



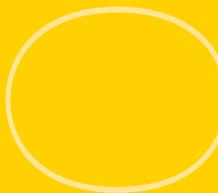
RESSORTFORSCHUNGSBERICHTE ZUR
SICHERHEIT DER NUKLEAREN ENTSORGUNG

Sicherheitstechnische Bewertung der Antragsunterlagen der ANDRA für das französische Endlagerprojekt Cigéo (SiGéo)

Vorhaben FKZ 4723IO3310

AUFTRAGNEHMER:IN
Brenk Systemplanung GmbH, Aachen

Berit Rauscher
Dr. Marika Vespa
Dr. Felix Lehnen
Dr. Olaf Nitzsche
Dr. Norbert Molitor



Sicherheitstechnische Bewertung der Antragsunterlagen der ANDRA für das französische Endlagerprojekt Cigéo (SiGéo)

Dieser Band enthält einen Ergebnisbericht eines vom Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung im Rahmen der Ressortforschung des BMU (ReFoPlan) in Auftrag gegebenen Untersuchungsvorhabens. Verantwortlich für den Inhalt sind allein die Autor:innen. Das BASE übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie die Beachtung privater Rechte Dritter. Der Auftraggeber behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit seiner Zustimmung ganz oder teilweise vervielfältigt werden.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung der Auftragnehmer:innen wieder und muss nicht mit der des BASE übereinstimmen.

BASE-RESFOR-003/25

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokumentes immer auf folgende URN:
urn:nbn:de:0221-2025062052667

Berlin, Mai 2025

Impressum

**Bundesamt
für die Sicherheit
der nuklearen Entsorgung
(BASE)**

RESSORTFORSCHUNGSBERICHTE ZUR
SICHERHEIT DER NUKLEAREN ENTSORGUNG

Auftragnehmer:in
Brenk Systemplanung GmbH, Aachen

Berit Rauscher
Dr. Marika Vespa
Dr. Felix Lehnen
Dr. Olaf Nitzsche
Dr. Norbert Molitor

030 184321-0
www.base.bund.de

Stand: Mai 2025

GZ: A 1 – BASE – BASE72420/4723I03310

Schlussbericht zu § 12 Abs. 3 ABFE-BMUV

**Sicherheitstechnische Bewertung der Antragsunterlagen der ANDRA für das
französische Endlagerprojekt Cigéo (SiGéo)**

BS-Projekt-Nr. 2308-08
Auftragsnummer: 4723I03310

erstellt im Auftrag des

Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE)
Willy-Brandt-Straße 5
38226 Salzgitter

durch die

Brenk Systemplanung GmbH
Heider-Hof-Weg 23
52080 Aachen
Deutschland

Aachen, den 10.05.2025

Anmerkung:

Dieser Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers (BS) wieder und muss nicht mit der Meinung des Auftraggebers (BASE) übereinstimmen.

AUTOREN

Dieser Bericht wurde von folgenden Bearbeitern erstellt:

- Berit Rauscher (Brenk Systemplanung GmbH)
- Dr. Marika Vespa (Brenk Systemplanung GmbH)
- Dr. Felix Lehnen (Brenk Systemplanung GmbH)
- Dr. Olaf Nitzsche (Brenk Systemplanung GmbH)
- Dr. Norbert Molitor (PLEJADES GmbH)

Es wird versichert, dass dieser Bericht nach bestem Wissen und Gewissen, unparteiisch und ohne Ergebnisweisung angefertigt worden ist.

ERSTELLUNG, PRÜFUNG UND FREIGABE

erstellt	geprüft	freigegeben
Unterschrift Projektleiterin	Unterschrift Geschäftsbereichsleiter	Unterschrift Geschäftsführung

ZUSAMMENFASSUNG

Anfang des Jahres 2023 hat der französische Betreiber des Endlagerprojektes Cigéo (*Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs*, ANDRA) die Antragsunterlagen zur Errichtung eines Endlagers für langlebige mittelradioaktive (*long-lived intermediate-level*, LL-IL) Abfälle aus kerntechnischen Anlagen sowie hochradioaktive (*high active*, HA) Abfälle aus der Wiederaufarbeitung bei der französischen Nuklearaufsichtsbehörde (*Autorité de sûreté nucléaire*, ASN) eingereicht.

Das in den Antragsunterlagen beschriebene Endlagerprojekt (das sogenannte „Cigéo-Gesamtprojekt“) erstreckt sich über mehrere Projektphasen (Bauvorbereitungsphase bis Nachüberwachungsphase) und umfasst das Endlager Cigéo selbst sowie acht weitere Maßnahmen, die im Zusammenhang mit zu errichtenden oder zu ertüchtigenden Infrastruktur- und Versorgungseinrichtungen, Umweltcharakterisierung und -überwachung sowie Gebindeversand und -transport stehen.

Der Standort des Cigéo befindet sich an der Grenze der Departements *Meuse* und *Haute-Marne*. Die übertägigen Anlagen verteilen sich auf die beiden Betriebsgelände „Rampen“ und „Schächte“. Das Betriebsgelände „Rampen“ dient der Annahme, Kontrolle und Vorbereitung von Gebinden mit radioaktiven Abfällen vor ihrer Verbringung in die untertägige Anlage. Außerdem umfasst es Anlagen zur Unterstützung des Betriebs. Das Betriebsgelände „Schächte“ besteht aus zwei voneinander getrennten Bereichen, dem betrieblichen Bereich, in dem sich die Einrichtungen zur Unterstützung des untertägigen kerntechnischen Betriebs befinden, und dem Baubereich, in dem sich die Anlagen und Bauwerke zur Unterstützung der Auffahrungsarbeiten befinden. Außerdem umfasst es die Fläche, die für das ausgehobene Tongestein benötigt wird.

Die untertägige Anlage des Cigéos wird im überwiegend tonigen Callovo-Oxfordium (Wirtsgestein) in einer Teufe von etwa 500 m errichtet. Sie ist um zwei Einlagerungsbereiche (den HA-Einlagerungsbereich und den LL-IL-Einlagerungsbereich) organisiert, die mehrere hundert Meter voneinander entfernt liegen. Außerdem wird ein HA-Pilotlager aufgeföhren. Der HA-Einlagerungsbereich unterteilt sich in vier Teileinlagerungsbereiche und etwa 1 000 Einlagerungsstrecken, die eine Länge von bis zu 150 m und einen Durchmesser von etwa 0,8 m aufweisen. Die Einlagerungsstrecken im HA-Pilotlager haben eine Länge von 80 m und einen Durchmesser von etwa 0,8 m. Der LL-IL-Einlagerungsbereich unterteilt sich in etwa 20 Einlagerungsstrecken, die eine Länge von 500 m und einen Durchmesser von etwa 10 m aufweisen.

Die Aufföhruung der Einlagerungsbereiche erfolgt schrittweise in aufeinanderfolgenden Abschnitten und wird so durchgeföhrt, dass eine physische Trennung zwischen dem untertägigen Aufföhruungs- und Einlagerungsbetrieb gewährleistet ist. Jeder dieser Bereiche ist über einen logistischen Infrastrukturbereich und mehrere Tageszugänge (Schächte und Rampen) mit der Oberfläche verbunden.

Die sicherheitsrelevanten Komponenten (oder wesentlichen Barrieren), die die grundlegenden Sicherheitsfunktionen in der Nachbetriebsphase langfristig und passiv erfüllen und/oder zu ihrer Erfüllung beitragen, sind die günstigen Eigenschaften des Wirtsgesteins (z. B. geringe Permeabilität, hohes Rückhaltevermögen und niedrige Diffusionskoeffizienten) und die (geo-)technischen Komponenten, die die günstigen Eigenschaften des Wirtsgesteins ausnutzen. Dies sind insbesondere die Verschlussbauwerke und die HA-Endlagerbehälter. Zusätzlich werden Auslegungsbestimmungen definiert, die dazu beitragen, die günstigen Eigenschaften des Wirtsgesteins zu erhalten bzw. (untergeordnet) zur Langzeitsicherheit beitragen.

Das Ziel des Vorhabens „Sicherheitstechnische Bewertung der Antragsunterlagen der ANDRA für das französische Endlagerprojekt Cigéo“ (SiGéo) ist, dass das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz und das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung frühzeitig eine fachlich fundierte Einschätzung der französischen Antragsunterlagen, insbesondere im Hinblick auf die Themenfelder „kerntechnische Sicherheit des geplanten Endlagers (Endlagersicherheit)“ sowie „potenzielle Umweltauswirkungen auf Deutschland (Umweltauswirkungen)“, erhalten. Zu diesem Zweck wurden die veröffentlichten französischen Antragsunterlagen ausgewertet und die im Hinblick auf diese beiden Themenfelder gesammelten Erkenntnisse in Form einer fachlichen Einschätzung bewertet.

Einschätzung von ANDRA

Endlagersicherheit

Der Sicherheitsnachweis für die kerntechnische Anlage Cigéo stützt sich auf zwei parallel und integriert durchgeführte Sicherheitsansätze: Einen klassischen Sicherheitsansatz, ähnlich wie er bei anderen kerntechnischen Anlagen durchgeführt wird (für die Betriebsphase), und einen endlager-spezifischen Sicherheitsansatz zur passiven und langfristigen Gewährleistung der Langzeitsicherheit (für die Nachbetriebsphase).

Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase

Der Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase soll gewährleisten, dass der Schutz des Personals und der Bevölkerung während des Betriebs des Endlagers gegeben ist. In diesem Sinne werden Maßnahmen zur Vorsorge, Überwachung und Begrenzung der Folgen entwickelt, die mit allen für den Betrieb identifizierten Risiken verbunden sind.

Für die meisten Tätigkeiten, die mit dem **Normalbetrieb** der kerntechnischen Anlage verbunden sind, sind die mittleren jährlichen Dosen für das Personal sehr niedrig (unter einem Millisievert). Nur bei der Annahme von Transportverpackungen und Tätigkeiten im Zusammenhang mit den Strahlenschutzkontrollen an diesen Gebinden können die durchschnittlichen jährlichen Dosen 2 mSv/a überschreiten, wobei der Wert im Durchschnitt unter 3 mSv/a bleibt. Korrektive Wartungsarbeiten (**anomaler Betrieb**) und Arbeiten mit Betriebsabfällen führen zu einer etwas höheren integrierten Dosis für das Personal, bleiben aber unter den Strahlenschutzgrenzwerten.

Bei **Auslegungsstö- und -unfällen** bleibt die maximale berechnete Dosis für das Personal im Mikrosievert-Bereich. Für die anliegende Bevölkerung beträgt die langfristige maximale berechnete Dosis mit zwei Ausnahmen in allen Situationen weniger als 1 µSv. Da sie aber auch in den beiden Ausnahmen weniger als 50 µSv beträgt, wird das Strahlenschutzziel eingehalten.

Bei **auslegungsüberschreitenden Unfällen** beträgt die maximale berechnete Dosis für das Personal je nach Unfallsituation zwischen < 1 mSv und < 20 mSv. Für die anliegende Bevölkerung beträgt sie zwischen < 1 µSv und 9 mSv für kurzfristige (24 Stunden) Strahlenexposition und maximal 10 mSv bei einer Strahlenexposition von einem Jahr. Somit werden die gewählten Strahlenschutzziele eingehalten.

Sicherheitsnachweis für die Nachbetriebsphase

Der Sicherheitsnachweis für die Nachbetriebsphase soll sicherstellen, dass das Endlagersystem den Schutz von Mensch und Umwelt langfristig gewährleistet. Zu diesem Zweck werden verschiedene Leistungsindikatoren bewertet und die radiologischen und nicht-radiologischen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit berechnet.

In der **Referenzsituation des Szenarios der normalen Entwicklung** (*scénario d'évolution normale*, SEN) des Endlagersystems bleiben fast alle 144 betrachteten Radionuklide langfristig im Endlager oder seinem Nahfeld eingeschlossen und nur mobile langlebige Radionuklide migrieren bis zu den Grenzen des Wirtsgesteins. Im Betrachtungszeitraum (1 Million Jahre) werden die Grundwasserentnahmestellen nur von I-129, Cl-36 und Se-79 (langsam und stark abgeschwächt) erreicht. Die maximale Dosis wird nach etwa 600 000 Jahren erreicht und beträgt etwa 0,0015 mSv/a und liegt damit weit unter dem im Sicherheitsleitfaden Nr. 1 der ASN genannten Referenzwert von 0,25 mSv/a. Für die chemo-toxischen Stoffe ist die Migration ebenfalls stark abgeschwächt und nur die wenigen mobilen Stoffe wie Selen gelangen zu den Grundwasserentnahmestellen. Die maximalen Konzentrationen liegen weit unter den gesetzlichen Umweltqualitätsnormen. Insgesamt kommt ANDRA zu dem Ergebnis, dass die Bewertung der Referenzsituation des SEN des Endlagersystems die zentrale Rolle des Wirtsgesteins und des Beitrags der Auslegungsbestimmungen der untertägigen Anlage unterstreicht.

Bei der Bewertung der **abdeckenden Situation des SEN** des Endlagersystems kommt ANDRA zu dem Ergebnis, dass die Sicherheit des Endlagers auch in dieser Situation gewährleistet ist und die Robustheit des Endlagersystems gegenüber verbleibenden Ungewissheiten bestätigt wird.

Die Ergebnisse der vom SEN abweichenden Szenarien (**Szenarien der alternativen Entwicklung** (*scénarios d'évolution altérée*, SEA), **What-if-Szenarien** und **Intruder-Szenarien**) untermauern gemäß ANDRA den Nachweis der Robustheit des Endlagersystems, da auch diese Ergebnisse die zentrale Rolle des Wirtsgesteins unterstreichen und in Hinblick auf die Einschlusswirkung und die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit mit den Ergebnissen des SEN vergleichbar sind.

Umweltauswirkungen

Nach der Durchführung von Vermeidungs-, Verminderungs- und Ausgleichsmaßnahmen stuft ANDRA die verbleibenden Umweltauswirkungen auf die Schutzgüter Boden, menschliche Gesundheit, Landschaft und archäologisches Erbe als moderat ein. Alle anderen verbleibenden Umweltauswirkungen stuft ANDRA als positiv, sehr gering oder gering ein.

Im Hinblick auf potenzielle, erhebliche Umweltauswirkungen auf andere Staaten kommt ANDRA zu dem Ergebnis, dass das Cigéo-Gesamtprojekt keine erheblichen Auswirkungen auf die Umwelt eines anderen Staates haben kann. Demzufolge sieht sich ANDRA nicht verpflichtet, den Behörden eines anderen Staates Informationen zu übermitteln, die die Beteiligung der ausländischen Öffentlichkeit ermöglichen. Allerdings wird die Frage, ob eine formelle Anhörung der Länder, die Mitglieder der Europäischen Union oder Vertragsparteien der Espoo-Konvention sind, eingeleitet werden soll, vom französischen Staat bei der Prüfung der Antragsunterlagen neu beurteilt werden.

Fachliche Einschätzung der Brenk Systemplanung GmbH

Endlagersicherheit

Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase

Der Vergleich der Angaben zur Betriebssicherheit für die Bau-, Betriebs-, Stilllegungs- und Verschlussphasen des Cigéo mit den Leitlinien, die in Deutschland für die Endlagerung von HA-Abfällen in Hinblick auf die Betriebssicherheit bestehen, zeigt, dass die Anforderungen nicht vollständig miteinander vergleichbar sind. Dennoch entspricht die Darstellung der ANDRA zur Betriebssicherheit im Wesentlichen deutschen Standards und insgesamt sind in den analysierten Antragsunterlagen keine Anhaltspunkte erkennbar, die Zweifel an der grundsätzlichen Betriebssicherheit des Endlagers in allen Betriebsphasen rechtfertigen würden.

Sicherheitsnachweis für die Nachbetriebsphase

Der Vergleich der französischen Antragsunterlagen mit den Anforderungen, die in Deutschland für die Endlagerung von HA-Abfällen in Hinblick auf die Langzeitsicherheit bestehen, zeigt, dass an das Cigéo grundsätzlich ähnliche Anforderungen wie an ein deutsches Endlager für HA-Abfälle gestellt werden bzw. die deutschen Anforderungen auch vom Cigéo erfüllt werden. Die Unterschiede, die sich insbesondere in Bezug auf den ewG sowie die Dosiskriterien für die SEN und SEA ergeben, führen nicht zu einer unangemessenen Beeinträchtigung der Langzeitsicherheit.

Umweltauswirkungen

Die Anforderungen an Umweltverträglichkeitsstudien und -prüfungen in Frankreich sind methodisch und fachlich vergleichbar mit den Anforderungen in Deutschland.

Ausbreitung über den Wasserpfad

Aufgrund der hydrologischen und hydrogeologischen Verhältnisse am Standort des Cigéo ist nicht zu erwarten, dass es im Falle von projektbezogenen Einträgen von Schadstoffen in Oberflächengewässer oder in das Grundwasser zu erheblichen Umweltauswirkungen auf Deutschland kommt.

Ausbreitung über den Luftpfad

Für den **Normalbetrieb** des Cigéos beträgt die höchste für Deutschland berechnete Dosis $0,03 \mu\text{Sv/a}$. Dieser Wert liegt weit unterhalb der in Strahlenschutzgesetz und -verordnung ausgewiesenen Grenzwerte, sodass nicht davon auszugehen ist, dass Personen in Deutschland durch die planmäßige Ableitung von radioaktiven Stoffen aus dem Cigéo erheblich beeinflusst werden.

Die französische Vorgehensweise zur Berechnung der Exposition der Bevölkerung bei **Stör- und Unfällen** unterscheidet sich nicht wesentlich von der in Deutschland angewendeten. Bei der Parameterwahl scheint die französische Vorgehensweise teilweise realitätsnäher zu sein.

Für **Auslegungsstör- und -unfälle** sowie **auslegungsüberschreitende Unfälle** erscheinen die betrachteten Ereignisse und getroffenen Annahmen grundsätzlich plausibel. Für erstere beträgt die höchste berechnete Folgedosis weniger als $50 \mu\text{Sv}$ (für ein einjähriges Kind in *Saudron*) und für letztere beträgt die höchste berechnete Dosis weniger als 9mSv (für einen Erwachsenen in einer Entfernung von 500 m). Folglich ist insgesamt nicht zu erwarten, dass es durch solche Ereignisse zu erheblichen Umweltauswirkungen auf Deutschland kommt.

Transporte radioaktiver Abfälle zum Endlager Cigéo

Aufgrund der Auslegung der Transportverpackungen sowie der Entfernung zwischen den vorgesehenen Transportrouten und Deutschland sind bei einem **planmäßigen Transport** von Abfallgebinden zum Cigéo keine erheblichen Umweltauswirkungen auf Deutschland zu erwarten.

Da die eingesetzten Transportverpackungen den meisten, (aber nicht allen) schweren Unfallbedingungen standhalten müssen, kann nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden, dass es durch ein **auslegungsüberschreitendes Ereignis** während eines Gebindefransports zum Cigéo oder durch Transportszenarien, bei denen unplanmäßig oder mit Vorsatz von genehmigten Transportwegen abgewichen wird, zu Umweltauswirkungen auf einen angrenzenden Staat kommen kann. Allerdings wird die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines solchen Ereignisses als sehr gering eingeschätzt. Sollten weitere Untersuchungen (z. B. im Rahmen von Genehmigungsprozessen für Transportvorgänge) eine solche Möglichkeit bestätigen, würden sich hieraus Beteiligungsmöglichkeiten für die betroffenen Staaten (z. B. Deutschland) ergeben.

SUMMARY

At the beginning of 2023, the French operator of the Cigéo repository project (*Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs*, ANDRA) submitted the application documents for the construction of a repository for long-lived intermediate-level (LL-IL) waste from nuclear facilities and highly active (HA) waste from reprocessing.

The disposal project described in the application documents extends over several project phases (pre-construction phase to post-closure monitoring phase) and includes the Cigéo repository itself as well as eight additional operations related to infrastructure and supply facilities, environmental characterisation and monitoring, and package shipment and transport.

Cigéo is located on the border of the *Meuse* and *Haute-Marne* departments. The surface facilities are spread across two sites. The ‘ramps’ site is used to receive, inspect and prepare packages of radioactive waste before being transported underground. It also includes facilities to support operations. The ‘shafts’ site consists of two separate areas, the operational area, where the facilities for supporting underground nuclear operations are located, and the construction area, where the facilities and structures for supporting the excavation work are located. It also includes the area needed for the handling of the excavated clay rock.

The underground facility will be constructed in the Callovo-Oxfordian (host rock) at a depth of about 500 m. It is organised around two disposal areas (the HA disposal area and the LL-IL disposal area), which are several hundred metres apart. In addition, a pilot HA repository will be constructed. The HA disposal area is divided into four sub-disposal areas and about 1,000 disposal galleries, which are up to 150 m long and have a diameter of about 0.8 m. The disposal galleries in the pilot HA repository are 80 m long and have a diameter of about 0.8 m. The LL-IL disposal area is divided into about 20 disposal galleries, which have a length of 500 m and a diameter of about 10 m.

The disposal areas are constructed in successive sections and in such a way that a physical separation between underground construction and disposal operations is ensured. Each of these areas is connected to the surface by a logistical infrastructure area and several surface access points (shafts and ramps).

The safety-relevant components that fulfil and/or contribute to the fundamental safety functions in the post-operational phase over the long term and in a passive manner are the favourable properties of the host rock (e.g. low permeability, high retention capacity and low diffusion coefficients) and the (geo)technical components that exploit the favourable properties of the host rock. These are, in particular, the sealing structures and the HA disposal canisters. In addition, design provisions are defined that help to maintain the favourable properties of the host rock and (subordinately) contribute to long-term safety.

The aim of this project (Safety assessment of the ANDRA application documents for the French repository project Cigéo, SiGéo) is to provide the German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection and the German Federal Office for the Safety of Nuclear Waste Management at an early stage a technically sound assessment of the French application documents, in particular with regard to the topics ‘nuclear safety of the planned repository (repository safety)’ and ‘potential environmental impacts on Germany (environmental impacts)’. For this purpose, the published French application documents were evaluated and the findings that were collected with regard to these two topics were assessed (technical assessment).

ANDRA's assessment

Repository safety

The safety case for the Cigéo nuclear facility is based on two safety approaches that are carried out in parallel and in an integrated manner: a conventional safety approach, similar to that used for other nuclear facilities (for the operating phase), and a repository-specific safety approach to ensure long-term safety passively and sustainably (for the post-operational phase).

Safety case for the operational phase

The safety case for the operational phase is intended to ensure that the protection of staff and the general public is guaranteed during the operation of the repository. With this in mind, measures are being developed to prevent, monitor and mitigate the consequences associated with all the risks identified for its operation.

For most activities associated with the **normal operation** of the nuclear facility, the average annual doses for personnel are very low (less than one millisievert). Only during the acceptance of transport packages and activities related to the radiation protection inspections of these packages can the average annual doses exceed 2 mSv/a, nevertheless the value remains below 3 mSv/a on average. Corrective maintenance (**abnormal operation**) and work with operational waste result in a slightly higher integrated dose for personnel, but remain below the radiation protection limits.

The maximum calculated dose for personnel exposed to a **design-basis accident** remains in the microsievert range. For the local population, the long-term maximum calculated dose amounts to less than 1 µSv in all situations except two. However, since it amounts to less than 50 µSv in the two exceptional situations, the radiation protection objective is met.

The maximum calculated dose for personnel exposed to a **beyond-design-basis accident** varies between < 1 mSv and < 20 mSv, depending on the accident situation. For the local population, the maximum calculated dose varies between < 1 mSv and 9 mSv for short-term (24-hour) radiation exposure and a maximum of 10 mSv for one year of radiation exposure. Thus, the selected radiation protection objectives are met.

Safety case for the post-operational phase

The safety case for the post-operational phase is intended to ensure that the repository system provides long-term protection for humans and the environment. To this end, various performance indicators are evaluated and the radiological and non-radiological impacts on human health are calculated.

In the **reference situation of the scenario of normal evolution** (*scénario d'évolution normale*, SEN) of the repository system, almost all of the 144 radionuclides considered remain contained in the repository or its near-field in the long term and only mobile long-lived radionuclides migrate to the boundaries of the host rock. During the evaluation period (1 million years), the groundwater extraction points are only reached by I-129, Cl-36 and Se-79. The maximum dose is reached after about 600 000 years and amounts to about 0.0015 mSv/a and is thus far below the reference value of 0.25 mSv/a mentioned in the Safety Guide No. 1 of the ASN. For the chemo-toxic substances, the migration is also greatly attenuated and only the few mobile substances such as selenium reach the groundwater extraction points. The maximum concentrations are well below the statutory environmental quality standards. Overall, ANDRA concludes that the assessment of the reference situation of the SEN of the repository system underlines the central role of the host rock and the contribution of the design provisions of the underground facility.

