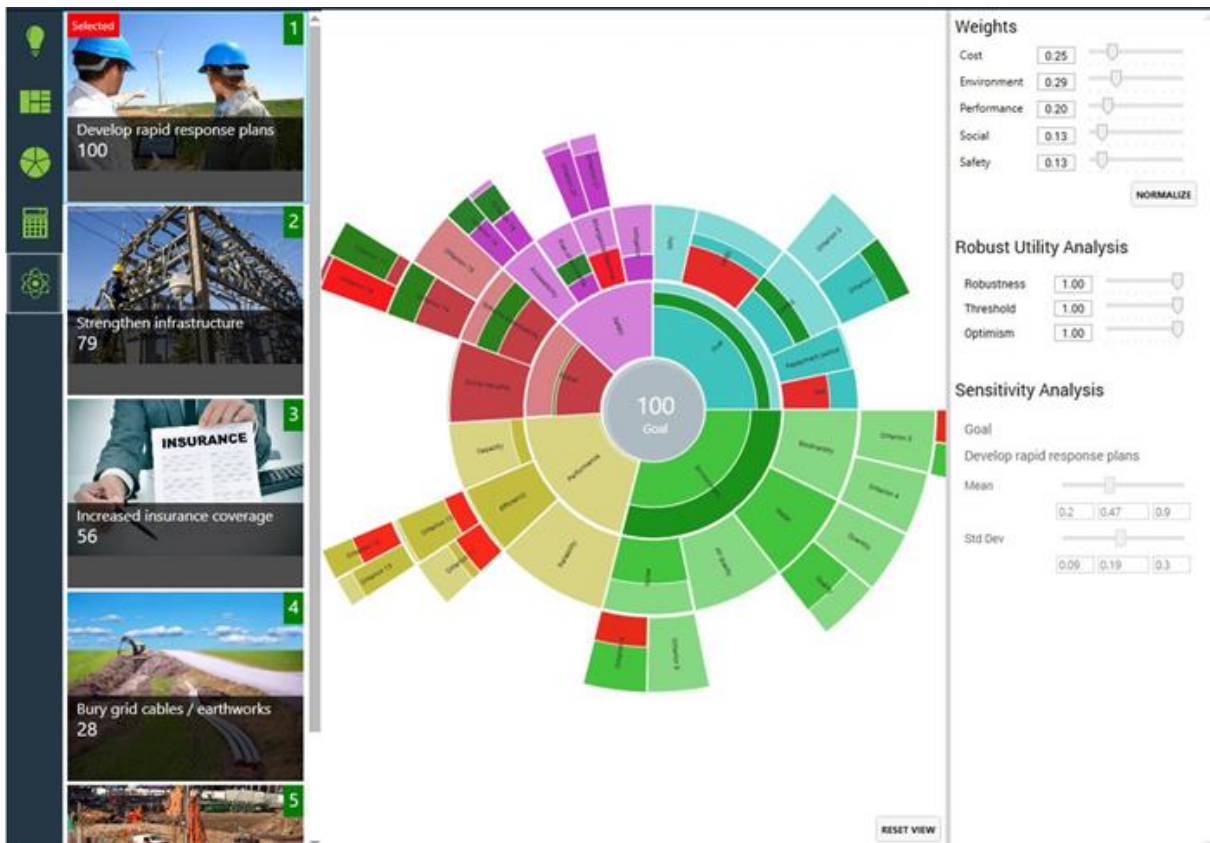


Abbildung V.2-7 DecisionVue hierarchisches Ringdiagramm

Quelle: [4]

### V.2.3.1 Multikriterienanalyse-Ansatz

Zunächst wurde eine Reihe von technischen Optionen anhand der erwogenen Standorte und möglichen Konfigurationen des Kernkraftwerkes entwickelt. Fünf Subvarianten wurden mit Hilfe des Tools DecisionVue einer Multikriterienanalyse unterzogen. Jede der Subvarianten wurde anhand der entwickelten Kriterien bewertet. Die Gewichtungen wurden generiert und den zu bewertenden Subvarianten zugeordnet. DecisionVue wurde verwendet, um eine Sensitivitätsanalyse durchzuführen und die Belastbarkeit der Ergebnisse zu überprüfen sowie die Sensibilität der Modelle zu bestimmen, die die für das Projekt gewählten Lösungen beeinflussen könnten. Gleichzeitig wurde eine Reihe von Einzelkriterien erstellt:

- Umweltbedingungen – umfasst die Kriterien im Zusammenhang mit folgenden Faktoren: biologische Vielfalt, Meeres- und Küstengeomorphologie, Klima und Kohlenstoffemissionen, Luftqualität, Landschaft und Raumästhetik, Meerwasserqualität, sozioökonomische Fragen sowie Lärm und Vibrationen;
- Faktoren im Zusammenhang mit nuklearen und anderen Gefahren – umfasst die Kriterien im Zusammenhang mit seismischen und metrologischen Ereignissen sowie die geologischen und geoseismischen Kriterien;

- Standortbedingungen und KKW-Faktoren – umfasst die Kriterien in Bezug auf Standortplan, Standortvorbereitung, Aushub, Fundamente, Logistik außerhalb des Standortes, ständige Arbeiten;
- Finanzielle Bedingungen – umfasst die Kriterien in Bezug auf die Investitionsausgaben (CAPEX) und die Effizienz der Anlage (OPEX).

Jedem Kriterium wurde mit Hilfe eines analytisch-hierarchischen Verfahrens (ang. analytical hierarchical process) ein Gewicht zugeordnet. Diese Methode ermöglicht einen gleichzeitigen paarweisen Vergleich eines Kriteriums gegenüber allen anderen Kriterien, um jedes Kriterium gegenüber allen anderen Kriterien einzustufen. Dieses Verfahren ermöglicht eine laufende Kontrolle zur Gewährleistung der Kohärenz. Die Kriterien und die Gewichte wurden dann digital verarbeitet, um interaktive Ringdiagramme zu erstellen.

Die Subvarianten wurden anhand der einzelnen Kriterien bewertet und anschließend mit DecisionVue analysiert, so dass eine Rangfolge der erwogenen technischen Subvarianten erstellt und einer Sensitivitätsanalyse unterzogen werden konnte. Dabei wurden die zugeordneten Gewichte und die daraus resultierenden Punktzahlen skaliert. Die früheren Erfahrungen zeigten, dass die evidenzbasierten Bewertungen am genauesten sind. Die Subvarianten wurden auch aufgrund der Erfahrungen bei anderen Projekten analysiert, die vom technischen Beratungsteam erstellt wurden.

Die Bewertung der Subvarianten, die ein wesentlicher Bestandteil der Methodik ist, wird bei der Festlegung der Rangfolge der Subvarianten berücksichtigt. Das Verfahren zur Bewertung der Subvarianten besteht aus folgenden Bestandteilen:

- Identifizierung von Subvarianten;
- Festlegung der Mindestanforderungen;
- Screening-Analyse der Subvarianten;
- Entwicklung und Festlegung der Bewertungskriterien;
- Entwicklung des Gewichtungsschemas für die Kriterien;
- Detaillierte Bewertung der Subvarianten mit Hilfe des DecisionVue-Tools;
- Klassifizierung der Standorte auf der Grundlage einer Sensitivitätsanalyse.

Die Bewertung der Subvarianten erfolgt schrittweise, damit die gewonnenen Daten berücksichtigt werden können.

In der ersten Etappe umfasste die Bewertung die Identifizierung und die Screening-Analyse von Subvarianten. Das Ziel dieser Etappe war es, technisch und wirtschaftlich machbare Lösungen zu finden. Die Subvarianten wurden dann auf mögliche Einschränkungen bei der Durchführung des Vorhabens untersucht. Die Risiken, die mit der Nichteinholung der erforderlichen Genehmigungen und Zulassungen, technischen, technologischen und finanziellen Beschränkungen verbunden sind, wurden berücksichtigt. Die auf diese Weise durchgeführte Bewertung ermöglichte es, die Durchführbarkeit der Subvarianten an den betrachteten Standorten zu bestimmen.

Die nächste Etappe der Analyse umfasste eine detaillierte Bewertung der gewählten Subvarianten. Sie wurden dann anhand einer Multikriterienanalyse bewertet.

In einem weiteren Schritt wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, um die erzielten Ergebnisse zu überprüfen und die Schlüsselbereiche zu ermitteln, die die Wahl der bevorzugten Option beeinflussen.

### V.2.3.2 Bewertungskriterien

Jede der Subvarianten wurde anhand der entwickelten Kriterien bewertet. Die angenommenen Gewichtungen wurden den Subvarianten zugeordnet, die mit der Software DecisionVue zur detaillierten Bewertung bewertet wurden. DecisionVue wurde auch verwendet, um eine Sensitivitätsanalyse der Kriterien durchzuführen und die „Belastbarkeit“ der Ergebnisse zu überprüfen und deren Sensibilität zu bestimmen.

Jedes Kriterium wurde nach einem ausführlichen Konsultationsprozess während der Sitzungen des Projektteams angenommen. Es war äußerst wichtig, dass jedes Kriterium angemessen beschrieben und klar definiert ist und

zur Bewertung der einzelnen Subvarianten auf der Grundlage der modellierten Daten herangezogen werden konnte, auch unter Verwendung einer Neun-Punkte-Skala.

Die Mitglieder des Projektteams führten die inhaltliche Bewertung, Genehmigung und Qualitätsprüfung durch. Darüber hinaus wurden die Kriterien und die Unterkriterien gemäß den internationalen Best-Practice-Leitlinien und der Industriepraxis nach den folgenden, aus der Multikriterienanalyse abgeleiteten Grundsätzen [18] bewertet:

- **Vollständigkeit:** Wurden alle wichtigsten Kriterien berücksichtigt?
- **Redundanz:** Wurden nicht zu viele Kriterien berücksichtigt?
- **Durchführbarkeit:** Kann jede der Subvarianten anhand der einzelnen Kriterien bewertet werden?
- **Unabhängigkeit der Bewertung der einzelnen Subvarianten:** Ist die Bewertung einer einzelnen technischen Subvariante unabhängig und hängt sie nicht von den (während der Bewertung bekannten) Bewertungen der sonstigen Subvarianten ab?
- **Doppelzählung:** Wurden alle Kriterien, die zu einer Doppelzählung führen könnten, entfernt?
- **Anzahl der Kriterien** – Enthält die Multikriterienanalyse eine übermäßige Anzahl von Kriterien, die zu zusätzlichen Berechnungen führen können, was die Qualität der Analyse nicht unbedingt verbessert?
- **Im Zeitverlauf auftretende Auswirkungen:** Wurde die Zeit als direkte Variable einbezogen? Dies kann als separates Kriterium mit einer nichtlinearen Wertfunktion modelliert werden.

### V.2.3.3 Bewertung der Kriterien

In dieser Etappe wurde die Bewertung der einzelnen Subvarianten gegenüber den einzelnen Kriterien vorgenommen, wobei die möglichen Ergebnisse und Folgen für die Durchführung des Vorhabens dargestellt wurden. Die Bewertung wurde je nach Art der verfügbaren Daten mit zwei Methoden durchgeführt:

- Verwendung von Ergebnissen aus vorhandenen Daten, die auf modellierten oder realen Datenwerten basieren (z. B. OPEX auf einer kontinuierlichen Skala wie 10.000 £/Jahr, 15.000 £/Jahr usw.);
- Unter Verwendung von Werten von 1 bis 9 (wobei 1 für das schlechteste und 9 für das beste Ergebnis steht), die anhand der Leistungsbewertung und der ergänzenden Informationen bestimmt werden.

Die vorläufigen Ergebnisse wurden mehreren Bewertungsrunden unterzogen, um mögliche Diskrepanzen zwischen den Ergebnissen zu ermitteln und die in den Ergebnissen sichtbaren Fehler zu beseitigen.

### V.2.3.4 Gewichtung der Kriterien

Für jedes Kriterium wurde eine Gewichtung mit Hilfe des analytischen hierarchischen Prozesses festgelegt. Bei diesem Prozess werden die Kriterien paarweise verglichen, um ihre Bedeutung auf logische und kohärente Weise zu bewerten.

Beispiele für paarweise Vergleiche, die für diese Aktivität durchgeführt wurden, sind in der Tabelle [Tabelle V.2-11] aufgeführt.

Tabelle V. 2-11 Beispiel für einen paarweisen AHP-Vergleich

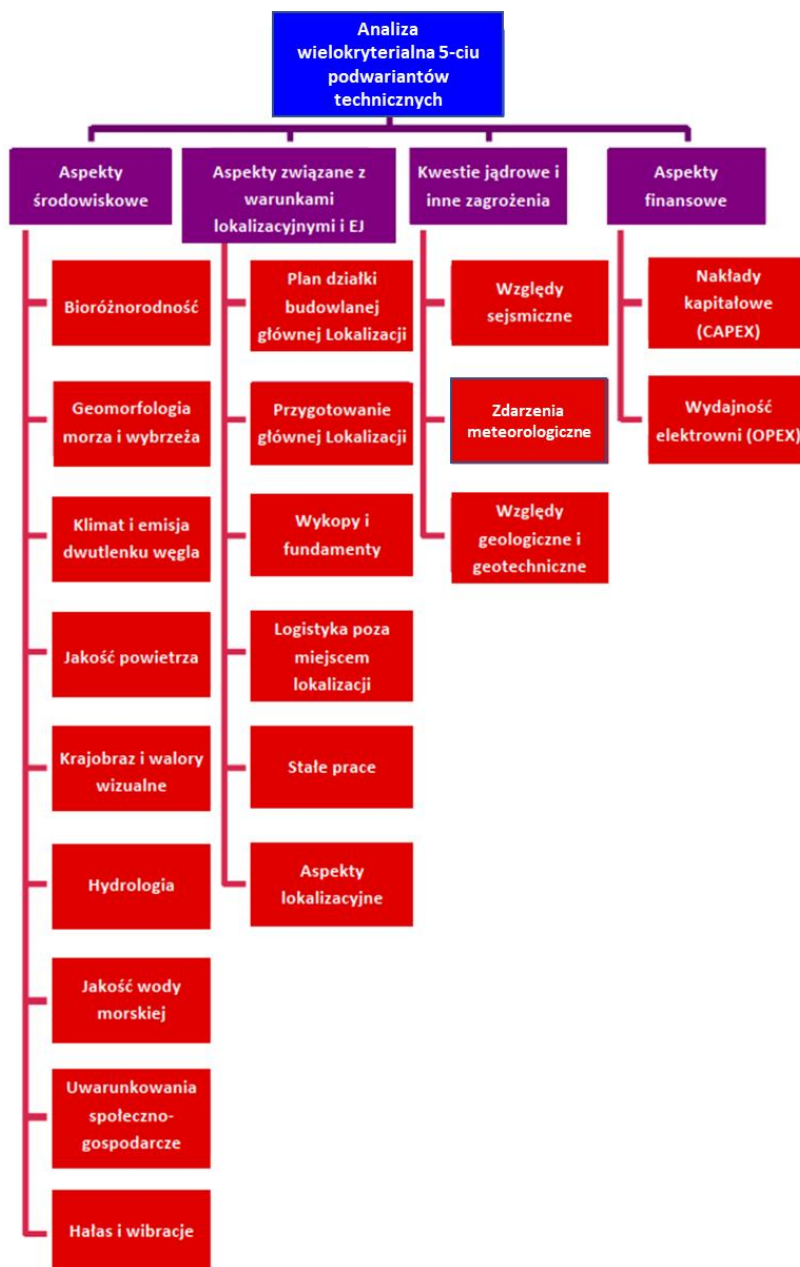
Erläuterung	Bewertung																	
Äußerst geringere Bedeutung	-9																	
Eindeutig geringere Bedeutung	-7																	
Viel geringere Bedeutung	-5																	
Mäßig geringere Bedeutung	-3																	
Gleiche Bedeutung	1																	
Mäßig größere Bedeutung	3																	
Viel größere Bedeutung	5																	
Eindeutig größere Bedeutung	7																	
Äußerst große Bedeutung	9																	
<b>OBSZAR TEMATYCZNY - POZIOM 1 (PREFEROWANY POD KĄTEM ŚRODOWISKA)</b>																		
<b>Pierwsze ograniczenie</b>	<b>Ważniejsze niż</b>			<b>N równym stopniu</b>			<b>Mniej ważne niż</b>			<b>Drugie ograniczenie</b>								
Aspekty związane z warunkami lokalizacyjnymi i EJ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Aspekty finansowe
Aspekty związane z warunkami lokalizacyjnymi i EJ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Aspekty środowiskowe
Aspekty finansowe	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Aspekty środowiskowe
<b>OBSZAR TEMATYCZNY - POZIOM 1 (OBIEKTYWNA OCENA)</b>																		
<b>Pierwsze ograniczenie</b>	<b>Ważniejsze niż</b>			<b>N równym stopniu</b>			<b>Mniej ważne niż</b>			<b>Drugie ograniczenie</b>								
Aspekty związane z warunkami lokalizacyjnymi i EJ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Aspekty finansowe
Aspekty związane z warunkami lokalizacyjnymi i EJ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Aspekty środowiskowe
Aspekty finansowe	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Aspekty środowiskowe
<b>OBSZAR TEMATYCZNY - POZIOM 1 (NAJLEPSZA WARTOŚĆ / FINANSE - PREFERENCJA ZAMAWIAJĄCEGO)</b>																		
<b>Pierwsze ograniczenie</b>	<b>Ważniejsze niż</b>			<b>N równym stopniu</b>			<b>Mniej ważne niż</b>			<b>Drugie ograniczenie</b>								
Aspekty związane z warunkami lokalizacyjnymi i EJ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Aspekty finansowe
Aspekty związane z warunkami lokalizacyjnymi i EJ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Aspekty środowiskowe
Aspekty finansowe	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Aspekty środowiskowe
<b>KRYTERIUM GŁÓWNE - POZIOM 2 - Aspekty środowiskowe</b>																		
<b>Pierwsze ograniczenie</b>	<b>Ważniejsze niż</b>			<b>N równym stopniu</b>			<b>Mniej ważne niż</b>			<b>Drugie ograniczenie</b>								
Bioróżnorodność	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Geomorfologia morza i wybrzeża
Bioróżnorodność	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Klimat i emisja dwutlenku węgla
Bioróżnorodność	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Jakość powietrza
Bioróżnorodność	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Krajobraz i walory wizualne
Bioróżnorodność	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Hydrologia
Bioróżnorodność	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Jakość wody morskiej
Bioróżnorodność	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Uwarunkowania społeczno-gospodarcze
Bioróżnorodność	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Hałas i wibracje
Bioróżnorodność	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Poziomy pola elektromagnetycznego i promieniowanie jonizujące
Bioróżnorodność	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Geologia i gleby
Bioróżnorodność	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Ryzyko powodziowe
Bioróżnorodność	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Zdrowie ludzkie i jakość życia
Bioróżnorodność	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Hydrologia (wody gruntowe)
Bioróżnorodność	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Otoczenie historyczne
Geomorfologia morza i wybrzeża	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Klimat i emisja dwutlenku węgla
Geomorfologia morza i wybrzeża	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Jakość powietrza
Geomorfologia morza i wybrzeża	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Krajobraz i walory wizualne
Geomorfologia morza i wybrzeża	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Hydrologia
Geomorfologia morza i wybrzeża	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Jakość wody morskiej
Geomorfologia morza i wybrzeża	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Uwarunkowania społeczno-gospodarcze
Geomorfologia morza i wybrzeża	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Hałas i wibracje
Geomorfologia morza i wybrzeża	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Poziomy pola elektromagnetycznego i promieniowanie jonizujące
Geomorfologia morza i wybrzeża	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Geologia i gleby
Geomorfologia morza i wybrzeża	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Ryzyko powodziowe
Geomorfologia morza i wybrzeża	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Zdrowie ludzkie i jakość życia
Geomorfologia morza i wybrzeża	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Hydrologia (wody gruntowe)
Geomorfologia morza i wybrzeża	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	Otoczenie historyczne

PL	DE
OBSZAR TEMATYCZNY – POZIOM 1 (PREFEROWANY POD KĄTEM ŚRODOWISKA)	THEMENBEREICH – STUFE 1 (VORZUGSWEISE ÖKOLOGISCH)
Pierwsze ograniczenie	Erste Beschränkung
Aspekty związane z warunkami lokalizacyjnymi i EJ	Aspekte im Zusammenhang mit den Standortbedingungen und dem Kernkraftwerk
Ważniejsze niż	Wichtiger als
N równym stopniu	Gleichermaßen
Mniej ważne niż	Weniger wichtig als
Drugie ograniczenie	Zweite Beschränkung
Aspekty finansowe	Finanzielle Aspekte
Aspekty środowiskowe	Umweltbezogene Aspekte
OBSZAR TEMATYCZNY – POZIOM 1 (OBIEKTYWNA OCENA)	THEMENBEREICH – STUFE 1 (OBJEKTIVE BEWERTUNG)
OBSZAR TEMATYCZNY – POZIOM 1 (NAJLEPSZA WARTOŚĆ / FINANSE – PRFERENCJA ZAMAWIAJĄCEGO)	THEMENBEREICH – STUFE 1 (BESTES PREIS-LEISTUNGS-VERHÄLTNIS/FINANZEN – PRÄFERENZ DES AUFTRAGGEBERS)
KRYTERIUM GŁÓWNE – POZIOM 2 – Aspekty środowiskowe	HAUPTKRITERIUM – STUFE 2 – Umweltbezogene Aspekte
Bioróżnorodność	Biologische Vielfalt
Geomorfologia morza i wybrzeża	Meeres- und Küstengeomorphologie
Klimat i emisja dwutlenku węgla	Klima und Kohlenstoffemissionen
Jakość powietrza	Luftqualität
Krajobraz i walory wizualne	Landschaft und visuelle Vorteile
Hydrologia	Hydrologie
Jakość wody morskiej	Beschaffenheit des Meerwassers
Uwarunkowania społeczno-gospodarcze	Sozioökonomische Bedingungen
Hałas i wibracje	Lärm und Vibrationen
Poziomy pola elektromagnetycznego i promieniowanie jonizujące	Elektromagnetische Feldstärke und ionisierende Strahlung
Geologia i gleby	Geologie und Böden
Ryzyko powodziowe	Hochwasserrisiko
Zdrowie ludzkie i jakość życia	Menschliche Gesundheit und Lebensqualität
Hydrologia (wody gruntowe)	Hydrologie (Grundwasser)
Otoczenie historyczne	Historisches Umfeld

Quelle: [4]

Die nach den einzelnen Kriterien gewichteten Punktzahlen der Subvarianten werden dann in DecisionVue eingegeben, um eine Rangfolge der Subvarianten zu erstellen, die dann einer weiteren Sensitivitätsanalyse unterzogen werden.

Die Abbildung [Abbildung V.2-8] gibt einen Überblick über die entwickelten Kriterien und Unterkriterien in Form eines Baumes, der die Beziehung zwischen den Kriterien und Unterkriterien zeigt. Dann gibt es bestimmte prozentuale Gewichte, wobei ein höherer Prozentsatz ein größeres Gewicht bedeutet.



PL	DE
Analiza wielokryterialna 5-ciu podwariantów technicznych	Multikriterienanalyse von 5 Subvarianten
Aspekty środowiskowe	Umweltbezogene Aspekte
Aspekty związane z warunkami lokalizacyjnymi i EJ	Aspekte im Zusammenhang mit den Standortbedingungen und dem Kernkraftwerk
Kwestie jądrowe i inne zagrożenia	Nukleare Fragen und sonstige Gefahren
Aspekty finansowe	Finanzielle Aspekte
Bioróżnorodność	Biologische Vielfalt
Plan działki budowlanej głównej Lokalizacji	Plan des Baugrundstück am Hauptort
Względy sejsmiczne	Seismische Aspekte
Nakłady kapitałowe (CAPEX)	Investitionsausgaben (CAPEX)
Geomorfologia morza i wybrzeża	Meeres- und Küstengeomorphologie
Przygotowanie głównej Lokalizacji	Vorbereitung des Hauptstandortes
Zdarzenia meteorologiczne	Meteorologische Ereignisse
Wydajność elektrowni (OPEX)	Effizienz der Anlage (OPEX)
Klimat i emisja dwutlenku węgla	Klima und Kohlenstoffemissionen
Wykopy i fundamenty	Aushub und Fundamente
Względy geologiczne i geotechniczne	Geologische und geotechnische Aspekte



Jakość powietrza	Luftqualität
Logistyka poza miejscem lokalizacji	Logistik außerhalb des Standortes
Krajobraz i walory wizualne	Landschaft und visuelle Vorteile
Stałe prace	Ständige Arbeiten
Hydrologia	Hydrologie
Aspekty lokalizacyjne	Standortbezogene Aspekte
Jakość wody morskiej	Beschaffenheit des Meerwassers
Uwarunkowania społeczno-gospodarcze	Sozioökonomische Bedingungen
Hałas i wibracje	Lärm und Vibrationen

Abbildung V.2-8 Erstellte Kriterien und Unterkriterien mit Gewichtung

Quelle: [4]

Die Abbildung zeigt ein hierarchisches Ringdiagramm, in dem die relative Gewichtung der einzelnen Kriterien dargestellt ist.

Das hierarchische Ringdiagramm zeigt die Kriterien und Unterkriterien farblich an, wobei die Größe deren Gewichtung widerspiegelt.



Die Übersetzungen des Diagramms sind in der Tabelle [Tabelle V.2-24] aufgeführt

Abbildung V.2-9 Beispiel für ein von DecisionVue generiertes hierarchisches Ringdiagramm.

Quelle: [4]

Um bewusste oder unbewusste Verzerrungen im Bewertungsprozess und bei der Gewichtung der Kriterien zu vermeiden, wurde der Bewertungsprozess in zwei unabhängige und parallele Teile aufgeteilt:

- **Teil 1:** Bearbeitung der relativen Bedeutung der Kriterien der Stufe 1 und der Stufe 2;
- **Teil 2:** Zuordnung der Bewertung für die Kriterien der Stufe 3 für jede der Subvarianten.

Die Ergebnisse wurden in der Software DecisionVue dargestellt, um die endgültigen gewichteten Punktzahlen zu präsentieren, die durch Multiplikation der Gewichte (relative Bedeutung der verschiedenen Kriterien) mit der Punktzahl jeder Subvariante (gegenüber dem Kriterium/Unterkriterium) erzielt wurden.

Die folgende Tabelle [Tabelle V.2-12] zeigt die Methodik für die Bewertung der Subvarianten je nach Stufe der Kriterien.

Tabelle V. 2-12 Bewertungsmethodik für jede Stufe der Kriterien

<b>Stufe der Kriterien</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Bewertungsmethodik</b>
Ebene 1	Themenbereiche der Bewertung	Teil 1: Gewicht der relativen Bedeutung
Ebene 2	Hauptkriterien	
Ebene 3	Unterkriterien/Teilunterkriterien	Teil 2: Evidenzbasierte Bewertung der Subvarianten – Fachexperten der DT

Quelle: [4]

### V.2.3.5 Struktur und Etappen der Multikriterienanalyse

#### **Etappe 1.** Identifizierung und Festlegung der zu berücksichtigenden Kriterien

Zur Festlegung der Kriterien wird ein hierarchisches Verfahren verwendet. Identifizierung und Festlegung allgemeiner Kriterienbereiche, anhand derer die Subvarianten verglichen werden sollen. Zu den allgemeinen Kriterien können beispielsweise die biologische Vielfalt, externe Naturgefahren, Standortbedingungen usw. gehören. Jeder Kriterienbereich enthält eine Reihe von Kriterien (Haupt- und Teilkriterien).

#### **Etappe 2.** Identifizierung der Kriterien-Maßstäbe für die Bewertung

Für jedes der identifizierten Unterkriterien werden Maßstäbe ermittelt, um sie zu bewerten. Sie sind flexibel und berücksichtigen Unterschiede bei den verfügbaren Daten und können für Zwecke des quantitativen oder qualitativen Ansatzes modifiziert werden. Zur Bewertung der Kriterien werden nach Möglichkeit spezifische, messbare und objektiv überprüfbare Indikatoren herangezogen (z. B. Entfernung zu x, Kosten y); Wo dies nicht möglich ist, wird eine 9-Punkte-Skala verwendet. Dazu gehören auch Referenzfälle (d. h. der begründete beste Fall, der begründete schlimmste Fall), mit denen die Abweichungen verglichen werden.

Um die Identifizierung der für die Kriterien verwendeten Maßstäbe zu unterstützen, wird eine Überprüfung der verfügbaren Daten und Informationen vorgenommen. Auf diese Weise kann festgestellt werden, wo ein direkter Vergleich der Subvarianten aufgrund ähnlicher oder identischer Bewertungsmethoden und aufgrund der Fortschrittsstufe der verfügbaren Daten möglich ist. Auf diese Weise lassen sich Datenmängel ermitteln, die bestimmte Maßnahmen erfordern würden. Sie werden identifiziert und es werden Vorschläge für weitere Maßnahmen gemacht, die per Definition in die Ausarbeitung von Maßstäben für die Kriterien einbezogen werden.

Band IV des UVP-Berichtes enthält die Analysen für eine Reihe von Bewertungsbereichen, darunter Lärm und Vibrationen, Auswirkungen auf die Raumästhetik, sozioökonomische Auswirkungen, Auswirkungen auf die Meeresumwelt usw. Bei diesen Analysen wurde jede der 5 Subvarianten berücksichtigt und die Auswirkungen für jede Programmphase (von den Vorbereitungsarbeiten über den Betrieb bis hin zur eventuellen Stilllegung) ermittelt. Diese Folgenabschätzungsstudien sind eine wichtige Datenquelle für die Festlegung von Kriterien-Maßstäben.

#### **Etappe 3.** Bestimmung der relativen Bedeutung der einzelnen Kriterien

Die relative Bedeutung jedes Kriteriums wurde mit Hilfe eines analytisch-hierarchischen Verfahrens (AHP) ermittelt. Um die Gewichtung der einzelnen Kriterien zu erleichtern, wurde das Tool DecisionVue verwendet. Die paarweisen Vergleiche wurden durchgeführt, nachdem die Maßstäbe für die Kriterien festgelegt wurden, wodurch die relative Bedeutung der Kriterien ermittelt werden konnte, was sie quantitativ ausdrücken sollen.

In der Etappe der Gewichtung wurde eine Überprüfung der Kriterien vorgenommen, um sicherzustellen, dass sich die Kriterien nicht gegenseitig ausschließen. Dies führte zur Streichung/Verbindung von Kriterien, um eine Doppelzählung von Auswirkungen zu vermeiden. Bei der Bewertung der Gewichtung wurde auch eine unbeabsichtigte übermäßige Gewichtung eines bestimmten Kriteriums berücksichtigt und korrigiert, die sich aus der Anzahl der diesem Kriterium zugeordneten Unterkriterien ergab.

#### **Etappe 4.** Bewertung anhand der festgelegten Kriterien

Jedes Kriterium wird nach den in der Etappe 2 beschriebenen Grundsätzen vorbewertet, wobei die von den Experten des technischen Beraters in den einzelnen Bereichen vergebenen Punktzahlen begründet werden. Stellt sich bei der Bewertung der Ergebnisse heraus, dass die verfügbaren Informationen nicht mit den Bewertungsgrundsätzen übereinstimmen, wird zur Etappe 2 zurückgekehrt, und die

Bewertungsgrundsätze können so geändert werden, dass die erweiterten Kenntnisse über die verfügbaren Informationen berücksichtigt werden können.

**Etappe 5.** Anwendung der Gewichtung und Sensitivitätsanalyse

Die einzelnen Ergebnisse werden in das DecisionVue-Tool eingegeben und vordefinierte Gewichtungen werden angewandt. Anschließend werden die Ergebnisse im Zusammenhang mit den vorgegebenen Gewichten überprüft und eine Reihe von Sensitivitätsprüfungen durchgeführt, um die Begründbarkeit der zugeordneten Gewichte zu bestätigen.

Zusätzlich zur Durchführung von Sensitivitätsanalysen werden die Gewichtungen angepasst, um die Prioritäten der verschiedenen Interessengruppen widerzuspiegeln (z. B. die Gewichtung von umweltbezogenen Kriterien kann erhöht und die Gewichtung von kosten- oder terminbezogenen Kriterien kann verringert werden). Auf diese Weise lassen sich die folgenden Varianten ermitteln:

- Die aus technischer und finanzieller Sicht beste Variante (Vorschlag des Investors);
- Vernünftige, umweltfreundlichste (für die Umwelt günstigste) Variante;
- Vernünftige alternative Variante.

**V.2.3.6 Zu berücksichtigende Forschungsbereiche**

Die Ziele der Multikriterienanalyse sind in diesem Dokument definiert. Um diese Ziele zu erreichen, müssen die Subvarianten im Hinblick auf die zu bewertenden Bereiche verglichen werden, die durch internationale Richtlinien und nationale Vorschriften sowie Expertenwissen aus früheren oder ähnlichen Nuklearprojekten definiert sind. Die Themenbereiche sind in vier Bereiche unterteilt:

- Umweltbedingungen;
- Standortbedingungen und mit dem Kernkraftwerk zusammenhängende Faktoren;
- Faktoren, die sich auf nukleare und andere Gefahren beziehen; und
- Finanzielle Bedingungen.

**V.2.3.6.1 Umweltbedingungen, Standortbedingungen und mit dem Kernkraftwerk zusammenhängende Faktoren, nukleare und sonstige Gefahren**

In einer vergleichenden Analyse wurden die Umweltkriterien formuliert, um Standorte zu vergleichen. Bei der Auswahl der Umweltkriterien wurden die folgenden Aspekte berücksichtigt:

- aktueller Kenntnisstand über die erwogenen Standorte und die für das Vorhaben verfügbare Detailliertheit
- einschlägiges polnisches Recht (z. B. Umweltverträglichkeitsprüfung, Wasserrecht, Umweltschutz).

Die Kriterien wurden erneut überprüft, um die Kriterien zu ermitteln, die sich auf die Subvarianten auswirken, und diese dann in die Multikriterienanalyse aufzunehmen. Die Tabellen [Tabelle V.2-13], [Tabelle V.2-14], [Tabelle V.2-15] zeigen das Ergebnis der obigen Analyse.

Tabelle V. 2-13 Ergebnisse der Screening-Analyse der Umweltkriterien

Bereich	Hauptkriterium	Übernommen in die Multikriterienanalyse	Zusätzliche Bemerkungen:
Biologische Vielfalt	Für den Schutz der biologischen Vielfalt ausgewiesene Gebiete (terrestrisch)	Ja	Empfindlich für die gewählte Variante – Es gibt Merkmale sowohl für die Standort- als auch für die Subvarianten, die in die MCA aufgenommen wurden.
	Gesetzlich geschützte Arten	Ja	

Bereich	Hauptkriterium	Übernommen in die Multikriterienanalyse	Zusätzliche Bemerkungen:
	Habitats	Ja	
	Gebiete, die für den Schutz der biologischen Vielfalt ausgewiesen sind (Küstengewässer des besonderen Schutzgebietes der Ostsee (SPA))	Ja	
	Habitats des Meeresbodens (Phytobenthos und Zoobenthos)	Ja	
Meeres- und Küstengeomorphologie	Dünenkomplex	Ja*	Begrenzte Sensibilität für die gewählte Subvariante
	Merkmale des Meeresbodens		
	Prozesse in der Küstenzone		
Klima und Kohlenstoffemissionen	Widerstand gegen den Klimawandel	Ja*	Begrenzte Sensibilität für die gewählte Variante
	Kohlenstoffemissionen im Lebenszyklus	Ja*	
	Kohlendioxid-Emissionen (Ziel der Politik)	Nein	Unempfindlich – Für dieses Kriterium gibt es Standortmerkmale, die in die vergleichende Analyse einbezogen wurden
Historisches Umfeld	Nicht zutreffend – Das Attribut wurde nicht übernommen	Nein	Unempfindlich – Für dieses Kriterium gibt es Standortmerkmale, die in die vergleichende Analyse einbezogen wurden
Luftqualität	Auswirkungen der Luftqualität auf den Menschen und die Umweltrezeptoren	Ja*	Begrenzte Sensibilität für die gewählte Subvariante
Landschaft und Raumästhetik	Raumästhetik	Ja	Empfindlich gegen die angenommene Subvariante
	Auswirkungen auf die Landschaft		
Hydrologie	Auswirkungen auf das aquatische Ökosystem	Ja	Empfindlich gegen die angenommene Subvariante
Wasserqualität	Wärmeemissionen in das Wasser	Ja	Empfindlich gegen die angenommene Subvariante
	Erhöhter Salzgehalt infolge der Einleitung von Salzlake.	Ja	
	Einfangen, Ansaugen und Mitreißen von lebenden Organismen in Kühlwassersystemen	Ja	

Bereich	Hauptkriterium	Übernommen in die Multikriterienanalyse	Zusätzliche Bemerkungen:
	Menge der in KKW-Prozessen verwendeten Chemikalien, die in die Meeresgewässer gelangen	Ja	
	In die Meeresgewässer freigesetzte Chemikalien aus der Kühlwasseraufbereitung	Ja	
	Eutrophierung	Ja	
	Mögliche Verschlechterung des Status eines ausgewiesenen Badegewässers	Ja	
	Veränderungen der Trübungswerte während der Bauarbeiten	Ja	
	Mögliche Herabstufung der in der WRRL/RDSM-Richtlinie ausgewiesenen Wasserkörper	Ja	
Hydrogeologie	Nicht zutreffend – Das Attribut wurde nicht übernommen	Nein	Unempfindlich – Für dieses Kriterium gibt es Standortmerkmale, die in die vergleichende Analyse einbezogen wurden
Sozioökonomische Fragen	Beschäftigung	Ja*	Begrenzte Sensibilität für die gewählte Variante
	Tourismus und Freizeitgestaltung	Ja*	Die Unterschiede sind im Wesentlichen standortspezifisch (im Gegensatz zur Subvariante) und können in der vergleichenden Bewertung der Standorte für dieses Kriterium hinreichend erfasst werden
Gesundheit	Nicht zutreffend – Das Attribut wurde nicht übernommen	Nein	Unempfindlich – Für dieses Kriterium gibt es Standortmerkmale, die in die vergleichende Analyse einbezogen wurden
Hochwasserrisiko	Nicht zutreffend – Das Attribut wurde nicht übernommen	Nein	Unempfindlich – Für dieses Kriterium gibt es Standortmerkmale, die in die vergleichende Analyse einbezogen wurden
Lärm und Vibrationen	Veränderung des Lärmpegels – Straßenverkehr	Ja*	Begrenzte Sensibilität für die gewählte Subvariante
	Veränderung des Lärmpegels – Schienenverkehr	Ja*	
	Veränderung der Lärmpegel – Betrieb des KKW	Ja*	

Bereich	Hauptkriterium	Übernommen in die Multikriterienanalyse	Zusätzliche Bemerkungen:
Geologie und Boden	Nicht zutreffend – Das Attribut wurde nicht übernommen	Nein	Unempfindlich – Für dieses Kriterium gibt es Standortmerkmale, die in die vergleichende Analyse einbezogen wurden
PEM und ionisierende Strahlung	Nicht zutreffend – Das Attribut wurde nicht übernommen	Nein	Unempfindlich – Für dieses Kriterium gibt es Standortmerkmale, die in die vergleichende Analyse einbezogen wurden

Quelle: [3]

Tabelle V. 2-14 Ergebnisse der Screening-Analyse der Kriterien in Bezug auf die Standortbedingungen

Bereich	Hauptkriterium	Übernommen in die Multikriterienanalyse	Zusätzliche Bemerkungen:
Raumordnungsplan	Umsetzung des Bauwerkes für die jeweilige Variante des Kühlsystems im Binnenland	Ja	<i>Raumbedingte Standortbeschränkungen, die die Baustrategie beeinflussen</i> , dieses Unterkriterium wurde so geändert, dass man sich speziell auf die Onshore-Elemente der Kühlsystemvariante konzentrieren kann. Sie umfasst eine Bewertung von Bauteilen wie Kühlwasserkanäle, Kühltürme und Entsalzungsanlagen. Die räumlichen Auswirkungen der einzelnen Varianten auf den gesamten Standort wurden ebenfalls analysiert.
	Strategie für den Bau einer spezifischen Kühlsystemvariante im Offshore-Bereich	Ursprünglich nicht in die vergleichende Standortanalyse einbezogen	Ein neues Unterkriterium, das die Strategie für den Bau der Infrastruktur im Offshore-Bereich für jede der Kühlwasservarianten bewertet. Das Hauptkriterium für dieses Unterkriterium sind die Unterschiede bezogen auf die Bautechnologien für die einzelnen Kühloptionen aufgrund des Durchmessers und der Länge der Tunnel, der Anzahl der Tunnel und des Wasserentnahmebauwerkes.
	Zusätzliche Anforderungen an die Standortlogistik für die Kühlsystemvariante	Ja	<i>Räumliche Beschränkungen des Standortes, die sich auf die Standortlogistik auswirken</i> : Dieses Unterkriterium wurde so geändert, dass man sich speziell auf zusätzliche Anforderungen an die Standortlogistik konzentrieren kann, die über den Bau der Nuklearinsel und der sonstigen Kraftwerksanlagen hinausgehen. Balance of Plant), die für jede Kühlsystemvariante ermittelt wird. Bei diesem Unterkriterium werden zusätzliche Straßen, Büro- und Sozialeinrichtungen, Straßen- und Bahnanlagen am Standort, Betonmischanlagen, Anlagen zur Herstellung von Betonfertigteilen (PCC), Abfallentsorgung und zusätzlicher Materialtransport untersucht. Der Begriff „am Standort“ ist definiert als „innerhalb der Erschließungsgrenzen des

Bereich	Hauptkriterium	Übernommen in die Multikriterienanalyse	Zusätzliche Bemerkungen:
			Standortes“, während Aktivitäten außerhalb dieses Bereiches nicht analysiert werden und als „außerhalb des Standortes“ bezeichnet werden.
Vorbereitung des Standortes	Aufräumen des Standortes	Nein	Die Reinigung des Standortes gilt nicht als Unterscheidungsmerkmal zwischen den Kühlsystemvarianten. Unabhängig von der gewählten Variante ist die gleiche Reinigung des Standortes erforderlich – Für dieses Kriterium gibt es Standortmerkmale, die bei der vergleichenden Analyse berücksichtigt wurden
	Zusätzliche Aktivitäten zur Vorbereitung des Standortes für die Kühlsystemvariante	Ja*	<i>Vorbereitende Arbeiten</i> , dieses Unterkriterium wurde so geändert, dass man sich speziell auf die vorbereitenden Tätigkeiten am Standort im Zusammenhang mit den Kühlsystemen konzentrieren kann. Die Analyse wird das Ausmaß und das Risiko zusätzlicher Maßnahmen beinhalten, die erforderlich sind, um den Bau einer bestimmten Kühlsystemvariante zu beginnen. Dazu gehören der Bau eines TBM-Startschachtes, die Vorbereitung eines Trockendocks, Standorte für die Montage eines Entsalzungsblocks, die Einrichtung von Anlagen für die Herstellung kundenspezifischer vorgefertigter Segmente oder von Betonmischanlagen.
	Bereitstellung von zusätzlichen vorläufigen Versorgungsmedien / Leistungen	Ja*	<i>Bereitstellung von vorläufigen Versorgungsmedien und Leistungen für die Umsetzung der Investition</i> : Dieses Unterkriterium wurde so geändert, damit man sich speziell auf die Bereitstellung von zusätzlichen vorläufigen Versorgungsmedien und Leistungen konzentrieren kann, die für den Bau jeder einzelnen Kühlsystemvariante erforderlich sind. Die Sensibilität für die gewählte Variante ist begrenzt. Die Analyse wird die Mengen von zusätzlichem Strom, Wasser, Kommunikation und Regenwasserableitung sowie die mit ihrer Bereitstellung verbundenen Risiken umfassen.
Aushub und Fundamente	Durchführung von Erdarbeiten	Ja	Die Analyse konzentriert sich auf die Bilanz der Erdarbeiten, das Volumen des transportierten Materials multipliziert mit der zurückgelegten Entfernung, die Materialtransportwege, die Lagerorte, die Erdarbeiten und die Erdbaumethoden für jede Kühlsystemvariante. Dabei wird auch berücksichtigt, ob die für eine bestimmte Kühlsystemvariante erforderlichen



Bereich	Hauptkriterium	Übernommen in die Multikriterienanalyse	Zusätzliche Bemerkungen:
			Erdarbeiten innerhalb des vorgeschlagenen Bauzeitplans abgeschlossen werden können.
	Vorläufige Arbeiten	Ja	Die Analyse konzentriert sich auf den Umfang und die Komplexität der erforderlichen vorläufigen Arbeiten, die mit jeder Kühlsystemvariante verbunden sind. Zu den erwogenen vorläufigen Arbeiten gehören die Rückhaltung des Aushubs, die Entwässerung sowie die Verhinderung von Kontaminationen.
	Aushub und Fundamente außerhalb der Nuklearinsel	Ja	Die Analyse konzentriert sich auf den Aushub und die Fundamente, die für jede der Kühlsystemvarianten erforderlich sind. Zu den Kriterien gehören auch die Größe und die Komplexität der erforderlichen Bodenbewehrung.
Logistik außerhalb des Standortes	Quelle des Standortes	Nein	Nicht übernommen, da es keine signifikanten spezifischen Faktoren für die Subvarianten gibt, die nicht bereits in der vergleichenden Standortstudie analysiert wurden.
	Verfügbarkeit des Standortes	Nein	Für die Vorbereitung des Standortes werden in der Regel alle Verkehrsmittel benötigt, so dass die Erreichbarkeit des Standortes per Straßen-, Schienen- und Wasserverkehr nicht als Unterscheidungsmerkmal zwischen den Subvarianten gilt. Für dieses Kriterium gibt es jedoch Standortmerkmale, die in die SCS aufgenommen wurden.
Ständige Arbeiten	Übertragung von elektrischer Energie vom Standort aus	Nein	Die Übertragung elektrischer Energie wird im Allgemeinen für die Standortvorbereitung erforderlich sein und gilt nicht als Unterscheidungsmerkmal zwischen den Subvarianten. Für dieses Kriterium gibt es jedoch Standortmerkmale, die in die SCS aufgenommen wurden.
	Auswirkungen im Zusammenhang mit der Effizienz/dem Betrieb des Kernkraftwerkes	Nein	Die Auswirkungen auf die Effizienz bzw. den Betrieb des Kernkraftwerkes wurden durch das OPEX- und CAPEX-Kriterium ersetzt, mit dem die Unterschiede zwischen den Subvarianten ermittelt wurden.
	Fläche für ca. 3000 MW	Nein	Es stellte sich heraus, dass eine Infrastruktur für rund 3000 MW auf allen Grundstücken errichtet werden kann.
	Bereitstellung der Kühlwasserinfrastruktur (CW)	Nein	Dieses Kriterium wurde durch die MCA-Analyse ersetzt.
	Grunddienstbarkeiten	Nein	Die Varianten enthalten keine Bestandteile, die Grunddienstbarkeiten betreffen würden;

Bereich	Hauptkriterium	Übernommen in die Multikriterienanalyse	Zusätzliche Bemerkungen:
Standortbezogene Faktoren			Dies gilt nicht als Unterscheidungsmerkmal zwischen den Subvarianten. Für dieses Kriterium gibt es jedoch Standortmerkmale, die in die SCS aufgenommen wurden.
	Genehmigungen	Nein	Genehmigungen sind keine geeignete Kategorie für die Bedingungen im Rahmen der MCA-Analyse. Für dieses Kriterium gibt es jedoch Standortmerkmale, die in die SCS aufgenommen wurden.
	Lokale und nationale Genehmigungen	Nein	Es kann Unterschiede bei den erforderlichen Genehmigungen für die verschiedenen Subvarianten geben, aber im Vergleich zur Gesamtzahl der erforderlichen Genehmigungen sind diese Unterschiede zu gering, um berücksichtigt zu werden. Dieses Kriterium wurde nicht in die Multikriterienanalyse übernommen.
	Auflösung	Ja*	Beschränkte Analyse der Komplexität, die mit dem Wegfall der Subvarianten verbunden ist. Dieses Kriterium setzt voraus, dass der Zustand des Standortes vor dem Bau wiederhergestellt werden muss.
	Eigentum am Standort	Nein	Das für den Bau des Kernkraftwerkes benötigte Gelände muss für dessen Realisierung erworben werden; die Wahl der Kühlungsvariante hat hierauf keinen Einfluss. Das Eigentum am Standort wird daher nicht als Unterscheidungsmerkmal zwischen den Varianten betrachtet. Für dieses Kriterium gibt es jedoch Standortmerkmale, die in die SCS aufgenommen wurden.

Quelle: [4]

Tabelle V. 2-15 Ergebnisse der Screening-Analyse der Kriterien in Bezug auf die Standortbedingungen

Kriterien	Unterkriterien	Übernommen in MCA	Zusätzliche Bemerkungen:
Externe Naturgefahren	Seismizität	Ja*	Potenziell empfindlich gegen die gewählte Variante
	Meteorologisch	Ja*	Begrenzte Sensibilität für die gewählte Variante Es gibt beschränkte Standortmerkmale für diese meteorologische Gefahren, die in der Benchmarking-Analyse berücksichtigt werden. Die Umsetzung der Kühlungsvarianten in den verschiedenen Subvarianten ist empfindlich gegen die Lufttemperatur.
	Hochwasser	Nein	Bei den Hochwasserrisiken gibt es Standortmerkmale, die in der vergleichenden Analyse berücksichtigt werden. Die

Kriterien	Unterkriterien	Übernommen in MCA	Zusätzliche Bemerkungen:
			Unterschiede zwischen den Subvarianten beeinflussen diese Gefahr nicht.
	Geologisch und geotechnisch	Ja	Es kommt auf die gewählte Variante an.
Externe Gefahren, die Folge der menschlichen Aktivität sind	Stationäre Gefahren	Nein	Es gibt beschränkte Standortmerkmale für diese Gefahren, die in der Benchmarking-Analyse berücksichtigt werden. Die Unterschiede zwischen den Subvarianten beeinflussen diese Gefahr nicht.
	Mobile Gefahren	Nein	Es gibt beschränkte Standortmerkmale für diese Gefahren, die in der Benchmarking-Analyse berücksichtigt werden. Die Unterschiede zwischen den Subvarianten beeinflussen diese Gefahr nicht.
Radiologische Auswirkungen	Meteorologische und radiologische Auswirkungen	Nein	Unempfindlich – Es gibt Standortmerkmale für radiologische Auswirkungen, die in der vergleichenden Analyse berücksichtigt werden.
	Bevölkerung		
Notfallplan	Notfallplan	Nein	Die Notfallplanung bezieht sich nicht auf die Subvarianten.

Quelle: [4]

### V.2.3.6.2 Finanzielle Bedingungen

CAPEX – Dieser Bereich bezieht sich auf die Faktoren, die die Investitionsausgaben (CAPEX) im Zusammenhang mit einer bestimmten Kühlwasservariante beeinflussen. CAPEX sind Geldmittel, die für den Erwerb, den Bau und die Inbetriebnahme der Sachanlagen in Bezug auf die verschiedenen Subvarianten, wie Kühltürme, eine Entsalzungsanlage oder die Infrastruktur im Offshore-Bereich, ausgegeben werden. Der CAPEX-Betrag ist für jede Subvariante unterschiedlich und stellt daher ein Unterscheidungsmerkmal zwischen ihnen dar.

OPEX – Dieser Bereich bezieht sich auf die Faktoren, die die Betriebskosten (OPEX) im Zusammenhang mit einer bestimmten Kühlwasservariante beeinflussen. Bei den OPEX-Kosten handelt es sich um die laufenden Kosten, die mit dem Betrieb der Anlagen in den betreffenden Subvarianten verbunden sind, wie z. B. Kühltürme, Entsalzungsanlagen und Infrastruktur im Offshore-Bereich. Der OPEX-Betrag ist für jede Subvariante unterschiedlich und stellt daher ein Unterscheidungsmerkmal zwischen ihnen dar.

Die Kriterien für CAPEX/OPEX sind in der Tabelle [Tabelle V.2-16] enthalten.

Tabelle V. 2-16 CAPEX- und OPEX-Kriterien

Bereich	Hauptkriterium	Zusätzliche Bemerkungen:
CAPEX	Beton- und Bewehrungsstahlmengen	Je mehr Beton und Bewehrungsmaterial für den Bau einer bestimmten Variante erforderlich ist, desto höher sind in der Regel die direkten und indirekten Baukosten, z. B. für Kühltürme werden wesentlich mehr Beton und Bewehrungsstahl als für offene Kühlkanäle benötigt.
	Merkmale, die die Betriebszeit beschränken	Sie berücksichtigen die voraussichtliche Betriebszeit des Kernkraftwerkes und die Notwendigkeit, wichtige Ausrüstungen (Kühlturm, Ausrüstung der Entsalzungsanlage, große Pumpen im Zusammenhang mit dem Kühlsystem) der Kühlungsvariante während der 60-jährigen Betriebszeit des Kernkraftwerkes zu ersetzen.

Bereich	Hauptkriterium	Zusätzliche Bemerkungen:
	Mit der Inbetriebnahme zusammenhängende Aufwendungen	Bewertung der Komplexität der Mechanik, Elektrik, Instrumentierung, Steuerung, Automatisierung und Prozesse, die mit jeder Kühlungsvariante verbunden sind. Insbesondere im Hinblick auf die Komplexität der Inbetriebnahme und der Inbetriebnahme der einzelnen Subvarianten.
Effizienz der Anlage (OPEX)	Elektrische Nettoleistung	Berücksichtigt die Auswirkungen der Betriebskosten der einzelnen Kühlungsvarianten in Bezug auf den Energieverbrauch und die Bedeutung für die Nettostromeinspeisung ins Netz.
	Der Verfügbarkeitsfaktor (Faktor, der sich auf den laufenden Betrieb bezieht)	Etwaige Unterschiede zwischen den Kühlungsvarianten in Bezug auf den Verfügbarkeitsfaktor des Kernkraftwerkes wurden analysiert (z. B. ob es sinnvoll wäre, den Betrieb des KKW in den Sommermonaten aufgrund hoher See-/Lufttemperaturen auszusetzen).
	Großhandelsverbrauch von Chemikalien	Dieses Kriterium berücksichtigt die großen Mengen von Chemikalien, die für den Betrieb der einzelnen Kühlungsvarianten erforderlich sind.
	Anzahl der Mitarbeiter beim Betrieb	Dieses Kriterium berücksichtigt die Unterschiede in der Anzahl der Beschäftigten während des Betriebs der verschiedenen Kühlungsvarianten.

Quelle: [4]

### V.2.3.7 Zugeordnete Gewichte

#### Gewichtung der Kriterien der Stufe 1

Die für die Kriterien der Stufe 1 (Themenbereiche der Bewertung) erhaltenen Gewichtungen sind in der Tabelle [Tabelle V.2-17] zusammengefasst. Es wurden zwei verschiedene Perspektiven angewandt, um die technisch und finanziell beste Variante (auch als bevorzugte Variante des Auftraggebers bezeichnet) und die umweltfreundlichste Variante zu ermitteln.

Tabelle V. 2-17 Gewichtung der Kriterien der Stufe 1 (Themenbereiche der Bewertung)

Perspektive	Ökologische und sozioökonomische Aspekte	Aspekte im Zusammenhang mit den Standortbedingungen und dem Kernkraftwerk	Finanzielle Aspekte	Summe
Die bevorzugte Variante des Investors	20%	20%	60%	100%
Vernünftige Variante, die für die Umwelt am günstigsten ist	60%	20%	20%	100%

Quelle: [4]

#### Gewichtung der Kriterien der Stufe 2

Die Bedeutung der Kriterien der Stufe 2 (Attribute) wurde nach demselben Ansatz entwickelt, und die Gewichtungen sind in den Tabellen [Tabelle V.2-18] bzw. [Tabelle V.2-19] für jedes Kriterium der Stufe 2 (Themenbereiche der Bewertung) enthalten.

Tabelle V. 2-18 Gewichtung der Kriterien der Stufe 2 (Bereiche) – Ökologische und sozioökonomische Aspekte

Hauptkriterium	Masse
Biologische Vielfalt	13,19%
Meeres- und Küstengeomorphologie	6,48%
Klima und Kohlenstoffemissionen	3,29%
Luftqualität	5,41%
Landschaft und visuelle Vorteile	4,27%
Hydrologie	11,91%
Beschaffenheit des Meerwassers	13,05%
Sozioökonomische Bedingungen	6,38%
Lärm und Vibrationen	3,30%
Elektromagnetische Feldstärke und ionisierende Strahlung	2,62%
Geologie und Böden	4,69%
Hochwasserrisiko	7,21%
Menschliche Gesundheit und Lebensqualität	7,64%
Hydrologie (Grundwasser)	7,82%
Historisches Umfeld	2,74%
Summe	100%

Quelle: [4]

Der Konformitätsfaktor, der sich aus der Gewichtung der Kriterien der Stufe 2 für ökologische und sozioökonomische Aspekte ergibt, beträgt 7% und liegt damit unter der Obergrenze des Konformitätsfaktors von 10% gemäß dem Bericht über die bewährte Multikriterienanalyse (MCDA) [18].

Tabelle V. 2-19 Gewichtung der Kriterien der Stufe 2 (Bereiche) – Aspekte, die sich auf den Standort und die technischen Bedingungen des Kernkraftwerkes beziehen

Hauptkriterium	Masse
Raumordnungsplan für den Standort	9,08%
Vorbereitung des Standortes	7,49%
Aushub und Fundamente	32,08%
Logistik außerhalb des Standortes	7,48%
Ständige Arbeiten	17,42%
Standortbezogene Aspekte	10,24%
Genehmigungen	7,60%
Lokale und nationale Genehmigungen	6,47%
Auflösung	2,14%
Summe	100%

Quelle: [4]

Der Konformitätsfaktor, der sich aus der Gewichtung der Kriterien der Stufe 2 in Bezug auf die Aspekte des Standortes und der technischen Bedingungen des KKW ergibt, beträgt 4% und liegt damit unter der Obergrenze des Konformitätsfaktors von 10% gemäß der bewährten Praxis der Multikriterienanalyse – MCDA in dem Bericht [18].

### Gewichtung der Kriterien der Stufe 3

Es wurde davon ausgegangen, dass die Gewichtung innerhalb jedes Kriteriums der Stufe 3 (Unterkriterien) im Zusammenhang mit dem Attribut von gleicher Bedeutung ist. So würde jedes der beiden Unterkriterien eines Attributs (z. B. landschaftliche Auswirkungen und visuelle Auswirkungen) mit 50% (d. h. 1/2 der Gesamtgewichtung des Attributs) gewichtet, während bei einem Attribut mit vier Unterkriterien (z. B. Logistik außerhalb des Standortes) jedes Unterkriterium mit 25% (d. h. 1/4 der Gesamtgewichtung des Attributs) gewichtet würde.

### Gewichtung der CAPEX- und OPEX-Kosten

Da es für die finanziellen Aspekte nur zwei Attribute gibt, ist es nicht möglich, einen Best-Practice-Paarvergleich durchzuführen. Die unten dargestellte Gewichtung der CAPEX- und OPEX-Ausgaben zeigt, dass die CAPEX-Ausgaben für das Vorhaben im Durchschnitt über die Lebensdauer der Anlage etwa die Hälfte der sonstigen jährlichen Kostenbestandteile darstellen. Darüber hinaus wurden die OPEX-Kriterien in ein Kriterium, das sich auf die jährlichen Betriebskosten bezieht, und zwei Kriterien, die sich auf die jährlichen Einnahmen beziehen (elektrische Nettoleistung und Verfügbarkeitsfaktor), unterteilt. Betrachtet man sie zusammen, so wird das relative Gewicht der CAPEX gegenüber der OPEX auf 10:90 geschätzt, und innerhalb der OPEX beträgt das relative Gewicht der jährlichen Betriebsausgaben gegenüber der Nettostromerzeugung und dem Verfügbarkeitsfaktor 20:40:40.

