

sck cen



Nichttechnische Zusammenfassung der Umweltverträglichkeitsprüfung

Im Zusammenhang mit dem Aufschub der Abschaltung der Kernkraftwerke
Doel 4 und Tihange 3

Im Auftrag des Föderalen Öffentlichen Dienstes Wirtschaft, KMB, Mittelstand und Energie
unter Zeichen 2022/77251/E2/EIE (Ref. SCK CEN: CO-90-22-6049-00)

Veröffentlichungsdatum: 20.03.2023

© SCK CEN - Publication date: 20/03/2023

Gemeinnützige Stiftung – Stichting van Openbaar Nut – Fondation d'Utilité Publique - Foundation of Public Utility

Eingetragener Sitz:

Avenue Herrmann Debroux 40 – 1160 Brüssel – Belgien

Forschungszentren:

Boeretang 200 - 2400 Mol - Belgien

Chemin du Cyclotron 6 - 1348 Ottignies-Louvain-la-Neuve - Belgien

<http://www.sckcen.be>

Experten, die an der Umweltverträglichkeitsprüfung mitgearbeitet haben:

Radiologische/nukleare Aspekte: *Johan Camps (SCK CEN), Eef Weetjens (SCK CEN), Lieve Sweeck (SCK CEN), Geert Olyslaegers (SCK CEN), Hildegard Vandenhove (SCK CEN)*

Nichtradiologische Aspekte Doel 4: *Koen Couderé (KENTER), Katelijne Verhaegen (KENTER), Annemie Pals (Mieco Effect), Johan Versieren (Joveco)*

Nichtradiologische Aspekte Tihange 3: *Xavier Musschoot (Sertius), Maureen de Hertogh (Sertius), Pierre Jacques (Sertius), Amélie de Pierpont (Sertius)*

Koordinierung: *Johan Camps (SCK CEN)/ Koen Couderé (Kenter)*

Bei diesem Dokument handelt es sich um eine Übersetzung der nichttechnischen Originalzusammenfassung aus dem Niederländischen.

Inhalt

1	Kontext der Umweltverträglichkeitsprüfung	4
2	Projektziel: Gewährleistung der Versorgungssicherheit	5
3	Initiator und Expertenteam.....	5
4	Gegenstand der Umweltverträglichkeitsprüfung	5
5	Betrieb der Kernkraftwerke Doel 4 und Tihange 3	7
6	Alternativen	9
7	Referenzzustand und Referenzszenario.....	9
8	Verfahren.....	10
9	Auswahl potenziell signifikanter Auswirkungen	11
9.1	Auswirkungen des Projekts.....	11
9.2	Vermiedene Auswirkungen des Projekts.....	11
9.3	Auswirkungen auf das Projekt	12
10	Überblick über die Umweltauswirkungen	12
10.1	Nichtradiologische Auswirkungen	12
10.2	Radiologische Auswirkungen.....	14
10.2.1	Auswirkungen auf Mensch und Umwelt im Normalbetrieb.....	14
10.2.2	Auswirkungen auf Mensch und Umwelt im Falle eines Unfalls	15
10.2.3	Auswirkungen auf die Erzeugung von Abfall und abgebrannten Brennelementen	17
11	Grenzüberschreitende Auswirkungen.....	18
11.1	Doel 4.....	18
11.2	Tihange 3	18
12	Minderungsmaßnahmen	19
13	Wissenslücken	20
13.1	Nichtradiologische Auswirkungen.....	20
13.2	Radiologische Auswirkungen.....	20
14	Allgemeine Entscheidung.....	21

1 Kontext der Umweltverträglichkeitsprüfung

Seit der Inbetriebnahme der verschiedenen Reaktoren an den Standorten Doel und Tihange in den Jahren 1975-1985 ist die Atomenergie die wichtigste Stromquelle in Belgien, mit einem jährlichen Produktionsanteil zwischen etwa 40 und 60 % in den letzten 35 Jahren.

Der schrittweise Ausstieg aus der Nutzung von Kernenergie zur Stromerzeugung auf belgischem Gebiet wird durch das Gesetz vom 31. Januar 2003 (Atomausstiegsgesetz) geregelt. Darin wurde festgelegt, dass die Kernkraftwerke 40 Jahre nach ihrer industriellen Inbetriebnahme abgeschaltet werden würden und gleichzeitig alle Einzelgenehmigungen für die Stromerzeugung durch diese Kraftwerke auslaufen würden. Das Gesetz besagt auch, dass kein neues Kernkraftwerk zur industriellen Stromerzeugung durch Spaltung von Kernbrennstoffen errichtet und/oder in Betrieb genommen werden darf.

Das Atomausstiegsgesetz wurde am 18. Dezember 2013 zum ersten Mal geändert, um die Betriebsdauer der industriellen Stromerzeugung in Tihange 1 um 10 Jahre zu verlängern. Das Atomausstiegsgesetz wurde erneut durch das Gesetz vom 28. Juni 2015 (das Gesetz wurde am 5. März 2020 vom Verfassungsgericht für nichtig erklärt und durch das Gesetz vom 11. Oktober 2022 als Reparaturmaßnahme ersetzt), um die Energieversorgung sicherzustellen. Damit wurde die Wiederinbetriebnahme von Doel 1 genehmigt (dieses Kraftwerk war bereits gemäß dem Gesetz von 2003 abgeschaltet worden) und die Abschaltung von Doel 2 um 10 Jahre verschoben. Tabelle 1 zeigt die aktuellen Abschalttermine der einzelnen Kernkraftwerke.

Tabelle 1: Abschaltzeitplan gemäß dem ursprünglichen Atomausstiegsgesetz von 2003 und seinen nachfolgenden Änderungen (Stand 1. Januar 2023)

Kraftwerk	Datum der industriellen Inbetriebnahme	Datum der Abschaltung (ursprüngliches Gesetz von 2003)	Datum der Abschaltung (Änderungen des Gesetzes von 2003, Stand 1. Januar 2023)
Doel 1	15. Februar 1975	15. Februar 2015	15. Februar 2025
Doel 2	1. Dezember 1975	1. Dezember 2015	1. Dezember 2025
Doel 3	1. Oktober 1982	1. Oktober 2022	1. Oktober 2022
Doel 4	1. Juli 1985	1. Juli 2025	1. Juli 2025
Tihange 1	1. Oktober 1975	1. Oktober 2015	1. Oktober 2025
Tihange 2	1. Februar 1983	1. Februar 2023	1. Februar 2023
Tihange 3	1. September 1985	1. September 2025	1. September 2025

Ende Dezember 2021 beauftragte die Regierung die Föderale Agentur für Nuklearkontrolle (FANK) und den FÖD Wirtschaft (GD Energie), bis zum 17. Januar die Maßnahmen aufzulisten und zu analysieren, die erforderlich sind, um den so genannten Plan B zu aktivieren (die Kernreaktoren Doel 4 und Tihange 3 länger als geplant in Betrieb zu halten), um die Energieversorgung Belgiens nach 2025 sicherzustellen.

Die Analyse der FANK hat gezeigt, dass eine Verlängerung der Betriebszeit der jüngsten Kernreaktoren unter dem Gesichtspunkt der nuklearen Sicherheit möglich ist, wenn auch unter der Voraussetzung, dass die erforderlichen regulatorischen Anpassungen und Verbesserungen der Anlagensicherheit vorgenommen werden. Für eine Betriebsverlängerung ist auch ein Bericht über die Umweltauswirkungen erforderlich.

Am 18. März 2022 hat die föderale Regierung dann beschlossen, die Laufzeiten von Doel 4 und Tihange 3 effektiv zu verlängern und damit eine nukleare Erzeugungskapazität von 2 Gigawatt zu erhalten.

Am **9. Januar 2023** einigten sich die belgische Regierung und der Betreiber ENGIE Electrabel darauf, die beiden jüngsten Kernreaktoren des Landes, Doel 4 und Tihange 3, zehn Jahre über das für 2025 geplante Abschaltdatum hinaus in Betrieb zu halten.

2 Projektziel: Gewährleistung der Versorgungssicherheit

Elia berechnete kürzlich (2021), dass bis 2025, nach der vorgeschlagenen Abschaltung aller Kernkraftwerke, ein Bedarf an zusätzlicher flexibel einsetzbarer Erzeugungskapazität von etwa 3,6 GW besteht, um die Anforderungen an die Versorgungssicherheit und Flexibilität zu erfüllen. Bis 2032 würde dieser Bedarf auf 4,6 GW steigen, vor allem aufgrund der zunehmenden Elektrifizierung von Wirtschaft und Gesellschaft.

Die Stromeinfuhren stellen keine ausreichende Antwort auf diese Frage dar. Es ist davon auszugehen, dass unter den derzeitigen Marktbedingungen in Verbindung mit der Abschaltung fossiler Kraftwerke in Deutschland und anderswo sowie der teilweisen Nichtverfügbarkeit des französischen Atomparks zu bestimmten Zeiten nur geringe Überkapazitäten auf dem nordwesteuropäischen Markt vorhanden sein werden.

Elia stellt fest, dass das Kapazitätsdefizit ab dem Jahr 2025 nicht kurzfristig und in ausreichendem Maße durch die Marktkräfte ausgeglichen werden kann. Daher wurde die Schaffung eines Kapazitätsausgleichsmechanismus (CRM) vorgeschlagen, der nicht nur ausreichende Kapazitäten bereitstellen, sondern auch in der Lage sein sollte, diese Kapazitäten mit ausreichender Flexibilität einzusetzen. Der Ausbau dieses Mechanismus und der damit verbundenen Produktionseinheiten ist derzeit in vollem Gange.

Angesichts der derzeitigen Unsicherheit bei der Energieversorgung, der hohen Energiepreise und der geopolitischen Instabilität möchte sich die Regierung stärker auf inländische (nicht-fossile) Produktionskapazitäten konzentrieren und die Abhängigkeit von (ausländischen) fossilen Quellen verringern.

In diesem Zusammenhang ist die Laufzeitverlängerung von Doel 4 und Tihange 3 eine logische Entscheidung; sie ermöglicht es, dem Netz relativ kurzfristig eine garantierte Kapazität von 2 GW wieder zur Verfügung zu stellen (d. h. nachdem die Anlagen 2025 abgeschaltet und nach den erforderlichen Änderungen und Verfahren wieder in Betrieb genommen wurden).

3 Initiator und Expertenteam

Initiator der Umweltprüfung der Entscheidung ist der belgische Föderale Öffentliche Dienst Wirtschaft, KMB, Mittelstand und Energie, Rue du Progrès 50, 1210 Brüssel.

Die UVP wurde von einem Team aus zugelassenen radiologischen und nichtradiologischen UVP-Experten erstellt. Das Gesamtprojektmanagement und die radiologischen/nuklearen Disziplinen lagen in den Händen des SCK CEN. KENTER war für die Koordinierung der nichtradiologischen Teile des Umweltverträglichkeitsberichts zuständig, insbesondere auch für Doel 4. SERTIUS war für die nichtradiologischen Disziplinen für Tihange 3 verantwortlich.

4 Gegenstand der Umweltverträglichkeitsprüfung

Das Projekt, das Gegenstand der Umweltverträglichkeitsprüfung ist, bezieht sich auf die strategische Entscheidung und die Arbeiten (die zum Zeitpunkt der Durchführung der Prüfung bekannt waren) für die Verlängerung der Laufzeit der Kernreaktoren Doel 4 und Tihange 3 um einen Zeitraum von 10 Jahren ab dem Datum der ersten industriellen Stromerzeugung nach der Abschaltung (wie im Atomausstiegsgesetz von 2003 vorgesehen). Das späteste geplante Datum für die Abschaltung bei einer 10-jährigen Verlängerung ist der 31. Dezember 2037 (Tabelle 2)¹.

¹ Wenn wir in diesem Bericht von der Verlängerung von Doel 4 und Tihange 3 sprechen, meinen wir immer die hier definierte Verlängerung, auch wenn aus praktischen Gründen konkrete Daten genannt werden.

Tabelle 2: Verlängerung der Laufzeit der Reaktoren Doel 4 und Tihange 3 zur industriellen Stromerzeugung, wie in dieser Umweltverträglichkeitsprüfung untersucht. Dieser Zeitplan entspricht dem vom Ministerrat am 1. April 2022 gebilligten Gesetzentwurf.