In its assessment of the **conservative situation of the SEN** of the disposal system, ANDRA concludes that the safety of the repository is also guaranteed in this situation and that the disposal systems robustness with respect to remaining uncertainties is confirmed.

According to ANDRA, the results of the scenarios that deviate from the SEN (**modified evolution scenarios** (scénarios d'évolution altérée, SEA), **what-if scenarios** and **intrusion scenarios**) support the demonstration of the robustness of the repository system, as these results also emphasise the central role of the host rock and are comparable with the results of the SEN in terms of the containment effect and the impact on human health.

Environmental impacts

After implementing prevention, reduction and compensation measures, ANDRA classifies the remaining environmental impacts on soil, human health, landscape and archaeological heritage as moderate. ANDRA classifies all other remaining environmental impacts as positive, very low or low.

With regard to potential significant environmental impacts on other states, ANDRA has concluded that the Cigéo project cannot have a significant impact on the environment of another state. Consequently, ANDRA is not required to provide the authorities of another state with specific information to allow the foreign public to participate. However, the question of whether a formal hearing of the countries that are members of the European Union or parties to the Espoo Convention is to be initiated will be reassessed by the French state when examining the application documents.

Expert assessment by Brenk Systemplanung GmbH

Repository safety

Safety case for the operational phase

A comparison of the information on operational safety for the construction, operation, decommissioning and closure phases of Cigéo with the guidelines that exist in Germany for the disposal of HA waste in terms of operational safety shows that the requirements are not fully comparable. Nevertheless, ANDRA's presentation of operational safety essentially meets German standards and overall, the analysed application documents do not show any indications that would justify doubts about the fundamental operational safety of the repository.

Safety case for the post-operational phase

A comparison of the French application documents with the requirements that exist in Germany for the disposal of HA waste in terms of long-term safety shows that the requirements for Cigéo are basically similar to those for a German repository for HA waste, and that the German requirements are also met by Cigéo. The differences that arise, in particular with regard to the effective containment area and the dose criteria for SEN and SEA, do not lead to an unreasonable impairment of long-term safety.

Environmental impacts

The requirements for environmental impact studies and environmental assessments in France are comparable to those in Germany in terms of methodology and subject matter.

Water transport

Due to the hydrological situation (essentially the Atlantic-North Sea watershed separates Cigéo's site from Germany) and the hydrogeological conditions (e.g. regional flow paths generally oriented towards the northwest and interaction with surface waters that are part of the Seine river system),

significant environmental impacts on Germany due to releases of pollutants into surface waters or into the groundwater at the Cigéo site are not to be expected.

Atmospheric transport

During Cigéo's **normal operation**, the highest calculated dose for Germany amounts to 0.03 $\mu\text{Sv/a}$. This value is far below the limits specified in the German Radiation Protection Act and Ordinance. Thus, it is not to be expected that people in Germany will be significantly affected by the planned discharge of radioactive substances from Cigéo.

The French approach to calculating the exposure of the population in the event of incidents and accidents does not differ significantly from the approach used in Germany. In some cases, the French approach appears to be more realistic when it comes to selecting parameters.

For **design-basis incidents and accidents** and **beyond-design-basis accidents**, the events considered and the assumptions made appear to be plausible. For the former, the highest calculated dose is less than 50 μSv (for a one-year-old child in *Saudron*) and for the latter, the highest calculated dose is less than 9 mSv (for an adult at a distance of 500 m). Consequently it is not expected that such events would have a significant environmental impact on Germany.

Transports of radioactive waste to the Cigéo repository

Due to the design of the transport packaging and the distance between the planned transport routes and Germany, no significant environmental impacts on Germany are to be expected from the scheduled transport of packages with radioactive waste to Cigéo.

Since the transport packages to be used have to withstand most (but not all) severe accident conditions, it cannot be ruled out that a beyond-design-basis accident during package transport to Cigéo or transport scenarios in which authorized transport routes are unexpectedly or intentionally deviated from could result in environmental impacts on a neighbouring country, even though the probability of such an event is considered to be very low. Should further investigations (e.g. as part of the licensing process for transport operations) confirm such a possibility, this would result in opportunities for the affected states (e.g. Germany) to participate.

INHALTSVERZEICHNIS

Seite:

ZUSAMMENFASSUNG	II
SUMMARY	VI
INHALTSVERZEICHNIS	X
TABELLENVERZEICHNIS	XIII
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	XV
ANHANGSVERZEICHNIS.....	XVII
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	XIX
ÜBERSETZUNGEN FÜR SCHLÜSSELBEGRIFFE	XXIX
1 EINLEITUNG UND PROJEKTVORAUSSETZUNGEN	1
2 PROJEKTPLANUNG UND -ABLAUF	2
2.1 Stand von Wissenschaft und Technik	2
2.2 Zusammenarbeit	2
3 AUFGABENSTELLUNG	3
4 ERGEBNISSE	4
4.1 Erzielte Ergebnisse	4
4.2 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses.....	4
4.3 Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.....	5
4.4 Veröffentlichungen des FE-Ergebnisses	5
5 EINORDNUNG DER ANTRAGSUNTERLAGEN.....	6
5.1 Methodik.....	6
5.1.1 Endlagersicherheit.....	6
5.1.2 Umweltauswirkungen	7
5.2 Klassifikation.....	8
5.3 Wesentliche Antragsunterlagen.....	20
6 BESCHREIBUNG DES CIGEO-GESAMTPROJEKTS	21
6.1 Endlager Cigéo	21
6.1.1 Inventar	22
6.1.2 Wesentliche Barrieren und sicherheitsrelevante Auslegungsbestimmungen	28
6.1.3 Beschreibung der Anlage.....	30
6.1.4 Beschreibung des Anlagenbetriebs	34
6.1.5 Standortbeschreibung.....	51
6.2 Verbindung zwischen den Betriebsgeländen.....	61
6.3 Verzweigte Endstation.....	63
6.3.1 Eisenbahninfrastruktur und -transporte	63

6.3.2	Logistikplattform in <i>Gondrecourt-le-Château</i>	64
6.4	Charakterisierung und Überwachung der Umwelt.....	65
6.4.1	Charakterisierung der Umwelt	65
6.4.2	Umweltüberwachung	67
6.4.3	Überwachung der Umweltmaßnahmen.....	68
6.5	Versand und Transport von Gebinden mit radioaktiven Abfällen.....	68
6.5.1	Verantwortlichkeiten	70
6.5.2	Transportverpackungen	71
6.6	Stromversorgung	72
6.7	Wasserversorgung	76
6.8	Ertüchtigung der Bahnlinie 027000	78
6.9	Umleitung der Departementsstraße D60/960	80
7	EINSCHÄTZUNGEN VON ANDRA.....	81
7.1	Endlagersicherheit.....	81
7.1.1	Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase	82
7.1.2	Sicherheitsnachweis für die Nachbetriebsphase.....	97
7.2	Umweltauswirkungen.....	104
7.2.1	Umweltauswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts.....	104
7.2.2	Umweltauswirkungen auf andere Staaten	105
8	FACHLICHE EINSCHÄTZUNG DRITTER.....	105
8.1	Brenk Systemplanung GmbH (2024)	105
8.1.1	Endlagersicherheit.....	106
8.1.2	Potenzielle, erhebliche Umweltauswirkungen auf Deutschland.....	165
8.2	International Peer Review, IAEA (2016).....	180
8.2.1	Betriebssicherheit	180
8.2.2	Nachbetriebssicherheit.....	182
8.3	Öko-Institut e. V. (2013).....	183
8.3.1	Vergleich mit internationalen Regelwerken	183
8.3.2	Betriebssicherheit	183
8.3.3	Nachbetriebssicherheit.....	185
9	UMWELTVERTRÄGLICHKEITSPRÜFUNG UND BETEILIGUNGSMÖGLICHKEITEN	187
9.1	Umweltverträglichkeitsprüfung	187
9.1.1	Regulatorischer Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung	187
9.1.2	Ablauf der UVP	189
9.2	Beteiligungsmöglichkeiten.....	190
9.2.1	Öffentliches Beteiligungsverfahren in Frankreich	191
9.2.2	Beteiligung Deutschlands.....	193
10	AUSBLICK.....	195

11 LITERATURVERZEICHNIS 196

TABELLENVERZEICHNIS

Seite:

Tabelle 1:	Übersicht der französischen Antragsunterlagen	9
Tabelle 2:	Zunahme des Radionuklidinventars ausgewählter Radionuklide im Vergleich mit den Aktivitäten des Referenzinventars ([37], Kap. 2.2.3.1.1)	27
Tabelle 3:	Zunahme der Mengen der wichtigsten chemo-toxischen Stoffe im Vergleich zum Referenzinventar ([37], Kap. 2.2.3.2)	28
Tabelle 4:	Betrachtete abdeckende Auslegungsstörfälle ([34], Kap. 8.3.1)	85
Tabelle 5:	Betrachtete abdeckende Auslegungsunfälle ([34], Kap. 8.3.3)	85
Tabelle 6:	Betrachtete auslegungsüberschreitende Unfälle ([30], Kap. 8.4)	90
Tabelle 7:	Exposition der Bevölkerung für E1 bei Freisetzung der inneren Aktivität von vier PG der Familie CEA-050 ([30], Kap. 8.4.2.1)	94
Tabelle 8:	Radiologische Schutzziele für die Betriebsphase gemäß [27], Tableau 1-1	96
Tabelle 9:	Zusammenfassung der Bewertung von Stör- und Unfällen und der damit verbundenen radiologischen Auswirkungen auf die Öffentlichkeit ([39], Kap. 5.4.3)	97
Tabelle 10:	Referenzsituation des SEN – Maximaldosen und Auftreten der Maximaldosen für die hypothetische Referenzgruppe „Multi-Aktivitäten“ und die subtropisch-feuchte Biosphäre für die drei Altersklassen ([33], Tableau 6-4)	98
Tabelle 11:	Abdeckende Situation des SEN – Maximaldosen und Auftreten der Maximaldosen für die hypothetische Referenzgruppe „Multi-Aktivitäten“ und die subtropisch-feuchte Biosphäre für die drei Altersklassen ([33], Tableau 6-17, Tableau 6-19 und Tableau 6-22)	99
Tabelle 12:	WIS „Versagen aller Verschlussbauwerke im Tonkern und an der Grenzfläche“ mit Parametern, die auf der abdeckenden Situation des SEN basieren – Maximaldosen und Auftreten der Maximaldosen für die hypothetische Referenzgruppe „Multi-Aktivitäten“ und die subtropisch-feuchte Biosphäre für die drei Altersklassen ([33], Tableau 9-7 und Tableau 9-8)	100
Tabelle 13:	SIHI „geothermische Explorationsbohrung der Trias, die in der Tiefe des Endlagers aufgegeben wurde – HA-Einlagerungsbereich“ Maximaldosen und Auftreten der Maximaldosen für die hypothetische Referenzgruppe „Multi-Aktivitäten“ und die subtropisch-feuchte Biosphäre für die drei Altersklassen ([33], Tableau 10-2)	102
Tabelle 14:	SIHI „geothermische Explorationsbohrung der Trias, die in der Tiefe des Endlagers aufgegeben wurde – LL-IL-Einlagerungsbereich“ Maximaldosen und Auftreten der Maximaldosen für die hypothetische Referenzgruppe „Multi-Aktivitäten“ und die subtropisch-feuchte Biosphäre für die drei Altersklassen ([33], Tableau 10-4)	102
Tabelle 15:	SIHI „Explorationsbohrung im Dogger, die bei ihrer prognostizierten Tiefe aufgegeben wurde – HA-Einlagerungsbereich“ Maximaldosen und Auftreten der	

	Maximaldosen für die hypothetische Referenzgruppe „Multi-Aktivitäten“ und die subtropisch-feuchte Biosphäre für die drei Altersklassen ([33], Tableau 10-6)..	103
Tabelle 16:	SIHI „Explorationsbohrung im Dogger, die bei ihrer prognostizierten Tiefe aufgegeben wurde – LL-IL-Einlagerungsbereich“ Maximaldosen und Auftreten der Maximaldosen für die hypothetische Referenzgruppe „Multi-Aktivitäten“ und die subtropisch-feuchte Biosphäre für die drei Altersklassen ([33], Tableau 10-8)	103
Tabelle 17:	Vergleich der deutschen Anforderungen an die Betriebssicherheit eines Endlagers (basierend auf [60]) mit den Angaben im Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase des Cigéo [34]	107
Tabelle 18:	Vergleich der deutschen Anforderungen an die Langzeitsicherheit eines Endlagers (basierend auf [3]) mit den Angaben im Sicherheitsnachweis für die Nachbetriebsphase des Cigéo	140
Tabelle 19:	Wasserläufe im Bereich des Cigéo-Gesamtprojekts ([29], Kap. 2.3).....	166
Tabelle 20:	Abschätzung der maximalen jährlichen atmosphärischen radioaktiven Ableitungen (ANDRA-Werte aus [5], Kap. 2.4.2.3.1).....	170
Tabelle 21:	Entfernungen zwischen Auslässen und betroffener Referenzgruppe ([34], Kap. 8.2.1.1.3)	174
Tabelle 22:	Vergleich der Freisetzungsfaktoren für zementfixierte Abfälle in Betonbehältern ([68], Tabelle 8.2 und [28], Tableau 4-3)	175
Tabelle 23:	Verzehrsraten ([23], Kap. 4.3.3.4 und [66], Anhang 1, Tabelle 2).....	176
Tabelle 24:	Abgeschätzte transportunfallbedingte effektive Dosis im Saarland (in mSv effektive Dosis im ersten Jahr; [74], Tabelle 4.1)	184
Tabelle 25:	Gegenüberstellung der Schutzgüter (gemäß UVPG und [85]).....	190

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Einlagerung von LL-IL-Primärgebinden in einen Endlagerbehälter ([28], Figure 2-7).....	24
Abbildung 2:	HA-Endlagerbehälter für ein PG mit verglasten Abfällen des Typs R7/T7 (CSD-V) ([8], Kap. 1.3.1.3)	25
Abbildung 3:	Schema des Endlagers Cigéo mit den beiden Betriebsgeländen, LSF und ZIOS ([8], Figure 2-2)	31
Abbildung 4:	Schematische Darstellung der NC- und C1-Belüftungsnetze im EP1 ([30], Figure 11-21).....	37
Abbildung 5:	Schematische Darstellung der C2- und C4**-Belüftungsnetze im EP1 ([30], Figure 11-22)	38
Abbildung 6:	Schematische Darstellung der untertägigen Bewetterungssysteme ([10], Figure 4-28).....	40
Abbildung 7:	Prinzipskizze der Bewetterung von Verbindungsstrecken im LL-IL-Einlagerungsbereich ([30], Figure 11-34)	43
Abbildung 8:	Prinzipskizze der Bewetterung der LL-IL-Einlagerungsstrecken ([30], Figure 11-35).....	44
Abbildung 9:	Prinzipskizze der Bewetterung einer Abwetterstrecke ([30], Figure 11-36).....	45
Abbildung 10:	Prinzipskizze der Bewetterung des HA-Pilotlagers ([30], Figure 11-37)	45
Abbildung 11:	Prinzipskizze der Bewetterung der Gebindeabfahrtsrampe ([30], Figure 11-32)..	47
Abbildung 12:	Prinzipskizze der Bewetterung der Servicerampe ([30], Figure 11-29).....	48
Abbildung 13:	Stratigraphie am Standort des Cigéo ([29], Figure 1-8, überarbeitet)	54
Abbildung 14:	Darstellung der Beziehungen zwischen den Flüssen <i>Orge</i> , <i>Bureau</i> sowie <i>Ormançon</i> und dem Grundwasserleiter <i>Calcaires du Barrois</i> ([29], Figure 2-6, überarbeitet).....	55
Abbildung 15:	Grundwassergleichen des oberen (links) und unteren (rechts) Grundwasserleiters des <i>Oxfordium calcaire</i> ([29], Figure 2-4)	57
Abbildung 16:	Beobachtete Grundwassergleichen des Barthoniums (Dogger; [29], Figure 2-5).58	
Abbildung 17:	Fließwege im Oxfordium und Dogger (gelb: niedrige kinematische Porosität, blau: hohe kinematische Porosität) bei einer Freisetzung nach 400 000 Jahren ([32], Figure 2-7)	60
Abbildung 18:	Hydrogeologisches Funktionsschema der <i>Calcaires du Barrois</i> ([29], Figure 2-2, überarbeitet).....	61
Abbildung 19:	Lage der Verbindung zwischen den Betriebsgeländen ([16], Figure 3-88).....	62
Abbildung 20:	Beispiel einer eingehausten Unterflur-Bandanlage ([16], Figure 3-88)	62
Abbildung 21:	Standort der verzweigten Endstation ([16], Figure 3-90).....	64
Abbildung 22:	Luftaufnahme der Logistikplattform in <i>Gondrecourt-le-Château</i> ([16], Figure 3-91).....	65

Abbildung 23:	Transporte von den Anlagen der Abfallerzeuger zum Endlager Cigéo ([16], Figure 2-61).....	70
Abbildung 24:	Lageplan der Stromversorgungsanlagen des Endlagers Cigéo ([16], Figure 3-93)	73
Abbildung 25:	Standorte der Maßnahmen für die Wasserversorgung ([16], Figure 3-102)	77
Abbildung 26:	Standort der Bahnlinie 027000 ([16], Figure 3-106)	79
Abbildung 27:	Untersuchte Varianten für die Maßnahme „Umleitung der Departementsstraße D60/960“ ([16], Figure 3-113)	81
Abbildung 28:	Regionale topographische Karte des Standorts des Cigéo einschließlich Oberflächengewässer ([29], Figure 1-2, überarbeitet).....	167
Abbildung 29:	Lage wichtiger europäischer Wasserscheiden (pinke bzw. violette Linien), insbesondere der Wasserscheide Atlantik - Nordsee [62]	168
Abbildung 30:	Windrichtungshäufigkeit (links) und Niederschlag nach Sektoren (rechts) für Saarbrücken	170
Abbildung 31:	Häufigkeit der Windgeschwindigkeitsklassen für Saarbrücken.....	171
Abbildung 32:	Häufigkeit der Ausbreitungsklassen für Saarbrücken	171
Abbildung 33:	Ablaufschema zur Feststellung der Gemeinnützigkeit (gemäß [91], S. 2).....	192

ANHANGSVERZEICHNIS

ANHANG 0 – PIÈCE 0	206
ANHANG 1 – PIECE 1	207
ANHANG 2 – PIÈCE 2	208
ANHANG 3 – PIECE 3	212
ANHANG 4 – PIECE 4	213
ANHANG 5 – PIECE 5	214
ANHANG 6A – PIÈCE 6	215
ANHANG 6B – PIÈCE 6 VOLUME 1.....	216
ANHANG 6C – PIECE 6 VOLUME 2	222
ANHANG 6D – PIECE 6 VOLUME 3	243
ANHANG 6E – PIÈCE 6 VOLUME 4.....	244
ANHANG 6F – PIECE 6 VOLUME 5.....	308
ANHANG 6G – PIECE 6 VOLUME 6	313
ANHANG 6H – PIECE 6 VOLUME 7	321
ANHANG 6I – PIÈCE 6BIS.....	377
ANHANG 7A – PIECE 7 PARTIE I VOLUME 1	383
ANHANG 7B – PIÈCE 7 PARTIE I VOLUME 2.....	384
ANHANG 7C – PIECE 7 PARTIE II VOLUME 3.....	391
ANHANG 7D – PIECE 7 PARTIE II VOLUME 4.....	401
ANHANG 7E – PIECE 7 PARTIE II VOLUME 5	403
ANHANG 7F – PIECE 7 PARTIE II VOLUME 6	408
ANHANG 7G – PIECE 7 PARTIE II VOLUME 7.....	410
ANHANG 7H – PIECE 7 PARTIE III VOLUME 8	425
ANHANG 7I – PIECE 7 PARTIE III VOLUME 9	430
ANHANG 7J – PIECE 7 PARTIE IV VOLUME 10	440
ANHANG 7K – PIECE 7 PARTIE IV VOLUME 11	444
ANHANG 7L – PIECE 7 PARTIE IV VOLUME 12.....	447
ANHANG 7M – PIECE 7 PARTIE IV VOLUME 13.....	456
ANHANG 8 – PIECE 8	459
ANHANG 9 – PIECE 9	460
ANHANG 10 – PIECE 10	461

ANHANG 11 – PIERCE 11	462
ANHANG 12 – PIERCE 12	463
ANHANG 13 – PIERCE 13	464
ANHANG 14 – PIERCE 14	470
ANHANG 15 – PIERCE 15	473
ANHANG 16 – PIÈCE 16	475
ANHANG 17 – PIERCE 17	483
ANHANG 18 – PIERCE 18	489
ANHANG 19 – PIERCE 19	491
ANHANG 20 – PIÈCE 20	497
ANHANG 21 – PIERCE 21	499
ANHANG 22 – PIÈCE 22	500
ANHANG 23 – PROJEKTBLAUFPLAN.....	501
ANHANG 24 – ERFOLGSKONTROLLBERICHT	502

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

	FRANZÖSISCH / ENGLISCH	DEUTSCH
AASQA	associations agréées de surveillance de la qualité de l'air	zugelassene Vereinigungen zur Überwachung der Luftqualität
ABBergV	-	Allgemeine Bundesbergverordnung
ABF	architecte des Bâtiments de France	-
AD	familles de colis non encore produits à ce jour et dont le conditionnement est encore à déterminer	Abfallfamilien, die noch nicht produziert wurden und deren Konditionierungsmethode noch bestimmt werden muss
ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de L'énergie	Umwelt- und Energieagentur
ADES	accès aux données sur les eaux souterraines	Zugang zu Grundwasserdaten
ADR	Agreement concerning the international carriage of dangerous goods by road (seit 2021)	Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße
ALARA	as low as reasonably achievable	so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar
AMI	Atelier des matériaux irradiés	-
AMO	assistant à maîtrise d'ouvrage	Assistenz des Bauherren
ANDRA	Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs	Französischer Betreiber des Endlagerprojekts Cigéo
AP	-	Arbeitspaket
APCA	Assemblée permanente des Chambres d'agriculture	ständige Versammlung der Landwirtschaftskammern
APM	Atelier pilote de Marcoule	-
ASK	-	Anlagen, Systeme und Komponenten
ASN	Autorité de sûreté nucléaire	(französische) Nuklearaufsichtsbehörde
AVM	Vitrification de Marcoule	-
BASE	-	Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung
BASIAS	base des anciens sites industriels et activités de service en activité ou non	Datenbank ehemaliger Industrie- und Dienstleistungsstandorte
BMUV	-	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

	FRANZÖSISCH / ENGLISCH	DEUTSCH
BREF	best available technique REFerence	BVT-Referenzdokument
BRGM	Bureau de recherches géologiques et minières	Büro für geologische und mineralische Forschungen
BSS	banque de données du sous-sol	Untergrunddatenbank
BVT	-	Beste verfügbare Technik
CAC	conteneur amiante-ciment	Betonbehälter, die Asbest enthalten
CBF-C'2	conteneurs en béton-fibres	Behälter aus faserbewehrtem Beton
CDC	caisse des dépôts et consignation	-
CEA	Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives	Kommissariat für Atomenergie und alternative Energien
CERES	code d'évaluations rapides environnementales et sanitaires	-
CES	Comité éthique et société	Ausschuss für Ethik und Gesellschaft
CGEDD	Conseil général de l'environnement et du développement durable	Generalrat für Umwelt und nachhaltige Entwicklung
CIP	continual improvement process	kontinuierlicher Verbesserungsprozess
CLC	Corine Land Cover	-
CLI	Commission locale d'information	lokale Informationskommission
Clis	Comité local d'information et de suivi	lokaler Informations- und Begleitausschusses
CNDP	Commission nationale du débat public	Nationale Kommission für die öffentliche Debatte
CNE	Commission nationale d'évaluation	Nationale Bewertungskommission
CNE2	Commission nationale des recherches et études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs	Kommission für Forschung und Studien zur Entsorgung radioaktiver Stoffe und Abfälle
CNRS	Centre national de la recherche scientifique	Nationales Zentrum für wissenschaftliche Forschung
COG		Bezeichnung für Abfallbinde von Orano
CSB	-	chemischer Sauerstoffbedarf
CSD-C	colis standard de déchets compactés	Gebinde mit kompaktierten Abfällen
CSD-V	colis standard de déchets vitrifiés	Gebinde mit verglasten Abfällen
CTA	centrales de traitement de l'air	Luftbehandlungsanlagen