Tabelle V. 2-20 Gewichtung der Kriterien der Stufe 2 (Bereiche). Finanzielle Aspekte

Hauptkriterium	Masse
CAPEX	10%
OPEX	90%
Summe	100%

Quelle: [4]

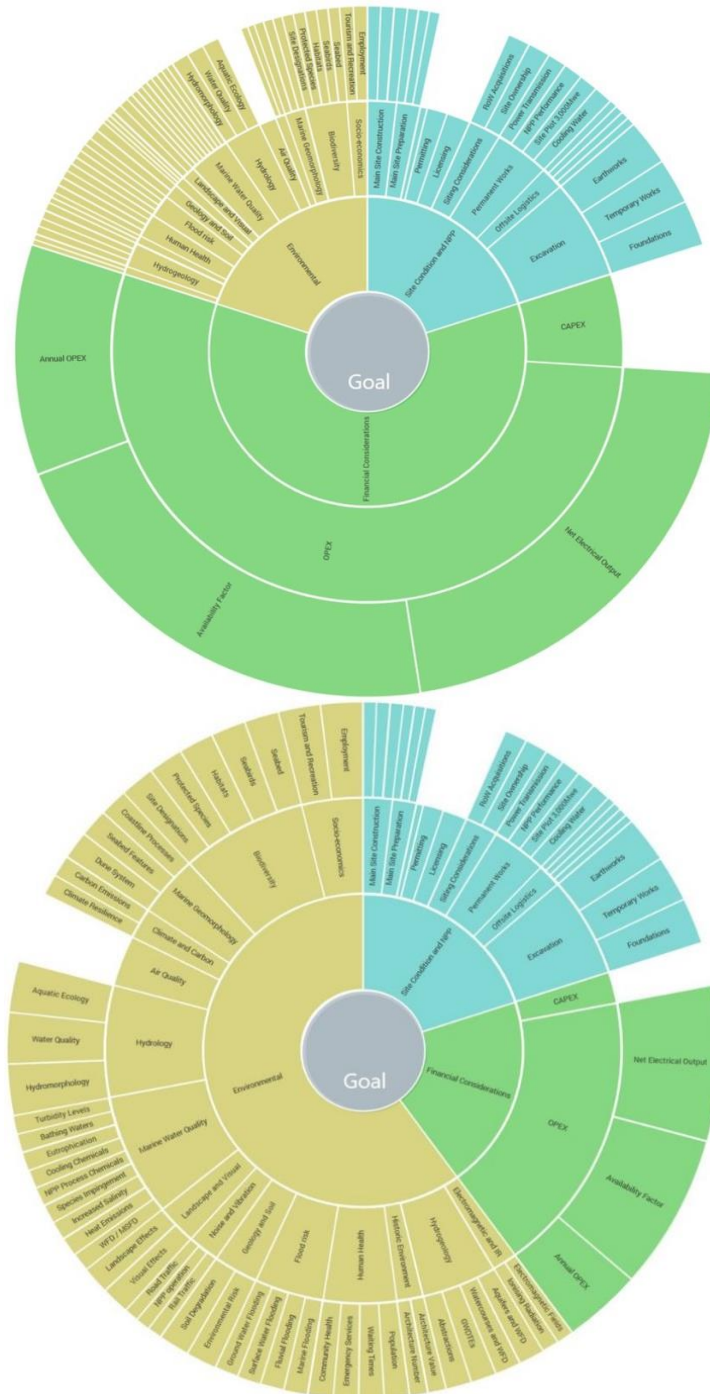
Tabelle V. 2-21 Gewichtungen für die Kriterien der Stufe 3 (Unterkriterien) – Betriebsausgaben (OPEX)

OPEX-Unterkriterien	Masse
Elektrische Nettoleistung	40%
Verfügbarkeitsfaktor	40%
Jährliche OPEX-Ausgaben	20%
Summe	100%

Quelle: [4]

**Gewichte insgesamt**

Gesamtgewichte für: die „vom Investor bevorzugte Variante“ und die „vernünftige Variante, die für die Umwelt am günstigsten ist“ werden im Folgenden dargestellt



Die Übersetzungen des Diagramms sind in der Tabelle [Tabelle V.2-24] aufgeführt

Abbildung V.2-10 Kreisdiagramm der Gewichtung der Kriterien: die technisch und finanziell beste Variante (vom Investor vorgeschlagene Variante) (oben) und die vernünftigste Variante, die für die Umwelt am günstigsten ist (unten).

Quelle: [4]

## V.2.3.8 Ergebnisse der Multikriterienanalyse

### V.2.3.8.1 Vernünftige Variante, die für die Umwelt am günstigsten ist

Die Ergebnisse der Umweltleistung sind in der Tabelle [Tabelle V.2-22] dargestellt.

Tabelle V. 2-22 Ergebnisse der Multikriterienanalyse, Perspektive: Vernünftige Variante, die für die Umwelt am günstigsten ist

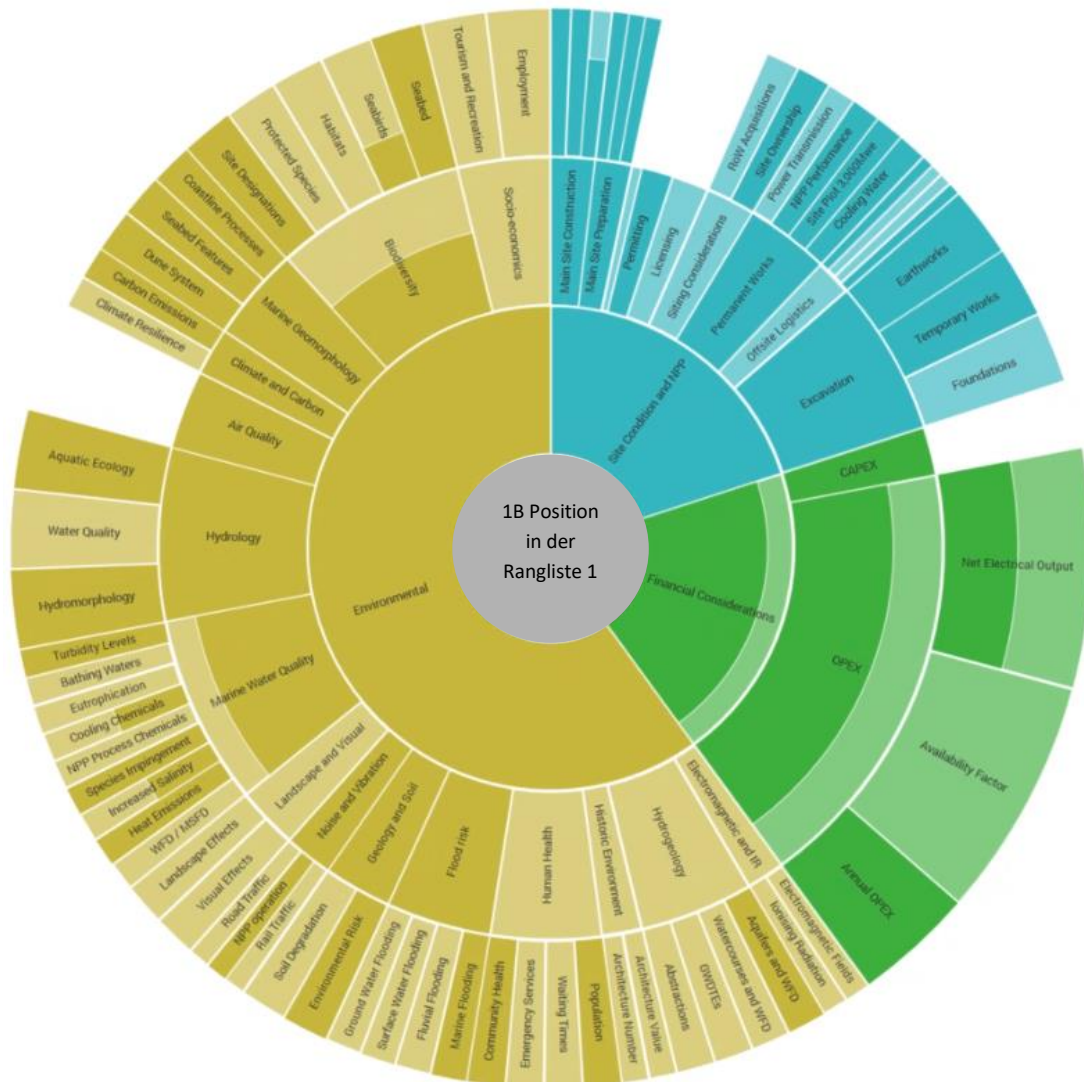
Technische Variante	Vernünftige Variante, die für die Umwelt am günstigsten ist	Position in der Rangliste
Variante 1A – L-K – offenes Kühlsystem unter Einsatz von Meerwasser	99	2
Variante 1B – L-K – geschlossenes Kühlsystem (Brackwasser) unter Einsatz von Meerwasser	100	1
Variante 1C – L-K – geschlossenes Kühlsystem unter Einsatz von entsalztem Wasser	35	4
Variante 2A – ŽA – geschlossenes Kühlsystem (Brackwasser) unter Einsatz von Meerwasser	65	3
Variante 2B – ŽA – geschlossenes Kühlsystem unter Einsatz von entsalztem Wasser	0	5

Quelle: [4]

#### V.2.3.8.1.1 Rangfolge der Subvarianten

Die Analyse ergab, dass die Subvarianten 1A [Abbildung V.2-12] und 1 B [Abbildung V.2-11] in Bezug auf die Umwelt die besten Ergebnisse erzielen, wobei die Subvariante 1B insgesamt eine etwas bessere Umweltleistung aufweist. Dies liegt vor allem an den geringeren Auswirkungen der Subvariante des geschlossenen Kühlsystems auf die Meerwasserqualität aufgrund der geringeren Wasseraufnahme und der geringeren Gesamtwärmebelastung des abgeleiteten Kühlwassers. Die Subvarianten 1C [Abbildung V.2-14] und 2B [Abbildung V.2-15] sind die Subvarianten mit der schwächsten Leistung an jedem Standort aufgrund von Problemen wie z.B. höherer Energieverbrauch, höhere chemische Belastung und Salzgehalt der Abwässer in der Meeresumwelt. Die Subvariante 2A fällt bei einer Reihe von Kriterien gut aus. Wie in [Kapitel V.2.2] dargelegt, übertrifft jedoch die Variante 1 – Standort Lubiatowo-Kopalino – die Variante 2 – Standort Żarnowiec – in den entsprechenden Subvarianten in Bezug auf mehrere Kriterien.





Teilweise schattiertes Kriterium – Punktzahlbewertung zwischen höchster und niedrigster

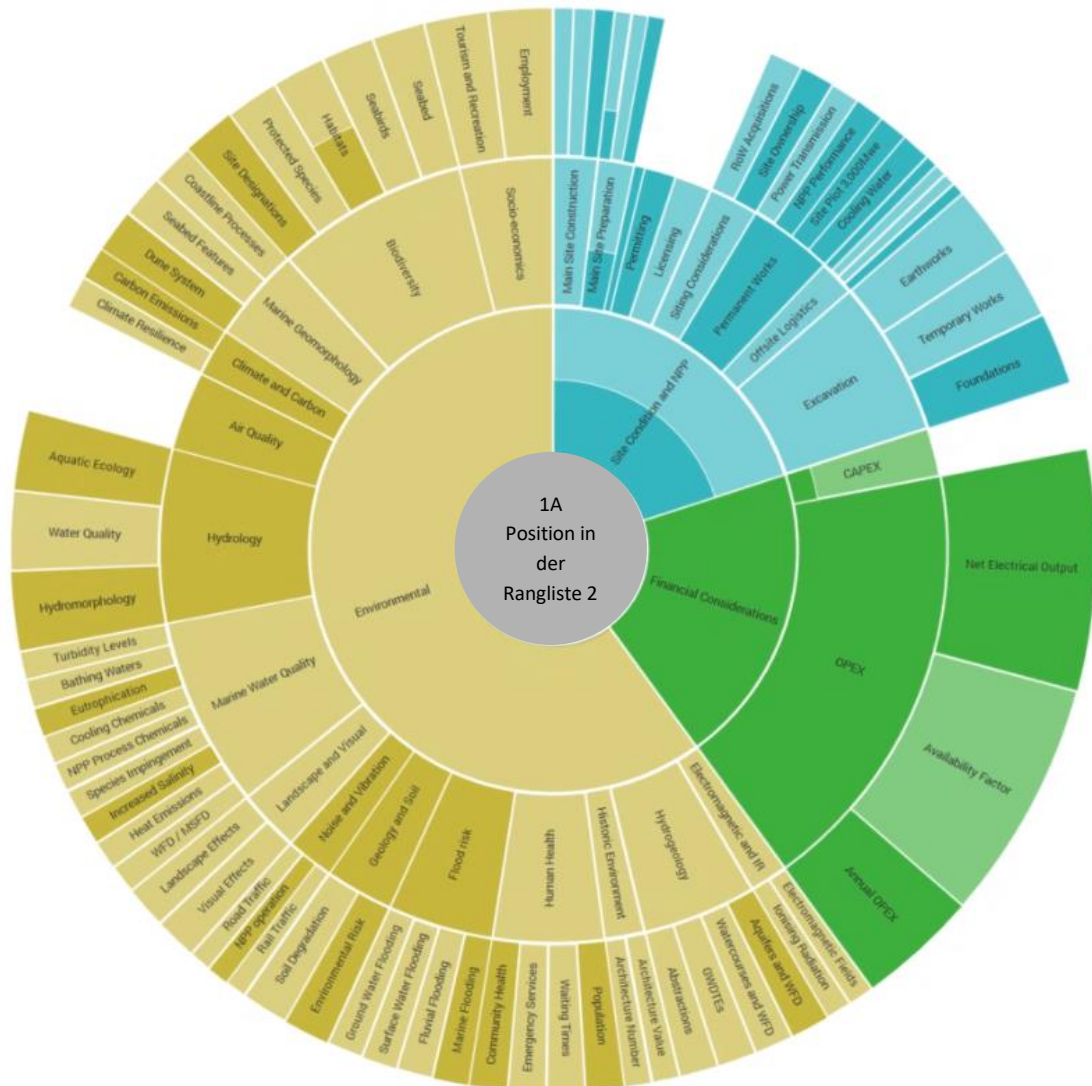
Unschattiertes Kriterium – niedrigste/niedrigste Gesamtpunktzahlbewertung

Vollständig schattiertes Kriterium – höchste Punktzahl-/ höchste Gesamtpunktzahlbewertung

Die Übersetzungen des Diagramms sind in der Tabelle [Tabelle V.2-24] aufgeführt

Abbildung V.2-11 Hierarchisches Ringdiagramm der DecisionVue-Ergebnisse – Perspektive: Vernünftige Variante, die für die Umwelt am günstigsten ist – Position 1: Subvariante 1B

Quelle: [4]



Teilweise schattiertes Kriterium – Punktzahlbewertung zwischen höchster und niedrigster

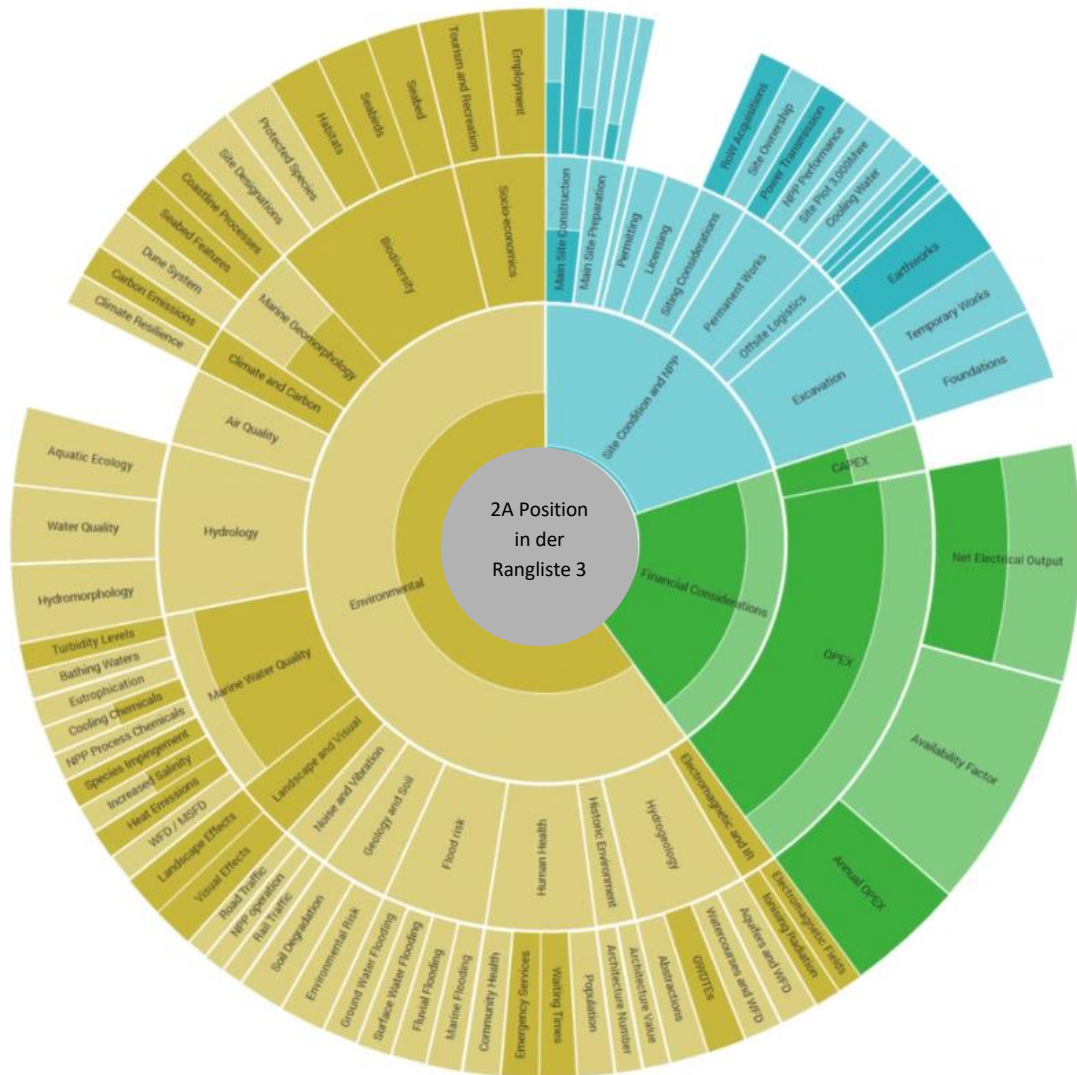
Unschattiertes Kriterium – niedrigste/niedrigste Gesamtpunktzahlbewertung

Vollständig schattiertes Kriterium – höchste Punktzahl-/ höchste Gesamtpunktzahlbewertung

Die Übersetzungen des Diagramms sind in der Tabelle [Tabelle V.2-24] aufgeführt

Abbildung V.2-12 Hierarchisches Ringdiagramm der DecisionVue-Ergebnisse – Perspektive: Vernünftige Variante, die für die Umwelt am günstigsten ist – Position 2: Subvariante 1A

Quelle: [4]



Teilweise schattiertes Kriterium – Punktzahlbewertung zwischen höchster und niedrigster

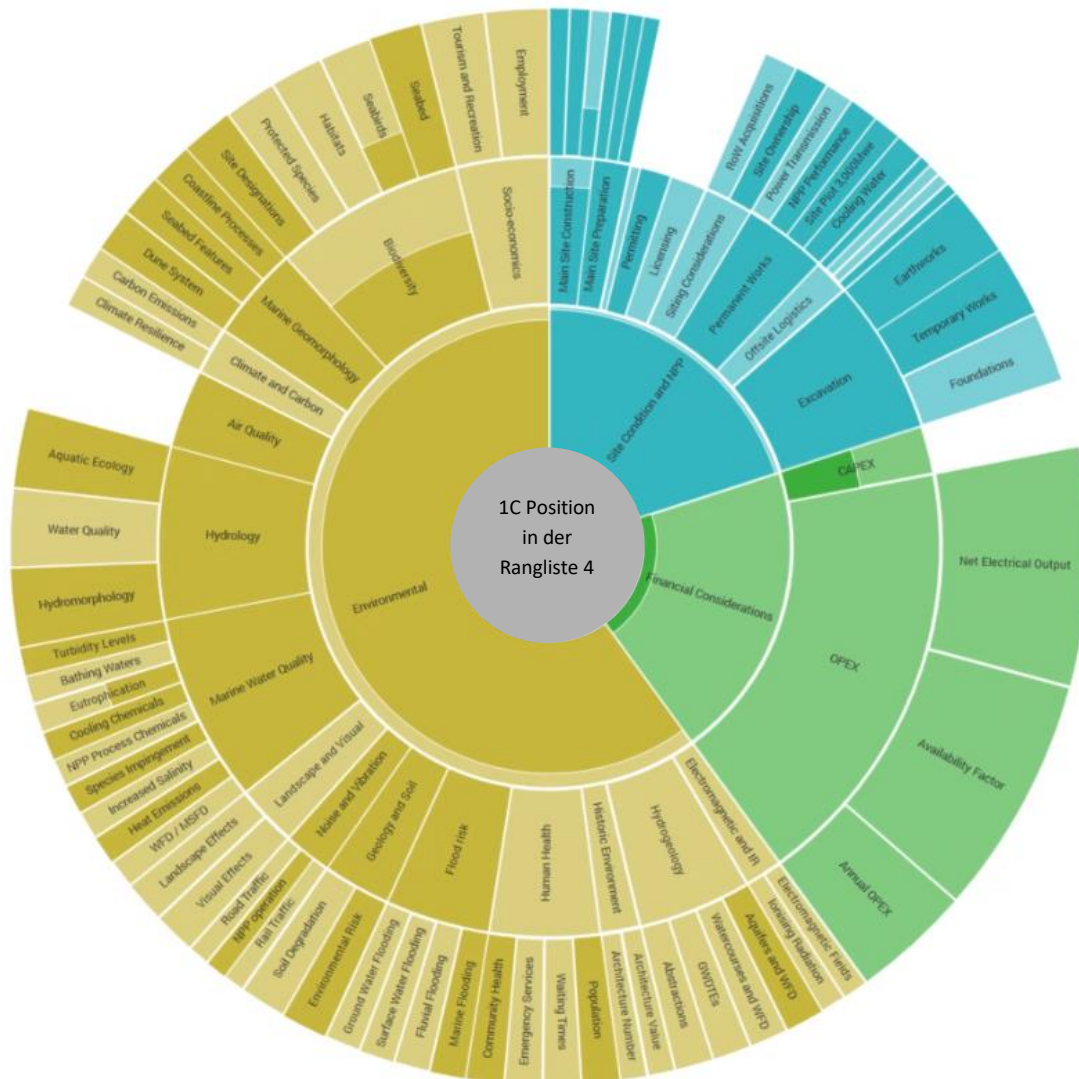
Unschattiertes Kriterium – niedrigste/niedrigste Gesamtpunktzahlbewertung

Vollständig schattiertes Kriterium – höchste Punktzahl-/ höchste Gesamtpunktzahlbewertung

Die Übersetzungen des Diagramms sind in der Tabelle [Tabelle V.2-24] aufgeführt

Abbildung V.2-13 Hierarchisches Ringdiagramm der DecisionVue-Ergebnisse – Perspektive: Vernünftige Variante, die für die Umwelt am günstigsten ist – Position 3: Subvariante 2A

Quelle: [4]



Teilweise schattiertes Kriterium – Punktzahlbewertung zwischen höchster und niedrigster

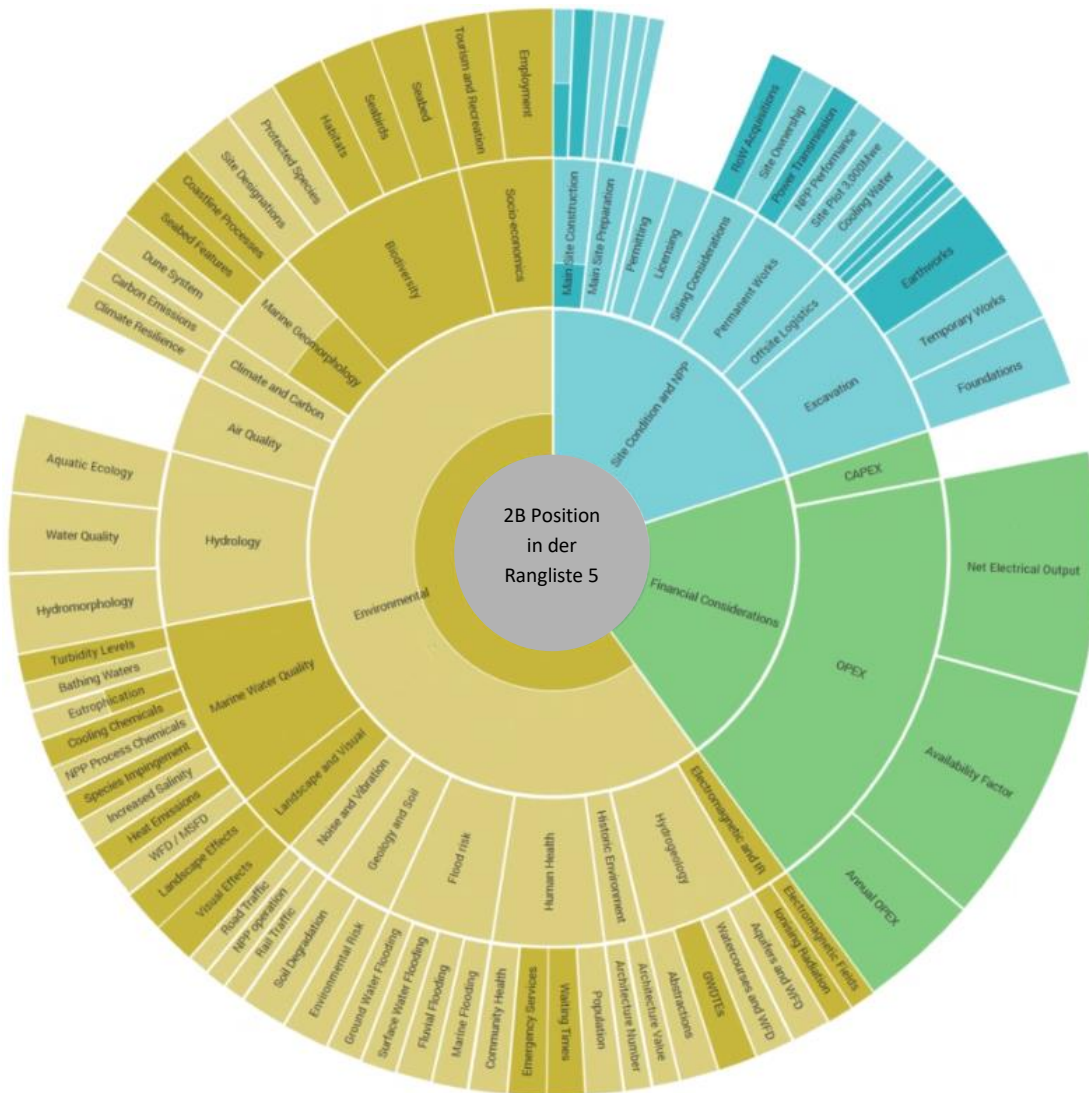
Unschattiertes Kriterium – niedrigste/niedrigste Gesamtpunktzahlbewertung

Vollständig schattiertes Kriterium – höchste Punktzahl-/ höchste Gesamtpunktzahlbewertung

Die Übersetzungen des Diagramms sind in der Tabelle [Tabelle V.2-24] aufgeführt

Abbildung V.2-14 Hierarchisches Ringdiagramm der DecisionVue-Ergebnisse – Perspektive: Vernünftige Variante, die für die Umwelt am günstigsten ist – Position 4: Subvariante 1C

Quelle: [4]



Teilweise schattiertes Kriterium – Punktzahlbewertung zwischen höchster und niedrigster

Unschattiertes Kriterium – niedrigste/niedrigste Gesamtpunktzahlbewertung

Vollständig schattiertes Kriterium – höchste Punktzahl-/ höchste Gesamtpunktzahlbewertung

Die Übersetzungen des Diagramms sind in der Tabelle [Tabelle V.2-24] aufgeführt

Abbildung V.2-15 Hierarchisches Ringdiagramm der DecisionVue-Ergebnisse – Perspektive: Vernünftige Variante, die für die Umwelt am günstigsten ist – Position 5: Subvariante 2B

Quelle: [4]

### V.2.3.8.1.2 Sensitivitätsanalyse

Aufgrund der ähnlichen Ergebnisse für die Subvarianten 1A und 1B wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, bei der Faktoren berücksichtigt wurden, die die einzelnen Punktzahlen für die Kriterien oder die Gewichtung der Kriterien untereinander verändern könnten.

In der gesamten Analyse wurde davon ausgegangen, dass der Bau der Kühlwasserinfrastruktur in der Methode des Absenktunnels/offenen Grabens erfolgen wird. Studien zufolge hat diese Bauweise größere Auswirkungen auf die Umwelt als andere Tunnelbautechniken. Es wurde daher geprüft, ob eine alternative Bauweise die relative Punktzahlbewertung der Subvarianten 1A und 1B verändern würde. Die Analyse der wichtigsten

Unterscheidungsmerkmale zwischen den Subvarianten zeigte aber, dass die Hauptunterschiede zwischen diesen beiden Subvarianten eher in den Auswirkungen während der Betriebsphase als in der Bauphase liegen und dass diese durch eine Änderung der Konstruktionsannahmen nicht verändert werden.

Die Sensitivitätsanalyse zeigte, dass die Bewertung der Umweltverträglichkeit von der verwendeten Gewichtung abhängt und dass die Subvariante 1A bei einer Reihe von Kriterien, die gering gewichtet wurden, die besten Ergebnisse erzielt. Diese Kriterien beziehen sich jedoch auf einige der offensichtlichsten Auswirkungen des Vorhabens (z. B. visuelle Vorteile, Verkehr während der Bauphase und Lärm). Infolgedessen können diese Kriterien von der Öffentlichkeit als aussagekräftiger angesehen werden, was zu einer größeren Akzeptanz der Subvariante 1A im Vergleich zur Subvariante 1B führt.

### V.2.3.8.2 Die bevorzugte Variante des Investors

Die Ergebnisse sind in der Tabelle [Tabelle V.2-23] dargestellt.

Tabelle V. 2-23 Ergebnisse der Multikriterienanalyse, Perspektive – vom Investor bevorzugte Variante

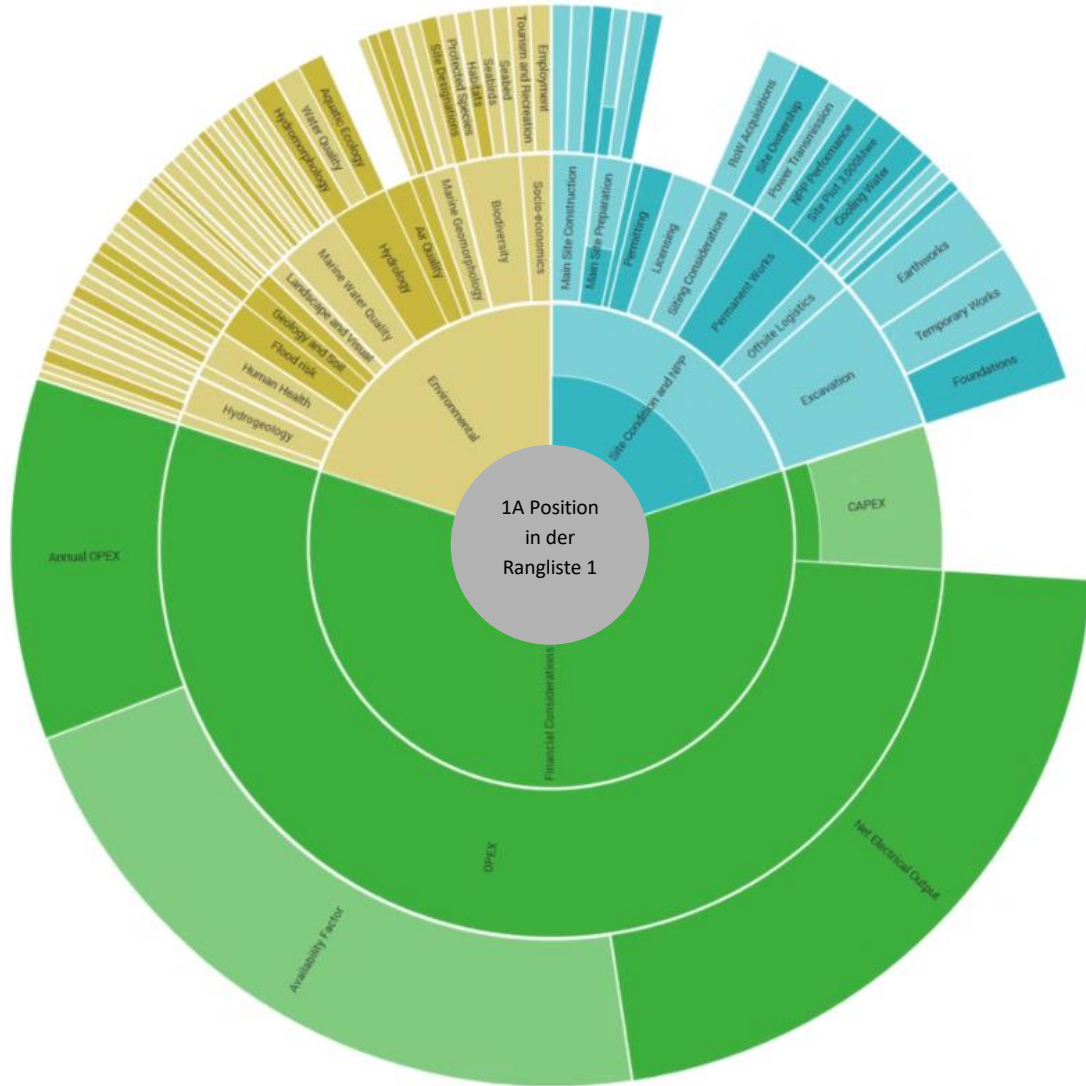
Technische Varianten und Subvarianten	Technische und finanzielle Effizienz	Position in der Rangliste
Variante 1A – L-K – offenes Kühlsystem unter Einsatz von Meerwasser	100	1
Variante 1B – L-K – geschlossenes Kühlsystem (Brackwasser) unter Einsatz von Meerwasser	85	2
1C – L-K – geschlossenes Kühlsystem unter Einsatz von entsalztem Wasser	17	4
Variante 2A – ŽA – geschlossenes Kühlsystem (Brackwasser) unter Einsatz von Meerwasser	67	3
Variante 2B – ŽA – geschlossenes Kühlsystem unter Einsatz von entsalztem Wasser	0	5

Quelle: [4]

#### V.2.3.8.2.1 Rangfolge der Subvarianten

Die Analyse ergab, dass die Subvarianten 1A [Abbildung V.2-16] und 1B [Abbildung V.2-17] in technischer und finanzieller Hinsicht die besten Ergebnisse erzielen. Die Subvariante 1A ist besser als die Subvariante 1B, trotz der höheren Bauanforderungen und der damit verbundenen höheren CAPEX-Schätzung. Diese höhere Position hängt mit der höheren Nettostromerzeugung in der Subvariante 1A zusammen, die sich in einem höheren Einkommenspotenzial während der Betriebszeit des Kernkraftwerkes niederschlägt, wodurch die anfänglich höheren CAPEX-Ausgaben ausgeglichen werden. Die Subvariante 2A [Abbildung V.2-18] fällt aufgrund höherer CAPEX- und OPEX-Kosten im Zusammenhang mit dem Bau und dem Betrieb einer separaten Pumpstation und eines etwa 10 km langen Korridors für die Kühlwasserzuleitung schlechter als die gleichwertige Subvariante 1B aus.

Die Subvarianten 1C [Tabelle V.2-24] [Abbildung V.2-19] und 2B [Abbildung V.2-20] erzielen die schlechtesten Ergebnisse, da die CAPEX- und OPEX-Ausgaben für große Entsalzungsanlagen bei diesen Subvarianten erheblich sind. Die Subvariante 1C ist aus denselben Gründen wie bei den Subvarianten 1B und 2A (d. h. separate Pumpstation und Rohrleitungskorridor) der Subvariante 2B vorzuziehen.

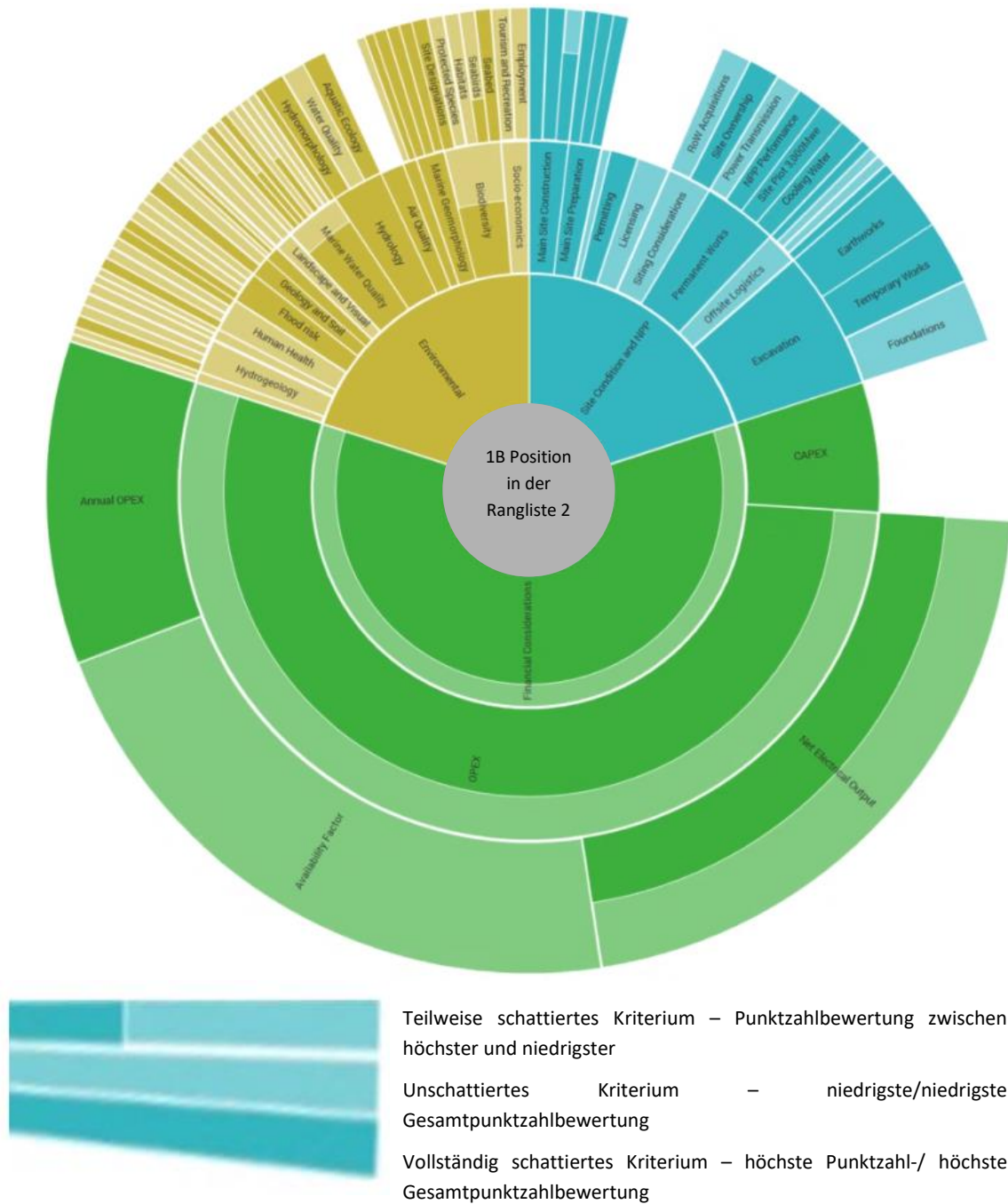


Teilweise schattiertes Kriterium – Punktzahlbewertung zwischen höchster und niedrigster  
 Unschattiertes Kriterium – niedrigste/niedrigste Gesamtpunktzahlbewertung  
 Vollständig schattiertes Kriterium – höchste Punktzahl-/ höchste Gesamtpunktzahlbewertung

Die Übersetzungen des Diagramms sind in der Tabelle [Tabelle V.2-24] aufgeführt

Abbildung V.2-16 Hierarchisches Ringdiagramm der DecisionVue-Ergebnisse – Perspektive: vom Investor bevorzugte Variante – Position 1: Subvariante 1A

Quelle: [4]

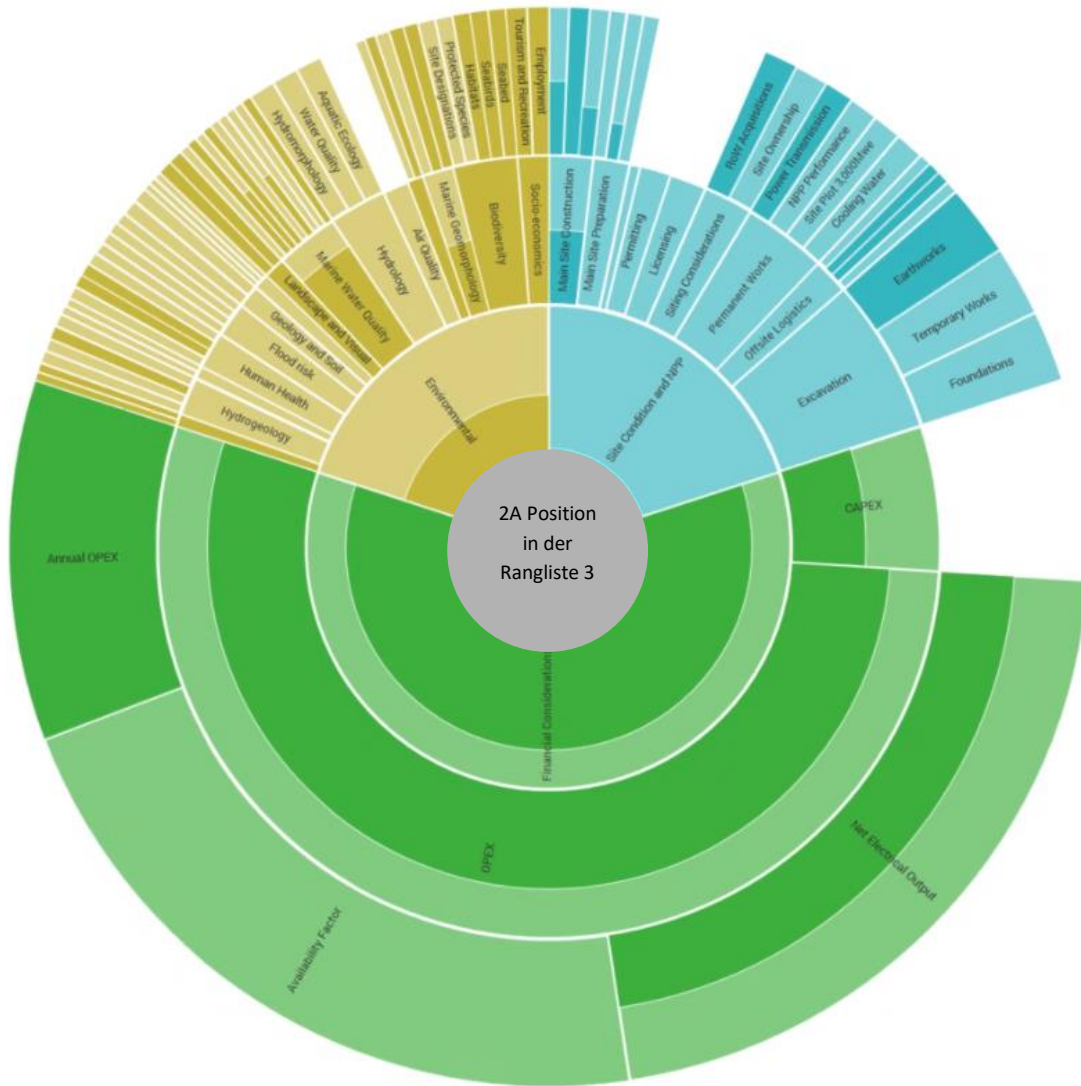


Die Übersetzungen des Diagramms sind in der Tabelle [Tabelle V.2-24] aufgeführt

Abbildung V.2-17 Hierarchisches Ringdiagramm der DecisionVue-Ergebnisse – Perspektive: Vom Investor bevorzugte Variante Position 2: Subvariante 1B

Quelle: [4]



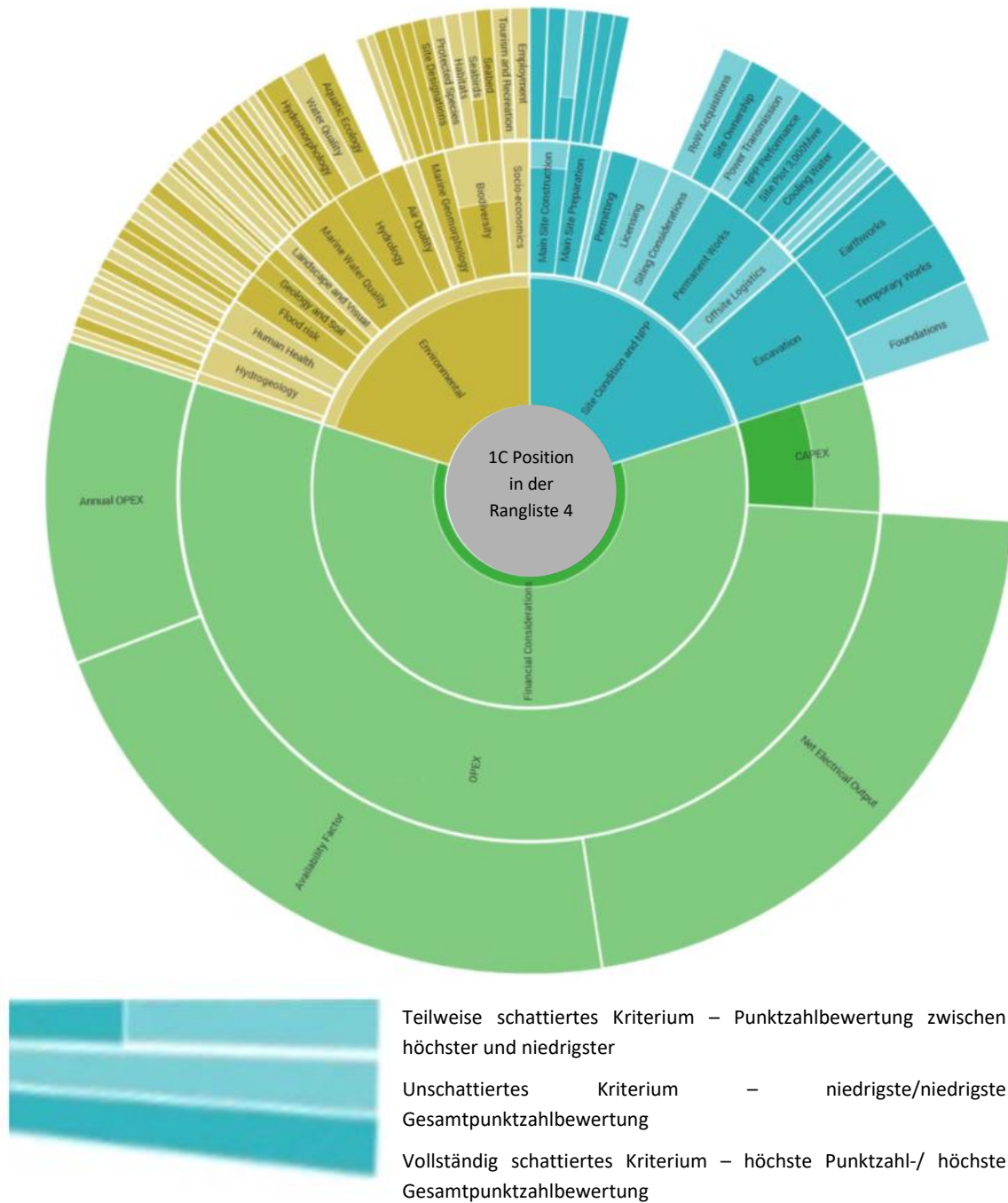


Teilweise schattiertes Kriterium – Punktzahlbewertung zwischen höchster und niedrigster  
 Unschattiertes Kriterium – niedrigste/niedrigste Gesamtpunktzahlbewertung  
 Vollständig schattiertes Kriterium – höchste Punktzahl-/ höchste Gesamtpunktzahlbewertung

Die Übersetzungen des Diagramms sind in der Tabelle [Tabelle V.2-24] aufgeführt

Abbildung V.2-18 Hierarchisches Ringdiagramm der DecisionVue-Ergebnisse – Perspektive: vom Investor bevorzugte Variante – Position 3: Subvariante 2A

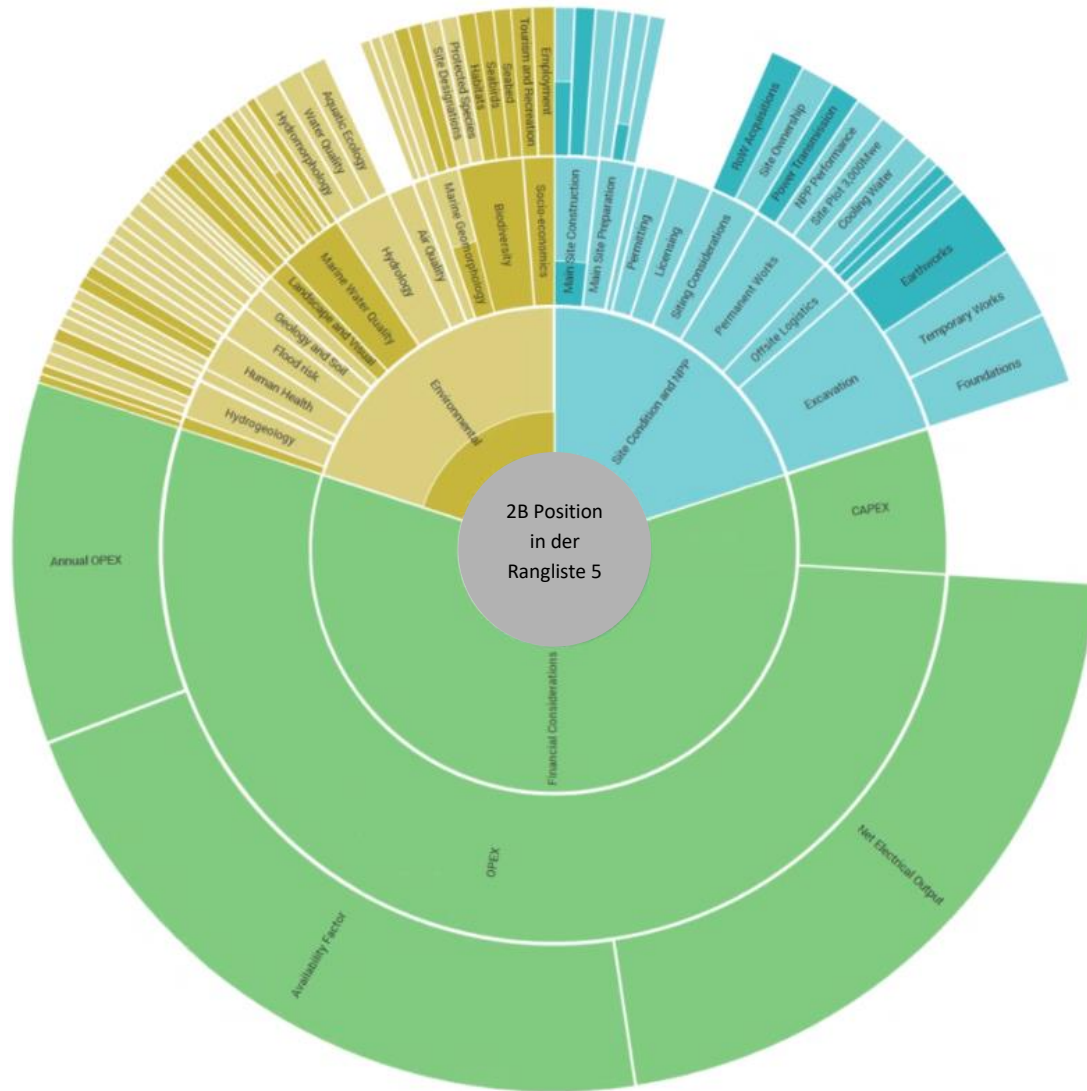
Quelle: [4]



Die Übersetzungen des Diagramms sind in der Tabelle [Tabelle V.2-24] aufgeführt

Abbildung V.2-19 Hierarchisches Ringdiagramm der DecisionVue-Ergebnisse – Perspektive: Vom Investor bevorzugte Variante – Position 4: Subvariante 1C

Quelle: [4]



Teilweise schattiertes Kriterium – Punktzahlbewertung zwischen höchster und niedrigster  
 Unschattiertes Kriterium – niedrigste/niedrigste Gesamtpunktzahlbewertung  
 Vollständig schattiertes Kriterium – höchste Punktzahl-/ höchste Gesamtpunktzahlbewertung

Die Übersetzungen des Diagramms sind in der Tabelle [Tabelle V.2-24] aufgeführt

Abbildung V.2-20 Hierarchisches Ringdiagramm der DecisionVue-Ergebnisse – Perspektive: Vom Investor bevorzugte Variante – Position 5: Subvariante 2B

Quelle: [4]

Tabelle V. 2-24 Übersetzungen von Begriffen für hierarchische Ringdiagramme

Attribute (EN)	Hauptkriterium (PL)	Criteria (EN)	Teilkriterium (PL)
<b>Themenbereich: Site condition and NPP / Aspekte im Zusammenhang mit den Standortbedingungen und dem Kernkraftwerk</b>			
Main Site Construction Plot Plan	Plan des Baugrundstückes am Hauptstandort		
Main Site Preparation	Vorbereitung des Hauptstandortes		
Excavation	Aushub	Earthworks	Durchführungsstrategie für Erdarbeiten
		Temporary Works	Vorläufige Arbeiten
		Foundation	Fundamente
Offsite Logistics	Logistik außerhalb des Standortes		

Attribute (EN)	Hauptkriterium (PL)	Criteria (EN)	Teilkriterium (PL)
Permanent Works	Ständige Arbeiten	Power Transmission Infrastructure	Stromübertragungsinfrastruktur
		NPP Performance	Auswirkungen aufgrund von Maßnahmen
		Site Plot able to facilitate 3,000Mwe	Kapazität des Grundstückes für die Unterbringung einer Infrastruktur zur Erzeugung von 3.000 MW
		Cooling Water Infrastructure	Kühlwasserinfrastruktur
Siting Considerations	Standortbezogene Aspekte	RoW Acquisitions	Dienstbarkeit
Permitting	Genehmigungen	Site Ownership	Eigentum am Grundstück
Licensing	Erlaubnisse		
<b>Themenbereich: Financial Considerations / Umweltbezogene Aspekte</b>			
CAPEX	CAPEX		
OPEX	OPEX	Net Electrical Output	Netto-Ausgangsleistung
		Availability Factor	Verfügbarkeitsfaktor
		Annual Operating Expenditure	Jährliche Betriebsausgaben
<b>Themenbereich: Environmental / Umweltbezogene Aspekte</b>			
Socio-economics	Sozioökonomische Bedingungen	Employment	Beschäftigung
Biodiversity	Biologische Vielfalt	Tourism and recreation	Tourismus und Freizeitgestaltung
		Seabed habitats (Phytobenthos)	Habitate am Meeresboden (Phytobenthos)
		Sites designated for biodiversity conservation / Seabirds	Für den Schutz der biologischen Vielfalt ausgewiesene Gebiete / Seevögel
		Habitats	Habitate
		Legally protected species	Gesetzlich geschützte Arten
		Sites designated for biodiversity conservation: Baltic Coastal Waters SPA	Für den Schutz der biologischen Vielfalt ausgewiesene Gebiete: Besondere Schutzgebiete – Küstengewässer der Ostsee
Marine and coastal geomorphology	Meeres- und Küstengeomorphologie	Coastline processes (accretion / erosion)	Küstenprozesse (Akkretion/Erosion)
Climate and carbon	Klima und Kohlenstoffemissionen	Seabed features	Merkmale des Meeresbodens
		Dune system	Dünensystem
Air quality	Luftqualität	Carbon emissions	Kohlendioxid-Emissionen
		Climate Change Resilience	Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Klimawandel
Hydrology	Hydrologie	Aquatic ecology	Gewässerökologie
		Water quality	Wasserqualität / Wasserbeschaffenheit
Marine Water quality	Beschaffenheit des Meerwassers	Hydromorphology	Hydromorphologie
		Turbidity levels	Veränderungen der Trübungswerte
		Bathing Waters	Badegewässer
		Eutrophication	Eutrophierung
		Cooling chemicals	Gehalt an Chemikalien im Kühlwassersystem
		NPP process chemicals	Konzentration von Chemikalien aus KKW-Prozessen
		Species impingement	Einfangen von lebenden Organismen
		Increased salinity	Erhöhter Salzgehalt
		Heat emissions to water	Wärmeabstrahlung in das Wasser
		WFD / MSFD	WRRL/MSRL
		Landscape and visual	Landschaft und visuelle Vorteile
Noise and vibration	Lärm und Vibrationen	Visual effects	Visuelle Vorteile
		Road traffic	Straßenverkehr
		NPP operation	Betrieb des Kernkraftwerkes

Attribute (EN)	Hauptkriterium (PL)	Criteria (EN)	Teilkriterium (PL)
Geology and Soil	Geologie und Böden	Rail traffic	Eisenbahnverkehr
		Soil degradation	Verschlechterung der Bodenressourcen
		Environmental risk	Umweltrisiko
Flood risk	Hochwasserrisiko	Ground water flooding	Überschwemmung durch Grundwasser
		Surface water flooding	Überschwemmung durch Oberflächenwasser
		Fluvial flooding	Flussüberschwemmung
		Marine flooding	Überschwemmung durch das Meer
Human health	Menschliche Gesundheit	Increased community health	Erhöhte Gesundheitsrisiken
		Emergency services	Notfalldienste
		Waiting times	Wartezeit
		Population	Bevölkerung
Historic Environment	Historisches Umfeld	Architectural Number	Anzahl der Baudenkmäler
		Architectual value	Wert der Architektur
Hydrogeology (Groundwater)	Hydrologie (Grundwasser)	Abstractions	Wasserentnahmen
		Conditions supporting GWDTes	Bedingungen, die GWDE unterstützen
		Watercourses and WFD surface water bodies	Wasserläufe und Oberflächenwasserkörper im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie
		Aquifers and WFD groundwater bodies	Grundwasserleiter und Grundwasserkörper im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie
		Electromagnetic Fields	Elektromagnetische Felder
		Ionising Radiation	Ionisierende Strahlung
Electromagnetic Field Levels and Ionising Radiation	Elektromagnetische Feldstärke und ionisierende Strahlung		

Quelle: [4]

#### V.2.3.8.2.2 Sensitivitätsanalyse

Die Kosten basierten auf öffentlich zugänglichen Daten, aber in jedem Fall wurde nur ein Beispiel für ein Projekt verwendet, so dass sie zusätzlich skaliert werden mussten, bevor sie auf das Projekt angewandt werden konnten.

Die Gesamtgewichtung der CAPEX-Kosten gegenüber den OPEX-Kosten im Rahmen der finanziellen Kriterien ist so, dass die Bewertungsergebnisse nicht sehr empfindlich sind und die Faktoren, die sich auf die elektrische Nettoleistung des Kernkraftwerkes auswirken, viel wichtiger sind. Dies untermauert die Schlussfolgerung, dass trotz der höheren geschätzten CAPEX-Kosten für die Subvariante 1A diese Subvariante besser als alle anderen Subvarianten ausfällt.

Es gibt zwei Kriterien, die sich direkt auf die elektrische Nettoleistung eines Kernkraftwerkes auswirken. Das eine ist der Strombedarf der unterstützenden Infrastruktur (z. B. Kühltürme und Entsalzungsanlagen) und das andere ist die Verfügbarkeit des Kernkraftwerkes (der Teil des Jahres, in dem das Kernkraftwerk Strom erzeugt).

Anhand dieser Kriterien wird deutlich, dass eine Verringerung der geschätzten CAPEX-Kosten für die Subvariante 1A (z. B. Verringerung der Länge der Ein- und Auslauftunnel) die finanzielle Effizienz dieser Subvariante im Vergleich zu allen anderen Subvarianten erhöht, sofern dies nicht zu einer Verringerung der Verfügbarkeit des Kernkraftwerks führt.

### V.2.4 Angabe der vom Investor vorgeschlagenen Variante, der vernünftigen für die Umwelt günstigsten Variante und der vernünftigen Alternativvariante

Nach der Durchführung der vergleichenden Analyse und der Multikriterienanalyse stellte sich heraus, dass die Subvarianten 1A und 1B die besten Ergebnisse erzielten. Die Analysen zeigten, dass die Subvarianten 2A, 1C und 2B durchführbar sind, aber auf der Grundlage der in diesen Analysen verwendeten Kriterien schlechter als die

Subvarianten 1A und 1B ausfallen. Die Subvariante 1B erhielt die höchste Punktzahl nur unter Berücksichtigung von Umweltkriterien, während die Subvariante 1A den zweiten Platz einnahm. Werden dagegen Umwelt- und Finanzaspekte gleichzeitig berücksichtigt, so scheint die beste Subvariante 1A zu sein, während Subvariante 1B an zweiter Stelle steht.

Während die Subvariante 1B die höchste Punktzahl aufgrund der Umweltaspekte erhielt, zeigte die durchgeführte Sensitivitätsanalyse, dass die Subvariante 1A in Bezug auf eine Reihe von Kernkriterien für Umweltaspekte, die nach Meinung des Expertengremiums relativ gering gewichtet wurden, am besten ausfällt. Diese Kriterien sind jedoch mit einigen der offensichtlichen Umweltauswirkungen des Vorhabens verbunden (z. B. Auswirkungen auf die Landschaft, Fahrzeugverkehr während der Bauphase und Auswirkungen auf das akustische Klima). Wenn die Öffentlichkeit diese Kriterien (die in dieser Analyse relativ gering gewichtet wurden) für wichtiger halten würde, wäre die Subvariante 1A auch aus ökologischer Sicht der Subvariante 1B vorzuziehen.

Die Sensitivitätsanalyse zeigte auch, dass die Bewertungen der Subvarianten in Bezug auf die finanziellen Aspekte in hohem Maße von den Kriterien für die Nettostromerzeugung und den Verfügbarkeitsfaktor des Kernkraftwerks abhängen und dass eine Senkung der Gewichtung eines dieser Kriterien den Punkteunterschied zwischen der Subvariante 1A und den anderen Subvarianten verringern würde.