Reaktor	Geplante Abschaltung nach Atomausstiegsgesetz 2003	Verlängerung	Äußerstes vorgesehene Abschaltdatum bei Verlängerung
Doel 4	1. Juli 2025	Periode von zehn Jahren ab dem Datum der ersten industriellen Stromerzeugung nach dem 1. Juli 2025	31. Dezember 2037
Tihange 3	1. September 2025	Periode von zehn Jahren ab dem Datum der ersten industriellen Stromerzeugung nach dem 1. September 2025	31. Dezember 2037

Doel 4 und Tihange 3 gehören zum Standort des Kernkraftwerks Doel (KKW Doel) an der Schelde, Scheldemolenstraat, Haven 1800, 9130 Doel, bzw. zum Standort des Kernkraftwerks Tihange (Centrale Nucléaire de Tihange, KKW Tihange) an der Maas, Avenue de l'Industrie 1, 4500 Huy (Abbildung 1), und werden von Electrabel SA betrieben.



Abbildung 1: Standorte der Kernkraftwerke Doel und Tihange (orange), der Kernkraftwerke an den belgischen Grenzen (grün) und anderer Nuklearanlagen der Klasse 1 in Belgien (blau)

Was die Sicherheit betrifft, so entsprechen alle Kernreaktoren derzeit den geltenden Sicherheitsvorschriften. Diese Vorschriften wurden 2020 verschärft und ab 2025 gelten zusätzliche Sicherheitsanforderungen. Da Doel 4 und Tihange 3 zu den modernsten Kernreaktoren Belgiens gehören und bereits mehrfach nachgerüstet wurden (im Rahmen der letzten drei regelmäßigen Sicherheitsüberprüfungen und der Stresstests nach Fukushima), sind die für die Realisierung der Laufzeitverlängerung (Long Term Operations – LTO) erforderlichen Arbeiten nicht besonders umfangreich oder komplex.

Die in der Umweltverträglichkeitsprüfung berücksichtigten Arbeiten umfassen sowohl konstruktive Verbesserungen als auch das Alterungsmanagement. Zu den konstruktiven Verbesserungen gehören die Bewältigung potenzieller Hitzewellen und der damit verbundenen Temperaturen, die Stärkung der Bewohnbarkeit von Notfallplanungszentren im Falle schwerer Unfälle und zusätzliche (mobile) Kühlsysteme für bestrahlten Kernbrennstoff, die in Unfallsituationen eingeschaltet werden können. Hinsichtlich des Alterungsmanagements geht die Sicherheitsbehörde (FANK) davon aus, dass die großen mechanischen Komponenten (Reaktorbehälter, Reaktordeckel, Dampferzeuger) nicht ausgetauscht werden müssen; bei den anderen Komponenten (kleinere mechanische Komponenten wie Pumpen oder Ventile, elektrische Ausrüstung, Instrumentierung, Bauwerke) wird man erst dann ein vollständiges Bild von den möglichen Austauscharbeiten haben, wenn Electrabel seine Studien abgeschlossen hat.

Ausgehend von den Arbeiten, die zum Zeitpunkt des Scopings der potenziellen Auswirkungen bekannt waren², und der Bewertung dieser Auswirkungen kann gesagt werden, dass die Auswirkungen für die verschiedenen nicht-radiologischen Disziplinen sehr lokal begrenzt und im Allgemeinen auf den Standort beschränkt sind. In dem Zeitraum, in dem die Erweiterung untersucht und die radioaktiven Abfälle für die LTO (Long Term Operations) einschließlich der Arbeiten bewertet werden, gibt es keine radiologischen Auswirkungen. Für die Arbeiten wird eine begrenzte Menge schwach radioaktiver Abfälle erwartet, die nur einen Bruchteil der kumulierten Menge über den betrachteten LTO-Zeitraum ausmacht.

Der aktuelle Stand der Arbeiten, die in die Umweltverträglichkeitsprüfung des vorliegenden Berichts einbezogen sind, ist in einer Mitteilung vom 15. März 2023 enthalten³. Die Beschreibung der Arbeiten und der Umfang der möglichen Auswirkungen in diesem Vermerk unterscheiden sich nicht grundlegend von denen, die bei der Bewertung der Auswirkungen der in dieser UVP durchgeführten Arbeiten angenommen wurden. Die tatsächliche Liste der im Rahmen von LTO Doel 4 und Tihange 3 durchzuführenden Arbeiten kann sich in Absprache zwischen dem Betreiber, Electrabel S.A., und den Sicherheitsbehörden noch weiterentwickeln.

5 Betrieb der Kernkraftwerke Doel 4 und Tihange 3

Das Ziel der Verlängerung der Laufzeit der Blöcke Doel 4 und Tihange 3 an den jeweiligen Standorten des KKW Doel und des KKW Tihange ist die Fortsetzung der industriellen Stromerzeugung.

Target 4 und Tihange 3 sind Reaktoren des sogenannten Druckwasser- oder Hochdrucktyps (Pressurised-Water Reactor - PWR). Ein solcher Reaktor besteht typischerweise aus 3 Kompartimenten mit 3 separaten Kreisläufen: dem Reaktorgebäude mit Primärkreislauf, dem Maschinenraum mit Sekundärkreislauf und dem Kühlkreislauf, der den Tertiärkreislauf bildet (Abbildung 2).

² Zu diesem Zeitpunkt wurden Informationen berücksichtigt, die bis zum 31. Januar 2023 zur Verfügung standen, später eingehende Informationen wurden nicht garantiert.

³ PSR LTO KCD4 CNT 3-ELP-Description des travaux du LTO de D4/T3 (ref. CNT-KCD/4NT/0031174/000/02), Tractebel Engineering S.A., 15. März 2023



- | | |
|-----------------------|-----------------------------------|
| 1. Reaktor | 11. Niederdruckturbine |
| 2. Brennstäbe | 12. Kondensator |
| 3. Steuerstäbe | 13. Speisepumpe |
| 4. Druckbehälter | 14. Generator |
| 5. Dampferzeuger | 15. Auslöser |
| 6. Primärpumpe | 16. Transformator |
| 7. Speisewasser | 17. Hochspannungsleitung |
| 8. Primärkreislauf | 18. Kühlwasserquelle (Schelde) |
| 9. Speisewasser | 19. Wasserentnahme |
| 10. Sekundärkreislauf | 20. Kaltes Kühlwasser |
| 11. Dampf | 21. Erhitztes Kühlwasser |
| 12. Hochdruckturbine | 22. Kühlturm |
| | 23. Aufwärtsgerichteter Luftstrom |
| | 24. Wasserdampf |
| | 25. Kühlwasserabfluss |

Abbildung 2: Betrieb eines Kernkraftwerks mit (von links nach rechts) dem Reaktorgebäude, dem Maschinenraum und dem Kühlkreislauf (Quelle: Electrabel AG).

Das Reaktorgebäude enthält den Reaktorbehälter, der den Kernbrennstoff oder das spaltbare Material enthält. Bei der Spaltung entstehen Spaltprodukte und Neutronen. Die bei der Spaltung freigesetzte Energie, die sich aus der Energie und dem radioaktiven Zerfall der Kernspaltungsprodukte und der Energie der Neutronen zusammensetzt, wird in einem DWR wie Doel 4 und Tihange 3 unter hohem Druck (155 bar) auf Wasser übertragen. Doel 4 und Tihange 3 haben jeweils drei Kreisläufe, die zusammen den primären Kühlkreislauf bilden (jeder mit einer eigenen Pumpe) und Wasser vom Reaktorkern zu den Dampferzeugern pumpen.

Das erhitzte Wasser aus dem Primärkreislauf wird unter hohem Druck in den Dampferzeuger geleitet, wo es seine Wärme an das Wasser auf der anderen Seite (Sekundärkreislauf) abgibt, wo sich Dampf bildet. Es besteht also nie ein direkter Kontakt zwischen dem Wasser aus dem Primär- und dem Wasser im Sekundärkreislauf. Der Dampf treibt im Maschinenraum eine Turbine an und der daran angeschlossene Generator wandelt die Drehbewegung der Turbine in elektrischen Strom um. Der Dampf im Sekundärkreislauf gelangt weiter zum Kondensator, wo er wieder in flüssiges Wasser umgewandelt wird, das zum Dampferzeuger zurückgepumpt wird. Der Kondensator wird mit Wasser aus dem tertiären Kühlkreislauf gekühlt, wobei auch hier nie ein direkter Kontakt mit dem Wasser des Sekundärkreislaufs besteht. Der Tertiärkreislauf wird mit Schelde- (Doel) oder Maaswasser (Tihange) gespeist, was eine leichte Erwärmung des Schelde- bzw. Maaswassers zur Folge hat. Deshalb geht es zunächst zu den Kühltürmen mit Saugzugsystem, bevor es entweder wieder zum Kondensator oder zurück in die Schelde oder die Maas fließt.

Während des normalen Betriebs und der Wartung in der Nuklearzone können kleine Mengen radioaktiver Elemente freigesetzt werden. Dabei entstehen neben den abgebrannten Brennelementen eine Reihe von radioaktiven Abfallströmen in gasförmiger, flüssiger und fester Form. Für die beiden letztgenannten gibt es Behandlungssysteme an den Standorten des KKW Doel und des KKW Tihange. In Doel ist das Klärsystem in einem zentralen Wasser- und Abfallbehandlungsgebäude (WAB) untergebracht, während es in Tihange stärker auf die verschiedenen Anlagen verteilt ist; flüssige Abfälle werden für die gesamte Anlage in Tihange 2 behandelt.

Seit der endgültigen Abschaltung (EAS) von Doel 3 (23. September 2022) und Tihange 2 (31. Januar 2023) für die industrielle Stromerzeugung befinden sich beide Standorte in einem Zustand, in dem ein Teil der Reaktoren noch Strom produziert und ein anderer Teil sich in der Phase der endgültigen Abschaltung oder auch Nachbetriebsphase (auch Post-Operational-Phase oder POP) genannt befindet.

Auch für Doel 4 und Tihange 3 werden die endgültige Abschaltung und die Nachbetriebsphase natürlich irgendwann anstehen, mit oder ohne Realisierung des Projekts zur Laufzeitverlängerung. Der einzige Unterschied besteht darin, wann die EAS realisiert wird: Mit Projektrealisierung wird dies mehr als 10 Jahre später sein als ohne Projektrealisierung. Dies ändert jedoch nichts an den Umweltauswirkungen an sich.

Doel 4 und Tihange 3 müssen nach der Abschaltung und den POPs ebenfalls rückgebaut werden. Die Auswirkungen dieser Phase sind nicht Teil der Umweltverträglichkeitsprüfung für den Betrieb von Doel 4 und Tihange 3. Die Mengen an radioaktiven Abfällen und abgebrannten Brennelementen aus der Stilllegung werden jedoch in die Bewertung des Projekts einbezogen.

6 Alternativen

Eine Alternative für ein Projekt kann definiert werden als „eine andere Art zur Erreichung der Plan- oder Projektziele“. Es stellt sich also die Frage, ob es alternative Möglichkeiten gibt, die Sicherheit der Stromversorgung nach 2025 zu gewährleisten.

Die Laufzeitverlängerung um 10 Jahre der Kernreaktoren Doel 4 und Tihange 3 ist durch unerwartete und unerwünschte Entwicklungen auf dem Energiemarkt und in der geopolitischen Lage in Europa bedingt. Im Vorfeld dieser Entscheidung hat die Regierung geprüft, ob es gleichwertige Alternativen gibt, und die Vor- und Nachteile dieser Optionen abgewogen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass mehrere der möglichen alternativen Energiequellen keine wirklichen Alternativen sind: Die Kapazitäten für erneuerbare Energien sind noch nicht ausreichend entwickelt, die Importmöglichkeiten stehen unter Druck, und die strategische Reserve ist nicht für eine strukturelle Nutzung vorgesehen. Der CRM-Mechanismus ist die naheliegendste Alternative und wird daher auch weiterentwickelt. In diesem Sinne handelt es sich nicht um eine echte Alternative, sondern um eine zusätzliche Garantie, die in Kombination mit der Laufzeitverlängerung von Doel 4 und Tihange 3 die Stromversorgungssicherheit gewährleistet. Elia geht übrigens davon aus, dass die durch den CRM-Mechanismus bereitgestellte Kapazität auch bei einer Verlängerung der Laufzeit der beiden Kraftwerke weiterhin benötigt wird. Dies ist auch offensichtlich, da die Lücke im Jahr 2025 auf 3,6 GW geschätzt wurde, von denen nur 2 GW durch die Betriebsverlängerung der Kraftwerke geschlossen werden können.