	FRANZÖSISCH / ENGLISCH	DEUTSCH
DAC	demande d'autorisation de création	Baugenehmigung
DDRM	dossiers Départementaux sur les risques majeurs	Department-Unterlagen zu größeren Risiken
DDT	Directions départementales des territoires	Direktionen der Departements für Landgebiete
DFZ	diffuse fracture zone	diffuse Bruchzone
DMSP	Defense meteorological satellite program	-
DOO	document d'orientation et d'objectifs	Orientierungs- und Zieldokument
DRAC	Direction régionale des affaires culturelles	regionale Direktion für kulturelle Angelegenheiten
DREAL	Direction régionale de l'aménagement, de l'environnement et du logement	Regionale Direktion für Planung, Umwelt und Wohnungswesen
DUP	déclaration d'utilité publique	Gemeinnützigkeitserklärung
DWR	-	Druckwasserreaktor
EC	familles de colis en cours de production, pour lesquelles le conditionnement des déchets est défini et une spécification de production existe	Abfallfamilien, die sich in der Produktion befinden, für die die Konditionierungsmethode festliegt und eine Produktionsspezifikation vorliegt
EDF	Électricité de France	-
EDZ	excavation damaged zone	Auflockerungszone
EFESE	évaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques	französischen Bewertung von Ökosystemen und Ökosystemleistungen
EIP	éléments importants pour la protection des intérêts	Schutzelemente
EMR	étude de maîtrise de risques	Risikomanagementstudie
EndlSiAnfV	-	Endlagersicherheitsanforderungsverordnung
EP1	bâtiment nucléaire d'exploitation Phase 1	kerntechnisches Betriebsgebäude Phase 1
EP2	bâtiment nucléaire d'exploitation Phase 2	kerntechnisches Betriebsgebäude Phase 2
ERS	évaluation des risques sanitaires	Bewertung der Gesundheitsrisiken
ESK	-	Entsorgungskommission

	FRANZÖSISCH / ENGLISCH	DEUTSCH
ETH	emballages de transport à déchargement horizontal	Transportverpackung mit horizontaler Entladung
EU	-	Europäische Union
EVA	-	Einwirkungen von Außen
EVI	-	Einwirkungen von Innen
ewG	-	einschlusswirksamer Gebirgsbereich
F	familles de colis non encore produits à ce jour mais dont la définition du conditionnement des déchets est déjà bien avancée	Abfallfamilien, die noch nicht produziert wurden, deren Definition der Konditionierungsmethode aber bereits weit fortgeschritten ist
FNSEA	Fédération nationale des syndicats d'exploitants agricole	Nationaler Verband der Gewerkschaften der Landwirte
GC-MS	-	Gaschromatographie gekoppelt mit einem Massenspektrometer
GIP	groupement d'intérêt public	Vereinigung öffentlicher Interessen
GIS Sol	groupement d'intérêt scientifique sur les sols	Wissenschaftliche Interessenvereinigung für Böden
GRA	galerie de retour d'air	Abwetterstrecke
GRTgaz		Französischer Fernleitungsnetzbetreiber für Erdgas
HA	high active, hautement radioactive	hochradioaktiv
HAO	high activity oxide	-
HEPA	high-efficiency particulate air/arrestance	Schwebstofffilter
I2M2	indice Invertébrés Multi-Métrique	multi-metrischer Wirbellosen-Index
IAEA	International Atomic Energy Agency	Internationale Atomenergie-Organisation
IBD	indice biologique Diatomée	biologischer Kieselalgen-Index
ICNIRP	International commission on non-ionizing radiation protection	Internationale Kommission zum Schutz vor nicht ionisierender Strahlung
ICPE	installations classées pour la protection de l'environnement	klassifizierte Anlage zum Schutz der Umwelt
ICP-MS	induced coupled plasma mass spectrometry	-

	FRANZÖSISCH / ENGLISCH	DEUTSCH
ICRP	International commission on radiological protection	internationale Strahlenschutzkommission
ICOS	integrated carbon observation system	-
IE	industrial emissions	Industrieemissionen
IED	Industrial Emissions Directive	Industrieemissionsrichtlinie
IGN	Institut national de l'information géographique et forestière	Nationales Institut für geografische und forstliche Informationen
IGP	aire de l'indication géographique protégée	Gebiet mit geschützter geografischer Bezeichnung
IMS	-	integriertes Managementsystem
INB	installation nucléaire de base	kerntechnische Anlage (hier auch Endlager)
INPL/ ENSAIA	Institut national polytechnique de Lorraine/ École nationale supérieure d'ingénieurs agronomes et industries alimentaires	-
INPN	inventaire national du patrimoine naturel	Website des nationalen Verzeichnisses des Naturerbes
INRA	Institut national de la recherche agronomique	Nationales Institut für Agronomieforschung
INRAP	Institut national de recherches archéologiques préventives	Nationales Institut für präventive archäologische Forschung
INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques,	nationalen Instituts für Statistik und Wirtschaftsstudien
IRSN	Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire	Institut für Strahlenschutz und nukleare Sicherheit
IRT	international review team	internationale Expertengruppe
ITE	installation terminale embranchée	verzweigte Endstation
ITER	international thermonuclear experimental reactor	Internationaler thermonuklearer Versuchsreaktor
KKW	-	Kernkraftwerk
LDCA	limite dérivée de concentration dans l'air	abgeleitete Grenzwert der Luftkonzentration
LIDAR	light detection and ranging	-
LIS	liaison intersites	Verbindung zwischen den Betriebsgeländen

	FRANZÖSISCH / ENGLISCH	DEUTSCH
LL-IL	long-lived intermediate-level, activité moyenne et à vie longue	langlebig mittelradioaktiv
LL-LL	long-lived low-level, activité faible et à vie longue	langlebig schwachradioaktiv
LSCE	Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement	-
LSF	liaisons surface-fond	Tageszugänge
LTECV	loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte	Gesetz zur Energiewende für grünes Wachstum
MMT	matériels matériaux travaux	Material- und Baustoffschacht
MOX	-	Uran-Plutonium-Mischoxid
NEA	Nuclear Energy Agency	Kernenergieagentur
NGF	nivellement général de la France	allgemeine Nivellierung von Frankreich
ÖBV	-	öffentliches Beteiligungsverfahren
OPE	observatoire pérenne de l'environnement	dauerhafte Umweltbeobachtungsstelle
OPECST	Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques	parlamentarisches Amt für die Bewer- tung wissenschaftlicher und techno- logischer Entscheidungen
OPERA	Observatoire permanent de la radioactivité	-
PAK	-	polyzyklische aromatische Kohlen- wasserstoffe
PARS	phenomenological analysis of repository situations	phänomenologische Analyse von End- lagersituationen
PDE	plan directeur de l'exploitation	Betriebsplan
PDT	projet de développement du territoire	Projekt zur Entwicklung des Gebiets
PG	-	Primärgebinde
PGRI	plan de gestion des risques d'inondation	Plan für das Überschwemmungs- risikomanagement
PhiPil	phase industrielle pilote	industrielle Pilotphase
PIVER	Pilote industriel de vitrification de solutions de dissolution de combustibles usés	-
PLU	plan local d'urbanisme	lokaler Entwicklungsplan

	FRANZÖSISCH / ENGLISCH	DEUTSCH
PLUi	plan local d'urbanisme intercommunal	gemeindeübergreifender Entwicklungsplan
PNGMDR	plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs	Nationaler Plan für die Entsorgung radioaktiver Stoffe und Abfälle
PPRI	plans de prévention des risques d'inondation	Pläne zur Vermeidung von Überschwemmungsrisiken
PRPGD	plan régional de prévention et de gestion des déchets	Regionalplan zur Abfallvermeidung und -wirtschaft
PUI	plan d'urgence interne	interner Notfallplan
Q3SER	qualité, sureté-sécurité-santé-environnement, radioprotection)	Qualität, Sicherheit, Sicherung, Gesundheit, Umwelt und Strahlenschutz
QH	-	Qualifikationshöhe
RADOME	réseau d'acquisition de données et d'observations étendu	erweitertes Datenerfassungs- und Beobachtungsnetzwerk
RFS	règles fondamentales de sûreté	grundlegende Sicherheitsregeln
RID	Regulations concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail	Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter
RMQS	réseau national de Mesure de la Qualité des Sols	nationales Netzwerk zur Messung der Bodenqualität
RNR	réacteurs à neutrons rapides	schnelle Neutronenreaktoren
RSN	réseau ferroviaire national	nationales Eisenbahnnetz
RTE	réseau de transport d'électricité	Stromübertragungsnetz
SAGE	schéma d'aménagement et de gestion des eaux	Wasserwirtschaftsplan
SBG	-	Störfallberechnungsgrundlagen
SCoT	schéma de cohérence Territoriale	kohärentes Gebietsentwicklungsschema
SDAGE	schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux	Leitschema für die Wasserbewirtschaftung
SEA	scénarios d'évolution altérée	Szenarien der alternativen Entwicklung
SEN	scénario d'évolution normale	Szenario der normalen Entwicklung
SIAEP	syndicat intercommunal d'alimentation en eau potable	interkommunaler Wasserversorgungsverband
SIDT	schéma interdépartemental du développement du territoire	Schema interdepartementaler Raumentwicklung

	FRANZÖSISCH / ENGLISCH	DEUTSCH
SiGéo	-	Sicherheitstechnische Bewertung der Antragsunterlagen der ANDRA für das französische Endlagerprojekt Cigéo
SIGES	système d'information pour la gestion des eaux souterraines en Seine-Normandie	Informationssystem für die Grundwasserbewirtschaftung in Seine-Normandie
SIHI	scénarios d'intrusion humaine involontaire	Intruder-Szenarien
SIQO	signe d'identification de la qualité et de l'origine	Qualitäts- und Herkunftszeichen
SIVU	syndicat intercommunal à vocation unique	interkommunaler Zweckverband
SNBC	stratégie nationale bas carbone	nationale Niedrig-Kohlenstoff-Strategie
SNCF	Société nationale des chemins de fer français	Nationale Gesellschaft der französischen Eisenbahnen
SNR	scénario de non-renouvellement	Szenario der Nichterneuerung (des Kernkraftwerksparks)
SR1	-	Szenario der Verlängerung der Betriebsdauer des Kraftwerksparks
SRADDET	schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires	Regionalschema für Raumplanung, nachhaltige Entwicklung und Gebietsgleichstellung
SRCE	schéma régional de cohérence écologique	regionales Schema für ökologische Kohärenz
StandAG	-	Standortauswahlgesetz
StrlSchG	-	Strahlenschutzgesetz
StrlSchV	-	Strahlenschutzverordnung
SUP	servitudes d'utilité publique	Dienstbarkeit des öffentlichen Nutzens
SUP	-	Strategische Umweltprüfung
SWT	-	Stand von Wissenschaft und Technik
T	familles de colis dont la production est terminée	Abfallfamilien, deren Produktion abgeschlossen ist
T1	Tranche 1	Bauabschnitt 1
THMC	-	(gekoppelte) thermische, hydraulische, mechanische und chemische (Prozesse)
TMD	transports de marchandises dangereuses	Gefahrguttransporte

	FRANZÖSISCH / ENGLISCH	DEUTSCH
UA	unité argileuse	tonhaltige Einheit
UC	unités de compensation	Ausgleichseinheiten
UNE	uranium naturel enrichi	mit U-235 angereichertes natürliches Uran
UNGG	réacteurs à l'uranium naturel-graphite-gaz	Natururan-Graphit-Gas-Reaktoren
UOX	-	Uranoxid
URE	uranium de retraitement ré-enrichi	mit U-235 angereichertes wiederaufbereitetes Uran
USC	unité Silto-Carbonatée	Kalkstein-Schluffstein-Einheit
US-EPA	U. S. Environmental Protection Agency	Umweltbehörde der vereinigten Staaten
UT	unité de transition	Übergangseinheit
UVP	-	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVPG	-	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
UVS	étude d'impact	Umweltverträglichkeitsstudie
VIIRS	visible infrared imaging radiometer suite	-
VOC	volatile organic compounds	Flüchtige organische Verbindungen
VFE	ventilation air frais exploitation	Frischwetterschacht „Betrieb“
VFT	ventilation personnel air frais travaux	Frischwetterschacht „Bau“
VVA	-	Vermeidung, Verminderung und Ausgleich
VVE	ventilation air vicié exploitation	Abwetterschacht „Betrieb“
VVT	ventilation air vicié travaux	Abwetterschacht „Bau“
WIS	-	What-If-Szenario
WMO	World Meteorological Organization	Weltorganisation für Meteorologie
ZB/BHB	-	Zeichenbuch/Betriebshandbuch
ZIIS	zones d'implantations de surface	Gebiete für Oberflächenanlagen
ZIOS	zone d'implantation des ouvrages souterrains	Gebiet für die Errichtung untertägiger Bauwerke (Projektion an der Oberfläche beträgt etwa 29 km ²)
ZIRA	zone d'intérêt pour la recherche approfondie	Gebiet der vertieften Erkundung (liegt innerhalb der ZT; ca. 30 km ²)

	FRANZÖSISCH / ENGLISCH	DEUTSCH
ZNIEFF	zone naturelle d'intérêt écologique, floristique et faunistique	Naturgebiet von ökologischem, floristischem und faunistischem Interesse
ZppDN	zones à production possible de déchets nucléaires	Zonen, in denen möglicherweise radioaktive Abfällen anfallen
ZPS	zone de protection spéciale	besonderes Schutzgebiet
ZSC	zone spéciale de conservation	besonderes Erhaltungsgebiet
ZSLE	zone de soutien logistique exploitation	logistischer Infrastrukturbereich für den Betrieb
ZSLT	zone de soutien logistique travaux	logistischer Infrastrukturbereich für den Bau
ZT	zone de transposition	Übertragungsgebiet (entspricht einer Fläche von 250 km ²)

ÜBERSETZUNGEN FÜR SCHLÜSSELBEGRIFFE

FRANZÖSISCH	DEUTSCH
alvéole	Einlagerungsstrecke
antenne de soufflage	Zuluftzweig
arrêtés	Erlasse
autorité environnementale	Umweltbehörde
biosphère (type) tempérée	gemäßigte Biosphäre
biosphère chaude	subtropisch feuchte Biosphäre
biosphère froide type boréale	kalte Biosphäre borealen Typs
bouchon d'exploitation	Betriebsverschluss
bride d'exploitation	Betriebsflansch
Busard cendré	Wiesenweihe
Busard Saint-Martin	Kornweihe
Calcaires du Barrois	Kalksteine des Barrois
cellule de manutention	Handhabungszelle
centre de stockage	Endlager
charge thermique	thermische Belastung
chargement (ou charge) mécanique	mechanischen Belastung
chariot de transfert	Transportwagen
chemin d'exploitation	Landwirtschaftlicher Betriebsweg
chemin ruraux	Landweg
cheminée de rejet (ou cheminée d'extraction)	Schornstein
cheminement protégé	Flucht- und Rettungsweg
chevalement du puits	Schachtgebäude
chute	Absturz
code de la santé publique	Gesetz der öffentlichen Gesundheit
code de l'expropriation	Gesetz zur Enteignung auf Grund des öffentlichen Interesses
code de l'environnement	Umweltgesetz
code du travail	Arbeitsgesetz
code forestier	Forstgesetz
code minier	Bergrecht

FRANZÖSISCH	DEUTSCH
code rural et de la pêche maritime	Landwirtschafts- und Seefischereigesetz
commission particulière du débat public	besondere Kommission für die öffentliche Debatte
concertation	Konzertierung (Erörterung)
conteneur de stockage	Endlagerbehälter
contrat de plan État-Région	Planvertrag zwischen Staat und Region
coque et embouts	Hülsen und Endstücke
coques béton	Betonhüllen
co-stockage	gemeinsame Endlagerung
débat public	öffentliche Debatte
débit molaire	molare Fließrate
décret	Dekret
dégradation mécanique	mechanischen Beschädigung
démonstrateur	Demonstrationsstrecke
démonstration de sûreté après fermeture	Sicherheitsnachweis für die Nachbetriebsphase
démonstration de sûreté en exploitation	Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase
dernier Niveau de Filtration	letzte Filterstufe
descenderie colis	Gebindeabfahrtsrampe
descenderie de service	Servicerampe
documents de planification	Planungsdokumente
doses efficaces individuelles	individuelle effektive Dosen
Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base Cigéo	Antragsunterlagen für die Baugenehmigung des Cigéo
emballages de transport	Transportverpackung
emergence du puits	Rasenhängebank
émissaire	Auslass
emprises travaux (ou zones de travaux)	Baustellenbereiche
endommagement	Schädigung
enquête publique	öffentliche Anhörung
étude préalable agricole du projet global	landwirtschaftliche Vorstudie
évaluation environnementale	Umweltbewertung
événements (ou situations) extrêmes	Extremereignisse

FRANZÖSISCH	DEUTSCH
exutoires	Austrittsstellen, Entnahmestellen
façade d'accostage	Andockfront
facteurs	Schutzgüter
fonctionnement normal et dégradé	Normalbetrieb und anomaler Betrieb
fracturation	Rissbildung
funiculaire	seilgeführte Flurförderanlage
galerie d'access	Zugangsstrecke
galerie de liaison	Verbindungsstrecke
grille d'extraction	Abluftgitter
hotte de transfert des colis	Transferhaube
indicateurs de performance	Leistungsindikatoren
jonction de retour d'air	Abwetterverbindungsstrecke
lames d'eau	Wassermengen
lampestrie	Lampenraum
loi de protection de la Nature	Naturschutzgesetz
loi dite „Climat et Résilience“	sogenanntes Klima- und Widerstandsfähigkeitgesetz
loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages	Gesetz zur Rückgewinnung der Biodiversität, Natur und Landschaft
loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie	Gesetz über Luft und rationale Energienutzung
maintien de la mémoire	Nukleares Gedächtnis (Preservation of Records, Knowledge and Memory Across Generations)
masque boisé	Waldkullisse
modèle de région-secteur	Region-Sektor-Modell
monuments historiques	historische Denkmäler
navette	Shuttle
normes réglementaires de qualité environnementale	gesetzlichen Umweltqualitätsnormen
ordonnances	Verordnungen
outils de planification	Planungsinstrumente
ouvrages de franchissement hydraulique	Hydraulische Überbrückungsbauwerke

FRANZÖSISCH	DEUTSCH
Oxfordien carbonaté (ou Oxfordium calcaire)	Karbonatisches Oxfordium
panier de stockage	Lagerkorb
parc á hottes	Transferhaubenbereich
participation du public	Beteiligung der Öffentlichkeit bzw. Öffentlichkeitsbeteiligung
partie utile	Nutzbereich
perturbation	Beeinträchtigung
phase d'aménagements préalables	Bauvorbereitungsphase
Pièce	Antragsunterlage
plaques de roulement	Rollplatten
plénum de soufflage	Frischwetterplenium
politique de protection des intérêts	Politik des Interessenschutzes
protection des intérêts	Schutz der Interessen
quartier de stockage (ou zone de stockage)	Einlagerungsbereich
quartier pilot HA	HA-Pilotlager
recupérabilité	Rückholbarkeit bzw. Bergbarkeit
remblai	Verfüllmaterial
remise en suspension	Suspensionsrate
réversibilité	Reversibilität (Umkehrbarkeit)
risques internes nucléaires	Innere kerntechnische Risiken
risques liés aux agressions externes	Risiken durch äußere Angriffe
risques liés aux agressions internes	Risiken durch innere Angriffe
safety standard	Sicherheitsstandard
sas	Schleuse
scellement	Verschlussbauwerk
scénarios de dysfonctionnement	Fehlfunktionsszenarien
site patrimonial remarquable	bemerkenswerte Stätte des kulturellen Erbes
sites classés et sites inscrits	klassifizierte und eingetragene Stätten
situation de référence	Referenzsituation des SEN
situation enveloppe	abdeckende Situation des SEN
situations accidentelles (du domaine) de dimensionnement	Auslegungsunfälle

FRANZÖSISCH	DEUTSCH
situations accidentelles en extension de dimensionnement	Auslegungsüberschreitende Unfälle
situations d'urgence	Notfall
situations exclues	ausgeschlossene Ereignisse
situations incidentelles (du domaine) de dimensionnement	Auslegungsstöfalle
sous-quartiers	Teileinlagerungsbereiche
système de stockage	Endlagersystem
système soufflage-extraction	(kombiniertes) Blas- und Saugsystem
temps de maturation	Zeit bis zum Erhärten des Betons
tête (de la descenderie colis)	hier: Portalbereich (der Gebindeabfahrtsrampe)
tranches	Bauabschnitte
transitoire Hydraulique - Gaz	Phasenübergang (Wasser – Gas)
trémies	Diffusoren
verse	Halde
zone d'accès	Eingangsbereich
zone d'intervention potentielle	Potenzielles Eingriffsgebiet
zone de contrôle	Kontrollzone
zone descenderie	Betriebsgelände „Rampe“
zone d'implantation potentielle	Potenzieller Standortbereich
zone process	Prozesszone
zone puits	Betriebsgelände „Schächte“
zones d'implantations de surface	Gebiete für Oberflächenanlagen
zones de soutien logistiques	logistische Infrastrukturbereiche

1 EINLEITUNG UND PROJEKTVORAUSSETZUNGEN

Anfang des Jahres 2023 hat der französische Betreiber des Endlagerprojektes Cigéo (*Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs*, ANDRA) die Antragsunterlagen zur Errichtung eines Endlagers (*centre de stockage ou installation nucléaire de base (INB)*) für langlebige Abfälle aus kerntechnischen Anlagen sowie hochradioaktive (*high active*, HA) Abfälle aus der Wiederaufarbeitung bei der französischen Nuklearaufsichtsbehörde (*Autorité de sûreté nucléaire*, ASN) eingereicht.

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) ist das federführende Ressort für Fragen der nuklearen Entsorgung im In- und Ausland. Das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) als Fach- und Aufsichtsbehörde im Geschäftsbereich des BMUV ist für die Behörden- und Öffentlichkeitsbeteiligung sowohl im inländischen Standortauswahlverfahren als auch im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) für Zwischen- und Endlager und damit auch für vergleichbare Verfahren im Ausland zuständig.

Das Ziel des Vorhabens „Sicherheitstechnische Bewertung der Antragsunterlagen der ANDRA für das französische Endlagerprojekt Cigéo“ (SiGéo) ist, dass das BMUV und das BASE frühzeitig eine fachlich fundierte Einschätzung der französischen Antragsunterlagen erhalten. Dabei sollen einerseits fachliche Anhaltspunkte für die konkrete sicherheitsgerichtete Ausgestaltung des französischen Vorhabens ausgearbeitet werden. Andererseits soll die fachliche Einschätzung der Antragsunterlagen Bestandteile zum Inhalt haben, die für eine eventuelle Stellungnahme im Rahmen eines grenzüberschreitenden Beteiligungsverfahrens (grenzüberschreitendes UVP) von BMUV und BASE herangezogen werden können. Schließlich soll die fachliche Einschätzung so gestaltet werden, dass die Öffentlichkeit verständlich über das französische Projekt informiert wird. Ferner soll den angrenzenden Bundesländern eine Grundlage zur Verfügung gestellt werden, die diese gegebenenfalls für ihre eigenen Stellungnahmen heranziehen können.

2 PROJEKTPLANUNG UND -ABLAUF

Das Projekt hatte eine Laufzeit von 15 Monaten. Der Projektablaufplan ist in Anhang 23 dargestellt. Der Erfolgskontrollbericht ist als Anhang 24 beigelegt.

Die Bearbeitung der Aufgabenstellung erfolgt in den folgenden vier Arbeitspaketen (AP):

- AP 1: Vollumfängliche Sichtung aller Antragsunterlagen sowie deren inhaltliche Zusammenfassung in deutscher Sprache und Klassifikation nach Relevanz für die Aufgabenstellung (Sichtung, Zusammenfassung und Klassifikation der Antragsunterlagen)
- AP 2: Detaillierte Auswertung der relevanten Antragsunterlagen, Dokumentation der Ergebnisse und fachliche Einschätzung mit Fokus auf die Sicherheit des geplanten Endlagers (Endlagersicherheit)
- AP 3: Detaillierte Auswertung der relevanten Antragsunterlagen, Dokumentation der Ergebnisse und fachliche Einschätzung mit Fokus auf potenzielle Umweltauswirkungen auf Deutschland (Potenzielle, erhebliche Umweltauswirkungen auf Deutschland)
- AP 4: Zusammenfassung der Ergebnisse als Grundlage für eine Stellungnahme des Bundes gegenüber Frankreich mit einer entsprechenden strukturellen Darstellung (Berichterstattung)

Die AP 1, 2 und 3 wurden jeweils mit einem Zwischenbericht abgeschlossen.

Der vorliegende Schlussbericht zu § 12 Abs. 3 ABFE-BMUV enthält die gesammelten Ergebnisse der im Rahmen des SiGéo-Projekts durchgeführten Arbeiten.