Die Ergebnisse der Analysen zeigen deutlich, dass ein offenes oder geschlossenes Kühlsystem mit Meerwasser wesentlich effizienter arbeitet als ein geschlossenes Kühlsystem mit entsalztem Meerwasser, unabhängig vom Standort des Vorhabens. Dies steht in engem Zusammenhang mit der Energieintensität großer Entsalzungsanlagen, die die Nettostromerzeugung verringert und die Betriebskosten erhöht. Andere Umweltfaktoren tragen ebenfalls zu der schlechten Leistung des geschlossenen Kühlsystems bei, das entsalztes Meerwasser verwendet. Der Standort des Vorhabens beeinflusst die endgültige Bewertung der einzelnen Subvarianten, jedoch in geringerem Maße als die technischen Lösungen im Bereich der Kühlwassersysteme.

Die Ergebnisse der vergleichenden Analyse und der Multikriterienanalyse lassen den Schluss zu, dass:

- **die vom Investor zur Umsetzung vorgeschlagene Variante die Subvariante 1A ist. Diese Subvariante erhielt unter gleichzeitiger Berücksichtigung von Umweltaspekten zusammen mit den anderen Kriterien die höchste Punktzahl;**
- **die umweltfreundlichste rationelle Alternative die Subvariante 1B ist. Diese Subvariante schneidet besser oder gleich gut wie die Subvariante 1A ab. Der Unterschied zwischen den Subvarianten 1B und 1A ist jedoch gering, und die beiden Subvarianten haben vergleichbare Umweltauswirkungen,**
- **die rationelle Alternative die Subvariante 1B ist. Diese Subvariante wurde ausgewählt, weil sie auf der Grundlage der Ergebnisse der Multikriterienanalyse geringere Umweltauswirkungen als die anderen Subvarianten 1C, 2A und 2B hat.**

## **V.3 Beschreibung der geplanten Minimierungsmaßnahmen (Vermeidung, Vorbeugung, Einschränkung und Kompensation)**

Im vorliegenden Kapitel wurden die Minimierungsmaßnahmen/-mittel für die Umweltkomponenten dargestellt, auf die sich das geplante Vorhaben auswirken wird, mit dem Zweck, wesentliche negative Auswirkungen auf die Umwelt im Zusammenhang mit der Umsetzung des geplanten Vorhabens zu vermeiden oder zu mindern. Eine ausführliche Beschreibung der Minimierungsmaßnahmen in Bezug auf die einzelnen Auswirkungen ist Band IV zu entnehmen. Doch nicht alle Umweltkomponenten, die in der Umweltverträglichkeitsprüfung dargestellt wurden, bedürfen solcher Maßnahmen, bei anderen konnten solche Maßnahmen in der aktuellen, frühen Phase des Vorhabens, nicht festgelegt werden. Daher wird die Beschreibung der Minimierungsmaßnahmen in der Phase der erneuten Prüfung der Umweltauswirkungen des geplanten Vorhabens präzisiert. Zusätzlich wird die Durchführung einer As-Built-Analyse für das Vorhaben empfohlen. Parallel wurde analysiert, ob die Auswirkungen des Vorhabens auf die biotische Umwelt und die Luftqualität einer Kompensation bedürfen.

Die Minimalisierungsmaßnahmen wurden für die Variante beschrieben, die bei der eventuellen Umsetzung des Vorhabens vorgezogen wird, und zwar die Variante 1, Standort Lubiatowo - Kopalino, technische Untervariante 1A mit offenem Kühlsystem unter Verwendung von Meerwasser. In Bezug auf einige Umweltkomponenten wurde eine zusätzliche Einteilung der Minimierungsmaßnahmen in Land und Meer vorgenommen. In den übrigen Fällen war diese Einteilung nicht erforderlich, da es sich aus der Lage des jeweiligen Komponenten klar ergibt.

Um die Auswirkungen des Vorhabens auf die Umwelt einzuschränken, sollen die Arbeiten bei der Einrichtung der Baustelle unter umweltbehördlicher Aufsicht ausgeführt werden. Darüber hinaus sollen die einzelnen Minimierungsmaßnahmen mit der Umweltaufsicht abgestimmt werden. Die Umweltaufsicht soll vor Beginn der Vorbereitungsarbeiten und vor Erstellung des Plans für die Schutzmaßnahmen und Überwachung der einzelnen Umweltkomponenten in der Bauphase des Vorhabens bestellt werden. Sowohl der Plan für die Schutzmaßnahmen und die Überwachung der einzelnen Umweltkomponenten, als auch der Jahresbericht über die Umsetzung der Maßnahmen in diesem Bereich sind dem Regionaldirektor für Umweltschutz zur Kenntnisnahme vorzulegen.

Die dargestellten Minimierungsmaßnahmen für die meisten Umweltkomponenten beziehen sich auf die Bau- und die Betriebsphase des Vorhabens. Die Stilllegung des Kernkraftwerkes wird einem gesonderten Verfahren zur Prüfung der Umweltauswirkungen und einem gesonderten Bescheid über Umweltauflagen unterzogen. Daher wurden keine Minimierungsmaßnahmen für die Stilllegungsphase vorgeschlagen.

Zu den wichtigen Quellen der Umweltauswirkungen gehört die begleitende Infrastruktur, doch eine Minimierung dieser Auswirkungen ist kein Teil der Umweltverträglichkeitsprüfung und wurde daher im vorliegenden Kapitel nicht beschrieben. Die Minimierungsmethoden für die begleitende Infrastruktur sollen bei der Erstellung der gesonderten Berichte zur Umweltverträglichkeitsprüfung sowie der Projektunterlagen für diese Vorhaben dargestellt werden. Im Band IV wurde je nach Umweltkomponente, in einigen Kapiteln zu den Einzelauswirkungen sowie im Kapitel über die kumulierten Auswirkungen [Kapitel IV.19], auf die Möglichkeiten der Minimierung von Auswirkungen durch die begleitende Infrastruktur hingewiesen. Diese sollen allerdings als Leitfaden für die Analysen angesehen und im Bericht zur Umweltverträglichkeitsprüfung für das jeweilige begleitende Vorhaben berücksichtigt werden.

### **V.3.1 Minimierungsmaßnahmen**

#### **V.3.1.1 Natürliche Umwelt**

In Bezug auf die natürliche Umwelt wurden solche Komponenten wie makroskopische Pilze, lichenisierte Pilze, Bryophyten, Gefäßpflanzen, natürliche Lebensräume, Land- und Süßwasserwirbellose, Ichthyofauna, Herpetofauna, d. h. Amphibien und Reptilien, Avifauna, Chiropteroфаuna und andere Säugetierarten geprüft, bei

denen das Risiko wesentlicher Auswirkungen im Zusammenhang mit der Umsetzung des Vorhabens festgestellt worden ist. Sie wurden in die folgenden Kategorien gegliedert:

- Arten, bei denen keine Minimierungsmaßnahmen erforderlich sind,
- Arten, bei denen keine Minimierungsmaßnahmen möglich sind,
- Arten, bei denen Minimierungsmaßnahmen möglich und sinnvoll sind

wobei diese Liste für die dritte der o. g. Kategorien erstellt wurde, d. h. Arten, bei denen die Minimierungsmaßnahmen möglich und sinnvoll sind.

Die Einteilung der einzelnen Umweltkomponenten zu den o. g. Kategorien erfolgte auf den folgenden Grundlagen:

- das Verbreitungsgebiet auf nationaler und regionaler Ebene, die Größe der Population und die Verbreitungsgrenze,
- Grad der Gefährdung und Schutzkategorien (besonders und streng geschützte Arten).

Die Minimierungsmaßnahmen gegen die negativen Umweltauswirkungen wurden für jede Phase und Etappe des Vorhabens festgelegt (unter Berücksichtigung des Vorbehalts aus der Einleitung zu diesem Kapitel).

### **V.3.1.1.2 Bauphase**

Die meisten im vorliegenden Kapitel vorgeschlagenen Minimierungsmaßnahmen beziehen sich auf die Bauphase, aber einige können auch in der Betriebsphase des Vorhabens fortgesetzt werden, wie etwa eine für Fledermäuse geeignete Beleuchtung der Baustelle und später des betriebsfähigen KKW.

#### **LAND**

##### **Makroskopische Pilze (Makropilze *Macro Mycetes*)**

- Umpflanzen (Übertragung der gesamten oder eines Teiles der Population vom gefährdeten zu einem anderen, biologisch geeigneten Lebensraum), eingeschränkt auf nur wenige Arten, z. B. *Taxa*, z. B. der Gattung Erdsterne.
- Maßnahmen zur Schaffung von ökologischen Nischen, die eine spontane Besiedlung ermöglichen, z. B. durch saproxylophage Pilzarten – die durchschnittliche Menge an Totholz in polnischen Wäldern liegt bei ca. 6 m<sup>3</sup>/ha, es wird also als Minimierungsmaßnahme vorgeschlagen, an ausgewählten Stellen Teile von geerntetem Holz und Abholzungsrückstände mit einem Durchmesser von weniger als 5 cm zu belassen. Die Menge und die genauen Stellen sollen mit dem Eigentümer oder Verwalter des Geländes abgestimmt werden.

##### **Lichenisierte Pilze (Flechten)**

- Alle *Taxa* wurden zu den Arten zugeteilt, bei denen keine Minimierungsmaßnahmen vorgenommen werden sollen, da es sich um eine Gruppe von Organismen mit einer sehr komplexen Ökologie und Biologie handelt, die meisten reagieren auf Veränderungen der Umgebungsbedingungen sehr empfindlich. Es wird lediglich empfohlen, Flechtenlappen, die auf ausgewählten Gebieten belassen werden und in der Bauphase keinen direkten Eingriffen ausgesetzt werden, zu überwachen.

##### **Bryophyten**

- In Bezug auf diese Gruppe konnte auf dieser Etappe des Projektes keine Möglichkeit der Anwendung von wirksamen Minimierungsmaßnahmen festgestellt werden, mit Ausnahme der Überwachung von Lappen, die auf der Etappe der erneuten Prüfung ausgewählt und auf den Gebieten belassen werden, die in der Bauphase keinen direkten Eingriffen ausgesetzt werden.



---

### Gefäßpflanzen

- Es scheint, dass die einzige wirksame Maßnahme großangelegte Umpflanzungen gemäß Band IV der Umweltverträglichkeitsprüfung darstellen. Der Umfang und das Zielgebiet der Umpflanzung sollten mit der Umweltaufsicht bei der Planung der Vorbereitungsarbeiten abgestimmt werden.

### Natürliche Lebensräume

- Bei den meisten festgestellten natürlichen Lebensräumen sind wirksame Minimierungsmaßnahmen nicht möglich, und zwar aufgrund von unterschiedlichen, nicht wiederherstellbaren Faktoren, wie topographische, klimatische, ökologische und andere Bedingungen. Bei der Variante 1 – Standort Lubiatowo - Kopalino – wurde allerdings festgestellt, dass im Falle der Lebensraumflächen im ordnungsgemäßen Erhaltungszustand (FV), Lebensraum 2180, d. h. Mischwälder und Nadelwälder auf Küstendünen, die Möglichkeit besteht, sie im Rahmen von Minimierungsmaßnahmen wiederherzustellen, wobei diese Maßnahmen mit der großflächigen Umpflanzung der schwarzen Krähenbeere (*Empetrum nigrum*) verbunden werden kann. Auch im Falle des Lebensraumes 2170 - Dünen mit Kriechweide – wird eine Wiederherstellung der Siedlungsflächen mit der Umpflanzung der Kriechweide vorgesehen (*Salix arenaria*).

### Süßwasser-Wirbellose

- Bei dieser Gruppe wurde keine Notwendigkeit der Minimierungsmaßnahmen festgestellt, sondern nur Maßnahmen zur Überwachung des Wasserstandes bei Binnengewässern (Wasserreservoirs in Wäldern in einem Umkreis von 500 m von den Grenzen des Durchführungsgebietes des Vorhabens sowie Überwachung des Grundwasserspiegels über die sich auf diesem Gebiet befindenden Piezometer).

### Wirbellose Landtiere

- Im Zusammenhang mit 3 Ameisenarten, die durch die Umsetzung des Vorhabens gefährdet sind, wird eine Verlegung von identifizierten Nestern in andere geeignete Lebensräume im Küstengebiet geplant. Maßnahmen wie die Verlegung von Ameisenhaufen der Art Kahlrückige Waldameise (*Formica polyctena*) sind in der Fachliteratur gut beschrieben, sodass sie mit einer hohen Erfolgswahrscheinlichkeit verlegt werden können. Ähnlich verhält es sich mit den Wiesenameisen (*Formica pratensis*) und Roten Waldameisen (*Formica rufa*), bei denen die Möglichkeit besteht, dass die identifizierten Ameisenhaufen vor Beginn der Vorbereitungsarbeiten verlegt werden. Angesichts der Tatsache, dass die potenziell identifizierten Ameisenhaufen möglicherweise aufhören zu existieren, während andere Kolonien entstehen können, wird vor Beginn der Vorbereitungsarbeiten auf dem für das Vorhaben geplanten Gebiet und in dessen nächster Nachbarschaft eine erneute Bestandsaufnahme der Ameisenhaufen durchgeführt. Diese Ameisenkolonien, die sich dann zur Verlegung eignen, werden zu einem günstigen Lebensraum in einer kleinen Entfernung verlegt, aber außerhalb des direkten Einwirkungsbereiches des Vorhabens.
- *Mythimna litoralis* ist ein Nachtfalter, der ausschließlich auf Dünen anzutreffen ist, wobei seine Larven an Süßgräsern weiden, von denen in Polen nur eine Art auftritt, und zwar der Gewöhnliche Strandhafer (*Ammophila arenaria*). Sie gehört zu seltenen Arten und für eine Minimierung der Auswirkungen auf diese Art ist vor Beginn der Arbeiten in den Lebensräumen an den Dünenhabitaten eine Bestandsaufnahme durchzuführen, die die Larven an den Wirtspflanzen umfassen würde; sollten die Larven gefunden werden, dann sollten sie in geeignete Lebensräume verlegt werden, wo auch der Gewöhnliche Strandhafer auftritt, aber mit so wenig Druck wie möglich, z. B. mit Einschränkungen für den freien Personenverkehr.
- *Stenagostus rufus* ist ein in Polen seltener Schnellkäfer. Im Norden Polens tritt er nur an einzelnen Stellen auf der Insel Wollin und an der Ostseeküste auf. Diese Art ist mit totem Holz verbunden, ihre Larven ernähren sich von seltenen xylophagen Arten, wie *Arhopalus rusticus*, *Spondylis buprestoides* i *Stictoleptura rubra*. Als Minimierungsmaßnahmen für diese Art wird eine Bestandsaufnahme der

potenziellen Lebensräume in Form von toten Kieferstämmen vor Beginn der Vorbereitungsarbeiten vorgenommen. Sollen Larven dieser Art entdeckt werden, so wird der Versuch unternommen, den Stamm samt Bodenschicht in einen anderen geeigneten Lebensraum außerhalb des Gebiets des geplanten Vorhabens zu verlegen. Eine zusätzliche Maßnahme, die mit den vorgeschlagenen Maßnahmen in Bezug auf *Mycophora* und Herpetofauna zusammenfällt, besteht darin, außerhalb des Bereichs der geplanten Standorte des Vorhabens Kiefernholz zu hinterlassen, das beim Fällen von Bäumen und Sträuchern für das Vorhaben entsteht, um potenzielle Lebensräume für diese Art zu schaffen.

- Der Strandfloh *Talitrus saltator* ist eine Art von Wirbellosen, die auf Stränden leben (in der Saison der Aktivität im Frühjahr/Sommer/Herbst wird die Strandgrenze mit Wasser überschwemmt, im Winter zieht die Art in höhere Teile des Strandes, zu den Dünen). Angesichts der Diskontinuität des Auftretens und der Tatsache, dass die Art sich aktiv auf dem Strand bewegt, sowie natürlich angesichts der Tatsache, dass es sich um eine geschützte Art handelt, sollten Minimierungsmaßnahmen erwogen werden. Die an Stränden oder entlang von Stränden geplanten Arbeiten sollten möglichst während der Zeit außerhalb der Aktivität der Art (Sommer) durchgeführt werden, wobei der Aufnahme der Arbeiten eine detaillierte Kontrolle vorausgehen soll. Sollten hohe Konzentrationen dieser Art, z. B. über 150-200 Stück pro Quadratmeter festgestellt werden, sollte eine möglichst große Zahl dieser Tiere auf einen anderen Teil des Strandes verlegt werden. Diese Art bewegt sich aktiv meistens in der Nacht und reagiert auf künstliches Licht mit Phototaxis, sodass die einzelnen Tiere leicht aufgenommen und an einen geeigneten sicheren Ort außerhalb des Baubereichs verlegt werden können. In der Fachliteratur werden einige Methoden für das Fangen dieser Art genannt, z. B. Bodenfallen (engl. *pitfall traps*) sowie andere Methoden für eine aktive Suche nach der Art (in der Nacht, mit Licht). Die geeignete Methode wird bei der Planung der Minimierungsmaßnahmen in der Phase der erneuten Bewertung ausgewählt.

#### **Ichthyofauna (Fische)**

- Auf dem Durchführungsgebiet des Vorhabens gibt es keine Wasserläufe, es grenzt aber an den Biebrowski-Kanal, bei dem es sich um einen regulierten Wasserlauf handelt, an dem Wartungsarbeiten durchgeführt werden. Trotzdem wurden bei der Bestandsaufnahme (am Standort 27, in der Nähe des Durchführungsgebietes des Vorhabens) solche Arten wie Flussbarsch *Perca fluviatilis*, Bachforelle *Salmo trutta m. fario* und Flussneunauge *Lampetra fluviatilis* gefunden, die ebenfalls auf der Roten Liste der in Polen sterbenden und gefährdeten Tiere aufgeführt sind und im Anhang II der Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (FFH-Richtlinie) [27] genannt sind. Flussneunaugen wurden nur einmal bei einer Prüfung im Frühjahr angetroffen, deswegen wird als Minimierungsmaßnahme vorgeschlagen, die Durchgängigkeit des Biebrowski Kanals sicherzustellen. Obwohl dieser Wasserlauf vom Menschen gestaltet worden ist, kann er potenziell einen Wanderungsweg für Arten mit doppeltem Lebensraum darstellen, darunter: Lachsfische (Meerforelle, Lachs) und Neunaugen (Flussneunaugen, Meerneunaugen).

#### **Herpetofauna (Amphibien)**

Im Kontext der diskutierten Gruppe ist das Durchführungsgebiet des Vorhabens kein Gebiet mit den günstigsten Lebensräumen. Das meiste Gebiet besteht nämlich aus verhältnismäßig trockenen Lebensräumen innerhalb eines Kieferwaldes mit großen Flächen von Glocken-Heide. Auf einem Großteil dieses Gebietes gibt es keine ausreichend feuchten Stellen, die von den Amphibien vorgezogen werden. Unter den potenziell günstigen Räumen müssen die Vertiefungen zwischen den Dünen und andere Bodenvertiefungen genannt werden, wo kleine Flächen mit Torf gefunden werden können. Entlang der südlichen Grenze des Gebiets des Vorhabens verläuft auch der Biebrowski Kanal.

- Der Teichmolch *Lissotriton vulgaris* wurde in einem Wasserreservoir festgestellt (Standort 600). Das Reservoir ist wahrscheinlich an der Stelle des ehemaligen Netzes von Entwässerungsgräben entstanden. Während der Untersuchungen war es stark bewachsen (ca. 30% des Wasserspiegels war frei), mit zunehmendem Torfstaub. Im Rahmen der Minimierungsmaßnahmen wird vorgesehen, die Tiere (vom

Standort 600) zu einem anderen günstigen Lebensraum außerhalb des Einwirkungsbereiches des Vorhabens zu verlegen. Darüber hinaus wird empfohlen, vor Beginn der Vorbereitungsarbeiten eine detaillierte Bestandsaufnahme im Durchführungsgebiet des Vorhabens vorzunehmen, um mögliche neue Stellen mit dem Teichmolch festzustellen. Diese Erhebungen sollten insbesondere den südlichen Teil dieses Gebietes berücksichtigen, wo es ein Netz von Entwässerungsgräben und ein Gelände gibt, das einen geeigneten Lebensraum für diese Art darstellen könnte. Die Untersuchungen sollten sich auch auf Vertiefungen innerhalb der Lebensräume 2180 und 7140 erstrecken, wo ggf. auch geschützte Amphibienarten, darunter der Teichmolch, gefunden werden können.

- Der Kammolch *Triturus cristatus* wurde an 3 Standorten, in einer kleinen Entfernung vom Durchführungsgebiet des Vorhabens gefunden (Standort 582, ca. 1 km vom Durchführungsgebiet des Vorhabens entfernt – Kopalińskie See, in einer mit Erlen bedeckten flachen Bucht; Standort 593, also ein ca. 100 m südlich vom Durchführungsgebiet des Vorhabens gelegener Mittelwaldteich mit einer Fläche von ca. 0,2 ha und einer Tiefe von über 1 m, der Wasserspiegel zu ca. 60 % der Fläche mit Vegetation bedeckt; Standort 675, ca. 500 m vom Durchführungsgebiet des Vorhabens entfernt, d. h. ein Wasserreservoir wahrscheinlich natürlichen Ursprungs, mit einer Fläche von ca. 0,5 ha und einer Tiefe von über 1 m, mit einem zu 50% mit Vegetation bedeckten Wasserspiegel). Angesichts der Tatsache, dass Kammolche auf dem Landweg migrieren können (über Entfernungen von ca. 400 bis 1200 m), sollte das Gebiet auf der Etappe vor den Vorbereitungsarbeiten durch das Untersuchungsprogramm erfasst werden, und falls das Vorhandensein des Tieres innerhalb des Durchführungsgebietes des Vorhabens festgestellt werden sollte, sind alle Tiere dieser Art zu einem zuvor bestimmten Standort (einem natürlichen oder künstlich gebildeten Teich – oder einem Teichkomplex) zu verlegen. Auf der aktuellen Etappe des Vorhabens wird kein Eingriff in die Populationen an den Standorten 582, 593 und 675 vorgesehen.
- Grasfrosch, *Rana temporaria*, d. h. eine Art, die im Durchführungsgebiet des Vorhabens an zwei Standorten gefunden wurde. Einer der Standorte (Standort 600) ist mit dem oben für den Teichmolch beschriebenen Standort identisch. Der andere Standort (Nummer 598) ist ein Entwässerungsgraben, der von einer Quelle gespeist wird, eine geringe Tiefe aufweist und periodisch austrocknet. Als Minimierungsmaßnahme in Bezug auf den Grasfrosch wird, wie im Falle des Teichmolches, das Einfangen und Verlegen der Tiere zu anderen identifizierten Standorten, die als geeignete Lebensräume außerhalb des Vorhabensgebietes dienen können, vorgesehen. Darüber hinaus ist aufgrund von Migrationen der Amphibien vor Beginn der Vorbereitungsarbeiten eine Bestandsaufnahme dieser Tiere durchzuführen. Wie auch im Falle von Molchen soll die Untersuchung vor allem an Vertiefungen des Geländes innerhalb der Standorte 2180 und 7140 vorgenommen werden, wo man auch das Auftreten von verschiedenen Amphibienarten erwarten kann, und sollten neue Gruppen dieser Tiere gefunden werden, dann sind sie zu einem günstigen Lebensraum außerhalb des Einwirkungsgebietes des Vorhabens zu verlegen.

### Herpetofauna (Reptilien)

Im Durchführungsgebiet des Vorhabens wurden 3 Arten von Reptilien festgestellt (Waldeidechse, *Zootoca vivipara*, Kreuzotter *Vipera berus* und Blindschleiche *Anguis fragilis*), doch auch trotz eines großen Arbeitsaufwands konnte das Auftreten der Schlingnatter *Coronella austriatica* nicht festgestellt werden, obwohl diese Art im Jahr 2010 in der Nähe von Białogóra (ca. 8 km östlich vom Durchführungsgebiet des Vorhabens) beobachtet werden konnte. Bei dieser Schlange handelt es sich um eine seltene Art mit einer relativ geringen Population, die allerdings eigentlich auf dem gesamten Gebiet Polens vorhanden ist.

Die Waldeidechse wurde an 4 Standorten in unterschiedlichen Teilen des untersuchten Gebietes festgestellt, unter anderem im nördlichen Teil, in der Nähe des Übergangs des Standortes 2180 zu den Dünen, aber auch im Süden, in der Nähe des Biebrowski Kanals; die Kreuzotter wurde an einem Standort im südlichen Teil des Durchführungsgebietes des Vorhabens festgestellt, in der Nähe des Biebrowski Kanals, die Blindschleiche konnte an 4 Standorten festgestellt werden, vor allem im südwestlichen Teil des Gebietes, alle in der Nähe von Entwässerungsgräben oder des Biebrowski Kanals.

- Zur Minimierung der Auswirkungen sollten die oben genannte Tiere vor Beginn der Vorbereitungsarbeiten, am besten noch vor der Herbstmigration eingefangen und außerhalb des Geländes der zukünftigen Arbeiten verlegt werden. Vor dem Beginn der Bauarbeiten sollte das Gebiet gegen das Eindringen von Tieren geschützt werden, zum Beispiel durch den Einsatz von Führungsbändern, insbesondere in den Verkehrswegen (etwa den technischen Straßen), oder durch Einsatz von anthropogenen Fallen, die regelmäßig durch geschultes Personal unter Aufsicht von Experten im Bereich der Herpetologie überprüft werden. Die Lage der Führungsbänder und der Fallen soll von einem qualifizierten Herpetologen festgelegt werden. Im Rahmen der zusätzlichen Maßnahmen wird auch vorgeschlagen, außerhalb des Arbeitsgeländes, an geeigneten Stellen (an der Küste) Stapel von Ästen/Totholz (gewonnen beim Fällen der Bäume) zu platzieren, damit sie einen Schutz für die Herpetofauna darstellt (diese Aktivität wird mit der Maßnahme für Makropilze identisch sein, wobei tote Äste einen zusätzlichen Ort darstellen können, an dem *Mykophora* angesiedelt werden kann). Orte dieser Art bieten täglich Unterkunft und Winterquartiere und haben einen positiven Einfluss auf die Aufrechterhaltung der lokalen Population, wobei ihre Lage von einem Herpetologen festgelegt werden sollte.

#### **Avifuna (Vögel)**

- Zu den empfohlenen Minimierungsmaßnahmen im Kontext der Brutvögel gehört die Einleitung von Arbeiten zur Vorbereitung des Geländes (Fällen von Bäumen, Beseitigung von Böschungen und Nivellierung des Geländes) außerhalb der Brutzeit der Vögel oder nach einer Feldbesichtigung und Erlangung einer Zustimmung der Umweltaufsicht.
- Die Arbeiten, insbesondere jene, die sich auf das Fällen von Bäumen und Beseitigung von Pflanzen und Sträuchern beziehen, sollten unter Aufsicht eines Ornithologen durchgeführt werden.
- Vor Beginn der Vorbereitungsarbeiten sollte eine qualifizierte Gruppe von Ornithologen eine Feldbesichtigung durchführen lassen um festzustellen, ob im direkten Arbeitsbereich Nistvögel vorhanden sind.
- Als eine zusätzliche Minimierungsmaßnahme im Zusammenhang mit dem Fällen eines Teiles der Altbäume, darunter hohler Bäume, wird geplant, Vogelhäuser in den Wäldern in Gebiete zu hängen, die sich außerhalb des Durchführungsbereich des Vorhabens befinden.

#### **Chiropteroфаuna (Fledermäuse)**

Im Durchführungsgebiet des Vorhabens wurden bei der Bestandsaufnahme der Fledermausarten unter Einsatz von Ultraschall-Detektion 6 Fledermausarten festgestellt, die in Polen häufig anzutreffen sind. Gemeint sind alle drei regelmäßig in Polen auftretenden Zwergfledermäuse: Mückenfledermaus *Pipistrellus pygmaeus*, Zwergfledermaus *Pipistrellus pipistrellus* und Flughautfledermaus (*Pipistrellus nathusii*). Einen großen Anteil hatte auch die Breitflügelfledermaus *Eptesicus serotinus*. Andere Arten kamen viel seltener vor.

- Als Minimierungsmaßnahme in Bezug auf die Fledermäuse werden im Kontext der engen küstengebundenen Migrationswege Maßnahmen wie das Fällen von Bäumen auf der Grundlage eines mit Chiropteroфаuna-Experten vereinbarten Plans genannt, wobei dies möglichst unter Beibehaltung von Bäumen im Bereich eines technischen Küstenstreifens zu geschehen hat, um die Kontinuität dieser Wege aufrechtzuerhalten.
- Direkt nach Beendigung der Baumaßnahmen sind die Baumbestände innerhalb des Küstenstreifens, der ein Migrationskorridor ist, zumindest teilweise wiederherzustellen.
- Eine weitere Minimierungsmaßnahmen besteht in Vermeidung der Beleuchtung in grüner und roter Farbe, insoweit diese Beleuchtung nicht aus technischen Gründen unentbehrlich ist. Die Empfehlung bezieht sich nicht auf die Erfordernis der Gewährleistung von Sicherheit gemäß den rechtlichen

---

Anforderungen, zum Beispiel müssen einige hohe Hausstrukturen gemäß den gesetzlichen Anforderungen mit rotem Licht als Hinderniskennzeichnung beleuchtet werden.

- Es wird vorgeschlagen, noch während der Vorbereitungsarbeiten und in den weiteren Etappen und Phasen des Vorhabens, die Nachtbeleuchtung nur auf die Stellen zu beschränken, wo die Arbeiten geführt werden und wo sich die Verkehrsstraßen befinden, sowie auf jene Stellen, die aus Sicherheitsgründen beleuchtet werden müssen.
- Eine weitere gute Praxis ist die Nutzung von Bewegungssensoren an Stellen, die von Mitarbeitern seltener betreten werden (diese Lösung könnte auch in der Phase des Betriebs eingesetzt werden), oder die Planung von lichtintensiven Arbeiten (zum Beispiel Arbeiten, die angesichts der technologischen Anforderungen bei der Produktion oder beim Bau rund um die Uhr beleuchtet werden müssen) für die Perioden, in denen die Tiere weniger aktiv sind, zum Beispiel im Herbst oder im Winter.
- Es wird auch empfohlen, die Verwendung von Natrium- und Breitbandbeleuchtung oder UV-Strahlung einzuschränken und sie stattdessen, nach Möglichkeit, durch andere Lichtquellen zu ersetzen, zum Beispiel durch Niederdruck-Natriumlampen oder Schmalspektrum-LED-Lampen, die eine vollständige Richtungsabdeckung aufweisen. Die Richtungsabdeckung führt zu einer deutlichen Verringerung der Lichtemissionen. Wichtig ist auch die Festlegung der Richtung, in die die Beleuchtung gerichtet wird, denn es sollte vermieden werden, dass Licht in Richtung Meer zu wenden, um den Küstenbereich möglichst unbeleuchtet zu belassen und damit den Biotopverbund nicht zu stören. Solche Maßnahmen wären auch für andere Arten günstig, wie etwa Wirbellose; die Strandflöhe weisen zum Beispiel eine positive Phototaxis auf, sodass die Beleuchtung zu Störungen in ihrem Lebenszyklus führen könnte. Viele andere Arten von Wirbellosen werden vom Licht angezogen, was seinerseits auch Fledermäuse anzieht, die gerne in der Nähe von Lampen jagen (zum Beispiel die Zwergfledermäuse oder Breitflügelfledermäuse). Dies betrifft aber nicht alle Arten von Fledermäusen, zum Beispiel werden stark beleuchtete Bereiche von Mausohren *Myotis* gemieden, und so verlieren sie die Möglichkeit, sich in vielen Gebieten zu ernähren. Als Minimierungsmaßnahme ist hier auch die Anwendung von Lichtquellen zu verstehen, die keine UV-Strahlung emittieren.

### **Säugetiere**

Die Minimierungsmaßnahmen in Bezug auf Säugetiere sollten 3 Arten umfassen, und zwar angesichts der Tatsache, dass es sich dabei um wandernde Arten handelt, die oft über bedeutende individuelle Aktionsräume verfügen, d.h. Wolf *Canis lupus*, Fischotter *Lutra lutra* und europäischer Biber *Castor fiber*. Die Bestandsaufnahmen haben gezeigt, dass Wölfe insbesondere den Küstenstreifen des Waldes, und zwar besonders vom Herbst bis Frühling nutzen, sie nehmen aber auch gern die Gebiete südlich (Biebrowski Kanal) und nördlich des Durchführungsgebietes des Vorhabens (Strand) in Anspruch. Was die Minimierungsmaßnahmen in Bezug auf Wölfe betrifft, dann sind sie nur dann erfolgreich, wenn die Besonderheit der Nebeninfrastruktur, insbesondere der Linieninfrastruktur, berücksichtigt wird. Die begleitende Straßen- und Schieneninfrastruktur sollte in ihrem Verlauf Minimierungsmaßnahmen im gegenständlichen Umfang berücksichtigen.

### **MEERESGEBIET**

#### **Kontrolle der Offshore-Arbeiten und der damit verbundenen Verschmutzung**

Alle Schiffe und Boote, die bei der Umsetzung des Vorhabens Einsatz finden, müssen die besten internationalen Praktiken anwenden, darunter jene, die im Internationalen Übereinkommen zur Verhütung der Meeresverschmutzung durch Schiffe (MARPOL) dargestellt sind, wie zum Beispiel die Obergrenze von 15 ppm Öl im Nutzwasser, wenn dieses ins Wasser abgeleitet wird.

Um das Risiko der Einführung von invasiven Arten (INNS) über Ballastwasser zu mindern, sollten alle Wasserfahrzeuge (einschließlich Baggern und Schiffen, die besondere Ladungen an MOLF liefern):

- über einen für jedes Schiff ausgearbeiteten Plan für die Entsorgung von Ballastwasser verfügen, insbesondere mit einer ausführlichen Beschreibung von Maßnahmen, die vorgenommen werden müssen, um Anforderungen im Bereich der Entsorgung von Ballastwasser und den ergänzenden Praktiken zu genügen;
- ein Register zum Ballastwasser führen, in dem erfasst wird, wann Ballastwasser an Bord genommen, wann es zirkuliert oder gereinigt oder ins Meer abgeleitet wird. In dem Register sollte auch erfasst werden, wann das Ballastwasser in eine Abnahmeanlage abgeleitet wird oder wann es zu einer versehentlichen oder außerordentlichen Abführung von Ballastwasser gekommen ist;
- über ein internationales Zertifikat bezüglich der Behandlung von Ballastwasser (für Schiffe ab 400 t) verfügen, mit dem Nachweis, dass das Schiff das Ballastwasser gemäß dem Internationalen Übereinkommen zur Kontrolle und Behandlung von Ballastwasser und Sedimenten von Schiffen (Ballastwasser-Übereinkommen) behandelt, mit dem Hinweis darauf, welche Norm von dem Schiff erfüllt wird und wann das Zertifikat ausläuft.

### **An Land befindliche Quellen der Verschmutzung von Meereswasser**

Im Küstenstreifen wird im Rahmen der Vorbereitungsarbeiten ein System der Entwässerung und offener Gräben errichtet, um die Entwässerung der zu befestigenden und umzugestaltenden Gebiete [Kapitel II.3 und Kapitel IV.8.3] sicherzustellen, es werden auch Absatzbecken, Abscheider und Rückhaltebehälter gebaut, mit dem Ziel, die Qualitätsstandards von Oberflächengewässern im Bereich Einleitung und Ableitung von Abwasser bzw. Niederschlagswasser, die durch Kanalisationssysteme erfasst werden sollen, einzuhalten.

Es wird empfohlen, dass im Rahmen des Systems zur Entwässerung der Baustelle die folgenden Maßnahmen eingeleitet werden, die sich aus guten Praktiken ergeben:

- eine möglichst lange Beibehaltung der ungestörten Struktur der Oberbodenschicht auf den umzugestaltenden Gebieten;
- Bereitstellung eines Netzes von Entwässerungsanlagen und Geräten zur Entwässerung von befestigten/umgestalteten Gebieten;
- im Falle von Vorräten an losen Materialien oder an Humusschicht ist zu erwägen, ob sie nicht mit geeigneten Pflanzenarten mit tiefer Verwurzelung bepflanzt werden sollten, um die Erosion zu mindern und die Rückhaltung zu erhöhen;
- Anschluss von Entwässerungsnetzen und Kanalisation an Vorrichtungen zur Vorbehandlung von Niederschlagswasser und Wasser aus der Entwässerung von Tiefbaugruben: Absatzbecken, Abscheider, Rückhaltebehälter;
- Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit der Kanalisation, mit der die Umweltqualitätsstandards gemäß den einschlägigen Vorschriften eingehalten werden können.

Das Risiko einer Kontamination mit Brennstoffen, Schmiermitteln, Chemikalien und stark alkalisierten Sickerwassern aus dem Prozess der Zementbindung wird im Allgemeinen auf dem gesamten Gebiet durch gute Praktiken im Betrieb und in der Wartung eingeschränkt, darunter:

- Lagerung von Kraftstoff und Öl in dicht geschlossenen Behältern;
- Lagerung von trockenem Zement in sicheren, trockenen Räumen oder Silos;
- Bereitstellung von Auffangbehältern auf Entwässerungsstrecken der befestigten Bereiche, wo die Verladung von Brennstoffen und die Wartung abgewickelt werden sollen.
- Minimierung des Anlagebetriebs im Wasser und Anwendung von biologisch abbaubaren Schmiermitteln und Hydraulikölen dort, wo dies nicht vermieden werden kann;

- Überwachung der Menge des abgeleiteten Materials, insbesondere des Mörtels, zwecks Minimierung der Verluste an das Grundwasser;
- Rückführung von Betonabfällen in die Betonanlage für eine Wiederaufbereitung und Wiederverwendung;
- Sicherstellung, dass die übrigen Bindemittel (Zement) und ausgehärteter Beton auf lizenzierte Deponien verbracht werden;
- Erstellung und Umsetzung von Protokollen zur Reaktion auf jegliche Vorfälle im Zusammenhang mit der Verschmutzung oder auf potenzielle Vorfälle, darunter registrierte Beinaheunfälle.

Es wird davon ausgegangen, dass die oben genannten Minimierungsmaßnahmen im Zusammenhang mit dem Bau des Kernkraftwerkes im Rahmen von Prozeduren umgesetzt werden, die regelmäßig überprüft werden. Ableitungen aus den Entwässerungssystemen der Baustelle zu den Binnen- und Küstengewässern unterliegen der Pflicht, entsprechende wasserrechtliche Genehmigungen zu erlangen.

### **Unterwasserlärm (Pfählung)**

Das britische „Protokoll der Umweltschutzagentur zur Minimierung des Risikos von Verletzungen bei Meeressäugtieren durch Lärm aus Rammarbeiten“ („Statutory nature conservation agency protocol for minimising the risk of injury to marine mammals from piling noise“) enthält das Verfahren zur Milderung von eventuellen Auswirkungen von Lärm, der durch das Wasser übertragen wird und sich aus der Pfählung beim Bau von Offshore-Windanlagen ergibt. Das Protokoll wurde erarbeitet, um das potenzielle Risiko für Leib und Leben der Meeressäugtiere in der Nähe solcher Arbeiten zu mindern. Das Protokoll kann auch für andere Branchen behilflich sein, die in der Meeresumwelt tätig sind und bei denen die Pfählung ausgeführt wird [125]. Das Protokoll enthält Leitlinien zu mildernden Maßnahmen, die vor Beginn der Pfählung (Teil 1) und während der Arbeiten (Teil 2) ergriffen werden sollen. Die empfohlenen mildernden Maßnahmen wurden unten zusammengefasst. Diese Maßnahmen wurden zum Standard in der Branche und wurden auch im [Kapitel IV.10.2] ausgewiesen.

#### Minimierungsmaßnahmen, die vor Beginn der Rammarbeiten vorzunehmen sind:

- Nachweis, dass die besten verfügbaren Techniken (engl. *Best available techniques*) Anwendung finden. Lösungen, wie Modifizierung von Hämmern, Abschirmungen oder Lärmdämmung, Anwendung von Vibrationshämmern und Schwerkraftpfählen können den Lärmpegel reduzieren;
- Bereitstellung von ausreichend ausgebildeten und ausgerüsteten Beobachtern von Meeressäugtieren. Die Hauptaufgabe der Beobachter sollte darin bestehen, die Meeressäugtiere aufzuspüren und gegebenenfalls die Einstellung der Rammarbeiten zu empfehlen;
- Festlegung von Kommunikationsverfahren zwischen den Beobachtern der Meeressäugtiere und den die Rammarbeiten ausführenden Teams, darunter einer formellen Kommunikationskette zwischen den Beobachtern und der Person, die die Rammarbeiten unterbrechen kann;
- Festlegung einer Milderungszone. Dabei handelt es sich um ein Gebiet, auf dem die Beobachter der Meeressäugtiere die Anwesenheit von Meeressäugtieren vor Beginn der Rammarbeiten visuell oder akustisch überwachen können. Die Ausdehnung dieser Zone soll bei der Umweltverträglichkeitsprüfung erwogen und im Rahmen der Umweltaufsicht vereinbart werden. Der Radius der Milderungszone soll nicht weniger als 500 m von dem Ort betragen, an dem der Pfahl gerammt wird.
- Verwendung von akustischen Abschreckvorrichtungen (ADD) und/oder Pingern, um Meeressäugtiere und Fische aus der Milderungszone und den direkt an die Arbeiten angrenzenden Gebieten abzuschrecken, insbesondere falls die Tiere an den jeweiligen Stellen ständig anwesend sind und es zu wesentlichen Verzögerungen beim Beginn der Rammarbeiten kommt. Bei den Arbeiten im Zusammenhang mit der maritimen Infrastruktur (eigene Studie) werden solche Maßnahmen oft in Bezug auf Robben angewendet. Die Verwendung von akustischen Abschreckvorrichtungen und/oder Pingern wäre nur nach Genehmigung zur Störung von in Europa geschützten Arten (EPS) zulässig.

### Minimierungsmaßnahmen während der Rammarbeiten

- Rammarbeiten in der Nacht oder bei schlechter Sicht: Die Rammarbeiten sollten bei Dunkelheit oder schlechter Sicht (wie bei Nebel) oder in Zeiten, in denen der Seegang die Milderung von visuellen Folgen der Arbeiten verhindert (über Windstärke 4), nicht begonnen werden, da die Gefahr besteht, dass die Meeressäuger nicht aufgespürt werden;
- Suche vor Beginn der Rammarbeiten: Vor Beginn der Rammarbeiten soll die Milderungszone visuell von den Beobachtern der Meeressäuger über einen abgestimmten Zeitraum durchsucht werden. Es wird empfohlen, dass die Suchzeit vor den Rammarbeiten wenigstens 30 Minuten dauert;
- Verzögerung beim Aufspüren von Meeressäugern: Mit den Rammarbeiten sollte nicht begonnen werden, wenn in der Milderungszone Meeressäuger entdeckt werden, etwa innerhalb von 20 Minuten nach der letzten visuellen oder akustischen Erkennung;
- Sanftanlauf: Der Sanftanlauf besteht in einer allmählichen Erhöhung der Rammkraft innerhalb einer angegebenen Zeit, bis die volle Betriebsleistung erreicht wird. Die Dauer des Sanftanlaufs soll nicht weniger als 20 Minuten betragen. Bei den Rammarbeiten mit der vollen Kraft ist es nicht erforderlich, die Leistung bei Entdeckung eines Meeressäugers in der Milderungszone zu mindern (man geht davon aus, dass sich dieses Tier dort „freiwillig“ befindet). Es wird auch davon ausgegangen, dass es aus technischen Gründen nicht immer möglich ist, die Rammarbeiten mit voller Leistung vor dem endgültigen Aufsetzen des Pfahls einzustellen.
- Pause bei Rammarbeiten: Dauert die Pause bei den Rammarbeiten länger als 10 Minuten, dann sollte vor dem erneuten Beginn der Arbeiten die Aufspürprozedur und der Sanftanlauf wiederholt werden. Wurden allerdings bei den Rammarbeiten Beobachtungen durchgeführt, dann sollte der Beobachter im Stande sein zu bestätigen, ob Meeressäuger anwesend sind oder nicht, sodass sofort der Sanftanlauf eingeleitet werden kann;
- Akustische Abschreckungsvorrichtungen (ADD): Zu erwägen ist die Verwendung von Vorrichtungen, mit denen man die Tiere vom Bereich der Rammarbeiten abschrecken kann. Die ADD sollen ausschließlich in Verbindung mit visueller oder akustischer Überwachung verwendet werden.
- Aufzeichnung der Tötung von Fischen, d. h. die Fälle der Tötung von Fischen (Art und Anzahl) sind aufzuzeichnen, die Gegenmaßnahmen und Prozeduren sind regelmäßigen Prüfungen/Anpassungen zu unterziehen, um die Tötung von Fischen in Zukunft zu vermeiden.

### **Lichtverschmutzung**

Die Beleuchtung soll so angeordnet sein, dass die Reflexionen und der Austritt des Lichts in die Meeresumwelt eingeschränkt wird. Diese Maßnahmen finden auch auf die Onshore-Beleuchtung sowie bei Wasserfahrzeugen Anwendung, die an den benachbarten Küsten arbeiten. Vor Beginn der Arbeiten wird eine Beleuchtungsstrategie angenommen, die Wege und Mittel darstellt, um den Austritt von Licht in die Meeresumwelt zu mindern.

### **V.3.1.1.2 Betriebsphase**

#### **LAND**

##### **Fischfauna**

- Gewährleistung der Durchgängigkeit des Biebrowski Kanals.

##### **Chiropteroфаuna (Fledermäuse)**

- Die Empfehlungen in Bezug auf die Minimierungsmaßnahmen bei der Anwendung des künstlichen Lichts wurden detailliert in den Ausführungen zu der Bauphase dargestellt.



---

**MEERESGEBIET****Minimierung der Auswirkungen auf Fische**Rückgewinnung und Umkehrung von Fischen (*Fish Recovery and Return System, FRRS*)

Im vorläufigen Entwurf für das Kühlwassersystem wurden Maßnahmen berücksichtigt, die die Auswirkung auf die Meeresumwelt mindern sollen. In Anlehnung an das Verständnis der lokalen ökologischen Systeme im Meer wurden die besten Standorte für die Wasserentnahme und -abführung sowie die radiale Gestaltung und Abmessungen der Einlassköpfe/Düsen berücksichtigt, um Zielwassergeschwindigkeiten unter 0,3 m/s für die technische Untervariante 1A - offenes Kühlsystem, zu erreichen. Damit könnte die Anzahl der Organismen gemindert werden, die im Bereich der Kühlwasserzulaufströmung mitgerissen oder durch den Kühlwasserkreislauf eingesaugt werden.

Das FRRS-System stellt die beste verfügbare Technologie in Großbritannien [118], [126] dar und würde in diesem Fall so eingerichtet werden, dass die im Kühlwassersystem gefangenen Fische durch bewegliche Siebe befreit und mithilfe eines speziellen Rückführungskanals für Fische ins Meerwasser zurückgeführt werden. HELCOM [52] nennt die allgemeinen Anforderungen an BAT. Die europäischen BAT-Referenznote in Bezug auf industrielle Kühlung [156], auch wenn sie streng genommen auf das Vorhaben keine Anwendung findet, enthält Informationen, die bei der Festlegung von BAT behilflich sein können. FRRS kann auch einen positiven Einfluss auf wirbellose Tiere wie Krebse und Weichtiere haben, die ggf. ins Kühlwassersystem eingezogen werden.

Die beste Praxis erfordert, dass die folgenden Konstruktionen und Betriebselemente [135], [134] sichergestellt werden:

- Ein System zur Befreiung und Umkehrung von Fischen samt einem Kanal/einer Rohrleitung zur Rückführung von Fischen ins Meer;
- Biozide sollten in dem Rückführungskanal/in der Rückführungsleitung nur dann Anwendung finden, wenn man nachweisen kann, dass die toxikologische Gefahr gering ist, um eine Exposition gegen Toxine zu vermeiden;
- Es ist eine kontinuierliche Wasserversorgung sicherzustellen, um eine ausreichende Tiefe zu gewährleisten, so dass sich die Fische vollständig unter Wasser den Rückführungskanal/die Rückführungsleitung entlang bewegen können;
- Die Rücklaufeinlässe für Fische sollten glatt sein, alle Schweißnähte entsprechend verfugt und abgeschlossen werden;
- Die Rücklaufeinlässe sollten einen Durchmesser von wenigstens 0,3 m aufweisen, der Hauptumlauf des Kanals/der Leitung – mindestens 0,5 m oder größer sein.
- Es sind Bögen mit einem Radius von mehr als 3 m zu verwenden;
- Bei allen Änderungen der Neigung von Wäschern hat der Bogenradius wenigstens 3 m zu betragen, damit die Strömung nicht vom Boden des Wäschers abgetrennt wird. Die Neigung bei den Abschnitten der Wäscher vor horizontalen Biegungen soll auf maximal 1:50 eingeschränkt werden;
- Die Rückführungskanäle für Fische sollten abgedeckt sein, um Eingriffe von Raubvögeln und der Bildung von Algen vorzubeugen, gleichzeitig muss Zugang zu den Kanälen für deren Reinigung sichergestellt werden.
- Liegen die Wäscher oder die Rückführungskanäle/Rückführungsrohrleitungen für die Fische nicht hoch genug, dann kann die Geschwindigkeit der Strömung mit fischfreundlichen Pumpen gewährleistet werden;
- Ein Kanal/eine Rohrleitung sollte nicht länger als nötig sein, damit der Aufenthalt der Fische darin möglichst verkürzt wird;

- Die Abflüsse aus dem Wäscher oder aus dem Kanal/der Rohrleitung sollten sich möglichst weit weg von der Wasserentnahmestelle befinden, um das Risiko zu vermeiden, dass die Fische erneut mitgerissen werden.
- Die Turbulenzen innerhalb eines jeden Objektes, in dem Fischproben entnommen oder Fische aufbewahrt werden, sollten optimiert werden, um das Risiko einer Ermüdung oder einer Verletzung der Fischbestände zu verringern;
- Die Scherspannungen und Turbulenzen im gesamten System sind zu optimieren;
- Es ist erforderlich, das Wasser vom Hochdruckspülsystem über die Rückführungswäscher für die Fische abführen zu lassen. Werden beim Hochdruckspülen vor allem Flechten und Verschmutzungen beseitigt, dann können sie außerhalb des Standortes des Vorhabens zur Entsorgung abgeführt werden.
- An Küstenabschnitten, an denen das Risiko eines gelegentlichen massierten Auftretens von Schwärmen pelagischer Fischbestände besteht, kann es erforderlich sein, die Fänge in Sammelkörbe umzuleiten;
- Die Genehmigung kann erfordern, dass im Bereich des FRRS-Rückführungskanals/der Rückführungsleitung Einrichtungen für das Sammeln und die Überwachung des Zustands von lebendigen Fischbeständen bereitgestellt werden.

Es ist zulässig, dass alle Verschmutzungen, die über den Einlass in das Kühlwassersystem gelangen, wieder ins Meer abgeführt werden, doch unter der Bedingung, dass dies in einer kontinuierlichen Strömung erfolgt, anstelle sie konzentriert und in bestimmten zeitlichen Abständen zurückzuführen. Dies kann ökologische Vorteile mit sich bringen, indem das natürliche biologische Material in das Ökosystem des Meeres zurückgeführt wird.

Im Einlassbereich werden auch dicke Stangengitter eingerichtet, damit mit dem Kühlwasser keine größeren Verunreinigungen und Organismen, darunter Meeressäugetiere, in das System gelangen.

#### Licht-/Schall- und/oder Vibrationsmaßnahmen zum Abschrecken von Fischen aus Wasserentnahmebereichen.

Die Einhaltung von Eintrittsgeschwindigkeiten gemäß den besten Praktiken aus dem Energiesektor von  $\leq 0,3$  m/s kann an und für sich nicht ausreichend sein, um das Auffangen von Fischen und anderen Meeresorganismen zu minimalisieren und sie am Eindringen über die Kühlwassereinlässe zu hindern. Es ist bekannt, dass Fische auf visuelle Signale reagieren, die von der Infrastruktur [147] generiert werden, allerdings kann es in der Nacht oder bei hoher Trübung des Wassers zu einer eingeschränkten Wahrnehmung der visuellen Signale kommen, womit die Wahrscheinlichkeit erhöht wird, dass Fische an den Wasserentnahmestellen gefangen bleiben. In der Planungsphase des Vorhabens können allerdings eine Reihe von Minderungsmaßnahmen eingeführt werden, um das Mitreißen von Fischen an den Wasserentnahmestellen zu verringern, darunter nicht physische (verhaltensbezogene) Barrieren, um die Fische von diesen Stellen fernzuhalten, es können aber auch Systeme zur Befreiung und Umkehrung von Fischen eingerichtet werden.

Die verhaltensbezogenen Anreize können Licht, Schall und/oder Vibration verwenden, um die Fische von den Entnahmestellen fernzuhalten und die Möglichkeit eines Mitreißens [82], [134] zu mindern. Die Wirksamkeit solcher Maßnahmen hängt von den Eigenschaften und der Stärke der Signale, von der Fischart, der Lebensstufe der Fische und den Umweltbedingungen ab [82].

Es konnte gezeigt werden, dass sowohl Stroboskopbeleuchtung, als auch akustische Abschreckungsvorrichtungen bei vielen Arten wirksam sind [48], [58], [80], [81]. Man hat auch nachgewiesen, dass akustische Abschreckungsvorrichtungen, die als AFD (englisch: Acoustic Fish Deterrent) bekannt sind, sowohl auf das Hören spezialisierte Arten, bei denen die Schwimmblase anatomisch mit dem Innenohr verbunden ist (zum Beispiel Herings- oder Karpfenfische) [94], [95], [115], als auch solche Arten mit Gehörsinn, die nicht über derartige Organe nicht, wie zum Beispiel die Salmoniden [17], [47], [55], [54], abschrecken. Zu den Vorteilen der verhaltensbezogenen Abschreckungsvorrichtungen gehört, dass sie nicht durch Verschmutzungen oder Begrenzung der Strömungsgeschwindigkeit blockiert werden können. Doch obwohl die akustischen Abschreckungsvorrichtungen bei Wasserentnahmestellen an Flussmündungen und an den Küsten eingesetzt werden, wurden sie bisher nicht in der Meeresumwelt (bis zu 6 km ins Meer hinein) oder bei großen Tiefen (bis

zu 25 m) verwendet. Sollten die akustischen Abschreckungsvorrichtungen unter solchen Umständen eingesetzt werden, dann müsste eine innovative Methode zur Instandhaltung dieser Geräte entwickelt werden.

Für hybride Technologien, die zum Beispiel Licht mit akustischen Geräten kombinieren, gilt, dass sie einen höheren Grad an Abschreckung gewährleisten [134], [135], sie wurden etwa an Kühlwasserentnahmestellen an Mündungen an Orten wie dem Kraftwerk Pembroke im Südwesten von Wales, Großbritannien, eingesetzt.

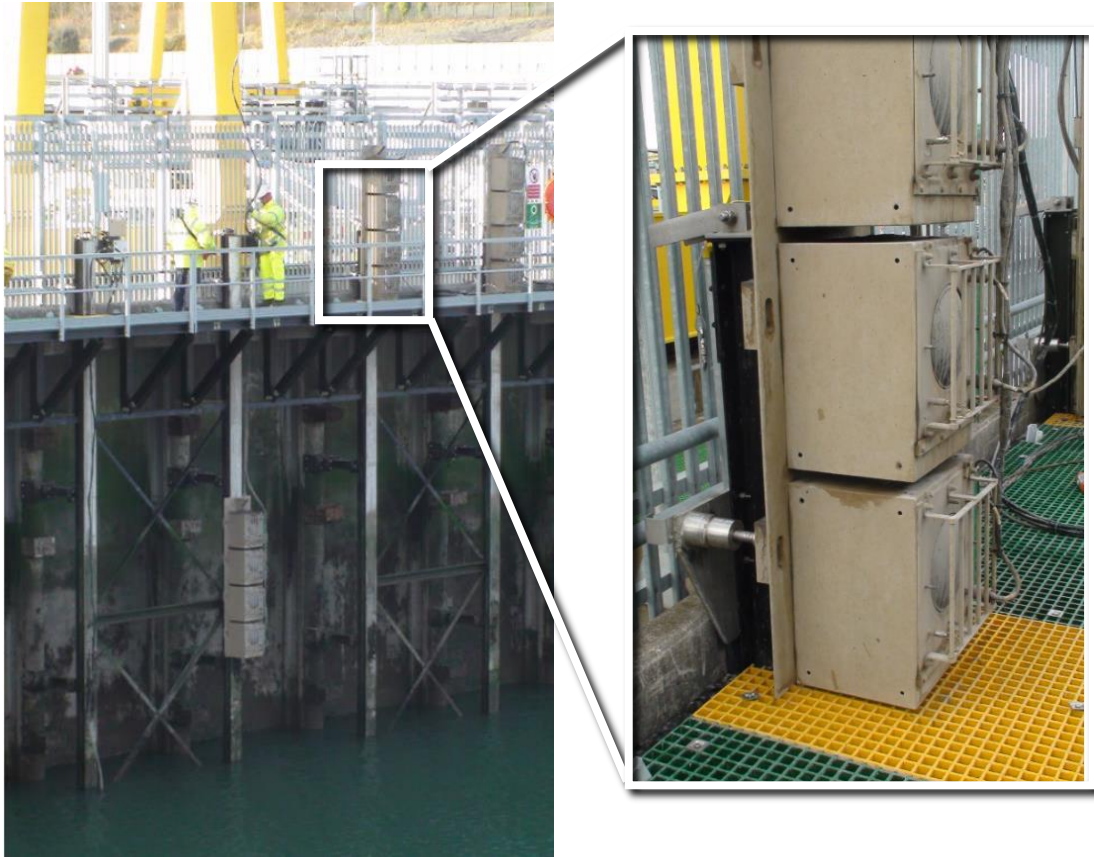


Abbildung V.3- 1 Fischleitsystem am Kraftwerk Pembroke, Großbritannien

Quelle [134]

Gemäß den in Großbritannien angewandten guten Praktiken wurden einander ergänzende Vorteile aus der Einrichtung sowohl von verhaltensbezogenen Abschreckungsvorrichtungen als auch von Systemen der Befreiung und Umkehrung von Fischen zwecks deren Schutz bei Anlagen mit Einweg-Meerwasserkühlungssystemen [127] nachgewiesen.

### Minimierung der Auswirkungen auf Seevögel

Obwohl zurzeit nicht bekannt ist, welche Häfen genutzt und wie viele Wasserfahrzeuge im Zusammenhang mit dem Bau des Kais für die Entladungen von Meerestransporten sowie dem Bau der Kläranlage eingesetzt werden, wird eine Seeverkehrszone von 1 km Breite eingerichtet. Alle Maßnahmen im Zusammenhang mit der Anfahrt der Wasserfahrzeuge werden auf die Verkehrszone eingeschränkt, die entweder auf der kürzesten Strecke über das Vogelschutzgebiet Przybrzeżne wody Bałtyku PLB990002, d. h. parallel zu der Küste verläuft und sich auf eine Breite von 1 km von der Mittellinie des Bebauungs- oder des Betriebsgebietes erstreckt, oder aber auf der am wenigstens empfindlichen Strecke, wenn sich dies aus den Ergebnissen von irgendwelchen zusätzlichen Untersuchungen ergibt. Auf der Grundlage des Wissens um die größten Entfernungen der Abschreckung von Trauerenten *Melanitta nigra* wird davon ausgegangen, dass die maximale Reichweite der Auswirkungen ca. 1 km auf beiden Seiten der Seeverkehrszone beträgt.

Um die Wirksamkeit der Verkehrszone bei der Minimalisierung der Auswirkungen sicherzustellen, wird vor Beginn der Vorbereitungsarbeiten für das Vorhaben eine Überwachungs- und Minderungsstrategie entwickelt.

Eine solche Strategie würde Desk Research mit Daten zu Siedlungen und zur Verbreitung der Arten sowie zur Größe ihrer Population kombinieren, damit die Lage, der Umfang und die Begründung für die Seeverkehrszone festgelegt werden können.

Unabhängig von den oben genannten Lösungen wird im Rahmen der Minimierungsmaßnahmen zugunsten der o. g. Umweltkomponenten zusätzlich Folgendes vorgeschlagen:

- Zusammenarbeit mit Vertretern der Fischereibranche einschließlich der Übermittlung von Informationen über die geführten Arbeiten, darunter Überwachung der Auswirkungen des erhöhten Seeverkehrs;
- Mitfinanzierung der Besetzung der Gewässer mit Fischen im Rahmen der durch den Bau des Kernkraftwerkes verursachten Umweltschäden.