7 Referenzzustand und Referenzszenario

Bei einer Umweltprüfung ist eine klare Definition der Referenzsituation wichtig, um die Auswirkungen eines Plans oder Projekts zu veranschaulichen. Der Referenzzustand ist der Zustand der Umwelt, der sich ergeben würde, wenn ein Plan oder Projekt nicht durchgeführt würde; er ist daher die Grundlage für den Vergleich der Auswirkungen des Plans oder Projekts. Der Referenzzustand ist in diesem Fall der Zustand, der sich ergeben würde, wenn die Laufzeit von Doel 4 und Tihange 3 nicht verlängert würde, wenn also Doel 4 und Tihange 3 nach dem Zeitplan des Atomausstiegsgesetzes im Jahr 2025 endgültig abgeschaltet würden. Der Zustand, der eintreten würde, wenn der Plan oder das Projekt durchgeführt würde (Verlängerung der Laufzeit), wird mit diesem Referenzzustand (keine Verlängerung der Laufzeit) verglichen. Die Differenz zwischen den beiden Werten gibt die Auswirkungen des Plans oder Projekts (in diesem Fall die Laufzeitverlängerung) an (Abbildung 3).

Der Referenzzustand ist im Prinzip der Zustand der Umwelt im Jahr 2025. Ferner wird davon ausgegangen, dass sich dieser Referenzzustand (unter dem Einfluss von Entwicklungen, die nicht mit dem Betrieb von Doel 4 oder Tihange 3 zusammenhängen) zwischen 2025 und 2037 nicht grundlegend ändert, zumindest nicht in einer Weise, die die Bewertung der Umweltauswirkungen verändert.

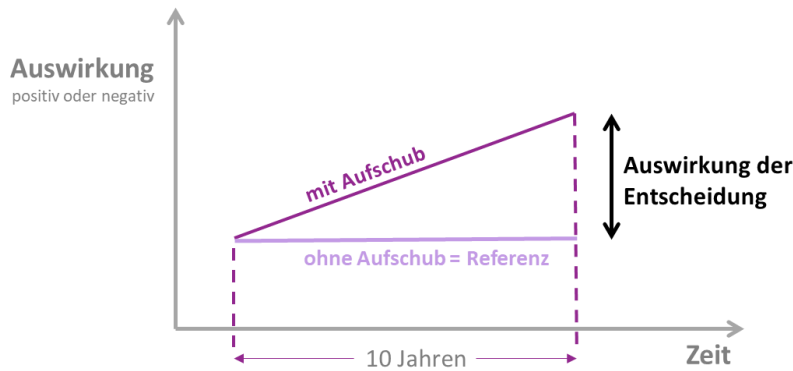


Abbildung 3: Schematische Darstellung des Referenzzustandes.

Neben dem Referenzzustand werden in der Umweltverträglichkeitsprüfung auch die Begriffe „Referenzzeitraum“ und „Referenzszenario“ verwendet. Diese Begriffe ergeben sich aus der Besonderheit des Projekts, die darin besteht, dass die Auswirkungen auf einen bestimmten Zeitraum begrenzt sind (10 Jahre), dessen Beginn und Ende derzeit nicht mit Sicherheit bekannt sind (siehe Tabelle 2). Dieser zeitlich begrenzte Zeitraum wird als *Referenzzeitraum* bezeichnet. Bei Auswirkungen, die eine klare zeitliche Dimension haben (z. B. Menge der emittierten Schadstoffe pro Jahr, Menge des erzeugten Abfalls pro Jahr usw.), wird bei der Umweltprüfung auch die kumulative Auswirkung über den Referenzzeitraum betrachtet, indem die Mengen pro Jahr zu einer Gesamtsumme für den Zeitraum addiert werden oder eine vergleichbare Schätzung der kumulativen Auswirkungen vorgenommen wird.

Das *Referenzszenario* beschreibt die projektbezogenen Entwicklungen während des Referenzzeitraums, wenn das Projekt nicht umgesetzt wird. Dieses Szenario geht davon aus, dass an den Standorten Doel und Tihange kein Kernreaktor mehr aktiv ist. Für die Kraftwerke Doel 3 und Tihange 2 wird die Nachbetriebsphase bis 2027 weitgehend oder vollständig abgeschlossen sein, und der Rückbau wird begonnen haben. Für die Reaktoren Doel 1, Doel 2 und Tihange 1 läuft die Nachbetriebsphase bis etwa 2030, danach beginnt auch für diese Reaktoren der Rückbau.

Die Form des Rückbaus und die damit verbundenen Umweltauswirkungen sind derzeit nicht bekannt und können daher bei der Umweltverträglichkeitsprüfung nicht berücksichtigt werden. Für den Rückbau der verschiedenen Reaktoren werden jedoch auch in Zukunft umfassende Umweltverträglichkeitsprüfungen auf Projektebene durchgeführt werden.

8 Verfahren

Die Umweltverträglichkeitsprüfung wird im Rahmen der europäischen UVP-Richtlinie, der FFH-Richtlinie und der Vogelschutzrichtlinie durchgeführt. Diese Richtlinien enthalten jedoch nur wenige Verfahrensvorschriften, wie der Prozess der Umweltverträglichkeitsprüfung durchgeführt werden sollte.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die wichtigsten Bestimmungen mit verfahrensrechtlicher Tragweite in der UVP-Richtlinie enthalten sind:

1. Konsultation der Behörden, die „in ihrem umweltbezogenen Aufgabenbereich von dem Projekt berührt sein könnten“ (Artikel 6.1);
2. Frühzeitige Information der Öffentlichkeit im umweltbezogenen Entscheidungsverfahren über das Verfahren, die Möglichkeiten der Öffentlichkeitsbeteiligung und den Gegenstand des Genehmigungsantrags (Artikel 6.2);
3. Zugänglichmachung der Ergebnisse der Umweltverträglichkeitsprüfung und der Stellungnahmen für die Öffentlichkeit (Artikel 6.3);
4. Konsultation der zuständigen Behörden in anderen Mitgliedstaaten (Artikel 7);

5. Information der Öffentlichkeit u. a. über den Inhalt der Entscheidung bezüglich der Genehmigung und die Erwägungen, auf denen die Entscheidung beruht (Artikel 9);
6. Überprüfungsverfahren (Artikel 11).

Die im Rahmen des Espoo-Übereinkommens, des Aarhus-Übereinkommens und der UVP-Richtlinie (grenzüberschreitend und innerhalb Belgiens) erforderlichen Notifizierungen werden von der belgischen Regierung, dem Föderalen Öffentlichen Dienst Wirtschaft und dem Minister für Energie vorgenommen.

Sobald die Umweltverträglichkeitsprüfungen abgeschlossen sind, wird der Föderale Öffentliche Dienst Wirtschaft eine Konsultation mit den drei belgischen Regionen, den belgischen Provinzen, den interessierten lokalen Behörden, dem Föderalen Rat für Nachhaltige Entwicklung, der Nationalen Einrichtung für Radioaktive Abfälle und Angereicherte Spaltmaterialien (NERAS) und der Föderalagentur für Nuklearkontrolle (FANK) einleiten.

Darüber hinaus wird für 60 Kalendertage eine Volksbefragung über eine Website durchgeführt, die der Veröffentlichung der vollständigen Umweltverträglichkeitsprüfung für den Aufschub der Abschaltung von Doel 4 und Tihange 3 gewidmet ist. Die Anmeldung für die Konsultation und die Beteiligung der Öffentlichkeit erfolgt durch den Föderalen Öffentlichen Dienst Wirtschaft.

9 Auswahl potenziell signifikanter Auswirkungen

9.1 Auswirkungen des Projekts

Die Umweltverträglichkeitsprüfung untersucht und bewertet sowohl die radiologischen als auch die nichtradiologischen Auswirkungen der 10-jährigen Laufzeitverlängerung der Reaktoren Doel 4 und Tihange 3. Bei der Diskussion der Auswirkungen liegt der Schwerpunkt auf den finalen Rezeptoren dieser Auswirkungen, nämlich der menschlichen Gesundheit einerseits und der biologischen Vielfalt andererseits. Dies gilt sowohl für radiologische als auch für nichtradiologische Auswirkungen.

Für die nichtradiologischen Auswirkungen wurden auch andere in Artikel 3 und Anhang IV der europäischen UVP-Richtlinie aufgeführte Rezeptoren identifiziert, für die signifikante nachteilige Auswirkungen auftreten könnten.

Für die Themen Boden, Grundwasser, Lärm, Mobilität und Landschaft wurde geurteilt, dass auf strategischer Ebene durch die Laufzeitverlängerung keine signifikanten (nichtradiologischen) Auswirkungen zu erwarten sind. Diese beeinflussen also auch nicht die Disziplinen der Rezeptoren.

Für die nichtradiologischen Auswirkungen betrifft die Umweltverträglichkeitsprüfung daher die Auswirkungen innerhalb der Themen Oberflächenwasser, Luft, biologische Vielfalt, Gesundheit sowie Klima. Im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung werden diese Auswirkungen dahingehend bewertet, inwieweit sie zur Erreichung der politischen Ziele für diese Themen beitragen oder nicht.

9.2 Vermiedene Auswirkungen des Projekts

Dies sind Auswirkungen, die nicht eintreten, wenn das Projekt durchgeführt wird, aber sehr wohl, wenn das Projekt nicht durchgeführt wird. Es handelt sich also um Auswirkungen, die in der Referenzsituation auftreten. Da das Ausmaß einer Auswirkung durch die Differenz zwischen der Projektsituation und der Referenzsituation bestimmt wird, handelt es sich um negative oder „vermiedene“ Auswirkungen.

Angesichts der Ungewissheit über die tatsächliche Auffüllung der „vermiedenen Produktionskapazität“ werden einige der Auswirkungen, die damit verbunden sein könnten (die aber stark von der Art und dem Standort der Ersatzanlagen abhängen), nicht untersucht. Dazu gehören beispielsweise Auswirkungen auf die Landschaft, die Luftqualität oder die Wasserqualität.

Konkret beschränken wir die Untersuchung der vermiedenen Auswirkungen auf:

- die vermiedenen Treibhausgasemissionen (mit Folgewirkungen auf die Disziplin Klima);
- die vermiedenen NO_x-Emissionen (mit Folgewirkungen auf die Disziplin Mensch und Gesundheit).

Darüber hinaus berücksichtigen wir auch die vermiedene Versorgungsunsicherheit. Diese Unsicherheit zu vermeiden, ist das eigentliche Ziel des Plans und in diesem Sinne kein Nebeneffekt. Dennoch ist es gut, sich ein Bild von den Auswirkungen auf diesen Aspekt zu machen, wenn die Laufzeit von Doel 4 und Tihange 3 nicht verlängert würde. Die Auswirkungen der Versorgungsunsicherheit werden in erster Linie im Zusammenhang mit dem Thema „Mensch“ betrachtet.

9.3 Auswirkungen auf das Projekt

Die „Auswirkungen auf das Projekt“ beziehen sich speziell auf die Folgen des Klimawandels auf das Projekt. Die Verpflichtung, diesen Aspekt in die Umweltverträglichkeitsprüfung aufzunehmen, ergibt sich aus den Änderungen der UVP-Richtlinie 2011/92/EU durch die Richtlinie 2014/52/EU. Anhang IV dieser Richtlinie besagt, dass eine Umweltverträglichkeitsprüfung eine Beschreibung der *Auswirkung des Projekts auf das Klima* (z. B. Art und Ausmaß der Treibhausgasemissionen) und der *Anfälligkeit des Projekts in Bezug auf den Klimawandel* enthalten muss.

10 Überblick über die Umweltauswirkungen

10.1 Nichtradiologische Auswirkungen

Die Verlängerung der Laufzeit von Doel 4 und Tihange 3 bedeutet, dass für einen zusätzlichen Zeitraum von 10 Jahren (behandeltes) Sanitärabwasser, behandeltes Betriebsabwasser und (erwärmtes) Kühlwasser in die Seeschede bzw. die Maas eingeleitet werden. Da die Einleitungsnormen an beiden Standorten eingehalten werden und der Beitrag der Einleitungen zur Konzentration der verschiedenen Schadstoffe in den Oberflächengewässern begrenzt ist, wird dies nicht zu einer Verschlechterung des ökologischen Zustands der Seeschede (Doel) oder der Maas (Tihange) führen, vorausgesetzt, dass der Überwachung und rechtzeitigen Anpassung weiterhin Aufmerksamkeit geschenkt wird. Auch die Erreichung des guten ökologischen Potenzials der beiden Wasserkörper wird durch das Projekt nicht gefährdet.