2.1 Stand von Wissenschaft und Technik

Im Laufe des Projektes wurden die veröffentlichten Antragsunterlagen zum Cigéo-Projekt analysiert, die ANDRA Anfang 2023 zur Errichtung eines Endlagers für langlebige Abfälle aus kerntechnischen Anlagen sowie hochradioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung bei der ASN eingereicht hat.

Für die Durchführung des Projekts wurden keine Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte genutzt.

Die für die fachliche Einschätzung herangezogene Fachliteratur ist im Literaturverzeichnis (Kapitel 11) wiedergegeben. Des Weiteren wurde im Rahmen des Projekts eine Citavi-Datenbank aufgebaut, in die sowohl die Antragsunterlagen als auch die herangezogene Fachliteratur eingepflegt wurden.

2.2 Zusammenarbeit

Während des Projekts wurden fünf Fachgespräche durchgeführt, an denen Mitarbeiter des BASE sowie der Brenk Systemplanung GmbH teilgenommen haben. Abgeschlossen wird das Projekt mit einem Hauskolloquium, an dem neben Mitarbeitern des BASE und der Brenk Systemplanung GmbH voraussichtlich auch Vertreter der Länder Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg und Saarland sowie ggf. Luxemburgs teilnehmen werden.

Die Projektarbeit wurde von der Brenk Systemplanung GmbH erbracht und durch Experten von NucAdvisor (insbesondere im Hinblick auf die Endlagersicherheit) und Plejades (insbesondere im Hinblick auf Umweltauswirkungen und Beteiligungsmöglichkeiten) qualitätssichernd unterstützt.

3 AUFGABENSTELLUNG

Als Grundlage für die nachfolgenden Arbeiten wird zunächst ein Katalog der französischen Antragsunterlagen erstellt, in dem alle relevanten Informationen (d. h. laufende Nummer, ggf. Teil/ Band/ Kapitel, Titel (original und übersetzt), Schlagworte, Themenbereich, Relevanz für Sicherheit und/oder Umwelt sowie Verweise auf die entsprechende Kurzzusammenfassung und Referenz) aufgelistet werden. Zu diesem Zweck werden alle französischen Antragsunterlagen, insbesondere mit Blick auf die für die Bearbeitung von AP 2 und AP 3 relevanten Themenfelder „Sicherheit“ sowie „Umwelt“, gesichtet und es wird jeweils eine Kurzzusammenfassung (siehe Anhang) in deutscher Sprache erstellt.

Nach der Sichtung der Antragsunterlagen werden diese nach Relevanz für die Aufgabenstellung, d. h.

- kerntechnische Sicherheit des geplanten Endlagers (AP 2) und
- potenzielle Umweltauswirkungen auf Deutschland (AP 3),

klassifiziert. Die Klassifikation wird im Katalog dokumentiert (Spalte „Relevanz“).

Zusätzlich werden die französischen Antragsunterlagen (inklusive Schlagworte, deutsche Kurzzusammenfassung und Inhaltsverzeichnis der Hauptkapitel) in eine Citavi-Datenbank eingepflegt. Auch die Klassifikation wird durch das Zuweisen von Kategorien („Sicherheit“ mit den Unterkategorien „Betriebssicherheit“ und „Nachbetriebssicherheit“ sowie „Umweltauswirkungen“) in die Citavi-Datenbank übernommen.

Die Antragsunterlagen, die im Rahmen von AP 1 als relevant in Bezug auf die kerntechnische Sicherheit des geplanten Endlagers bzw. Umweltauswirkungen und Beteiligungsverfahren klassifiziert wurden (siehe Tabelle 1 auf Seite 9), werden im Rahmen von AP 2.1 bzw. 3.1 ausgewertet. Die Auswertung erfolgt überwiegend in der Citavi-Datenbank. Dabei werden in der Citavi-Datenbank relevante Textpassagen markiert und als Wissens Elemente gespeichert. Zusätzlich wird für jede ausgewertete Unterlage eine Zusammenfassung erstellt (siehe Anhänge).

Im Anschluss an die Unterlagenauswertung werden die gesammelten Erkenntnisse bezüglich der sicherheitstechnischen Aspekte des geplanten Endlagers in seiner Betriebs- (AP 2.2, siehe Abschnitt 8.1.1.1) und Nachbetriebsphase (AP 2.3, siehe Abschnitt 8.1.1.2) bzw. bezüglich potenzieller, erheblicher Umweltauswirkungen auf Deutschland (AP 3.2, siehe Abschnitt 8.1.2) und einer grenzüberschreitenden Beteiligung Deutschlands (AP 3.3, siehe Abschnitt 9.2.2) in Form einer fachlichen Einschätzung bewertet. Im Rahmen der fachlichen Einschätzung werden auch die Ergebnisse eines von der Internationalen Atomenergie-Organisation (*International Atomic Energy Agency*, IAEA) organisierten internationalen *Peer-Reviews* des Dossiers der Sicherheitsoptionen ([1, 2]) sowie der im Auftrag der deutschen Bundesländer Rheinland-Pfalz und Saarland sowie des Großherzogtums Luxemburg durchgeführten Bewertung des Öko-Instituts e. V. im Hinblick auf potenziell grenzüberschreitende Effekte des Endlagervorhabens Cigéo wiedergegeben (siehe Abschnitte 8.2 und 8.3).

Eingangs werden das Cigéo-Gesamtprojekt beschrieben (siehe Kapitel 6) und die Einschätzungen von ANDRA im Hinblick auf Endlagersicherheit und Umweltauswirkungen wiedergegeben (siehe Kapitel 7). Des Weiteren erfolgen eine Vor- und Gegenüberstellung von UVPs in Frankreich und Deutschland einschließlich einer Beschreibung ihrer jeweiligen Abläufe (siehe Abschnitt 9.1).

4 ERGEBNISSE

4.1 Erzielte Ergebnisse

In den folgenden Kapiteln werden die Projektergebnisse dargestellt:

- Kapitel 5 stellt die Einordnung der Antragsunterlagen hinsichtlich ihrer Relevanz bezüglich der Themen Sicherheit und Umwelt dar. Die dazu verwendete Methodik wird in den Abschnitten 5.1.1 (Endlagersicherheit) und 5.1.2 (Umweltauswirkungen) beschrieben. Die Klassifikation der Antragsunterlagen ist in Form eines übersichtlichen Katalogs in Abschnitt 5.2 dargestellt. Unterlagen, die im Hinblick auf die beiden Themen „Endlagersicherheit“ und „Umweltauswirkungen“ besonders relevant sind, werden in Abschnitt 5.3 benannt.
- Kapitel 6 beschreibt das Cigéo-Gesamtprojekt. Im Abschnitt 6.1 wird zunächst das Endlager Cigéo mit Angaben zum Inventar (Abschnitt 6.1.1), zu wesentlichen Barrieren und sicherheitsrelevanten Auslegungsbestimmungen (Abschnitt 6.1.2), zur Anlage (Abschnitt 6.1.3) und zum Anlagenbetrieb (Abschnitt 6.1.4) sowie zum Standort (Abschnitt 6.1.5) beschrieben. Es folgt eine Beschreibung der weiteren Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts, d. h. der Verbindung zwischen den Betriebsgeländen (Abschnitt 6.2), der verzweigten Endstation (Abschnitt 6.3), der Charakterisierung und Überwachung der Umwelt (Abschnitt 6.4), dem Versand und Transport von Gebinden mit radioaktiven Abfällen (Abschnitt 6.5), der Stromversorgung (Abschnitt 6.6), der Wasserversorgung (Abschnitt 6.7), der Ertüchtigung einer Bahnlinie 027000 (Abschnitt 6.8) und der Umleitung der Departementsstraße D60/960 (Abschnitt 6.9).
- Kapitel 7 umfasst die Einschätzungen von ANDRA im Hinblick auf Endlagersicherheit (Abschnitt 7.1) und Umweltauswirkungen (Abschnitt 7.2).
- Kapitel 8 umfasst fachliche Einschätzungen von Dritten. In Abschnitt 8.1 wird die fachliche Einschätzung der Brenk Systemplanung GmbH zu den Themen Endlagersicherheit (Abschnitt 8.1.1) und potenzielle, erhebliche Umweltauswirkungen auf Deutschland (Abschnitt 8.1.2) dargestellt. Weitere fachliche Einschätzungen zur Endlagersicherheit werden in Abschnitt 8.2 (Internationales Peer Review) und Abschnitt 8.3 (Öko-Institut e. V.) zusammengefasst.
- Kapitel 9 umfasst Darstellungen zur Umweltverträglichkeitsprüfung (Abschnitt 9.1) und zu Beteiligungsmöglichkeiten (Abschnitt 9.2).
- Im Kapitel 10 wird ein Ausblick zu möglichen Umweltauswirkungen auf Deutschland gegeben.
- Die Anhänge 0 bis 22 enthalten jeweils eine Kurzzusammenfassung für jede der veröffentlichten Antragsunterlagen. Für die Antragsunterlagen, die im Hinblick auf die Themen „Sicherheit“ und/oder „Umwelt“ als relevant eingestuft wurden, enthalten die entsprechenden Anhänge außerdem eine Zusammenfassung der hinsichtlich dieser beiden Themen wesentlichen Inhalte.

4.2 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses

Durch die Ergebnisse des Vorhabens „Sicherheitstechnische Bewertung der Antragsunterlagen der ANDRA für das französische Endlagerprojekt Cigéo“ (SiGéo) erhalten das BMUV und das BASE frühzeitig eine fachlich fundierte Einschätzung der französischen Antragsunterlagen. Der Fokus liegt dabei auf der fachlichen Einschätzung im Hinblick auf

- die konkrete sicherheitsgerichtete Ausgestaltung des französischen Vorhabens (Endlagersicherheit) sowie
- die potenziellen Umweltauswirkungen auf Deutschland und sich daraus im Rahmen einer grenzüberschreitenden UVP ggf. ergebenden Beteiligungsmöglichkeiten.

Außerdem können die fachlichen Einschätzungen von den angrenzenden Bundesländern als Grundlage für ihre jeweils eigenen Stellungnahmen herangezogen werden.

Des Weiteren ermöglichen insbesondere die im Bericht enthaltene Beschreibung des Cigéo-Gesamtprojekts (siehe Kapitel 6) sowie die im Hinblick auf Endlagersicherheit und Umweltauswirkungen wiedergegebenen Einschätzungen von ANDRA (siehe Kapitel 7) eine verständliche Information der deutschen Öffentlichkeit über das französische Projekt.

4.3 Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Nichtzutreffend.

4.4 Veröffentlichungen des FE-Ergebnisses

Nach Projektabschluss wird der Abschlussbericht vom BASE auf dessen Homepage veröffentlicht und somit allen fachlich interessierten Stellen in der Bundesrepublik Deutschland (und darüber hinaus) zugänglich gemacht.

5 EINORDNUNG DER ANTRAGSUNTERLAGEN

In Abschnitt 5.1 wird beschrieben, wie bei der Klassifikation der Antragsunterlagen hinsichtlich ihrer Relevanz bezüglich der Themen Sicherheit und Umwelt vorgegangen wurde. Die Ergebnisse der Klassifikation werden in Tabelle 1 in Abschnitt 5.2 dargestellt. In Abschnitt 5.3 werden die im Hinblick auf die Themen „Sicherheit“ und „Umwelt“ besonders relevanten Antragsunterlagen aufgeführt.

5.1 Methodik

Im Folgenden wird beschrieben, wie bei der Klassifikation der Antragsunterlagen hinsichtlich ihrer Relevanz bezüglich der Themen Sicherheit und Umwelt vorgegangen wurde.

5.1.1 Endlagersicherheit

Antragsunterlagen wurden als relevant hinsichtlich der Sicherheit klassifiziert, wenn sie Themen behandeln, die die kerntechnische Sicherheit des Endlagers betreffen. In Anlehnung an die Endlagersicherheitsanforderungsverordnung (EndlSiAnfV; [3]) sind dies für die Phase des Endlagerbetriebs (Betriebssicherheit) insbesondere (aber nicht ausschließlich) Angaben zu

- dem **Ablaufplan** von Errichtung, Betrieb und Stilllegung,
- den für die Sicherheit des Endlagers relevanten **Anlagenzuständen**, d. h. Normalbetrieb, anomaler Betrieb, Auslegungsstörfälle und auslegungsüberschreitende Unfälle und Ereignisse,
- gestaffelten **Abwehr- und Schutzmaßnahmen** für die Anlagenzustände, d. h.
 - Maßnahmen, die den bestimmungsgemäßen Betrieb des Endlagers gewährleisten und das Eintreten anderer Anlagenzustände vermeiden,
 - Maßnahmen, die das Eintreten von Störfällen verhindern und das Endlager in den Normalbetrieb zurückführen,
 - Maßnahmen, die den Störfall beherrschen und das Endlager in einen sicheren Anlagenzustand zurückführen, und
 - Maßnahmen, die die Auswirkungen des Ereignisses auf die Umgebung soweit wie möglich begrenzen,
- Maßnahmen zur Gewährleistung der **Rückholbarkeit**,
- Vorkehrungen zur Ermöglichung einer **Bergung**,
- Maßnahmen zur Gewährleistung des erforderlichen **Schutzes des Endlagers** vor Störmaßnahmen und sonstigen Einwirkungen Dritter,
- Maßnahmen zur **Überwachung von Kernmaterial**,
- dem **betrieblichen Strahlenschutz**,
- der Positionierung und technischen Ausführung aller **untertägigen Hohlräume** sowie aller **Tageszugänge**,
- der Spezifikation der Einbauten und Geräte, die der **Handhabung von Endlagergebinden** dienen,
- den sicherheitstechnischen **Anforderungen an die Endlagergebände**,
- Vorgaben für die **Abfallbehandlung**,
- dem **Einlagerungskonzept** (insbesondere Anordnung, Handhabung und Kontrolle der Endlagergebände, aber auch Dokumentation sämtlicher eingelagerter Endlagergebände einschließlich ihrer jeweiligen Beladung und Position im Endlagerbergwerk),
- den **Bedingungen für einen sicheren Betrieb** aller vorgesehenen technischen Komponenten des Endlagers,

- den **Stilllegungsmaßnahmen** einschließlich Verschlussmaßnahmen und
- der kontinuierlichen **Überwachung** des Endlagers und seiner Umgebung durch Monitoring.

Für die Nachbetriebsphase sind insbesondere (aber nicht ausschließlich) Angaben zu

- der Konzentration und dem **sicheren Einschluss** der radioaktiven Abfälle,
- den verschiedenen **Barrieren** inkl. ihrer jeweiligen Sicherheitsfunktionen und ihres Zusammenwirkens,
- der **Integrität und Robustheit der wesentlichen Barrieren** (d. h. Erhalt der relevanten Eigenschaften, Unempfindlichkeit gegenüber inneren und äußeren Einflüssen und Störungen sowie gute Prognostizierbarkeit),
- **erwarteten und abweichenden Entwicklungen**,
- den eingelagerten Abfällen (radiologisches und chemisches **Inventar**),
- den Dosiswerten im Bewertungszeitraum (Auftreten zusätzlicher **Strahlenexpositionen**) und
- dem Ausschluss sich selbst tragender Kettenreaktionen (**Kritikalität**)

von Relevanz.

Im weiteren Verlauf von SiGéo in Citavi genutzte Schlagworte sind **fett** markiert.

5.1.2 Umweltauswirkungen

Antragsunterlagen wurden als relevant hinsichtlich der Umwelt klassifiziert, wenn sie wesentliche Auswirkungen auf die Umwelt beschreiben.

Als Umweltauswirkungen werden unmittelbare und mittelbare Auswirkungen eines Vorhabens auf die Schutzgüter (Menschen, insbesondere die menschliche Gesundheit, Tiere, Pflanzen und die biologische Vielfalt, Fläche, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft, kulturelles Erbe und sonstige Sachgüter sowie die Wechselwirkung zwischen den vorgenannten Schutzgütern) bezeichnet (§ 2 Abs. 2 des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG; [4]) i. V. m. § 2 Abs. 1 UVPG).

Der Vorhabenträger ist verpflichtet, der zuständigen Behörde geeignete Angaben zu den möglichen erheblichen Umweltauswirkungen des Vorhabens zu übermitteln. Dieser Verpflichtung kommt ANDRA insbesondere in der Antragsunterlage (*Pièce*) 6 Band 4 ([5–7]) nach.

Für eine vollumfängliche Bewertung der potenziellen, erheblichen Umweltauswirkungen auf Deutschland soll im weiteren Verlauf von SiGéo (AP 3) analysiert werden, ob es neben den beschriebenen Auswirkungen noch weitere potenzielle Umweltauswirkungen geben könnte. Aus diesem Grund werden auch solche Antragsunterlagen als relevant eingestuft, in denen möglicherweise sicherheitstechnisch relevante Merkmale des Vorhabens (insbesondere übertägige Tätigkeiten und Störfälle) beschrieben werden.

Des Weiteren werden Antragsunterlagen hinsichtlich der Umwelt als relevant eingestuft, wenn sie Angaben zu Beteiligungsmöglichkeiten sowie Stellungnahmen enthalten.

5.2 Klassifikation

In Tabelle 1 werden die französischen Antragsunterlagen in Form eines übersichtlichen Katalogs dargestellt.

In der Spalte „Themenbereich (ANDRA)“ wird der Themenbereich angegeben, den ANDRA der jeweiligen Unterlage zuordnet. In den Spalten „Relevanz“ wird angegeben, ob die jeweilige Unterlage mit Blick auf die Aufgabenstellung hinsichtlich Sicherheit und/oder Umwelt unseres Erachtens relevant ist („Ja“) oder nicht („Nein“). Die Zuweisung von „Ja“ bedeutet allerdings nicht zwangsläufig, dass die gesamte Unterlage hinsichtlich Sicherheit und/oder Umwelt relevant ist. Es ist auch möglich, dass diesbezüglich nur einzelne Kapitel für die spätere Bearbeitung in AP 2 oder 3 relevant sind.

In der Spalte „(Kurz-)Zusammenfassung“ wird auf den jeweiligen Anhang des vorliegenden Abschlussberichts verwiesen.

Tabelle 1: Übersicht der französischen Antragsunterlagen

Lfd. Nr.	Teil/ Band/ Kapitel	Titel (original) <i>Titel (übersetzt)</i>	Schlagworte	Themenbereich (ANDRA)	Relevanz		(Kurz-) Zusammenfassung	Referenz
					Sicherheit (AP 2)	Umwelt (AP 3)		
0	-	Présentation non-technique <i>Allgemeinverständliche Zusammenfassung</i>	Allgemeinverständliche Zusammenfassung; Öffentlichkeitsbeteiligung	Allgemeine Präsentation	Nein	Nein	Anhang 0	[8]
1	-	Identification de l'exploitant <i>Identifizierung des Betreibers</i>	Betreiber	Allgemeine Präsentation	Nein	Nein	Anhang 1	[9]
2	-	Nature de l'installation <i>Art der Anlage</i>	Anlagenbeschreibung	Allgemeine Präsentation	Ja	Ja	Anhang 2	[10]
3	-	Carte au 1/25 000 ^e de localisation de l'installation <i>Karte des Standorts der Anlage im Maßstab 1:25 000</i>	Kartendarstellung; Standortbeschreibung	Allgemeine Präsentation	Nein	Nein	Anhang 3	[11]
4	-	Plans de situation au 1/10 000 ^e indiquant le périmètre proposé <i>Lagepläne mit Angabe des vorgeschlagenen Anlagenausmaßes im Maßstab 1:10 000</i>	Kartendarstellung; Standortbeschreibung	Allgemeine Präsentation	Nein	Nein	Anhang 4	[12]
5	-	Plans détaillés de l'installation au 1/2 500 ^e	Kartendarstellung	Allgemeine Präsentation	Nein	Nein	Anhang 5	[13]

Lfd. Nr.	Teil/ Band/ Kapitel	Titel (original) <i>Titel (übersetzt)</i>	Schlagworte	Themenbereich (ANDRA)	Relevanz		(Kurz-) Zusammenfassung	Referenz
					Sicherheit (AP 2)	Umwelt (AP 3)		
		<i>Detailpläne der Anlage im Maßstab 1:2.500</i>						
6	-	Étude d'impact du projet global Cigéo <i>Umweltverträglichkeitsstudie des Cigéo-Gesamtprojekts</i>	-	Umwelt	-	-	-	-
6	-	Sommaire général de la pièce <i>Allgemeine Inhaltsangabe</i>	Umweltverträglichkeitsstudie (UVS)	Umwelt	Nein	Nein	Anhang 6a	[14]
6	Band 1	Introduction et contexte réglementaire <i>Einführung und regulatorischer Rahmen</i>	UVS	Umwelt	Nein	Ja	Anhang 6b	[15]
6	Band 2	Justification et description du projet global Cigéo <i>Begründung und Beschreibung des Cigéo-Gesamtprojekts</i>	UVS	Umwelt	Nein	Ja	Anhang 6c	[16]

Lfd. Nr.	Teil/ Band/ Kapitel	Titel (original) <i>Titel (übersetzt)</i>	Schlagworte	Themenbereich (ANDRA)	Relevanz		(Kurz-) Zusammenfassung	Referenz
					Sicherheit (AP 2)	Umwelt (AP 3)		
6	Band 3 Kapitel 1 - 5	État actuel de l'environnement et facteurs susceptibles d'être affectés par le projet	UVS; Ausgangszustand der Umwelt	Umwelt	Nein	Nein	Anhang 6d	[17]
	Kapitel 6 - 8	<i>Ausgangszustand der Umwelt und Schutzgüter, die durch das Projekt beeinflusst werden könnten</i>						[18]
	Kapitel 9 - 17							[19]
	Anlagen							[20]
6	Band 4 Kapitel 1 - 5	Evaluation des incidences et mesures d'évitement, de réduction et de compensation de ces incidences	UVS; Umweltauswirkungen; Vermeidungsmaßnahmen; Verminderungsmaßnahmen; Ausgleichsmaßnahmen	Umwelt	Nein	Ja	Anhang 6e	[5]
	Kapitel 6 - 8	<i>Bewertung der Auswirkungen sowie Vermeidungs-, Verminderungs- und Ausgleichsmaßnahmen</i>						[6]
	Kapitel 9 - 22							[7]
	Anlagen							[21]
6	Band 5	Évaluation des incidences sur les sites Natura 2000 <i>Verträglichkeitsprüfung für Natura 2000-Gebiete</i>	UVS; Natura 2000-Standorte, Umweltauswirkungen	Umwelt	Nein	Ja	Anhang 6f	[22]
6	Band 6	Incidences sur la santé humaine <i>Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit</i>	UVS; Umweltauswirkungen	Umwelt	Ja	Ja	Anhang 6g	[23]

Lfd. Nr.	Teil/ Band/ Kapitel	Titel (original) <i>Titel (übersetzt)</i>	Schlagworte	Themenbereich (ANDRA)	Relevanz		(Kurz-) Zusammenfassung	Referenz
					Sicherheit (AP 2)	Umwelt (AP 3)		
6	Band 7	Méthodes de réalisation <i>Methoden der Durchführung</i>	UVS, Methodik	Umwelt	Nein	Ja	Anhang 6h	[24]
6bis	-	Résumé non technique <i>Allgemeinverständliche Zusammenfassung</i>	Allgemeinverständliche Zusammenfassung, UVS	Umwelt	Nein	Ja	Anhang 6i	[25]
7	-	Version préliminaire du rapport de sûreté <i>Vorläufiger Sicherheitsbericht</i>	-	Sicherheit	-	-	-	-
7	Teil I	Contexte, périmètres, démarche et référentiels <i>Kontext, Umfang, Vorgehen und Bezugsrahmen</i>	-	Sicherheit	-	-	-	-
7	Band 1	Le contexte, le périmètre et la structure de la version préliminaire du rapport de sûreté <i>Kontext, Umfang und Struktur des vorläufigen Sicherheitsberichts</i>	Gesetzlicher Rahmen; Historie; radioaktive Abfälle; Vorläufiger Sicherheitsbericht	Sicherheit	Nein	Nein	Anhang 7a	[26]
7	Band 2	La démarche de sûreté et les référentiels associés	Vorläufiger Sicherheitsbericht	Sicherheit	Ja	Ja	Anhang 7b	[27]