### V.3.1.5 Meeresoberflächengewässer

Der Prüfung von Auswirkungen des geplanten Vorhabens auf die Meeresoberflächengewässer ist zu entnehmen, dass die meisten Maßnahmen in der Bau- und Betriebsphase des Vorhabens keinen negativen Einfluss auf die Hydrodynamik und Geomorphologie des Meeres, die Qualität des Wassers oder die Biologie haben wird. Allerdings sind bei einigen Maßnahmen in der Betriebsphase bestimmte Minimierungsmaßnahmen erforderlich, die wesentliche negative Auswirkungen auf die Umwelt vermeiden lassen. Die Umsetzung des Vorhabens in der technischen Subvariante 1A hat keinen negativen Einfluss auf den bisherigen Zustand des Wasserkörpers im Sinne von WRRL und der Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates Nr. 2008/56/EG vom 17. Juni 2008 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresumwelt (Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie) [24] in Bezug auf die Küsten- und Meeresgewässer, unter der Voraussetzung, dass die unten genannten Minimierungsmaßnahmen eingeleitet werden. Es wurde auch festgestellt, dass die Umsetzung des Vorhabens die künftigen Ziele eines guten Zustandes von Oberflächengewässern/von Umwelt in diesem Teil des Wasserkörpers nicht gefährdet. Unten ist ein Vorschlag für die Minimierungsmaßnahmen dargestellt, je nach dem für die jeweilige Phase ermittelten Druck.

#### V.3.1.5.1 Bauphase

Es bestehen keine negativen Auswirkungen auf die Hydrodynamik und die Geomorphologie des Meeres, die Qualität des Meerwassers oder die Biologie in der Bauphase, sodass keine Minimierungsmaßnahmen vorgeschlagen werden.

#### V.3.1.5.2 Betriebsphase

- **Verwendung von Bioziden zur Bekämpfung der Entstehung von Biofilmen an den Hauptkondensatoren, Wärmetauschern und anderen Komponenten des Kühlwassersystems**

Zwecks Bekämpfung von Bioverschmutzung an den Hauptkondensatoren, Wärmetauschern und anderen Komponenten des Kühlwassersystems kann sich das Hinzufügen von Bioziden (Chlor in Form von Hypochlorit oder *in situ* durch Elektrochlorierung hergestelltes Chlor) als erforderlich erweisen, damit kein Biofilm (als Vorstufe für die Ansiedlung von Miesmuschel- oder Rankenfüßerlarven) entsteht, was in der Folge zur Ablagerung und zum Wachstum von lebendigen Organismen und dadurch zur Einschränkung der Durchgängigkeit führen könnte.

Der Bedarf an Chlor in den Oberflächengewässern ist geographisch unterschiedlich. Die Beurteilung der Chlorkonzentrationen im Meereswasser kann durch einfache Labortests für die Bestimmung des Bedarfs an Chlor, unter Einsatz von Proben des lokalen Wassers erfolgen. Deswegen ist es sachdienlich, noch auf der Etappe der Erstellung des Bauentwurfes Tests durchzuführen, mit denen die Zersetzungsrate von Chlor in den Gewässern der Ostsee, die eine niedrigen Salzgehalt aufweisen, ermittelt werden kann, und zwar sowohl im Sommer als auch im Winter, um realistische Zersetzungsdaten zu erlangen (Zersetzungszeit), die bei der Modellierung der Verbreitung von Hydrazin berücksichtigt werden kann. Es wird dann empfohlen, dass die Modellierung der Verdünnung und der Dispersion unter Berücksichtigung der realistischen Zersetzungszeit

wiederholt werden (Modellierungen der Verbreitung von Hydrazin, die im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung vorgenommen worden sind, gehen davon aus, dass der Stoff nicht zerfällt). Eine erneute Modellierung in der Entwurfsphase lassen die Auswirkungsreichweite mindern, indem die Ergebnisse realistischer werden; gleichzeitig beantwortet sie die Frage nach der Menge von Chlor, die bei den vorhandenen Umweltschutzstandards Anwendung finden kann.

Dank der Anwendung von modernen Kontrollsystemen (Echtzeitmessungen) der Chlorkonzentrationen im Kühlsystem können die Betriebsprotokolle für die Anwendung von Bioziden optimiert werden. Es ist auch möglich, das Verfahren mit anderen Methoden der Überwachung von Biofouling zu kombinieren, um Abführungsmengen festzulegen, die aus Sicht des Umweltschutzes akzeptabel wären und gleichzeitig eine Kontrolle von Biofouling erlauben würden.

Würde die o. g. Untersuchung von Chlorkonzentrationen im Wasser zeigen, dass die Anwendung von Chlor am betreffenden Standort für die Einhaltung der Betriebsanforderungen des Kraftwerkes nicht ausreichend ist, sind auch andere wirksame Methoden zur Vermeidung von Biofouling (Biofilm) [124] verfügbar, darunter:

- Zugabe von Antifouling-Produkten auf Basis von Tensiden zum Kühlwasserstrom,
- physikalische Reinigung der Kondensatorrohren mit Schwammkugeln,
- Geräte zur Reinigung von Rohrleitungen,
- Anwendung von glatten und selbstpolierenden Oberflächenbeschichtungen,
- Anwendung von Antifouling-Farben.

Mit diesem Ansatz als Minimierungsmaßnahme wird man sicherstellen, dass das Vorhaben in betreffendem Umfang keinen negativen Einfluss auf die Meeresumwelt hat.

- **Minimierung der Hydrazin-Konzentration**

Gemäß den Angaben des Herstellers des AP1000-Reaktors kann das Risiko entstehen, dass im Wasser, das aus den Kühlsystemen in der Betriebsphase abgeführt wird, die Hydrazin-Konzentrationen überschritten werden. Gleichzeitig muss betont werden, dass die o. g. Daten die besonderen Betriebsbedingungen am Standort nicht berücksichtigen, die das grundlegende Element für die Möglichkeit der Überschreitung von Konzentrationsgrenzwerten dieses Stoffes darstellt. Auf der aktuellen Etappe des Vorhabens können die konkreten Hydrazin-Konzentrationen in den Abwässern nicht ermittelt werden. Dies ergibt sich aus der Tatsache, dass die technologischen Einzelheiten noch nicht bekannt sind und die Wasseraufbereitungsverfahren gemeinsam mit den Lieferanten des Kühlsystems in der Phase der Baugenehmigungsbeantragung entwickelt werden.

Im Kühlsystem des KKW-Reaktors muss vom Versorgungswasser praktisch der gesamte Sauerstoff entfernt werden, was durch das thermische Entgasungsverfahren nicht gewährleistet werden kann. Für eine vollständige Entfernung des Sauerstoffes wird ein chemisches Sauerstoffentfernungsverfahren angewendet. Die chemische Entfernung von Sauerstoff aus dem Versorgungswasser besteht im Wesentlichen in der Zugabe von starken Reduktoren, die den Sauerstoff chemisch binden. Die Wirksamkeit dieses Verfahrens variiert je nach Art und Dosis des Reduktors, Wasser-pH und -temperatur, Konzentration des gelösten Sauerstoffes und Anwesenheit von anderen Oxidationsmitteln (über gelösten Sauerstoff hinaus) im Wasser. Bei der chemischen Sauerstoffentfernung aus dem Wasser wird Hydrazin verwendet, das in einer Menge von nicht mehr als 0,18 g pro 1000 kg Wasser über die Versorgungspumpe in das Versorgungswasser eingeführt wird. Bei Temperaturen von über 270 °C kommt es zur vollständigen Zersetzung von Hydrazin mit Ammoniak  $\text{NH}_3$  als eines der Produkte. Aus den oben genannten Gründen wird der Hydrazingehalt in den Austrägen aus dem Kühlsystem des Reaktors auf Mengen unterhalb der Nachweisgrenze geschätzt.

Die meisten aus dem KKW abgeführten Mengen von Hydrazin stammen aus der Spülung des Dampferzeugers, da Hydrazin, das als Kühlmittel des Reaktors verwendet wird, vor der Freisetzung durch die erhöhte Temperatur weitgehend zerstört wird.

Hydrazin wird in Polen standardmäßig bei konventionellen Kraftwerken verwendet, bei denen die Grenzwerte der Umweltqualitätsstandards in Bezug auf die Toxizität durch den Hydrazingehalt nicht überschritten werden.

#### Reihenfolge für die Anwendung der Minimierungsmaßnahmen

Es wird empfohlen, dass bei der Erwägung der Maßnahmen zur Minderung der Auswirkungen von Abführungen von Hydrazin die folgende Hierarchie Anwendung findet:

1. eine präzise Dosierung von Hydrazin in das Dampferzeugungssystem zwecks Sicherstellung von niedrigen Restkonzentrationen im Abwasser aus der Spülung, aufgrund von:
  - Reaktion von Hydrazin mit Sauerstoff in den Dampferzeugern, bei der Stickstoff und Wasser entstehen (das ist der Zweck der Zugabe von Hydrazin),
  - Zersetzung von Hydrazin zu Ammoniak in den Dampferzeugern und in Hochdruck-Wärmetauschern;
2. Untersuchung des Beitrags der Hydrazin-Zersetzung im Meereswasser sowie der Neutralisierung durch Biozide zur Minderung der Konzentrationen im Prozessabwasser;
3. werden nach der Umsetzung der Maßnahme aus Ziff. 1) oben und nach Berücksichtigung der Zersetzung und der Neutralisierung im Sinne der Ziff. 2), die im Verfahren quantitativ ermittelt werden, beunruhigende Restkonzentrationen befürchtet, dann ist eine Reinigung des Hydrazin-haltigen Abwassers vor dessen Abführung sicherstellen.

#### Optimierung der Hydrazin-Dosierung

Dank den präzisen Echtzeit-Messungen des Sauerstoffgehaltes im Kühlmittel, die an festgelegten Probeentnahmestellen im Dampfzyklus durchgeführt werden, kann die Hydrazin-Dosierung präzise geregelt werden, um eine effektive Sauerstoffabsorption sicherzustellen, wobei das überschüssige Hydrazin durch die Hitze vor der Absalzung zerstört wird.

Auf der Etappe des Bauentwurfes ist es notwendig, in Zusammenarbeit mit den Lieferanten detaillierte Verfahren zu erstellen, um das Vorhersagen und die Minimierung von Hydrazin-Restkonzentrationen im Abwasser zu ermöglichen.

#### Zersetzung von Hydrazin in der Ostsee

Hydrazin unterliegt der natürlichen Zersetzung im Meereswasser, doch die Zersetzungsrate hängt von der Zusammensetzung des Meereswassers ab. Aus diesem Grunde ist es für die Berücksichtigung dieses Aspektes bei der Prüfung der Umweltverträglichkeit notwendig, an Ort und Stelle Labortests in Bezug auf die Zersetzungsrate von Hydrazin in der Ostsee in dem betreffenden Gebiet durchzuführen. Die Zersetzung des Stoffes in nichtreaktive Derivatstoffe beginnt sofort nach der Vermischung des Abwassers mit Hydrazin mit dem Meereswasser. So führt die Zersetzung von Hydrazin zu einer praktisch vollständigen Neutralisierung der Hydrazin-Konzentration an der Abführungsstelle am Ende der Abführungskanäle/-rohrleitungen ins Meer, was zur Eliminierung von Hydrazin an dieser Stelle führt.

#### Hydrazin-Neutralisierung durch Biozide

Bei Hydrazin handelt es sich im Allgemeinen um einen sehr starken Reduktor (deswegen wird der zur Sauerstoffentfernung aus dem Versorgungswasser verwendet), die Biozide, die dem ins Meerwasser abgeführten Abwasser hinzugefügt werden, sind dagegen starke Oxidationsmittel, weswegen ihre Anwesenheit eine Zersetzung und Neutralisierung von Hydrazin nach sich zieht. Hydrazin kann durch Oxidation mit Wasserstoffperoxid (unter Einsatz eines Kupferkatalysators) oder mit Chlor/Hypochlorit [14] aufbereitet und zerstört werden. Daher besteht die andere Möglichkeit, die Konzentrationen von Hydrazin und Bioziden in den Kühlsystemen zu reduzieren, die industriellen Abwasserströme im Betrieb so zusammenzuführen, dass die Hydrazin-Restkonzentrationen auf die erforderlichen Grenzwerte durch die Reaktion mit dem Biozid reduziert werden. Auf der Etappe des Bauentwurfes sind die o. g. Phänomene zu analysieren und ggf. Betriebsverfahren,

die die Anwendung von Biozid festlegen, Prozeduren für die Abführung von Prozessabwasser, einschließlich der Absalzung, aus der Anlage unter Berücksichtigung der Retentionszeit in den Abführungsleitungen und -kanälen zu entwickeln.

#### Aufbereitung der einzelnen Abwasserströme

Falls es nicht gelingen sollte, die erforderliche Reduzierung von Hydrazin-Konzentrationen durch Anpassung der o. g. Maßnahmen zu erreichen, ist es erforderlich, weitere Maßnahmen anzuwenden. Diese Maßnahmen wären mit der Notwendigkeit verbunden, eine entsprechende Reduzierung der Hydrazinkonzentration in den einzelnen Abwasserströmen vorzunehmen, vor allem bei regelmäßigen Absalzungen, die sich aus der Reinigung des Dampferzeugersystems (englisch: *Waste water system, WWS*) ergeben, aber auch ggf. Abführungen des aufbereiteten Reaktor-Kühlmittels über die Behälter des Systems zur Überwachung flüssiger radioaktiver Abfälle (englisch: *Liquid radwaste system, WLS*) umfassen.

Vor diesem Hintergrund – des Vorhandenseins von unterschiedlichen Minimierungsmaßnahmen zwecks Einhaltung der Umweltqualitätsstandards im Bereich Hydrazin-Konzentrationen an der Abwasserabführung – kann festgestellt werden, dass die Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen die Auswirkungen der Hydrozin-Abführungen auf ein vernachlässigbares Ausmaß reduzieren.

- **Minimierung von Korrosionsprodukten**

Es besteht die Möglichkeit, dass das WWS- und WLS-Abwasser Verunreinigungen durch Schwermetalle enthält, die infolge der Korrosion in den Kühlsystemen des Kernkraftwerkes entstanden sind. Dazu gehören typischerweise Chrom, Kupfer, Eisen, Mangan, Nickel und Zink, wobei die einzelnen Konzentrationen von den im Dampferzeuger, in den Verflüssigern und in anderen Geräten verwendeten Stoffen abhängen. Viele von ihnen stammen aus dem Dampferzeuger, wobei die Konzentrationen von der Konstruktion des jeweiligen Dampferzeugers, des angewendeten Absalzungssystems und der Technologie der Reinigung, der Rückgewinnung und der Rezirkulation des Versorgungswassers abhängen. Dies wirkt sich auf die Zusammensetzung von WWS-Abwasser aus. Die Korrosionsprodukte können auch im über WLS aus dem Reaktor und aus anderen Geräten abgeführten Kühlmittel anwesend sein. Andere Verunreinigungen können durch Kontamination der verwendeten Chemikalien (etwa durch Kadmium, Quecksilber) aufkommen, dies kann man aber zumeist durch eine entsprechende Auswahl von Lieferanten vermeiden.

Auf der Etappe des Bauentwurfes sind die o. g. Fragen zu analysieren. Sollte diese Analyse zeigen, dass die Konzentrationen von Schwermetallen im abgeführten Kühlwasser reduziert werden müssen, um ungünstige Auswirkungen auf die Umwelt zu vermeiden, dann ist eine weitere Reinigung der entsprechenden Abwasserströme erforderlich. Die Aufbereitungsmethoden sind leicht verfügbar, daher kann festgestellt werden, dass im Falle ihrer bedarfsgerechten Anwendung die Abführung von Schwermetallen keinen wesentlichen Einfluss auf die Wasserqualität haben wird. Basierend auf Erfahrungen aus anderen KKW-Standorten in der Welt wird davon ausgegangen, dass die Verdünnung durch die Kühlwasserströmung ausreichend ist, um die Umweltstandards für die Kontaminationen durch Schwermetalle einzuhalten.

#### Aufbereitungsmethoden

Die Metalle können aus dem System mit unterschiedlichen standardmäßigen Aufbereitungsmethoden beseitigt werden, wie gängige chemische Fällung (meistens unter Einsatz von Kalk) oder mit Einsatz von Ionenaustauschern. Damit die Kosten der Investition und der Abfallerzeugung gemindert werden können, soll die Aufbereitung auf bestimmte Abwasserströme ausgerichtet werden, die erhöhte Metakonzentrationen aufweisen, wie etwa Abwasser aus der SGS-Dampferzeugeranlage (englisch: *steam generator system*).

- **Kalkabscheidung**

Die Kalkabscheidung gehört zu den am meisten angewendeten Methoden der Entfernung von Metallen aus industriellen Abwässern, denn damit wird eine wirksame Reinigung sichergestellt und Kalk ist in der Regel leicht erhältlich und weniger kostenintensiv als alternative chemische Stoffe. Die Aufbereitung mit Kalk besteht in der Entfernung von Schwermetallen in Form von Hydroxiden, indem Kalk zugegeben wird und die Metalle sich

absetzen. Es können auch Koagulationsmittel (wie Eisen-<sup>III</sup>-Salze) und Polymerflockungsmittel zugesetzt werden, um die Abtrennung des sich bildenden Absatzes zu erleichtern. Anschließend kann der letzte Filtrationsschritt auf Sandbett hinzugeführt werden. Durch diesen Ansatz entsteht fester Schlamm mit den abgeschiedenen Metallen, was die Anwendung einer Methode zu dessen Beseitigung erforderlich machen würde.

- **Aufarbeitung durch Ionenaustausch**

Alternativ können die Metalle effizient durch Ionenaustausch entfernt werden. Auf diese Weise entstehen auch Abfälle, die entsorgt werden müssen, sei es in Form von gebrauchten Regenerativflüssigkeiten, sei es in Form von Einwegpatronen mit Harz, wenn keine Regenerierung praktiziert wird. Die durch Korrosion entstandenen Verschmutzungen, die aus der Atominsel stammen, werden weitgehend in jedem Fall durch Ionenaustausch entfernt, der zwecks der Beseitigung der Radioaktivität aus den Abwässern des Systems für flüssige radioaktive Abfälle (WLS) verwendet wird. Falls die Abwässer vor der Abführung in den Überwachungsbehältern als Partien aufbewahrt werden, muss die Wirksamkeit der Behandlung bestätigt werden.

- **Minimierung der Reichweite der thermischen Anomalien**

Abführungsköpfe/-diffusoren in Form von sogenannten Entenschnäbeln wurden mit einer in Nordrichtung parallel zum Boden gerichteten Tropfenapparatur über den Meeresboden angehoben, um das Phänomen der erhöhten Verdrängung von Flüssigkeiten mit einer höheren Temperatur und niedrigeren Dichte als die sie umgebenden Gewässer zu nutzen. Eine derartige Ausrichtung der Abführung erlaubt die Vermeidung der thermischen Anomalie zum Ufer hin und verlängert die Strecke, die von der erwärmten Flüssigkeit von der Ableitung des Diffusors in der Wassersäule bis zur Wasseroberfläche zurückgelegt werden muss, womit die Reichweite der Anomalie, die sich durch einen Anstieg der Temperatur auf der Wasseroberfläche manifestiert, gemindert wird.

- **Kontrolle der Abführung von Prozessabwässern**

Die Abwässer aus dem System der radioaktiven Abfälle der Atominsel (WLS) umfassen technische Chemikalien aus der Absetzung des Kühlsystems des Reaktors (engl. *Reactor coolant system, RCS*). Die Einzelheiten bezüglich der Abführung von Prozessabwässern sind dem Band II [124] zu entnehmen.

Die WLS-Abwässer werden in Überwachungsbehältern aufbewahrt, um die Kontrolle zu ermöglichen, ob der Radioaktivitätspegel vor der Abführung innerhalb der zulässigen Grenzen liegt. Ist es nicht der Fall, dann werden die Abwässer erneut der Behandlungsverfahren für radioaktive Abfälle unterzogen. Die Überwachungsbehälter würden mit Entladepumpen mit variabler Drehzahl ausgestattet, damit die maximale Kontrolle der ins Meer mit dem Kühlwasser abgeführten Mengen ermöglicht wird. Damit könnten auch die nicht radioaktiven Abwässer vor deren Abführung besser behandelt werden, um die Vereinbarkeit mit den entsprechenden Regulierungsstandards zu gewährleisten.

### V.3.1.12 **Gesundheit und Leben von Menschen**

Im vorliegenden Kapitel wurden Minimierungsmaßnahmen vorgeschlagen, mit denen die Auswirkungen des Vorhabens auf Leib und Leben der Menschen unter Berücksichtigung des Einflusses auf die Lebensqualität in den unten genannten Bereichen eingeschränkt werden sollen.

#### **V.3.1.12.1 Radioaktive Substanzen**

- **Ionisierende Strahlung**

Die internationalen Standards des Strahlenschutzes, darunter die polnischen Rechtsvorschriften, stützen sich auf das Konzept der Minimierung der Exposition gegenüber ionisierender Strahlung. Dieses Konzept wird als das Prinzip der Optimierung bezeichnet, das weltweit als ALARA oder ALARP (engl. *As low as reasonably practicable*) bekannt ist. Gemäß diesem Prinzip soll die Exposition von Menschen gegenüber ionisierender Strahlung sowie die Kontaminierung der Umwelt mit den radioaktiven Stoffen auf ein so niedriges Niveau eingeschränkt werden, wie dies nur unter Berücksichtigung wirtschaftlicher, sozialer und gesundheitlicher Aspekte [146]



vernünftigerweise erreichbar ist. Damit ist der Betreiber eines Kernkraftwerkes rechtlich verpflichtet, solche technischen Lösungen einzuführen, die den Strahlungseinfluss nach dem Optimierungsprinzip (ALARA) minimieren. Diese Lösungen wurden in der Technik des Kernkraftblockes mit AP1000-Reaktor umgesetzt.

- **Lebensmittelsicherheit – Sicherheit von Meereserzeugnissen im Zusammenhang mit der Abführung von radioaktiven Flüssigkeiten**

Minimierung von Flüssigkeitsemissionen auf ein so niedriges Niveau, wie dies vernünftigerweise erreichbar ist, gemäß den in Polen und in der Welt geltenden Strahlenschutzstandards. Dies wird zusätzlich durch Strahlungsüberwachung kontrolliert, sowohl im Gebiet des KKW als auch in dessen Umgebung.

- **Lebensmittelsicherheit – Sicherheit von Meereserzeugnissen im Zusammenhang mit der Anwendung von chemischen Stoffen im Kühlwassersystem**

Die Minimierungsmaßnahmen im Zusammenhang mit der Abführung von Wasser, das chemische Stoffe enthält, wurden im vorliegenden Kapitel bei der Minimierung der Auswirkungen auf die Meeresoberflächengewässer [Kapitel V.3.1.5.2] dargestellt.

- **Sicherheit von Lebensmitteln, die keine Meereserzeugnisse sind, im Zusammenhang mit der Emission von radioaktiven Gasen**

Minimierung von Gasemissionen auf ein so niedriges Niveau, wie dies vernünftigerweise erreichbar ist, gemäß den in Polen und in der Welt geltenden Strahlenschutzstandards. Dies wird zusätzlich durch Strahlungsüberwachung kontrolliert, sowohl im Gebiet des KKW als auch in dessen Umgebung.

### **V.3.1.12.2 Lebensqualität der lokalen Bevölkerung**

#### **Bau- und Betriebsphase**

- Erstellung eines Plans der Zusammenarbeit mit den Stakeholdern (engl. *Construction stakeholder engagement plan, SEP*) mit dem Ziel, die Stakeholder auf jeder Umsetzungsetappe des Vorhabens möglichst weitgehend einzubinden. Der o. g. Plan wird Maßnahmen enthalten, die eingeführt werden, um das Engagement der Stakeholder zu managen und zu erhöhen. Den Plan wäre für die Bauphase zu entwickeln, damit er die Verfassung und Übermittlung von aktuellen Informationen zum Vorhaben unterstützt, etwa Informationen über die berücksichtigten technischen und technologischen Lösungen, die Kontrollmaßnahmen, die vorgenommenen Maßnahmen zur Minimierung der Auswirkungen sowie über die Störfall-Vorbeugemaßnahmen; Terminplan für den Zustrom von Arbeitnehmern, Maßnahmen der lokalen Informationszentren, Ergebnisse der Überwachung in Bezug auf die Emissionen in die Luft und das akustische Klima.
- Durchführung von jährlichen Meinungsumfragen zwecks Beurteilung der Wahrnehmung des Vorhabens durch die Gesellschaft mit dem Zweck, die Qualität der gelieferten Informationen zu verbessern;
- Meinungsumfragen bezüglich der Befürchtungen der lokalen Bevölkerung;
- Einführung eines Mechanismus zur Meldung von Beschwerden, Befürchtungen und Anträgen auf weitere Informationen über das Vorhaben, um die Kontrolle über dessen Wahrnehmung zu erhöhen;
- Erarbeitung und Einführung eines Mechanismus für die Einreichung von Beschwerden über das Vorhaben durch die lokale Bevölkerung;
- Anwendung von Lösungen, die die Belästigungen oder Beschädigungen im Zusammenhang mit der Umsetzung des Vorhabens einschränken, oder finanzielle Entschädigungen der Folgen der physischen Umsetzung des Vorhabens (etwa Schäden durch Baumaßnahmen).

### **V.3.1.12.3 Zugang zu Erholungsgebieten**

### **Bauphase**

- Aufnahme der Zusammenarbeit mit Vertretern der Standort-Gemeinde und der benachbarten Gemeinden zwecks Besprechung der Auswirkungen auf die Gebiete, die aktuell als Erholungsgebiete genutzt werden, mit Hinweisen auf die Möglichkeiten eines Zugangs zu alternativen Erholungsgebieten, einschließlich von deren Anpassung an Senioren, Behinderte und Kinder;
- Maßnahmen für die Entwicklung und Verbesserung der lokalen Fahrrad- und Wanderwege;
- Bereitstellung von Informationen im Zusammenhang mit der Einschränkung des Zugangs zur Küste und zum Land für die lokale Bevölkerung (Dauer der Einschränkungen, Verfügbarkeit von alternativen Strecken usw.) als Plan der Zusammenarbeit mit den Stakeholdern, der für die Zwecke der Umsetzung des Vorhabens erstellt wird;
- Entwicklung und Einführung eines Systems für die Prüfung von Beschwerden, das auch bei der Meldung von Befürchtungen und Beschwerden wegen der Einschränkungen zum Zugang zu bestimmten Gebieten und zur Küste Anwendung finden kann;
- Nutzung der jährlichen Meinungsumfragen für die Bestimmung des Umfangs der lokalen Befürchtungen im Zusammenhang mit der Einschränkung des Zugangs zu den einzelnen Gebieten. Die Ergebnisse werden im Rahmen des Vorhabens genutzt, um die vorhandenen Lösungen im Bereich Zugang zu alternativen Gebieten zu verbessern.

### **Betriebsphase**

Die Minimierungsmaßnahmen, die in der Betriebsphase angenommen werden, werden mit jenen, die während das Baus angewendet werden, identisch sein, die jährlichen Meinungsumfragen werden zur Identifizierung von Bereichen verwendet, die man für die Verbesserungen im Zugang zu alternativen Gebieten einführen kann.

## **V.3.1.12.4 Verkehrskontrolle und Sicherheit**

### **Bauphase**

- Zusammenarbeit mit den Straßenverwaltungen;
- Optimierung der Anzahl von Fahrzeugen, die zum Transport von Baustoffen und Personal verwendet werden (darunter von den Personalunterkünften);
- Inanspruchnahme des Bahnverkehrs;
- Umsetzung eines Systems zur Kontrolle von Fahrzeugen und Fahrern;
- Erstellung eines Verkehrsmanagementplans und der entsprechenden Kennzeichnungen im Zusammenhang mit der Umsetzung des Vorhabens;
- Entwicklung und Umsetzung eines Störfallplans für den Straßen- oder Seeverkehr (in enger Zusammenarbeit mit den entsprechenden Behörden und Einheiten);
- Schaffung von Abschnitten mit reduzierter zulässiger Geschwindigkeit in der Nähe von gesellschaftlich wichtigen Orten (d. h. Kindergärten, Schulen, Kirchen, Erholungsstätten usw.);
- Benachrichtigungen über die Änderungen in der Organisation des Straßenverkehrs, d. h. über vorläufige Schließungen von Straßen und Änderungen in der Verkehrsorganisation;
- Durchführung einer Kampagne für die Sicherheit des öffentlichen Transportes in Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden und Einheiten;
- Einleitung eines Systems zur Abwicklung von Beschwerden, mit dem die Bewohner falsche Verhaltensweisen der Fahrer von Fahrzeugen, die bei der Umsetzung des Vorhabens zum Einsatz kommen, melden können;

- Aktive Teilnahme an der Übermittlung von Informationen im Zusammenhang mit vorläufigen Änderungen des Straßennetzes an die Rettungsdienste, damit sie ihre Zufahrtsstrecken entlang den Hauptverkehrsstraßen entsprechend modifizieren können. Krisenmanagementzentren und Fahrer von Rettungsdiensten werden rechtzeitig über vollständige Informationen über alle Straßenarbeiten und Änderungen in der Verkehrsorganisation verfügen;
- Entwicklung eines Programms über die Möglichkeit der Nutzung von speziellen Transportressourcen für die Beförderung einer größeren Anzahl von Mitarbeitern zwecks der Reduzierung des Fahrzeugverkehrs.

### **Betriebsphase**

Die in der Betriebsphase umgesetzten Minimierungsmaßnahmen werden mit jenen identisch sein, die in der Bauphase Anwendung finden, wobei sie vor Beginn der Betriebsphase aktualisiert und modifiziert werden, um alle in der Bauphase gesammelten Erfahrungen zu berücksichtigen.

## **V.3.1.12.5 Sicherstellung der Gesundheitsversorgung**

### **Bauphase**

- **Bauphase** Erarbeitung und Implementierung des auf Analyse des Risikos für die Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer basierenden BIOZ [144] auf eine solche Art und Weise, dass dieses Risiko auf das ALARP-Niveau, also auf ein so niedriges Niveau reduziert wird, wie dies praktisch möglich ist;
- Im Rahmen des Vorhabens wird eine Antidrogen- und Antialkoholpolitik eingeleitet, sowie ein Programm für Stichprobenuntersuchungen;
- die Arbeitnehmer werden den für die Zulassung zur Arbeit erforderlichen ärztlichen Untersuchungen unterzogen, die bei Bedarf auf die Infektionskrankheiten erweitert werden. Darüber hinaus gelten auf der Etappe der Inbetriebnahme der Kernanlage die Standards für die ionisierende Strahlung für die Arbeitnehmer und es werden die damit verbundenen medizinischen Untersuchungen auf Kontradiktionen für die Exposition gegenüber ionisierender Strahlung durchgeführt (hier liegt die Entscheidung bei einem über die entsprechenden Qualifikationen verfügenden Arzt);
- spezielle Dienstleistungen im Bereich Arbeitsmedizin und sonstige medizinische Dienstleistungen können auch im betreffenden Bereich angeboten werden, darunter auch in den Unterkünften der Arbeitnehmer (Nebeninvestition), wo auch ein medizinisches Zentrum geschaffen wird, um den Bedarf an medizinischen Dienstleistungen für die Allgemeinheit der lokalen Bevölkerung zu mindern.

### **Betriebsphase**

Die in der Betriebsphase umgesetzten Minimierungsmaßnahmen werden ähnlich zu jenen sein, die in der Bauphase Anwendung finden, wobei sie vor Beginn des Betriebs aktualisiert werden, um alle in der Bauphase gesammelten Erfahrungen zu berücksichtigen. Die Minimierungsmaßnahmen im Zusammenhang mit der Exposition gegenüber ionisierender Strahlung werden das Gesundheitsversorgungssystem für die KKW-Mitarbeiter, das sich auf dem KKW-Gebiet befindende Dosimetriesystem (Dosismessung für Mitarbeiter) sowie die Strahlungsüberwachung der KKW-Umgebung umfassen.

Die Änderungen bei den angebotenen Gesundheitsleistungen beziehen sich vor allem auf die KKW-Mitarbeiter, die sich regelmäßigen ärztlichen Untersuchungen unterziehen werden. Diese Untersuchungen sind durch die polnischen Strahlenschutzvorschriften vorgeschrieben. Dazu gehören u. a. Blut- und Augenuntersuchungen sowie arbeitsmedizinische Untersuchungen.

## **V.3.2      Ausgleichsmaßnahmen**

### **V.3.2.1      Die natürliche Umwelt**

Im Kontext der Sicherstellung von Ausgleichsmaßnahmen, die für die Kohärenz und ordnungsgemäße Funktionsweise der Natura-2000-Gebiete im Sinne des Art. 34 des polnischen Umweltschutzgesetzes [138] sowie angesichts der Ausgleichsmaßnahmen im Sinne des Art. 75 dieses Gesetzes [141] erforderlich sind, wurde keine Notwendigkeit solchen Ausgleichsmaßnahmen festgestellt. Die o. g. Minimierungsmaßnahmen für die biotischen Komponenten der Umwelt gelten als ausreichend für die Minimierung von potenziellen, wesentliche, negativen Auswirkungen der Umsetzung des Vorhabens auf die biotische Umwelt.

## V.5 Analyse der möglichen sozialen Konflikte

### V.5.5 Kommunikationsmaßnahmen

#### V.5.5.3 Betriebsphase

Zielsetzung:

- Mitteilung der Ergebnisse der durchgeführten Umweltüberwachungsstudien,
- Informationen über nukleare Sicherheit und Risiken,
- Sammlung von Informationen über die Auswirkungen des Vorhabens auf die lokalen, regionalen und nationalen sozialen, ökologischen und wirtschaftlichen Bedingungen.

#### Geplante Maßnahmen:

Unabhängig von den Informationsmaßnahmen, die das lokale Informationszentrum auf lokaler Ebene durchführt, ist der Kernkraftwerksbetreiber verpflichtet, jedermann, unabhängig von seinem tatsächlichen oder rechtlichen Interesse, schriftliche Informationen über den Zustand der kerntechnischen Anlage, ihre Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt sowie über den Umfang und die Isotopenzusammensetzung bei Freisetzungen radioaktiver Stoffe in die Umwelt zu geben. Das Atomgesetz [146] schreibt vor, dass der Betreiber diese Informationen mindestens einmal alle 12 Monate auf seiner Internetseite veröffentlichen muss. Darüber hinaus ist der KKW-Betreiber verpflichtet, den Präsidenten der PAA, den Woiwoden der Provinz, die Bezirksbehörden und die Behörden der Gemeinde, in der sich die kerntechnische Anlage befindet, sowie die Behörden der an diese Gemeinde angrenzenden Gemeinden unverzüglich über Ereignisse im Kernkraftwerk zu informieren, die eine Gefahr verursachen oder hervorrufen könnten. Informationen über ungeplante Gefahrenereignisse werden vom Präsidenten des PAA im Public Information Bulletin auf dessen Themenseiten veröffentlicht. Der Betreiber stellt auf seiner Internetseite auch Informationen über die in den vorangegangenen 12 Monaten eingetretenen Risikoereignisse zur Verfügung.

Zu den geplanten Kommunikationsmaßnahmen gehören:

- als Teil des lokalen Informationszentrums (Artikel 39m des Atomgesetzes), um Besuchern die Möglichkeit zu geben, sich über den Betrieb des Kernkraftwerkes, die Sicherheitsvorkehrungen usw. zu informieren; Das LCI wird Bildungsmaßnahmen über Kernenergie für Schüler und Studenten, Vorträge, Symposien usw. anbieten und Informations- und Bildungsmaterial verteilen;
- Beobachtung der öffentlichen Meinung und des Informationsbedarfs durch regelmäßige Meinungsumfragen und einen ständigen Dialog mit den Behörden und der örtlichen Bevölkerung;
- Überwachung und Bewertung des Zustandes von Schutzgebieten und -standorten gemäß dem angenommenen und veröffentlichten Maßnahmenzeitplan;
- Bereitstellung von Informationsmaterial über die vom Investor ergriffenen Maßnahmen und deren Auswirkungen.

## V.6 Voraussichtliche Reichweite der eingeschränkten Nutzung

In diesem Kapitel wird die Frage der Legitimität der Festlegung eines Bereichs der eingeschränkten Nutzung (OOU) für das geplante Vorhaben erörtert, einschließlich, in Übereinstimmung mit den Anforderungen des Beschlusses der Generaldirektion für Umweltschutz [87], der voraussichtlichen territorialen Ausdehnung des Gebietes unter Berücksichtigung der zulässigen effektiven Jahresdosen aus allen Expositionswege (einschließlich Betriebszuständen und im Falle eines Störfalls ohne Reaktorkernschmelze). Die Grenzen des für das Vorhaben vorgeschlagenen Bereichs der eingeschränkten Nutzung werden für die bevorzugte Variante dargestellt, auch auf der Grundlage der Katasterkarte [Anhang V.6-1].

### V.6.1 Rechtliche Anforderungen für die Ausweisung eines Bereichs der eingeschränkten Nutzung um das Kernkraftwerk

#### V.6.1.1 Atomgesetz

Gemäß Art. 36f. Abschnitt 1 des Atomgesetzes [146] wird um die kerntechnische Anlage ein Bereich der eingeschränkten Nutzung nach den Grundsätzen des Umweltschutzgesetzes [143] eingerichtet.

Die Kriterien für die Ausweisung von Bereichen der eingeschränkten Nutzung in der Umgebung einer kerntechnischen Anlage wurden wie folgt festgelegt:

- **Abschnitt 2, Absätze 1 und 2:** Das Bereich der eingeschränkten Nutzung umfasst das Gebiet, außerhalb dessen:
  - die effektive Jahresdosis aus allen Expositionswegen<sup>(2)</sup> unter Betriebsbedingungen<sup>(1)</sup> 0,3 mSv nicht überschreiten darf;
  - die effektive Jahresdosis aus allen Expositionswegen<sup>(2)</sup> bei einem Störfall ohne Kernschmelze<sup>(3)</sup> 10 mSv nicht überschreiten darf;
- **Abschnitt 3 Absatz 2:** Bei der Abschätzung der effektiven Dosis sind die Daten und Informationen zu berücksichtigen:
  - Standortwahl für eine kerntechnische Anlage (...) unter Berücksichtigung der ungünstigsten meteorologischen<sup>(4)</sup>, hydrologischen, (...) Bedingungen im Gebiet der kerntechnischen Anlage.

(1) Die Sicherheitsanalysen umfassen auch Betriebsstörungen (vorhergesagte Betriebsvorfälle) mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von mehr als einmal alle 100 Jahre des Reaktorbetriebes,

(2) Die Formulierung "über alle Expositionswege" im Kriterium für die effektive Jahresdosis bei einem Störfall ohne Kernschmelze (Artikel 36f Absatz 2 Nummer 2) bedeutet, dass auch die interne orale Exposition berücksichtigt werden sollte,

(3) Störfälle ohne Kernschmelzen sind Konstruktionsfehler (Kat. 1 und 2) und komplexe Sequenzen [83],

(4) Die Formulierung „unter Berücksichtigung der ungünstigsten meteorologischen Bedingungen“ (Artikel 36f Abschnitt 3 Absatz 2) bedeutet, dass das 100%-Quantil der meteorologischen Bedingungen berücksichtigt werden muss.

Nach dem Rechtsstand zum Zeitpunkt der Erstellung des Umweltverträglichkeitsberichts sind die sich aus Artikel 36g.1 des Gesetzes vom 29. November 2000 – Atomgesetz [146] ergebenden Einschränkungen, die die Notwendigkeit der Einrichtung der Bereiche der eingeschränkten Nutzung betreffen, anzugeben. In der gegenwärtigen Realisierungsphase des Vorhabens gibt es keine Voraussetzungen für die Festlegung detaillierter Beschränkungen für die Immobilienbewirtschaftung, da die Etappe des Vorhabens noch zu früh ist und die Verpflichtung zur Festlegung des Bereichs der eingeschränkten Nutzung nach den Analysen des Investors nur im Falle des Kriteriums der Berücksichtigung eines Störfalls ohne Kernschmelze (Art. 36f Abschnitt 2 Absatz 2 des Gesetzes vom 29. November 2000 über das Atomrecht [146]) und nicht auf der Grundlage des Kriteriums der Betriebsbedingungen besteht. Mögliche Beschränkungen in Bezug auf die Bewirtschaftung von Immobilien im

Zusammenhang mit dem Bereich der eingeschränkten Nutzung werden spätestens in der Phase der Analyse nach der Durchführung festgelegt.

### V.6.1.2 Umweltschutzgesetz

Das Umweltschutzgesetz enthält die in Artikel 135 Abs. 2 und Abs. 3a enthaltenen Bestimmungen über die Einrichtung von Bereichen der eingeschränkten Nutzung. Darin heißt es, dass "die Regionalversammlung der Woiwodschaft durch Beschluss [...] ein Gebiet mit beschränkter Nutzung einrichtet und die Grenzen des Gebietes, die Beschränkungen *der Bodennutzung, die technischen Anforderungen an Gebäude und die Art der Bodennutzung* festlegt, *die sich aus dem Verfahren der Umweltverträglichkeitsprüfung oder der nachträglichen Analyse oder der ökologischen Prüfung ergeben*".

Es wird darauf hingewiesen, dass die Grenzen der Bereiche der eingeschränkten Nutzung zwar von der Regionalversammlung der Woiwodschaft durch einen Beschluss festgelegt werden, der in der Etappe des Verfahrens zur Erlangung einer Genehmigung für den Bau eines Kernkraftwerkes verabschiedet wird, ihre Festlegung jedoch eine positive Stellungnahme des Präsidenten der Staatlichen Atomenergiebehörde (PAA) erfordert [87] (Gesetz über das Atomrecht, Art. 36f Absatz 4).

## V.6.2 Ergebnisse der Reichweitenanalysen für Bereich der eingeschränkter Nutzung

Um die voraussichtliche Reichweite der Bereiche der eingeschränkten Nutzung unter Berücksichtigung der Anforderungen des Beschlusses der Generaldirektion für Umweltschutz zu bestimmen, wurden Variantenberechnungen und Reichweitenanalysen für Bereiche der eingeschränkten Nutzung um das Kernkraftwerk durchgeführt.

Die angewandten Kriterien für die effektiven Jahresdosen an der Grenze der Bereiche der eingeschränkten Nutzung sind im [Kapitel IV.14] und [Kapitel IV.18] ausführlich beschrieben. Diese Kriterien beziehen sich auf die Strahlungsauswirkungen des Kernkraftwerkes auf die Umgebung:

- unter Betriebsbedingungen (effektive Jahresdosis: 0,3 mSv): A1.1 (OOU1),
- bei einem Störfall ohne Reaktorkernschmelze (effektive Jahresdosis: 10 mSv): 4 Varianten von Unterkriterien – von A1.2-1 (OOU2\_1) bis A1.2-4 (OOU2\_4).

Die berechnete Reichweite der Bereiche der eingeschränkten Nutzung wird durch die Strahlungsauswirkungen des Kernkraftwerkes im Falle eines Störfalls ohne Reaktorkernschmelze bestimmt, und die für die Berechnung und Analyse gewählten Unterkriterienvarianten ergeben sich aus einer Kombination der folgenden Annahmen:

- Die Einbeziehung oder die Nichtberücksichtigung der internen Exposition über den oralen Aufnahmeweg in die effektive Jahresdosis (diese Annahme hat den größten Einfluss auf die erzielten Ergebnisse);
- Die Reichweite der berücksichtigten meteorologischen Bedingungen: 100%-Quantil (d. h. das gesamte Spektrum der Bedingungen, darunter die ungünstigsten – auch diese kurzzeitigen), oder 95%-Quantil (d. h. Ablehnung von 5% ungünstiger Bedingungen – was der guten internationalen Praxis entspricht, z. B. in den USA [128] und Finnland [11]).

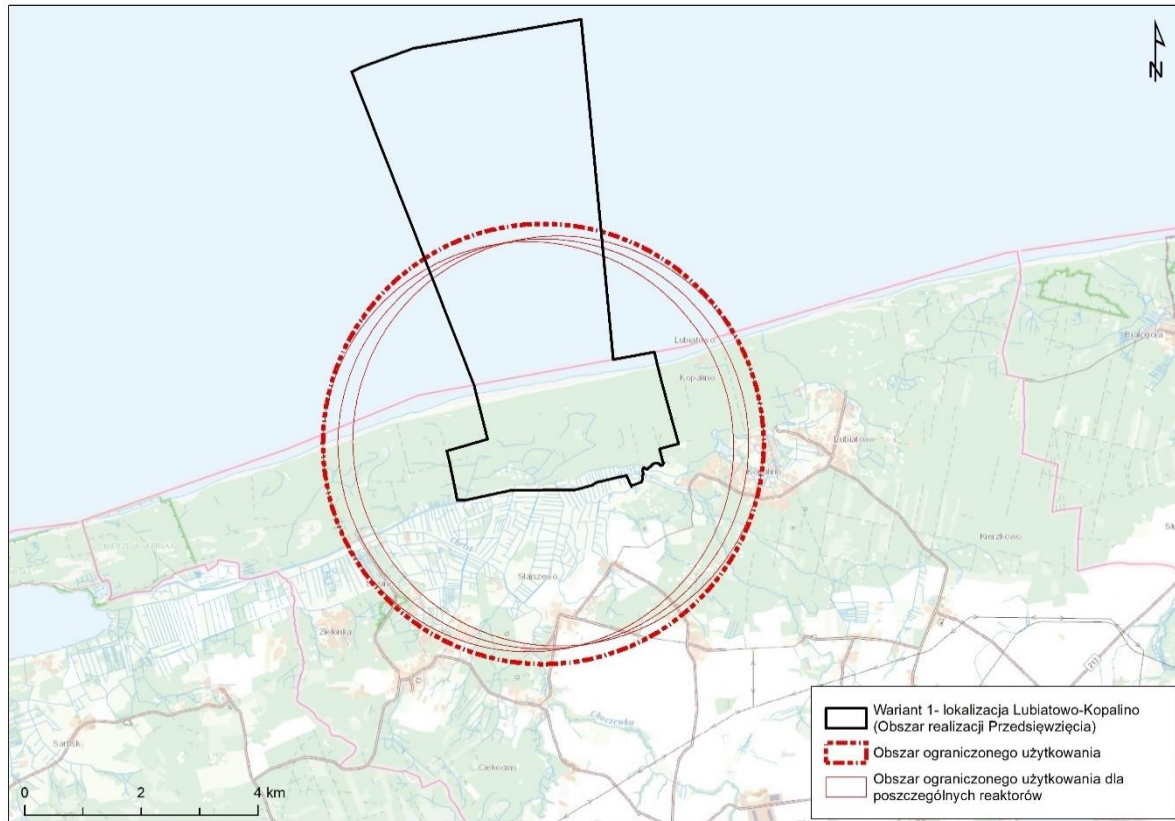
Die detaillierten Berechnungsergebnisse sind im Band IV [Tabelle IV.18-1] in Tabellenform dargestellt.

In den folgenden Abschnitten wurden die Ergebnisse der Berechnungen für Bereiche der eingeschränkten Nutzung dargestellt.

- Für die Betriebszustände des Kernkraftwerkes ergaben die Ergebnisse der Berechnungen und der Reichweitenanalysen für Bereiche der eingeschränkten Nutzung unter Verwendung des jährlichen effektiven Dosiskriteriums A1.1 (OOU1), d.h. einer effektiven Jahresdosis einschließlich aller Expositionswege von 0,3 mSv, unter Berücksichtigung des 100%-Quantils der meteorologischen Bedingungen, Dosen unterhalb dieses Kriteriums;

- Bei einem Störfall ohne Reaktorkernschmelze hängen die Ergebnisse der Berechnungen und Reichweitenanalysen für Bereiche der eingeschränkten Nutzung von den Kriterien ab, die zur Bestimmung der effektiven Jahresdosis von 10 mSv angewandt wurden, wie unten dargestellt:
  - Die Einbeziehung der effektiven Jahresdosis bei interner Exposition über den oralen Aufnahmeweg und unter Annahme des 100%-Quantils der meteorologischen Bedingungen (Unterkriterium A1.2-1 (OOU2\_1)) in die Berechnung hat die Bereiche der eingeschränkten Nutzung mit einer maximalen Reichweite (Abstand vom Emittenten) von 3.521 m für einen Reaktorblock und 3.781 m für 3 Blöcke zur Folge (berechnet vom geometrischen Mittelpunkt aller Blöcke).
  - Die so berechnete Reichweite der Bereiche der eingeschränkten Nutzung, die dem Rechtsstand zum Zeitpunkt des Umweltverträglichkeitsberichtes entspricht, ist in [Abbildung V.6- 1] dargestellt;
  - Die Einbeziehung der effektiven Jahresdosis bei interner Exposition über den oralen Aufnahmeweg und unter Annahme des 95%-Quantils der meteorologischen Bedingungen (Unterkriterium A1.2-2 (OOU2\_2)) hätte die Bereiche der eingeschränkten Nutzung mit einer maximalen Reichweite (Entfernung vom Emittenten) von 1.686 m für einen Reaktorblock und 1.946 m für 3 Blöcke zur Folge;
  - Die Nichtberücksichtigung der effektiven Jahresdosis der internen Exposition über den oralen Aufnahmeweg in der Berechnung, selbst unter der Annahme des 100%-Quantils der meteorologischen Bedingungen (Unterkriterium A1.2-3 (OOU2\_3)) hätte die Bereiche der eingeschränkten Nutzung mit einer maximalen Reichweite (Entfernung vom Emittenten) von nur 230 m für einen Block (490 m für 3 Blöcke) zur Folge – was bedeutet, dass die Grenzen der so ausgewiesenen Bereichs der eingeschränkten Nutzung innerhalb des KKW-Geländes liegen würden und daher die Einrichtung von Bereichen der eingeschränkten Nutzung außerhalb des KKW-Geländes nicht notwendig wäre;
  - Im Gegensatz dazu ergab die Nichtberücksichtigung der effektiven Jahresdosis der internen Exposition über den oralen Aufnahmeweg in der Berechnung unter der Annahme des 95%-Quantils der meteorologischen Bedingungen (Unterkriterium A1.2-4 (OOU2\_4)) die Dosen unterhalb dieses Kriteriums.





PL	DE
Wariant 1 – lokalizacja Lubiatowo-Kopalino (Obszar realizacji Przedsięwzięcia)	Variante 1 – Standort Lubiatowo-Kopalino (Gebiet der Vorhabensdurchführung)
Obszar ograniczonego użytkowania	Bereich der eingeschränkten Nutzung
Obszar ograniczonego użytkowania dla poszczególnych reaktorów	Bereich der eingeschränkten Nutzung für einzelne Reaktoren

Abbildung V.6-1 Bereich der eingeschränkten Nutzung für Variante 1 Standort Lubiatowo-Kopalino nach der wörtlichen Erfüllung des Gesetzes

Quelle: Eigene Ausarbeitung.

### V.6.3 Zusammenfassung

Unter der Annahme, dass die Bestimmungen des Atomgesetzes zum Zeitpunkt der Erstellung des Umweltverträglichkeitsberichts, die die Kriterien für die Festlegung des Bereichs der eingeschränkten Nutzung darstellen, erfüllt sind, sollten die Bereiche der eingeschränkten Nutzung für den Standort Lubiatowo-Kopalino 3.781 m betragen. Diese Entfernung wird vom geometrischen Mittelpunkt der Verbindungslinie zwischen den Reaktoren aus berechnet und berücksichtigt die Ergebnisse der Analysen der Freisetzungen von jedem der drei Reaktoren separat. Dieses Gebiet ist in [Abbildung V.6-1] dargestellt.

Die Neufestlegung der Grenzen der Bereiche der eingeschränkten Nutzung erfolgt für Zwecke des vorläufigen Sicherheitsberichtes und wird für die gewählte KKW-Konstruktion in Übereinstimmung mit den zu diesem Zeitpunkt geltenden gesetzlichen Bestimmungen durchgeführt.

## **V.7 Vorschlag des Überwachungsumfangs für die einzelnen Umweltkomponenten**

Das vorliegende Kapitel enthält einen Vorschlag für den Umfang der Überwachungsmaßnahmen in Bezug auf die biotischen und abiotischen Komponenten zwecks einer ständigen Überwachung von eventuellen Änderungen, die innerhalb der Reichweite der Auswirkungen des Vorhabens in der Variante 1 – Standort Lubiatowo - Kopalino, technische Untervariante 1A – offenes Kühlsystem mit Meereswasser entstehen können. Eine solche Überwachung ist erforderlich, damit auf einer möglichst frühen Etappe die Notwendigkeit für zusätzliche Eingriffe oder Vorbeugemaßnahmen festgestellt und damit der Einfluss des Vorhabens auf die Umwelt minimiert werden kann.

Die Überwachungsmaßnahmen umfassen die Umsetzung des Verfahrens in der Bau- und Betriebsphase, ohne die Stilllegungsphase. Angesichts der sehr fernen Perspektive der eventuellen Stilllegung des Kernkraftwerkes sind die Grundsätze und der Umfang ihrer Überwachung nur schwer vorausszusehen. Sie werden auf der Etappe der Erstellung eines gesonderten UVP-Berichtes festgelegt, der für die Erlangung des Bescheides über die Umweltauflagen in der Stilllegungsphase des KKW erforderlich sein wird.

Unerwähnt bleibt die Überwachung der Nebenvorhaben, da diese in den gesonderten UVP-Berichten und Projektunterlagen für diese Infrastrukturen angegeben werden, nachdem die Auswirkungen dieser Vorhaben genauestens untersucht worden sind. Unabhängig davon unterliegen der Umfang der Überwachung und die Art und Weise deren Durchführung regelmäßigen Inspektionen in Bezug auf die Überwachung der Nebeninfrastruktur des Vorhabens.

### **V.7.1 Die natürliche Umwelt**

Unten wurde ein Vorschlag in Bezug auf das Biomonitoring vorgestellt, mit dem Zweck der Überwachung der Auswirkungen des Vorhabens insbesondere auf die einzelnen Formen des Naturschutzes, von denen in Art. 6 Abs. 1 des polnischen Umweltschutzgesetzes vom 16. April 2004 [138] die Rede ist, darunter auf die Ziele und den Gegenstand des Schutzes im Natura-2000-Gebiet sowie auf die Kontinuität der sie verbindenden ökologischen Korridore.

Um die Zuverlässigkeit der Überwachung sicherzustellen, hat ein Expertenteam methodologische Leitlinien zur Regelung der Überwachung von einzelnen Pflanzenarten und natürlichen Lebensräumen entwickelt; diese Leitlinien wurden von der Umweltschutzinspektion zur Verfügung gestellt. Es gehören dazu: die Überwachung von Pflanzenarten [66], Überwachung von natürlichen Lebensräumen [68] und Überwachung von Tierarten [67]. Dank den methodologischen Leitlinien kann von unterschiedlichen Einrichtungen eine einheitliche Untersuchungsmethodik angewendet werden. Es ist von großer Bedeutung, dass die Ergebnisse schlüssig und vergleichbar sind, sowohl auf der Ebene der einzelnen Untersuchungsstandorte als auch der gesamten biogeographischen Region.

#### **Umfang des Biomonitorings**

Für die Sicherstellung eines wirksamen Naturschutzes ist es erforderlich, über Informationen zum Zustand sowie der Entwicklungsrichtung und -dynamik zu verfügen. Auch die tiefgreifendste Bestandsaufnahme und Auswertung der natürlichen Ressourcen spiegelt nur den Zustand der Natur als Ergebnis menschlicher Aktivitäten im jeweiligen Moment wider. Die aufkommenden Umwandlungen hängen von der Gesamtheit der Umweltbedingungen ab, sie sind aber auch eine Folge der sozial-wirtschaftlichen Auswirkungen. Deswegen ist ein eingehendes Biomonitoring, manchmal auch als Bioüberwachung bezeichnet, für die Beobachtung der naturbezogenen und anthropogenen Umwandlungen in der natürlichen Umwelt sowie für den Schutz von deren einzelnen Komponenten ausschlaggebend. Es handelt sich dabei um Maßnahmen der systematischen Analyse der Naturkomponenten, der Entwicklungen in den betroffenen Bereichen sowie der Reaktion von Pflanzen, Tieren und der besonderen Gruppe der Pilze auf die Veränderungen der abiotischen Umwelt. Eine grundlegende Aufgabe des der Bioüberwachung ist die Erfassung, Speicherung, Verarbeitung und Bereitstellung von Daten zum

Zustand der Natur, der auftretenden Phänomene und Prozesse. Mit diesen Informationen kann eine objektive Beurteilung der infolge der abiotischen Veränderungen eintretenden Umwandlungen in der natürlichen Umwelt vorgenommen werden. Dies ist nur dann möglich, wenn man ein Gebiet, das einer Reihe von Maßnahmen unterzogen worden ist, mit einem Gebiet mit den gleichen natürlichen Eigenschaften, aber ohne diese Einwirkungen, vergleicht. Um einen solchen Vergleich und objektive Schlussfolgerungen ziehen zu können, muss auch in einem Referenzgebiet eine Überwachung durchgeführt werden. Es handelt sich dabei also um eine grundlegende Annahme, die eine korrekte Beurteilung ermöglicht.

Die Überwachung sollte dabei nicht nur alle besonders geschützten Arten und Lebensgemeinschaften umfassen, insbesondere jene, die durch Aussterben oder Degradation am meisten gefährdet sind, sondern auch Arten fremder Abstammung, vor allem jene, die eine territoriale Ausbreitung aufweisen und die einheimischen Arten bedrohen, wie auch solche biologischen Lebensgemeinschaften, die durch die menschliche Tätigkeit oder unter dem Einfluss menschlicher Wirtschaft entstanden sind. Im Folgenden sind die Kategorien von Faktoren genannt, die sich auf die biologische Vielfalt auswirken:

- Ökosysteme und Lebensräume, die sich durch eine große Vielfalt und eine große Anzahl von für das Gebiet typischen Taxa auszeichnen, die bedroht sind oder die ursprünglichen Eigenschaften der Natur mittragen;
- Gebiete und Lebensräume, die für die wandernden Arten erforderlich sind;
- Gebiete und Lebensräume mit einer besonderen sozialen, wirtschaftlichen, kulturellen oder wissenschaftlichen Bedeutung;
- repräsentative, einzigartige oder für die evolutionären und biologischen Prozesse kritische Gebiete und Lebensräume;
- Arten oder deren Gruppen die durch domestizierte oder gezüchtete Wildarten bedroht sind;
- Arten von besonderem medizinischen, landwirtschaftlichen oder sonstigen wirtschaftlichen Wert, einschließlich solcher von sozialer, wissenschaftlicher oder kultureller Bedeutung;
- Arten mit einer besonderen Bedeutung für die Wissenschaft und die Forschungen um die biologische Vielfalt und deren optimale Nutzung, wie etwa Indikatorarten;
- beschriebene Genome und Gene von wissenschaftlicher, sozialer und wirtschaftlicher Bedeutung.

Ohne Informationen, die in dem o. g. Umfang gesammelt werden, ist die Umsetzung internationaler Abkommen, bei denen Polen Vertragspartei ist, unmöglich. Zu diesen Abkommen gehören u. a.: Übereinkommen zur Erhaltung der wandernden wildlebenden Tierarten (Convention on Migratory Species), das Bonner Übereinkommen und in dessen Rahmen unterzeichnete Abkommen: Abkommen zur Erhaltung der europäischen Fledermauspopulationen (engl. Agreement on the Conservation of on the Conservation of Population of European Bats, EUROBATS), Abkommen zur Erhaltung der Kleinwale in der Nord- und Ostsee, des Nordostatlantiks und der Irischen See (engl. Agreement on the Conservation of Small Cetaceans of the Baltic and North Seas, ASCOBATS), Abkommen über Schutzmaßnahmen für den Seggenrohrsänger (engl. Agreement on the Conservation of Aquatic Warbler) oder die Ramsar-Konvention: Übereinkommen über Feuchtgebiete von internationaler Bedeutung, insbesondere als Lebensraum für Wasser- und Watvögel (engl. Ramsar Convention on Wetlands).

Die Bioüberwachungen auf dem durch das Vorhaben beeinflussten Gebiet und auf dem Referenzgebiet sollen unter Einsatz von vergleichenden Methoden durchgeführt werden, damit die Ergebnisse Einsicht in die laufenden Prozesse geben können. Der Umfang der Überwachung soll sich sowohl auf die natürlichen Lebensräume als auch auf die Pflanzen- und Tierarten erstrecken, die auf dem Durchführungsgebiet des Vorhabens im Rahmen der Bestandaufnahme erfasst worden sind. Gemeint sind vor allem Naturkomponenten von Natura-2000, aber auch andere Formen des Naturschutzes, darunter Artenschutz, sowie auf der nationalen und regionalen Ebene selten auftretende und bedrohte Arten.

Die Meeresüberwachung stützt sich auf dieselben Prinzipien, wie die Onshore-Überwachung. Neben den biotischen Elementen, die vor allem durch die tierischen Organismen vertreten werden, gelten auch Beobachtungen bestimmter abiotischer Umweltparameter als wesentlich, die einen wichtigen Einfluss auf die Fauna haben. Dazu gehören zweifelsohne Veränderungen der Wassertemperaturen und des Sauerstoffgehalts, auf die sich der Eingriff in die Hydrochemie der Gewässer auswirken wird.

### **Geographischer Bereich des Biomonitorings**

Um den Einfluss des Vorhabens auf die natürliche Umwelt zu beurteilen und den ungünstigen Veränderungen dieser Umwelt vorzubeugen, ist ein Biomonitoring durchzuführen, das sowohl das Durchführungsgebiet des Vorhabens, den Strand und die Dünen als auch die angrenzenden Gebiete in einem Umkreis von 5 km von der Grenze des Durchführungsgebietes des Vorhabens umfassen soll. Die Auswahl der zu überwachenden Flächen sowie der genaue Bereich und Umfang des Biomonitorings wird im Rahmen der Umweltaufsicht vorbereitet und der zuständigen Umweltschutzbehörde vor Beginn der Vorbereitungsarbeiten mitgeteilt.