Im Hinblick auf die biologische Vielfalt wurden für den Standort Doel die Auswirkungen des Projekts auf die Qualität des Oberflächenwassers, die Barrierewirkung, die Mortalität, die Störung, den direkten Flächenverbrauch sowie die Eutrophierung und Säuerung untersucht. Für die Barrierenfunktion und den direkten Flächenverbrauch zeigte sich, dass keine Auswirkungen zu erwarten waren. Für die Mortalität gibt es möglicherweise eine (begrenzte) Auswirkung durch die Kühlwasserzufuhr beeinflusst werden. In Bezug auf die Beeinträchtigungen sind Änderungen nur im Bereich der Lärmbelästigung zu erwarten. Dies ist jedoch nur von begrenzter Bedeutung, da die Störung während der Laufzeit nur von Doel 4 ausgehen wird. Außerdem handelt es sich um einen bestehenden Lärm, der kontinuierlich und vorhersehbar ist, so dass keine signifikanten Auswirkungen auf benachbarte Arten zu erwarten sind.

Die Auswirkungen des Betriebs von Doel 4 selbst in Form von versauernden und eutrophierenden Ablagerungen sind vernachlässigbar. Außerdem sind andere Faktoren wie die Wasserqualität der Schelde viel entscheidender für den trophischen Zustand an diesem Standort. Positive Auswirkungen auf die Stickstoffablagerungen sind jedoch von den „vermiedenen Emissionen“ zu erwarten, die mit einer 10-jährigen zusätzlichen Stromerzeugung aus Kernkraft verbunden sind.

Die Einleitung von Kühl-, Sanitär- und Industrierwasser führt zu einer Verschlechterung der Wasserqualität, die in Doel jedoch auf den Bereich innerhalb des Wellenbrechers beschränkt ist. Bedeutende Auswirkungen auf das gesamte Ökosystem der Schelde werden dadurch vermieden. Lokal gibt es keine Hinweise darauf, dass die Auswirkungen einen nachteiligen Effekt für die vorhandenen Organismen haben. Angesichts der Ausweisung der

Schelde selbst als Habitat-Richtliniengebiet und der potenziellen Bedeutung dieses Gebiets für die Vögel des Vogelrichtliniengebiets ist dies eine wichtige Schlussfolgerung.

Im Falle von Tihange zeigt die Analyse, dass die Auswirkungen des Projekts auf die aquatische Umwelt nicht so stark sind, dass sie die Strategien zur Erhaltung der umliegenden Ökosysteme in Frage stellen würden, wenn man die vom Betreiber der Anlage ergriffenen Maßnahmen berücksichtigt, unabhängig davon, ob sie in der Umweltgenehmigung vorgesehen sind oder nicht (Einleitungskontrolle, Entsorgungssystem, usw.). Da die Maas in der Nähe des Kraftwerks Tihange keinen hohen ökologischen Wert hat (hauptsächlich ubiquitäre Arten) und nur einer der drei Reaktoren in den nächsten Jahren in Betrieb bleiben soll, wird keine negative Entwicklung der aquatischen Umwelt erwartet.

Beeinträchtigungen der Fauna, die auf die Anwesenheit des Menschen zurückzuführen sind (Lärm, Beleuchtung usw.), werden für Tihange 3 als nicht signifikant angesehen, da sich die Anlage in einer bereits stark urbanisierten Region befindet und der Betreiber außerdem Maßnahmen zur Verringerung der akustischen Auswirkungen der Anlage ergriffen hat. Außerdem wurden auf dem Gelände Maßnahmen zur Verbesserung der lokalen Artenvielfalt ergriffen.

Der Beitrag der Verlängerung der Laufzeit von Tihange 3 zu den Säureablagerungen wird nicht signifikant sein. Wie bei Doel 4 kann sogar von einer positiven Auswirkung ausgegangen werden, da der vom Reaktor erzeugte Strom nicht in GuD-Kraftwerken erzeugt werden muss, die wesentlich mehr Rauchgase ausstoßen, die für Säuerung und Stickstoffablagerung verantwortlich sind.

Unter Berücksichtigung aller oben genannten Elemente kann gesagt werden, dass der Betrieb von Tihange 3 während der gesamten Laufzeit nicht mit den in den wallonischen Rechtsvorschriften festgelegten Erhaltungszielen unvereinbar ist.

Der Betrieb der KKW Doel und Tihange kann ebenfalls Auswirkungen auf die Luftqualität haben. Die wichtigsten Quellen mit potenziellen Auswirkungen sind Dampfkessel und Dieselmotoren, die jedoch nur begrenzte Betriebsstunden pro Jahr haben. Da mit der Schließung der anderen Reaktoren an beiden Standorten weitere Verbrennungsanlagen außer Betrieb genommen werden, werden ihre Auswirkungen weiter abnehmen.

Aus den Berechnungen der Auswirkungen für Doel geht hervor, dass die Auswirkung auf die Luftqualität (weniger als 1 % der verwendeten Grenz- oder Prüfwerte) vernachlässigbar ist. Es besteht also kein Bedarf an Minderungsmaßnahmen.

Wenn die Laufzeit von Doel 4 und Tihange 3 nicht verlängert wird, muss an ihrer Stelle Strom mit (teilweise) fossilen Brennstoffen erzeugt werden. Die dabei entstehenden Emissionen (die bei der Verlängerung der Laufzeit von Doel 4 und Tihange 3 als „vermieden“ angesehen werden können) sind viel höher als die Emissionen, die während des Betriebs von Doel 4 und Tihange 3 entstehen, und die Auswirkungen auf die Luftqualität werden daher größer sein.

Die Treibhausgasemissionen, die dem Betrieb von Doel 4 und Tihange 3 zuzuschreiben sind, summieren sich während des Verlängerungszeitraums auf etwa 31 kt (kumuliert). Die durch eine längere Offenhaltung von Doel 4 und Tihange 3 *vermiedenen* Treibhausgasemissionen liegen in einer anderen Größenordnung. Über den gesamten Zeitraum führt die Verschiebung der Abschaltung beider Reaktoren zu einer Vermeidung von Emissionen in Höhe von etwa 24.830 kt CO₂-Äq. Dies entspricht einer jährlichen Einsparung von fast 20 % der Emissionen im Sektor „Strom- und Wärmeerzeugung“ in Belgien im Jahr 2021 (12,8 Mt). Vergleicht man die Emissionen, die durch den Betrieb von Doel 4 und Tihange 3 im ungefähr gleichen Zeitraum freigesetzt werden (zusammen 31 kt), so stellt man fest, dass die Emissionen beider Reaktoren im Zeitraum der Verlängerung der Laufzeit nur 0,12 % der im gleichen Zeitraum vermiedenen Emissionen ausmachen.

Weder Doel 4 noch Tihange 3 haben Auswirkungen auf die Widerstandsfähigkeit ihrer Umwelt gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels während des Referenzzeitraums. Innerhalb der zeitlichen Perspektive der Verlängerung der Laufzeit sind auch beide Standorte selbst nicht anfällig für die Folgen des Klimawandels, und diese Situation ist unabhängig davon, ob die Abschaltung von Doel 4 und Tihange 3 verschoben wird oder nicht.

Das Projekt hat keine nennenswerten Auswirkungen auf die Gesundheit. Legionellen haben aufgrund der getroffenen Maßnahmen und im Fall von Doel auch aufgrund der besonderen Bedingungen (Brackwasserspeisung) in der Vergangenheit nie ein Problem dargestellt, und es gibt keinen Grund zu der Annahme, dass dies während der Laufzeitverlängerung anders sein wird. Was die Risikowahrnehmung in Bezug auf nukleare Unfälle angeht, so kann man sagen, dass es zwar eine solche Risikowahrnehmung gibt, aber kein nachweisbarer Zusammenhang mit psychosomatischen Auswirkungen besteht. Schließlich kann bestätigt werden, dass die Verlängerung der Laufzeit von Doel 4 und Tihange 3 die Wahrscheinlichkeit eines Stromausfalls deutlich verringert (insbesondere in den ersten Jahren der Verlängerung der Laufzeit), was sich positiv auf die Vermeidung von Gesundheits- und Sicherheitsrisiken auswirkt, die mit Stromausfällen einhergehen können. Abschließend kann festgestellt werden, dass im Hinblick auf die externe Sicherheit keine nennenswerte Erhöhung des Risikos durch die Verlängerung der Laufzeit zu erwarten ist.

10.2 Radiologische Auswirkungen

10.2.1 Auswirkungen auf Mensch und Umwelt im Normalbetrieb

Die Exposition gegenüber ionisierender Strahlung im Normalbetrieb und die damit verbundenen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt ergeben sich zum einen aus der direkten Strahlung der Standorte und den radioaktiven gasförmigen und flüssigen Einleitungen. Die Dosis durch direkte Strahlenexposition an der Grenze zu und außerhalb der Standorte ist sehr gering und nicht nachweisbar. Sie ist nicht von natürlichen Schwankungen der Hintergrundstrahlung zu unterscheiden. Auch die externe Strahlung nimmt mit zunehmender Entfernung deutlich ab (Gesetz des umgekehrten Quadrats).

Bei einer Verlängerung der Laufzeit von Doel 4 und Tihange 3 um weitere 10 Jahre über das Jahr 2025 hinaus werden die flüssigen und gasförmigen Einleitungen im Normalbetrieb genauso hoch sein wie beim Betrieb von Doel 4 und Tihange 3 derzeit und in den letzten Jahren. Die gasförmigen und flüssigen Einleitungen sind ein Bruchteil der in den Betriebsgenehmigungen der KKW Doel und Tihange festgelegten Einleitungsgrenzwerte, und die Dosis wird hauptsächlich durch die gasförmigen Einleitungen von Kohlenstoff 14 (C-14) bestimmt. Dieses ebenfalls natürlich vorkommende Radionuklid entsteht beim Reaktorbetrieb durch die bei der Kernspaltung freigesetzten Neutronen.

Die effektive Dosis durch das Projekt (die Verlängerung der Laufzeit von Doel 4 und Tihange 3 für einen Zeitraum von 10 Jahren), die durch die gasförmigen und flüssigen Einleitungen verursacht wird, wird auf 0,010 mSv/Jahr für die am stärksten exponierte Person (kritische Person) geschätzt, und zwar für den 10-jährigen Zeitraum des fortgesetzten Betriebs. Dies ist eine triviale Dosis, die weit unter dem gesetzlichen Grenzwert von 1 mSv/Jahr liegt. Außerdem handelt es sich bei dieser Dosis um eine sehr konservative Schätzung (kritische Person: empfindlichste Altersgruppe, am Ort der maximalen Exposition, Lebensmittel vom Ort mit der höchsten Konzentration von Radionukliden, ...).

In Anbetracht der endgültigen Abschaltung der anderen Reaktoren an den beiden Standorten nach dem derzeitigen Zeitplan wird die Exposition aufgrund von Tätigkeiten an den Standorten der KKW Doel und Tihange nach 2025 im Vergleich zu der Situation der letzten Jahre voraussichtlich abnehmen, selbst wenn Doel 4 und Tihange 3 verlängert werden. Die typische effektive Dosis für die kritische Person der gasförmigen und flüssigen Einleitungen wurde für die vergangenen Jahre auf etwa 0,02 mSv/Jahr für das KKW Doel und 0,03-0,05 mSv/Jahr für das KKW Tihange geschätzt, je nach Betrachtungszeitraum und Annahmen. Nach 2025 und mit der Verlängerung der Laufzeit von Doel 4 und Tihange 3 wird die effektive Dosis von 0,017-0,013 mSv/Jahr für den gesamten Standort des KKW Doel und von 0,020 bis 0,015 mSv/Jahr für das KKW Tihange während des betrachteten Zeitraums des Projekts abnehmen. Dieser Rückgang ist darauf zurückzuführen, dass nach der Abschaltung von Doel 1, 2 und 3 für das KKW Doel und Tihange 1 und 2 für das KKW Tihange eine Abnahme der Abflüsse in Abhängigkeit von der Zeit erwartet wird. Die Auswirkungen auf die Umwelt sind ebenfalls vernachlässigbar und werden für die gesamten Standorte des KKW Doel und des KKW Tihange weiter abnehmen, auch wenn Doel 4 und Tihange 3 verlängert werden. Durch die Überwachung der gasförmigen und flüssigen Einleitungen und die Überwachung der Umgebung im Rahmen des Überwachungsprogramms und eines vom Betreiber durchgeführten spezifischen Programms werden die

Auswirkungen auf Mensch und Umwelt weiterhin kontinuierlich überwacht. Da Dosen und Auswirkungen auf Mensch und Umwelt an der Standortgrenze trivial sind, gibt es auch keine grenzüberschreitenden Auswirkungen im Normalbetrieb.