Lfd. Nr.	Teil/ Band/ Kapitel	Titel (original) <i>Titel (übersetzt)</i>	Schlagworte	Themenbereich (ANDRA)	Relevanz		(Kurz-) Zusammenfassung	Referenz
					Sicherheit (AP 2)	Umwelt (AP 3)		
		<i>Der Sicherheitsansatz und die dazugehörigen Bezugssysteme</i>						
7	Teil II	Description de l'INB, de son environnement et de son fonctionnement et évolution du système de stockage après fermeture <i>Beschreibung der kern-technischen Anlage, ihrer Umgebung und ihrer Funktionsweise sowie Entwicklung des Endlagersystems nach der Stilllegung</i>	-	Sicherheit	-	-	-	-
7	Band 3	Colis de déchets <i>Die Abfallgebinde</i>	radioaktive Abfälle; Vorläufiger Sicherheitsbericht	Sicherheit	Ja	Nein	Anhang 7c	[28]
7	Band 4	Le site d'implantation de l'INB et son environnement <i>Der Standort der kern-technischen Anlage und seine Umgebung</i>	Vorläufiger Sicherheitsbericht; Standortbeschreibung	Sicherheit	Ja	Ja	Anhang 7d	[29]

Lfd. Nr.	Teil/ Band/ Kapitel	Titel (original) <i>Titel (übersetzt)</i>	Schlagworte	Themenbereich (ANDRA)	Relevanz		(Kurz-) Zusammenfassung	Referenz
					Sicherheit (AP 2)	Umwelt (AP 3)		
7	Band 5	Les installations, ouvrages et équipements <i>Anlagen, Bauwerke und technische Ausstattung</i>	Vorläufiger Sicherheitsbericht, Abwässer, Anlagen, Systeme und Komponenten (ASK), Gasfreisetzung, radioaktive Abfälle	Sicherheit	Ja	Ja	Anhang 7e	[30]
7	Band 6	L'organisation de l'Andra en tant qu'exploitant de l'INB Cigéo <i>Die Organisation von ANDRA als Betreiber der kerntechnischen Anlage Cigéo</i>	Vorläufiger Sicherheitsbericht	Sicherheit	Ja	Nein	Anhang 7f	[31]
7	Band 7	L'évolution phénoménologique du système de stockage après sa fermeture <i>Die phänomenologische Entwicklung des Endlagersystems nach seiner Stilllegung</i>	Vorläufiger Sicherheitsbericht; Freisetzung und Transport von Radionukliden	Sicherheit	Ja	Ja	Anhang 7g	[32]

Lfd. Nr.	Teil/ Band/ Kapitel	Titel (original) <i>Titel (übersetzt)</i>	Schlagworte	Themenbereich (ANDRA)	Relevanz		(Kurz-) Zusammenfassung	Referenz
					Sicherheit (AP 2)	Umwelt (AP 3)		
7	Teil III	Démonstration de sûreté <i>Sicherheitsnachweis</i>	-	Sicherheit	-	-	-	-
7	Band 8	La démonstration de sûreté après fermeture <i>Der Sicherheitsnachweis für die Nachbetriebsphase</i>	Vorläufiger Sicherheitsbericht; Sicherheitsnachweis; Nachbetriebsphase; normale Entwicklung; abweichende Entwicklung	Sicherheit	Ja	Ja	Anhang 7h	[33]
7	Band 9	La démonstration de sûreté en exploitation <i>Der Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase</i>	Vorläufiger Sicherheitsbericht; Sicherheitsnachweis; Betriebsphase	Sicherheit	Ja	Ja	Anhang 7i	[34]
7	Teil IV	Volumes complémentaires répondant au III de l'article R.593-16 du code de l'environnement <i>Zusätzliche Bände gemäß Artikel R.593-16 III des Umweltgesetzes</i>	-	Sicherheit	-	-	-	-
7	Band 10	La progressivité de la construction	Vorläufiger Sicherheitsbericht; Betriebsphase	Sicherheit	Ja	Nein	Anhang 7j	[35]

Lfd. Nr.	Teil/ Band/ Kapitel	Titel (original) <i>Titel (übersetzt)</i>	Schlagworte	Themenbereich (ANDRA)	Relevanz		(Kurz-) Zusammenfassung	Referenz
					Sicherheit (AP 2)	Umwelt (AP 3)		
		<i>Die schrittweise Errichtung der Anlage</i>						
7	Band 11	La flexibilité de l'exploitation de l'INB <i>Die Flexibilität des Betriebs der kerntechnischen Anlage</i>	Vorläufiger Sicherheitsbericht; Betriebsphase	Sicherheit	Ja	Nein	Anhang 7k	[36]
7	Band 12	L'adaptabilité de l'INB à l'inventaire de réserve <i>Die Anpassungsfähigkeit der kerntechnischen Anlage an das Reserveinventar</i>	Vorläufiger Sicherheitsbericht; Betriebsphase; radioaktive Abfälle	Sicherheit	Ja	Nein	Anhang 7l	[37]
7	Band 13	La récupérabilité des colis de déchets stockés <i>Die Rückholbarkeit von eingelagerten Abfallgebinden</i>	Vorläufiger Sicherheitsbericht; Rückholbarkeit	Sicherheit	Ja	Ja	Anhang 7m	[38]
8	-	Etude de maîtrise de risques <i>Risikomanagementstudie</i>	Allgemeinverständliche Zusammenfassung; Betriebsphase; Nachbetriebsphase; Öffentlichkeitsbeteiligung	Sicherheit	Ja	Ja	Anhang 8	[39]

Lfd. Nr.	Teil/ Band/ Kapitel	Titel (original) <i>Titel (übersetzt)</i>	Schlagworte	Themenbereich (ANDRA)	Relevanz		(Kurz-) Zusammenfassung	Referenz
					Sicherheit (AP 2)	Umwelt (AP 3)		
9	-	Capacités techniques de l'exploitant <i>Technische Kapazitäten des Betreibers</i>	Betreiber	Allgemeine Präsentation	Nein	Nein	Anhang 9	[40]
10	-	Capacités financières de l'exploitant <i>Finanzielle Ausstattung des Betreibers</i>	Betreiber	Allgemeine Präsentation	Nein	Nein	Anhang 10	[41]
11	-	Justification de la maîtrise foncière des terrains <i>Zustimmungserklärung für die Nutzung der Grundstücke</i>		Rechtliches	Nein	Nein	Anhang 11	[42]
12	-	Servitudes et demande de périmètres de protection et de droit exclusif <i>Dienstbarkeiten und Antrag von Schutzzonen und Exklusivrechten</i>		Umwelt	Nein	Nein	Anhang 12	[43]
13	-	Plan de démantèlement, de fermeture et de surveillance <i>Rückbau-, Stilllegungs- und Überwachungsplan</i>	Stilllegung, Rückbau, Überwachung	Allgemeine Präsentation	Ja	Ja	Anhang 13	[44]

Lfd. Nr.	Teil/ Band/ Kapitel	Titel (original) <i>Titel (übersetzt)</i>	Schlagworte	Themenbereich (ANDRA)	Relevanz		(Kurz-) Zusammenfassung	Referenz
					Sicherheit (AP 2)	Umwelt (AP 3)		
14	-	Bilan de la participation du public à l'élaboration du projet de centre de stockage Cigéo <i>Bilanz der Öffentlichkeitsbeteiligung an der Projektentwicklung vom Endlager Cigéo</i>	Öffentlichkeitsbeteiligung	Debatte	Ja	Ja	Anhang 14	[45]
14	-	Bilan de la participation du public à l'élaboration du projet de centre de stockage Cigéo - Annexes <i>Bilanz der Öffentlichkeitsbeteiligung an der Projektentwicklung vom Endlager Cigéo - Anlagen</i>						[46]
15	-	Émission de gaz à effet de serre <i>Emission von Treibhausgasen</i>	Allgemeinverständliche Zusammenfassung; Umweltauswirkungen	Umwelt	Nein	Ja	Anhang 15	[47]
16	-	Plan directeur de l'exploitation <i>Betriebsplan</i>		Allgemeine Präsentation	Nein	Ja	Anhang 16	[48]
17	-	Informations juridiques et administratives	Öffentlichkeitsbeteiligung	Rechtliches	Nein	Ja	Anhang 17	[49]

Lfd. Nr.	Teil/ Band/ Kapitel	Titel (original) <i>Titel (übersetzt)</i>	Schlagworte	Themenbereich (ANDRA)	Relevanz		(Kurz-) Zusammenfassung	Referenz
					Sicherheit (AP 2)	Umwelt (AP 3)		
		<i>Rechtliche und administrative Informationen</i>						
18	-	Avis émis sur le projet <i>Stellungnahmen zum Vorhaben</i>	Öffentlichkeitsbeteiligung	Rechtliches	Nein	Ja	Anhang 18	[50]
19	-	Version préliminaire des spécifications d'acceptation des colis <i>Vorläufige Fassung der Gebinde-Annahmekriterien</i>	Radioaktive Abfälle	Sicherheit	Ja	Nein	Anhang 19	[51]
20	-	Plan de développement de l'installation de stockage Cigéo <i>Entwicklungsplan des Endlagers Cigéo</i>		Sicherheit	Ja	Nein	Anhang 20	[52]
21	-	Guide de lecture du dossier <i>Leitfaden für die Lektüre des Dossiers</i>	Allgemeinverständliche Zusammenfassung	Unterstützende Unterlagen	Nein	Nein	Anhang 21	[53]
22	-	Glossaire et acronymes <i>Glossar und Akronyme</i>		Unterstützende Unterlagen	Nein	Nein	Anhang 22	[54]

5.3 Wesentliche Antragsunterlagen

Aspekte, die sich den übergeordneten Themen „Sicherheit“ und „Umwelt“ zuordnen lassen, sind in vielen der Antragsunterlagen enthalten (siehe auch Tabelle 1). Im Ergebnis der Analyse der Antragsunterlagen haben sich im Hinblick auf diese beiden Themen folgende Unterlagen als besonders relevant herausgestellt:

Betriebssicherheit:

- Antragsunterlage 7 Teil III Band 9 - *La démonstration de sûreté en exploitation* (Der Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase, [34])

Nachbetriebssicherheit:

- Antragsunterlage 7 Teil III Band 8 - *La démonstration de sûreté après fermeture* (Der Sicherheitsnachweis für die Nachbetriebsphase, [33])
- Antragsunterlage 7 Teil II Band 7 - *L'évolution phénoménologique du système de stockage après sa fermeture* (Die phänomenologische Entwicklung des Endlagersystems nach seiner Stilllegung, [32])

Potenzielle, erhebliche Umweltauswirkungen

- Antragsunterlage 6 Band 4 - *Evaluation des incidences et mesures d'évitement, de réduction et de compensation de ces incidences* (Bewertung der Auswirkungen sowie Vermeidungs-, Verminderungs- und Ausgleichsmaßnahmen, [5–7])
- Antragsunterlage 6 Band 6 - *Incidences sur la santé humaine* (Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, [23])

Die im Hinblick auf die Themen „Sicherheit“ und „Umwelt“ relevanten Aspekte werden in den entsprechenden Zusammenfassungen dieser Antragsunterlagen (siehe Anhang 6e, Anhang 7g, Anhang 7h, Anhang 7i und Anhang 6g) wiedergegeben.

6 BESCHREIBUNG DES CIGÉO-GESAMTPROJEKTS

Neben dem Endlager Cigéo selbst (siehe Abschnitt 6.1) umfasst das Cigéo-Gesamtprojekt weitere Maßnahmen, die teilweise von ANDRA (siehe Abschnitt 6.2 bis Abschnitt 6.4) und teilweise von anderen Bauherren (siehe Abschnitt 6.5 bis Abschnitt 6.9) umgesetzt werden.

Das Cigéo-Gesamtprojekt umfasst mehrere aufeinanderfolgende Phasen ([10], Kap. 5):

- die **Bauvorbereitungsphase**, die mit der Ausstellung des Dekrets über die Gemeinnützigkeitserklärung (*déclaration d'utilité publique*, DUP) der kerntechnischen Anlage Cigéo [55] begann und nach Erhalt der anderen Genehmigungen, die für die Durchführung der betreffenden Arbeiten erforderlich sind, mit Ausstellung des Dekrets zur Baugenehmigung (*demande d'autorisation de création*, DAC) des Cigéo endet
- die **erste Bauphase** mit Errichtung
 - der übertägigen Gebäude und Bauwerke, die mit dem Betrieb des kerntechnischen Betriebsgebäude Phase 1 (*bâtiment nucléaire d'exploitation Phase 1*, EP1) verbunden sind,
 - der Tageszugänge (*liaisons surface-fond*, LSF) sowie
 - der untertägigen Bauwerke, die die Aufnahme der ersten Endlagergebäude ermöglichen
- die **Betriebsphase**, die sich über einen Zeitraum von etwa 100 Jahren erstreckt und in der gleichzeitig die Annahme und Einlagerung von Abfallgebänden erfolgt und die untertägige Anlage in aufeinanderfolgenden Abschnitten erweitert wird, um die Annahme von Abfallgebänden fortzusetzen. Der kerntechnische Betrieb beginnt nach der Genehmigung der Inbetriebnahme durch die ASN.
- die **Rückbau- und Stilllegungsphase** (vorbehaltlich der Genehmigung), wobei die endgültige Stilllegung bis zum Jahr 2150 vorgesehen [48] ist
- die **Überwachungsphase**
- die **Nachüberwachungsphase**

Das französische Umweltgesetz (*code de l'environnement*, Artikel L. 542-10-1) sieht außerdem eine industrielle Pilotphase (*phase industrielle pilote*, PhiPil) vor. Diese besondere Phase umfasst die erste Bauphase und die ersten Jahre der Betriebsphase des Cigéo.

Die wichtigsten Arbeiten, die in der Bauvorbereitungsphase, der ersten Bauphase und in der Betriebsphase durchgeführt werden, werden in [16] bzw. Anhang 6c beschrieben. Dort finden sich außerdem Angaben zur Standortauswahl der über- und untertägigen Anlagen des Cigéos sowie der anderen Maßnahmen.

6.1 Endlager Cigéo

In diesem Abschnitt werden die wesentlichen Merkmale des Endlagers Cigéo vorgestellt. Dazu gehören das Inventar der HA-Abfälle und der langlebigen mittellanglebigen (*long-lived intermediate-level*, LL-IL) Abfälle (Abschnitt 6.1.1), die wesentlichen Barrieren und sicherheitsrelevanten Auslegungsbestimmungen (Abschnitt 6.1.2), die über- und untertägige Anlage (Abschnitt 6.1.3), der Anlagenbetrieb (Abschnitt 6.1.4) sowie die geologische Standortbeschreibung (Abschnitt 6.1.5).

Weitere Angaben zum Endlager Cigéo sind in [10] bzw. Anhang 2 enthalten.

6.1.1 Inventar

Das Dekret Nr. 2017-231 vom 23. Februar 2017 [56] zur Umsetzung von Artikel L. 542-1-2 des französischen Umweltgesetzes und zur Festlegung der Vorschriften des Nationalen Plans für die Entsorgung radioaktiver Stoffe und Abfälle (*Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs*, PNGMDR) sieht in Artikel D. 542-90 vor, dass ANDRA bei Forschung und Planung bzgl. des geologischen Endlagers ein Referenz- und ein Reserveinventar berücksichtigt ([39], Kap. 1.3.2).

6.1.1.1 Referenzinventar

Das Referenzinventar bildet die Grundlage für die Auslegungs- und Sicherheitsstudien. Es umfasst die bereits erzeugten HA- und LL-IL-Abfälle (etwa 40 % der einzulagernden HA-Abfälle und 60 % der LL-IL-Abfälle) sowie die Abfälle, die in Zukunft von den bestehenden kerntechnischen Anlagen und den Ende 2016 genehmigten Anlagen (Europäischer Druckwasserreaktor *Flamanville*, Internationaler thermonuklearer Versuchsreaktor, Jules Horowitz Experimental Reaktor) bis zum absehbaren Ende ihres Betriebs und ihrer anschließenden Stilllegung erzeugt werden. ([39], Kap. 1.3.2.1)

Das Volumen der radioaktiven Abfallgebinde im Referenzinventar beträgt etwa 83 000 m³. Dies entspricht etwa 225 000 Abfallgebinden aus den Abfallkonditionierungsanlagen der Erzeuger (sogenannte „Primärgebinde“, PG). ([39], Kap. 1.3.2.1)

Das Referenzinventar wird in [28] bzw. Anhang 7c detailliert beschrieben.

Sonderfall: Bituminierte Abfälle

Aufgrund ihrer chemischen Reaktivität, insbesondere in Bezug auf Temperaturerhöhung und der damit verbundenen Konsequenzen, bildet die Endlagerung bituminiertes Abfälle einen Sonderfall. Auf Grundlage der verschiedenen Stellungnahmen und Empfehlungen, die seit der Prüfung des 2016 bei der ASN eingereichten Dossiers zu den Sicherheitsoptionen ([1, 2]) der kerntechnischen Anlage Cigéo erschienen sind, erwägt ANDRA zwei Pfade für die Endlagerung von bituminierten Abfällen, ohne dabei einen Pfad zu bevorzugen:

- Einschluss von bituminierten Abfallgebinden in feuerfesten Betonbehältern (ohne Vorbehandlung) und Endlagerung in feuerfesten Einlagerungsstrecken (*alvéole*)
- Endlagerung von behandelten bituminierten Abfallgebinden

Um flexibel zu sein und die Abfallgebinde unabhängig vom gewählten Pfad aufnehmen zu können, berücksichtigt ANDRA in ihren Design- und Sicherheitsstudien beide Pfade. In einem konservativen Ansatz hat ANDRA bei der Auslegung der kerntechnischen Anlage hinsichtlich des Brandrisikos insbesondere für die Oberflächenanlage und die LL-IL-Einlagerungsstrecken den Pfad mit den potenziell größten Auswirkungen berücksichtigt, d. h. die Endlagerung von bituminierten Abfallgebinden in feuerfesten Betonbehältern. ([39], Kap. 6.3.3)

6.1.1.1.1 Primärgebinde

Um in der kerntechnischen Anlage angenommen zu werden, muss jedes PG die allgemeinen Gebinde-Annahmekriterien, die für alle PG gelten, sowie je nach bestimmungsgemäßem Einlagerungsbereich die entsprechenden spezifischen Gebinde-Annahmekriterien erfüllen. Dabei müssen die zugehörigen Grenzwerte einschließlich aller Ungewissheiten eingehalten werden (siehe Anhang 19).

LL-IL-Primärgebinde

Bei den LL-IL-Abfällen handelt es sich hauptsächlich um Strukturteile aus der Wiederaufbereitung abgebrannter Brennelemente (37 %), Abfälle aus der Wiederaufbereitung flüssiger Abfälle aus kerntechnischen Anlagen (38 %) und aktivierte (3 %) oder kontaminierte (19 %) Technologieabfälle aus dem Betrieb oder der Stilllegung kerntechnischer Anlagen ([28], Kap. 1.3).

Um die LL-IL-Abfälle handhaben, lagern, transportieren und aufbewahren zu können, werden sie in Behälter unterschiedlicher Größe und Eigenschaften verpackt und ggf. behandelt. Dabei werden drei Konditionierungsmethoden verwendet:

- Bestimmte Abfälle werden direkt in einen Behälter gegeben und durch ein hydraulisches Bindemittel immobilisiert. Dieses Verfahren, das als Einkapselung bezeichnet wird, wird sehr häufig für feste Abfälle verwendet, insbesondere für Metallabfälle aus dem Betrieb oder dem Rückbau von kerntechnischen Anlagen.
- Andere Abfälle (z. B. Brennelementhülsen) weisen eine solche Geometrie auf, dass ihr Volumen durch Verdichtung mit einer Presse deutlich reduziert werden kann. Die so erhaltenen Blöcke werden dann direkt in einen Behälter gelegt.
- Flüssige Abfälle müssen behandelt und dann mit einem Bindemittel (Bitumen, Zement oder Glas) verfestigt werden, bevor sie in einen Behälter gefüllt werden.

([34], Kap. 1.3.1.2)

HA-Primärgebinde

Bei den HA-Abfällen handelt es sich hauptsächlich (99,4 %) um verglaste Abfälle (hauptsächlich Spaltproduktlösungen) aus der Aufbereitung bestrahlter Brennelemente. Die verglasten Abfälle werden in einen Edelstahlbehälter gegossen. ([28], Kap. 1.2 & [34] Kap. 1.3.1.2)

6.1.1.1.2 Endlagergebinde

LL-IL-Endlagergebinde

Für die LL-IL-Primärgebinde sind zwei Endlagerungsmöglichkeiten vorgesehen:

- direkte Endlagerung von LL-IL-Primärgebinden in Einlagerungsstrecken
 - direkte Endlagerung eines PG
 - Endlagerung von mehreren PG in einem Lagerkorb (*panier de stockage*, zur Optimierung von Transportprozessen)
- Endlagerung von LL-IL-Primärgebinden in LL-IL-Endlagerbehältern (*conteneur de stockage*, siehe Abbildung 1)
 - Endlagerung in LL-IL-Standardendlagerbehältern mit Schraubdeckeln
 - Endlagerung in verstärkten LL-IL-Endlagerbehältern mit verschraubten und verkeiltem Deckel

([28], Kap. 2.2)

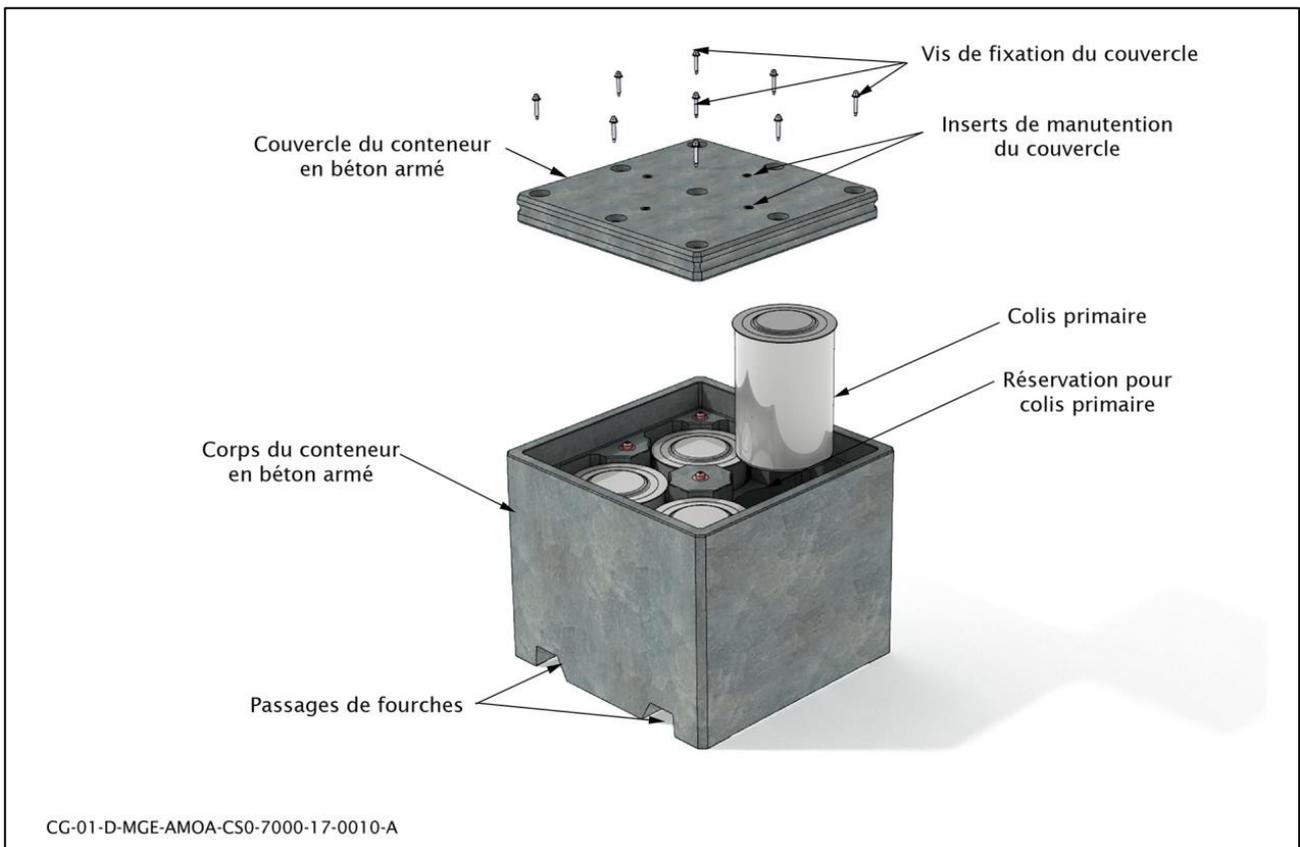


Abbildung 1: Einlagerung von LL-IL-Primärgebinden in einen Endlagerbehälter ([28], Figure 2-7)

HA-Endlagergebinde

Um zu verhindern, dass die radioaktiven Abfälle während der thermischen Phase¹ mit Wasser in Kontakt kommen, wird jedes HA-Primärgebinde in einen dichten Behälter aus unlegiertem Stahl (siehe Abbildung 2) gestellt, dessen Dicke für die verschiedenen Korrosionsprozesse, denen er ausgesetzt ist, ausgelegt ist ([32], Kap. 1.4.4.5).