Gleichzeitig sollen Monitoringmaßnahmen auf dem Referenzgebiet durchgeführt werden, das in Bezug auf die natürlichen Ressourcen dem Bereich ähnlich sein soll, der zwecks Prüfung der Auswirkungen des Vorhabens auf die Erhaltung von Lebensräumen und Arten dem Biomonitoring unterliegt. Bei der Festlegung des Referenzbereiches sollte die Zugänglichkeit der historischen Daten zum jeweiligen Gebiet berücksichtigt sowie die Frage geklärt werden, ob dieser Bereich nicht durch andere Vorhaben beeinflusst wird, die auf angrenzenden Gebieten funktionieren oder umgesetzt werden.

Das Monitoring soll sowohl terrestrische als auch in diesem Fall marine Ökosysteme abdecken. Sowohl in dem ersteren, als auch in dem zweiten Fall besteht die Notwendigkeit, Ausgangsinformationen zu sammeln, d. h. eine Beurteilung der Ausgangslage vorzunehmen. Die gegenständliche Analyse soll vor der Umsetzung des Vorhabens vorgenommen werden.

### **Auswahlkriterien für den Referenzbereich**

Die Ergebnisse des Monitorings der beobachteten und zu beurteilenden Umweltkomponenten dürfen keinen anthropogenen Auswirkungen unterliegen. Es soll sich um ein Gebiet handeln, auf dem die Umwelt durch natürliche Prozesse gestaltet wird. Dies ist die wichtigste Anforderung, wenn es seine Funktion erfüllen soll. Bei der Auswahl des Referenzbereiches sollten die folgenden Kriterien berücksichtigt werden:

- das Auftreten derselben natürlichen Umweltkomponenten, die auf dem durch die Umsetzung des Vorhabens beeinflussten Gebiet beobachtet werden;
- es sollen Anstrengungen unternommen werden, dass der Standort des Referenzbereiches soweit wie möglich keinen Auswirkungen unterzogen ist, die sich aus wie auch immer gearteten Maßnahmen mit einem Einfluss auf den natürlichen Zustand der Umwelt ergeben. Dies bedeutet, dass die Veränderungen dieser natürlichen Umwelt eine Folge natürlicher Prozesse sein sollten, die in ihren Biochoren stattfinden;
- bei der Auswahl der Referenzgebiete soll die Kenntnis seiner natürlichen Ressourcen ausschlaggebend sein. Das bedeutet, dass die natürlichen Ressourcen vorläufig in Bezug auf ihren natürlichen Charakter, als auch auf ihre Vielfalt identifiziert werden müssen, aber auch aufgrund fehlender Pläne von Vorhaben, die sich auf diese Gebiete auswirken könnten;
- in Ermangelung eines vergleichenden Rezeptors, der im Referenzgebiet nicht angetroffen wurde, aber auf dem Durchführungsgebiet des Vorhabens vorhanden ist, ist es zulässig, ein entsprechendes natürliches Element in seiner nächsten Umgebung auszuwählen. Dies kann bei bestimmten Taxa von Pflanzen oder Tieren der Fall sein. In einem solchen Fall ist es zulässig, das Monitoring an Standorten von Arten durchzuführen, die der Verlegung unterzogen worden sind. Eine solche Maßnahme ist auch in Bezug auf die verlegten Taxa im Rahmen der Minimierungsaufgaben obligatorisch.

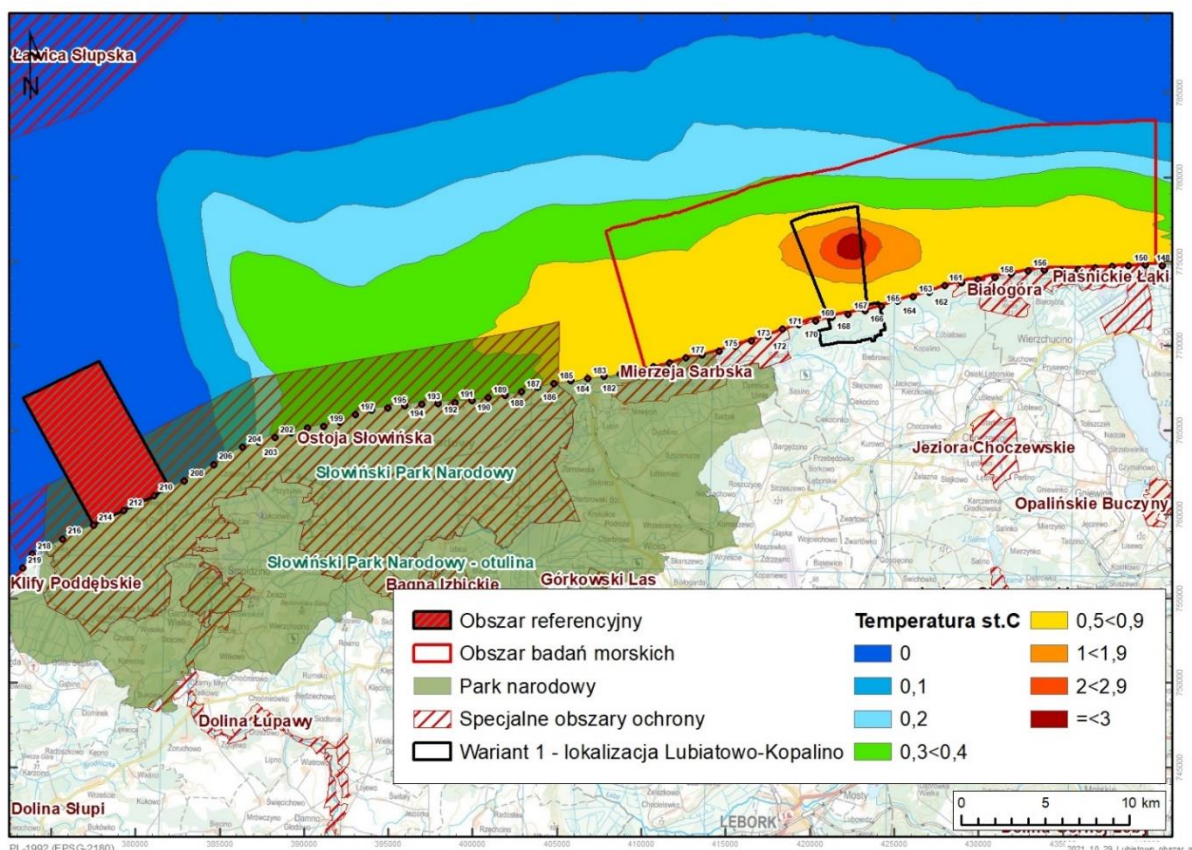
Alle Regeln für das Biomonitoring im Durchführungsgebiet des Vorhabens und innerhalb seiner Auswirkungsreichweite sowie im Referenzgebiet werden gemäß den jeweils zu diesem Zeitpunkt geltenden

ausführlichen Leitlinien und Rechtsakten festgelegt. Sie sind dann Gegenstand von gesonderten Untersuchungen, welche im Rahmen der vor Beginn der Bauphase bestellten Umweltaufsicht erarbeitet werden.

Vorschlag eines Referenzgebietes für den maritimen Teil des Vorhabens

Gemäß den Anforderungen des GDOŚ-Beschlusses [87] wurde nachfolgend ein Bereich für die Untersuchung der Meeresumwelt angegeben, die sich außerhalb des Wirkungsbereiches der vorgeschlagenen Variante befindet und potenziell als Referenzgebiet für das Monitoring des Einflusses des KKW auf das Meeresökosystem dienen könnte. Das Referenzgebiet wurde so ausgewählt, dass die Ergebnisse der Untersuchungen im Referenzgebiet Auskunft über eventuelle Veränderungen in der qualitativen und quantitativen Charakteristik der Gewässer sowie über die Komponenten der Meeresumwelt infolge der Auswirkung von anderen Faktoren geben kann, als jene, die vom gegenständlichen Vorhaben generiert werden, sowie als Referenzpunkt bei der Überwachung und der Bestimmung der tatsächlichen Auswirkungen von KKW auf die einzelnen Komponenten der Meeresumwelt dienen kann. Unter Berücksichtigung des oben Gesagten wurde auf der Zeichnung unten [Abbildung V.7-1] der Standort des gegenständlichen Referenzgebietes dargestellt, der gemäß den Annahmen außerhalb der Auswirkungsreichweite der vom Antragsteller zur Umsetzung vorgeschlagenen Variante liegt.

Das betreffende Gebiet liegt zwischen dem 209. und dem 214. km der Küste. Es ist 5 km breit, reicht 8,5 km ins Meer hinein, hat eine Fläche von 4310 ha, also ca. 1/5 der für die Variante 1 - Standort Lubiatowo - Kopalino ausgewählten Untersuchungsfläche. Das Gebiet befindet sich westlich der voraussichtlichen Grenze der thermischen Auswirkungen. Die folgende Abbildung zeigt die Lage des gegenständlichen Gebietes, das auf die Auswirkungen des abgeführten Kühlwassers aus dem offenen Kühlsystem im Durchführungsgebiet des Vorhabens untersucht werden soll.

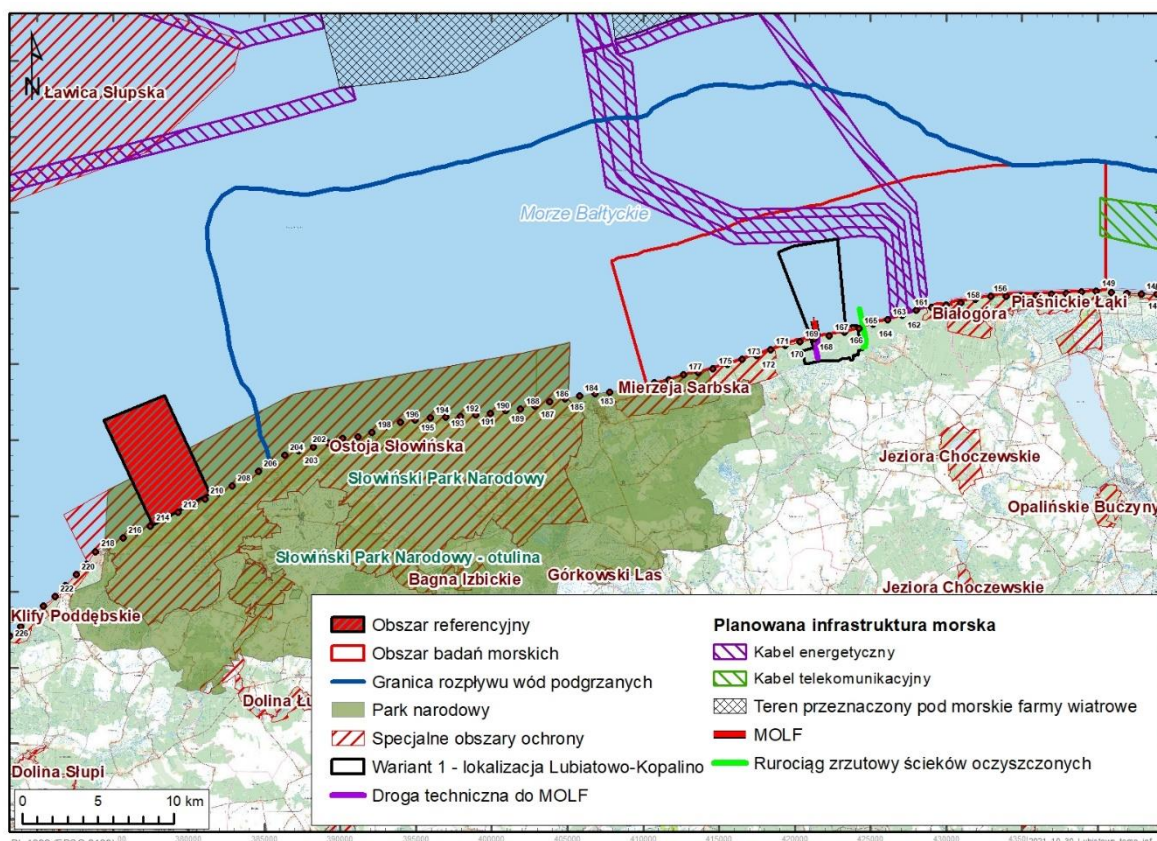


Obszar referencyjny	Referenzgebiet
Obszar badań morskich	Bereich der Meeresforschung
Park narodowy	Nationalpark
Specjalne obszary ochrony	Besondere Schutzgebiete
Wariant 1 - lokalizacja Lubiatowo-Kopalino	Variante 1 – Standort Lubiatowo-Kopalino

Temperatura st.C	Temperatur in Grad Celcius
Ławica Słupska	Stolpe-Bank
Klify Poddębskie	Klify Poddębskie [dt. Debsker Klippen]
Dolina Słupi	Słupia-Tal
Dolina Łupawy	Łupawa-Tal
Ostoja Słowińska	Ostoja Słowińska
Słowiński Park Narodowy	Slowinzischer Nationalpark
Słowiński Park Narodowy – otulina	Slowinzischer Nationalpark - Pufferzone
Bagna Izbickie	Izbica-Sümpfe
Górkowski Las	Górkowski-Wald
Mierzeja Sarbska	Sarbska-Nehrung
Białogóra	Białogóra
Piaśnickie Łąki	Piasnica-Wiesen
Jeziora Choczewskie	Choczewskie-Seen
Opalińskie Buczyny	Opalińskie Buczyny [dt. Opaliński-Buchenwald]

Abbildung V.7- 1 Lage des Referenzgebietes in Bezug auf die Auswirkungen der Kühlwasserabführungen  
Quelle: Eigene Studie.

Darüber hinaus wurde das Referenzgebiet so gewählt, dass keine Kollision mit der vorhandenen oder geplanten technischen Infrastruktur auf Meer besteht. Die folgende Abbildung [Abbildung V.7- 2] zeigt die Lage des Referenzgebietes in Bezug zur vorhandenen und geplanten Infrastruktur auf dem Meer, d. h. zu den Standorten der Windparkanlagen aus dem Bewirtschaftungsplan für die Meeresgebiete und aus den Studien [6], [8].



Morze Bałtyckie	Ostsee
Ławica Słupska	Stolpe-Bank
Klify Poddębskie	Klify Poddębskie [dt. Debsker Klippen]
Dolina Słupi	Słupia-Tal
Dolina Łupawy	Łupawa-Tal
Ostoja Słowińska	Ostoja Słowińska
Słowiński Park Narodowy	Slowinzischer Nationalpark

Słowiński Park Narodowy – otulina	Slowinzischer Nationalpark - Pufferzone
Bagna Izbickie	Izbica-Sümpfe
Górkowski Las	Górkowski-Wald
Mierzeja Sarbska	Sarbska-Nehrung
Białogóra	Białogóra
Piaśnickie Łąki	Piasnica-Wiesen
Jeziora Choczewskie	Choczewskie-Seen
Opalińskie Buczyny	Opalińskie Buczyny (dt. Opaliński-Buchenwald)
Obszar referencyjny	Referenzgebiet
Obszar badań morskich	Bereich der Meeresforschung
Granica rozptywu wód podgrzanych	Grenzwert für die Verteilung von erwärmten Gewässern
Park narodowy	Nationalpark
Specjalne obszary ochrony	Besondere Schutzgebiete
Wariant 1 - lokalizacja Lubiatowo-Kopalino	Variante 1 – Standort Lubiatowo-Kopalino
Droga techniczna do MOLF	Technischer Zugang zum MOLF
Planowana infrastruktura morska	Geplante maritime Infrastruktur
Kabel energetyczny	Energiekabel
Kabel telekomunikacyjny	Telekommunikationskabel
Teren przeznaczony pod morskie farmy wiatrowe	Vorgesehenes Land für Offshore-Windparks
MOLF	MOLF
Rurociąg zrzutowy ścieków oczyszczonych	Rohrleitung zur Ableitung von behandeltem Abwasser

Abbildung V.7- 2 Lage des Referenzgebietes in Bezug auf die vorhandene Infrastruktur

Quelle: Eigene Studie

Dabei ist darauf hinzuweisen, dass die endgültige Bestätigung der Auswahl des Referenzgebietes erst in der Etappe der Entwicklung des Bauentwurfes und vor Beginn der Etappe der Vorbereitungsarbeiten möglich ist. Dies ergibt sich u. a. aus der Tatsache, dass dieses Gebiet keinen Auswirkungen durch anderen, also mit der Umsetzung des gegenständlichen Vorhabens nicht verbundenen Vorhaben oder durch die Nebeninfrastruktur ausgesetzt sein darf. Angesichts der zahlreichen geplanten Investitionsvorhaben in der Woiwodschaft Pommern ist die korrekte Auswahl dieses Gebietes erst direkt vor Beginn der Vorbereitungsarbeiten möglich. Die o. g. Annahme bezieht sich auf die Festlegung des Referenzgebietes im Landsteil des Durchführungsgebietes des Vorhabens.

### Zeitraum des Monitorings

Es wird empfohlen, das Biomonitoring vor Beginn der Bauarbeiten und dann 5 Jahre nach deren Beendigung, d. h. in der Betriebsphase des Vorhabens zu führen.

## V.7.5 Oberflächengewässer

### V.7.5.2 Innere Gewässer

#### Umfang des Monitorings

##### Monitoring der physikalisch-chemischen Elemente

Angesichts der Abführung von Niederschlagswasser und Schneeschmelze sowie des Wassers aus der Entwässerung von Baugruben ins Meer ist das Monitoring von Meeressgewässern erforderlich. Der Umfang des Monitorings, die Mindesthäufigkeit der Probenentnahmen, die Leitlinien für die Analysen und die Bewertung, ob die ins Meer oder zu den Wassereinrichtungen abgeführten Wässer den Anforderungen der Verordnung des Ministers für Meereswirtschaft und Binnenschifffahrt vom 12. Juli 2019 über die besonders für die aquatische Umwelt schädlichen Stoffe sowie die Bedingungen, die bei der Abführung von Abwasser in die Gewässer oder in den Boden sowie bei der Abführung der Niederschlagswässer und der Schneeschmelze in Gewässer oder Wassereinrichtungen einzuhalten sind [97], genügen.

Das Wassermonitoring (Messstutzen) wird am Auslass der Wassereinrichtung installiert, die gereinigtes Industrieabwasser, darunter Kühlwasser, ins Meer abführt. Der Messbereich soll den für die einzelnen Phasen des Vorhabens identifizierten Drücken entsprechen. Die Messungen werden so häufig und nach den Leitlinien durchgeführt, die in der o. g. Verordnung genannt werden.

#### Monitoring der hydromorphen Elemente, darunter des Strandes

Im Rahmen des vereinbarten adaptiven Umweltüberwachungsprogramms wäre das Profil der Strände und Dünen zu überwachen. Das Monitoring würde regelmäßig gemäß den Methoden ergänzt, die in den früheren Phasen des Vorhabens Anwendung gefunden haben. Die Methodik der Untersuchungen hätte auch zum Zweck, die Kohärenz mit dem Ansatz zum Monitoring der Meeresküste in der Nähe der Variante 1 – Standort Lubiatowo - Kopalino zu behalten, das im Rahmen des „Programms für den Schutz der Meeresküste“ [„Program ochrony brzegów morskich“] für die Jahre 2004-2023 durchgeführt wird. Die Strategie der Versorgung von Stränden und/oder des Hochwasserschutzes würde gemäß den Erosionsschwellen in Absprache mit dem Meeresamt in Gdynia festgelegt sowie in Anlehnung an die voraussichtlichen Ausgangsprozesse, die das Küstengebiet gestalten.

Das Ziel des Monitorings wäre es zu bestätigen, dass es voraussichtlich keine wesentlichen Einflüsse auf die Anforderungen bezüglich der Meeresküste geben wird, die sich aus den Baumaßnahmen auf dem Meer und einer langfristigen Anwesenheit von Meeres- und Küstenkonstruktionen ergeben, oder aber die erforderlichen Maßnahmen im Bereich Schutz von Meeresküsten festzulegen, die eingeführt werden könnten, um die negativen Auswirkungen zu vermeiden. Dies wäre nur erforderlich, wenn als Bauweise Tunnelleitungen im Graben/der eingebetteten Tunnelleitungen für die Kühlwasserentnahme und -abführung ausgewählt würde. Sollte der Ansatz des Tunnelbaus oder die horizontale Richtbohrtechnik (HDD) ausgewählt werden, vermeidet das Vorhaben alle potenziellen Auswirkungen auf die Stabilität der Küstenlinie, daher ist in diesem Fall kein Monitoring erforderlich.

#### **Dauer des Monitorings**

Das Monitoring soll während der gesamten Bauzeit durchgeführt und in der Betriebsphase fortgesetzt werden, wobei sein Umfang je nach der Phase des Vorhabens zu modifizieren ist.

## **V.7.8 Ionisierende Strahlung**

Die Strahlungsüberwachung [28], also ständige Messungen der Stärke von Dosen oder der Dosen der ionisierenden Strahlungen und Konzentrationen von ausgewählten radioaktiven Stoffen ist eine routinemäßige Maßnahme in jedem Kernkraftwerk. Aufgrund des Standortes wird die Strahlungsüberwachung die folgenden Elemente umfassen:

- **Vor-Ort-Strahlungsüberwachung (engl. *on-site radiation monitoring*)**, darunter [28]:
  - Quellenüberwachung (engl. *source monitoring*): Messungen von Emissionen/Abführungen von radioaktiven Substanzen in die Umwelt in Gas-, Aerosol- oder in flüssiger Form,
  - Strahlungsüberwachung der Umwelt im Kraftwerk (innerhalb der Grenzen des Objektes und des Geländes des Kraftwerkes),
  - Überwachungen der individuellen Exposition der Arbeitnehmer auf die ionisierende Strahlung,
- **Umweltüberwachung in der direkten Umgebung des Kraftwerkes (engl. *off-site environmental radiation monitoring*).**

Je nach der jeweiligen Etappe des Bestehens des Kernkraftwerkes werden die folgenden Etappen der Strahlenüberwachung ausgewählt [28]:

- **Vorbetriebsüberwachung (engl. *pre-operational monitoring/studies*)** – gemäß der Nomenklatur der Internationalen Atomenergie-Organisation wird die voroperationelle Überwachung wenigstens ein Jahr



[57] vor der Inbetriebnahme des Kraftwerkes aufgenommen, wobei 2-3 Jahre empfohlen werden [56], woraufhin die eigentliche betriebsbezogene Überwachung stattfinden wird, die bis zur Inbetriebnahme des Kernreaktors geführt wird (die Vorbetriebsüberwachung unterscheidet sich in ihrem Umfang kaum von der betriebsbezogenen Überwachung),

- **Überwachung in der Betriebsphase** (engl. *monitoring in the operational stage*).

#### 1) **Vor-Ort-Strahlungsüberwachung** (engl. *on-site radiation monitoring*)

- **Quellen-Strahlungsüberwachung** (engl. *source monitoring*)

Im Rahmen der Strahlenüberwachung der Quellen von Emissionen/Einleitungen radioaktiver Substanzen in die Umwelt wird eine On-Line-Überwachung geführt und es werden Gasproben entnommen aus:

- dem Abluftkamin, über den flüchtige radioaktive (vor allem kurzlebige) Substanzen in die Luft abgeführt werden, es handelt sich dabei zumeist um radioaktive Edelgase (engl. *radioactive noble gases*),
- den Abwasserbehältern,
- der Rohrleitung, über die die Abwässer in die Umwelt abgeführt werden.

- **Strahlungsüberwachung der Umgebung des Kernkraftwerkes** (engl. *on-site environmental radiation monitoring*)

Die Strahlungsüberwachung der Umgebung des Kernkraftwerkes kann folgendermaßen unterteilt werden:

- Überwachung des Kernkraftwerkes selbst (innerhalb der Umzäunung des KKW-Geländes),
- Überwachung innerhalb der Kernkraftwerkanlagen (Reaktor-Gebäude und andere Objekte, in denen sich die radioaktiven Stoffe befinden). Sie besteht u. a. darin, dass Proben von technologischen Medien (hauptsächlich Wasser) an ausgewählten Punkten in den Systemen und Geräten des Kernkraftwerkes entnommen werden, aber vom Wasser aus den externen Kühlungsreisläufen, mit denen die Wärme in die Luft abgeführt wird, sowie Wasser aus Becken mit Kernbrennstoff (frisch und verbraucht). Diese Proben werden anschließend einer grundlegenden radiochemischen und spektrometrischen Analyse unterzogen, um Konzentrationen von ausgewählten radioaktiven Isotopen abzuschätzen, insbesondere von Kernspaltungsprodukten, Neutronenaktivierungsprodukten im Reaktorkern, Erosions- und Korrosionsprodukten von nuklearen Dampfversorgungssystemen sowie von Uran, Plutonium und anderen Transuranidisotopen. Eine Ergänzung dieses Systems stellt ein Netzwerk von Dosisdetektoren für ionisierende Strahlung (Alpha, Beta, Gamma und im Inneren des Reaktorgebäudes aus der Neutronenstrahlung) dar, die kontinuierlich Informationen in Bezug auf das aktuelle Niveau der Strahlung übermitteln. Ein detaillierten Plan des Monitorings innerhalb des Reaktorgebäudes wird vom Betreiber des KKW erstellt und von der Atomaufsichtsbehörde (dem Präsidenten der Staatlichen Atomenergiebehörde) akzeptiert, und zwar zumeist bereits in der Etappe des Bauentwurfs.

Am 2. August 2021 wurde ein (auf den 30. Juli 2021 datierter) Entwurf der Verordnung des Ministerrates über den Umfang des Programms zur Strahlungsüberwachung der Umwelt, das von den Organisationseinheiten erarbeitet und umgesetzt wird, die zur I. oder II. Gefahrenkategorie eingestuft sind, (zur öffentlichen Konsultation) veröffentlicht [89]. Derzeit (d. h. im November 2021) gibt es in Polen noch keine einschlägigen Vorschriften bezüglich der Strahlungsüberwachung von kerntechnischen Anlagen wie KKW, auch wenn damit in naher Zukunft zu rechnen ist. Diese Verordnung wird die Anforderungen der Richtlinie 2013/59/EURATOM des Rates vom 5. Dezember 2013 [26] zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung umsetzen. Der o. g. Verordnungsentwurf [89] bezieht sich auf die Strahlungsüberwachung sowohl in den Betriebszuständen (engl. *operational states*), als auch im Falle eines nuklearen Störfalls oder eines Strahlungsereignisses (engl. *nuclear or radiological emergency*). Eine Zusammenfassung dieser Verordnung ist dem Anhang [Anhang V.7-1] zu entnehmen.

Auf der Grundlage des Entwurfes dieser Verordnung [89] kann man den allgemeinen Umfang und die Anforderungen an die Strahlungsüberwachung festlegen, und zwar sowohl auf dem Gelände der

---

kerntechnischen Anlage (on-site), als auch in deren Umgebung (off-site), auch wenn das detaillierte Monitoring-Programm jedes Mal von der jeweiligen Organisationseinheit, in diesem Fall vom Betreiber des Kernkraftwerkes, erstellt und umgesetzt wird. Zu den grundlegenden Elementen der Strahlungsüberwachung auf dem KKW-Gebiet (on-site), die durch das Überwachungsprogramm umfasst werden sollen, gehören daher:

- automatische Messstationen: kontinuierliche Messung der Gamma-Strahlungs-Dosen samt der parallelen Messung ihres Spektrums (zwecks der Bestimmung der Konzentration von radioaktiven Isotopen in der Luft). Darüber hinaus soll die Station die Möglichkeit haben, die meteorologischen Bedingungen zu messen, d. h. die Niederschlagsmenge, die Temperaturen, die Winde (Kraft und Richtung), den Luftdruck und die -feuchtigkeit. Es wird davon ausgegangen, dass wenigstens 2 Stationen auf dem KKW-Gelände entstehen,
  - aktive Dosimeter: eine Messung der Gamma-Strahlungs-Dosis alle 2 Monate durch Geräte, die an wenigstens 4 Stellen auf dem KKW-Gelände angebracht und meistens mit einem Echtzeitdetektor (z. B. mit einem Geiger-Müller-Zählrohr) ausgestattet sein werden,
  - passive Dosimeter: wenigstens 8 Stellen auf dem KKW-Gelände, an denen sich passive Dosimeter befinden (meistens in der Thermolumineszenz- - TLD oder Opto-Lumineszenztechnologie - OSL). Zu den Vorteilen einer solchen Lösung gehört eine erhöhte Empfindlichkeit als bei aktiven Geiger-Müller-Dosimetern, zu den Nachteilen: der monatliche oder vierteljährliche Zyklus für das Ablesen der Dosis, die während des gesamten Messdauerzeitraums gezählt wird. Es ist jedoch anzumerken, dass die beiden Systeme - das aktive und das passive - einander gut ergänzen,
  - Entnahmestelle für atmosphärische Aerosole: Messgeräte (oder ein Set von Messgeräten), die einen Filter bzw. das Phänomen der Ablagerung von atmosphärischen Aerosolen aus der gepumpten Luft nutzen, die zur (sehr genauen) Messung der Konzentrationen von ausgewählten radioaktiven Isotopen dienen, wie Strontium, Kohle, Krypton, Xenon oder Plutonium, aber auch der vollen Beta- und Alpha-Aktivität in der Luft,
  - Stellen der In-situ-Ablagerung und des trockenen und nassen radioaktiven Niederschlags: dies sind Stellen der Entnahme und der weiteren Analyse von ausgewählten radioaktiven Isotopen, die sich auf eine natürliche Weise auf horizontalen Flächen abgelagert haben, z. B. ausgewählte Isotope von Cäsium, Jod, Strontium und Plutonium, sowie die Gesamtaktivität von Beta und Alpha (für Messungen des radioaktiven Niederschlags),
  - Stellen der Entnahme von Bodenproben: wie oben, aber in Bezug auf die Entnahme und isotopenbezogenen Analyse von Bodenproben aus dem Gebiet des Kernkraftwerkes zwecks der Überwachung von ausgewählten radioaktiven Isotopen, wie: Cäsium, Strontium, Plutonium, Kohlenstoff, Uran, Tritium und der gesamten Alpha- und Beta-Aktivität,
  - Wasserentnahmestellen: über Trinkwasserentnahmestellen (Wasserversorgungsleitungen), Drainagewasser und Grundwasser (Piezometer) auf dem KKW-Gelände. Isotopenmessung ähnlich wie bei Bodenproben, jedoch ergänzt u. a. um Messungen der Dosenleistungen, der Gammastrahlen und von Radon,
  - Entnahmestellen von anderen Bioindikatoren: Untersuchungen zur Radioisotopen-Zusammensetzung von Grasproben aus dem KKW-Gelände sowie von Nahrungsmitteln aus der Werkskantine, ähnlich wie in den o. g. Punkten.
- **Überwachung der individuellen Exposition der Mitarbeiter gegenüber der ionisierenden Strahlung**

Zur Vor-Ort-Strahlungsüberwachung zählt auch die Überwachung der individuellen Exposition von Mitarbeitern (KKW-Personal und Fremdpersonal, z. B. von Subunternehmern). Jede Person, die unter der Gefahr einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung arbeitet, ist zur routinemäßigen Messung der Dosen unter Einsatz von persönlichen (individuellen) Dosimetern verpflichtet, die durch ein dosimetrisches Labor mit einer Akkreditierung nach ISO 17025 nicht seltener als einmal pro Quartal abgelesen wird. In besonderen Fällen

können sog. Umweltdosimeter verwendet werden, die der Messung des räumlichen Äquivalentes einer Dosis,  $H^*(10)$ , dienen. Meistens werden allerdings Dosimeter angewendet, die in Bezug auf das individuelle Dosisäquivalent  $H_p(10)$  kalibriert sind, oder, unter besonderen Expositionsbedingungen, auf das individuelle Dosisäquivalent der Handhaut  $H_p(0,07)$  oder der Augenlinse  $H_p(3)$ . Die Überwachung der individuellen Exposition der Mitarbeiter wird durch die aktiven Detektoren (meistens mit Nutzung des Geiger-Müller-Rohrs) oder durch dosimetrische Tore ergänzt, die u. a. die Kontamination des Körpers oder der Kleidung messen. Soweit erforderlich können die Messungen zusätzlich auf die Messungen von internen Kontaminationen ausgedehnt werden (z. B. Schilddrüsenmessungen, Ganzkörper-Messgeräte, Untersuchung von Sekreten wie Urin, Kot, Blut oder Speichel), bzw. um retrospektive dosimetrische Untersuchungen (z. B. in Anlehnung an zytogenetische Methoden aus Blut).

Für die Entwicklung der Strahlungsüberwachungsprogramme für das erste polnische KKW können als gute Beispiele die Erfahrungen aus der Strahlungsüberwachung der folgenden drei kerntechnischen Anlagen in Polen herangeführt werden:

- Kernkraftzentrum in Świerk bei Warschau,
- Polnische Deponie für radioaktive Abfälle (Krajowe Składowisko Odpadów Promieniotwórczych, KSOP) in Różan,
- ehemalige Uranerzgewinnungs- und Aufbereitungsanlagen. Neben den lokalen Überwachungsanlagen gibt es noch die polenweite Strahlenüberwachung der Staatlichen Atomenergiebehörde [79].

## 2) Strahlungsüberwachung der Umgebung des KKW

Wie oben erwähnt kann im Falle der Strahlungsüberwachung der KKW-Umgebung (*off-site*) von zwei Zeitphasen gesprochen werden: voroperationelles Monitoring, das meistens ca. 2 Jahre vor der vollen Inbetriebnahme des Kernkraftwerkes beginnt, und die eigentliche betriebsbezogene Überwachung.

Zweck des voroperationellen Monitorings ist [28] die Festlegung des Referenzniveaus in Bezug auf die ionisierende Strahlung und die Konzentrationen von radioaktiven Substanzen in der Umwelt (engl. „baseline“ environmental radiation levels and activity concentrations) vor der Inbetriebnahme des Kernkraftwerkes zwecks Bestimmung von dessen künftigen radioaktiven Auswirkungen auf die Umgebung. Gemäß den MAEA-Anforderungen [28] sollte das voroperationelle Monitoring 2-3 Jahre vor der Inbetriebnahme des Kernkraftwerkes beginnen (in der Praxis: vor Beginn der kernkraftbezogenen Phase der Inbetriebnahme, die mit der ersten Bestückung des Reaktorkerns mit Kernbrennstoff beginnt).

Angesichts der Tatsache, dass der Umfang des einen und des anderen Monitorings grundsätzlich ähnlich ist, wird im weiteren Teil das Monitoring in der Betriebsphase dargestellt.

Wie oben erwähnt, wurde inzwischen der Entwurf der Rechtsverordnung des Ministerrates über den Umfang des Programms zur Strahlungsüberwachung der Umwelt, das von den Organisationseinheiten erarbeitet und umgesetzt wird, die in die I. oder II. Gefahrenkategorie eingestuft sind [89], veröffentlicht. Auf seiner Grundlage können der allgemeine Umfang und die Anforderungen an die Strahlungsüberwachung auf dem Gelände der kerntechnischen Anlage (on-site) festgelegt werden, auch wenn das detaillierte Monitoring-Programm jedes Mal von der jeweiligen Organisationseinheit, in diesem Fall vom Betreiber des Kernkraftwerkes, erstellt und umgesetzt wird. Zu den grundlegenden Elementen, die vom off-site-Überwachungsprogramm umfasst werden sollen, gehören grundsätzlich sehr ähnliche Elemente, die im on-site-Überwachungsprogramm vorhanden sind, doch mit bestimmten wesentlichen Unterschieden in Bezug auf den Umfang, was unten durch Unterstreichungen hervorgehoben wird:

- automatische Messstationen: kontinuierliche Messung der Gamma-Strahlungs-Dosen samt der parallelen Messung ihres Spektrums (zwecks Bestimmung der Konzentration von radioaktiven Isotopen in der Luft). Darüber hinaus soll die Station die Möglichkeit haben, die meteorologischen Bedingungen zu messen, d. h. die Niederschlagsmenge, die Temperaturen, die Winde (Kraft und Richtung), den Luftdruck und -feuchtigkeit. Es wird eine Installation von wenigstens 16 derartigen Stationen um das Kernkraftwerk

---

herum geplant (dabei ist anzumerken, dass in Polen derzeit ca. 40 ähnliche Stationen, mit unterschiedlichen Messmöglichkeiten, unter der Aufsicht der Staatlichen Atomenergiebehörde tätig sind und die Daten 24 Stunden pro Tag 7 Tage die Woche sammeln). Es handelt sich dabei um das grundlegende Element des nationalen Strahlungsüberwachungssystems,

- aktive Dosimeter: eine Messung der Gamma-Strahlungs-Dosis alle 2 Monate durch Geräte, die an wenigstens 27 Stellen um das KKW-Gelände herum angebracht und meistens mit einem Echtzeitdetektor (z. B. mit einem Geiger-Müller-Zählrohr) ausgestattet sein werden,
- passive Dosimeter: wenigstens 37 Stellen um das KKW-Gelände herum, an denen sich passive Dosimeter befinden (meistens in der Thermolumineszenz- - TLD oder Opto-Lumineszenztechnologie - OSL). Zu den Vorteilen einer solchen Lösung gehört eine erhöhte Empfindlichkeit als bei aktiven Geiger-Müller-Dosimetern, zu den Nachteilen: der monatliche oder vierteljährliche Zyklus für das Ablesen der Dosis, die während des gesamten Messdauerzeitraums gezählt wird. Es ist jedoch anzumerken, dass die beiden Systeme - das aktive und das passive - einander gut ergänzen,
- Entnahmestelle für atmosphärische Aerosole: 2 Messgeräte (oder Sets von Messgeräten) in der Umgebung des KKW, die einen Filter bzw. das Phänomen der Ablagerung von atmosphärischen Aerosolen aus der gepumpten Luft nutzen, die zur (sehr genauen) Messung der Konzentrationen von ausgewählten radioaktiven Isotopen dienen, wie Strontium oder Plutonium, aber auch der vollen Beta- und Alpha-Aktivität in der Luft,
- Stellen der In-situ-Ablagerung und des trockenen und nassen radioaktiven Niederschlags: Stellen der Entnahme und der weiteren Analyse von ausgewählten radioaktiven Isotopen, die sich auf eine natürliche Weise auf horizontalen Flächen abgelagert haben, z. B. ausgewählte Isotope von Cäsium, Jod, Strontium und Plutonium, sowie die Gesamtaktivität von Beta und Alpha (für Messungen des radioaktiven Niederschlags),
- Stellen der Entnahme von Bodenproben: wie oben, aber in Bezug auf die Entnahme und isotopenbezogene Analyse von Bodenproben aus wenigstens 25 Entnahmestellen um das KKW herum, zwecks Überwachung von ausgewählten radioaktiven Isotopen, wie: Cäsium, Strontium, Plutonium, Kohlenstoff, Uran, Tritium und der gesamten Alpha- und Beta-Aktivität,
- Wasserentnahmestellen: über Trinkwasserentnahmestellen (Wasserversorgungsleitungen), Drainagewasser und Grundwasser (Piezometer) um das KKW-Gelände herum. Isotopenmessung ähnlich wie Bodenproben, jedoch ergänzt u. a. um Messungen der Dosenleistungen, der Gammastrahlen und von Radon,
- Entnahmestellen von anderen Bioindikatoren: Untersuchungen der Radioisotopen-Zusammensetzung von Blattgemüse, Wurzelgemüse, Kartoffeln, Obst, Getreide, Gräsern, Milch, Fleisch (getrennt auch Geflügel und Wild), Eiern, Pilzen, Moosen, Flechten, Nadeln, Blättern, Fischen, Krebstieren und Weichtieren, Algen, Benthon sowie Erzeugnissen, die in örtlichen Kantinen serviert werden,
- Entnahmestellen für andere Proben: Bodensedimente, Schlamm (Klärschlamm), Sand von Stränden am Meer – zur Analyse der Isotopenzusammensetzung.

Dabei ist hinzuzufügen, dass die Strahlungsüberwachung der Umgebung des KKW je nach der Entfernung von der Grenze des Objektes und der Zone, in der sich die Entnahmestelle befindet, variiert. Deswegen sind im Entwurf der o. g. Rechtsverordnung [89] ausführliche Verfügungen bezüglich der Strahlungsüberwachung unter Einteilung in Störfallplanungszonen (extern und intern) sowie der Distanz der erweiterten Planung zu finden. Da diese Verordnung noch nicht in Kraft getreten ist, werden diese Einzelheiten hier nicht dargestellt.

Neben der o. g. grundlegenden Analyse in Form der Entnahme von unterschiedlichen Proben aus der Umwelt gehören zur Strahlungsüberwachung der KKW-Umgebung (off-site) auch spezifische dosimetrische Messungen ausgewählter Personen aus der Gesamtbevölkerung, die in der Nähe des KKW lebt. Zu diesem Zweck schreibt der Verordnungsentwurf [89] obligatorische Ganzkörpermessungen von nicht weniger als 3 Personen der

Bevölkerung vor, die eine der Störfallplanungszonen bewohnt, und zwar mindestens einmal alle zwei Jahre. Insbesondere sollen die Konzentrationen von radioaktiven Isotopen gemessen werden, die Gamma-Strahlen emittieren, aber auch: Cs-137, Cs-134, I-131, Co-60, Zr-95, La-140, Ra-226, Ac-228 und K-40. Ein gutes Beispiel für die Funktionsweise der Off-Site-Strahlungsüberwachung ist das Monitoring derselben drei Einrichtungen in Polen, die bei der On-Site-Strahlungsüberwachung genannt worden sind.

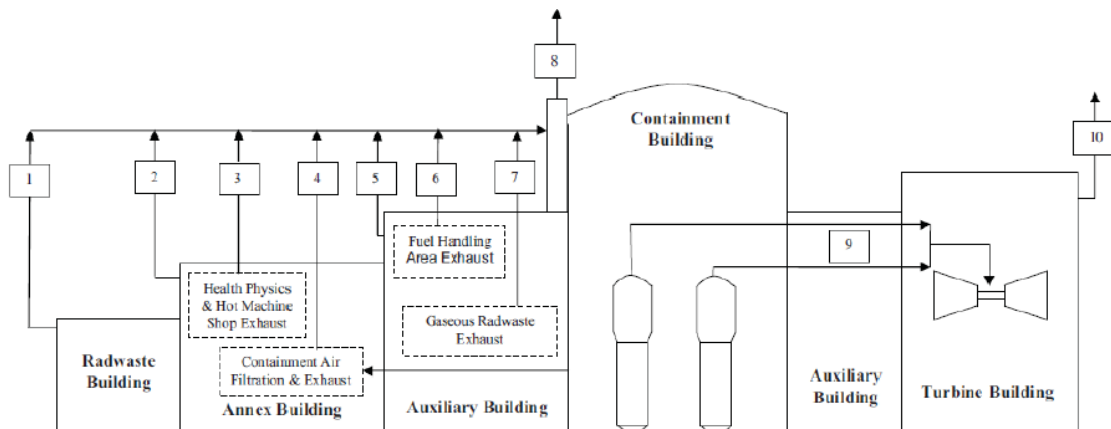
## V.7.11 Abfallwirtschaft

### V.7.11.2 Radioaktive Abfälle und abgebrannter Kernbrennstoff

Beim Betrieb eines Kernkraftwerkes entstehen radioaktive Abfälle in gasförmiger, flüssiger und fester Form. Die Entsorgung radioaktiver Abfälle am KKW-Standort umfasst deren Sammlung, Sortierung, Behandlung und Zwischenlagerung vor dem Transport zu einem Endlager für radioaktive Abfälle. In all diesen Etappen findet eine kontinuierliche Strahlungsüberwachung statt. Auch die Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umwelt, sowohl in flüssiger als auch in gasförmiger Form, wird überwacht.

Bei gasförmigen radioaktiven Abfällen werden „Verzögerungsbetten“ mit Ablagerungen (engl. *delay beds*), die radioaktive Edelgase (engl. *Radioactive noble gases*) adsorbieren eingesetzt, die die Gase für eine bestimmte Zeit zurückhalten, so dass sie genau überwacht werden können und die Aktivität der in die Luft abgegebenen radioaktiven Stoffe durch den radioaktiven Zerfall kurzlebiger Radionuklide verringert wird. Danach werden diese Stoffe kontrolliert in die Umwelt abgeleitet (über einen Abluftschornstein). Der gesamte Emissionsprozess wird überwacht, damit die in der Genehmigung des Präsidenten der Staatlichen Atomenergiebehörde (PAA) festgelegten Grenzwerte nicht überschritten werden. Bei flüssigen radioaktiven Abfällen werden hingegen Überwachungstanks verwendet, in denen behandelte Abwässer, die radioaktive Stoffe (hauptsächlich Tritium und Kohlenstoff C-14) enthalten, vor der kontrollierten Einleitung ins Meer aufbewahrt werden.

Die nachstehende Abbildung [Abbildung V.7-3] zeigt schematisch die Quellen der radioaktiven Kontamination der Systeme, Anlagen und Räume des AP1000-Blocks, die in die Atmosphäre abgeleitet werden. Die Überwachungsstelle im Schornstein wird so angepasst, dass sichergestellt wird, dass die Probe für das gesamte freigesetzte Gasvolumen repräsentativ ist.



*Radwaste building* – Gebäude für radioaktive Abfälle; *Annex building* – Reaktor-Backup-Gebäude; *Health Physics & Hot Machine Shop* – Strahlenschutz & Dosimetrie (Räume & Ausrüstung) & "heiße" Werkstatt (für die Reparatur kontaminierter Ausrüstung); *Auxiliary building* – Hilfsgebäude; *Gaseous Radwaste* – gasförmige radioaktive Abfälle, *Fuel Handling Area* – Kernbrennstoff-Betriebsbereich; *Containment building* – Sicherheitsgehäuse-Gebäude; *Turbine building* – Turbinengebäude; *Exhaust* – Abluft.

+1 – Auslauf aus dem Gebäude für radioaktive Abfälle, 2 – Auslauf aus dem Reaktor-Backup-Gebäude, 3 – Auslauf aus den Dosimetriekontrollräumen und aus der Werkstatt im Kontrollbereich, 4 – Auslauf aus dem Filtersystem des Sicherheitsbehälters, 5 – Auslauf aus dem Hilfsgebäude, 6 – Auslauf aus dem Kernbrennstoff-Betriebsbereich, 7 – Auslauf aus dem System für gasförmige radioaktive Abfälle (WGS), 8 – Lüftungsschornstein, 9 – Leckagen aus Frischdampfrohrlösungen und von der Primär- zur Sekundärseite der Dampferzeuger (N-16-Isotop), 10 – Ablass aus dem Maschinenraumgebäude.

Abbildung V.7-3 Quellen und Überwachungsstellen für radioaktive Emissionen in die Luft

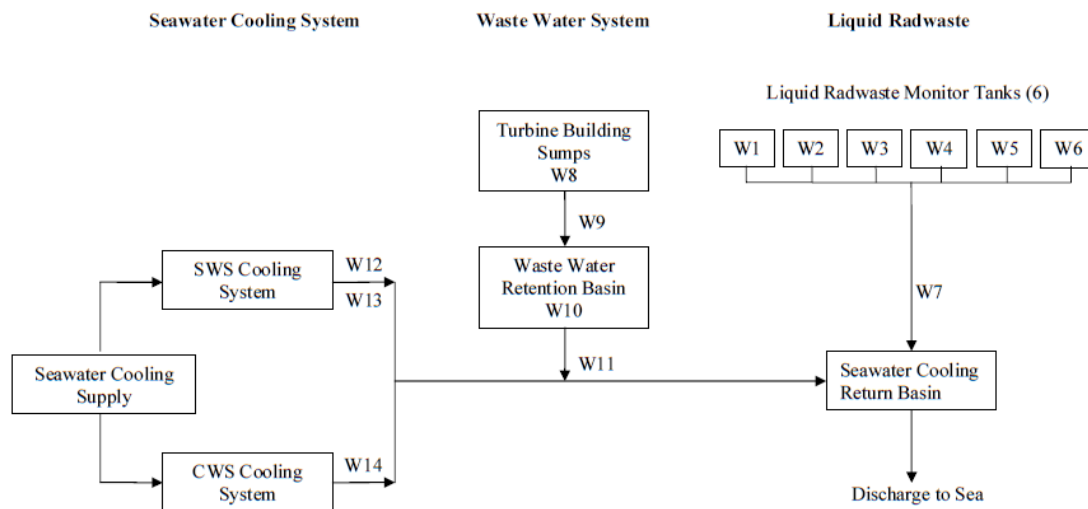
Quelle: [124], [77]

Bei flüssigen Abfällen hingegen werden die behandelten Abwässer aus jedem Block in sechs Überwachungstanks gesammelt. Die Gesamtkapazität der Tanks ermöglicht die Lagerung von gereinigtem Abwasser für etwa 42 Tage unter normalen Betriebsbedingungen.

Die Ableitung von behandeltem Abwasser aus einem Tank in die Umwelt ist nur dann zulässig, wenn Untersuchungen des Tankinhalts keine Bedenken ergaben. Werden die Anforderungen nicht erfüllt, kann der Inhalt dieses Tanks in einen Abwassertank gepumpt oder direkt zum Beginn des Behandlungsprozesses geleitet werden. Der Strahlungsdetektor befindet sich in der gemeinsamen Abflussleitung hinter den Überwachungstanks. Dieser Detektor gibt ein Signal, um die Einleitung von Abwasser zu stoppen, wenn seine Aktivität einen bestimmten Schwellenwert überschreitet.

Abwässer, die die Bedingungen für die Einleitung in die Umwelt erfüllen, werden ins Meer eingeleitet: im Falle des offenen Kühlsystems (Verflüssiger und Ausrüstung des „konventionellen Inselteils“) durch Einleiten von erwärmtem Kühlwasser und im Falle des geschlossenen Kühlsystems durch Einleiten von Entsalzungs- und Abwasser ins Meer.

Die Abbildungen [Abbildung V.7-4] und [Abbildung V.7-5] zeigen schematisch die Einleitungen und Überwachungsstellen des Abwassers aus den Systemen und Prozessräumen des AP1000-Blocks für die Varianten mit einem offenen und geschlossenen Kühlkreislauf.

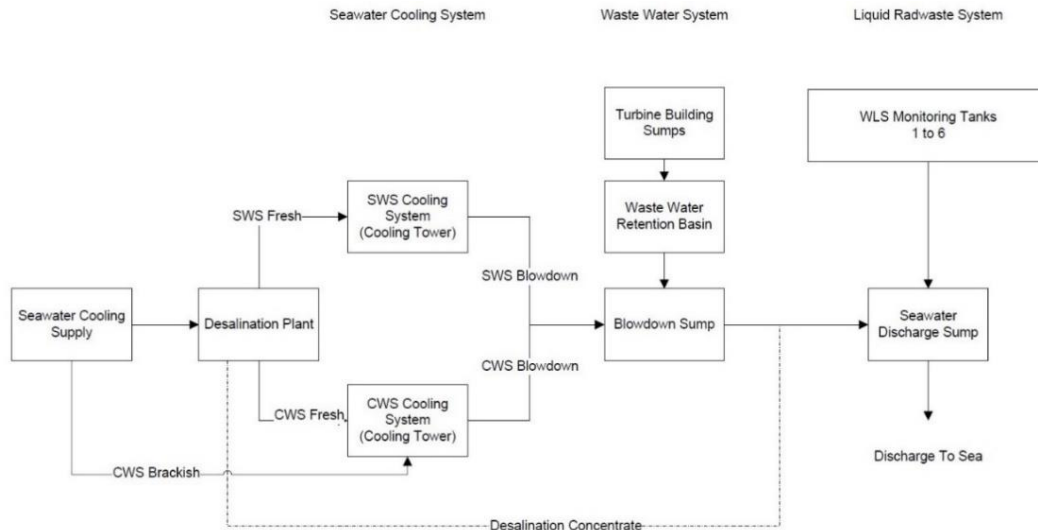


W# = Monitoring or Sampling Point

*Seawater Cooling System – Meerwasserkühlsystem, Waste Water System – Abwassersystem, Liquid Radwaste – flüssige radioaktive Abfälle, Turbine Building Sumps – Turbinengebäude-Sümpfe, Liquid Radwaste Monitor Tanks – Überwachungstanks für flüssige radioaktive Abfälle, Seawater Cooling Supply – Meerkühlwasserversorgung, SWS Cooling System – Brauchwassersystem, CWS Cooling System – Kühlwassersystem, Waste Water Retention Basin – Abwasser-Rückhaltebecken, Seawater Cooling Return Basin – Meerkühlwasser-Rücklaufbecken, Discharge to Sea – Einleitung ins Meer, W# – Überwachungs- oder Probenahmenstelle*

Abbildung V.7-4 Schema der Einleitungs- und Überwachungsstellen für Abwasser aus Systemen und Prozessräumen des Kernkraftwerksblocks mit dem AP1000-Reaktor bei geöffnetem Kühlsystem

Quelle: [124]



Seawater Cooling Supply – Meerkühlwasserentnahme; Desalination Plant – Entsalzungsanlage; CWS Brackish – Salzkühlwasser; CWS Fresh – Süßkühlwasser; SWS Fresh – Süßbrauchwasser; CWS Cooling System (Cooling Tower) – geschlossenes Kühlwassersystem mit Kühlturm; SWS Cooling System (Cooling Tower) – geschlossenes Brauchwassersystem mit Kühlturm; CWS Blowdown – Entsalzung des Kühlkreislaufs; SWS Blowdown – Entsalzung des Brauchwassersystems; Turbine Building Sumps – Turbinengebäude-Sümpfe – Maschinenraum-Sümpfe; Waste Water Retention Basis – Abwasser-Rückhaltebecken; Blowdown-Sumpf – Entsalzungssumpf; WLS Monitoring Tanks – Überwachungstanks für flüssige radioaktive Abfälle; Seawater Discharge Sump – Meerwasser-Ableitungssumpf.

Abbildung V.7-5 Schema der Abwasserableitung und der Überwachungsstellen aus Systemen und technologischen Räumen des AP1000-Blocks bei geschlossenem Kühlsystem

Quelle: [124]

Im Falle fester Abfälle umfasst das Gebäude für radioaktive Abfälle (engl. Radwaste Building) die technischen Anlagen für die Entsorgung schwach radioaktiver Abfälle. In diesem Gebäude erfolgen die Sortierung, die Konditionierung sowie die Behandlung von schwachaktiven Abfällen verschiedener Art, bevor sie verarbeitet und in Transport- und Lagerbehälter verladen werden. Das Gebäude für radioaktive Abfälle umfasst auch die bereits erwähnten 6 Tanks zur Überwachung flüssiger Abfälle, die die behandelten Abwässer mit radioaktiven Stoffen enthalten, die zur Einleitung in die Umwelt bereitstehen.

Das Vorgehen mit abgebranntem Kernbrennstoff, unter der Annahme, dass es nicht verarbeitet wird, ist dagegen im folgenden Diagramm dargestellt [Abbildung V.7-6]. Es wird in jeder Etappe einer ständigen Strahlungsüberwachung unterzogen.

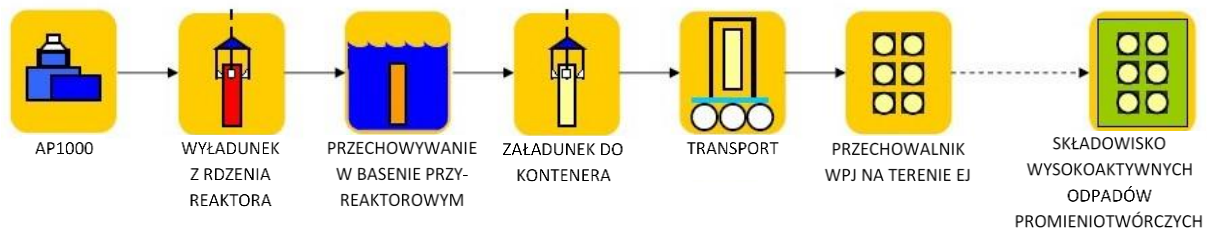


Abbildung V.7-6 Behandlung von abgebrannten Brennelementen

Quelle: [132]

PL	DE
WYŁADUNEK Z RDZENIA REAKTORA	ENTLADEN AUS DEM REAKTORKERN
PRZECHOWYWANIE W BASENIE PRZYREAKTOROWYM	SPEICHERUNG IM REAKTORBECKEN
ZAŁADUNEK DO KONTENERA	BELADEN IN EINEN CONTAINER
TRANSPORT	TRANSPORT
PRZECHOWALNIK WPJ NA TERENIE EJ	VORRATSBEHÄLTER FÜR ABGEBRANNTRE BRENNELEMENTE AUF DEM GELÄNDE DES KERNKRAFTWERKES
SKŁADOWISKO WYSOKOAKTYWNYCH ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH	LAGERORT FÜR RADIOAKTIVE ABFÄLLE

## V.7.13 Gesundheit und Leben von Menschen

### Umfang des Monitorings

Unten werden Maßnahmen dargestellt, die für die Überwachung der Auswirkungen des Vorhabens auf Gesundheit und Leben von Menschen, darunter auf Lebensmittel, vorgeschlagen werden.

Es wird vorgeschlagen, dass in der Bauphase Folgendes überwacht wird:

- beim Investor eingereichte Beschwerden der Parteien, die gegenüber eventuellen Belastungen durch eine übermäßige Lärmemission, Luftverschmutzung, Verschlechterung der Wasserqualität, der Abwasserabführung in die Umwelt, Zugänglichkeit von Gebieten in der KKW-Umgebung und der Meeresküste und anderen möglichen Belastungen mit Einfluss auf Leib und Leben der Menschen ausgesetzt werden;
- Anmeldung von Befürchtungen seitens der lokalen Bevölkerung in Bezug auf das Vorhaben;
- die öffentliche Meinung bezüglich der Sammlung, Berichterstattung und Übermittlung von Daten aus dem Umweltmonitoring auf der Grundlage einer jährlichen anonymen Umfrage. Diese Umfrage gilt als Indikator der Anpassung des Vorhabens an die Besonderheit und die Lebensweise der lokalen Gemeinschaften;
- die öffentliche Meinung in den Bereichen, die die größten Befürchtungen und Erwartungen erwecken, auf der Grundlage einer halbjährlichen oder jährlichen anonymen Umfrage;
- die öffentliche Meinung zwecks Festlegung des Umfangs der lokalen Befürchtungen im Zusammenhang mit den Einschränkungen im Zugang zu den einzelnen Gebieten, auf der Grundlage einer jährlichen Umfrage. Diese Untersuchungen werden zur Identifizierung von Gebieten verwendet, auf denen Verbesserungen zu den Geländen auf alternativen Gebieten durchgeführt werden können, sie gelten auch als Indikator der Anpassung des Vorhabens an die Besonderheit und die Lebensweise der lokalen Gemeinschaften;
- kommunale Infrastrukturen und Änderungen in der Verkehrsorganisation in der KKW-Umgebung;
- sämtliche Vorfälle und Unfälle in der KKW-Umgebung,
- KKW-Baugelände und anschließend KKW-Betriebsgelände auf unbefugtes Betreten des Durchführungsgebiet des Vorhabens;
- Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz, unter Einsatz von einer Reihe wesentlicher Effizienzindikatoren. Die Anforderungen des Gesundheits- und Sicherheitsplans finden auf das gesamte Personal und die gesamte Kette der Subunternehmer Anwendung, sie werden auch in die Muttersprachen der jeweiligen Mitarbeiter übersetzt;
- System der Gesundheitsversorgung und Häufigkeit von Infektionskrankheiten.

### Dauer des Monitorings

Es wird empfohlen, in der Betriebsphase die Überwachungsmaßnahmen aus der Bauphase innerhalb von 5 Jahren nach der Beendigung dieser Phase fortzusetzen.



## **V.8 Hinweis auf die Schwierigkeiten aus Mängeln im Stand der Technik und Lücken im modernen Wissens, die bei der Erstellung des UVP-Berichts deutlich geworden sind**

Die Schwierigkeiten, die bei der Erstellung des vorliegenden UVP-Berichtes deutlich geworden sind, ergeben sich insbesondere aus der Besonderheit des Vorhabens. Bisher wurde nämlich in Polen noch kein solches Vorhaben umgesetzt, das im Bau und im Betrieb eines KKW bestehen würde, daher war es bei der Erstellung des UVP-Berichts, anders als bei anderen Vorhaben, nicht möglich, auf bisherige Erfahrungen, entwickelte Praktiken und Leitlinien oder aber die verwaltungsrechtliche Rechtsprechung zurückzugreifen.