Abschließend möchten wir darauf hinweisen, dass während der Laufzeit des Projekts mit dem Rückbau eines oder mehrerer der anderen Reaktoren begonnen werden könnte. Dies könnte sich möglicherweise auf den radiologischen Zustand auswirken, ist aber nicht Gegenstand dieser Umweltverträglichkeitsprüfung. Hierfür ist eine separate Umweltverträglichkeitsprüfung erforderlich.

10.2.2 Auswirkungen auf Mensch und Umwelt im Falle eines Unfalls

Für die beiden Reaktoren Doel 4 und Tihange 3 wurden zwei Auslegungstörfälle untersucht, nämlich der Kühlmittelverluststörfall (Loss Of Coolant Accident - LOCA) und der Brennstoffhandhabungstörfall (Fuel Handling Accident - FHA), die als übergreifend für diese Art von Störfällen angesehen werden können, und ein Erweiterungstörfall, ein kompletter Stations-Blackout (Complete Station Blackout - CSBO) mit Kernschmelze, der dann als repräsentativ für diese Art von Störfällen angesehen werden kann. Die Auswirkungen der beiden Auslegungstörfälle liegen innerhalb der Grenzen der allgemeinen Angaben nach Artikel 37 des Euratom-Vertrags. Die Auswirkungen der beiden Auslegungstörfälle bewegen sich innerhalb der Grenzen der allgemeinen Angaben nach Artikel 37 Euratom-Vertrag. Für die Bewertung der Auswirkungen wurden jedoch auch die Bewertungen nach den FANK/Bel-V-Richtlinien für neue Anlagen der Klasse 1 herangezogen. Die Ergebnisse dieser Analyse fallen ebenfalls in den Bereich der allgemeinen Daten gemäß Artikel 37 des Euratom-Vertrags. Streng genommen ist die letztgenannte Einschätzung hier nicht zutreffend, da Doel 4 und Tihange 3 bereits bestehende Anlagen der Klasse 1 sind. Es handelt sich jedoch um die einzige Analyse, die zur Bewertung der Auswirkungen des CSBO-Unfalls verwendet wurde, und diese Analyse gibt auch Aufschluss über ein breiteres Spektrum von Auswirkungen, die mit einem Unfall verbunden sein können, wie z. B. Bodenkontamination, für die Auslegungstörfälle (LOCA und FHA).

Trotz der Tatsache, dass die Reaktoren Doel 4 und Tihange 3 vom gleichen Typ und der gleichen Leistung sind, lassen sich bei demselben Unfallszenario unterschiedliche Auswirkungen feststellen. Dies hat mit der genauen Auslegung (Volumen des Reaktorgebäudes, Leckrate nach außen usw.) und den Sicherheitssystemen in Bezug auf die an die Umwelt abgegebenen Mengen an Radioaktivität zu tun, aber auch mit der Höhe der Einleitung (Schornsteinhöhe) bei Unfällen an beiden Standorten. Ferner ist zu beachten, dass sowohl die bei den Unfällen eingeleiteten Mengen an Radioaktivität (unter den betrachteten Szenarien) als auch die Berechnung der Auswirkungen konservativ geschätzt wurden. Das heißt, bei einem echten Unfall, der den betrachteten Szenarien (einschließlich des Betriebs der Sicherheitssysteme) folgt, werden die Auswirkungen immer oder fast immer geringer sein.

Für Tihange 3 gibt es bei den drei betrachteten Unfällen (LOCA, FHA und CSBO) gemäß den Richtlinien für neue Anlagen der Klasse 1 keine Überschreitungen der effektiven Dosis und der Schilddrüsen-Äquivalentdosis während des Unfalls in Bezug auf die spezifischen Referenzwerte für sofortige, dringende Schutzmaßnahmen wie Schutzräume, Evakuierung oder Aufnahme von stabilem Jod (die Aufnahme kontaminierter Nahrungsmittel ist nicht eingeschlossen, da sie leicht vermieden werden kann). Die effektive Dosis ist für den Auslegungstörfall (CSBO) am höchsten und beträgt 4,29 mSv über die Dauer des Unfalls (5 mSv in 24 Stunden ist der Referenzwert für den Schutz⁴). Diese Dosis ist vergleichbar mit der Dosis, die ein durchschnittlicher Belgier pro Jahr sowohl durch natürliche Strahlung als auch durch medizinische Diagnoseanwendungen erhält. Die Schilddrüsendosis wurde bei diesem Unfall durch das Containment Filter Venting System (CFVS) begrenzt, das gemäß der Betriebsgenehmigung bei einem solchen Unfall eingesetzt werden sollte. Dieses System filtert das Jod und die vorhandenen Aerosole

⁴ Die Referenzwerte sollten nicht als Grenzwerte betrachtet werden. In einer realen Situation wäre ein Schutz vielleicht zu empfehlen, zum einen wegen der Ungewissheit, die in jeder Unfallsituation besteht, zum anderen aber auch, weil die Verringerung der Exposition (Dosisoptimierung) im Rahmen des Vorsorgeprinzips gegen die nachteiligen Auswirkungen eines Schutzes abgewogen werden kann.

(einschließlich des langlebigen Cs-137) in erheblichem Maße heraus, so dass die effektive Dosis weitgehend auf die Strahlung der radioaktiven Edelgase in der vorbeiziehenden Wolke zurückzuführen ist.

Von den betrachteten Unfällen weist der FHA-Unfall die höchste Schilddrüsendosis auf (4,95 mSv für Tihange in der Altersgruppe von 1-2 Jahren). Sie entsteht durch die Freisetzung von Jodisotopen. Bei diesem Unfall und auch beim LOCA-Unfall besteht die Möglichkeit, dass die Nahrungskette mit radioaktivem Jod kontaminiert wird und Gegenmaßnahmen erforderlich werden. Angesichts der begrenzten Halbwertszeit von Jodisotopen ist die Kontamination zeitlich begrenzt. Die Kontamination mit langlebigen Radionukliden wie Cs-137 ist sehr begrenzt (nur LOCA), so dass bei den Unfallszenarien keine Auswirkungen auf die Nahrungskette zu erwarten sind. Die effektive Lebenszeitdosis (über 50 Jahre für Erwachsene und bis zu 70 Jahre für andere Altersgruppen) aufgrund von Unfällen ist begrenzt und liegt deutlich unter 1 Sv. Die grenzüberschreitenden Auswirkungen aller für Tihange 3 betrachteten Unfälle sind aufgrund der Entfernung zu den Nachbarländern sehr begrenzt. Die Dosen sind begrenzt, und eine radioaktive Jodkontamination ist möglich, wird aber konservativ am Rande der zu treffenden Gegenmaßnahmen geschätzt.

Für die betrachteten Doel-4-Unfälle ist, äquivalent zu Tihange 3, die effektive Dosis nach der Analyse der neuen Klasse-1-Anlagen am höchsten für den CSBO-Unfall. Sie beträgt 8,89 mSv und liegt damit über dem Referenzwert für Schutzmaßnahmen (5 mSv in 24 Stunden), ist aber immer noch deutlich niedriger als der Referenzwert für Evakuierungen (50 mSv in einer Woche). Die Schilddrüsen-Äquivalentdosen sind für den LOCA- und den FHA-Unfall für Doel 4 ähnlich und belaufen sich auf etwa 35 mSv (Alterskategorie 1-2 Jahre alt). Diese Werte liegen über dem Referenzwert für die Aufnahme von stabilem Jod für Kinder und schwangere Frauen (10 mSv Schilddrüsen-Äquivalentdosis). Auch bei den betrachteten Auslegungstörfällen für Doel 4 werden auf der Grundlage der konservativen Schätzungen der Jodisotopendeposition die abgeleiteten Werte für die Nahrungskette überschritten, so dass Gegenmaßnahmen in der Nahrungskette erforderlich sein können (in der Regel Milch, Blattgemüse und Fleisch). Auch für das CSBO-Unfallszenario für Doel 4 kann nicht ausgeschlossen werden, dass der abgeleitete Wert für die Bodenkonzentration von 4000 Bq/m² überschritten wird und somit Maßnahmen in der Lebensmittelkette erforderlich wären. Bei diesem Unfall ist die Joddeposition jedoch geringer als bei den Auslegungstörfällen (LOCA und FHA). Aufgrund der begrenzten Halbwertszeit der wichtigsten Jodisotope ist diese jedoch bei allen Unfallszenarien wiederum zeitlich begrenzt (Halbwertszeit von 8,02 Tagen für I-131). Die Kontamination durch langlebige Radionuklide wie Cs-137 wird sehr begrenzt sein und in den betrachteten Szenarien keine Gegenmaßnahmen erfordern. Folglich sind ein Jahr nach dem Unfall keine Gegenmaßnahmen mehr zu erwarten. Darüber hinaus liegen die effektiven Lebenszeitdosen auch bei den Doel-4-Unfallszenarien deutlich unter 1 Sv.

Die grenzüberschreitenden Auswirkungen der Unfälle bleiben beschränkt, da für alle betrachteten Unfallszenarien sowohl für Doel 4 als auch für Tihange 3 keine unmittelbaren Gegenmaßnahmen wie Schutzmaßnahmen, Evakuierung oder die Einnahme von stabilem Jod zum Schutz der Schilddrüse in den Nachbarländern erforderlich sind. Vor allem in den Niederlanden ist angesichts der Nähe von Doel 4 eine Kontamination der Nahrungskette mit Jodisotopen möglich, die Gegenmaßnahmen erforderlich machen könnte. In den anderen Nachbarländern ist dies sowohl für Doel 4 als auch für Tihange 3 sehr unwahrscheinlich, für einige Länder aber auch nicht völlig ausgeschlossen. Die Kontamination mit Jodisotopen ist jedoch aufgrund ihrer begrenzten Halbwertszeit nur von kurzer Dauer. Die Kontamination mit langlebigen Radionukliden wie Cs-137 ist sehr begrenzt und erfordert keine Gegenmaßnahmen. Die Lebenszeitdosis infolge der betrachteten Unfallszenarien ist daher in allen Nachbarländern sehr begrenzt.

Was die Auswirkungen auf Fauna und Flora anbelangt, so sind für Doel 4 sehr mäßige bis vernachlässigbare Auswirkungen und für Tihange 3 vernachlässigbare Auswirkungen zu erwarten, wenn man von den Mengen ausgeht, die bei den verschiedenen Unfallszenarien eingeleitet werden, und von den damit verbundenen Ablagerungen. Auch hier handelt es sich um konservative Schätzungen.

Da nach dem derzeitigen Zeitplan Doel 4 und Tihange 3 nach 2025 die einzigen Reaktoren an den jeweiligen Standorten des KKW Doel und des KKW Tihange sein werden, die zur Stromerzeugung betrieben werden, sinkt die Wahrscheinlichkeit eines schweren Unfalls an beiden Standorten. Nach der endgültigen Abschaltung der anderen Reaktoren sinkt die Radioaktivität rasch ab, ein Unfall bleibt möglich (z. B. wegen des Ausfalls der Kühlung), aber

die potenziellen radioaktiven Einleitungen und damit die potenziellen Auswirkungen nehmen im Laufe der Zeit rasch ab. Infolgedessen werden auch die Auswirkungen von Multi-Block-Ereignissen an beiden Standorten (Unfälle, an denen mehrere Anlagen beteiligt sind, wie beim Unfall in Fukushima Dai-ichi) nach 2025 geringer sein. In Anbetracht der räumlichen Entfernung zwischen den Standorten der beiden Reaktoren ist die Wahrscheinlichkeit eines gleichzeitigen Unfalls von Doel 4 und Tihange 3 noch geringer als bei Ereignissen mit mehreren Blöcken am selben Standort.

10.2.3 Auswirkungen auf die Erzeugung von Abfall und abgebrannten Brennelementen

In Belgien klassifiziert die NERAS (die belgische Nationale Einrichtung für Radioaktive Abfälle und Angereicherte Spaltmaterialien) radioaktive Abfälle in drei Kategorien. **Kategorie A** bezieht sich auf schwach- und mittelaktive, kurzlebige Abfälle, **Kategorie B** auf schwach- und mittelaktive, langlebige Abfälle und **Kategorie C** auf hochaktive, langlebige Abfälle, die hauptsächlich aus abgebrannten Brennelementen stammen.