¹ Bei der thermischen Phase handelt es sich um den Zeitraum nach der Einlagerung der radioaktiven Abfälle, in dem die Kerntemperatur des Glases über 50 °C (HA0) bzw. 70 °C (HA1/HA2) liegt.

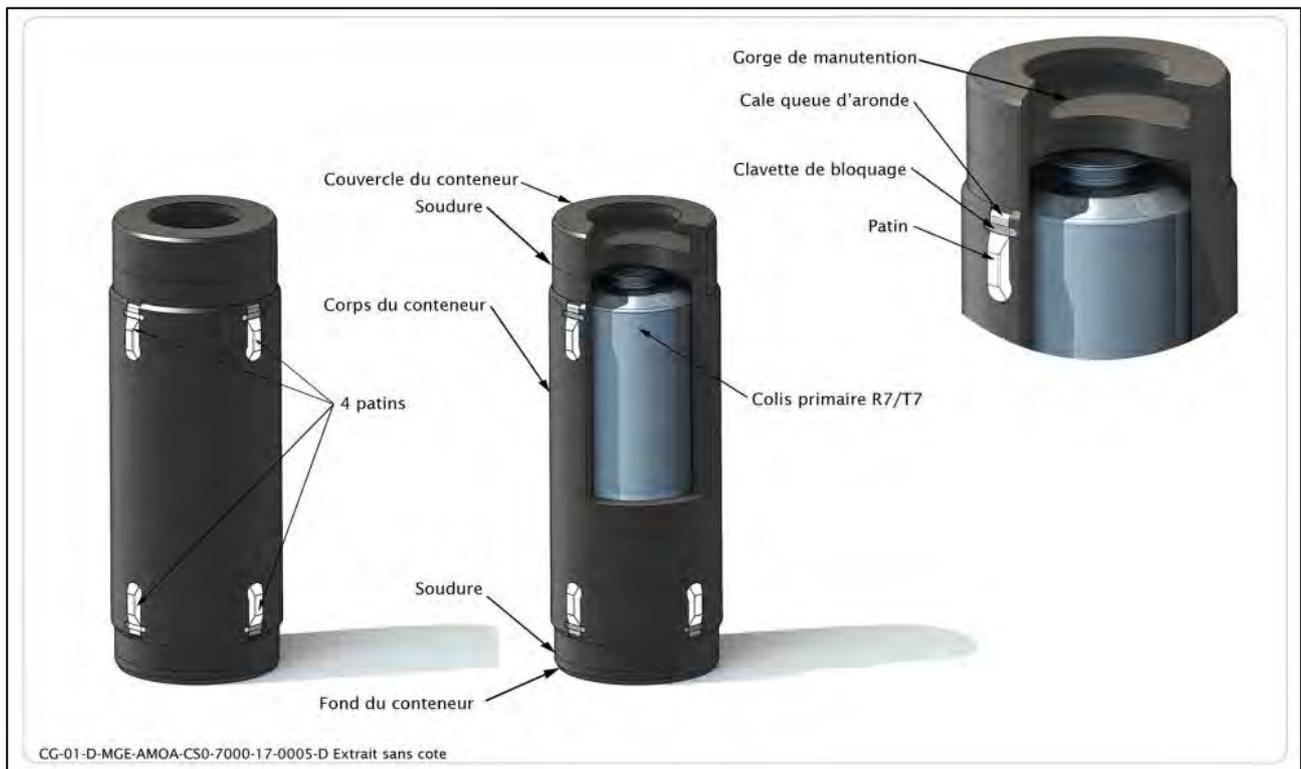


Abbildung 2: HA-Endlagerbehälter für ein PG mit verglasten Abfällen des Typs R7/T7 (CSD-V) ([8], Kap. 1.3.1.3)

6.1.1.1.3 Radiologisches Inventar

Bis etwa 40 Jahre nach der Stilllegung wird das HA-Radionuklidinventar von Cs-137 und in geringerem Maße von Sr-90 dominiert. Für den Zeitraum zwischen 40 Jahren und 2000 Jahren ist dann Am-241 das vorherrschende Radionuklid. Nach 3000 Jahren wird das HA-Radionuklidinventar von Am-143 und schließlich von Tc-99 dominiert. ([28], Kap. 3.1.4.1)

Das LL-IL-Radionuklidinventar wird bis etwa 600 Jahre nach der Stilllegung von Ni-63 dominiert. Bis etwa 900 000 Jahre nach der Stilllegung ist dann Ni-59 das vorherrschende Radionuklid. Danach wird das LL-IL-Radionuklidinventar von Pu-240 dominiert. ([28], Kap. 3.1.4.2)

6.1.1.1.4 Chemo-toxisches Inventar

Bei der quantitativen Bewertung des chemo-toxischen Inventars konzentriert sich ANDRA auf einige Elemente und Verbindungen (Arsen, Bor, Beryllium, Cadmium, Chrom, CN-Radikale, Quecksilber, Nickel, Blei, Antimon, Selen, Uran und Asbest), die stellvertretend für die potenziell schädlichsten ausgewählt wurden ([28], Kap. 3.2).

6.1.1.2 Das Reserveinventar

Das Reserveinventar besteht aus Abfällen, deren Endlagerung im Cigéo nicht die Referenzentsorgungslösung darstellt, bei denen aber durch Anpassungsfähigkeitsstudien sichergestellt werden muss, dass die ursprüngliche Auslegung des Cigéo deren Endlagerung nicht entgegensteht. Dabei besteht die Anpassungsfähigkeit darin, die Ungewissheiten hinsichtlich Anzahl und Art der Gebinde, die „insbesondere mit der Entstehung neuer Entsorgungswege für Abfälle oder mit Entwicklungen in der Energiepolitik zusammenhängen“, durch die Überprüfung der Durchführbarkeit der Endlagerung von Gebinden aus dem Reserveinventar und die Ermittlung von Änderungen in der Auslegung

und/oder von Sicherheitsvorkehrungen, die bereits in der anfänglichen Bauphase zu treffen sind, abzudecken. ([37], Kap. 1.1 & 1.3)

Das Reserveinventar wird in [37] bzw. Anhang 7I detailliert beschrieben.

6.1.1.2.1 Primärgebinde

Das im Rahmen dieser Studien betrachtete Reserveinventar umfasst

- verglaste HA-Abfälle und LL-IL-Abfälle (kompaktierte Strukturabfälle und Technologieabfälle), die der Verlängerung der Betriebsdauer der Kernkraftwerke (KKW) um etwa 10 Jahre entsprechen (dies entspricht einer Zunahme der Gebinde um 17 % bzw. 0,1 %),
- nicht wiederaufbereitete bestrahlte sowie unbestrahlte Brennelemente ohne weiteren Einsatz (die im weiteren Verlauf verkürzt als „nicht wiederaufbereitete Brennelemente“ bezeichnet werden) aus Kernreaktoren, Forschung und Schiffsantrieben und
- bestimmte LL-LL-Abfälle aufgrund der Ungewissheiten, die insbesondere mit der Einrichtung von Entsorgungswegen für diese Abfälle verbunden sind. ([37], Kap. 1.2, 2.1.2 & 2.1.3)

HA- und LL-IL-Gebinde, die durch eine verlängerte Betriebsdauer der KKW entstehen

Die längere Betriebsdauer des Kraftwerksparks führt dazu, dass etwas weniger als 10 000 zusätzliche Gebinde mit verglasten Abfällen (*colis standard de déchets vitrifiés*, CSD-V) und etwa 100 zusätzliche C1PG^{SP}-Gebinde produziert werden. Es werden weder zusätzliche Gebinde mit kompaktierten Abfällen (*colis standard de déchets compactés*, CSD-C) noch zusätzliche CBF-C'2-Gebinde entstehen. ([37] Kap. 2.2.1.1)

Gebinde mit nicht wiederaufbereiteten Brennelementen

Das abdeckende Szenario der Nichterneuerung (*scenario de non-renouvellement*; SNR) führt zu einer Endlagerung von etwas mehr als 60 000 UNE²-, URE³-, MOX⁴ und RNR⁵-Brennelementen aus den Reaktoren der *Électricité de France* (EDF: DWR, RNR und EL4) sowie UOX⁶-, MOX-, RNR- und Metallbrennelementen des Kommissariats für Atomenergie und alternative Energien (*Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives*, CEA), die sich nach Art ihrer Verwendung in Versuchsreaktoren oder nuklearen Schiffsantrieben unterscheiden ([37] Kap. 2.2.1.2).

Gebinde mit LL-LL-Abfällen

Die folgenden LL-LL-Abfälle werden im Reserveinventar berücksichtigt:

- Fast 13 000 Gebinde mit Graphithülsen und -bündeln aus dem Betrieb und der Stilllegung von Natururan-Graphit-Gas-Reaktoren (*réacteurs à l'uranium naturel-graphite-gaz*, UNGG).
- Etwas mehr als 3 000 Gebinde mit sogenannten „UNGG-Abfällen aus *La Hague*“.
- Etwas mehr als 32 900 Gebinde mit bituminierten LL-LL-Abfällen.
- 42 Gebinde mit Abfällen von Kleinerzeugern und diffusen radioaktiven Abfälle, die von ANDRA gesammelt werden.

([37] Kap. 2.2.1.3)

² mit U-235 angereichertes natürliches Uran (*uranium naturel enrichi*, UNE)

³ mit U-235 angereichertes wiederaufbereitetes Uran (*uranium de retraitement ré-enrichi*, URE)

⁴ Uran-Plutonium-Mischoxid (MOX)

⁵ schnelle Neutronenreaktoren (*réacteurs à neutrons rapides*, RNR)

⁶ Uranoxid (UOX)

6.1.1.2.2 Endlagergebinde

Da die im Reserveinventar enthaltenen HA- und LL-IL-Abfallgebinde mit denen des Referenzinventars identisch sind, sind auch die entsprechenden Endlagerbehälter und die Art der Endlagerung (Endlagerung in Endlagerbehältern) identisch ([37] Kap. 2.2.2).

Für LL-LL-Abfallgebinde, deren Typologien denen der LL-LL-Abfallgebinde ähneln (bituminierte Abfallgebinde in EIP-Fässern, ECE-Fässern oder von ANDRA gesammelte Abfälle, die in 870-Liter-Behältern verpackt sind), wird wie bei den LL-IL-Abfallgebänden die Endlagerung in Endlagerbehältern gewählt. Für die anderen LL-LL-Abfallgebinde wird die direkte Endlagerung in Betracht gezogen. ([37] Kap. 2.2.2)

6.1.1.2.3 Radiologisches Inventar

Im Rahmen der Sicherheitsbewertung für die Nachbetriebsphase werden in Bezug auf das Reserveinventar zwei Fälle betrachtet:

- Fall 1: Endlagerung der HA- und LL-IL-Abfallgebinde, die durch die Verlängerung der Betriebsdauer des Kraftwerksparks verursacht werden, in Verbindung mit der Endlagerung von LL-LL-Abfallgebänden (SR1 + LL-LL)
- Fall 2: Endlagerung nicht wiederaufbereiteter Brennelemente in Verbindung mit der Endlagerung von LL-LL-Abfallgebänden (abdeckendes SNR + LL-LL)

([37] Kap. 2.2.3.1.1)

Tabelle 2 zeigt die Veränderung des Inventars ausgewählter, für die Sicherheitsbewertung relevanter Radionuklide im Vergleich mit den Aktivitäten des Referenzinventars.

Tabelle 2: Zunahme des Radionuklidinventars ausgewählter Radionuklide im Vergleich mit den Aktivitäten des Referenzinventars ([37], Kap. 2.2.3.1.1)

	Fall 1 (SR1 + LL-LL)	Fall 2 (SNR + LL-LL)
C-14	+ 3 %	+ 4 %
Cl-36	+ 17 %	keine Veränderung
Se-79	+ 10 %	+ 4 %
I-129	+ 16 %	Erhöhung um den Faktor 24

6.1.1.2.4 Chemo-toxisches Inventar

Die Stoffe, die zur Erstellung des chemo-toxischen Inventars ausgewählt wurden, entsprechen denjenigen des Referenzinventars ([37] Kap. 2.2.3.2).

Tabelle 3 zeigt die Veränderung der Mengen des Inventars ausgewählter chemo-toxischer Stoffe im Vergleich zum Referenzinventar.

Tabelle 3: Zunahme der Mengen der wichtigsten chemo-toxischen Stoffe im Vergleich zum Referenzinventar ([37], Kap. 2.2.3.2)

	Fall 1 (SR1)	Fall 2 (SNR)
U	+ 5 %	Erhöhung um den Faktor 88
Cd	+ 16 %	+ 13 %
Ni & Cr	+ 2 %	- 2 %
B	+ 11 %	+ 12 %
Pb	keine Veränderung	- 16 %
Be	keine Veränderung	keine Veränderung

Die Endlagerung der LL-LL-Abfallgebinde führt zur Zunahme der Masse der chemo-toxischen Stoffe im Vergleich zu den LL-IL-Abfällen um

- 27 % bzw. 40 % für Quecksilber und Arsen, chemische Gifte, die im Vergleich zu den anderen Elementen einen sehr geringen Anteil haben,
- 0 % bis 3 % für andere chemo-toxische Stoffe, die hauptsächlich in dieser Art von Abfall enthalten sind (Pb, Cd, Ni, Cr, B, Be, CN und Asbest) und
- 52 % für Antimon, 81 % für Selen und 7 % für Uran, bei denen es sich um chemo-toxische Stoffe handelt, die in diesen Abfällen im Vergleich zu HA-Abfällen oder nicht wiederaufbereiteten Brennelementen nur in geringem (oder sogar sehr geringem) Maße vorhanden sind. ([37] Kap. 2.2.3.2)

6.1.2 Wesentliche Barrieren und sicherheitsrelevante Auslegungsbestimmungen

Die sicherheitsrelevanten Komponenten (oder wesentlichen Barrieren), die die grundlegenden Sicherheitsfunktionen in der Nachbetriebsphase langfristig und passiv erfüllen und/oder zu ihrer Erfüllung beitragen, sind das Wirtsgestein (Schichten des Callovo-Oxfordium) und die (geo-)technischen Komponenten, die die günstigen Eigenschaften des Wirtsgesteins ausnutzen. Zusätzlich werden einige Auslegungsbestimmungen definiert, die dazu beitragen die günstigen Eigenschaften des Wirtsgesteins zu erhalten bzw. (untergeordnet) zur Langzeitsicherheit beitragen.

Die Langzeitentwicklung der natürlichen und technischen Komponenten des Endlagersystem, sowie ihre möglichen Wechselwirkungen untereinander werden in [32] bzw. Anhang 7g dargestellt.

6.1.2.1 Wirtsgestein (geologische Barriere)

Die geologischen Eigenschaften des Wirtsgesteins werden in Abschnitt 6.1.5 beschrieben. Die in Hinblick auf die Langzeitsicherheit relevanten Eigenschaften des Wirtsgesteins (bzw. des Standorts) sind:

- Tiefe von mehr als 300 m
- Mächtigkeit von mehr als 140 m
- Geringe Permeabilität
- Hohes Rückhaltevermögen
- Niedrige Diffusionskoeffizienten
- Sehr geringe seismische Aktivität

- Keine größeren Störungen
- Geringe vertikale hydraulische Gradienten im Wirtsgestein
- Keine besonderen Rohstoffvorkommen

([33], Kap. 12.4.1)

6.1.2.2 Geotechnische Barrieren

Die (geo-)technischen Komponenten, die zum Erhalt der Sicherheitsfunktionen in der Nachbetriebsphase beitragen, sind:

- Verschlussbauwerke (*scellement*), die dazu beitragen, die Sicherheitsfunktion „Begrenzung der Wasserzirkulation innerhalb des Endlagers“ zu erfüllen und damit den Transport von Radionukliden und chemo-toxischen Stoffen in die Biosphäre zu begrenzen. Konkret sind dies
 - die Verschlussbauwerke der LSF (zur Begrenzung des Wasserflusses zwischen Grubengebäude und Deckgebirge) und
 - die Verschlussbauwerke der Strecken, die in den Verbindungsstrecken zwischen den Einlagerungsbereichen (*quartier de stockage*) und den Ansatzpunkten der LSF (Schächte und Rampen) errichtet werden (zur Erhöhung des hydraulischen Widerstands und Reduzierung der Fließgeschwindigkeiten).
- Verglaste HA-Abfallgebinde, die zur Sicherheitsfunktion „Begrenzung der Freisetzung der Radionuklide und chemo-toxischen Stoffe und deren Immobilisierung in den Einlagerungsstrecken“ beitragen.

([33], Kap. 12.4.2)

Der Kern aller Verschlussbauwerke besteht aus einem quellfähigem Ton (Bentonit), wobei ggf. weitere Materialien zur Einstellung bestimmter Eigenschaften bzw. zur Erleichterung bei der Herstellung und beim Einbau zugesetzt werden. Der Tonkern wird (durch Betonbauwerke oder einen Opferkern) eingeschlossen (siehe auch Abbildung A13 - 1 und Abbildung A13 - 2 in Anhang 13), um dessen Wassersättigung bei konstantem Volumen zu begünstigen. Um einen direkten Kontakt zwischen dem (beschädigten) Wirtsgestein und dem Tonkern zu gewährleisten, wird an den Standorten der Verschlussbauwerke der Schacht- bzw. der Streckenausbau vollständig (Verschlussbauwerke der LSF) bzw. teilweise (Verschlussbauwerke der Strecken) entfernt. Die Verschlussbauwerke der Strecken werden außerdem in Strecken errichtet, die in Richtung der größten horizontalen Hauptspannung ausgerichtet sind, um die vertikale Ausdehnung der mechanisch beschädigten Zone im Wirtsgestein zu minimieren. ([32], Kap. 1.4.4.3).

Des Weiteren werden die Handhabungszellen (LL-IL-Einlagerungsstrecken), die Zugangs- und Verbindungsstrecken (*galeries d'accès et galeries de liaison*) sowie die logistischen Infrastrukturbereiche (*zones de soutien logistiques*) mit tonhaltigem Material aus den „lebenden“ Halden (*verse*) verfüllt ([44], Kap. 4.1.3.2, 4.1.3.3, 4.2.3.2, 4.2.3.3 & 4.3). Auch die LSF werden, abgesehen von den Verschlussbauwerken, vollständig verfüllt ([44], Kap. 4.4).

6.1.2.3 Sonstige Auslegungsbestimmungen

Um die günstigen Eigenschaften des Wirtsgesteins zu erhalten, werden folgende Auslegungsbestimmungen definiert:

- Die zu versiegelnden Einlagerungsstrecken und Strecken werden in Richtung der größten horizontalen Spannung ausgerichtet (zur Begrenzung der mechanischen Schädigung des Wirtsgesteins).
- Die Hohlräume in den Einlagerungsstrecken werden begrenzt (zur Begrenzung der mechanischen Schädigung des Wirtsgesteins).
- Für exotherme Abfälle (insbesondere im HA-Einlagerungsbereich) wird die Temperatur im Wirtsgestein auf 90 °C begrenzt (zur Begrenzung von thermisch und thermodynamisch induzierten Schäden und Vermeidung signifikanter mineralogischer Veränderungen).
- Es werden gasdurchlässige Verschlussbauwerke errichtet (zur Begrenzung des Gasdrucks im Endlager).
- Für die (geo-)technischen Komponenten werden Materialien eingesetzt, die mit den Eigenschaften des Wirtsgesteins kompatibel sind (zur Begrenzung von physikalisch-chemischen Wechselwirkungen).

([33], Kap. 12.4.1.3)

Neben den oben genannten sicherheitstechnisch relevanten Komponenten tragen außerdem die folgenden Auslegungsbestimmungen zur Langzeitsicherheit bei:

- Bündelung der Ansatzpunkte von Schächten und Rampen in einem begrenzten Bereich (zur Begrenzung der Wasserzirkulation innerhalb des Endlagers)
- Große Länge (mehrere Dekameter (HA) bzw. mehrere hundert Meter (LL-IL)) der Einlagerungsstrecken (zur Begünstigung des Transportpfads durch das Wirtsgestein)
- Große Länge (mehrere hundert Meter) der Verbindungsstrecken zwischen Einlagerungsstrecken und LSF (zur Begünstigung des Transportpfads durch das Wirtsgestein)
- Flache Lagerung (große Mächtigkeit (mind. 50 m) des Wirtsgesteins oberhalb sowie unterhalb des Endlagers)
- Einlagerungsbereiche sind Sackgassen (Begrenzung des Abflusses in das Endlager)

([33], Kap. 12.4.3)

6.1.3 Beschreibung der Anlage

Der Umfang der kerntechnischen Anlage umfasst im Wesentlichen:

- Das EP1 in Verbindung mit dem kerntechnischen Eisenbahnterminal für die Annahme von Transportverpackungen (*emballages de transport*) mit PG (für den Betrieb von Bauabschnitt 1 (*Tranche 1, T1*)) sowie das künftige Entladebauwerk für Transportverpackungen mit horizontaler Entladung (*emballages de transport à déchargement horizontal, ETH*), das die horizontale Entladung der Transportverpackungen in späteren Abschnitten ermöglichen wird.

Anmerkung: Derzeit umfasst das Gelände der kerntechnischen Anlage nicht das künftige kerntechnische Betriebsgebäude Phase 2 (*bâtiment nucléaire d'exploitation Phase 2, EP2*), dessen Bau für die Einlagerung der HA1/HA2-Abfallgebinde bis 2080 geplant ist. Das EP2 wird jedoch in den vorliegenden Antragsunterlagen für die DAC als künftiges Gebäude der kerntechnischen Anlage Cigéo mit seinen Hauptfunktionen und Merkmalen (z. B. Grundfläche und künftiger Standort) sowie den getroffenen Schutzvorkehrungen erwähnt.

- Das Gebiet für die Errichtung untertägiger Bauwerke (*zone d'implantation des ouvrages souterrains*, ZIOS; siehe Abbildung 3) entspricht einem Felsvolumen, in dem die untertägigen Bauwerke des Endlagers Cigéo errichtet werden können. Es umfasst die LSF, die Endlagerbereiche für die radioaktiven Abfälle und die logistischen Infrastrukturbereiche.
- Posten, die der Überwachung und Sicherheit der kerntechnischen Anlage gewidmet sind.
- Posten, die der 20-kV-Stromverteilung gewidmet sind sowie das Wasser- und Abwassermanagement.
- Der gesamte Bereich, in dem der tonhaltige Aushub vom Betriebsgelände „Schächte“ verwaltet wird (auch „Halde“ genannt).

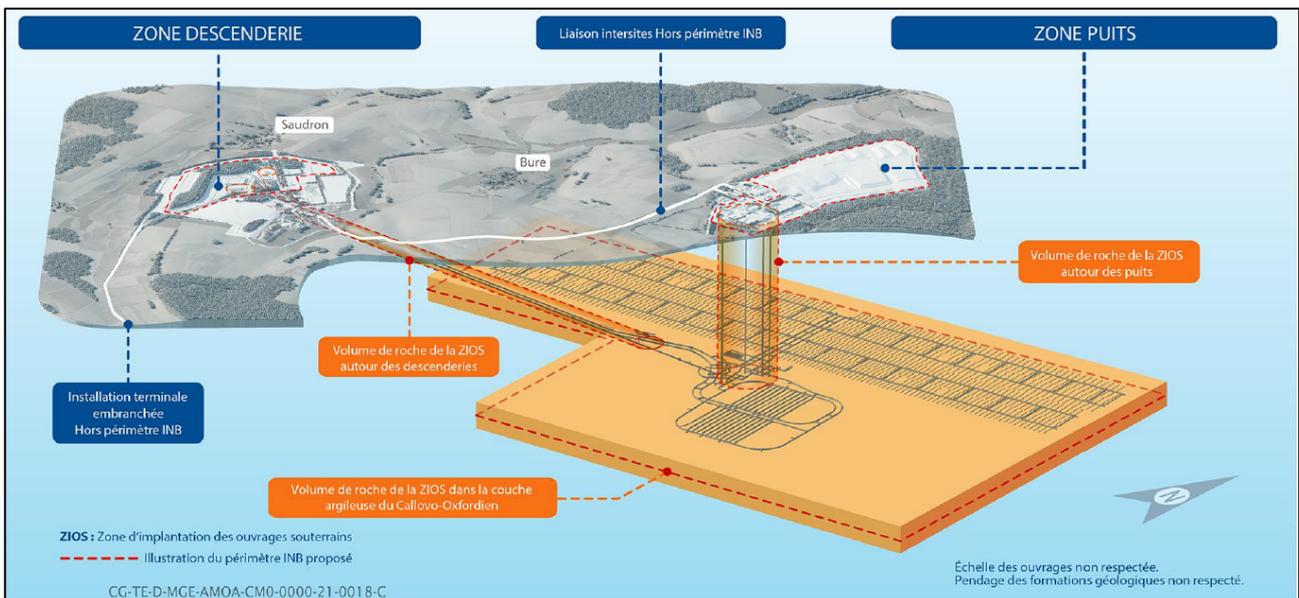


Abbildung 3: Schema des Endlagers Cigéo mit den beiden Betriebsgeländen, LSF und ZIOS ([8], Figure 2-2)

Für Bauwerke und Arbeiten außerhalb der kerntechnischen Anlage werden spezielle behördliche Unterlagen erstellt (z. B. Umweltgenehmigungen). Wenn einige dieser Anlagen, die von anderen Bauherren oder von ANDRA betrieben werden, die Risiken und Nachteile der kerntechnischen Anlage verändern können, werden sie beschrieben und in den Studien berücksichtigt (z. B. als externe Angriffsrisiken im Sicherheitsnachweis). ([10], Kap. 2.2)

6.1.3.1 Übertägige Anlagen

Die übertägigen Anlagen befinden sich auf den Betriebsgeländen „Rampen“ (*zone descenderie*) und „Schächte“ (*zone puits*).