Angesichts der Tatsache, dass der Bau eines Kernkraftwerkes im Allgemeinen als ein Vorhaben mit dem höchsten Schwierigkeitsgrad und der größten Komplexität angesehen wird, während die Fragen der Kernkraft zu hochspezialisierten Themen gehören, musste sich der Antragsteller Herausforderungen stellen, die bisher bei der Umsetzung von derartigen Unterlagen in Polen nicht vorhanden waren. Es ist zu betonen, dass die Schwierigkeiten im gegenständlichen Bereich schon bei der Einleitung des umfangreichen Programms der Standort- und Umweltuntersuchungen entstanden sind und sich aus der Komplexität und des Umfangs des Vorhabens ergaben (der sachliche Umfang erstreckte sich auf mehr als ein Dutzend Untersuchungsbereiche, der räumliche Umfang – auf große Landes- und Meeresgebiete), andererseits fehlte es zu jener Zeit am vollen Wissen um die geplanten technischen Lösungen. Im Rahmen der Umsetzung des o. g. Programms musste der Antragsteller eine große Zahl von unterschiedlichen Daten verarbeiten, die während der Felduntersuchungen angesammelt wurden. Ein weiteres Problem bestand in der Vielfalt, der Unvollständigkeit und der unterschiedlichen Qualität der vorhandenen historischen Daten, d. h. Daten, die von anderen Einrichtungen gesammelt wurden (also nicht aus eigenen Studien). Die Einrichtungen der öffentlichen Verwaltung und andere Einrichtungen, von denen die o. g. Daten gewonnen wurden, haben unterschiedliche Systeme der Datenerfassung, -verarbeitung und -darstellung. Neben qualitativen Mängeln wurden die Daten oft in unterschiedlichen Formaten geliefert, sie bezogen sich auch auf unterschiedliche Zeiträume. Für die Zwecke des UVP-Berichtes musste daher der Investor eine Standardisierung und/oder Validierung der vorhandenen Daten für die künftige Nutzung vornehmen (insbesondere für die Durchführung von Vergleichsanalysen).

Im Hinblick auf die Schwierigkeiten, die bei der Erstellung des vorliegenden UVP-Berichtes deutlich geworden sind, können auch die durch die (vom Virus Sars-CoV-2 ausgelöste) Covid-19-Pandemie verursachten Komplikationen nicht unerwähnt bleiben, da es sich global gesehen um ein Ereignis ohne Beispiel handelte. Die rechtlichen Regelungen (Einschränkungen und Restriktionen) im Zusammenhang mit der Covid-19-Pandemie trugen zu Datenlücken und Schwierigkeiten bei der Gewinnung von Daten bei. Die Folgen der Pandemie spiegelten sich auch in den Daten in Bezug auf die letzten zwei Jahre (2020 und 2021) wider, wobei es sich dabei oftmals um tiefgreifende Brüche in den bisherigen Trends handelte. All das und die Unsicherheiten in Bezug auf den weiteren Verlauf der Pandemie, stellte eine weitere Schwierigkeit bei der Prognostizierung von Trends auf dem jeweiligen Gebiet dar (insbesondere in Bezug auf die Prognostizierung von sozial-ökonomischen Veränderungen). Darüber hinaus hat sich der Prozess der Erstellung von UVP-Berichten verkompliziert. Es war notwendig, wesentliche Änderungen (darunter Fernarbeit) bei der Organisation der Arbeit der einzelnen Autorenteam einzuführen, was insbesondere bei jenen Teams schwierig war, deren Personal aus unterschiedlichen Ländern stammte.

Im Folgenden werden die festgestellten Schwierigkeiten dargestellt, insbesondere jene aus technischen Mängeln und Lücken im aktuellen Wissen, die bei der Erstellung des gegenständlichen UVP-Berichts deutlich geworden sind. Dabei muss betont werden, dass bei der Erstellung des Berichts alle Anstrengungen unternommen wurden, um sicherzustellen, dass diese Schwierigkeiten keinen wesentlichen Einfluss auf die Qualität des Berichtes haben, indem international entwickelte Lösungen angewendet wurden und die breite Erfahrung eines technischen Beraters im Bereich der Erstellung von derartigen Dokumenten für kerntechnische Anlagen in Anspruch genommen wurde.

## **V.8.1 Aus dem Stand des Wissens resultierende Schwierigkeiten hinsichtlich einzelner Lösungen des Vorhabens auf der Etappe der Erstellung des UVP-Berichtes**

Wie oben erwähnt, waren bei der Erstellung des UVP-Berichtes nicht alle detaillierten Lösungen bekannt, die bei der Umsetzung des Vorhabens Anwendung finden sollen, aber erst im Bauentwurf des Kernkraftwerkes festgelegt werden.

Aus den oben genannten Gründen stützten sich die Analysen in Bezug auf die atomare Sicherheit, den radiologischen Schutz und Kernkrafttechnologie auf ein generisches Projekt eines Kernkraftwerkes mit einem AP1000-Reaktor, insbesondere in seiner europäischen Ausführung (UK AP1000), das im Rahmen eines Verfahrens zur allgemeinen Beurteilung des Projektes (engl. General Design Assessment, GDA) von der britischen Atomaufsichtsbehörde vorgelegt worden ist. Insbesondere wurden die folgenden Unterlagen genutzt, die der britischen Atomaufsichtsbehörde (ONR) vom Lieferanten der AP1000-Technologie vorgelegt worden sind: AP1000 Pre-Construction Safety Report, UK AP1000 Environment Report sowie AP1000 European Design Control Document. Dem ist hinzuzufügen, dass der Bauentwurf des Kernkraftwerkes erst auf der Etappe der Erstellung des Vorläufigen Sicherheitsberichts ausreichend detailliert sein wird.

Dieses Problem ist auch in Bezug auf die Bestimmung der genauen Parameter von bestimmten Elementen der Kernkraftwerk-Infrastruktur aufgetaucht. Und so wurde z. B. im UVP-Bericht vorgeschlagen, dass Kühltürme mit einer Höhe von 202 m und einem Durchmesser an der Basis von ca. 169 m Anwendung finden. Diese Abmessungen wurden (auf der Grundlage von Berechnungen) vom Technischen Berater angegeben, sie wurden aber weder vom Lieferanten der Technologie noch vom EPC-Lieferanten überprüft. Es besteht die Wahrscheinlichkeit, dass bei der Erstellung der Projektdokumentation die o. g. Abmessungen der Kühltürme präzisiert werden müssen.

Auf der Etappe der Erstellung des UVP-Berichtes war das Vorhaben noch nicht so weit fortgeschritten, dass eine ausführliche Beurteilung der Emission von Treibhausgasemissionen (GHG) in die Luft ausgeführt werden konnte. Doch überall dort, wo dies möglich war, wurde die Einschätzung der GHG-Emissionen auf der aktuellen Etappe des Entwurfsprozesses auf eine Art und Weise durchgeführt, die an die Besonderheit des Vorhabens in Polen am besten angepasst ist. Die Standortvarianten des Vorhabens sind bekannt, deswegen konnte man von realistischen Annahmen (worst-case-scenario) in Bezug auf die Entfernungen für den Transport von Baustoffen zu dem Standort ausgehen. Zusätzlich konnte in den Schätzungen in Bezug auf die GHG-Emissionen eine Korrektur auf der Grundlage des Emissionsindex des polnischen Energiemixes vorgenommen werden.

Aus denselben Gründen war eine vollständige Beurteilung der Emissionen in die Atmosphäre im Zusammenhang mit dem Bau- und Betriebsprozess nicht möglich, nichtsdestoweniger weist die Praxis des Baus von Energieanlagen darauf hin, dass die grundlegenden Quellen und Arten der Emissionen identifiziert und abgeschätzt wurden.

Auch die Aspekte im Zusammenhang mit der Abfallwirtschaft wurden unter Berücksichtigung der vorhandenen Informationen, Dokumente und diesbezüglichen Erfahrungen analysiert, doch bei der Auswahl des Lieferanten der Technologien und Arbeiten muss von unwesentlichen Modifikationen und Ergänzungen ausgegangen werden, die sich aus genaueren Informationen ergeben, darunter in Bezug auf die Baumethoden und -lösungen, die die Grundlage für die Einschätzung der erzeugten Abfallmenge und der Methoden der Abfallbehandlung darstellen könnten. Daher wurde das Prinzip der Bewertung von Parametern und Annahmen mit der größten potenziellen Auswirkung angenommen. Bei der Erstellung des UVP-Berichtes wurde sich auf die Dokumente „AP1000 Environment Report“ [133] und „AP1000 Integrated Waste Strategy“ [131] gestützt.

Darüber hinaus ergaben sich einige Schwierigkeiten daraus, dass auf der aktuellen Etappe der Umsetzung des Vorhabens keine genauen Lösungen in Bezug auf den Verlauf der Stilllegung des KKW bekannt sind. Angesichts der Tatsache, dass die Stilllegung des KKW frühestens in ca. 70 Jahren beginnt, ist es schwierig zu bestimmen, wie sie verlaufen soll und welche Projektlösungen, Technologien und Geräte dabei Anwendung finden. Aus den

oben genannten Gründen war es im gegenständlichen Fall gerechtfertigt, nur bestimmte allgemeine Annahmen zum Verlauf der KKW-Stilllegungsphase zu formulieren, wobei Regelungen aus dem nationalen und internationalen Recht sowie die Praktiken aus den Erfahrungen anderer Länder in diesem Bereich berücksichtigt wurden.

## **V.8.2 Aus der mangelnden Verfügbarkeit und Qualität von historischen Daten resultierende Schwierigkeiten**

Ein weiteres Problemfeld bestand in der Vielfalt, der Unvollständigkeit und der unterschiedlichen Qualität der vorhandenen historischen Daten, die von anderen Quellen gesammelt wurden. Die Einrichtungen der öffentlichen Verwaltung und andere Einrichtungen, von denen die Daten gewonnen wurden, haben unterschiedliche Systeme der Datenerfassung, -verarbeitung und -darstellung. Nicht nur enthielten sie qualitative Mängel, die Daten wurden auch oft in unterschiedlichen Formaten zur Verfügung gestellt und stammten aus unterschiedlichen Zeiträumen, sie waren zusätzlich oft inkohärent oder unvollständig.

Als Beispiel hierfür können u. a. Schwierigkeiten dienen, auf die man bei der Bearbeitung der Fragen der Raumbewirtschaftung gestoßen ist, vor allem weil man die Daten aus vielen verschiedenen Quellen gewinnen musste, die Daten aber selbst unterschiedlicher Qualität waren; anschließend mussten sie im Rahmen einer Geodatenbank analysiert, verarbeitet und integriert werden.

Auch bei der Prognostizierung der erwarteten Grundstückpreise ist man auf eine Reihe von technischen Schwierigkeiten gestoßen, insbesondere aufgrund der fehlenden Verfügbarkeit und Qualität der Informationen, d. h. der eingeschränkten Menge von Informationen zu den Grundstücken (etwa zu ihrem technischen Zustand, zum Standard der Bauwerke, zum Baujahr usw.), der unvollständigen, nicht aktuellen, manchmal nicht glaubwürdigen Informationen zur Art der Bewirtschaftung der Grundstücke und Bauwerke (fehlende Angaben zu den neusten, neu errichteten Gebäuden, fehlerhafte Umrisse der vorhandenen Gebäude und damit falsche Annahmen zur Bebauungsfläche, keine oder fehlerhafte Information zur Anzahl der Stockwerke, falsche Angaben zu der Funktion der Gebäude), widersprüchlichen Informationen zu demselben Gebäude/Bauwerk/Gelände in unterschiedlichen Datenschichten, fehlenden oder nicht ausreichenden Angaben zu Transaktionen bei bestimmten Typen von Grundstücken (da sie sehr selten Gegenstand des Handels sind) sowie unvollständigen Informationen zu Grundstücken, die Gegenstand des Handels waren (unvollständige Informationen in den Transaktionsdaten).

Auch im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen im Bereich Seismik und Tektonik wurden Schwierigkeiten mit der Verfügbarkeit und Qualität der Daten festgestellt. In Bezug auf die Erkennung der geologischen Struktur und Tektonik des tiefen Untergrunds resultierten einige Interpretationsprobleme aus der Qualität einiger Profile der reflektierenden Seismik (insbesondere in der flachen Zone), dem Fehlen von Öffnungen (insbesondere in einem Teil der maritimen Region) und den Mängeln der geophysikalischen Profilierung von Öffnungen sowie der Unsicherheit bei der Bestimmung der stratigraphischen Grenzen (für einen Teil der Öffnungen). Das alles ergibt sich aus der Tatsache, dass für die Erkennung der Tektonik in der Standortregion neben den laufenden (also im Rahmen der Standort- und Umweltuntersuchungen vorgenommenen) seismischen Messungen und Öffnungsmessungen auch alle verfügbaren historischen Messungen verwendet wurden. Diese historischen Daten wurden seit den 1970er Jahren zumeist bei der Erkundung von Erdgas- und Ölvorkommen in den unteren paleozoischen Formationen gesammelt. Das unterschiedliche geologische Ziel sowie die damals genutzte Erkundungsmethoden (auch wenn die Daten entsprechend erneut verarbeitet wurden) machte es oft schwieriger, die genaue Kartierung der permo-mesozoischen und känozoischen Strukturböden auszuführen. Die auftretenden Interpretationsprobleme hatten allerdings keinen Einfluss auf die Glaubwürdigkeit der erkannten tief verwurzelten Bruchzonen. Ähnliche Probleme wurden in Bezug auf den Katalog der natürlichen Erdbeben festgestellt. Die Zahl der Erdbeben in der Makroregion ist klein, in den seismogenen Zonen in Polen und im Oblast Kaliningrad sehr gering. Dies ergibt sich aus den geologischen Verhältnissen. Die Makroregion gehört zur Kategorie der stabilen kontinentalen Regionen mit einer geringer seismischen Aktivität und langen Intervallen von mittelgroßen und großen Erdbeben. Der Quellenkatalog der Erdbeben, der bei der Beurteilung der

seismischen Gefahr genutzt wurde, umfasst Angaben, die auf das Ende des 13. Jahrhunderts zurückgreifen. Der erste Mangel ist die Zeit, für die es keine historischen Angaben zu Erdbeben gibt. Die mangelnden Daten zum Erdbebenkatalog für natürliche Erdbeben sind auch mit jenen Regionen verbunden, für die keine Chroniken geführt wurden, die also in den jeweiligen historischen Zeiten nicht bewohnt waren. Die Verteilung der in der Makroregion erkannten seismischen Beben ergibt sich weitgehend aus der zivilisatorischen Entwicklung der einzelnen Gebiete (im Falle der historisch erfassten Erdbeben) und der Verteilung von seismischen Stationen (bei Erdbeben, die mit Instrumenten erfasst werden). Eine weitere Quelle der Unsicherheit bildet die fehlende Information über die Tiefe der Erdbeben. An dieser Stelle muss man auch problematische Fragen erwähnen, die sich auf die Beurteilung der seismischen Gefahren auswirken. Ein häufiges Problem bei der Beurteilung der seismischen Gefahren in stabilen kontinentalen Regionen liegt im Mangel an Daten über starke Beben, aber auch an den entsprechenden Modellen. Deswegen wird im Rahmen der Aktualisierung der Beurteilung der seismischen Gefahren geplant, ein tiefes Bohrloch zu bohren, um zu bestätigen, dass die lokale geologische Struktur keinen Einfluss auf den ermittelten Wert der seismischen Gefahr haben wird.

Eine archäologische Bestandsaufnahme, die in den Jahren 2017-2019 durchgeführt wurde, und in deren Rahmen eine Analyse der archäologischen Recherche und Felduntersuchungen vorgenommen worden ist, hat auch zahlreiche Unzulänglichkeiten der Archivadokumentation zutage gelegt sowie gezeigt, dass Ergänzungen im Wege von nicht invasiven Oberflächenuntersuchungen von archäologischen Stätten sowie die Feststellung von Baudenkmalern und kulturell geschützten Gebieten schwierig, wenn nicht gar unmöglich sind. Bei der Durchführung der Recherche wurde eine kritische Analyse der Quellenmaterialien vorgenommen, infolgedessen eine Reihe von Unvereinbarkeiten festgestellt wurden, u. a. in Bezug auf die Standorte, den rechtlichen Schutz, die ID-Nummern und die Daten der Eintragungen in das Denkmalregister von archäologischen Stätten, Denkmälern und kulturell geschützten Gebieten. Die Mängel waren auch in der AZP-Dokumentation sichtbar. Manchmal kamen auch Abweichungen zwischen den Daten des Denkmalschutzbeauftragten der Woiwodschaft und des Nationalen Instituts für Erbschaftspflege [Narodowy Instytut Dziedzictwa] in Bezug auf die im Denkmalregister erfassten Immobilien vor. Gemäß den neuen Leitlinien des Nationalen Instituts für die Pflege des Erbes werden die Untersuchungsergebnisse im Rahmen eines digitalisierten AZP-Rasters dargestellt, das sich von dem zuvor in der Woiwodschaft Pommern verwendeten Schnitt unterscheidet (mit einer Verschiebung von 100-400 m), sodass Grenzbereiche der archäologischen Stätten früher einem anderen AZP-Bereich zugerechnet worden sein könnten. Angesichts der großen Anzahl und oft fehlenden genauen Adressen von Baudenkmalern, die im Verzeichnis der denkmalgeschützten Objekte aufgeführt sind, wurde in den Grafiken zu den Bänden III und IV [Kapitel III.3.13.], [Kapitel IV.11] nur die ungefähre Lage angegeben. Dasselbe wurde auch in Bezug auf die Lage der archäologischen Stätten getan. Falls die auf den archäologischen Landkarten festgelegten Grenzen der archäologischen Stätten schwer lesbar waren, wurde ihre ungefähre Lage gezeichnet. Zu betonen ist auch, dass während der Bestandsaufnahme nicht alle bekannten archäologischen Stätten überprüft werden konnten, weil man bei den Felduntersuchungen auf Gebiete gestoßen war, die für die Untersuchungen nicht zugänglich waren. Archäologische Oberflächenuntersuchungen konnten in feuchten und teilweise oder vollständig überfluteten Gebieten im Standortgebiet beider Standortvarianten nicht durchgeführt werden, d. h. in Gebieten südlich des Biebrowski-Kanals zwischen Osetnik und Kopalino mit einem dichten Netz von Entwässerungskanälen, im Einzugsgebiet des Chełst-Flusses zwischen Ciekocin und Słajszew und in dicht mit Latschenkiefer bewachsenen Gebieten im Küstenstreifen östlich von Osetnik (Variante 1 – Standort Lubiatowo – Kopalino) sowie in Gebieten südöstlich des Żarnowiecki-Sees an der Mündung der Piaśnica sowie in einem dichten Netz von Entwässerungskanälen in Gebieten östlich von Opalino und westlich von Tyłowo, wie auch in Gebieten im Einzugsgebiet des Flusses Czarna westlich von Lisewo (Variante 2 – Standort Żarnowiec). Darüber hinaus haben sich als die größte Lücke bei den meisten Archivadaten das Ausbleiben oder die unzulängliche Ermittlung der Ausführungstechniken und Bautechnologien (etwa Untersuchungen von Baustoffen, Mörteln, Strukturen) der Baudenkmalern erwiesen. Die ausbleibenden statistischen Untersuchungen von Ziegelmaterial und Analysen der beim Bau verwendeten Mörtel nach dem regionalen Ansatz hat es in der Praxis unmöglich gemacht, die Objekte mit physikalischen Methoden zu datieren. Den Beschreibungen von Umwandlungen der Denkmäler gehen nur selten auch nur einleitende archäologische und architektonische Untersuchungen voraus, geschweige denn

umfangreichere oder interdisziplinäre Forschungen. Diese finden darüber hinaus keine graphische oder beschreibende Widerspiegelung in der gesammelten Dokumentation.

Das Problem der Zugänglichkeit und der Qualität der Daten, die von den öffentlichen Behörden und anderen Einrichtungen zur Verfügung gestellt wurden, bezog sich auch auf die sozial-wirtschaftlichen Bedingungen, darunter die Gesundheit der Bevölkerung. Die zur Verfügung gestellten Daten zeichneten sich durch unterschiedliche Detailtiefe aus. Man hat Anstrengungen unternommen, um Daten auf der Gemeindeebene zu erlangen, aber in vielen Fällen waren die Daten nur auf der Landkreis- oder Woiwodschaftsebene zugänglich. Die Daten bezüglich der lokalen und regionalen Identität der heutigen Einwohner von Pommern waren weitgehend nicht vorhanden, deswegen war es schwierig, insofern eine umfangreiche Bewertung vorzunehmen. Es bestehen auch Abweichungen in der Anzahl der Einwohner zwischen den BDL-Daten und den Daten aus den Gemeinden. Darüber hinaus ist die Detailtiefe bei diesen Daten unterschiedlich, was sich auch auf die Möglichkeiten der Nutzung von BDL-Daten zu analytischen Zwecken auswirkt. Letzten Endes stützen sich die Analysen auf die Lokale Datenbank (Bank Danych Lokalnych, BDL) von GUS. Auch die Informationen zu den internen und ausländischen Migrationsbewegungen aus dieser Datenbank haben ihre Einschränkungen, denn es werden nur Informationen zu den Personen gesammelt, die alle Formalitäten im Zusammenhang mit dem Wechsel ihres Wohnsitzes erledigt haben. Die angemeldeten Migrationsbewegungen spiegeln daher nur einen Teil der tatsächlichen Migrationen wider, auch wenn sie eine Übersicht der allgemeinen Trends und demographischen Eigenschaften der Migranten ermöglichen können. Es fehlen auch die aktuellen, allgemein zugänglichen Daten über die Inzidenz verschiedener Krankheiten in den einzelnen Gemeinden, die Patienten lassen sich oft außerhalb ihres Wohnsitzes behandeln oder sie ziehen um. Aus diesem Grunde wurden die Krankheiten in den meisten Fällen auf der Woiwodschaftsebene, manchmal auch auf der Landkreisebene analysiert. Die verfügbaren epidemiologischen und Überwachungsdaten bezüglich der Asbestkonzentrationen sind nicht detailliert genug, als dass eine Einschätzung der Expositionswerte in den einzelnen Landkreisen/Gemeinden vorgenommen werden könnte, auch wenn sie ausreichend sind, um festzustellen, dass bestimmte Risikofaktoren vorhanden sind. Die weltweit verfügbaren epidemiologischen Daten zum Einfluss der ionisierenden Strahlungen auf die menschliche Gesundheit sind nicht eindeutig, die entsprechenden Forschungen sind immer noch nicht abgeschlossen. Viele von ihnen weisen darauf hin, dass es keine statistisch signifikante Erhöhung des Krebsrisikos in Bereichen mit niedrigen Dosen der Strahlung gibt [135]. Dies bedeutet, dass die tatsächlichen Auswirkungen von niedrigen Dosen der ionisierenden Strahlung und niedrigen Konzentrationen von radioaktiven Substanzen auf die Gesundheit der Menschen geringer sein könnten als allgemein angenommen. Ein gutes Beispiel ist die angebliche Zunahme der Leukämiefälle unter Kindern in der Nähe der französischen Kernkraftwerke, die sich entweder als statistische Fehler (bei der Datenanalyse) entpuppt haben oder durch andere Faktoren verursacht waren (zum Beispiel chemische Kontaminationen oder genetische Faktoren) [30]. Es gibt keine offizielle Statistiken bezüglich von Personen mit Drogenmissbrauch oder -abhängigkeiten in der Woiwodschaft Pommern. Dies ergibt sich daraus, dass es keine regionalen Behandlungsprogramme gibt, sowie daraus, dass die Behandlung meistens außerhalb des Wohnsitzes stattfindet, damit die Patienten anonym bleiben können. Zugänglich waren lediglich Daten des Zentralen Statistischen Amtes GUS aus den Jahren 2008-2018 bezüglich der Gesamtzahl von Personen, die aufgrund von psychischen Störungen im Zusammenhang mit dem Missbrauch von psychoaktiven Substanzen behandelt wurden. Es gibt keine verfügbaren Daten über: den Einfluss der gängigen Verpackungen auf die Gesundheit (Migration von Verschmutzungen aus Lebensmittelverpackungen in die Lebensmittel, einschließlich von Verbindungen mit aktiver endokrinologischer oder genotoxischer Wirkung), die Möglichkeiten der staatlichen Einrichtungen, das Vorhandensein von Verschmutzungen in Lebensmitteln zu untersuchen, die durch die nationalen Rechtsvorschriften und Regelungen nicht erfasst sind, über die sich verändernden Ernährungsgewohnheiten der Bevölkerung der Woiwodschaft Pommern oder über die einzelnen Daten über den Gehalt der Kontaminationen in Lebensmitteln, die im Gebiet der Woiwodschaft/der Landkreise erhältlich sind. Am Rande ist hinzuzufügen, dass der Entwurf (vom 30. Juli 2021) der Verordnung des Ministerrates über den Umfang des Programms zur Strahlungsüberwachung der Umwelt, das von den Organisationseinheiten erarbeitet und umgesetzt wird, die in die I. oder II. Gefahrenkategorie eingestuft sind, noch nicht verabschiedet worden ist, sodass es nicht möglich war, den verbindlichen Umfang einer solchen Überwachung anzugeben. Angesichts der

fehlenden Daten, die als Ausgangspunkt angenommen werden könnten, ist es schwierig, die gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels vorausszusehen, doch angesichts der beobachteten fortschreitenden Klimaänderungen kann man davon ausgehen, dass sich die negativen gesundheitlichen Auswirkungen mit der wachsenden Inzidenz extremer Wetterereignisse häufen werden.

Es muss auch betont werden, dass die Covid-19-Pandemie bestimmte Implikationen für die Ausgangsdaten hat, die erfasst und analysiert wurden. Die dargestellten Tendenzen im Rahmen der sozialökonomischen Bedingungen, die in den Jahren 2010-2019 (in Bezug auf die Gesundheitsdaten – 2008-2017) beobachtet worden sind, berücksichtigen die Auswirkungen von Covid-19 nicht, insbesondere nicht die demographischen Veränderungen, die nach 2020 aufgetreten sind, die Veränderungen auf dem Arbeitsmarkt (wobei die weiteren Entwicklungen in diesem Bereich schwer vorausszusehen sind), den Anstieg der Arbeitslosenquote oder die Situation in der touristischen Branche. In den Analysen bezüglich der Auswirkungen auf die Gesundheit der Menschen und die Lebensqualität wurden Daten aus den Jahren bis 2019 verwendet, also bevor die Weltgesundheitsorganisation (WHO) im März 2020 die Covid-19-Pandemie ausgerufen hat. Das alles hat Einfluss auf das System der Gesundheitsversorgung in Polen und den Gesundheitszustand der Bürger, allerdings finden die Veränderungen, die sich aus der Pandemie ergeben, in den vorhandenen Daten keine Widerspiegelung. Trotz der Pandemie ist davon auszugehen, dass die vorhandenen Daten für eine ordnungsgemäße Beurteilung der Auswirkungen des Vorhabens auf das Leben und die Gesundheit der Menschen ausreichend sind.

### **V.8.3      Andere Schwierigkeiten, darunter Einschränkungen der angewendeten Methoden, der mathematischen Modelle und der getroffenen Annahmen**

Jede Forschungsmethode, die den Zweck verfolgt, komplexe Fragen auf eine vereinfachte Art und Weise darzustellen, ist mit dem Fehler behaftet, der sich aus der Notwendigkeit ergibt, die Daten zu standardisieren, aber auch aus der Genauigkeit der Berechnungsmethoden und der Einschränkungen bei den mathematischen Modellen.

Und so stützen sich zahlreiche Prognosen bezüglich der Auswirkungen des Vorhabens auf die Naturelemente im maritimen Teil auf ein Set von hydrographischen Modellen und die Dispersionsmodellierung. Auch wenn diese Techniken gängig sind, und zwar sowohl als Instrumente der Bewertung, als auch der Regulierung, bedarf die Interpretation dieser Modelle eines vorsichtigen Ansatzes. Die Komplexität der modellierten Systeme impliziert zwangsmäßig einen Grad an Vereinfachung, ein Fehler ist dabei ein inhärentes Element auch eines raffiniert und akribisch parametrisierten Modells. Die Modelle sind auch von der Genauigkeit der Eingabedaten abhängig.

Was die Auswirkungen auf die Luftqualität anbetrifft, sind die Einflüsse von lokalen Zirkulationssystemen (Meeresbrise) auf die Verbreitung von Kontaminationen aus hohen und niedrigen Quellen an der Küste nur schwach erforscht. Das Wissen um die physikalischen und chemischen Zusammensetzungen von atmosphärischen Aerosolen ist im untersuchten Bereich ist aus Sicht des Anlagenbetriebes nur eingeschränkt. Gemäß den aktuell geltenden Vorschriften sind solche Analysen nicht erforderlich. Es ist auch zu betonen, dass die Konzentrationen von Verschmutzungen in den Standortregionen, sowohl gemäß den Messungen als auch nach den Modellberechnungen, viel niedriger sind als zulässig, was dazu führen kann, dass die Unsicherheiten der Modellierung wesentlich bleiben; für die Prognose von Konzentrationen gibt es aber keine Möglichkeit, die Unsicherheiten zu ermitteln, da es an Rechenwerten fehlt, die man mit den berechneten Konzentrationen vergleichen könnte. Berücksichtigt man dabei, dass die Auswirkungen des Objektes auf die Umwelt in einer Perspektive von mehreren Jahrzehnten analysiert wird, wird es hier also mit einer Prognose mit hohem Unsicherheitsfaktor zu tun haben, können die erzielten Ergebnisse der Schadstoffkonzentrationen zu einem bestimmten Grad fehlerhaft sein.

Auch die Bestimmung des Umfangs der Auswirkungen von Lärm sind fehlerbehaftet, und zwar aufgrund der Genauigkeit von Berechnungsmethoden, die sich aus der Vereinfachungen und den Einschränkungen des mathematischen Modells ergeben. Ausschlaggebend ist aber die Qualität der Eingabedaten, vor allem die Anzahl

von akustischen Vorfällen, die Zeitdauer der Lärmemission und die akustische Leistung der einzelnen Geräte. Die in den Simulationen verwendeten Gerätetypen und Schalleistungspegel wurden auf der Grundlage von Daten angenommen, die vom Lieferanten der Kernkraftwerk-Technologie geliefert wurden, aber auch auf der Grundlage von eigenen Daten, Daten aus der Fachliteratur und den einschlägigen Normen. Angesichts der großen Unsicherheit in Bezug auf den Schallpegel, der sich aus den meisten Daten ergeben hat, d.h. aufgrund der Tatsache, dass die ins Modell eingegebenen Schallpegelraten nur eine Annahme darstellten, wurde die Analyse unter Berücksichtigung der „Hüllkurve der Randbedingungen“ durchgeführt. Es wurde ein rationeller Ansatz in Anlehnung an das Worst-Case-Szenario in Bezug auf alle Annahmen gewählt, um sicherzustellen, dass in der Beurteilung alle rationalen Möglichkeiten im Bereich des Zeitrahmens, der Platzierung und der Art der Geräte berücksichtigt werden. Angesichts der Unterbrechungen von Lärm bei der Ausführung der Bauarbeiten war es nicht möglich, eine genaue kumulative Analyse darzustellen, in der zwei oder mehr Investitionen den Gesamtlärmpegel im Vergleich zum Vorhaben selbst erhöhen könnten. Aus diesem Grunde wurde die kumulierte Auswirkung dieser Investitionsvorhaben qualitativ geprüft. Der qualitative Ansatz wurde in Anlehnung an die geplanten oder umgesetzten Investitionsvorhaben angenommen, die in der Nähe des Vorhabens oder der begleitenden Infrastruktur gelegen sind, aber mit dem Vorhaben in keinem Zusammenhang stehen und von Dritten umgesetzt sind oder sein werden.

Auf Schwierigkeiten stießen wir auch bei der Ausarbeitung der Annahmen und Ausgangsdaten für die Modellierungen der Auswirkungen des Vorhabens auf die Meeresoberflächengewässer. Bei der Berechnung der Zusammensetzung von abgeführten Abwässern wurde beispielsweise die vereinfachende Annahme getroffen, dass die gesamte Menge des jeweiligen chemischen Stoffes, der verbraucht wird (z. B. die Jahresmenge), in die Umgebung (ins Meerwasser) gelangen würde. Dies bedeutet, dass der Zerfall dieses Stoffes oder eine Reaktion mit anderen Verbindungen im Wasser nicht berücksichtigt wurde. Mit dieser Annahme verschlechtert sich die Abwasserqualität und vergrößert sich der geographische Wirkungsbereich infolge des Austretens des jeweiligen Stoffes in die Meeresumwelt. Vor diesem Hintergrund muss festgestellt werden, dass die tatsächliche Auswirkung kleiner sein wird, als sich dies aus der Modellierung ergibt.

Im Falle der Bewertung der Auswirkungen des Vorhabens auf die Binnenoberflächengewässer wurden alle Änderungen der biologischen Faktoren an die KNN-Modellierung im Bereich der Einstufung des ökologischen Zustandes der geprüften Gebiete auf einen Wert von unter 30 % des Referenzwertes geschätzt. Dies ist ein Bereich, der wesentlich unter dem Unsicherheitsfaktor des ökologischen Zustandes und ökologischen Potentials liegt, das in Anlehnung an die Fehleranalyse der GIOŚ gemäß der Methodologie der Unsicherheitsabschätzung von Messungen für die Staatliche Umweltüberwachung von 41 % für die OFWK mit dem Code RW200017476925 bestimmt worden ist. In Anbetracht des allgemeinen Unsicherheitsgrades, der ein natürliches Element eines jeden Systems darstellt, welches auf Messungen von physikalischen Werten basiert (41 %), sowie der geringfügigen Indexänderungen für die biologischen Elemente, die aus KNN erlangt wurden, kann man feststellen, dass der Unsicherheitsgrad der KNN-Berechnungen viel kleiner ist als von der Regelungsbehörde angemeldet, und daher akzeptabel.

## Quellenmaterialien

### Literaturverzeichnis

2. Analiza oddziaływania radiacyjnego dla planowanej elektrowni jądrowej w lokalizacji Lubiatowo - Kopalino (do 30 km od EJ) [Analyse der Strahlenauswirkungen für das geplante Kernkraftwerk, Standort Lubiatowo - Kopalino (bis zu 30 km vom KKW)]. Nationales Zentrum für Kernforschung, 2021.
3. Analiza oddziaływania radiacyjnego dla planowanej elektrowni jądrowej w lokalizacji Żarnowiec (do 30 km od EJ) [Analyse der Strahlenauswirkungen für das geplante Kernkraftwerk, Standort Żarnowiec (bis zu 30 km vom KKW entfernt)]. Narodowe Centrum Badań Jądrowych [Nationales Zentrum für Kernforschung], 2021.
4. Analiza porównawcza. [Vergleichende Analyse.] Jacobs Clean Energy Limited, 2021.
5. Analyse der Bedingungen und sozialökonomischen Auswirkungen. Jacobs Clean Energy Limited, 2021.
6. Analiza zagospodarowania przestrzennego - Prognoza zmian zagospodarowania przestrzennego i użytkowania gruntów na potrzeby Raportu OOS w lokalizacji Lubiatowo – Kopalino cz. III; INPLUS Energetyka Sp. z o. o., 2021 [Flächennutzungsanalyse – Prognose der Änderungen der Raumbewirtschaftung und der Bodennutzung im Rahmen des UVP-Berichtes für den Standort Lubiatowo - Kopalino, Teil III; INPLUS Energetyka Sp. z o. o., 2021.] III; INPLUS Energetyka Sp. z o. o., 2021.
8. Analizy zagospodarowania przestrzennego – Stan aktualny na potrzeby Raportu OOS w lokalizacji Lubiatowo – Kopalino cz. I; INPLUS Energetyka Sp. z o. o., 2021. [Flächennutzungsanalyse – Aktueller Stand für die Erfordernisse des UVP-Berichts für den Standort Lubiatowo – Kopalino Teil I; INPLUS Energetyka Sp. z o. o., 2021.]
10. AP1000 Pre-Construction Safety Report, Westinghouse Electric Company LLC, W2-6.1-100.F02, Rev. 0, UKP-GW-GL-793NP, 2017.
11. Assessment of Radiation Doses to the Public in the Vicinity of a Nuclear Facility, STUK, Guide YVL C.4, 2015. [Bewertung der Strahlendosen für die Bevölkerung in der Umgebung einer Kernanlage, STUK, Guide YVL C.4, 2015].
14. Chemical discharges from nuclear power stations: historical releases and implications for Best Available Techniques. [Abführungen von chemischen Stoffen aus Kernkraftwerken: historische Veröffentlichungen und Schlussfolgerungen für die besten verfügbaren Techniken.] Bericht – SC090012/R1. British Environmental Agency (EA), Bristol, Vereinigtes Königreich. ISBN: 978-1-84911-239-0, 2011.
17. Cramer, S., Demko, D. and Van Dyke, E. Evaluation of the Latest Technology Electrical and Acoustic Fish Guidance Systems at Reducing Entrainment of Down Migration Juvenile Chinook Salmon at Reclamation District 108's Main Pumping Station. Prepared by S. P. Cramer & Associates. 300 S. E. Arrow, 1993.
18. Department for Communities and Local Government, Multi-criteria analysis: a manual, 2009, [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/7612/1132618.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/7612/1132618.pdf). [Ministerium für Gemeinschaften und Lokalverwaltung, Multikriterienanalyse: ein Handbuch, 2009, [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/7612/1132618.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/7612/1132618.pdf)]
24. Richtlinie 2008/56/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Juni 2008 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresumwelt (Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie) (ABl. L 164 vom 25.06.2008, S. 19, in der jeweils gültigen Fassung).
26. Richtlinie 2013/59/EURATOM des Rates vom 5. Dezember 2013 zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung und zur Aufhebung der Richtlinien 89/618/EURATOM, 90/641/EURATOM, 96/29/EURATOM, 97/43/EURATOM und 2003/122/EURATOM (ABl. L 13 vom 17.01.2014, S. 1).



27. Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wild lebenden Tiere und Pflanzen (ABl. L 206 vom 22.07.1992, S. 1).
28. Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection. Safety Guide No. RS-G-1.8. IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.8. International Atomic Energy Agency. Vienna, 2005.
30. Fornalski K.W., Cohen, M., Cuttler, J., Dobrzyński, L., et al. French nuclear power plants and childhood leukemia. Dose-Response, vol. 12, no. 4, 2014, pp. 518-521, 2014.
32. WHOQOL-Group, 1994.
33. Harbaugh Arlen W. MODFLOW-2005, The U.S. Geological Survey Modular Ground - Water Model - the Ground-Water Flow Process, chapter 16. U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6–A16, 2005.
39. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (2009) Metodyka badań i oceny elementów hydromorfologicznych wód przejściowych i przybrzeżnych opracowana przez IMGW-PIB Oddział Morski w Gdyni, ul. Waszyngtona 42, 81-342 Gdynia, 2009. [Institut für Meteorologie und Wasserwirtschaft (2009) Methodik der Untersuchung und Evaluierung von hydromorphologischen Elementen der Übergangs- und Küstenwässer, erstellt von IMGW-PIB Meeresabteilung in Gdynia, ul. Waszyngtona 42, 81-342 Gdynia, 2009.]
41. International Atomic Energy Agency, Dispersion of Radioactive Material in Air and Water and Consideration of Population Distribution in Site Evaluation for Nuclear Power Plants, Specific Safety Guides, NS-G-3.2, 2002. [Internationale Atomenergie-Organisation, Ausbreitung von radioaktivem Material in Luft und Wasser und Berücksichtigung der Bevölkerungsverteilung bei der Standortbewertung für Kernkraftwerke, Sicherheitsleitfäden, NS-G-3.2, 2002].
42. International Atomic Energy Agency, Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations, Specific Safety Guide, SSG-9, 2010. [Internationale Atomenergie-Organisation, Seismische Gefährdungen bei der Standortbewertung für Kernanlagen, Sicherheitsleitfäden, SSG-9, 2010].
43. International Atomic Energy Agency, Siting Guide: Site Survey and Site Selection for Nuclear Installations, Specific Safety Guide, SSG-35, 2015. [Internationale Atomenergie-Organisation, Leitfaden für die Standortwahl: Standortuntersuchung und Standortauswahl für Kernanlagen, Sicherheitsleitfäden, SSG-35, 2015].
44. International Atomic Energy Agency, Volcanic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations, Specific Safety Guide, SSG-21, 2012. [Internationale Atomenergie-Organisation, Vulkanische Gefahren bei der Standortbewertung für Kernanlagen, Sicherheitsleitfäden, SSG-21, 2012].
45. Europäische Kommission. Prüfung der Verträglichkeit von Plänen und Projekten mit erheblichen Auswirkungen auf Natura-2000-Gebiete. Methodik-Leitlinien zur Erfüllung der Vorgaben des Artikels 6 Absätze 3 und 4 der Habitat-Richtlinie 92/43/EWG. Europäische Kommission, GD Umwelt, 2021.
47. Klinect, D.A., Loeffelman, P.H. and Van Hassel, J.H. A new signal development process and sound system for diverting fish from water intakes, 1992.
48. Königson S., Fjälling, A. and Lunneryd, S-G. Reactions in individual fish to strobe light. Field and aquarium experiments performed on whitefish (*Coregonus lavaretus*). Hydrobiologia 483, 39–44, 2002.
49. Verfassung der Weltgesundheitsorganisation, 1948 (in Polen: Gbl. Nr. 61, Pos. 477).
52. Übereinkommen zum Schutz der Meeresumwelt im Ostseegebiet, unterzeichnet zu Helsinki am 9. April 1992. (in Polen: Gbl. Jg. 2000 Nr. 28, Pos. 346).
54. Loeffelman, P.H. and Tamms, K.M. Environmental Aspects and Compliance Costs of Hydropower Regulation. W: Energy in the 90's. ASCE, pp 243–249, 1991.
55. Loeffelman, P.H., Klinect, D.A. and Van Hassel, J.H. Fish protection at water intakes using a new signal development process and sound system, 1991.

56. MAEA MAEA Safety Guide No. RS-G-1.8, Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection, Wien 2005, [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1216\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1216_web.pdf).
57. MAEA Safety Reports Series No. 64, Programmes and Systems for Source and Environmental Radiation Monitoring, Wien 2010, [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1427\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1427_web.pdf).
58. Maiolie M.A., Harryman, B. and Ament, B. Response of free-ranging kokanee to strobe lights. In: Behavioral Technologies for Fish Guidance: American Fisheries Society Symposium. p 27, 2001.
60. Internationale Strahlenschutzkommission (International Commission on Radiological Protection, ICRP). The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4), 2007.
66. Monitoring gatunków roślin. GIOŚ. Przewodnik metodyczny. Część pierwsza, druga i trzecia. [Überwachung der Pflanzenarten. GIOŚ. Methodisches Handbuch. Teil eins, zwei und drei.] Biblioteka Monitoringu Środowiska. Red. [Hrsg.] Joanna Perzanowska. Warszawa, 2010.
67. Monitoring gatunków zwierząt. GIOŚ. Przewodnik metodyczny. Część pierwsza, druga i trzecia. [Überwachung der Tierarten. GIOŚ. Methodisches Handbuch. Teil eins, zwei, drei und vier.] Biblioteka Monitoringu Środowiska. Red. [Hrsg.] Małgorzata Makomaska-Juchniewicz. Warszawa, 2010.
68. Monitoring siedlisk przyrodniczych. GIOŚ. Przewodnik metodyczny. Część pierwsza, druga i trzecia. [Überwachung der Habitate. GIOŚ. Methodisches Handbuch. Teil eins, zwei, drei und vier.] Biblioteka Monitoringu Środowiska. Red. [Hrsg.] Wojciech Mróz. Warszawa, 2010.
69. Muller H., Gering, F., Prohl, G. Model description of the aquatic food chain and dose module FDMA in RODOS PV4.0. RODOS Report WG3-TN(99)18, 2004. 22 p., 2004.
71. NUREG-1465. Accident Source Terms for Light-Water Nuclear Power Plant. Division of Systems Technology. Office of Nuclear Regulatory Research. U.S. Nuclear Regulatory Commission. February, 1995.
77. Opracowanie dot. założeń postępowania z odpadami promieniotwórczymi i wypalonym paliwem jądrowym [Studie über die Voraussetzungen für die Entsorgung von radioaktiven Abfällen und abgebranntem Kernbrennstoff]. Część 1 – Ogólna [Teil 1: Allgemeines]. Część 2 – Szczegółowa, Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych – Przedsiębiorstwo Państwowe [Teil 2 – Detaillierte Angaben, Anlage zur Entsorgung radioaktiver Abfälle – Staatliches Unternehmen], 2019.
72. Bewertung von Lärm und Vibrationen. Jacobs Clean Energy Limited, 2021.
79. Staatliche Atomenergiebehörde, <https://www.gov.pl/web/paa/ocena-sytuacji-radiacyjnej-kraju> (Zugriff 19.09.2021).
80. Patrick, P.H., Christie, A.E., Sager, D.R., Hocutt, C.H. and Stauffer, J.R. Responses of fish to a strobe light/air-bubble barrier. Fish. Res. 3, 157–172, 1985.
81. Patrick, P.H., Poulton, J.S. and Brown, R. Responses of American eels to strobe light and sound (preliminary data) and introduction to sound conditioning as a potential fish passage technology. In: Behavioral Technologies for Fish Guidance: American Fisheries Society Symposium. str. 1, 2001.
82. Pavlov, D.S. Structures assisting the migrations of non-salmonid fish: USSR. Food & Agriculture Org, 1989.
83. PAA-Schreiben Nr. P-PAA/210/3711/2014 vom 25.08.2014 und zugehörige Korrespondenz.
85. Polens Energiepolitik bis 2040. Anlage zum Beschluss Nr. 22/2021 des Ministerrates vom 2. Februar 2021. Mitteilung des Ministers für Klima und Umwelt vom 2. März 2021 über die Energiepolitik des Staates bis 2040 (MP Punkt 264 ).
87. Beschluss des Generaldirektors für Umweltschutz vom 25. Mai 2016, (DOOŚ-OA.4205.1.2015.23) über die Bestimmung des Umfangs des Berichts über Umweltauswirkungen des Vorhabens „Bau und Betrieb des

- ersten Kernkraftwerkes in Polen mit einer installierten Leistung von bis zu 3.750 MWe auf dem Gebiet der Gemeinde Choczewo oder Gniewino und Krokowa“, GDOŚ, 2016.
89. Entwurf (vom 30. Juli 2021) der Rechtsverordnung des Ministerrates über den Umfang des Programms zur Strahlungsüberwachung der Umwelt, das von den Organisationseinheiten erarbeitet und umgesetzt wird, die in die I. oder II. Gefahrenkategorie eingestuft sind. [https://www.gov.pl/web/paa/rozporzadzenie-radyministrow-w-sprawie-zakresu-programu-monitoringu-radiacyjnego-srodowiska-opracowywanego-iwdrazanego-przez-jednostki-organizacyjne-zakwalifikowane-do-i-lub-ii-kategorii-zagrozen-\(Zugriff 09.08.2021\)](https://www.gov.pl/web/paa/rozporzadzenie-radyministrow-w-sprawie-zakresu-programu-monitoringu-radiacyjnego-srodowiska-opracowywanego-iwdrazanego-przez-jednostki-organizacyjne-zakwalifikowane-do-i-lub-ii-kategorii-zagrozen-(Zugriff 09.08.2021)).
92. Rapley, M. Quality of Life Research. A Critical Introduction, Londyn, 2003.
94. Ross, Q.E., Dunning, D.J., Menezes, J.K., Kenna J.R, M.J. and Tiller, G. Reducing impingement of alewives with high-frequency sound at a power plant intake on Lake Ontario. *North American Journal of Fisheries Management* 16, 548–559, 1996.
95. Ross, Q.E., Dunning, D.J., Thorne, R., Menezes, J.K., Tiller, G. and Watson, J. Response of alewives to high-frequency sound at a power plant intake on Lake Ontario. *North American Journal of Fisheries Management* 13, 291–303, 1993.
97. Verordnung des Ministers für Meereswirtschaft und Binnenschifffahrt vom 12. Juli 2019 über die besonders für die aquatische Umwelt schädlichen Stoffe sowie die Bedingungen, die bei der Einleitung von Abwasser in die Gewässer oder in den Boden sowie bei der Einleitung der Niederschlagswässer und der Schneeschmelze in Gewässer oder Wassereinrichtungen einzuhalten sind (ABl. Dz. U. Pos. 1311).
108. Verordnung des Ministerrats über den detaillierten Umfang der Bewertung eines Standortes, der für die Ansiedlung einer kerntechnischen Anlage vorgesehen ist, über die Fälle, in denen ein Standort als die Anforderungen für die Einrichtung einer kerntechnischen Anlage nicht erfüllend ausgeschlossen wird, und über die Anforderungen an einen Standortbericht für eine kerntechnische Anlage vom 10. August 2012 (Dz.U. [póln. GBl.] Pos. 1025).
115. Schilt, C. and Ploskey, G. Ultrasound deterrence: blueback herring at a pumped storage facility in Georgia. In: *Using Sound to Modify Fish Behaviour at Power-Production and Water-Control Facilities: A Workshop*, 1997. Sponsored by U.S. Department of Energy and Bonneville Power Admini, 1997.
118. Shields, R.J. Studies of growth and nutritional status in 0-group sprat, *Sprattus sprattus* (Clupeidae), using otolith microstructure and lipid analysis techniques. Ph.D.thesis, University of Wales, Bangor, 1989.
120. Site Selection Report, CH2M HILL, 2011. [Bericht über die Standortwahl, CH2M HILL, 2011]
123. Studium wody – zakres dodatkowy. [Studie zum Wasser - erweiterter Umfang.] Jacobs Clean Energy Limited, 2021.
124. Studium wody. [Studie zum Wasser.] Jacobs Clean Energy Limited, 2020.
125. The Joint Nature Conservation Committee (JNCC). Statutory nature conservation agency protocol for minimising the risk of injury to marine mammals from piling noise, 2010.
126. Turnpenny, A. and Watkins, A. Equivalent Adult Analysis of fry entrainment at the Thames Gateway Water Treatment Plant. (unpub), 2006.
127. Turnpenny, A. Trials and tribulations of fish recovery and return. *WIT Transactions on State-of-the-art in Science and Engineering* 71, 2014.
128. U.S. Nuclear Regulatory Commission. Office of Nuclear Regulatory Research. Regulatory Guide 1.145 Revision 1. Atmospheric Dispersion Models for Potential Accident Consequence Assessments at Nuclear Power Plants. Februar 1983. [Die Nuclear Regulatory Commission. Büro für Forschung im Bereich der Atomaufsicht. Leitfaden zur Regulierung 1.145 Revision 1. Atmosphärische Ausbreitungsmodelle für die Abschätzung möglicher Störfallfolgen in Kernkraftwerken. Februar 1983].

129. Beschluss Nr. 15 des Ministerrates vom 28. Januar 2014 über das Mehrjahresprogramm mit dem Namen „Polnisches Kernenergieprogramm“ (M. P. Pos. 502). Polnisches Kernenergieprogramm – Anhang Nr. 1 zum Beschluss Nr. 141 des Ministerrates über die Aktualisierung des Mehrjahresprogramms mit dem Titel „Polnisches Kernenergieprogramm“ vom 2. Oktober 2020 (M.P. Pos. 946).]
131. UK AP1000 Integrated Waste Strategy, Westinghouse Acceptance of AP1000. UKP-GWL-GL-054 <https://www.westinghousenuclear.com/Portals/5/Other%20PDFs/U.K.%20AP1000%20Environment%20Report.pdf> (dostęp: 24.03.2021).
132. UK AP1000 Integrated Waste Strategy. UKP-GW-GL-054, Revision 1. Westinghouse Electric Company LLC. 2011; [https://www.westinghousenuclear.com/Portals/5/Documents/documentation\\_pdfs/UK AP1000 Integrated Waste Strategy.pdf](https://www.westinghousenuclear.com/Portals/5/Documents/documentation_pdfs/UK_AP1000_Integrated_Waste_Strategy.pdf) [UK AP1000 Integrierte Abfallstrategie. UKP-GW-GL-054, Revision 1. Westinghouse Electric Company LLC. 2011; [https://www.westinghousenuclear.com/Portals/5/Documents/documentation\\_pdfs/UK AP1000 Integrated Waste Strategy.pdf](https://www.westinghousenuclear.com/Portals/5/Documents/documentation_pdfs/UK_AP1000_Integrated_Waste_Strategy.pdf) (Zugriff: 19.06.2020)]
133. UK AP1000® Environment Report UKP-GW-GL-790, Revision 7, 2017. Westinghouse Electric Company LLC. 2017. <https://www.westinghousenuclear.com/Portals/5/Documents/documentation%20pdfs/UKP-GW-GL-790.pdf> (dostęp: 19.04.2018).
134. UK Environment Agency. Best practice guide for intake and outfall fish screening. Environment Agency Science Report SC030231. Environment Agency, Bristol. ISBN: 1 84432 361 7, 2005.
135. UK Environment Agency. Cooling Water Options for the New Generation of Nuclear Power Stations in the UK. Report Ref: SC070015/SR3, 2010.
138. Naturschutzgesetz vom 16. April 2004 (GBl. Dz.U. Nr. 92, Pos. 880 mit Änderungen).
141. Umweltschutzgesetz vom 27. April 2001 (GBl. Dz.U. Nr. 62, Pos. 627 mit Änderungen).
143. Gesetz vom 3. Oktober 2008 über die Bereitstellung von Umweltinformationen, über den Schutz der Umwelt, die Teilnahme der Bevölkerung am Umweltschutz und über die Umweltverträglichkeitsprüfung (d.h. GBl. 199, Pos. 1227 in der gültigen Fassung.).
144. Baugesetz vom 7. Juli 1994 (GBl. Dz.U. Nr. 89, Pos. 414 mit Änderungen).
146. Atomgesetz vom 29. November 2000 (GBl. Dz.U. 2001 Nr. 3, Pos. 18 mit Änderungen).
147. Vowles, A.S., Kemp, P.S. Effects of light on the behaviour of brown trout (*Salmo trutta*) encountering accelerating flow: Application to downstream fish passage. *Ecological Engineering* 47, 247–253, 2012.
148. Westinghouse Response to PGE EJ 1 Request for Information for Site Evaluation Data for Polish Nuclear Power Plant Projects, UK, 2018.
151. Wytyczne dotyczące oceny wpływu na krajobraz i wpływu wizualnego, wydanie trzecie (GLVIA3) [Leitlinien für die Bewertung landschaftlicher und visueller Auswirkungen, dritte Auflage (GLVIA3)], Landscape Institute and Institute of Environmental Management & Assessment, 2013.
153. Zheleznyak, M., Blaylock, G., Gontier, G., Konoplev, A. et al. Modelling of radionuclide transfer in rivers and reservoirs: validation study within the IAEA\CEC VAMP Programme. International Symposium on Environmental Impact of Radioactive Releases, IAEA, Vienna, 8-12 May 1995, IAEA-SM-339, IAEA, p.330-331, 1995.
154. Zheleznyak, M., Heling, R., Raskob, W., Popov, A., Borodin, R., Gofman, D., Lyashenko, G., Marinets, A., Pokhil, A., Shepeleva, T., Tklich, P. Modelling of Hydrological Pathways in RODOS. The radiological consequences of the Chernobyl accident. Proceedings of the first international conference. Minsk, Belarus 18 - 22 March 1996. Editors A. Karaoglou, G. Desmet, G. N. Kelly and H. G. Menzel. European Commission. Luxembourg, p. 1139-1148 EUR16544EN, 1996.
156. Zintegrowane Zapobieganie i Ograniczanie Zanieczyszczeń (IPPC). [Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung]. Dokument Referencyjny BAT dla najlepszych dostępnych

---

technik w przemysłowych systemach chłodzenia. [BAT-Referenzdokument für die besten zugänglichen Techniken in den Kühlungssystemen] (engl. Reference Document on the application of Best Available Techniques to Industrial Cooling Systems. Dezember 2001. Umweltministerium. Warschau, 2004.

## Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung V.2-1 Standard-Standortauswahlprozess

Abbildung V.2-2 Schematische Darstellung des 2011 durchgeführten Standortauswahlprozesses.

Abbildung V.2-3 Die wichtigsten Punkte der Ausschluss- und Bewertungskriterien im Jahr 2011.

Abbildung V.2-4 Potenzielle Standorte für KKW, die im Polnischen Kernenergieprogramm 2014 dargestellt wurden.

Abbildung V.2-5 Standort Lubiatowo-Kopalino und Żarnowiec

Abbildung V.2-6 Etappen der vergleichenden Standort-Analyse

Abbildung V.2-7 DecisionVue hierarchisches Ringdiagramm

Abbildung V.2-8 Erstellte Kriterien und Unterkriterien mit Gewichtung

Abbildung V.2-9 Beispiel für ein von DecisionVue generiertes hierarchisches Ringdiagramm.

Abbildung V.2-10 Kreisdiagramm der Gewichtung der Kriterien: die technisch und finanziell beste Variante (vom Investor vorgeschlagene Variante) (oben) und die vernünftigste Variante, die für die Umwelt am günstigsten ist (unten).

Abbildung V.2-11 Hierarchisches Ringdiagramm der DecisionVue-Ergebnisse – Perspektive: Vernünftige Variante, die für die Umwelt am günstigsten ist – Position 1: Subvariante 1B

Abbildung V.2-12 Hierarchisches Ringdiagramm der DecisionVue-Ergebnisse – Perspektive: Vernünftige Variante, die für die Umwelt am günstigsten ist – Position 2: Subvariante 1A

Abbildung V.2-13 Hierarchisches Ringdiagramm der DecisionVue-Ergebnisse – Perspektive: Vernünftige Variante, die für die Umwelt am günstigsten ist – Position 3: Subvariante 2A

Abbildung V.2-14 Hierarchisches Ringdiagramm der DecisionVue-Ergebnisse – Perspektive: Vernünftige Variante, die für die Umwelt am günstigsten ist – Position 4: Subvariante 1C

Abbildung V.2-15 Hierarchisches Ringdiagramm der DecisionVue-Ergebnisse – Perspektive: Vernünftige Variante, die für die Umwelt am günstigsten ist – Position 1: Subvariante 1B

Abbildung V.2-16 Hierarchisches Ringdiagramm der DecisionVue-Ergebnisse – Perspektive: vom Investor bevorzugte Variante – Position 1: Subvariante 1A

Abbildung V.2-17 Hierarchisches Ringdiagramm der DecisionVue-Ergebnisse – Perspektive: Vom Investor bevorzugte Variante Position 2: Subvariante 1B

Abbildung V.2-18 Hierarchisches Ringdiagramm der DecisionVue-Ergebnisse – Perspektive: vom Investor bevorzugte Variante – Position 3: Subvariante 2A

Abbildung V.2-19 Hierarchisches Ringdiagramm der DecisionVue-Ergebnisse – Perspektive: Vom Investor bevorzugte Variante – Position 4: Subvariante 1C

Abbildung V.2-20 Hierarchisches Ringdiagramm der DecisionVue-Ergebnisse – Perspektive: Vom Investor bevorzugte Variante – Position 5: Subvariante 2B

Abbildung V.3- 1 Fischleitsystem am Kraftwerk Pembroke, Großbritannien

Abbildung V.6-1 Bereich der eingeschränkten Nutzung für Variante 1 Standort Lubiatowo-Kopalino nach der wörtlichen Erfüllung des Gesetzes

Abbildung V.7- 1 Lage des Referenzgebietes in Bezug auf die Auswirkungen der Kühlwasserabführungen .....

Abbildung V.7- 2 Lage des Referenzgebietes in Bezug auf die vorhandene Infrastruktur

Abbildung V.7-3 Quellen und Überwachungsstellen für radioaktive Emissionen in die Luft

Abbildung V.7-4 Schema der Einleitungs- und Überwachungsstellen für Abwasser aus Systemen und Prozessräumen des Kernkraftwerksblocks mit dem AP1000-Reaktor bei geöffnetem Kühlsystem

Abbildung V.7-5 Schema der Abwasserableitung und der Überwachungsstellen aus Systemen und technologischen Räumen des AP1000-Blocks bei geschlossenem Kühlsystem

## Abbildung V.7-6 Behandlung von abgebrannten Brennelementen

### Verzeichnis der Tabellen

- Tabelle V.2- 1 Ausschlusskriterien für die Auswahl von Standorten im Jahr 2011
- Tabelle V.2-2 Identifizierung der Ausschlusskriterien
- Tabelle V.2-3 Zuordnung von Gewichtung/Bedeutung
- Tabelle V.2-4 Wichtige Unterscheidungskriterien
- Tabelle V.2-5 Alternatives Gewichtungssystem für die Hauptkriterien
- Tabelle V.2-6 Die wichtigsten Teilkriterien zur Unterscheidung von alternativen Wichtigkeitsfaktorenschemata
- Tabelle V.2-7 Weitere Bewertungsmethodik
- Tabelle V.2-8 Methodik Punktevergabe
- Tabelle V.2-9 Auswirkungsmatrix
- Tabelle V.2-10 Zusammenfassung der Minderungsmaßnahmen und Unterschiede zwischen den Standorten
- Tabelle V.2-11 Beispiel für einen paarweisen AHP-Vergleich
- Tabelle V.2-12 Bewertungsmethodik für jede Stufe der Kriterien
- Tabelle V.2-13 Ergebnisse der Screening-Analyse der Umweltkriterien
- Tabelle V.2-14 Ergebnisse der Screening-Analyse der Kriterien in Bezug auf die Standortbedingungen
- Tabelle V.2-15 Ergebnisse der Screening-Analyse der Kriterien in Bezug auf die Standortbedingungen
- Tabelle V.2-16 CAPEX- und OPEX-Kriterien
- Tabelle V.2-17 Gewichtung der Kriterien der Stufe 1 (Themenbereiche der Bewertung)
- Tabelle V.2-18 Gewichtung der Kriterien der Stufe 2 (Bereiche) – Ökologische und sozioökonomische Aspekte
- Tabelle V.2-19 Gewichtung der Kriterien der Stufe 2 (Bereiche) – Aspekte, die sich auf den Standort und die technischen Bedingungen des Kernkraftwerkes beziehen
- Tabelle V.2-20 Gewichtung der Kriterien der Stufe 2 (Bereiche). Finanzielle Aspekte
- Tabelle V.2-21 Gewichtungen für die Kriterien der Stufe 3 (Unterkriterien) – Betriebsausgaben (OPEX)
- Tabelle V.2-22 Ergebnisse der Multikriterienanalyse, Perspektive: Vernünftige Variante, die für die Umwelt am günstigsten ist
- Tabelle V.2-23 Ergebnisse der Multikriterienanalyse, Perspektive – vom Investor bevorzugte Variante
- Tabelle V.2-24 Übersetzungen von Begriffen für hierarchische Ringdiagramme

### Verzeichnis der Anhänge

- Anhang V.1.13-1 Beschreibung von Modellen, die bei der Analyse der radioaktiven Strahlung Anwendung finden
- Anhang V.1.16-1 Beschreibung von Modellen, die bei der Analyse der radioaktiven Strahlung in Notfällen Anwendung finden

# Teil 7

## Anhang V.1.13-1

### Beschreibung von Modellen, die bei der Analyse der radioaktiven Strahlung Anwendung finden

---

Auszug aus Anhängen des Bands V des UVP-Berichtes

---

Sprachversion: DE

Juli, 2022



**Świadomie o atomie**  
energia jądrowa w Polsce

Polskie Elektrownie Jądrowe sp. z o.o.