Bei einer Verlängerung des Betriebs der Blöcke Doel 4 und Tihange 3 um 10 Jahre wird eine zusätzliche Menge an schwach- und mittelradioaktiven Abfällen anfallen, die auf der Grundlage langfristiger Durchschnittswerte auf insgesamt 864 m³ geschätzt wird. Dabei handelt es sich hauptsächlich um Abfälle der Kategorie A und nur in geringem Umfang um Abfälle der Kategorie B, zu denen bestimmte Harze und Filter gehören können. Verglichen mit den ~50.000 m³ Abfällen der Kategorie A, die derzeit als Quell-Term in der Sicherheitsakte für die oberflächennahe Endlagerung enthalten sind, stellt dies eine geringfügige Erhöhung dar (~1,7 %).

Geht man davon aus, dass die Menge an Abfällen der Kategorie B vernachlässigbar ist, entspricht das zusätzliche Abfallvolumen etwa 2.161 400-Liter-Fässern, die in 540 Endlagerungseinheiten (Monolithen) verpackt werden, die für die oberflächennahe Endlagerung in der zu diesem Zweck geplanten Anlage in Dessel bestimmt sind, für die das Genehmigungsverfahren läuft. Die (volumetrische) Kapazität der Endlagerung beträgt 34 Module, mit einer ausreichenden Reserve von 20 % bzw. 5,4 Modulen, um Unwägbarkeiten in Bezug auf die künftige Produktion von Abfällen der Kategorie A zu berücksichtigen. Die zusätzlichen Abfälle, die durch die Laufzeitverlängerung von Doel 4 und Tihange 3 um 10 Jahre anfallen würden, nehmen davon 0,6 Module ein. Da es sich um die Verlängerung einer bestehenden Aktivität handelt, die Abfallfamilien mit bekannten Eigenschaften erzeugt, werden weder kurz- noch langfristig weitere Auswirkungen auf die Abfallwirtschaft erwartet.

Die kumulative Anzahl der Brennelemente, die während eines zusätzlichen Zeitraums von 10 Jahren in Doel 4 und Tihange 3 verbraucht werden, wurde ebenfalls geschätzt. Für beide Blöcke zusammen wird die Laufzeitverlängerung zu einem zusätzlichen Verbrauch von etwa 810 Brennelementen (Typ UOX 14ft) führen. Gewichtet mit dem gesamten belgischen Reaktorpark entspricht dies einem Überschuss von 7,3 % bei der Anzahl der Brennelemente bzw. 8,9 % in Tonnen Schwermetall (tHM).

In Anbetracht dieser relativ begrenzten Menge und unter der Annahme, dass sie ähnliche Eigenschaften wie die vorhandenen Brennelemente haben werden, werden keine Auswirkungen auf ihre weitere Bewirtschaftung erwartet. Durch den Aufschub der Abschaltung von Doel 4 und Tihange 3 wird die Netzabschaltung der Blöcke an beiden Standorten weiter gestreut, wo sie sich sonst auf wenige Jahre konzentrieren würde. Mit den im Bau befindlichen und genehmigten SF²-Lagern in Doel und Tihange wird es genügend Kapazität für die Lagerung an den Standorten geben, bis eine Entscheidung über die Langzeitverwaltung getroffen wird.

Beim Rückbau fallen große Mengen an Materialströmen an, die größtenteils freigegeben und recycelt werden können. Das Herzstück der Anlage, d. h. der Reaktorbehälter und die inneren Teile, können jedoch als radioaktiver Abfall betrachtet werden. Die Abfallklassifizierung (Kategorie A oder B) basiert auf der Radioaktivitätskonzentration der sicherheitsrelevanten Radionuklide und hängt daher vom Neutronenfluss während des Reaktorbetriebs und der Bestrahlungsdauer ab. Aktivierungsberechnungen der verschiedenen Komponenten des Stahls des Reaktorbehälters ergaben, dass die Gesamtaktivität kaum ansteigt und dass der geringe Anteil langlebiger Isotope (die für die Langzeitverwaltung wichtig sind) um etwa 25 % ansteigt, was proportional zur Dauer der zehnjährigen Betriebsverlängerung ist. Es wird erwartet, dass diese begrenzte Erhöhung der Aktivität durch die Laufzeitverlängerung nur geringe oder keine Auswirkungen auf die Abgrenzung der Übergangszone zwischen

Abfällen der Kategorie A und der Kategorie B haben wird. Daher sind keine nennenswerten Verschiebungen der Abfallmengen zu erwarten.

11 Grenzüberschreitende Auswirkungen

11.1 Doel 4

Die meisten der nichtradiologischen Auswirkungen, die auf die Laufzeitverlängerung von Doel 4 zurückzuführen sind, beschränken sich auf die unmittelbare Umgebung des Kernkraftwerks, sind von begrenztem Ausmaß und führen daher nicht zu grenzüberschreitenden Auswirkungen. Nur für das Thema Wasser können (begrenzte) grenzüberschreitende Auswirkungen auftreten. Ausgehend von der Überwachung der Temperatur der Schelde in der Nähe der niederländischen Grenze (ca. 3,4 km von der Einleitungsstelle entfernt) können die Auswirkungen der Kühlwassereinleitung höchstens als begrenzt negativ angesehen werden, d. h. der Temperaturanstieg aufgrund der Einleitung wird weniger als 1 °C betragen. Dieser Temperaturanstieg wird flussabwärts auf niederländischem Staatsgebiet weiter abnehmen.

Wenn die Laufzeit von Doel 4 nicht verlängert wird, müssen natürlich andere Produktionsmittel eingesetzt werden, um die verlorene Produktionskapazität zu ersetzen. Grenzüberschreitende Auswirkungen können in einem solchen Fall nicht von vornherein ausgeschlossen werden. Die Bedeutung und die Art dieser grenzüberschreitenden Auswirkungen werden jedoch sehr stark von den Standorten, an denen (theoretische) Ersatzkapazitäten bereitgestellt werden, sowie von den technischen Merkmalen dieser Anlagen und von ihren Genehmigungsmerkmalen abhängen.

Wie man sieht, haben die gasförmigen und flüssigen radiologischen Einleitungen aus dem Betrieb *aller* Blöcke des KKW Doel eine vernachlässigbare und nicht wahrnehmbare Auswirkung (Größenordnung 0,02 mSv/Jahr) für die hypothetisch am stärksten exponierte Person, die sich direkt außerhalb des Standorts des KKW Doel befindet. Die Dosis, die von der direkten Strahlung des Standorts ausgehen könnte, bleibt im Rahmen der natürlichen Schwankungen. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die Auswirkung nur mit der Entfernung abnehmen kann (Verdünnung bei Einleitungen und inverses Quadratgesetz bei jeglicher Direktstrahlung), kann gesagt werden, dass bei normalem Betrieb des KKW Doel, und somit auch bei Verlängerung der Lebensdauer von Doel 4, keine grenzüberschreitenden Auswirkungen auf Mensch und Umwelt zu erwarten sind.

Berechnungen der grenzüberschreitenden radiologischen Auswirkungen verschiedener Unfallszenarien zeigen, dass die Dosen in den Niederlanden wie auch in anderen Nachbarländern unter den typischen Richtwerten für sofortige Gegenmaßnahmen (wie Schutzmaßnahmen oder die Einnahme von Jodtabletten) liegen. Für Jodisotope könnten in den Niederlanden Gegenmaßnahmen in der Nahrungskette erforderlich sein, die angesichts der räumlichen Nähe mit denen in Belgien vergleichbar sind. In den anderen Nachbarländern sind Depositionen, bei denen Gegenmaßnahmen in der Nahrungskette erforderlich sind, sehr unwahrscheinlich, sind aber unter sehr ungünstigen meteorologischen Bedingungen bei einem LOCA-Unfall auch nicht völlig auszuschließen. Bei Auswirkungen auf die Nahrungskette, auch in den Niederlanden, handelt es sich jedoch nur um eine kurze Zeitspanne (keine signifikante Ablagerung von langlebigen Radionukliden wie Cs-137). Daher werden die radiologischen Auswirkungen in den Nachbarländern begrenzt sein.

11.2 Tihange 3

Das KKW Tihange ist 38 km bzw. 58 km von der niederländischen bzw. deutschen Grenze entfernt.

Die meisten nichtradiologischen Auswirkungen, die auf den Aufschub der Abschaltung von Tihange 3 zurückzuführen sind, beschränken sich auf die unmittelbare Umgebung des Kernkraftwerks. Sie sind von begrenztem Umfang und haben daher keine grenzüberschreitenden Auswirkungen.

Nur die Einleitung von Kühlwasser, die die Temperatur der Maas beeinflusst, könnte sich längerfristig auswirken. Angesichts der Temperaturdaten der Maas an der letzten Messstation vor den Niederlanden kann der Einfluss der

Kühlwassereinleitung jedoch als vernachlässigbar angesehen werden (weniger Überschreitungen von 25°C und keine Überschreitungen von 28°C im Tagesmittel, die in den letzten 3 Jahren verzeichnet wurden).

Es ist zu beachten, dass mehrere grenzüberschreitende Auswirkungen in der Ausgangssituation nicht ausgeschlossen werden können, wenn die Deaktivierung nicht aufgeschoben wird. Ausmaß und Art dieser grenzüberschreitenden Auswirkungen werden weitgehend davon abhängen, wo die (theoretische) Ersatzkapazität vorgesehen ist, welche technischen Merkmale diese Anlagen aufweisen und welche Genehmigungsmerkmale sie haben.

Wie man sieht, haben die gasförmigen und flüssigen radiologischen Einleitungen aus dem Betrieb *aller* Blöcke des KKW Tihange eine vernachlässigbare und nicht wahrnehmbare Auswirkung (Größenordnung 0,044 mSv/Jahr) für die hypothetisch am stärksten exponierte Person, die sich direkt außerhalb des Standorts des KKW Tihange befindet. Die Dosis, die von der direkten Strahlung des Standorts ausgehen könnte, bleibt im Rahmen der natürlichen Schwankungen. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die Auswirkung nur mit der Entfernung abnehmen kann (Verdünnung bei Einleitungen und inverses Quadratgesetz bei jeglicher Direktstrahlung), kann gesagt werden, dass bei normalem Betrieb des KKW Tihange, und somit auch bei Verlängerung der Lebensdauer von Tihange 3, keine grenzüberschreitenden Auswirkungen auf Mensch und Umwelt zu erwarten sind.

Die für die betrachteten Unfälle für Tihange 3 berechneten Dosen für die Nachbarländer sind so niedrig, dass keine unmittelbaren Gegenmaßnahmen wie Schutzmaßnahmen oder die Verabreichung von stabilem Jod erforderlich sind. Es kann nicht völlig ausgeschlossen werden, dass sehr begrenzte und kurzfristige Maßnahmen in Bezug auf die Nahrungskette erforderlich sein könnten. Die Ablagerung langlebiger Radionuklide ist sehr begrenzt, so dass auch die radiologischen Auswirkungen dieser Unfälle begrenzt bleiben.

12 Minderungsmaßnahmen

In Anbetracht der (sehr) begrenzten *nichtradiologischen Auswirkungen* des Projekts sind Minderungsmaßnahmen kein Thema. Dennoch können einige Empfehlungen für das Thema Wasser formuliert werden.

Für den Standort Doel gilt Folgendes:

1. Verhinderung der Einleitung von Grund- und Kühlwasser in die Mischwasserkanalisation und Abkopplung von Regenwasser (z. B. bei Neubauten oder Wartungsarbeiten), was zu einer Verdünnung des Abwassers und häufigen Überläufen führt;
2. Eine weitere Optimierung der Abwasseraufbereitung ist angezeigt, um frühere Engpässe (Nitrit, AOX) dauerhaft zu beseitigen und eine einheitlichere Messung einiger anderer Parameter zu ermöglichen, damit die Einhaltung der Einleitungsnormen überprüft werden kann;
3. Künftige Umbauten und Renovierungen sollten so hochwasser- und klimaresistent sein, dass sie die Auswirkungen intensiverer Regenfälle in der Zukunft bewältigen können und keine Überschwemmungen an die Umgebung weitergeben;
4. Das Abschalten von Doel 3 (2022) und Doel 1 und 2 (2025) kann als Gelegenheit genutzt werden, die Wasseraufbereitung und (Regen-)Wasserbewirtschaftung für Doel 4 zu optimieren.