6.1.3.1.1 Betriebsgelände „Rampen“

Das Betriebsgelände „Rampen“ (siehe Abbildung 3) dient der Annahme, Kontrolle und Vorbereitung von Gebinden mit radioaktiven Abfällen vor ihrer Verbringung in die untertägige Anlage. Es umfasst auch Anlagen zur Unterstützung des Betriebs.

Zu den Bauwerken der übertägigen Anlage auf dem Betriebsgelände „Rampen“, die im T1 errichtet und in Betrieb genommen werden, gehören

- das Eisenbahnterminal für die Annahme von Transportverpackungen mit PG von den Erzeugern (Ablieferungspflichtigen) und das Abstellen der beladenen Waggon, bevor sie zum EP1 weitergeleitet werden,
- das EP1 mit Räumen und Ausrüstung (inklusive Belüftungsanlage und Schornstein (*cheminée d'extraction*)), die für die bestimmungsgemäße Durchführung der kerntechnischen Tätigkeiten und deren Überwachung erforderlich sind,
- der Portalbereich (*tête*) der Gebindeabfahrtsrampe (*descenderie colis*) und das Verbindungsbauwerk, das die Schnittstelle zwischen EP1 und der Gebindeabfahrtsrampe bildet und
- der betriebliche Bereich mit Bauwerken, die den Betrieb der kerntechnischen Anlage unterstützen:
 - Portalbereich der Servicerampe (*descenderie de service*),
 - Bauwerke für die Anlagensicherung (z. B. Wachposten, Zäune, Brandbekämpfungsanlagen, Notstromzentrale und 20-kV-Verteilerstation, Schutzbauwerk gegen aufsteigendes Grundwasser),
 - Werkstätten und Ersatzteillager und
 - Bauwerke, die für das Wassermanagement und die Behandlung von konventionellen flüssigen Abwässern notwendig sind (z. B. Sammelbecken, Kläranlagen, Behandlungseinheiten).

Im Nordwesten und Osten des Betriebsgeländes befinden sich zwei Straßenzugänge für leichte Fahrzeuge und LKW mit jeweiligen Wachposten. ([10], Kap. 3.3.1)

6.1.3.1.2 Betriebsgelände „Schächte“

Das Betriebsgelände „Schächte“ ist hauptsächlich den Einrichtungen zur Unterstützung der untertägigen Lager- und Bauaktivitäten gewidmet (schrittweise Errichtung der Einlagerungsbereiche). Dieses Betriebsgelände umfasst auch die Fläche, die für das Management des ausgehobenen Tongesteins (Halde) benötigt wird.

Das Betriebsgelände „Schächte“ (siehe Abbildung 3) besteht aus zwei getrennten Bereichen:

- Der **betriebliche Bereich**, in dem sich die Einrichtungen zur Unterstützung des untertägigen kerntechnischen Betriebs befinden. Dazu gehören:
 - zwei Schächte
 - Frischwetterschacht „Betrieb“ (*ventilation air frais exploitation*, VFE) und
 - Abwetterschacht „Betrieb“ (*ventilation air vicié exploitation*, VVE),
 - Werkstatt zur Lagerung von Ersatzteilen und zur Durchführung von Wartungstätigkeiten,
 - Bauwerke für die Anlagensicherung (z. B. Wachposten, Zäune, Brandbekämpfungsanlagen, Notstromzentrale und 20-kV-Verteilerstation) sowie
 - Anlagen zur Regen- und Abwasserbehandlung.
- Der **Baubereich** umfasst die Anlagen und Bauwerke, die die untertägigen Auffahrungen unterstützen. Dazu gehören:
 - drei Schächte
 - Frischwetterschacht „Bau“ (*ventilation personnel air frais travaux*, VFT),
 - Abwetterschacht „Bau“ (*ventilation air vicié travaux*, VVT) und
 - „Material- und Baustoffschacht“ (*matériels matériaux travaux*, MMT),
 - Gebäude zur Lagerung von Ersatzteilen und zur Durchführung von Wartungstätigkeiten,
 - Lagerbereiche,

- LKW-Parkplätze,
- Wachposten und Zäune sowie
- Anlagen zur Regenwasserbehandlung.

Der Baubereich umfasst auch den Bereich der Halde. Bei den Abraumhalden wird zwischen „lebenden“ und „toten“ Halden unterschieden: Das Material, das auf den „lebenden“ Halden abgelagert wird, wird im Rahmen der Stilllegung als Verfüllmaterial (*remblai*) verwendet, während das Material der „toten“ Halden nicht wiederverwendet wird.

Im Südwesten des Betriebsgeländes befinden sich die Zugangswege für leichte Fahrzeuge und LKW mit jeweiligen Wachposten. ([10], Kap. 3.3.2)

6.1.3.2 Untertägige Anlage

Die untertägige Anlage wird im Callovo-Oxfordium (Wirtsgestein) in einer Teufe von etwa 500 m errichtet ([32], Kap. 1.4.4.2).

Die untertägige Anlage ist um zwei Einlagerungsbereiche (den HA-Einlagerungsbereich und den LL-IL-Einlagerungsbereich) organisiert (siehe auch Abbildung 3), die mehrere hundert Meter voneinander entfernt liegen⁷ ([32], Kap. 1.4.3). Außerdem wird ein HA-Pilotlager (*quartier pilot HA*) für die Endlagerung von HA-Gebinden (insbesondere von Gebinden mit geringer Wärmeentwicklung) aufgeföhren.

Die Aufföhruung der Einlagerungsbereiche erfolgt schrittweise in aufeinanderfolgenden Abschnitten und wird so durchgeföhrt, dass eine physische Trennung zwischen dem untertägigen Aufföhruungs- und Einlagerungsbetrieb gewährleistet ist. Jeder dieser Bereiche ist über einen logistischen Infrastrukturbereich und mehrere LSF mit der Oberfläche verbunden. ([8], Kap. 2.2)

Der HA-Einlagerungsbereich unterteilt sich weiter in vier Teileinlagerungsbereiche (*sous-quartiers*) und (etwa 1000) HA-Einlagerungsstrecken ([10], Kap. 3.2.1). Die Einlagerungsstrecken haben eine Länge von bis zu 150 m und einen Durchmesser von etwa 0,8 m ([32], Kap. 3.1.4).

Die Einlagerungsstrecken im HA-Pilotlager haben eine Länge von 80 m und einen Durchmesser von etwa 0,8 m ([32], Kap. 3.1.4).

Der LL-IL-Einlagerungsbereich unterteilt sich weiter in (etwa 20) LL-IL-Einlagerungsstrecken ([32], Kap. 1.4.3). Die Einlagerungsstrecken haben eine Länge von 500 m und einen Durchmesser von etwa 10 m ([32], Kap. 3.1.5).

⁷ Die physische Trennung der verschiedenen Abfallarten soll bewirken, dass diese sich möglichst nicht in ihrer jeweiligen Entwicklung (insb. der mechanischen, chemischen und thermischen) beeinflussen.

6.1.4 Beschreibung des Anlagenbetriebs

Unter der Annahme, dass die Einlagerung fortgesetzt wird, wird die Betriebsphase des Endlagers Cigéo, die sich an die sogenannte „erste Bauphase“ anschließt, über einen Zeitraum von etwa 100 Jahren andauern. Die Annahme und Einlagerung von radioaktiven Abfallgebänden wird parallel zur Auffahrung der Einlagerungsbereiche erfolgen (Koaktivität), welche in aufeinanderfolgenden Abschnitten durchgeführt wird.

6.1.4.1 Einlagerungsbetrieb

Der Einlagerungsbetrieb des Cigéo umfasst mehrere Schritte, die in den nachfolgenden Abschnitten, entsprechend Abbildung 4-1 in [10], zusammenfassend dargestellt werden.

Eine detaillierte Beschreibung des Einlagerungsbetriebs ist in den Kapiteln 4.2.1 bis 4.2.8 (über-tägiger Betrieb), 4.3.1 bis 4.3.3 (untertägiger Betrieb) sowie 4.4.1 bis 4.4.4 (weitere Handhabungs-vorgänge) der Unterlage [10] enthalten.

6.1.4.1.1 Transport der Primärgebinde bis zum Endlager Cigéo

Die HA- und LL-IL-Primärgebinde gelangen hauptsächlich per Bahn (auf der Schiene) von den Standorten der Erzeuger, wo sie derzeit zwischengelagert werden, zum Cigéo. Diese Transportart erfordert eine Eisenbahnverbindung zwischen *Condrecourt-le-Château* und dem Betriebsgelände „Rampen“: die sogenannte verzweigte Endstation (*installation terminale embranchée*, ITE; siehe auch Abschnitt 6.5).

Nur wenige Gebinde mit LL-IL-Abfällen werden per LKW angeliefert.

6.1.4.1.2 Annahme und Kontrolle der Transportverpackungen

Am Eingang des kerntechnischen Eisenbahnterminals bzw. am Haupteingang werden die Konvois einer ersten administrativen Kontrolle unterzogen und danach in das EP1 überführt ([10] Kap. 4.2.1). Im EP1 werden die Transportverpackungen kontrolliert (z. B. auf Kontamination) und die PG aus den Transportverpackungen entnommen ([10] Kap. 4.2.2 & 4.2.3).

6.1.4.1.3 Kontrolle der Primärgebinde und Herstellung der Endlagergebinde

Nach ihrer Entnahme aus den Transportverpackungen werden die PG (fernhandlierten) visuellen und radiologischen Kontrollen unterzogen. Anschließend werden die Endlagergebinde vorbereitet:

- LL-IL-Primärgebinde können je nach ihren Eigenschaften in Beton- oder Stahlbehältern, in Lagerkörben oder direkt endgelagert werden.
- Die HA-Primärgebinde werden in geschweißten Stahlbehältern endgelagert.

6.1.4.1.4 Einsetzen der Endlagergebinde in die Transferhaube

Die Endlagergebinde werden in eine Transferhaube (*hotte de transfert des colis*) eingesetzt, die den Strahlenschutz während des Transports von der Oberfläche zu den Einlagerungstrecken der unter-tägigen Anlage sicherstellt.

6.1.4.1.5 Transport der Endlagerbinde in die untertägige Anlage

Die Transferhaube wird auf einer seilgeführten Flurförderanlage (*funiculaire*) befestigt, die die Abfallgebinde auf das Niveau des Endlagers in etwa 500 m Teufe bringt. Dieses Transportmittel wurde sicherheitstechnisch ausgelegt: Die Motoren befinden sich an der Oberfläche, der Schlitten bleibt bei einem Ausfall an Ort und Stelle stehen und die Fahrgeschwindigkeit ist gering.

6.1.4.1.6 Einlagerung der Endlagergebinde

Untertage wird die Transferhaube auf einen Transportwagen (*chariot de transfert*) geladen, der sie durch den logistischen Infrastrukturbereich für den Betrieb (*zone de soutien logistique exploitation*, ZSLE) und die Verbindungsstrecken bis zur Kreuzung mit der Zugangsstrecke der vorgesehenen Einlagerungsstrecke transportiert. Dort setzt der Transportwagen die Transferhaube auf dem Boden ab. ([10] Kap. 4.3.1.1)

LL-IL-Abfälle

Im LL-IL-Einlagerungsbereich nimmt ein Shuttle (*navette*), das sich in der Zugangsstrecke befindet, die Transferhaube auf und transportiert sie zur Andockfront (*façade d'accostage*) der vorgesehenen Einlagerungsstrecke. Über die Andockfront wird die Transferhaube in die Handhabungszelle (*cellule de manutention*) überführt, in der die Endlagergebinde aus den Transferhauben entnommen werden. Anschließend werden die Endlagergebinde durch eine Strahlenschutztür in den Nutzbereich (*partie utile*) der Einlagerungsstrecke überführt. In Abhängigkeit von ihrer Beschaffenheit werden die Endlagergebinde auf einer Ebene oder auf bis zu drei Ebenen übereinandergestapelt eingelagert. ([10] Kap. 4.3.1.2)

HA-Abfälle

Im HA-Einlagerungsbereich nimmt ebenfalls ein Shuttle, das sich in der Zugangsstrecke befindet, die Transferhaube auf und transportiert sie zur vorgesehenen HA-Einlagerungsstrecke. Nachdem der Betriebsverschluss (*bouchon d'exploitation*) entfernt wurde, wird das HA-Endlagergebinde in den Streckenkopf eingeführt. Der Betriebsverschluss wird dann wieder aufgesetzt und die leere Transferhaube abtransportiert. Ein Schieberoboter positioniert sich dann vor der Einlagerungsstrecke, entfernt den Betriebsverschluss und schiebt das Endlagergebinde in die Einlagerungsstrecke. Anschließend wird der Betriebsverschluss wieder aufgesetzt. ([10] Kap. 4.3.1.3 & 4.3.3)

6.1.4.2 Belüftung und Bewetterung der kerntechnischen Anlage

6.1.4.2.1 Oberflächenanlagen

Die Belüftung des Gebäudes EP1 ist gemäß der Norm NF ISO 17873 von 2006 dimensioniert. Sie umfasst in erster Linie ein konventionelles Belüftungsnetz für die Räume außerhalb der Strahlenschutzbereiche. Für die kerntechnischen Betriebsräume ist eine kerntechnische Belüftung mit spezifischen Belüftungsnetzen und Filtersystemen vorgesehen⁸. ([10], Kap. 4.5.1)

Die kerntechnische Belüftung des EP1 umfasst den Eingangsbereich (*zone d'accès*), die Kontrollzone (*zone de contrôle*), den Transferhaubenbereich (*parc à hottes*) und die Prozesszone (*zone process*) des EP1. Außerdem gehört der Portalbereich der Gebindeabfahrtsrampe zum lüftungstechnischen Bereich des EP1. Der Portalbereich enthält die Schleuse (Hauptwettertür, *sas*) und die Abwetteranlage für die Ableitung eines Teils der untertägigen Bewetterung. ([30], Kap. 11.4.1.1)

Das allgemeine Designprinzip der Belüftung beruht auf

- der Integration der obigen lufttechnischen Aufteilung,
- der Unterscheidung und Trennung von lufttechnischen Abluftnetzen unterschiedlicher Sicherheitsklassen (NC, C1 bis C4 in Ordnung der aufsteigenden Strahlenschutzbereiche),
- der Einhaltung der Anforderungen der Norm NF ISO 17873 von 2006 und

⁸ Im Folgenden wird nur die kerntechnische Belüftung des EP1 im Endlagerbetrieb beschrieben.

- der Bereitstellung bestimmter Zusatzausrüstungen (Luftaufbereitungszentralen, Abluftanlagen, Filter usw.), um die erforderliche Verfügbarkeit der betrachteten Funktion zu gewährleisten. ([30], Kap. 11.4.1.1)

Jedes Bauwerk/jeder Bereich der Anlage enthält je nach Einschlussklasse der versorgten Räume verschiedene lufttechnische Netze. Die Anordnung der Luftansaug- und Ausblasöffnungen erfolgt im Hinblick auf

- Auswirkungen von Wind und Schnee,
- architektonische Einschränkungen sowie
- Empfehlungen der Norm NF EN13779 aus dem Jahr 2007.

([30], Kap. 11.4.1.1)

Druck in Räumen

Die Drücke in den verschiedenen Zonen, die Unterdruckkaskaden, die Werte für den Luftstrom und die Luftgeschwindigkeit werden im Rahmen eines normalen Dauerbetriebs der Anlagen bemessen. Durch die Staffelung der Drücke wird die Richtung des Luftstroms gewährleistet. Dadurch führen Störfaktoren wie Wind, Temperaturunterschiede zwischen Räumen oder Schleusenöffnungen nie zu einer Umkehrung der Luftströmungsrichtung in der Anlage. ([30], Kap. 11.4.1.2)

In einer Störfall-/Unfallsituation (außer Brand) ist das Ziel des Lüftungsdesigns die Einhaltung der Unterdruckkaskaden und die Aufrechterhaltung der Luftströmungsrichtung ([30], Kap. 11.4.1.2).

Belüftungsnetze

NC & C1

Die Belüftung der NC- und C1-Räume des EP1 erfolgt durch eine Mischung aus Frischluft und Umluft. Jede Zuluftseinheit umfasst zwei Luftbehandlungsanlagen (*centrales de traitement de l'air*, CTA) mit einem Luftdurchsatz, der im Normalbetrieb 50 % des Gesamtluftdurchsatzes entspricht. Jede CTA besteht aus einem Wärmerückgewinnungsregister, Filtern, einem Warm- und einem Kaltwasserregister. Aus Gründen des Arbeitsschutzes ist ein Schalldämpfer hinter den CTA angebracht. Die Kalt- und Warmwasserbatterie sind nicht gleichzeitig in Betrieb. Die Energierückgewinnung wird in der Winterperiode genutzt. In einigen Räumen, die eine Klimatisierung benötigen, befindet sich ein umkehrbares Warm-/Kalt-Endregister, das die Temperatur, mit der die Luft in den Raum geblasen wird, auf den vorgeschriebenen Sollwert bringt. [30], Kap. 11.4.1.3.1).

Die Abluftmenge kann größer als die jeweilige Zuluftmenge justiert werden, je nachdem, welcher Unterdruck in den Räumen aufrechterhalten werden muss. Die Umluft wird über einen Bypass im Dach zu den CTA zurückgeführt (siehe Abbildung 4). Dabei entspricht der Volumenstrom der zurückgeführten Luft der Differenz zwischen Abluft- und Zuluftvolumenstrom. Im Brandfall wird der Bypass neutralisiert, um zu verhindern, dass der Rauch wieder in die frische Zuluft gelangt. ([30], Kap. 11.4.1.3.1)

Die Luft aus den C1-Netzen wird an der Fassade des EP1 abgeleitet. Die C1-Ableitungspunkte werden durch ein kontinuierliches Probenahmesystem auf einem Filter überwacht, das zeitversetzt gemessen wird ([30], Kap. 11.4.1.3.1).

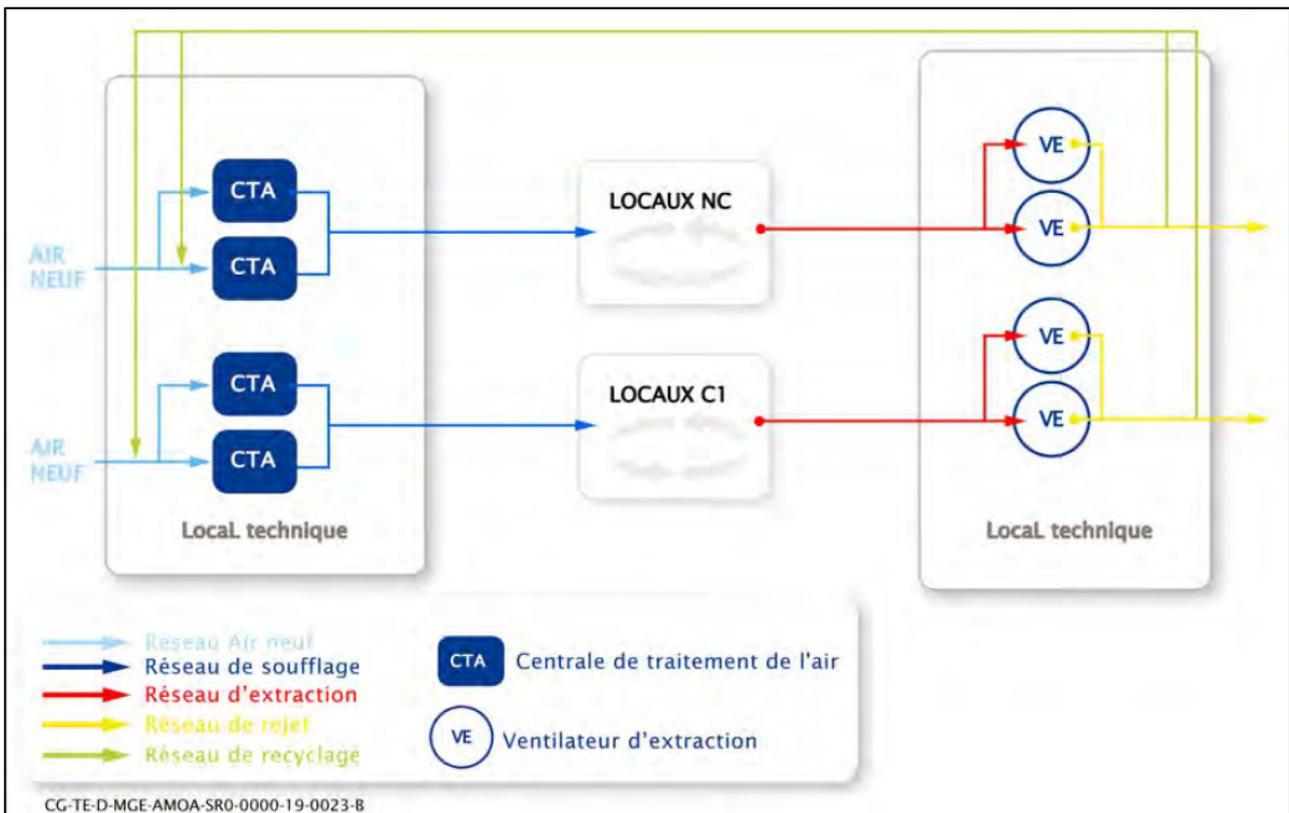


Abbildung 4: Schematische Darstellung der NC- und C1-Belüftungsnetze im EP1 ([30], Figure 11-21)

C2 und C4**

Die Belüftung der C2- und C4**-Räume des EP1 basiert auf dem Prinzip der reinen Frischluftzufuhr mit einer Wärmerückgewinnungskaskade für die Winterperiode. Jede Zuluftseinheit wird von den C2- und C4**-Räumen gemeinsam genutzt (siehe Abbildung 5). Sie besteht aus zwei CTA mit einem Luftdurchsatz, der im Normalbetrieb jeweils 50 % des Gesamtluftdurchsatzes entspricht sowie einer zusätzlichen dritten CTA, deren Luftdurchsatz dem der ersten beiden entspricht. Die Zuluft wird vor dem Einleiten in die versorgten Räume über eine (C2-Räume) bzw. zwei (C4**-Räume) HEPA (*high-efficiency particulate air*)-Filterstufen geleitet. ([30], Kap. 11.4.1.3.2).

Zusätzlich zu dem Wärmerückgewinnungsregister arbeiten Warm- und Kaltwasserregister nach demselben Prinzip, um sowohl im Winter als auch im Sommer 20 °C warme Zuluft zu erzeugen. Das Prinzip der reversiblen Endgerätebatterie wird auf Räume angewendet, die eine Klimatisierung auf eine bestimmte Temperatur benötigen. ([30], Kap. 11.4.1.3.2).

Die Luft wird dann mithilfe von Lüftern aus den Räumen abgesaugt. Es gibt jeweils zwei Lüfter mit einem Luftdurchsatz, der im Normalbetrieb 50 % des Gesamtluftdurchsatzes entspricht, sowie einen zusätzlichen dritten Lüfter mit einem Luftdurchsatz, der dem der ersten beiden entspricht. Die Abluft wird gefiltert und dann über den Auslass (*émissaire*) abgeleitet. Dabei durchläuft sie ein Endregister zur Energierückgewinnung. Die so zurückgewonnene Wärme wird über die Wärmerückgewinnungsregister der CTA wieder in das System eingespeist. ([30], Kap. 11.4.1.3.2).

Die Verbindung zwischen dem Endregister zur Energierückgewinnung am Auslass und dem am Einlass eingesetzten Wärmerückgewinnungsregister wird durch eine hydraulische Schleife realisiert, sodass kein Risiko einer Kontamination der Zuluft entsteht. ([30], Kap. 11.4.1.3.2).