---

## Inhalt

1.	RODOS-SYSTEM .....	146
2.	PC-CREAM-PAKET .....	148
3.	RETRACE-MODELL.....	149
4.	RIVTOX-MODELL.....	149
5.	COASTOX-MODELL .....	150
6.	THREETOX-MODELL .....	150
7.	POSEIDON-MODELL .....	150
8.	FDMA-MODELL .....	153
9.	METHODIK DER ANWENDUNG DER HDM-MODELLKETTE FÜR DOSISBERECHNUNGEN .....	153
10.	MODFLOW-MODELL .....	157
	<b>QUELLEN .....</b>	<b>159</b>
	Literaturverzeichnis.....	159
	Abbildungsverzeichnis.....	161

## 1. RODOS-System

Das grundlegende Instrument, das bei den Berechnungen Anwendung fand, war das RODOS-System [1], [2], [3]. Bei RODOS handelt es sich um ein komplexes Entscheidungsunterstützungssystem, das bei der Analyse der Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Atmosphäre und in unterschiedliche Gewässer im Störfall Einsatz findet. Es gibt auch entsprechende Schnittstellen zu den lokalen und nationalen Systemen der Strahlungsüberwachung, zu Messungen und meteorologischen Prognosen sowie zur Anpassung an die lokalen, regionalen und nationalen Bedingungen.

RODOS sichert eine umfangreiche und stets aktualisierte Bewertung der Strahlungsexposition von Menschen bei einer störfallbezogenen Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Atmosphäre und/oder in Gewässer (oder bei einer entsprechenden Gefahr). Die Dispersion und Deposition von in die Luft dreigesetzten Stoffen wird mithilfe einer verschachtelten Modellkette prognostiziert. Diese Modelle simulieren konsequent die Dispersionen und Depositionen von Radionukliden in zwei unterschiedlichen Bereichen, in der lokalen Skala auf einem Gebiet von 160 km x 160 km und über eine große Reichweite von mehreren Tausend Kilometern. Trotzdem kann RODOS auch bei Prognoseberechnungen für Freisetzungen von radioaktiven Substanzen unter bei Betrieb des KKW angewendet werden. Für die mathematischen Modelle der Dispersion und Deposition von radioaktiven Substanzen ist es unbedeutend, ob die radioaktiven Substanzen aus störfallbezogenen Freisetzungen oder infolge des normalen Betriebs stammen.

Unter vielen zugänglichen RODOS-Modellen sind auch solche vorhanden, die den Zielen und dem Umfang der Analyse am besten entsprechen. Die Modellkette der lokalen Skala (LSMC) enthält den Präprozessor RODOS Meteorological Pre-Processor RMPP [4], das Dispersionsmodell der radioaktiven Wolke RIMPUFF[5], [6], ein verlängertes Dispersionsmodell der radioaktiven Wolke ATSTEP [2] und das Lagrangesche Modell DIPCOT [7].

Das RMPP wird als Schnittstelle zwischen den meteorologischen und den atmosphärischen Dispersionsmodellen (engl. *atmospheric dispersion model, ADM*) verwendet. Zu diesem Zweck werden die verfügbaren meteorologischen Daten aus dem Messnetz oder aus den Prognosen verarbeitet. Diese Daten können die Geschwindigkeit und die Richtung des Windes, die Lufttemperatur, die Feuchtigkeit, den Druck, die Niederschlagsintensität, die Sonnenbestrahlung, den Oberflächenwärmefluss, die Wolkendecke, die Höhe der Mischungsschicht und die atmosphärische Stabilität umfassen. Sie werden anschließend verarbeitet, um eine vollständigere und systematischere Information auf dem 3D-Rechenraster sicherzustellen, die dann von beliebigen, im RODOS-System eingebauten ADM verwendet werden können.

RIMPUFF (Risø Mesoscale PUFF model) [5] ist das grundlegende Modell des Transportes und der Dispersion von Kontaminationen in der Atmosphäre auf lokaler Ebene. Es handelt sich hier um ein vereinfachtes Lagrangesches Modell, mit dem die Konzentrationen von Radionukliden und Dosen berechnet werden, die sich aus der Dispersion von in der Luft schwebenden Stoffen ergeben. Dieses Modell kann Daten aus nicht stationären und heterogenen meteorologischen Bedingungen nutzen, die oft im Zusammenhang mit Berechnungen erforderlich sind, welche bei der Einschätzung der Folgen kurzfristiger (störfallbezogener) Freisetzungen von flüchtigen Stoffen in die Atmosphäre Einsatz finden. Bei diesem Modell werden sowohl homogene als auch heterogene Gebiete mit einer mäßigen Topographie berücksichtigt. Ein typisches Modellraster deckt einen Bereich von bis zu 50 km, doch bei flachen Gebieten kann es bis auf die Mesoskala (150-300 km) erweitert werden. Mit diesem Modell werden Veränderungen bei der Freisetzung von flüchtigen Stoffen simuliert, indem nacheinander Reihen von Gauß-Wolken mit einer konstanten Geschwindigkeit auf einem bestimmten Raster freigesetzt werden. Die Menge der in der Luft schwebenden Substanzen, die zu den einzelnen freigesetzten Wolken zugerechnet sind, entspricht der Freisetzungsgeschwindigkeit in der Zeit, die zwischen den Freisetzungen verstrichen ist. Das Rasternetz des RIMPUFF-Modells umfasst den Bereich von 80x80 km mit fünf Stufen der Zellengrößen: 0,1x0,1 km, 0,2x0,2 km, 0,4x0,4 km, 0,8x0,8 km und 1,6x1,6 km; um das Kernkraftwerk herum, mit einem Raster von 0,1x0,1 km, handelt es sich um ein Quadrat von 2 km x 2 km (also 400 Rechenzellen). Man ist davon ausgegangen, dass die Freisetzungen an dem Punkt mit dem geographischen Längengrad 17,8189 und Breitengrad 54,8082 für den Standort Lubiatowo-Kopalino bzw. 18,0906 und 54,7412 für den Standort Żarnowiec erfolgen.

DIPCOT (DisPersion over COMplex Terrain) [7] ist ein atmosphärisches Dispersionsmodell, mit dem die Verteilung von Luftkontaminationen in einem komplexen Gelände simuliert wird. Es handelt sich um ein Streifenmodell für Partikel vom Langrange-Typ, wo die Schadstoffmasse in eine bestimmte Anzahl von fiktiven Streifen oder Partikeln verteilt wird, die sie im Rechenbereich entsprechend der Windgeschwindigkeit bewegen; dem wird eine Zufallskomponente hinzugefügt, um die turbulente Diffusion zu berücksichtigen. Dank der Kenntnis der räumlichen und zeitlichen Verteilung der Partikeln kann man die Konzentration der Schadstoffe an bestimmten Orten und zu bestimmten Zeiten berechnen. Das DIPCOT-Modell wird bei Geländen mit einem komplexen Relief verwendet. Die Modelle der atmosphärischen Dispersion, die bei RODOS Anwendung finden, wurden auf der Grundlage von experimentellen Daten und anderen Modellen in zahlreichen Veröffentlichungen validiert, wie z. B. [8], [9].

Die ADM-Modelle liefern Daten zu den radioaktiven Konzentrationen in der Luft sowie über die nasse und trockene Deposition auf dem betroffenen Gebiet (Land und Wasser), was anschließend bei den Dosismodellen im RODOS-System verwendet wird.

Zwecks Beurteilung der Dosisgrößen sollten die zwei wichtigsten Expositionspfade berücksichtigt werden, d. h.:

- a) externe Exposition gegenüber der radioaktiven Wolke und den Kontaminationen der Erdoberfläche,
- b) interne Exposition aufgrund des Einatmens der kontaminierten Luft und des Verzehrs von kontaminierten Lebensmitteln und Wasser.

Die Größe der Dosen hängt wesentlich vom Transport der Radionuklide in der menschlichen Umwelt ab. Bei der externen Exposition wirkt sich die Ablagerungsmenge (unter trockenen und nassen - durch Regen verursachten - Bedingungen) sowie die Geschwindigkeit der Isotopenmigration in den Boden auf die Dosisgröße aus. Im Falle der internen Exposition ist die jeweilige Dosis von den unterschiedlichen Wegen abhängig, auf denen Radionuklide in die Nahrungskette gelangen, d. h.

Ablagerung  $\Rightarrow$  Futter  $\Rightarrow$  Milch  $\Rightarrow$  Mensch;

Ablagerung  $\Rightarrow$  Futter  $\Rightarrow$  Tier  $\Rightarrow$  Mensch;

Ablagerung  $\Rightarrow$  Pflanze  $\Rightarrow$  Mensch; usw.

Der Transfer von Radionukliden aus der radioaktiven Wolke in die Lebensmittel sowie die sich daraus ergebene Exposition gegenüber der Strahlung werden im Rahmen einer terrestrischen Nahrungskette sowie in einem FDMT-Dosis-Modul modelliert [10]. Die Aktivitäten der Konzentrationen des Bodens, der Pflanzen und den anderen Oberflächen als Eingabedaten für FDMT werden im Depositionsmodul DepoM auf der Grundlage der Ergebnisse des Dispersionsmodells berechnet. Der Transfer von Radionukliden in den Nahrungsketten und anderen Prozessen, die für die Exposition gegenüber der Strahlung ausschlaggebend sind, hängt von den regionalen Eigenschaften ab, wie Klimabedingungen und landwirtschaftliche Nutzung, ist also je nach Region unterschiedlich. Dies bedeutet, dass viele Modellparameter entsprechend angepasst werden müssen, bevor sie auf ein bestimmtes Gebiet Anwendung finden können. Zu diesem Zweck kann man bei RODOS sog. radioökologische Regionen bestimmen, d. h. Bereiche mit verhältnismäßig einheitlichen Strahlungsbedingungen, bei denen man denselben Satz von Modellparametern verwenden kann. Die Auswahl von solchen Regionen ist größtenteils von den jeweils vorherrschenden landwirtschaftlichen Produktionsverfahren, Vegetationsperioden, Erntezeiten, Fütterungsmethoden für Haustiere, Ernährungsgewohnheiten usw. abhängig.

Das FDMT-Modell wurde auf die polnischen Bedingungen auf die folgende Art und Weise angepasst:

1. Beschaffung von Daten für die radioökologischen Makroregionen, darunter:
  - Angaben zur landwirtschaftlichen Produktion (von GUS)
  - FDMT-Modellparameter (von SGGW, CLOR und IUNG - Instytutu Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach [Institut für Anbau, Düngung und Bodenkunde in Puławy])
  - Die Produktionsdaten umfassen: Produkte pflanzlichen und tierischen Ursprungs, Lebensmittel- und Futterprodukte, die FDMT-Modellparameter umfassen Angaben zu: Boden und Vegetation, Pflanzenwachstumsrate, Ernährung von Menschen und Futtermittel für Nutztiere.

2. Einführung der beschaffenen Parameter für die einzelnen radioökologischen Regionen in das RODOS-System.

Die Produktionsdaten wurden für alle Landkreise eingeführt, womit die Größe der radioökologischen Makroregionen festgestellt werden können, da die Grenzen dieser Makroregionen entlang den Kreisgrenzen verlaufen. Die Abbildung [Abbildung V.1.13-1- 1] zeigt die radioökologischen Makroregionen für Polen, unter Berücksichtigung der Verwaltungsgliederung (Woiwodschaften und Landkreise).

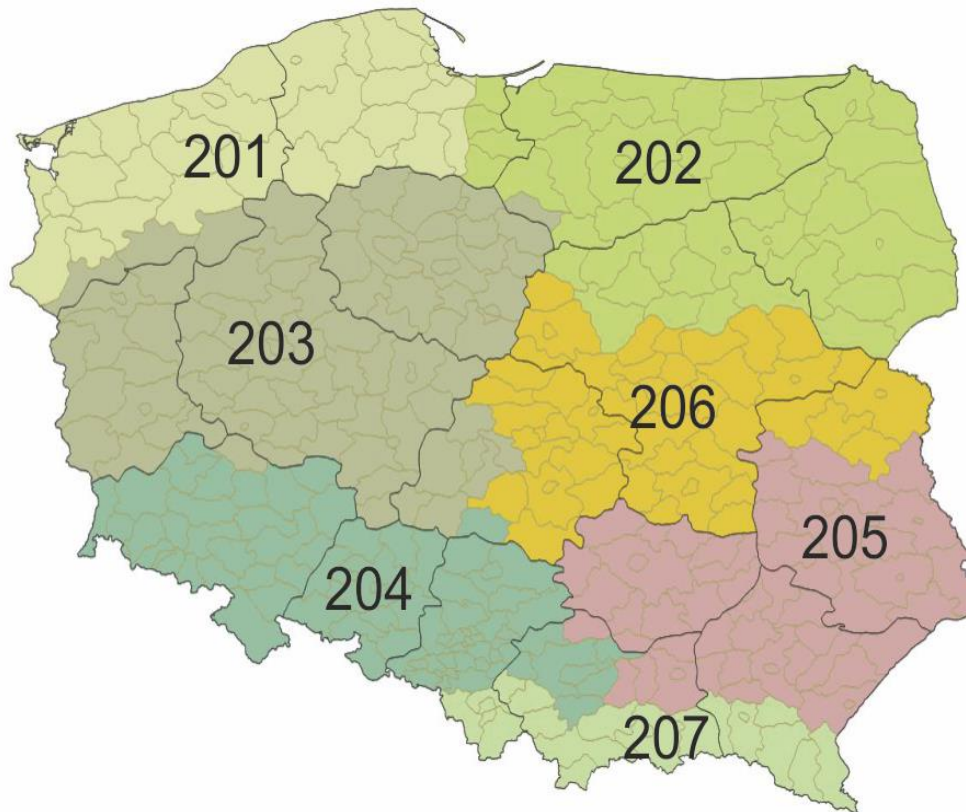


Abbildung V.1.13-1- 1 Landkarte Polens mit sieben Regionen (die Zahlen stehen für die Nummer der jeweiligen Region in der Datenbank des RODOS-Systems).

Quelle: [11], [12]

Dem ist hinzuzufügen, dass das FDMT-Modell neben der Berechnung der mit der Nahrung übermittelten Dosen auch die Bestimmung der vollen wirksamen Dosen aus allen externen und internen Strahlenquellen bei unterschiedlichen Zeiträumen und Altersgruppen ermöglicht. Darüber hinaus können gleichwertige Dosen für eine Reihe von Organen ermittelt werden.

## 2. PC-CREAM-Paket

Das PC-CREAM-Paket [13], [14] wurde von der Gesundheitsschutzbehörde (HPO) in Großbritannien entwickelt und gilt weltweit als ein glaubwürdiges Instrument für die Bewertung radioaktiver Auswirkungen für kollektive und individuelle Dosen bei betriebsbezogenen oder störfallbezogenen Freisetzungen von radioaktiven Stoffen in die Umwelt. Es wird insbesondere bei der Abschätzung der Folgen von betriebsbezogenen Freisetzungen des MARIA-Reaktors in Polen verwendet. Das Paket ermöglicht eine detaillierte quantitative Untersuchung der Verbreitungswege von radioaktiven Substanzen, die zu der von der Bevölkerung aufgenommenen Gesamtenergiedosis beitragen. Die Eingabedaten für die Berechnungen beziehen sich auf die Bevölkerung, die landwirtschaftlichen und Wetterbedingungen, sowie auf die Menge und den Gehalt des Isotops im jeweiligen Stoff.

Das PC-CREAM-Programm besteht aus zwei Hauptmodulen. Bei dem ersten handelt es sich um ein komplexes Modul, das aus mehreren speziell entwickelten Modulen besteht, die für unterschiedliche physikalische Phänomene im Zusammenhang mit dem Transport von radioaktiven Isotopen in der Luft, mit dem Wasser, mit der Ablagerung auf dem Boden und der Resuspension sowie mit der Zirkulation in den Lebensmittelketten stehen. Das andere Hauptmodul für diesen Code ist ACCESSOR. Es nutzt u. a. die Informationen über die oben genannten speziellen Module, samt Bevölkerung, landwirtschaftlichen und geographischen Angaben, Bewertung der von der Bevölkerung der jeweiligen Region aufgenommenen Dosen [15]. Darüber hinaus bewertet das Programm den Beitrag der einzelnen Arten der Strahlung zur Gesamtdosis für den menschlichen Körper aus unterschiedlichen Quellen, in kürzeren und längeren Zeiträumen.

### 3. RETRACE-Modell

Die Wasserscheiden-Modelle RETRACE-1,2,3 [16] zeigen die Geschwindigkeit von Wasser, von Sedimenten und vom Zustrom von Radionukliden in die Kanäle, Flüsse, Seen und Wasserreservoirs innerhalb einer Wasserscheide auf der Grundlage der Informationen über die Deposition der Radionuklide und der meteorologischen Daten (Niederschlagsrate, Temperaturen), die aus dem atmosphärischen RODOS-Modul übertragen werden. Die zeitweise diffusen Daten zum seitlichen Wasserfluss und zur Radionuklidkonzentrationen werden in den Netzknoten berechnet, die an den Rastergraphen von Flüssen, Ufern großer Seen und Wasserreservoirs oder in gesonderten Knoten für kleine Seen gebildet sind.

### 4. RIVTOX-Modell

Das RIVTOX-Modell [16], [17] führt Simulationsberechnungen für den Transport von Kontaminationen in den Flüssen und Kanälen aus. Die Quellen der Kontaminationen sind direkte Emissionen in dieses Netz oder kontaminierte Abflüsse von Niederschlagswasser. Der Wasserfluss, der Transport des suspendierten Sediments und die Gleichung der Kontaminationsdynamik sind über die Querschnittfläche der Flüsse und Kanäle gemittelt. Das aus der eindimensionalen Saint-Venant-Gleichung abgeleitete Modell der „Dispersionswelle“ wird bei der Beschreibung der Wasserabführung verwendet. Die Dispersions- und Advektionsgleichung dient zur Berechnung des Transportes von suspendiertem Sediment ins Fluss- und Kanalsystem. Der Quellterm in dieser Gleichung beschreibt die Sedimentationsrate und die Resuspensionsrate in Abhängigkeit von der Differenz zwischen der Gleichgewichtskonzentration und der aktuellen Konzentration der Suspensionen bei der jeweiligen Durchflussrate. Die Dynamik der oberen Schicht des kontaminierten Flussbettes wird durch die Erosionsprozesse in der Bodenschicht beschrieben. Der numerische Algorithmus des RIVTOX-Modells stützt sich auf die Berechnungsmethode für verzweigte Flusssysteme, die erfolgreich auf der Grundlage des hydraulischen Codes CHARIMA [18] getestet worden ist. Das Verfahren der konjugierten Gradienten findet auf die numerische Lösung der algebraischen Gleichungen Anwendung, die infolge der Anwendung der als „double sweep“ bekannten Technik für nichtlineare Gleichungen aus der Diskretisierung von Saint-Venant-Gleichungen mit einem impliziten 4-Punkten-Schema abgeleitet werden [19]. Die Finite-Differenzen-Methode findet bei der Lösung der Gleichung für Dispersionswellen sowie für die Dispersions- und Advektionsgleichungen Anwendung, die sich auf den Transport der suspendierten Sedimente, Kontaminationen in Form von Lösungen oder Kontaminationen, die mit dem suspendierten Sediment davongetragen werden, beziehen. Diese Methode wurde auch für die Gleichung angewendet, die die Kontaminationsdynamik in der oberen Schicht des Bodensedimentes beschreibt.

Die Hauptergebnisse des RIVTOX-Modells bei hydrologischen HDM-Modellen sind gemittelte transversale Konzentrationen der Isotopen im Wasser, in den suspendierten Sedimenten sowie in den Bodensedimenten im Kanalnetz des Flusskanals. Das RIVTOX-Modell nutzt die Ergebnisse des RETRACE-Modells für die Simulation des Flusstransportes von Radionukliden im Einzugsgebiet oder für die Szenarien der direkten Freisetzen in Gewässer und kann bei Simulationen des Transportes von Radionukliden aus punktuellen Quellen verwendet werden. Bei der Interpolation der Ergebnisse des RIVTOX-Modells auf Flussraster zum Eingangsrastrer des Moduls

für die aus dem Wasser stammenden Dosis im Rahmen des FDMA-Moduls findet ein spezielles Verfahren Anwendung.

## 5. COASTOX-Modell

Das zweidimensionale COASTOX-Modell erzeugt tiefengemittelte Konzentrationen von Radionukliden in den Knoten des rechteckigen Rasters, der sich auf den homogenen Teil des Wassers erstreckt – einen Teil der Flüsse, die sich in der Nähe der punktuellen Quellen der Radionuklid-Freisetzungen befinden, große flache Seen und Wasserreservoirare. Das angewendete Modell umfasst den Sedimenttransport, den Dispersions- und Advektionstransport im Wasser, die Auswirkung des Schadstoffes und des Sedimentes, die Dynamik des Bodensedimentes. Die Sedimentations- und Resuspendierungsrate hängt von der Differenz der Gleichgewichtskonzentration und der aktuellen Konzentration des Sedimentes sowie von der Stärke des Durchflusses ab. Die letzte Abhängigkeit wird auf der Grundlage von halbempirischen Verbindungen ermittelt. Die durch das COASTOX-Modell simulierten zeitveränderlichen Konzentrationen können auf die Knoten des Dosisrasters oder nach der Integration des aktiven Querschnitts als Eingangsdaten in RIVTOX-Modell interpoliert werden, insofern dieses Modell bei der Modellierung des Durchstroms entlang des Flusses verwendet wird. Die neue Version des Modells, COASTOX\_UN, ist ein rechnerisch effizienteres Modell [20] des zweidimensionalen hydraulischen Durchflusses (tiefengemittelt), in dem Module zur Modellierung von Sedimentationen und Radionuklidtransporten enthalten sind. Die numerische Lösung stützt sich auf die Diskretisierung der Gleichungen für flaches Wasser und der Advektions- und Diffusionsgleichungen auf einen nicht-strukturelles (d. h. unterschiedliche Elemente enthaltendes) Raster, das beim Finite-Volumen-Verfahren Anwendung findet. Die RIVTOX- und COASTOX\_UN-Modelle sind im RODOS-HDM-System integriert, die Randbedingungen stammen aus dem RETRACE-Modell [21].

Die Validierung von HDM-Modellen stützte sich unter anderem auf Daten zur radioaktiven Kontamination des Dnjepr und des Clinch River im Rahmen des von der IAEO und der EU koordinierten VAMP-Programms [20]. Diese Modelle wurden und werden weiterhin für die Analysen nach dem Störfall in Fukushima verwendet [22], [23].

## 6. THREETOX-Modell

Das dreidimensionale Modell ist THREETOX [24], das Dateien mit Radionuklidkonzentrationen in 3D-Rasterknoten generiert, die für tiefe Seen und andere geschichteten Wasserkörper geschaffen wurden: Flussmündungen, Kühlwasserreservoirare und Offshore-Küstengebiete. Dieses zeitabhängige 3-D-System wird für die Interpolation in das Raster des FDMA-Dosisberechnungsmoduls eingesetzt und bei Abfluss aus einem See/Reservoir kann es für die Ermittlung der strukturellen Rahmenbedingung für das RIVTOX-Modell verwendet werden, falls Messergebnisse nicht bekannt sind.

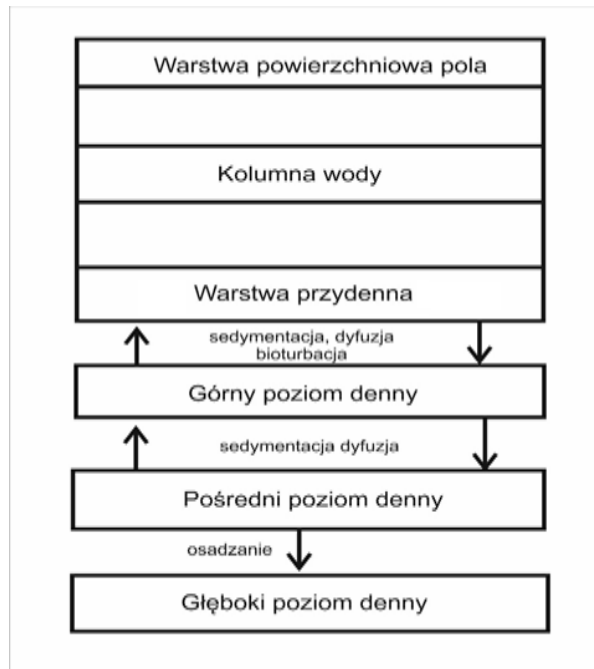
## 7. POSEIDON-Modell

Das POSEIDON-R-Modell [25], [26], [27], [28] wurde für die Abschätzung der Folgen von kontinuierlichen oder störfallbezogenen Freisetzungen von radioaktiven Stoffen in die Meeresgewässer erarbeitet. Es stützt sich auf ein dreidimensionales Feldmodell, bei dem die Berechnungen in einer großen räumlichen und zeitlichen Skala möglich sind. Das POSEIDON-R-Modell nutzt als Eingangsdaten die Informationen über die direkte Deposition aufs Meer sowie über die Abführung der kontaminierten Oberflächengewässer ins Meer. Die Dispersion radioaktiver Stoffe erfolgt unter Vermittlung der benachbarten Felder und der gesamten vertikalen Wassersäulen, unter Berücksichtigung der folgenden Dispersionsmechanismen:

- vertikaler und horizontaler Wasseraustausch zwischen den Feldern;
- Adsorption an suspendierten Sedimenten;
- Erschöpfung der Aktivität in der Suspension im Gleichgewicht mit der Aktivität der Wasserphase;
- Austausch der radioaktiven Nuklide zwischen Wassersäulen und Boden durch molekulare Dispergier- und Bioturbationsphänomene.

Eine detailliertere Anordnung der Wassersäulen und Sedimentschichten, sowie die gegenseitigen Auswirkungen mit den benachbarten Volumina sind der Abbildung [Abbildung V.1.13-1- 2] zu entnehmen. Die Felder zur Beschreibung der Wassersäule mit suspendiertem Material werden erneut in mehrere Schichten geteilt. Die Konzentration des radioaktiven Nuklids in der jeweiligen Schicht der Wassersäule wird durch eine Reihe von Differentialgleichungen beschrieben. Diese Gleichungen berücksichtigen zeitlich begrenzte Änderungen der Nuklidkonzentration, den Austausch mit den benachbarten Feldern aufgrund von Einströmung, Ablagerung oder turbulenten Diffusion. Darüber hinaus wird die Übermittlung der Aktivität der Suspension zu den Bodensedimenten berücksichtigt. Die temporären Veränderungen der drei Sedimentschichten unter der Wassersäule werden in anderen Sätzen von Gleichungen beschrieben. Diese Gleichungen berücksichtigen den Transfer von Isotopen zwischen der Wassersäule und dem Sediment sowie den radioaktiven Zerfall. Der Transfer von Isotopen aus den oberen Schichten zur Wassersäule wird von der Diffusion im Wasser sowie durch Bioturbation beschrieben. Die radioaktive Konzentration in den höheren Schichten des Sedimentes wird durch die Diffusion und Penetration nach unten getragen, und zwar in derselben Geschwindigkeit, wie die Partikel, die sich vom Deckwassersediment abtrennen. Die Überführung radioaktiver Isotope aus dem mittleren Sedimentspiegel in die höhere Schicht erfolgt nur durch Diffusion. Das Eindringen reduziert effektiv die Konzentration der radioaktiven Isotope in Richtung von den mittleren zu den tiefen Sedimentschichten, bei denen keine Verlegung nach oben mehr stattfindet.

Die Übertragung von Radionukliden auf Meeresorganismen wird mithilfe des dynamischen Absorptionsmodells BURN beschrieben [22], [25]. Dieses Modell berücksichtigt die Struktur des Nahrungsnetzes und die trophische Ebene der Organismen. Bei BURN handelt es sich dem Grunde nach um ein Modell der Absorption in das Gewebe, wobei die Kollektivität der Meeresorganismen berücksichtigt wird. Dieses Modell kombiniert für mehrere Radionuklide die Abhängigkeiten vom Salzgehalt, sodass eine gute Beschreibung der Aufnahme von Nukliden aus Meerwasser in das Gewebe möglich ist. BURN ist ein generisches Modell, das grundsätzlich für alle Radionuklide geeignet ist. Doch die meisten experimentellen Studien konzentrieren sich auf eine eingeschränkte Menge von Radionukliden – dieses Modell wurde für solche Nukliden validiert, wie Cäsium und Strontium.



Warstwa powierzchniowa pola	Oberflächenschicht des Feldes
Kolumna wody	Wassersäule
Warstwa przydenna	Bodenschicht
sedymontacja, dyfuzja bioturbacja	Sedimentation, Diffusion, Bioturbation
Górny poziom denny	Obere Bodenebene
sedymontacja dyfuzja	Sedimentation, Diffusion

Pośredni poziom denny	Mittleres Bodenniveau
Osadzenie	Ablagerung
Głęboki poziom denny	Tiefe Bodenebene

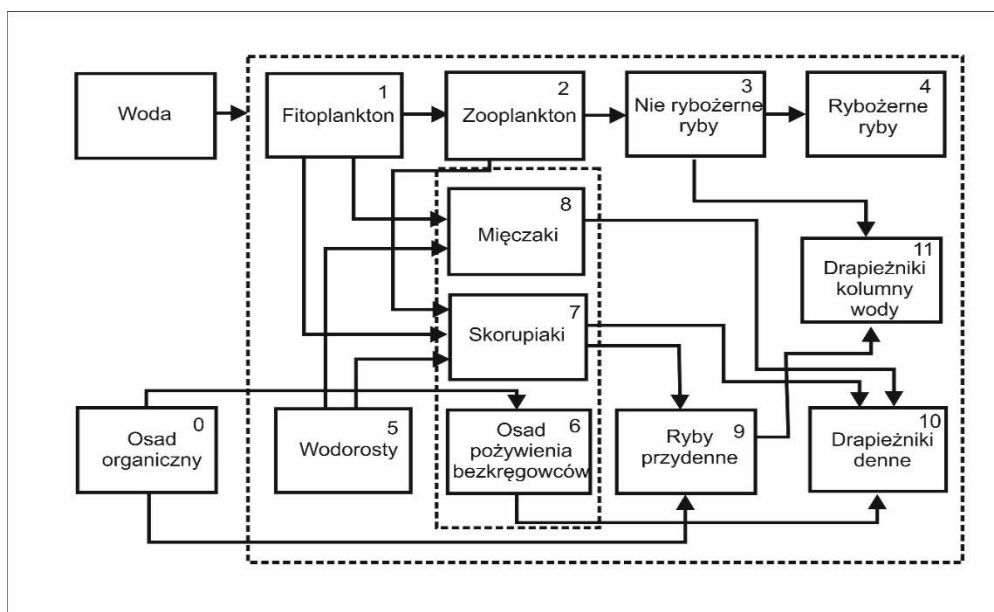
Abbildung V.1.13-1- 2 Struktur der generischen Verteilungsmodells POSEIDON-R

Quelle: [27]

Für die Zwecke des RODOS-Systems wurde ein erweitertes dynamisches Modell des Nahrungsnetzes implementiert. In diesem Modell wird die Menge der Ausgangsparameter durch die folgende Einteilung begrenzt: (a) Meeresorganismen in Klassen nach der trophischen Ebene und Speziesart, und (b) Radionuklide in Klassen in Verbindung mit Fischen mit dominantem Gewebe, in dem die jeweiligen Nuklide akkumuliert werden. Darüber hinaus wurden standardmäßige Sammlungen von Eingangsparametern verwendet, damit die Notwendigkeit vermieden werden kann, spezifische örtliche Parameter für eine große Menge von unterschiedlichen Arten und für jedes mögliche Radionuklid zu sammeln, was normalerweise bei komplexen ökologischen Modellen erforderlich ist. Die Übertragung von Radionukliden durch das marine Nahrungsnetz ist in der Abbildung [Abbildung V.1.13-1- 2] schematisch dargestellt. In der pelagischen Zone und in der Bodenzone kommen unterschiedliche Nahrungsketten vor. Die pelagischen Organismen teilt man in Primärerzeuger (Phytoplankton) und Verbraucher: Zooplankton, Fischfutter (nicht Raubfische) und Raubfische. Alle Organismen übernehmen die Radioaktivität direkt aus dem Wasser. Dieses Nahrungsnetz wurde im Zellenmodell POSEIDON-R implementiert. Der Zusatz des Boden-Nahrungsnetzes enthält unterschiedliche Pfade für die Radionuklide:

1. Durch Kontamination von Wasser als pelagisches Nahrungsnetz,
2. Durch einen vertikalen Strom von Überresten und Kot von Zooplankton,
3. Über kontaminierte Bodensedimente.

Die Bodennahrungskette umfasst den Transfer aus dem Bodensediment in das Sediment der Wirbellosen-Nahrung und zu den benthischen Fischen sowie zu den benthischen Raubtieren. Zu den Komponenten dieses Systems gehören Krebstiere (die sich beispielsweise mit Detritus, d. h. feinen Überresten und toten organischen Stoffen ernähren), Weichtiere (die die Nahrung herausfiltern) und in Küstengewässern lebende Raubtiere in der vollständigen Wassersäule der flachen Küstengewässer. Diese Organismen nehmen Radionuklide mit dem Nahrungsnetz direkt aus dem Wasser auf.



Woda	Wasser
Fitoplankton	Phytoplankton
Zooplankton	Zooplankton
Nie rybożerne ryby	Nicht fischfressende Fische
Rybożerne ryby	Fischfressende Fische



Mięczaki	Mollusken
Skorupiaki	Krustentiere
Drapieżniki kolumny wody	Raubtiere in der Wassersäule
Osad organiczny	Organisches Sediment
Wodorosty	Seegras
Osad pożywienia bezkręgowców	Sediment der Wirbellosen-Nahrung
Ryby przydenne	Bodenfische
Drapieżniki denne	Raubtiere am Boden

Abbildung V.1.13-1- 3 Schematische Darstellung der Übertragung von Radionukliden durch Meeresorganismen  
Quelle: [27]

## 8. FDMA-Modell

FDMA (engl. *Food and Dose Modules Aquatic*) ist ein Modell zur Simulation des Transfers von radioaktiven Substanzen in der aquatischen Nahrungskette durch Kontamination von Wasser (das zum Trinken, Füttern von Tieren oder im System der Pflanzenbewässerung verwendet wird) zwecks Abschätzung der Dosen für die Bevölkerung, die sich aus dem Verzehr von Wasser, landwirtschaftlichen Produkten und Fischen ergeben [29]. Die Eingangsdaten des FDMA-Moduls im RODOS sind die Ausgangsdaten des HDM-Moduls, das die Kontamination von Gewässern beschreibt. Als grundlegende Daten dienen damit die Konzentrationen von Radionukliden im Oberflächengewässer in Abhängigkeit von Zeit. Mit dem FDMA-Modell ist es wiederum möglich, die Aktivitäten in unterschiedlichen Arten von Lebensmitteln und in Futtermitteln und damit auch die Dosen für die Bevölkerung aus der aquatischen Nahrungskette, dem kontaminierten Wasser und dem Verzehr von kontaminierten Fischen abzuschätzen, womit auch die Eingabedaten für das grundlegende FDMT-Modell des RODOS-Systems generiert werden.

Ein Teil des Wertes der Modelparameter bezieht sich auf physikalische und biologische Prozesseigenschaften (Dosis- und Transferfaktoren), sie sind nicht von der betrachteten Region abhängig. Die übrigen Werte sind von den Daten abhängig, die für die jeweiligen Regionen kennzeichnend sind – im Falle dieser Implementierung wurden sie aus den Daten zu den radioökologischen Makroregionen für Polen gewonnen. Die wichtigsten davon sind:

- Bewässerungsdaten,
- Erntezeiten und Erträge,
- Futtermittel für Nutztiere,
- Aufbewahrungs- und Verarbeitungszeiten von Lebensmitteln,
- Koeffizienten des Verzehrs durch Menschen,
- Größe der Bevölkerung in dem betreffenden Gebiet.

## 9. Methodik der Anwendung der HDM-Modellkette für Dosisberechnungen

Der erste notwendige Schritt bei der Abschätzung der Dosisgrößen aus Kontaminationen von Oberflächengewässern und Grundgewässern durch Luftkontaminationen ist der Einsatz von Simulationsergebnissen des Modells des Transportes und der Dispersion von Kontaminationen in der LSMC-Atmosphäre. Es handelt sich hier insbesondere um die Zahlen, die in den LSMC-Berechnungen tatsächlich indirekt sind, wie z. B. Bodenkontaminationen. Zu diesem Zweck ist es erforderlich, die Option der Kontamination von Böden und Gewässern zu nutzen. Dies bezieht sich sowohl auf die betriebsbezogenen Emissionen als auch auf die störfallbezogenen Freisetzungen. Die Ergebnisse des LSMC-Modells dienen auch der Auswahl von jenen meteorologischen Sequenzen, die zu den größten Kontaminationen von Küsten- oder Binnengewässern führen. Die Auswahl von meteorologischen Sequenzen stützt sich auf Datensätze aus den Referenzjahren. Die meteorologischen Sequenzen wurden in zwei Schritten ausgewählt:

- Verwendung von meteorologischen Datensätzen aus den drei Referenzjahren und vorläufige Auswahl, um die meteorologischen Sequenzen auszuschließen, die keine wesentliche Kontamination von Oberflächen- und Grundwassern nach sich ziehen würden.
- Auswahl von Sequenzen, die die größten Depositionen auf dem betreffenden Gebiet ergeben.

Bei flüssigen betriebsbezogenen Freisetzen ist das Verfahren einfacher, denn die Anwendung des POSEIDON-Modells ist ausreichend.

Der weitere Schritt besteht in der Implementierung der HDM-Modellkette. Das allgemeine Verfahren zur Anpassung der Modelle besteht aus den folgenden Schritten:

1. Verarbeitung von Daten aus hydrographischen Netzen, den Küstengebieten und den hydrologisch-meteorologischen Stationen des Untersuchungsbereiches (d. h. Zuflüsse aus Piaśnica und Bychowska Struga zum Żarnowiecki-See und der Pfad entlang dem Żarnowiecki-See, dem Fluss Piaśnica bis zur Ostsee (RETRACE- RIVTOX i COASTOX für den Żarnowiecki-See) sowie die maritimen Eingangsdaten für das POSEIDON-Modell. Dem ist hinzuzufügen, dass das LSMC-Simulationsgebiet eine Fläche von ca. 80x80 km umfasst, also auch das untersuchte Einzugsgebiet rund um die potenziellen KKW-Standorte.
2. Die Kalibrierung von hydrologischen Parametern / hydraulischen Modellen von Flüssen und Seen (RIVTOX, COASTOX) auf der Grundlage der vorhandenen Daten aus hydrologischen Beobachtungen und sowie entsprechend Kalibrierung von Parametern des Wasseraustausches zwischen den einzelnen Gebieten für das POSEIDON-Modell.
3. Testen und notwendige Modifikationen der Schnittstelle für die HDM-Modellsoftware.
4. Anpassung der Schnittstelle an die Ausgangsdaten aus HDM-Modellen zwecks Präsentation der Modellierungsergebnisse aus HDM.

Um die RETRACE- und RIVTOX-Modelle in den Umweltberechnungen im RODOS-System zu implementieren, ist es erforderlich, die folgenden Schritte auszuführen:

1. Bereitstellung der Daten und Konfiguration des RETRACE-Durchflussmodells.
2. Bereitstellung der Daten für das RIVTOX-Modell, mit dem Simulationen des Transportes von Radionukliden in den Oberflächengewässern im Störfall simuliert werden, die Ergebnisse aus dem RIVTOX-Modell dienen ihrerseits als Eingangsdaten für das FDMA-Dosismodell.

Der erste Schritt umfasst die folgenden Elemente:

- Auf der Grundlage der gewonnenen Daten wurde ein Modell der Flussnetzgeometrie vorbereitet. Das Raster, das für das Flussmodell steht, ist so aufgebaut, dass die Modellierung des Flusses in Gruppen von Segmenten, Knoten und Verbindungen aufgeteilt worden ist. Es wurde auch ein GIS-Modell im Shape-Format erstellt. Diese Datei enthält Einzelheiten zur Flussnetzgeometrie und wird im RETRACE-Modell verwendet, das zur Bestimmung der Größe von Strömen aus dem betreffenden Flussnetzeinzugsgebiet dient. Dieselbe Datei wird auch für die graphische Präsentation von Ergebnissen der durchgeführten Simulation verwendet und wird zum Teil der RODOS-Schnittstelle.
- Die Daten zu den Flussquerschnitten wurden bereitgestellt und den einzelnen Punkten der Modelldomäne zugeordnet.

Der zweite Schritt umfasst:

- Bereitstellung der Rand- und Anfangsbedingungen in dem spezifischen, im RIVTOX-Modell verwendeten Format. Die Ergebnisse aus dem hydraulischen Modell werden mit Daten aus Beobachtungen verglichen, um die Modellparameter anzupassen.
- Nutzung der Daten aus der Simulation mit dem Modell der atmosphärischen Dispersion – diesen Teil sichern Schnittstellen des RODOS-Systems.

Nachdem die o. g. Schritte ausgeführt worden sind, wird das Modell in der Systemumgebung von RODOS implementiert.

Die Abbildung [Abbildung V.1.13-1- 4] zeigt das implementierte GIS-Modell des Flussnetzes, mit dem Hauptpfad aus den Zuflüssen zum Żarnowiecki-See (Bychowska Struga und Piaśnica), dem See selbst und der Mündung von der Piaśnica ins Meer.

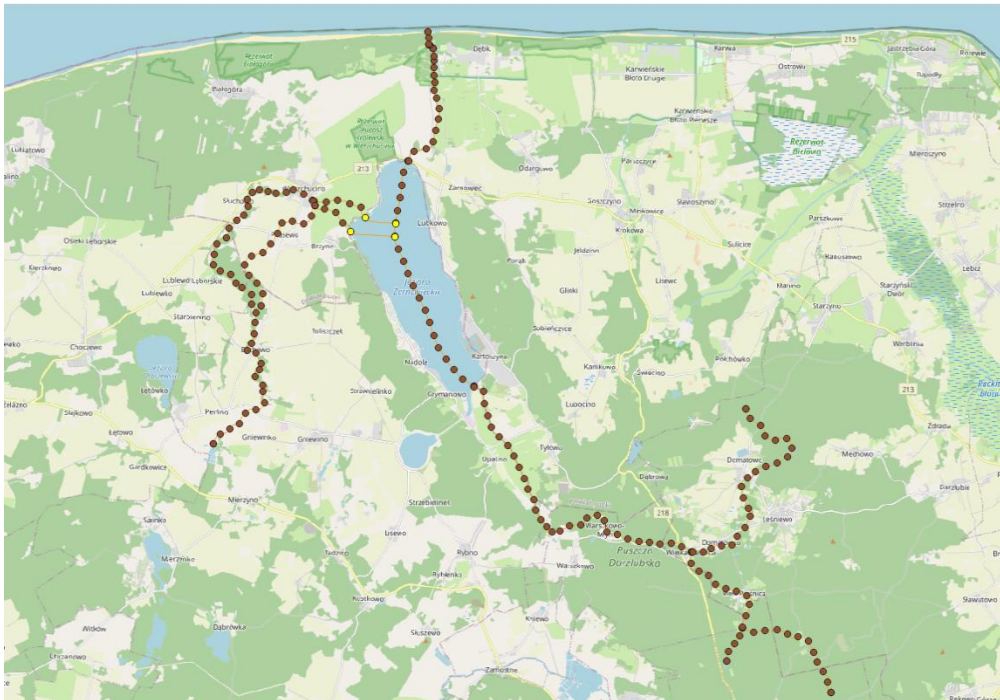


Abbildung V.1.13-1- 4 GIS-Modell des Flussnetzes

Quelle: [11], [12]

Jedem Punkt dieses Netzes wurden entsprechende geometrische Werte zugeordnet, also Querschnitte und die Bathymetrie des Żarnowiecki-Sees unter Einsatz von Daten aus dem 3D-Modell und den Wasserstandmessstationen Za1- Za5.

Wie auch im RIVTOX-Modell wurde das zweidimensionale COASTOX-Modell auf der Grundlage von bathymetrischen Daten an das Gebiet des Żarnowiecki-Sees angepasst. Das gesamte Raster besteht aus 38.839 Zellen in einer charakteristischen Größe von 50 m. Basierend auf dem Testfall wurde festgestellt, dass die Propagationsrate infolge der kleinen Geschwindigkeit des Wassers im See (ca. 0,00001 – 0,001 m/s) gering ist.

Das POSEIDON-R-Modell[27] dient zur Simulation des Transfers von Radionukliden im Wasser sowie der Bodensedimentation. Für den Radionuklidtransfer sind die Meeresströmungen ausschlaggebend, deswegen sind die Durchflusswerte zwischen den betroffenen Volumina bei der Implementierung von großer Bedeutung. Die Durchflusswerte werden auf der Grundlage von dreidimensionalen Geschwindigkeitsfeldern bestimmt. Die Implementierung des POSEIDON-Modells besteht aus den folgenden Schritten:

- Validierung des Zirkulationsmodells durch Vergleich der berechneten Wassergeschwindigkeiten mit den Messungen;
- Erstellung eines neuen Berechnungsrasters mit hoher Auflösung, samt Bestimmung der Durchflussgrößen zwischen den einzelnen Volumenströmen in Anlehnung an Daten aus dem Zirkulationsmodell;
- Integration des Berechnungsrasters mit den RODOS-Schnittstellen;
- Ausführung von Testsimulationen.

Der erste Schritt der Implementierung bestand in der Anwendung des Zirkulationsmodells NEMO-Nordic\* für einen Zeitraum von 10 Jahren (2009-2018). Die Auflösung des Modells beträgt ca. 3,7 km, was bedeutet, dass eine Anpassung der Modellparameter für eine bessere Kompatibilität im Falle der Durchflüsse in der Küstennähe vorgenommen werden musste (grundsätzlich geht es um Strömungen, denn die Gezeiten sind in der Ostsee praktisch nicht vorhanden). Zu diesem Zweck wurden Messdaten aus den Bojen verwendet, die sich eher nahe der Küste befinden. Eine typische Verteilung der Strömungen ist der Abbildung [Abbildung V.1.13-1- 5] zu entnehmen.

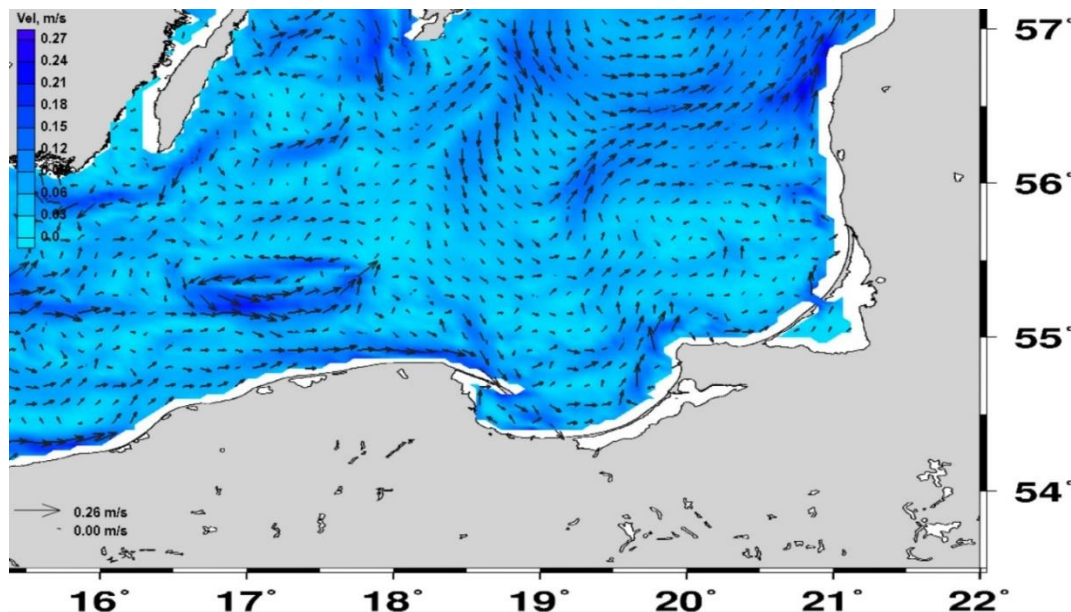


Abbildung V.1.13-1- 5 Charakteristische Verteilung von Oberflächenströme (Angaben aus dem 1. Mai 2018) auf der Grundlage des NEMO-Nordic-Modells.

Quelle: [11], [12]

Die Auflösung des NEMO-Nordic-Modells beträgt 1/30 Grad geographische Breite und 1/18 Grad geographische Länge, was ca. 3,7 km in beiden Richtungen entspricht. In Anlehnung an eine solche Auflösung wurde im zweiten Schritt ein Berechnungsraster für das POSEIDON-R-Modell erstellt, mit einer minimalen Volumenfläche einer Masche von 11x11 km (was ca. 3x3 Berechnungsknoten in einer Masche des NEMO-Nordic-Modells entspricht). Ein Raster dieser Größe wurden entlang des Ufers erstellt, die größeren Rastermaschen befinden sich in einer größeren Entfernung vom Ufer.

Die Volumina und die mittleren Tiefen in jeder Rastermasche wurden auf der Grundlage von bathymetrischen Daten festgelegt. Für die größeren Maschen wurden sie vertikal in die Oberflächen- und die Bodenschicht geteilt, damit die Konzentrationsschichtung besser beschrieben werden kann.

Im weiteren Schritt wurde dieses Raster als Berechnungsraster in das RODOS-System implementiert.

Neben den Kontaminationen durch betriebsbezogene flüssige Freisetzen kann das Meeresgebiet auch durch atmosphärische Emissionen und Deposition (auf Land und Wasser) kontaminiert werden. In diesem Fall ist es wesentlich, dass spezielle Rastermaschen (sog. coastal box) an der Meeresküste selbst festgelegt werden, um die Dosiswerte im Küstengebiet zu ermitteln. In dem NEMO-Nordic-Modell ist die Größe einer solchen Masche durch die folgenden Parameter bestimmt: Volumen 0,132 km<sup>3</sup>, Tiefe 10 m, Geschwindigkeit des Wasserwechsels mit der äußeren (von der Küste weiter entfernten) Masche 7,5 km<sup>3</sup>/Jahr. Die übrigen Parameter sind dieselben, wie bei der äußeren Masche.

\* Online-Zugang: <http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/>

## 10. MODFLOW-Modell

Zu den am häufigsten verwendeten Modellen der Grundwasserdynamik gehört MODFLOW [30]. Ein reichhaltiges Set von zusätzlichen Paketen und Software, die man bei der Durchführung der Simulation in Anspruch nehmen kann, macht seinen Anwendungsbereich sehr breit. Für die Durchführung einer Simulation von Kontaminationskonzentrationen sollten weitere Offline-Modelle verwendet werden, denn MODFLOW selbst dient zur Modellierung der Grundwasserdynamik, nicht des Transportes von Kontaminationen. Der Hauptansatz des MODFLOW-Modells bestand in der Simulierung von Grundwasserdurchflüssen in zwei oder drei räumlichen Dimensionen. MODFLOW, das von U. S. Geological Survey (USGS) seit 1990 entwickelt wird, gehört heute zu den am meisten verwendeten Modellen zur Simulierung des Durchflusses von Grundgewässern und gilt als Grundlage für die Erstellung von verschiedenen Erweiterungen und Anwendungsmodellen. Das Modell ist modular gebaut. MODFLOW wird als Wasserflussmodell mit einer Differentialgleichung (des parabolischen Typs) beschrieben, bei dem die piezometrische Höhe unbekannt und die Prozesse durch die Filtrationskoeffizienten parametrisiert sind. Der Benutzer dieses Modells muss die Größe der Quelle, die anfängliche piezometrische Höhe und die Randbedingungen bestimmen. Da es nicht erforderlich ist, den gesamten im MODFLOW verfügbaren Satz der Gleichungen zu nutzen, wurde es in Pakete geteilt. Der Systembenutzer wählt selbst jene Gleichungen, die er für seine Aufgabe benötigt. Eine Ergänzung des MODFLOW-Modells, mit dem Durchflüsse von Kontaminationen in den Grundgewässern simuliert werden können, stellt das MT3DMS (Modular Three-Dimensional Multispecies Transport Model) dar. Es handelt sich um ein Dispersionsmodell der allgemeinen Anwendung, bei dem Daten aus der Dynamik von Grundgewässern erforderlich sind. Das MT3DMS-Modell [31] ist Nachfolger des älteren MT3D, mit dem der Transport von Kontaminationen aus Grundgewässern simuliert werden konnte.

Im Rahmen der durchgeführten Arbeiten [32], [33] wurde ein hydrogeologisches Modell und ein Modell der Grundgewässer unter Einsatz des Pakets Groundwater Vistas erstellt. Grundsätzlich handelt es sich dabei um ein graphisches Design-System für Modelle des MODFLOW-Pakets oder für ähnliche Modelle, wie MT3D, mit dem die Erstellung von Berechnungsprojekten und -modellen des MODFLOW-Pakets erleichtert wird. Die Ergebnisse der mit diesen Modellen durchgeführten Simulationen werden in Form von Konturskizzen, Konturfüllungen, Geschwindigkeitsvektoren und einzelnen Analysen der Massenbilanz dargestellt. Für die Modellierung der Grundwasserkontaminationen wurde ein MODFLOW-Modell erstellt, mit dem die Charakteristik der Durchflüsse im Boden bestimmt wird, was als Grundlage für das Modell des Transportes und der Dispersion von Kontaminationen in porösen Substanzen dient.

Gleichzeitig wurde für die vorläufigen Berechnungen der vereinfachte Code PC-CREAM 08 [14] verwendet, der als ein glaubwürdiges Instrument für die Bewertung radioaktiver Auswirkungen für kollektive und individuelle Dosen bei betriebsbezogenen oder störfallbezogenen Freisetzungen von radioaktiven Stoffen in die Umwelt gilt. Damit kann eine detaillierte quantitative Untersuchung der Verbreitungswege von radioaktiven Nukliden vorgenommen werden, die zu der von der Bevölkerung aufgenommenen Gesamtenergie dosis beitragen. Die Eingabedaten für die Berechnungen beziehen sich auf die Bevölkerung, die landwirtschaftlichen und Wetterbedingungen, sowie auf die Menge und den Gehalt des Isotops im kontaminierten Stoff.

Zu den Modellen des PC-CREAM08-Paketes gehört GRANIS als Modell zur Simulierung von Radionuklidmigrationen im Boden; es erlaubt, radioaktive Konzentrationen im Boden (und allgemein in porösen Substanzen) zu bestimmen und die Dosen zu ermitteln. In der Regel besteht der erste Schritt in der Bestimmung der Dosen, die durch die unterschiedlichen Bodenschichten aufgenommen wurden. Dabei werden die Eigenschaften des Bodens und die Bereiche der Energie berücksichtigt, die durch die Radionuklide emittiert wird. Das GRANIS-Modell wurde sowohl mit analytischen Methoden als auch mit anderen Codes (u. a. MODFLOW) validiert, es konnte dabei festgestellt werden, dass Differenzen für das Energiespektrum im Bereich von 0,1 bis 4 MeV um einen Faktor von weniger als 2 kleiner sind [34]. Die Schätzungen der Radionuklid-Konzentrationen im Boden sind völlig zufriedenstellend [35].

Das GRANIS-Modell wurde vor allem zur Ermittlung von radioaktiven Konzentrationen im Boden auf der Grundlage von Depositionen im betreffenden Gebiet genutzt. Dem ist hinzuzufügen, dass das PC-CREAM-Paket im Vergleich zu MODFLOW konservativere Ergebnisse liefert.

## Quellmaterialien

### Literaturverzeichnis

- [1] Schulte E. H., G. N. Kelly, C. A. Jackson, Decision Support for Emergency Management and Environmental Restoration, European Commission, Luxemburg, Report EUR 19793, 2002
- [2] Ehrhardt J., A. Weis (eds), RODOS: Decision Support System for Off-site Nuclear Emergency Management in Europe. European Commission, Brussels, Report EUR 19144, 2000
- [3] Ehrhardt, J., Päsler-Sauer, J., Schüle, O., Benz, G., Rafat, M. and Richter, J. (1993). Development of RODOS, a Comprehensive Decision Support System for Nuclear Emergencies in Europe - an Overview. In: Proceedings of the Third International Workshop on Real-time Computing of the Environmental Consequences of an Accidental Release to the Atmosphere from a Nuclear Installation, Schloss Elmau, Bavaria, October 25-30 1992. Journal of Radiation Protection Dosimetry
- [4] S. Andronopoulos, J.G. Bartzis, Model description of the RODOS Meteorological Pre-Processor RODOS(RA2)-TN(09)-02, 2009
- [5] S. Thykier-Nielsen, S. Deme, T. Mikkelsen, Description of the Atmospheric Dispersion Module RIMPUFF, RODOS(WG2)-TN(98)-02, 1999
- [6] Mikkelsen, T., Larsen, S. E., ThykierNielsen, S.: Description of the RISO Puff Model. Nuclear Technology 76(1984)56
- [7] S. Andronopoulos, E. Davakis, J. G. Bartzis, RODOS-DIPCOT Model Description and Evaluation, RODOS(RA2)-TN(09)-01, 2009,
- [8] J. Päsler-Sauer, Comparison and validation exercises of the three atmospheric dispersion models in RODOS, Radioprotection, 2010 , Vol. 45, n° 5, pages 89-96, DOI: 10.1051/radiopro/2010018
- [9] Connan, Olivier, et al. "Comparison of RIMPUFF, HYSPLIT, ADMS atmospheric dispersion model outputs, using emergency response procedures, with 85Kr measurements made in the vicinity of nuclear reprocessing plant." Journal of environmental radioactivity 124 (2013): 266-277.
- [10] H. Müller, F. Gering, G. Pröhl, Model Description of the Terrestrial Food Chain and Dose Module FDMT in RODOS PV6.0 , RODOS(RA3)-TN(03)06, 2004
- [11] Analiza oddziaływania radiacyjnego dla planowanej elektrowni jądrowej w lokalizacji Żarnowiec (do 30 km od EJ) [Analyse der Strahlenauswirkungen für das geplante Kernkraftwerk, Standort Żarnowiec (bis zu 30 km vom KKW entfernt)]. Narodowe Centrum Badań Jądrowych, 22.09.2021 r. [Nationales Zentrum für Kernforschung] Code des Dokumentes: BLS\_ADR\_ADR01\_RY\_05005\_07\_PL
- [12] Analiza oddziaływania radiacyjnego dla planowanej elektrowni jądrowej w lokalizacji Żarnowiec (do 30 km od EJ) [Analyse der Strahlenauswirkungen für das geplante Kernkraftwerk, Standort Żarnowiec (bis zu 30 km vom KKW entfernt)]. Narodowe Centrum Badań Jądrowych, 8.10.2021 r. [Nationales Zentrum für Kernforschung] Code des Dokumentes: BLS\_ADR\_ADR01\_RY\_05006\_04\_PL
- [13] Smith J, Oatway W, Brown I and Sherwood J (2009). PC-CREAM 08 user guide. RPD-EA-9-2009.
- [14] J G Smith and J R Simmonds, The methodology for assessing the radiological consequences of routine releases of radionuclides to the environment used in PC-CREAM 08, HPA-RPD-058, Health Protection Agency, 2009
- [15] P. Detistov et al. Demonstration of the Computer Code PC CREAM 08 Abilities to Evaluate Collective and Individual Dose Rates in Case of Accidental Release of Radioactive Isotopes in the Atmosphere, BgNS TRANSACTIONS Vol. 20 number 1 (2015) pp. 70–73
- [16] Tkalich P., Zheleznyak M., Lyashenko G., Marinets A. RIVTOX - Computer Code to Simulate Radionuclide Transport in Rivers, A. Peters et al. (eds.), Computational Methods in Water Resources X, vol. 2, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1994, pp. 1173-1180.
- [17] Gofman D., Lyashenko G., Marinets A., Mezhueva I., Shepeleva T., Tkalich P., Zheleznyak M. Implementation of the Aquatic Radionuclide Transport Models RIVTOX and COASTOX into the RODOS System. The radiological consequences of the Chernobyl accident. Proceedings of the first international conference. Minsk, Belarus 18 to 22 March 1996. Editors A. Karaoglou, G. Desmet, G. N. Kelly and H. G. Menzel. European Commission. Luxembourg,1996, p.1181-1184, EUR16544EN.