Die folgenden Empfehlungen gelten sowohl für Doel als auch für Tihange:

1. Trennung des Regenwassers vom Sanitärabwasser und Wiederverwendung des Regenwassers als Sanitärwasser, so weit wie möglich Vermeidung des Gebrauchs von Stadtwasser;
2. Entsiegelung (Versickerung), Bau von Gründächern oder Wasserflächen (Pufferung) auf dem Gelände, um den Wärmeinseleffekt zu verringern, (Regen-)Wasser besser zurückzuhalten und zu speichern sowie Austrocknung zu verhindern;
3. Vorausschauende Feinabstimmung der Kühlleistung auf Basis der Überwachung der Temperatur der Seeschelde und der Maas.

Was die radiologischen Auswirkungen betrifft, so kann auf die Notfallplanung verwiesen werden, die darauf abzielt, die Folgen etwaiger unfallbedingter Auswirkungen zu bewältigen. Die radiologischen Auswirkungen sind im Normalbetrieb vernachlässigbar, sodass hier keine Abhilfemaßnahmen erforderlich sind. Eine Überwachung der Kohlenstoff-14-Emissionen in die Atmosphäre kann empfohlen werden.

13 Wissenslücken

13.1 Nichtradiologische Auswirkungen

Die Wissenslücken in Bezug auf *nichtradiologische Auswirkungen* sind begrenzt. Beim Thema Wasser gibt es eine Lücke im Verständnis des genauen Anteils der Abwässer von Doel 4 und Tihange 3 und damit des genauen Beitrags des Betriebs von Doel 4 bzw. Tihange 3 zur Restverschmutzung, die in die Schelde und Maas gelangt.

Für das Thema Luft besteht die größte Wissenslücke im Bereich der Emissionen von Verbrennungsanlagen, da nicht für alle Anlagen Messwerte oder Modelleigenschaften bekannt sind. Durch die Verwendung von Emissionsfaktoren aus der Literatur und von Annahmen werden diese Lücken aufgefüllt. Dies führt zu einer erhöhten Unsicherheit bei den Ergebnissen der Auswirkungsberechnungen, aber selbst wenn man dies berücksichtigt, kann man sagen, dass die Auswirkungen vernachlässigbar sind.

Schließlich besteht die Ungewissheit, wie etwaige verlorene Kapazitäten von Doel 4 und Tihange 3 (falls das Projekt nicht durchgeführt wird) ersetzt werden sollen. Dies bedeutet, dass die Auswirkungen auf die Luftqualität und die Stickstoffdepositionen u. a. in der Referenzsituation nicht genau abgeschätzt werden können.

Für Tihange wird vorgeschlagen, den Seveso-Status des Standorts nach Abschaltung von Tihange 1 und 2 zu überprüfen. Auch wenn die Anlage in einem solchen Fall nicht mehr als Seveso-Anlage eingestuft würde, sollte auf die Unfallverhütung geachtet werden, um mögliche Sicherheitsrisiken für die Bevölkerung zu kontrollieren.

13.2 Radiologische Auswirkungen

Bei der Berechnung der radiologischen Auswirkungen von Einleitungen können verschiedene Unsicherheiten eine Rolle spielen, wie z. B. die Menge und die Eigenschaften der abgeleiteten Radionuklide (der sogenannte Quellterm), die meteorologischen Bedingungen und der Aufenthaltsort und das Alter von Menschen und deren Lebensgewohnheiten (z. B. Ernährung). Für die Berechnungen der Auswirkungen bei Normalbetrieb sind die Einleitungen bekannt und die meteorologischen Bedingungen werden für ein volles (Referenz-)Jahr berücksichtigt. Außerdem wird davon ausgegangen, dass die am stärksten exponierte Person sehr konservative Lebensgewohnheiten in Bezug auf die radiologische Auswirkung hat. Dies führt zu einer konservativen Schätzung der radiologischen Auswirkungen. Auch für Unfallszenarien werden konservative Annahmen getroffen, aber die tatsächliche Exposition während eines Unfalls hängt von den genauen Mengen der abgeleiteten Radionuklide, den genauen meteorologischen Bedingungen (z. B. örtliche Schauer) sowie dem Aufenthaltsort und den Gewohnheiten der Menschen ab. Dies könnte bei einem Unfall durch Gegenmaßnahmen wie Schutzmaßnahmen, Einnahme von stabilem Jod und Evakuierung ergänzt werden. Ungeachtet der oben beschriebenen Unsicherheiten sind die Dosen, denen man bei Normalbetrieb ausgesetzt ist, extrem niedrig (weitaus weniger als 1 mSv/Jahr), aber auch in Unfallsituationen wird in den meisten Fällen die aufgenommene Dosis für alle oder die meisten der exponierten Bevölkerung begrenzt sein. Die Dosen liegen daher weit unter denen für das Auftreten deterministischer Effekte (deterministische Effekte sollten jederzeit, auch bei Unfällen, vermieden werden), aber auch fast immer weit unter den effektiven Dosen, bei denen epidemiologische Studien stochastische Wirkungen der Strahlung nachweisen können (Entstehung von Krebs und genetische Wirkungen). Dies liegt daran, dass, zusätzlich zu einem hohen spontanen Auftreten der gleichen Effekte, die Wahrscheinlichkeit des Auftretens dieser Effekte bei solch niedrigen Dosen sehr gering ist. Obwohl wir aus dem Vorsorgeprinzip heraus die Möglichkeit stochastischer Effekte mit jeder

zusätzlichen Exposition (Dosis), und sei sie noch so gering, verbunden, können wir dieses Auftreten nicht mit Sicherheit bestätigen, wir wissen nur sicher, dass die Wahrscheinlichkeit dieses Auftretens sehr gering oder sogar nichtexistent ist (< 0,57 % bei 100 mSv effektiver Dosis).

14 Allgemeine Entscheidung

Der Aufschub der Abschaltung von Doel 4 und Tihange 3 kann dazu führen, dass eine Reihe von Umweltauswirkungen für einen Zeitraum von 10 Jahren aufrechterhalten werden. In der Umweltverträglichkeitsprüfung wurde für die Rezeptorgruppen „Mensch“ und „biologische Vielfalt“ untersucht, ob diese (radiologischen und nichtradiologischen) Auswirkungen als signifikant angesehen werden können. Eine Auswirkungsanalyse wurde auch für eine Reihe anderer Themen durchgeführt, für die politische Ziele existieren, die durch das Projekt beeinflusst werden können oder die die Auswirkungen auf Mensch und biologische Vielfalt bestimmen. Darüber hinaus wurden auch die „vermiedenen Effekte“ des Projekts in Bezug auf Treibhausgasemissionen und Stickstoffoxide sowie deren Auswirkungen auf die Themen Gesundheit und Klima untersucht. Auch die (vermiedenen) gesundheitlichen Auswirkungen, die auf die (vermiedene) Versorgungsunsicherheit zurückzuführen sind, wurden erörtert.

Die Analyse zeigt, dass die Auswirkungen auf das **Gewässersystem** nicht so beschaffen sind, dass sie einen Effekt auf den ökologischen Zustand der Seeschede oder der Maas haben oder dass sie die Erreichung des guten ökologischen Potenzials dieser Wasserkörper zu gefährden. In beiden Fällen ist der Beitrag der Einleitungen zur Qualität der Wasserkörper vernachlässigbar. Für Doel ergeben sich nur Auswirkungen auf die Wasserqualität in der Zone innerhalb des Wellenbrechers; für die Ziele des Wasserkörpers *Zeeschede IV* ergeben sich keine Konsequenzen. Für den Standort Doel wird in der Umweltverträglichkeitsprüfung die Lösung von Problemen gefordert, die sich aus dem derzeitigen Betrieb ergeben, wie z. B. häufige Überläufe und der Zustand des Abwassersystems. Für das Thema Wasser können für den Standort Doel auch (begrenzte) grenzüberschreitende Auswirkungen auftreten. Ausgehend von der Überwachung der Temperatur der Schelde in der Nähe der niederländischen Grenze (ca. 3,4 km von der Einleitungsstelle entfernt) können die Auswirkungen der Kühlwassereinleitung höchstens als begrenzt negativ angesehen werden, d. h. der Temperaturanstieg aufgrund der Einleitung wird weniger als 1 °C betragen. Dieser Temperaturanstieg wird flussabwärts auf niederländischem Staatsgebiet langsam weiter abnehmen.

Im Hinblick auf die **biologische Vielfalt** wurden für den Standort Doel die Auswirkungen des Projekts auf die Qualität des Oberflächenwassers, die Barrierewirkung, die Mortalität, die Störung, den direkten Flächenverbrauch sowie die Eutrophierung und Säuerung untersucht. Für die Barrierenfunktion und den direkten Flächenverbrauch zeigte sich, dass keine Auswirkungen zu erwarten waren. Für die Mortalität gibt es möglicherweise eine (begrenzte) Auswirkung durch die Kühlwasserzufuhr beeinflusst werden. Was die Störung angeht, so ist nur die Lärmbelastigung potenziell relevant, aber es werden keine signifikanten Auswirkungen auf benachbarte Arten erwartet. Auch für Tihange kann festgestellt werden, dass die Beeinträchtigung der Fauna durch Lärm und Beleuchtung nicht signifikant ist, da sich die Anlage in einer bereits stark urbanisierten Region befindet und der Betreiber außerdem Maßnahmen zur Verringerung der akustischen Auswirkungen der Anlage ergriffen hat.

Die negativen Auswirkungen des Betriebs von Doel 4 und Tihange 3 selbst in Form von versauernden und eutrophierenden Ablagerungen sind vernachlässigbar. Im Bereich der Stickstoffablagerungen können sogar eher positive Auswirkungen infolge der „vermiedenen Emissionen“ erwartet werden, die mit einer 10-jährigen zusätzlichen Stromerzeugung aus Kernkraft verbunden sind. Der Grund dafür ist, dass der von den beiden Reaktoren erzeugte Strom nicht in GuD-Kraftwerken erzeugt werden muss, die zu einer erheblich stärkeren Versauerung und Stickstoffablagerung führen würden.

Die Einleitung von Kühl-, Brauch- und Industrierwasser hat weder auf der Ebene der Schelde noch lokal ökologische Auswirkungen. Angesichts der Ausweisung der Schelde als Habitat-Richtliniengebiet und der potenziellen Bedeutung dieses Gebiets für die Vögel des nahegelegenen Vogelrichtliniengebiets ist dies eine wichtige

Schlussfolgerung. Auch für Tihange zeigt die Analyse, dass die Auswirkungen des Projekts auf die aquatische Umwelt nicht so stark sind, dass sie die Erhaltungsziele für die entsprechenden Ökosysteme gefährden würden, wenn man die vom Betreiber der Anlage getroffenen Maßnahmen berücksichtigt.

Das Projekt verursacht keine vermeidbaren und irreparablen Schäden an der Natur und hat keine erheblichen Auswirkungen auf den Erhaltungszustand von Lebensräumen und Arten in besonderen Schutzgebieten in der Nähe der Standorte Doel und Tihange. Die Auswirkung der vermiedenen Emissionen auf die Erhaltungsziele von Natura-2000-Gebieten in anderen Teilen Belgiens ist wahrscheinlich positiv, aber deren Bedeutung ist schwer abzuschätzen.

Die gemessenen Strahlungswerte in der Umgebung von Doel und Tihange bleiben unter den Schwellenwerten für schädliche Auswirkungen auf Fauna und Flora. Die berechnete Dosisleistung für Einleitungen in Luft und Wasser liegt ebenfalls deutlich unter diesem Schwellenwert. Daraus lässt sich schließen, dass die derzeitigen Einleitungsgrenzwerte für die betrachteten belgischen Kernkraftwerke nicht zu schädlichen Auswirkungen auf Fauna und Flora führen, was für Doel auch durch die Messergebnisse des Überwachungsprogramms der FANK und des Betreibers bestätigt wird. Wenn nur noch Doel 4 bzw. Tihange 3 in Betrieb sind, werden die radiologischen Auswirkungen auf die natürlichen Werte natürlich noch geringer sein. Es ist daher klar, dass die radiologischen Auswirkungen eines längeren Betriebs beider Anlagen die Erhaltungsziele für die jeweiligen besonderen Schutzgebiete nicht beeinträchtigen würden.