- [18] Holly F.M., Yang J.C., Schovarz P., Scheefer J., Hsu S.H., Einhellig R. (1990) CHARIMA numerical simulation of unsteady water and sediment movements in multiply connected networks of mobilebed channels. IHR Report No. 0343, The University of Iowa, Iowa City, Iowa, USA.
- [19] Cunge J.A., Holly Jr. F.M., Verwey A. (1980) Practical Aspects of Computational River Hydraulics. Pitman Publishing Ltd., London.
- [20] Zheleznyak M., Blaylock G., Gontier G., Konoplev A. et al. Modelling of radionuclide transfer in rivers and reservoirs: validation study within the IAEA\CEC VAMP Programme. International Symposium on Environmental Impact of Radioactive Releases, IAEA, Vienna, 8-12 May 1995, IAEA-SM-339, IAEA, 1995, p.330-331.
- [21] Zheleznyak M., Heling R., Raskob W., Popov A., Borodin R., Gofman D., Lyashenko G., Marinets A., Pokhil A., Shepeleva T., Tklich P. Modelling of Hydrological Pathways in RODOS. The radiological consequences of the Chernobyl accident. Proceedings of the first international conference. Minsk, Belarus 18 - 22 March 1996. Editors A. Karaoglou, G. Desmet, G. N. Kelly and H. G. Menzel. European Commission. Luxembourg, 1996, p. 1139-1148 EUR16544EN.
- [22] Bezhenar R., Jung K.T., Maderich V., Willemsen S., de With G., Qiao F., 2016. Transfer of radiocaesium from contaminated bottom sediments to marine organisms through benthic food chain in post-Fukushima and post-Chernobyl periods. *Biogeosciences* 13, 3021–3034.
- [23] Maderich V., Heling R., Bezhenar R., Brovchenko I., Jenner H., Koshebutskyy V., Kuschan A., Terletska K. 2008. Development and application of 3D numerical model THREETOX to the prediction of cooling water transport and mixing in the inland and coastal waters. *Hydrological Processes*, 22, 1000-1013.
- [24] Maderich V., Bezhenar R., Heling R., de With G., Jung K.T., Myoung J.G., Cho Y.-K., Qiao F., Robertson L. 2014. Regional long-term model of radioactivity dispersion and fate in the Northwestern Pacific and adjacent seas: application to the Fukushima Dai-ichi accident. *J. Environ. Radioactivity* 131, 4-18 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvrad.2013.09.009>
- [25] Bezhenar R., Heling R., Ievdin I., Iosjpe M., Maderich V., Willemsen S., de With G., Dvorzhak A. (2016a) Integration of marine food chain model POSEIDON into Hydrological Dispersion Module of JRODOS. *Radioprotection* 51(HS2), S137–S139.
- [26] Heling, R., Koziy, L., Bulgakov, V., 2002. On the dynamical uptake model developed for the uptake of radionuclide in marine organisms for the POSEIDON-R model system. *Radioprotection* 37, C1, 833-838.
- [27] Lepicard, S., Heling, R., Maderich, V., 2004. POSEIDON-R/RODOS models for radiological assessment of marine environment after accidental releases: application to coastal areas of the Baltic, Black and North Seas. *J. Environ. Radioactivity* 72, 153-161.
- [28] Maderich V., Jung K.T., Bezhenar R., de With G., Qiao F., Casacuberta N., Masque P., Kim, Y.H. 2014. Dispersion and fate of <sup>90</sup>Sr in the Northwestern Pacific and adjacent seas: global fallout and the Fukushima Dai-ichi accident. *Science of the Total Environment* 494-495, 261–271. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.06.136>
- [29] Muller H., Gering F., Prohl G. Model description of the aquatic food chain and dose module FDMA in RODOS PV4.0. RODOS Report WG3-TN(99)18, 2004. 22 p.
- [30] Harbaugh Arlen W. MODFLOW-2005, The U.S. Geological Survey Modular Ground - Water Model - the Ground-Water Flow Process, chapter 16. U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6–A16, 2005.
- [31] Zheng Chunmiao P.; Wang Patrick. MT3DMS: A Modular Three- Dimensional Multispecies Transport Model for Simulation of Advection, Dispersion, and Chemical Reactions of Contaminants in Groundwater Systems; Documentation and User's Guide. University of Alabama, December 1999. <sup>[L]</sup><sub>[SEP]</sub>
- [32] Dodatek nr 1 do dokumentacji hydrogeologicznej określającej warunki hydrogeologiczne w związku z zamierzonym wykonywaniem przedsięwzięcia mogącego negatywnie oddziaływać na wody podziemne, w tym powodować ich zanieczyszczenie, tj. Elektrowni Jądrowej – wariant lokalizacji "Lubiatowo-Kopalino", BLS\_GEO\_BGEO2\_DG\_10002\_AA\_PL
- [33] Dodatek nr 1 do dokumentacji hydrogeologicznej określającej warunki hydrogeologiczne w związku z zamierzonym wykonywaniem przedsięwzięcia mogącego negatywnie oddziaływać na wody podziemne,



---

w tym powodować ich zanieczyszczenie, tj. Elektrowni Jądrowej – wariant lokalizacji "Żarnowiec",  
BLS\_GEO\_BGEO2\_DG\_10003\_AA\_PL

- [34] Kowe R., Carey AD., Jones JA. and Mobbs SF. (2007). GRANIS: A Model for the Assessment of External Photon Irradiation from Contaminated Media of Infinite Lateral Extent. Chilton, HPA-RPD-032.
- [35] Busby RG. (1999). Validation of the PC CREAM Soil Model. IN PC CREAM User Group Report of the First Meeting held at NRPB, Chilton, 3 and 4 December 1998. Chilton, NRPB-R309.

## Verzeichnis der Abbildungen

Rysunek V.1.13-1- 1 Mapa Polski z zaznaczonymi siedmioma regionami (liczby wskazują numer regionu w bazie systemu RODOS). .....	148
Rysunek V.1.13-1- 2 Struktura modelu generycznego podziału POSEIDON-R .....	151
Rysunek V.1.13-1- 3 Schemat przenoszenia radionuklidów przez organizmy morskie .....	152
Rysunek V.1.13-1- 4 GIS-owski model sieci rzecznej.....	155
Rysunek V.1.13-1- 5 Charakterystyczny rozkład prądów powierzchniowych (dane z dnia 1 maja 2018) na podstawie modelu NEMO-Nordic. ....	156



# Teil 7

## Anhang V.1.16-1

**Beschreibung von Modellen, die bei der Analyse der radioaktiven Strahlung bei Störfällen Anwendung finden**

---

**Auszug aus Anhängen des Bands V des UVP-Berichtes**

---

Sprachversion: DE

Juli, 2022



**Świadomie o atomie**  
energia jądrowa w Polsce

**Polskie Elektrownie Jądrowe sp. z o.o.**



---

## Inhalt

<b>1. MODELLIERUNG DER AUSBREITUNG RADIOAKTIVER STOFFE UND BESTIMMUNG DER DOSEN IN EINER ENTFERNUNG VON 30 KM VOM KKW .....</b>	<b>166</b>
1.1. Modellierung der Ausbreitung von radioaktiven Substanzen, die in die Luft freigesetzt wurden, und Bestimmung von Dosen im Zusammenhang mit diesen Freisetzungen .....	166
1.2. Modellierung des Transportes von radioaktiven Substanzen in die Oberflächengewässer und Bestimmung der mit deren Kontaminierung verbundenen Dosen.....	167
1.3. Modellierung der Ausbreitung von radioaktiven Substanzen in den Grundgewässern .....	169
<b>2. MODELLIERUNG DER AUSBREITUNG VON RADIOAKTIVEN SUBSTANZEN UND BESTIMMUNG DER DOSEN IN EINER ENTFERNUNG VON ÜBER 30 KM VOM KKW, DARUNTER IM GRENZÜBERSCHREITENDEN KONTEXT</b>	<b>170</b>
<b>3. ANALYSE DER TRAJEKTORIEN UND BEREITSTELLUNG VON METEOROLOGISCHEN DATEN .....</b>	<b>175</b>
<b>QUELLEN .....</b>	<b>178</b>
Literaturverzeichnis.....	178
Abbildungsverzeichnis.....	178

# **1. Modellierung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe und Bestimmung der Dosen in einer Entfernung von 30 km vom KKW**

## **1.1. Modellierung der Ausbreitung von radioaktiven Substanzen, die in die Luft freigesetzt wurden, und Bestimmung von Dosen im Zusammenhang mit diesen Freisetzungen**

Die Beschreibung der angewendeten Modelle ist dem Abschnitt [Abschnitt V.1.13] zu entnehmen, wobei für die Abschätzung der Strahlungsauswirkungen von KKW auf die Umgebung von bis zu 30 km unter Störfallbedingungen lediglich das RODOS-System verwendet wurde, insbesondere des Modell RIMPUFF zur Ermittlung des Transportes und der Dispersion von Kontaminationen in der Atmosphäre sowie das Dosismodell FDMT, unter Berücksichtigung der in Polen vorhandenen radioökologischen Makroregionen. Für die Verarbeitung der meteorologischen Daten wurde der Präprozessor RMPP verwendet, der Teil der LSMC-Modellkette im RODOS-Systems ist. Die Methode der Auswahl von meteorologischen Sequenzen wurde auch im Band V (Abschnitt V.1.13) beschrieben, wobei:

- für die Bestimmung des Bereiches der eingeschränkten Nutzung (OOU) wurden 115 ausgewählte Sequenzen aus den Referenzjahren 2005, 2010 und 2012 (zuzüglich zwei Sondersequenzen von 1995) verwendet, sowie 44 Sequenzen aus dem 24-monatigen Überwachungszeitraum, also insgesamt 159 Sequenzen [Anhang V.1.13-2];
- für die Bestimmung der Zonen der Störfallplanung und der Distanzen der erweiterten Planung sowie der Planung des Verzehrs und der Warenkontrolle wurden 146 Sequenzen aus dem Jahre 2010 angewendet (Referenzjahr in Bezug auf die Exposition und die Deposition), unter Annahme von wechselhaften Freisetzungen am Tag und in der Nacht (alle zwei Tage, also in der Praxis alle zweieinhalb Tage) während der o. g. 44 Sequenzen des 24-monatigen Überwachungszeitraums, also insgesamt 190 Sequenzen.

Die grundlegenden Annahmen bei der Ermittlung der Dosisgrößen für die einzelnen Kriterien sehen folgendermaßen aus:

- Es wurden Dosen für Erwachsene und Säuglinge festgelegt (die Säuglinge als eine besonders exponierte Gruppe – den Vorschriften ist nicht zu entnehmen, für welche Bevölkerungsgruppen die Dosen ermittelt werden sollen, deswegen sind Personen aus der gesamten Bevölkerung anzunehmen, wie auch bei den Grenzdosen).
- Diese Berechnungen wurden so ausgeführt, dass alle Freisetzungen von Anfang an und während deren Gesamtdauer berücksichtigt werden – bei den monatlichen Freisetzungen umfassten sie z. B. den Zeitraum von 780 Stunden. Dosen für längere Zeiträume (z. B. von einem Jahr, zwei Jahren, oder einer Lebensdauer) werden durch die entsprechenden Module des RODOS-Systems ermittelt.
- Die Dosen aus Nahrungsmitteln wurden unter der Annahme des Verzehrs von Produkten aus dem betroffenen Gebiet ermittelt, unter Anwendung von radioökologischen Daten für die jeweilige Region Polens, die in der Datenbank des RODOS-Systems gesammelt sind.
- Die Dosis für einen Fötus wird gemäß dem britischen Dokument [1]: „HSE Doses to the Embryo/Fetus and Neonate from Intakes of Radionuclides by the Mother“ berechnet.
- Es ist nicht möglich, mit dem RODOS-System eine 30-tägige Basis nach 2 Jahren festzulegen. Eine solche Dosis wird folgendermaßen abgeschätzt: Es wird die Differenz zwischen der 2-Jahres-Dosis und einer 1-Jahr-Dosis berechnet, um auf diese Weise den Wert der Dosis im zweiten Jahr zu ermitteln, anschließend wird diese durch 12 geteilt, was als eine Abschätzung der Dosis aus dem 24. Monat (anstatt aus dem 25. Monat) interpretiert werden kann. Die auf diese Art und Weise geschätzte Dosis ist mit Sicherheit höher

als die tatsächliche Dosis, da der Graph der Funktion der kumulierten Dosis in Abhängigkeit von der Zeit (ein Jahr nach der Freisetzung) eine konkave Form hat (die Dosis vermindert sich quasi-exponentiell).

Mit dem FDMT-Modell kann man die Dosen für alle Expositionswege in unterschiedlichen Zeiträumen sowohl bei den Erwachsenen als auch bei den Kindern abschätzen. In Bezug auf die Schilddrüse werden standardmäßig Äquivalentdosen ermittelt. Da sich die Vorschriften auf aufgenommene Dosen beziehen, wurde die effektive Dosis in die Energiedosis mit den Umrechnungsfaktoren umgerechnet, die der Studie [2] (ICRP-116 „Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposures“, Anhänge A und B unter Berücksichtigung korrigierter Daten in Corrigenda for Publication ICRP 116) zu entnehmen sind.

## 1.2. Modellierung des Transportes von radioaktiven Substanzen in die Oberflächengewässer und Bestimmung der mit deren Kontaminierung verbundenen Dosen

Im Falle des AP1000-Reaktors ist eine direkte Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Oberflächengewässer praktisch ausgeschlossen, und zwar sowohl bei einem in Bezug auf die radioaktive Auswirkung am Limit liegenden Auslegungstörfall (engl. *bounding design basis accident*) als auch bei einem schweren Störfall, der unter erweiterten Bemessungsgrundlagen als repräsentativ für die Störfallplanung gilt (engl. *severe accident considered in DEC, representative also for emergency planning*).

Das bedeutet, dass die Oberflächengewässer nur durch die Deposition von in die Luft freigesetzten radioaktiven Stoffen auf die Oberflächengewässer, durch das Abspülen von radioaktiven Substanzen von der Landoberfläche und (auch indirekt) über die kontaminierten Grundgewässer (durch eine Deposition der Kontaminationen auf die Erdoberfläche und ihren Transport in die Grundgewässer) kontaminiert werden können. Deswegen wird die Deposition von radioaktiven Stoffen aus der Luft auf die Erdoberfläche und die Oberflächengewässer sowie der Transport von Kontaminationen modelliert, die sich auf der Erdoberfläche im Boden befinden und in die Grundgewässer transportiert werden, und anschließend von den Grundgewässern in die Oberflächengewässer.

Die Modelle der Wasserkette sind im Band V [Abschnitt V.1.13] beschrieben. Unten wurden spezifische Informationen zur Modellierung des Radionuklid- und Dosentransportes von dem sog. „Wasserpfad“ (mit den Oberflächen- und Grundgewässern) im Störfall angegeben.

Die Methode der Anwendung der HDM-Modellketten umfasst im Allgemeinen:

1. Implementierung und Modellierung des Radionuklid-Transfers auf dem Wasserweg (Zuflüsse: Piaśnica und Bychowska Struga) zum Żarnowiecki-See, Wasserweg durch Żarnowiecki-See und den Fluss Piaśnica bis zur Ostsee (RETRACE- RIVTOX oraz COASTOX für den Żarnowiecki-See). Der Transport der Radionuklide im Boden, die Kontamination der Grundgewässer und der Transfer der Radionuklide in die Oberflächengewässer wird unter Einsatz des Grundgewässermodells simuliert. Es handelt sich hier um den folgenden Weg der Kontaminationsverbreitung: Deposition von Kontaminationen auf der Erdoberfläche, deren Transport zu den Grundgewässern (durch Elution), anschließend Verbreitung in dem Boden und in den Grundgewässern (durch Filtration und andere Phänomene), bis zur Kontamination der Oberflächengewässer über die kontaminierten Grundgewässer.
2. Modellierung der Dosen über den Wasserpfad auf der Grundlage von Szenarien, die unter Einsatz der Modelle RIVTOX-COASTOX und FDMA berechnet worden sind.
3. Modellierung des Radionuklid-Transfers in der Meeresumwelt sowie der entsprechenden Dosen mit dem POSEIDON-Modell.

Die Ergebnisse der Simulation enthalten:

- die Bewegungszeiten der Kontaminationen über das Hauptwasserpfad,
- Aktivität im Wasser in ausgewählten Punkten des Binnenwassernetzes und im Meer,
- Dosen, die sich aus der Kontamination der Wasserumwelt ergeben.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich die (trockene und nasse) Deposition auf Wasser und Land bei großen Wasserreservoirs, wie dem Żarnowiecki-See, im Gegenteil zu kleinen Flüssen, auf die Dosen bei der Bevölkerung wesentlich auswirken kann. Die Notwendigkeit zur Berücksichtigung der Depositionen bedeutet, dass eine Modellierung mithilfe der gesamten Modellkette im RODOS-System unerlässlich ist. Die Eingabedaten über die Kontamination des Geländes liefert das LSMC-System. Der Transport von Radionukliden im Boden zu den Grundgewässern und anschließend die Kontamination der Oberflächengewässer werden dem Grunde nach mithilfe des hydrogeologischen Modells dargestellt.

Um die HDM-Modellkette zu implementieren, wurden zwei Methoden entwickelt und bearbeitet:

- 1) Anwendung eines zweidimensionalen COASTOX-Modells zwecks Interpolierung der Depositionen aus dem Transport- und Dispersionsmodell LSMC direkt auf das Berechnungsraster sowie Durchführung von Simulationen der Transportprozesse im Żarnowiecki-See.
- 2) Modifizierung des RETRACE-Modells zwecks Berücksichtigung des Abflusses von Kontaminationen aus den Oberflächengewässern.

Das COASTOX-Modell bedarf der Angabe von hydraulischen und strahlungsbezogenen Randbedingungen in Form von zeitlichen Reihen. Mit dem RIVTOX-Modell wurden die Größen der Radionuklidströmungen und -konzentrationen an den Rändern der Berechnungsdomain des COASTOX-Modells ermittelt. Da die geschätzte Transportzeit den See entlang ziemlich lang sein kann (mehrere Monate), ist darauf zu achten, dass Radionuklide mit einer langen Halbwertszeit eine Schlüsselrolle spielen werden, wie etwa die Isotope von Cäsium und Strontium (Jod nur eingeschränkt). Die Annahme, dass die Deposition in einer kurzen Zeit stattfindet, stellt eine Vereinfachung des Modells dar, sie erlaubt aber die Ausführung von Simulationen mit dem COASTOX-Modell, nachdem die LSMC-Simulation abgeschlossen worden ist. Diese Annahme ist einerseits durch die kleine Geschwindigkeit des Radionuklidtransportes im See gerechtfertigt, andererseits ist sie im Grunde genommen konservativ (da die gesamte Deposition zeitlich nicht verteilt ist), sodass hier keine Gefahr besteht, dass die Folgen unterschätzt werden.

Die endgültigen Ergebnisse des COASTOX-Modells wurden als Randbedingungen für das RIVTOX-Modell für die Abschätzung der Propagation von Strahlungskonzentrationen entlang des Wasserpfades Piaśnica zum Meer verwendet.

Es ist anzumerken, dass die beobachteten Angaben für die Durchflüsse und die Wasserpegel auf einen eher ständigen Zufluss von nicht mehr als  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  in den Żarnowiecki-See hinweisen (Messwerte aus der Zeit 2017-2018). In dieser Situation stünde zu erwarten, dass der Transport während des gesamten Jahres durch Diffusionsprozesse geprägt sein wird. Diese Situation könnte sich allerdings bei hohen Wasserständen im Frühjahr sowie bei Hochwasser ändern – für derartige Abschätzungen wären zusätzliche Angaben erforderlich. Es muss aber hinzugefügt werden: Sollten diese Änderungen von Bedeutung sein, dann müsste sich die Durchflussrate um wenigstens eine Größenordnung erhöhen. Eine kleinere Durchflussrate verursacht darüber hinaus eine kürzere Aufenthaltszeit von Radionukliden im Wasserreservoir, was aus Sicht der Abschätzung der Dosen einen konservativen Ansatz darstellt.

Einen weiteren Schritt bildet die Verwendung der Ergebnisse aus dem COASTOX-Modell als Eingabedaten für das RIVTOX-Modell, infolgedessen die Modellketten COASTOX-RIVTOX-FDMA und COASTOX-RIVTOX-POSEIDON verwendet werden können. Wie den Ergebnissen aus der Simulation mit dem COASTOX-Modell zu entnehmen ist, ergeben die Simulationen mit dem standardmäßigen RIVTOX-Modell höhere Werte für die beiden Nuklide, wobei die Überbewertung bei Cs-137 größer ist. Diese Überbewertung zieht in den POSEIDON-Simulationen keine sichtbaren Veränderungen nach sich, da der Einfluss der Flussquellen auf die Ostsee unwesentlich ist, und zwar auch bei den größten Konzentrationen in den Flüssen.

Zwecks der Bestimmung der Dosen und Konzentrationen bei der Freisetzung von radioaktiven Stoffen wurden daher die folgenden Berechnungsketten aus dem HDM-Subsystem des RODOS-Systems verwendet:

- A. LSMC->RETRACE->RIVTOX->FDMA (Binnenwasserpfad).



- B. LSMC-> RETRACE-> RIVTOX ->POSEIDON (Meerespfad, unter Berücksichtigung der Kontaminationen der Binnengewässer).
- C. LSMC->COASTOX->RIVTOX->POSEIDON (Sonderpfad mit COASTOX-Modell für die Depositionen auf den Żarnowiecki-See).

Die meteorologischen Sequenzen wurden in zwei Schritten ausgewählt:

- Verwendung von meteorologischen Datensätzen aus drei Referenzjahren (2005, 2010 und 2012 - dabei muss hinzugefügt werden, dass die Daten aus der 24-monatigen Überwachung für Lubiatowo-Kopalín und Żarnowiec keine Änderung der Referenzjahre nach sich gezogen hat). Diese Datensätze wurden nach dem Ansatz der Berücksichtigung von möglichst ungünstigen meteorologischen Bedingungen ausgewählt, wie er im Band V [Abschnitt V.1.13] beschrieben worden ist. Grundsätzlich gilt das Jahr 2010 aufgrund der größten Expositionen/Depositionen als das grundlegende Referenzjahr, es wurde aber als besser erachtet, den gesamten Sequenzsatz zu verwenden. Dies hängt damit zusammen, dass es aus Sicht der Kontaminationen der Oberflächengewässer nicht sinnvoll ist, eine Reihe von Wettersequenzen zu analysieren, weil die Richtung, in die sich die radioaktive Welle bewegt, nur einen kleinen Einfluss auf die Kontamination des größten Wasserreservoirs, also des Żarnowiecki-Sees, oder der Küstengewässer hat. Daher wurde eine einleitende Auswahl der Wettersequenzen vorgenommen. Diese Sequenzen wurden je nachdem geteilt, ob die Depositionen auf den Żarnowiecki-See oder auf die Küstengewässer erfolgen.
- Unter den so vorläufig ausgewählten meteorologischen Sequenzen wurden anschließend solche ausgesondert, bei denen die Depositionen auf dem betroffenen Gebiet am größten sind. Zu diesem Zweck wurde das LSMC-Modell des Transportes und der Dispersion von LSMC-Kontaminationen des RODOS-Systems für kleine Reichweiten verwendet. Auf dieser Grundlage wurde eine Reihe von Szenarien entwickelt, die den größten Beitrag zu den Dosen geleistet haben. Es handelt sich um Sequenzen aus den folgenden Tagen: 01.01.2010, 02.09.1995, 10.01.2010, 04.03.2005, 23.01.2010, 31.03. 2005. Darüber hinaus wurden zwei Szenarien für die Tage 10.02.2010 und 25.10.2012 hinzugefügt, weil sie die größten Dosen in der Umgebung des Żarnowiecki-Sees generieren sollten – darüber hinaus wurde noch von Niederschlägen ausgegangen, wobei solche Größen der Freisetzungen von Radionukliden angenommen wurden, die für den repräsentativen Störfall gelten.

Bei der Modellierung des Żarnowiecki-Sees wurde von normalen hydrologischen Bedingungen ausgegangen. Allerdings wurde auch die Situation eines Betriebs des Pumpspeicherkraftwerks erwogen, das sich im südlichen Teil des Sees befindet. Hierfür wurde ein spezielles Szenario ausgearbeitet – es wurden folgende Prämissen zugrunde gelegt:

- Arbeit im 24-Stunden-Rhythmus innerhalb von 1 Monat direkt nach dem Störfall und der Deposition von Radionukliden.
- Es wurde von folgendem Zyklus der Pumpenturbinen ausgegangen:

Zeit (hh : mm)	Durchflussrate, m <sup>3</sup> /s
00 : 00	0
04 : 40	700
09 : 20	0
14 : 00	-700
18 : 40	0

Es wird von einem linearen Durchfluss zwischen den einzelnen Zeitabständen ausgegangen. Der negative Durchfluss steht für das Pumpen des Wassers in das obere Reservoir. Dieser Zyklus wird jeden Tag wiederholt.

### 1.3. Modellierung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe in Grundgewässern

Im Falle des AP1000-Reaktors ist eine direkte Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Grundgewässer praktisch ausgeschlossen, und zwar sowohl bei einem in Bezug auf die radioaktive Auswirkung am Limit liegenden Auslegungstörfall (engl. *bounding design basis accident*), als auch bei einem schweren Störfall, der

unter erweiterten Bemessungsgrundlagen als repräsentativ für die Störfallplanung gilt (engl. *severe accident considered in DEC, representative also for emergency planning*). Das bedeutet, dass die Grundgewässer nur durch die Deposition von in die Luft freigesetzten radioaktiven Stoffen auf den Boden sowie deren Transport im Boden in die Grundgewässer kontaminiert werden können. Deswegen wird die Deposition der radioaktiven Kontaminationen aus der Luft auf Land sowie deren Transport im Boden zu den Grundgewässern und anschließend zu den Oberflächengewässern modelliert.

Bei den Berechnungen wurde das vereinfachte GRANIS-Modell für die Ermittlung der Migration von Radionukliden in porösen Körpern als Teil des PC-CREAM08-Modells angewendet. Dieses Modell verfügt über eine Reihe von Einschränkungen, lässt aber die Konzentrationen von Radionukliden im Boden bis zu einer Tiefe von 1 m abschätzen. Wird davon ausgegangen, dass dies dem Grundwasserpegel entspricht, dann kann man auf diese Art und Weise den Grad der Kontamination beurteilen. Selbstverständlich kann dieser Pegel in Wirklichkeit viel niedriger sein, doch angesichts der Tatsache, dass die Migrationsrate der Radionuklide im Boden kleiner ist als im Wasser, gilt eine solche Annahme als konservativ. In diesem Sinne handelt es sich bei den erhaltenen Ergebnissen um die Obergrenze der möglichen Kontaminationswerte. Standardmäßig gibt das GRANIS-Modell die Konzentrationen im horizontalen Schnitt an (daher auch die Einheiten: Bq/m<sup>2</sup>). Andererseits wird die Information angegeben, dass die Aktivitätskonzentrationen in den horizontalen Schnitten in den Tiefen von 0,30 m bis 1 m gleich sind. Dies bedeutet letzten Endes, dass die angegebenen Werte den Konzentrationen in den Volumina gleich sind. Für die Berechnungen wurden Szenarien ausgewählt, bei denen die Deposition rund um den Żarnowiecki-See am größten war. Es handelt sich um die Meteo-Sequenzen aus den folgenden Tagen: 2005.10.05, 18:00 Uhr, 2005.09.22, 20:00 Uhr, 2010.01.13, 12:00 Uhr und 2010.01.23, 12 Uhr. Die Methode für die Auswahl der Daten war identisch, wie bei den Modellen der Verbreitung von Kontaminationen in den Oberflächengewässern, mit dem Vorbehalt, dass es sich hier um Depositionen rund um den Żarnowiecki-See gehandelt hat.

## **2. Modellierung der Ausbreitung von radioaktiven Substanzen und Bestimmung der Dosen in einer Entfernung von über 30 km vom KKW, darunter im grenzüberschreitenden Kontext**

Die im vorliegenden Unterabschnitt beschriebenen Methoden beziehen sich auf die im Band IV [Abschnitt IV.18] und im Band V [Abschnitt V.4] dargestellten Analysen der Strahlungsauswirkungen, also der Auswirkungen auf einen Gebiet von über 30 km rund um das KKW für die beiden Standortvarianten, entsprechend im Gebiet Polens und darüber hinaus.

Die grundlegenden Modelle, die bei den Berechnungen angewendet wurden, sind im RODOS-System enthalten [3], [4]. Wie oben beschrieben, handelt es sich bei RODOS um ein komplexes Entscheidungsunterstützungssystem, das in den nationalen oder regionalen Störfallzentren verwendet werden kann, indem es eine kohärente Unterstützung in allen Phasen von Notfällen sicherstellt, und zwar samt dem langfristigen Management von Dekontaminations- und Wiederherstellungsstrategien (engl. *remediation*) der kontaminierten Gebiete. Es findet auf unterschiedlichen Entscheidungsebenen in einer Reihe von europäischen Ländern Anwendung, wie Deutschland, Österreich, Tschechien, Finnland, Holland, Portugal, Rumänien, Slowakei, Ukraine, Ungarn und Polen (u. a. in der Staatlichen Atomenergiebehörde). Das System ist im Stande, Entscheidungen in Bezug auf ein breites Spektrum von potenziell wirksamen Minderungsmaßnahmen zu treffen, darunter Eingriffsmaßnahmen und Abfederungsmaßnahmen in Bezug auf die Gesundheit, Umwelt und Wirtschaft. Es kann zur Abschätzung der Folgen von störfallbezogenen Freisetzungen (engl. *accidental releases*) von radioaktiven Substanzen in die Luft und in unterschiedliche Gewässer dienen. Es existieren auch entsprechende Schnittstellen mit den lokalen und nationalen Systemen des Strahlungsmonitorings, mit Messungen und meteorologischen Prognosen – um die Systeme an die lokalen, regionalen und nationalen Bedingungen anzupassen.

Wie im Band V [Abschnitt V.1.13] dargestellt, sichert das RODOS-System eine komplexe und stets aktualisierte Abschätzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber der Strahlung aus der störfallbezogenen Freisetzung von radioaktiven Stoffen (engl. *radioactive material*) in die Luft und/oder in die Gewässer (oder auch nur die Gefahr einer solchen Freisetzung). Die Dispersion und Deposition von in die Luft freigesetzten Stoffen wird mithilfe einer verschachtelten Modellkette prognostiziert. Diese Modelle simulieren konsequent die Dispersionen und Depositionen in zwei unterschiedlichen Bereichen, in der lokalen Skala auf einem Gebiet von bis zu ca. 160 km und über eine große Reichweite von mehreren Tausend Kilometern.

Die im RODOS enthaltenen Modelle wurden von einer großen Menge ausgewählt, die verfügbar sind. Man hat sich für jene entschieden, die die operativen Anforderungen des Systems am besten erfüllen. Die Modellkette der lokalen Skala enthält den Präprozessor RODOS Meteorological Pre-Processor RMPP [5], das Modell der Dispersion der radioaktiven Wolke RIMPUFF [6], das verlängerte Dispersionsmodell der radioaktiven Wolke ATSTEP [7] und das Lagrangesche Modell DIPCOT [8]. Diese Modelle wurden im Band V [Abschnitt V.1.13] beschrieben.

Das Modell für die Ermittlung von Fernauswirkungen ist MATCH [9][9], [10]. Es besteht auch die Möglichkeit (mit bestimmten Einschränkungen), das Lagrangesche Modell des deutschen DWD-L LASAT zu verwenden. Der Transfer von Radionukliden aus der radioaktiven Wolke in die Lebensmittel sowie die sich daraus ergebene Exposition gegenüber der Strahlung werden im Rahmen einer terrestrischen Nahrungskette sowie in einem FDMT-Dosis-Modul modelliert [11]. Dieses Modell wurde im Band V [Abschnitt V.1.13] beschrieben.

Die Modelle der atmosphärischen Dispersion, die bei RODOS Anwendung finden, wurden auf der Grundlage von experimentellen Daten und anderen Modellen in zahlreichen Veröffentlichungen validiert, wie z. B. [12], [13].

Für die Berechnungen in der Mesoskala werden zwei grundlegende Modelltypen verwendet: Lagrangesche und Eulersche Modell (engl. *Euler model*), oder aber Modelle, die eine Kombination dieser beiden darstellen.

#### **Lagrangesche Modelle**

Bei den Lagrangeschen Modellen [14] handelt es sich um einen Typ der Partikelmodelle, die sich auf die Annahme stützen, dass die atmosphärische Diffusion über Markov-Ketten (Zufallsprozesse ohne Gedächtnis) modelliert werden kann. Durch die Entwicklung der Computertechnologien wurde es möglich, die Lagrangeschen Partikelmodelle mit den meteorologischen Mesoskala-Modellen (engl. *mesoscale*) zu kombinieren, die die atmosphärische Zirkulation in einem Gelände mit komplexer Topographie simulieren.

In den Lagrangeschen Partikelmodellen (als LPD bezeichnet, engl. *Lagrangian Particle Dispersion*) wird die Dispersion durch Simulierung der Bewegungen einer großen Anzahl von Partikeln in einer gegenüber der Konzentration der Schadstoffemissionen verhältnismäßigen Menge modellieren. Diese Partikel werden gleichzeitig oder sukzessiv durch den Wind transportiert. Modelle einer einzelnen Partikel, die sich mit der mittleren Windgeschwindigkeit bewegen, können zur Bestimmung des mittleren Feldes der Strahlungskonzentrationen verwendet werden (engl. *activity concentration*). Die Abschätzung der statistischen Momente höheren Ranges bedarf der Anwendung von Modellen zahlreicher Partikeln, wo die Emission von einer Gruppe der Partikeln simuliert wird, deren turbulente Geschwindigkeiten miteinander korreliert sind. Im Allgemeinen wird die Bewegung der Partikeln bei solchen Modellen wie stochastische Bewegung behandelt.

Zu den Vorteilen der Lagrangeschen Modelle gehört die verhältnismäßig einfache Anpassung an die Simulationen im komplexen Geländere relief, zu ihren Nachteilen - die Notwendigkeit, eine große Anzahl von Partikeln bei lang dauernden Freisetzungen zu verfolgen und die Simulation auf einem großen Bereich auszuführen.

#### **Eulersche Modelle**

Im Gegenteil zu den Lagrangeschen Modellen, bei denen jede Partikel in einem Körper verfolgt wird, werden bei den Eulerschen Modellen Berechnungen für lokale Variable vorgenommen. Der Eulersche Ansatz zeichnet sich also dadurch aus, dass die Simulationen an einem Berechnungsraster ausgeführt werden, das auch korrekt ausgewählt werden muss, um einerseits die Stabilitätsbedingungen zu erfüllen, andererseits aber sehr große räumliche Skalen zu erfassen, was ihnen gegenüber den Lagrangeschen Modellen zum Vorteil gereicht.

### **MATCH-Model (Mischmodell)**

Das MATCH-Modell (*Multi-scale Atmospheric Transport and Chemistry Model*) ist ein sog. Offline-Modell, d. h. die Eingabedaten stammen von numerischen Wettervorhersagemodellen (NWPS – *Numerical Weather Prediction System*), wobei das System selbst von NWPS unabhängig ist (im Gegensatz zu den Online-Modellen, wo das Dispersionsmodell mit dem Wettervorhersagemodell gekoppelt ist und *de facto* meistens seinen Teil darstellt). Die Version des MATCH-Modells, die bei RODOS implementiert ist, ist ein Semi-Eulersch-Lagrangesches Modell, da es in der ersten Phase als eine Gruppe von Partikeln betrachtet wird, anschließend aber auf ein Berechnungsraster verlegt und für die weiteren Entfernungen in Form eines Eulerschen Modells analysiert wird. Auf diese Weise werden die Vorteile der beiden Ansätze kombiniert, da das Partikelmodell eine schnellere Information für kleine und mittlere Entfernungen liefert, während das Eulersche Modell eine gute Modellierung bei großen räumlichen Skalen ermöglicht. Diese Implementierungsmethode wurde wegen der grundlegenden Aufgabe von RODOS ausgewählt, das bei der Entscheidungsfindung in einer störfallbedingten Freisetzung von Radionukliden helfen soll. Die grundlegenden Implementierungselemente des MATCH-Modells im RODOS sehen folgendermaßen aus:

- die Möglichkeit, die Datenbank der Quellterme (engl. source terms) des RODOS-Systems zu benutzen oder die Freisetzungen durch den Benutzer zu bestimmen,
- die Möglichkeit, Verbindungen mit den Dispersionsmodellen des RODOS-Systems mit kleinen Reichweiten herzustellen,
- die Möglichkeit, die Schnittstelle des RODOS-Systems für die Eingabe der Daten und Präsentation der Ergebnisse, deren Export, Berichterstellung usw. zu benutzen,
- die Anpassung des MATCH-Modells zur Berücksichtigung unterschiedlicher Typen und Formaten von meteorologischen Daten und des meteorologischen Präprozessors des RODOS-Systems, mit dem die Informationen bezüglich der turbulenten kinetischen Energie und die Daten über die Abdeckung des Geländes aus den GIS-Datenbanken des RODOS-Systems berücksichtigt werden können, um die Struktur der Grenzschicht zu bestimmen.

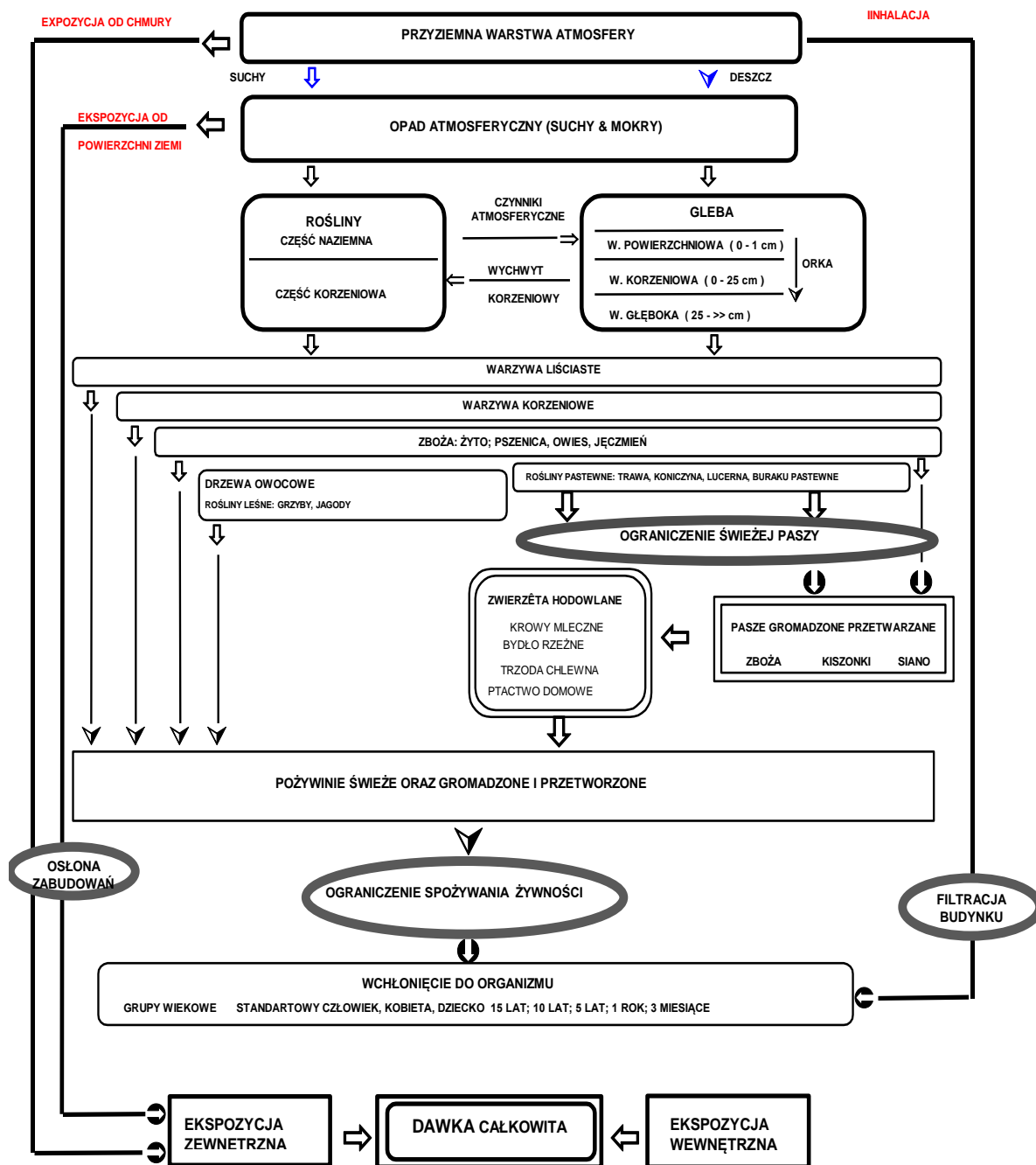
Wie jedes andere Berechnungsmodul des RODOS-Systems wurde das MATCH-Modell in einer Reihe von Experimenten (z. B. ETEX-1, ETEX-2) und bei Vergleichstests validiert, die im Rahmen des Projektes UE ENSEMBLE (<https://ensemble.jrc.ec.europa.eu>) umgesetzt werden.

### **FDMT-Nahrungsdosenmodell**

Die Übergangswege der Radionuklide in der menschlichen Umwelt bei dem FDMT-Modell sind der Abbildung [Abbildung V.1.16-1-1] zu entnehmen, auf der die drei Komponenten des menschlichen Ökosystems dargestellt sind, mit gekennzeichneten möglichen Wegen von Radionuklid-Transporten. Die Prozesse des dynamischen Transportes, die sich kontinuierlich verändern, wurden mit Doppelpfeilern angegeben ⇒, die diskreten Transportprozesse, die sich plötzlich verändern - mit Einzelpfeilern ➤, die „gesteuerten“ Prozesse, die infolge der Durchführung von Minderungsmaßnahmen vorgekommen sind – diese wurden mit Doppelpfeilern auf schwarzem Hintergrund dargestellt ◀. Die möglichen Reduktionen der Dosen sind der Abbildung [Abbildung V.1.16-1-1] in ovalen Feldern zu entnehmen. Auf der Grundlage der Daten zu den Konzentrationen von Radionukliden in der Grundsicht der Luft sowie der Daten zu den atmosphärischen Bedingungen berechnet das Modell die Ablagerungen der Radionuklide auf dem Boden und dann die zeitlichen Abläufe der Radionuklid-Konzentrationen in den einzelnen Elementen des Landökosystems des Menschen, d. h. in Böden, in Kulturpflanzen und Futterpflanzen, Geweben von Nutztieren und tierischen Erzeugnissen wie Milch und Fleisch, sowohl bei kurzfristiger als auch bei kontinuierlicher Kontamination. Das Modell berücksichtigt die meisten wesentlichen Prozesse, die im Ökosystem vorkommen, wie das Auffangen der Kontaminationen durch die Oberfläche der Blätter oder Beseitigung der Kontaminationen durch Witterungseinflüsse (engl. *weathering*), Wachstumsdynamik verschiedener Pflanzenarten, Übertragung der Kontamination vom Boden auf die Pflanze durch das Wurzelsystem, Auslaugung der Kontamination aus dem Boden und radioaktiver Zerfall. Berücksichtigt wird auch die Volatilität unterschiedlicher Parameter, je nach Jahreszeit, in der die Kontamination erfolgt ist, z. B. Veränderungen der Biomasse von Pflanzen oder Futtermitteln für Nutztiere und unterschiedliche Erntezeiten

für Gemüse, Ernten und Bodenbewirtschaftungsmethoden. Mithilfe dieses Modells kann man die Dosen im jeweiligen Zeitabschnitt ermitteln, und zwar über die externe Exposition (auf der Grundlage der durch die Software berechneten Werte der Gesamtniederschläge des jeweiligen Isotops auf die Erdoberfläche), die Inhalation (auf der Grundlage der Angaben über die Konzentration der Radionuklide in der Luft), unter Berücksichtigung der sekundären Suspendierung der radioaktiven Substanzen (engl. *resuspension*) in der Luft sowie Abschätzung der effektiven Äquivalentdosen aus Nahrungskontaminationen.

Wie oben erwähnt, wurde das FDMT-Modell im Band V [Abschnitt V.1.13] ausführlich beschrieben.



EKPOZYCJA OD CHMURY	EXPOSITION AUS DER WOLKE
EKSPZYCJA OD POWERZCHM ZEMI	EXPOSITION VOM BODEN
SUCHY	TROCKEN
PRZYZIEMNA WARSTWA ATMOSFERY	TROPOSPHÄRE
DESZCZ	REGEN
INHLCACJA	INHILATION

OPAD ATMOSFERYCZNY (SUCHY & MOKRY)	NIEDERSCHLAG (TROCKEN UND NASS)
ROŚLINY	PFLANZEN
CZĘŚC NAZIEMNA	OBERIRDISCHER TEIL
CZĘŚĆ KORZENIOWA	WURZELTEIL
CZYNNIKI ATMOSFERYCZNE	ATMOSPHERISCHE FAKTOREN
WYCHWYT KORZENIOWY	WURZELGRIFF
GLEBA	BODEN
ORKA	PFLUGSCHICHT
W. POWERZCHMOWA ( 0 - 1 cm )	OBERFLÄCHENSCHICHT ( 0 - 1 cm )
W. KORZE MOWA (0 - 25 cm)	WURZELSCHICHT (0 - 25 cm)
W. GŁĘBOKA (25 - >> cm)	TIEFSCHICHT (25 - >> cm)
WARZYWA LIŚCIASTE	BLATTGEMÜSE
WARZYWA KORZENIOWE	WURZELGEMÜSE
ZBOŻA: ŻYTO; PSZENICA, OWES, JĘCZNEŃ	GETREIDE: ROGGEN; WEIZEN, HAFER, GERSTE
DRZEWA OWOCOWE	FRUCHTBÄUME
ROŚLINY LEŚNE: GRZYBY, JAGODY	WALDPFLANZEN: PILZE, BEEREN
ROŚLINY PASTEWNE: TRAWA, KOŃCZYNA, LUCERNA, BURAKI PASTEWNE	FUTTERPFLANZEN: GRAS, KLEE, LUZERNE, FUTTERRÜBEN
OGRANICZENIE ŚWIEŻEJ PASZY	BEGRENZUNG DES FRISCHFUTTERS
ZWERZETA HODOWLANE	ZÜCHTERHÄUSER
KROWY MLECZNE	MILCHKÜHE
BYDŁO RZEZIE	SCHLACHTVIEH
TRZODA CHLEWNA	SCHWEINE
PTACTWO DOMOWE	GEFLÜGEL
PASZE GROMADZONE PRZETWARZANE	GESAMMELTE VERARBEITETE FUTTERMITTEL
ZBOŻA	GETREIDE:
KISZONKI	ENSILAGE
SIANO	HEU
POŻYWINIE ŚWIEŻE ORAZ GROMADZONE I PRZETWORZONE	FRISCHE UND GELAGERTE SOWIE VERARBEITETE LEBENSMITTEL
OSŁONA ZABUDOWAŃ	ABSCHIRMUNG VON GEBÄUDEN
OGRANICZENIE SPOŻYWANIA ŻYWNOŚCI	EINSCHRÄNKUNG DER NAHRUNGS-AUFNAHME
FILTRACJA BUDYNKU	GEBÄUDEFILTRATION
WCHŁONIĘCIE DO ORGANIZMU	AUFNAHME IN DEN KÖRPER
GRUPY WEKOWE	ALTERSGRUPPEN
STADARTOWY CZŁOWEK, KOBIETA, DZIECKO 15 LAT; 10 LAT; 5 LAT; 1 ROK; 3 MIESIĄCE	NORMALER MENSCH, FRAU, KIND 15 JAHRE; 10 JAHRE; 5 JAHRE; 1 JAHR; 3 MONATE
EKSPOZYCJA ZEWNĘTRZNA	ÄUSSERE EXPOSITION
DAWKA CAŁKOWITA	GESAMTDOSE
EKSPOZYCJA WEWNĘTRZNA	INNERE EXPOSITION

Abbildung V.1.16-1-1 Übergangswegen der Radionuklide im Landökosystem des Menschen

Quelle: [15]

### 3. Analyse der Trajektorien und Bereitstellung von meteorologischen Daten

Die Analyse der Trajektorien der Verbreitung von Radionukliden und die Bereitstellung der meteorologischen Daten wurden vom Institut für Meteorologie und Wasserwirtschaft durchgeführt, das standardmäßig jeden Tag meteorologische Daten in einer an die Anwendung im RODOS-System angepassten Form ans Zentrum für Radiologische Ereignisse der Polnischen Atomenergiebehörde übermittelt.

Auf der Grundlage der Daten aus den Jahren 2005-2014 wurden zeitliche Sequenzen des Zustandes der Atmosphäre ausgewählt, die im Falle der Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Atmosphäre zu dem schnellsten Transport der Kontaminationswolke zu den ausgewählten Rezeptoren, d. h. zu den Grenzen der Nachbarstaaten von Polen führen. Eine volle Liste der Rezeptoren befindet sich im Anhang [Anhang V.1.13-2], samt der Abschätzung der kürzesten Ankunftszeiten der Wolke, unter der Annahme eines Störfalls in einem der beiden betreffenden KKW-Standorte. Diese Zeiten sollen als Richtwerte angesehen werden – insbesondere ist darunter nicht zu verstehen, dass zu den jeweiligen Zeiten radioaktive Kontaminationen entstehen – sondern nur, dass spezifische Wetterverhältnisse entstehen können, die die Ankunft der Wolke in der jeweiligen Zeit ermöglichen. Im Falle Dänemarks wurde die Insel Bornholm aufgrund ihrer wesentlich kleineren Entfernung zu den eventuellen KKW-Standorten im Vergleich zum Rest dieses Landes, als ein separater Rezeptor betrachtet.

Die meteorologischen Daten und Trajektorien der Bewegung der radioaktiven Wolke über das gesamte betroffene Gebiet wurden mithilfe des meteorologischen Modells COSMO analysiert (das bei IMGW bei Wettervorhersagen angewendet wird). Das Knotenraster hat eine räumliche Auflösung von 14 km und besteht aus 193×161 Rastermaschen in Richtung X bzw. Y, was eine annähernde Größe der gesamten Domain von 2700×2250 km ergibt.

Die Analyse der Trajektorien wurde in zwei Etappen durchgeführt:

#### 1. ETAPPE

Es wurden meteorologische Daten aus zehn Jahren (2005-2014) bereitgestellt und vorläufig verarbeitet. Dieser Datensatz ist Ergebnis von Berechnungen mithilfe des globalen meteorologischen Modells GME (*Global Model Ersatz*, verwendet beim Deutschen Wetterdienst (DWD) in Offenbach, Deutschland), bearbeitet unter Einsatz des regionalen meteorologischen Modells COSMO (*Consortium for Small-Scale Modelling*, Konsortium für Mesoskala-Modelling). Es handelt sich also um einen anderen Datensatz, als die Daten, die für Modellierung auf kleinere Entfernungen verwendet werden. Den Hauptteil der verwendeten Daten bildeten dreidimensionale Windfelder, alle drei Sekunden auf zehn hybriden Ebenen des COSMO-Modells (annähernd von 10 m bis ca. 3 km auf der Grundebene). In den Analysen dieses Typs wird oft nur eine Ebene ausgewählt, die die Ebene eines massiven Transportes von Kontaminationen in der atmosphärischen Grenzschicht vertritt, was in Wirklichkeit das gesamte Problem zu einem zweidimensionalen Problem macht. Doch um das volle Bild der Dispersion der Trajektorie zu erlangen, wurden in der vorliegenden Analyse der Modellierung volle dreidimensionale Windfelder angewendet.

#### 2. ETAPPE

Die entsprechend verarbeiteten Windfelder wurden für die Berechnung der 10-Tages-Trajektorien verwendet, die von den konkreten Standorten des Kernkraftwerkes auf zehn hybriden Ebenen des COSMO-Modells ausgehen, die man allgemein als die mittlere effektive Emissionsgröße [16] im hypothetischen Szenario eines Störfalls und Emission von Kontaminationen betrachten kann. Eine Trajektorie wurde alle zehn Minuten in jeder Stunde des gesamten zehnjährigen Zeitraums analysiert. Der Zeitabstand zwischen den einzelnen Punkten der jeweiligen Trajektorien beträgt 10 Minuten, damit die grundlegende Voraussetzung der Stabilität erfüllt werden kann, dass der Abstand zwischen zwei nacheinander kommenden Punkten kleiner ist, als die Größe der Rastermasche, also 14 km. Insgesamt wurde auf jeder Ebene in der Zeit von 2004 bis 2014 eine halbe Million

Trajektorien berechnet. Die Methodik der Berechnung der Trajektorien war identisch, wie in der beispielhaften Studie [17], sie wurde allerdings auf ein dreidimensionales Problem erweitert.

#### ERGEBNISSE - ANALYSE DER TRAJEKTORIEN

Hauptziel der Analyse der Trajektorien in dieser Studie war es, die aus meteorologischer Sicht schlechtesten Szenarien im Falle eines schweren repräsentativen Störfalls für die Störfallplanung in dem geplanten polnischen Kernkraftwerk in Lubiatowo-Kopalino oder in Żarnowiec auszuwählen.

Die Auswahl der schlechtesten meteorologischen Szenarien wurde auf Ergebnisse gestützt, die eine Analyse der am schnellsten bei den ausgewählten Rezeptoren ankommenden Trajektorien umfasste. Das Ziel war nämlich die Antwort auf die Frage: Was ist die kürzeste Ankunftszeit der radioaktiven Wolke zu den jeweiligen Rezeptoren, um damit die wahrscheinlichsten meteorologischen Szenarien zu bestimmen, die zu den höchsten Dosen in den jeweiligen Standorten führen.

Um diese Frage beantworten zu können, wurde die kürzeste Zeit der Ankunft der Trajektorie beim Rezeptor in drei Etappen berechnet. Zuerst wurde die Anzahl der Punkte in dieser Trajektorie berechnet, die vom jeweils ausgewählten KKW-Standort ausgehen und die jeweilige Rastermasche erreichen (also den Ort, an dem sich der jeweilige Rezeptor befindet). Bei den einzelnen Trajektorien wurden die Berechnungen beim zweiten Punkt begonnen, um den ersten Punkt der Trajektorie, also den genauen Standort des Kernkraftwerkes auszulassen. Danach wurde die Anzahl der Punkte zwischen dem Standort des KKW und der Zielerastermasche mit dem Zeitschritt der Trajektorie multipliziert, um die Zeit für die Ankunft der Trajektorie zu berechnen. Letzten Endes wurde die kürzeste Zeit der Bewegung von der Quelle bis zum Rezeptor aus allen aufgezeichneten Ankunftszeiten ausgewählt.

Die volle Zusammenstellung der Tagesdaten/Stunden der Freisetzung der schnellsten Trajektorien aus den zehn angenommenen Ebenen (gemäß der o. a. Darstellung der Etappen der Analyse der Trajektorien) für alle geplanten Paare Quelle-Rezeptor innerhalb von zehn Jahren ist dem Anhang [Anhang V.1.13-2] zu entnehmen.

#### BEREITSTELLUNG DER METEOROLOGISCHEN DATEN FÜR DAS MATCH-MODELL

Für die ausgewählten Tagesdaten aus dem Anhang [Anhang V.1.13-2] wurde eine Reihe von meteorologischen Datensätzen vorbereitet, die bei der Durchführung der Simulation mithilfe des MATCH-Modells von RODOS verwendet werden. Zu diesem Zweck wurde zuerst Berechnungen mit dem COSMO-Modell unter Anwendung von historischen Anfangs- und Randbedingungen durchgeführt. Danach wurde die Ergebnisse des COSMO-Modells mithilfe einer speziellen Software in eine Form umgewandelt, die der Spezifikation des MATCH-Modells entspricht.

Jede Datei enthält die folgenden Daten:

- Struktur der Ebenen (Höhe über der Erdoberfläche [m], hybride Ebene  $\sigma$ )
- Bodenbedeckung (Land=1, Wasser=0), [5]
- Auf 35 vertikalen Ebenen:
  - vertikale Windgeschwindigkeitskomponenten u und V [m/s]
  - Lufttemperatur [K],
  - Spezifische Luftfeuchtigkeit [kg/kg]
- Auf der Bodenebene:
  - Druck [Pa]
  - Kumulierter Schneefall [kg/m<sup>2</sup>]
  - Gesamtbewölkung [%]
  - Albedo [%]
  - Gesamtniederschlag [kg/m<sup>2</sup>]
  - Rauigkeit der Erdoberfläche [m]
  - Lufttemperatur am Boden [K].



---

Im Allgemeinen wurden für jeden Tag 9 Dateien im Format GRIB-1 (Gridded-Binary v.1) für die Zeitabstände von jeweils 3 Stunden erlangt.

## Quellenmaterialien

### Literaturverzeichnis

- [1] Phipps A.W., Smith T.J., Felland T.P., Harrison J.D., HSE Doses to the Embryo/Fetus and Neonate from Intakes of Radionuclides by the Mother, NRPB, 2001
- [2] ICRP, 2010. Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposures. ICRP Publication 116, Ann. ICRP 40(2-5).
- [3] Ehrhardt, J., Päsler-Sauer, J., Schüle, O., Benz, G., Rafat, M. and Richter, J. (1993). Development of RODOS, a Comprehensive Decision Support System for Nuclear Emergencies in Europe - an Overview. In: Proceedings of the Third International Workshop on Real-time Computing of the Environmental Consequences of an Accidental Release to the Atmosphere from a Nuclear Installation, Schloss Elmau, Bavaria, October 25-30 1992. Journal of Radiation Protection Dosimetry
- [4] Ehrhardt J., A. Weis (eds), RODOS: Decision Support System for Off-site Nuclear Emergency Management in Europe. European Commission, Brussels, Report EUR 19144, 2000
- [5] Schulte E.H., G. N. Kelly, C. A. Jackson, Decision Support for Emergency Management and Environmental Restoration, European Commission, Luxemburg, Report EUR 19793, 2002
- [6] Andronopoulos S., J.G. Bartzis, Model description of the RODOS Meteorological Pre-Processor RODOS(RA2)-TN(09)-02, 2009
- [7] Thykier-Nielsen S., S. Deme, T. Mikkelsen, Description of the Atmospheric Dispersion Module RIMPUFF, RODOS(WG2)-TN(98)-02, 1999
- [8] Andronopoulos S., E. Davakis, J. G. Bartzis, RODOS-DIPCOT Model Description and Evaluation, RODOS(RA2)-TN(09)-01, 2009,
- [9] Robertson L., Langner J., Engardt M. (1999) An Eulerian limited-area atmospheric transport model, J. Appl. Met. 38, 190-210.
- [10] Robertson L., MATCH development during the EURANOS project, Radioprotection 2010, Vol. 45, n° 5, pages S85 à S88
- [11] Müller H., F. Gering, G. Pröhl, Model Description of the Terrestrial Food Chain and Dose Module FDMT in RODOS PV6.0 , RODOS(RA3)-TN(03)06, 2004
- [12] Connan, Olivier, et al. "Comparison of RIMPUFF, HYSPLIT, ADMS atmospheric dispersion model outputs, using emergency response procedures, with 85Kr measurements made in the vicinity of nuclear reprocessing plant." Journal of environmental radioactivity 124 (2013): 266-277.
- [13] Päsler-Sauer J., Comparison and validation exercises of the three atmospheric dispersion models in RODOS, Radioprotection, 2010 , Vol. 45, n° 5, pages 89-96,
- [14] Borysiewicz M, Furtek A., Potemski S., Poradnik metod oceny ryzyka związanego z niebezpiecznymi instalacjami procesowymi. [*Handbuch zu den Methoden der Abschätzung von Risiken im Zusammenhang mit gefährlichen Prozessinstallationen*] Instytut Energii Atomowej [*Institut für Kernenergie*], 2000.
- [15] Borysiewicz M, Furtek A., Krajewski P., Modele i programy obliczeń łańcuchów pokarmowych i dawek dla systemu wspomagania decyzji SWD\_WJ RODOS, Raport IEA 1999 [Modelle und Programme für die Berechnung von Nahrungsketten und Dosen für das Entscheidungsunterstützungssystem SWD\_WJ RODOS, IfKE-Bericht 1999]
- [16] Mazur A., 2018, Hypothetical Accident In Polish Nuclear Power Plant. Worst Case Scenario for Main Polish Cities. Ecol. Chem. Eng. – S, 2019, vol. 26, no. 1, 9-28, DOI: 10.1515/eces-2019-0001
- [17] Bartnicki J., Haakenstad H., Benedictow A., 2010, Atmospheric transport and deposition of radioactive debris to Norway in case of a hypothetical accident in Leningrad Nuclear power Plant. Met.no report 1/2010. Norwegian Meteorological Institute, Oslo, Norway.

### Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung V.1.16-1-1 Übergangswege der Radionuklide im Landökosystem des Menschen ..... 174