Was die Auswirkungen im Falle eines Unfalls betrifft, so kann man sagen (und zwar unter konservativen Annahmen), dass die Auswirkungen auf Fauna und Flora aufgrund der eingeleiteten Mengen und der damit verbundenen Ablagerungen in der Umgebung von Doel 4 sehr mäßig bis vernachlässigbar sind und in der Umgebung von Tihange 3 vernachlässigbar.

Der Betrieb der von Doel 4 und Tihange 3 kann auch Auswirkungen auf die **Luftqualität** haben. Die wichtigsten Quellen mit potenziellen Auswirkungen sind Dampfkessel und Dieselmotoren, die jedoch nur begrenzte Betriebsstunden pro Jahr haben. Da mit der Schließung der anderen Reaktoren an beiden Standorten weitere Verbrennungsanlagen außer Betrieb genommen werden, werden ihre Auswirkungen weiter abnehmen. Aus den Berechnungen der Auswirkungen für Doel geht hervor, dass die Auswirkung auf die Luftqualität (weniger als 1 % der verwendeten Grenz- oder Prüfwerte) vernachlässigbar ist.

Wenn die Laufzeit von Doel 4 und Tihange 3 nicht verlängert wird, muss an ihrer Stelle Strom mit (teilweise) fossilen Brennstoffen erzeugt werden. Die dabei entstehenden Emissionen (die bei Laufzeitverlängerung von Doel 4 und Tihange 3 als „vermieden“ angesehen werden können) sind viel höher als die Emissionen, die während des Betriebs von Doel 4 und Tihange 3 entstehen, und die Auswirkungen auf die Luftqualität werden daher größer sein.

Die **Treibhausgasemissionen**, die dem Betrieb von Doel 4 und Tihange 3 während der gesamten Laufzeitverlängerung zuzuschreiben sind, machen nur einen Bruchteil der vermiedenen Treibhausgasemissionen während desselben Zeitraums aus. Die jährlich vermiedenen Emissionen bei einer längeren Betriebsdauer von Doel 4 und Tihange 3 entsprechen fast 20 % der Emissionen des Sektors „Strom- und Wärmeerzeugung“ in Belgien im Jahr 2021 (12,8 Mio. Tonnen).

Weder Doel 4 noch Tihange 3 haben Auswirkungen auf die Widerstandsfähigkeit ihrer Umwelt gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels während des Referenzzeitraums. Innerhalb der zeitlichen Perspektive der Verlängerung der Laufzeit sind auch beide Standorte selbst nicht anfällig für die Folgen des Klimawandels, und diese Situation ist unabhängig davon, ob die Abschaltung von Doel 4 und Tihange 3 verschoben wird oder nicht.

Im Bereich **Gesundheit** kann über den Zeitraum, in dem Doel 4 und Tihange 3 länger geöffnet bleiben, durch die Vermeidung einer Menge an NO_x-Emissionen eine sehr bescheidene positive Auswirkung erwartet werden. Es wurde kein nachweisbarer Zusammenhang zwischen der Risikowahrnehmung im Zusammenhang mit nuklearen Unfällen und dem Auftreten von psychosomatischen Auswirkungen in der Bevölkerung festgestellt. Die Laufzeitverlängerung von Doel 4 und Tihange 3 verringert die Wahrscheinlichkeit eines Stromausfalls erheblich und wirkt sich somit positiv auf die Vermeidung von Gesundheits- und Sicherheitsschäden aus, die mit Stromausfällen einhergehen können.

Was die externe Sicherheit betrifft, so wird durch die Verlängerung der Laufzeit keine wesentliche Erhöhung des Risikos erwartet.

Die effektive Dosis aufgrund der gasförmigen und flüssigen Einleitungen im Zusammenhang mit der Verlängerung der Laufzeit von Doel 4 und Tihange 3 wird auf 0,010 mSv/Jahr für die am stärksten exponierte Person (kritische Person) geschätzt, und zwar für den 10-jährigen Zeitraum des fortgesetzten Betriebs. Dies ist eine triviale Dosis, die weit unter dem gesetzlichen Grenzwert von 1 mSv/Jahr liegt. Außerdem ist diese Dosis eine sehr konservative Schätzung. In Anbetracht der endgültigen Abschaltung der anderen Reaktoren an den beiden Standorten nach dem derzeitigen Zeitplan wird die Exposition aufgrund von Tätigkeiten an den Standorten der KKW Doel und Tihange nach 2025 im Vergleich zu der Situation der letzten Jahre voraussichtlich abnehmen, selbst wenn Doel 4 und Tihange 3 verlängert werden. Die typische effektive Dosis der gasförmigen und flüssigen Einleitungen für die kritische Person wurde auf etwa 0,02 mSv/Jahr für das KKW Doel und 0,03-0,05 mSv/Jahr für das KKW Tihange für die letzten Jahre und für den gesamten Standort geschätzt, je nach Betrachtungszeitraum und Annahmen. Nach 2025 und bei Verlängerung der Laufzeit von Doel 4 und Tihange 3 wird die effektive Dosis auf 0,017-0,013 mSv/Jahr für das gesamte Gelände des KKW Doel und auf 0,020-0,015 mSv/Jahr für das KKW Tihange während des betrachteten Projektzeitraums sinken.

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Verlängerung der Laufzeit von Doel 4 und Tihange 3 im Normalbetrieb keine negativen Auswirkungen auf die Gesundheit hat, weder durch radiologische noch durch nichtradiologische Wirkungen. Im Gegenteil, die vermiedenen Stickoxidemissionen und die geringere Wahrscheinlichkeit von Stromausfällen können sich positiv auf die Gesundheit auswirken.

In der Umweltverträglichkeitsprüfung wurden auch die Auswirkungen des Projekts auf die Dosis untersucht, die sich aus zwei **Auslegungsstörfällen** und einem **auslegungsüberschreitenden Unfall** ergeben würde. Die Analyse auf der Grundlage der Sicherheitsakte von Doel 4 zeigt, dass die effektiven Dosen und die Schilddrüsen-Äquivalentdosen, die sich aus beiden Auslegungsstörfällen für Doel 4 ergeben, innerhalb der festgelegten Grenzwerte liegen. Wird die Analyse auf der Grundlage der FANK-Richtlinien für neue Anlagen der Klasse 1 durchgeführt, wird das Kriterium für die Schilddrüsen-Äquivalentdosis tatsächlich überschritten, so dass in einem solchen Fall die Einnahme von stabilem Jod zum Schutz der Schilddrüse empfohlen wird. Bei einem Auslegungsstörfall liegt die effektive Dosis in der gleichen Größenordnung wie bei den beiden Auslegungsstörfällen, aber die Schilddrüsen-Äquivalentdosis ist niedriger. Bei allen drei Unfallszenarien könnte es auch zu einer Kontamination der Nahrungskette kommen, die typischerweise die Aktivitätswerte in Milch, Blattgemüse und Fleisch mit radioaktiven Jodisotopen übersteigt. Angesichts der relativ kurzen Halbwertszeit dieser Isotope (8,02 Tage für I-131) wäre diese Kontamination zeitlich begrenzt.

Die Analyse auf der Grundlage der Sicherheitsakte von Tihange 3 zeigt, dass die effektiven Dosen und die Schilddrüsen-Äquivalentdosen, die sich aus beiden Auslegungsstörfällen für Tihange 3 ergeben, innerhalb der festgelegten Grenzwerte liegen. Dies gilt auch, wenn die Analyse auf der Grundlage der FANK-Richtlinien für neue Anlagen der Klasse 1 durchgeführt wird. Bei einem Auslegungsstörfall liegt die effektive Dosis in der gleichen Größenordnung wie bei den beiden Auslegungsstörfällen, aber die Schilddrüsen-Äquivalentdosis ist niedriger.

Das Projekt birgt daher ein begrenztes Unfallrisiko (sowohl Auslegungs- als auch auslegungsüberschreitender Störfall). Für den gesamten Standort des KKW Tihange wird das Risiko jedoch abnehmen, da während der 10-jährigen Laufzeitverlängerung nur noch Tihange 3 am Standort betrieben wird.

Die grenzüberschreitenden Auswirkungen der Unfälle bleiben beschränkt, da für alle betrachteten Unfallszenarien sowohl für Doel 4 als auch für Tihange 3 keine unmittelbaren Gegenmaßnahmen wie Schutzmaßnahmen, Evakuierung oder die Einnahme von stabilem Jod zum Schutz der Schilddrüse in den Nachbarländern erforderlich sind. Vor allem in den Niederlanden ist angesichts der Nähe von Doel 4 eine Kontamination der Nahrungskette mit Jodisotopen möglich, die Gegenmaßnahmen erforderlich machen könnte. In den anderen Nachbarländern ist dies sowohl für Doel 4 als auch für Tihange 3 sehr unwahrscheinlich, für einige Länder aber auch nicht völlig ausgeschlossen. Die Kontamination mit Jodisotopen ist jedoch aufgrund ihrer begrenzten Halbwertszeit nur von kurzer Dauer. Die Kontamination mit langlebigen Radionukliden wie Cs-137 ist begrenzt und erfordert keine

Gegenmaßnahmen. Die Lebenszeitdosis infolge der betrachteten Unfallszenarien ist daher in allen Nachbarländern sehr begrenzt.

Da nach dem derzeitigen Zeitplan Doel 4 und Tihange 3 nach 2025 die einzigen Reaktoren an den jeweiligen Standorten des KKW Doel und des KKW Tihange sein werden, die zur Stromerzeugung betrieben werden, sinkt die Wahrscheinlichkeit eines schweren Unfalls an beiden Standorten.

Bei einer Verlängerung des Betriebs der Blöcke Doel 4 und Tihange 3 wird eine zusätzliche Menge schwach- und mittelradioaktiver Abfälle anfallen, die auf der Grundlage langfristiger Durchschnittswerte für den derzeit prognostizierten 10-jährigen LTO-Zeitraum auf insgesamt 864 m³ geschätzt wird. Dabei handelt es sich hauptsächlich um Abfälle der Kategorie A und nur in geringem Umfang um Abfälle der Kategorie B. Verglichen mit den ~50.000 m³ Abfällen der Kategorie A, die derzeit als Quell-Term in der Sicherheitsakte für die oberflächennahe Endlagerung enthalten sind, stellt dies eine geringfügige Erhöhung dar (~1,7 %).

Geht man davon aus, dass die Menge an Abfällen der Kategorie B vernachlässigbar ist, entspricht das zusätzliche Abfallvolumen etwa 2.161 400-Liter-Fässern, die in 540 Endlagerungseinheiten (Monolithen) verpackt werden, die für die oberflächennahe Endlagerung in der zu diesem Zweck geplanten Anlage in Dessel bestimmt sind. Die (volumetrische) Kapazität der Endlagerung beträgt 34 Module, mit einer ausreichenden Reserve von 20 % bzw. 5,4 Modulen, um Unwägbarkeiten in Bezug auf die künftige Produktion von Abfällen der Kategorie A zu berücksichtigen. Die zusätzlichen Abfälle, die durch die LTO von Doel 4 und Tihange 3 anfallen würden, nehmen davon 0,6 Module ein. Da es sich um die Verlängerung einer bestehenden Aktivität handelt, die Abfallfamilien mit bekannten Eigenschaften erzeugt, werden weder kurz- noch langfristig weitere Auswirkungen auf die Abfallwirtschaft erwartet.

Die kumulative Anzahl der Brennelemente, die während eines 10-jährigen LTO-Zeitraums in Doel 4 und Tihange 3 verbraucht werden, wurde ebenfalls geschätzt. Für beide Blöcke zusammen wird die LTO zu einem zusätzlichen Verbrauch von etwa 810 Brennelementen (Typ UOX 14ft) führen. Gewichtet mit dem gesamten belgischen Reaktorpark entspricht dies einem Überschuss von 7,3 % bei der Anzahl der Brennelemente bzw. 8,9 % in Tonnen Schwermetall (tHM).

In Anbetracht dieser relativ begrenzten Menge und unter der Annahme, dass sie ähnliche Eigenschaften wie die vorhandenen Brennelemente haben werden, werden keine Auswirkungen auf ihre weitere Bewirtschaftung erwartet. Durch den Aufschub der Abschaltung von Doel 4 und Tihange 3 wird die Netzabschaltung der Blöcke an beiden Standorten weiter gestreut, wo sie sich sonst auf wenige Jahre konzentrieren würde. Mit den im Bau befindlichen und genehmigten SF²-Lagern (Spent Fuel Storage Facility) in Doel und Tihange wird es genügend Kapazität für die Lagerung an den Standorten geben, bis eine Entscheidung über die Langzeitverwaltung getroffen wird.