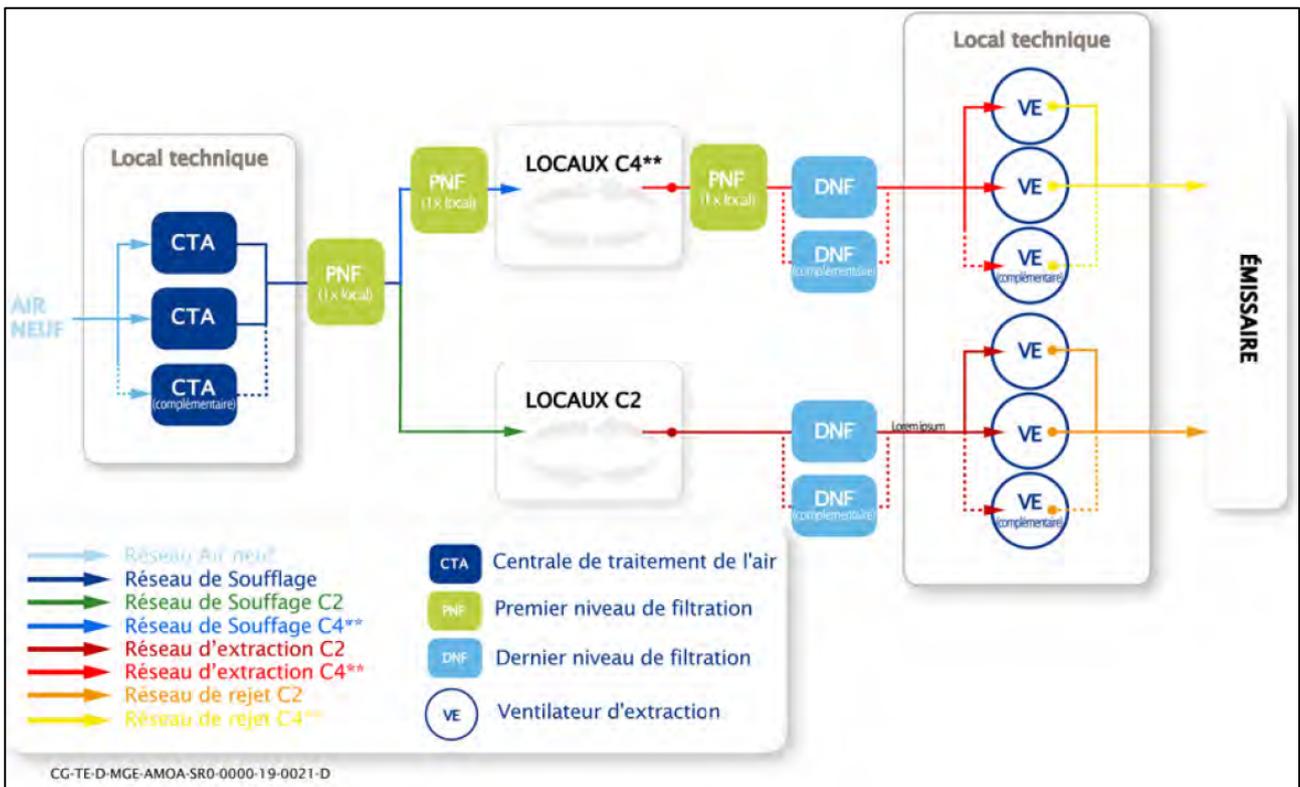


Abbildung 5: Schematische Darstellung der C2- und C4**-Belüftungsnetze im EP1 ([30], Figure 11-22)

Falls eine Kontamination einer Transferhaube festgestellt wird, wird im Wartungsbereich zusätzlich zur Dekontamination mit konventionellen Mitteln (Tücher, Lösungsmittel usw.) eine Filterstufe, die mit einem HEPA-Filter ausgestattet ist, an das C2-Abluftnetz des kerntechnischen Prozesses angeschlossen. ([30], Kap. 4.1.15.7.3).

Portalbereich der Gebindeabfahrtsrampe

Die Belüftungsnetze für den Portalbereich der Gebindeabfahrtsrampe sind nach demselben Prinzip ausgelegt wie die Belüftungsnetze (NC, C1 und C2) des EP1, einschließlich der Räume, in denen eine Klimatisierung erforderlich ist ([30], Kap. 11.4.1.4.2).

Gebäude für Abstromkontrollen

Ähnlich wie beim Belüftungsnetz für den Portalbereich der Rampe, sind die Prinzipien der Belüftung der Räume, in denen sich die Kontrollsysteme befinden, identisch mit denen des EP1 und zwar sowohl für die NC- und C1-Räume als auch für die C2- und C4**-Räume ([30], Kap. 11.4.1.4.3).

6.1.4.2.2 Grubengebäude

Gemäß dem Prinzip der physischen Trennung zwischen dem Auffahrungsbereich und dem kerntechnischen Betrieb (Koaktivität, siehe auch Abschnitt 6.1.4), einschließlich der Netze und Versorgungseinrichtungen, verfügen beide Bereiche jeweils über eine unabhängige Bewetterung, die durch Wetterbauwerke (z. B. Schleusen) voneinander getrennt sind⁹ (siehe Abbildung 6). Sowohl die konventionelle Bewetterung im Auffahrungsbereich als auch die Bewetterung im Bereich des kerntechnischen Betriebs (nachfolgend „kerntechnische Bewetterung“ genannt) basieren auf einer Kombination aus saugender und blasender (Sonder-)Bewetterung (*système soufflage-extraction*). Dieses System ermöglicht

- eine bessere Kontrolle der Druckverteilungen (Unterdruckkaskaden) zwischen den verschiedenen untertägigen Bereichen des Betriebs, eine bessere Verteilung der Wetterströme zwischen den verschiedenen Einlagerungsbereichen der Anlage und eine höhere Flexibilität bei der Regulierung und dem Gleichgewicht der Netze zu gewährleisten,
- die vorherrschenden Druckverluste zwischen den Lüftern zu verteilen und so die Komponenten (Schaufeln, Klappen etc.) der Lüfter in den „Standard“-Bauweisen der Lieferanten zu nutzen,
- die nötigen Wetterqualitäten am Schachteingang zu gewährleisten und
- eine Mindestbewetterung bei Ausfall von Lüftern zu gewährleisten.

Alle untertägigen Bauwerke, einschließlich der LSF, sind als C1 Familie I klassifiziert. Die einzigen Ausnahmen sind die LL-IL-Einlagerungstrecken (einschließlich der Filterräume), die als C2 Familie IIA klassifiziert sind (siehe Norm NF ISO 17 873 (2006)). ([30], Kap. 11.4.1.4.3)

⁹ Im Folgenden wird nur die kerntechnische Bewetterung des Grubengebäudes im Endlagerbetrieb beschrieben.

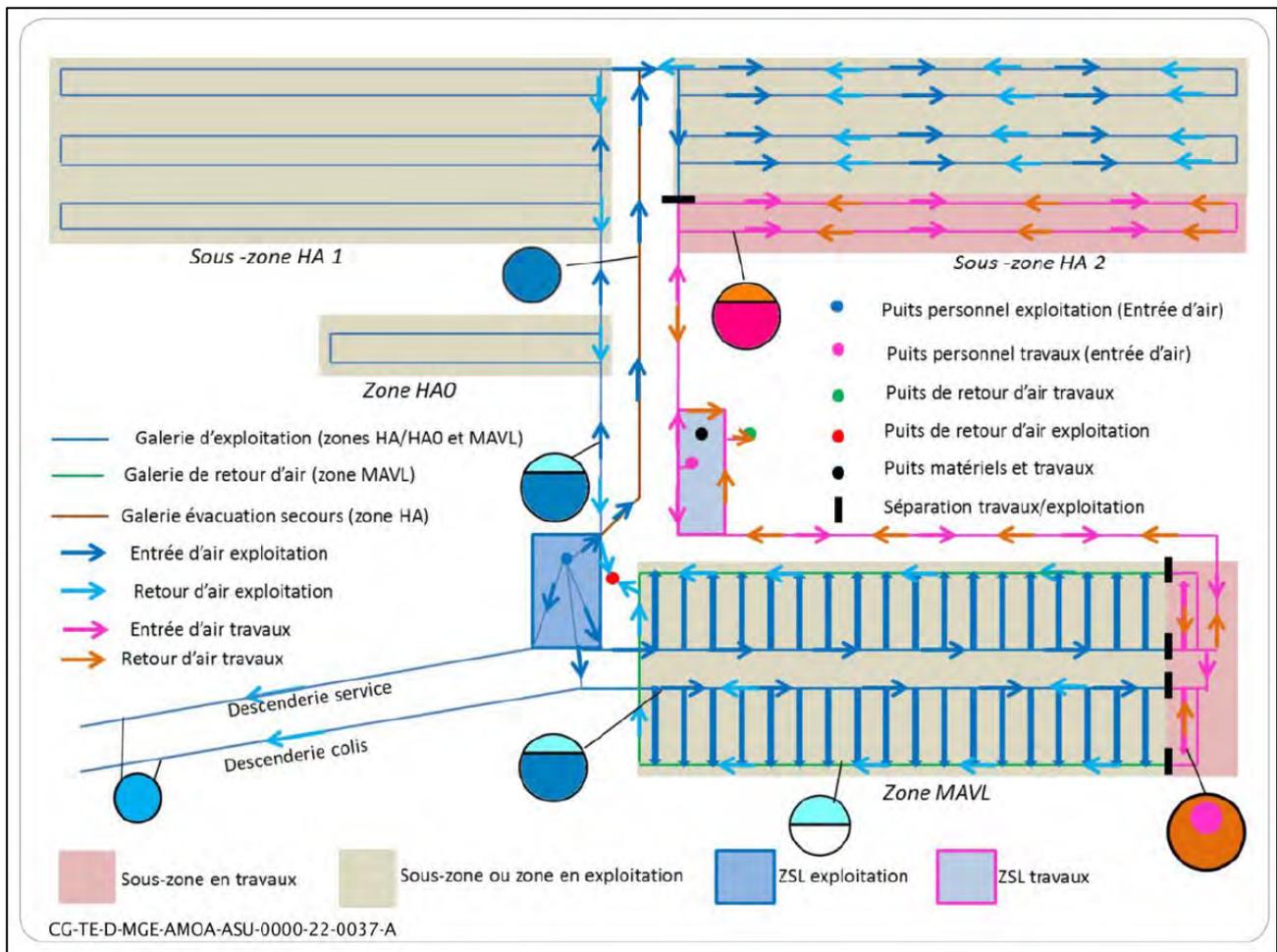


Abbildung 6: Schematische Darstellung der untertägigen Bewetterungssysteme ([10], Figure 4-28)

Die übertägigen Anlagen, die für die untertägige Bewetterung im Betrieb benötigt werden, werden bereits im T1 errichtet. Dabei handelt es sich um

- die Bewetterungsanlage der Gebindeabfahrtsrampe (siehe Abschnitt 6.1.4.2.3),
- die Bewetterungsanlage der Servicerrampe (siehe Abschnitt 6.1.4.2.4),
- das Lüftergebäude des VFE (siehe Abschnitt 6.1.4.2.5) und
- das Lüftergebäude des VVE (siehe Abschnitt 6.1.4.2.6).

Aufgrund der schrittweisen Errichtung der untertägigen Anlage ändert sich die Architektur der Lüftungsnetze in Abhängigkeit von der jeweiligen Phase. Dabei werden die Bewetterungsanlagen an den Bedarf der jeweiligen Phase und an den Instandhaltungsrhythmus (Austausch von Komponenten) angepasst. Ziel ist es, die optimalen Betriebspunkte während der Einführungsphase und über die voraussichtliche Lebensdauer der Geräte zu finden. Beispielsweise werden Frisch- und Abwetterlüfter für eine Betriebsdauer von etwa 15 bis 20 Jahren ausgewählt, um ihre Funktion zu optimieren und die Energieeffizienz zu erhöhen. ([30], Kap. 11.4.2.1 & 11.4.2.1.1)

Im LL-IL-Einlagerungsbereich führt die Umstellung der Bewetterung in Verbindung mit der Eröffnung eines neuen Abschnitts kurzzeitig zu einer Störung der Luftzirkulation. Während dieser Phase wird die Bewetterung der LL-IL-Einlagerungstrecken, deren Leistung zwischen 3.600 m³/h und 15 000 m³/h variiert, durch einen statischen Einschluss dieser Hohlräume unterbrochen. Diese Phase der Lüftungsunterbrechung ist zeitlich begrenzt, um das Auftreten von Risiken im Zusammenhang

mit den durch Radiolyse in den Einlagerungsstrecken erzeugten entzündlichen Gasen zu verhindern. ([30], Kap. 11.4.2 & 11.4.2.1.2)

Blasende Bewetterung

Die Bewetterung stellt die Versorgung des Betriebes (der Betriebspunkte) mit ausschließlich frischen Wetter sicher. Durch das Einblasen in die untertägige Anlage wird die Luft klimatisiert und in den verschiedenen Räumen und Strecken ausgetauscht.

Die Aufbereitung und Konditionierung der Frischwetter der in Betrieb befindlichen untertägigen Anlage erfolgt an der Oberfläche im Lüftergebäude des VFE (siehe Abschnitt 6.1.4.2.5).

An der Basis des VFE befindet sich ein Plenum, über das die Frischwetter in die verschiedenen kern-technischen Bereiche des Endlagers verteilt werden:

- Servicerrampe, HA-Flucht-/Rettungsstrecke und Zwischenrampe
- Abwetterstrecke des LL-IL-Einlagerungsbereichs
- Flucht- und Rettungsweg (*cheminement protégé*) der Abwetterstrecke des LL-IL-Einlagerungsbereichs
- Verbindungsstrecken des LL-IL-Einlagerungsbereichs
- ZSLE, Gebindeabfahrtsrampe und Basis der seilgeführten Flurförderanlage
- Verbindungs- und Zugangsstrecken zum HA-Pilotlager und zum HA-Einlagerungsbereich

Um die Verteilung der Frischwetter vom Plenum zu den verschiedenen Zweigen zu ermöglichen, ist jeder Zweig mit Durchflussreglern ausgestattet, die den Wetterstrom auf die verschiedenen Zweige verteilen. ([30], Kap. 11.4.2.3)

Saugende Bewetterung

Mit Ausnahme der Rampen werden die Abwetter der untertägigen Anlage mithilfe von Wetternetzen im Streckengewölbe über das Abwetterplenum in den VVE (siehe Abschnitt 6.1.4.2.6) geleitet, um dann über dessen Abwetteranlage an die Umgebung abgegeben zu werden ([30], Kap. 11.4.2.14).

Im Normalbetrieb erfordert die Absaugung der Abwetter eine Frischluftzufuhr, die durch das Lüftergebäude des VFE (siehe Abschnitt 6.1.4.2.5) gewährleistet wird.

In einer unfallbedingten Situation, wie z. B. einem Flugzeugabsturz an der Rasenhängebank des VFE, kann es passieren, dass keine Frischwetter über das Lüftergebäude zugeführt werden können. Unter diesen Bedingungen wird die untertägige Anlage in einen sicheren Zustand versetzt. Dies erfolgt durch das sofortige Anhalten des Einlagerungsprozesses, die Evakuierung des Wartungs- und Betriebspersonals unter und über Tage und den statischen Einschluss, insbesondere der LL-IL-Einlagerungsstrecken.

Um den sicheren Zustand der untertägigen Anlage aufrecht zu erhalten, wird die Bewetterung der untertägigen Anlage fortgesetzt und die Wetterwege (einschließlich Frischwetter) aufrechterhalten, um insbesondere die Ableitung der durch Radiolyse erzeugten brennbaren Gase und den dynamischen Einschluss in den LL-IL-Einlagerungsstrecken zu gewährleisten. Die Frischwetterzufuhr erfolgt dann entweder durch einen Sekundärlufteinlass am Schachtgebäude (*chevalement du puits*) des VFE (im Fall eines Ausfalls der Bewetterungsanlage) oder durch Öffnen der LKW-Schleusen in der Servicerrampe (im Fall einer Zerstörung des Schachtgebäude mit Verschluss des VFE), das zu einer Umkehrung der Luftrichtung im Wartungsschacht und an mehreren Punkten des Abwettersystems der ZSLE führt, ohne dabei die Unterdruckkaskaden zwischen Räumen mit unterschiedlicher Einschlussklasse zu gefährden. ([30], Kap. 11.4.2.14)

Schleusen (Wettertüren)

Innerhalb der Anlage gibt es drei Arten von Schleusen, die den Bereich für den kerntechnischen Betrieb und den Auffahrungsbereich voneinander trennen:

- Einwegschleuse
- Zweiwegschleuse
- Fahrzeug- und Personalschleuse

([30], Kap. 11.4.2.12)

Im Normalbetrieb ist der Hauptzweck dieser Schleusen, den Bereich für den kerntechnischen Betrieb vom Auffahrungsbereich zu trennen, um insbesondere eine unabhängige Bewetterung dieser beiden Bereichen zu gewährleisten. In Unfall- und Ausnahmesituationen ermöglichen sie den Durchgang des Personals vom Auffahrungsbereich in den Bereich für den kerntechnischen Betrieb und umgekehrt (nach einem validierten Verfahren). Bei einem Brand in einem der beiden Bereiche sollen sie gewährleisten, dass sich der Brand nicht in die jeweils andere Zone ausbreitet und dem Personal in dem betroffenen Bereich einen Zufluchtsort bis zu seiner Evakuierung bieten. ([30], Kap. 11.4.2.12)

Logistischer Infrastrukturbereich für den Betrieb

Die Bewetterung der Strecken des ZSLE erfolgt im vollen Querschnitt direkt vom Plenum, das vom VFE bedient wird. Die Regelung des Wetterstroms erfolgt über eine Schleuse (Wettertür), die sich an der Basis des VFE befindet und mit Türen ausgestattet ist, die über motorisierte Luftregelklappen verfügen. Die Wetter werden dann an den Enden der verschiedenen Zweige des ZSLE über Klappen abgesaugt und über die Abwetterkanäle im Gewölbe zum VVE befördert. Die Räume in der ZSLE werden durch Sonderbewetterung innerhalb der Zone bewettert. Der Schutzraum des ZSLE verfügt über ein autonomes Bewetterungssystem. ([30], Kap. 11.4.2.6)

LL-IL-Einlagerungsbereich

Verbindungsstrecken

Die Bewetterung jeder Verbindungsstrecke im LL-IL-Einlagerungsbereich erfolgt im vollen Querschnitt. Die Frischwetter werden am Anfang jeder Verbindungsstrecke aus dem Plenum über einen für jede Strecke spezifischen Zuluftzweig (*antenne de soufflage*) geführt. Die am Ende jeder Strecke ankommenden Wetter werden über Klappen abgesaugt und dann über Abwetterkanäle im Gewölbe der Strecken zum VVE geführt (siehe Abbildung 7).

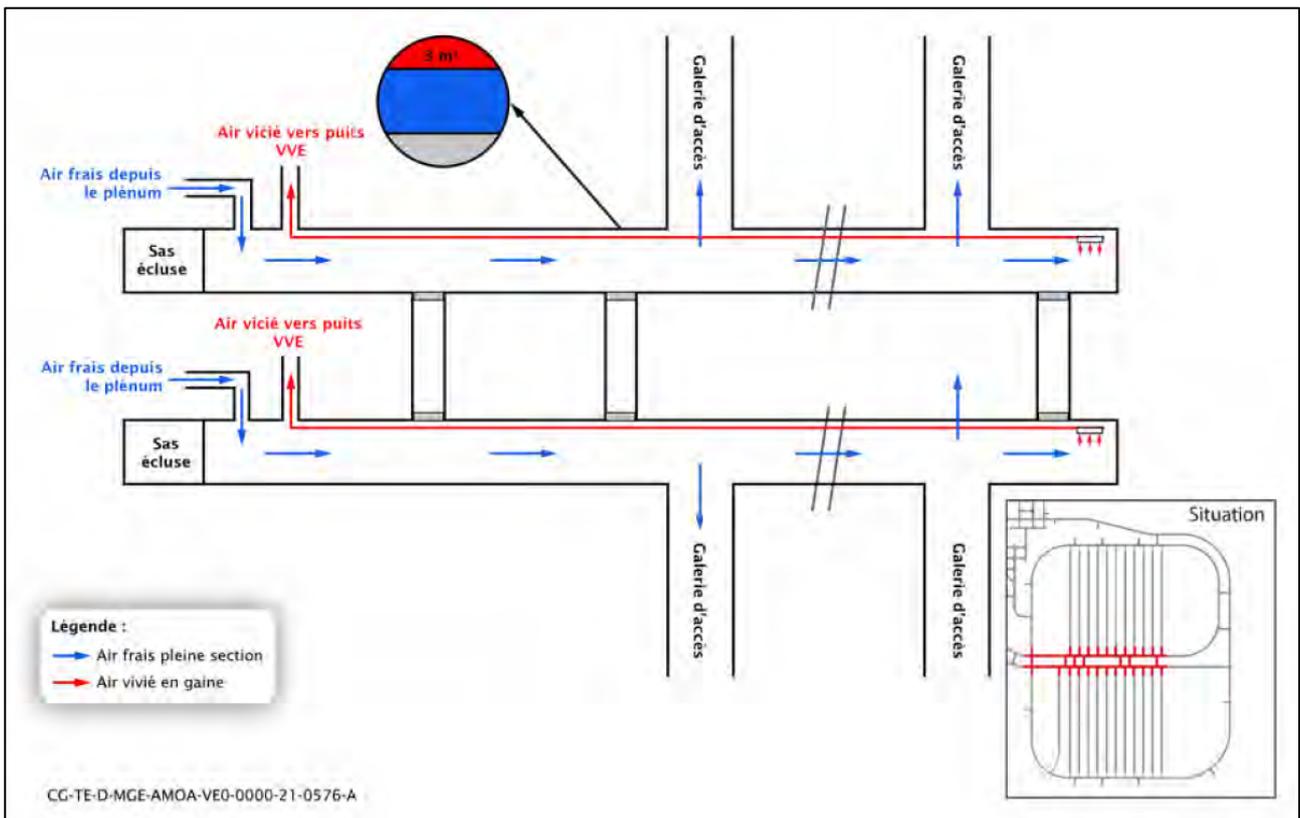


Abbildung 7: Prinzipskizze der Bewetterung von Verbindungsstrecken im LL-IL-Einlagerungsbereich ([30], Figure 11-34)

Zugangsstrecken und LL-IL-Einlagerungsstrecken

Die Zugangsstrecken zu den LL-IL-Einlagerungsstrecken werden im vollen Querschnitt mit Wetter aus der Verbindungsstrecke versorgt (siehe Abbildung 8). Der Andockbereich, der sich vor der Handhabungszelle befindet, besteht aus einem CFO-Raum (natürliche Bewetterung), einem CFI-Raum (Sonderbewetterung), einem Schutzraum (autonome Bewetterung) und einer Schleuse für den Zugang zum Handhabungszelle. ([30], Kap. 11.4.2.8.2)

Die Bewetterung der Handhabungszellen und des Nutzbereichs der LL-IL-Einlagerungsstrecken erfolgt von der Zugangsstrecke aus. Die Luft wird durch Druckunterschied in die Einlagerungsstrecke geleitet. Am Ende der LL-IL-Einlagerungsstrecke wird die Luft abgesaugt und über eine Filterstufe, die mit HEPA-Filtern und einem Funkenschutz ausgestattet ist, gefiltert. Für den Fall, dass die Filter der ersten Stufe nicht verfügbar sind oder gewartet bzw. ausgetauscht werden müssen, wird eine zusätzliche Filterstufe parallel dazu installiert und vorgehalten. Nach dem Filtern wird die Luft aus den LL-IL-Einlagerungsstrecken über ein separates Wetternetz im Streckengewölbe der Abwetterstrecke bis zum VVE geleitet (siehe Abbildung 9). ([30], Kap. 11.4.2.8.2)

Die Abwetterverbindungsstrecke (*jonction de retour d'air*) wird aus der Abwetterstrecke (*galerie de retour d'air*, GRA) bewettert. Die Luft wird dann vom Abwetternetz der Einlagerungsstrecke wieder aufgenommen ([30], Kap. 11.4.2.8.2).

Die Bewetterung der Zugangsschleuse für das Personal in der Handhabungszelle erfolgt kontinuierlich aus der Zugangsstrecke, wobei die Entnahme durch einen Abzweig des Zuluftkanals der Handhabungszelle erfolgt. Ein Abluftsystem ist vorhanden, um auch dann eine kontinuierliche Bewetterung zu ermöglichen, wenn die Tür geschlossen ist. ([30], Kap. 11.4.2.8.2).

Die Wettermenge in den LL-IL-Einlagerungsstrecken variiert zwischen 3 600 m³/h und 15 000 m³/h ([30], Kap. 11.4.2).

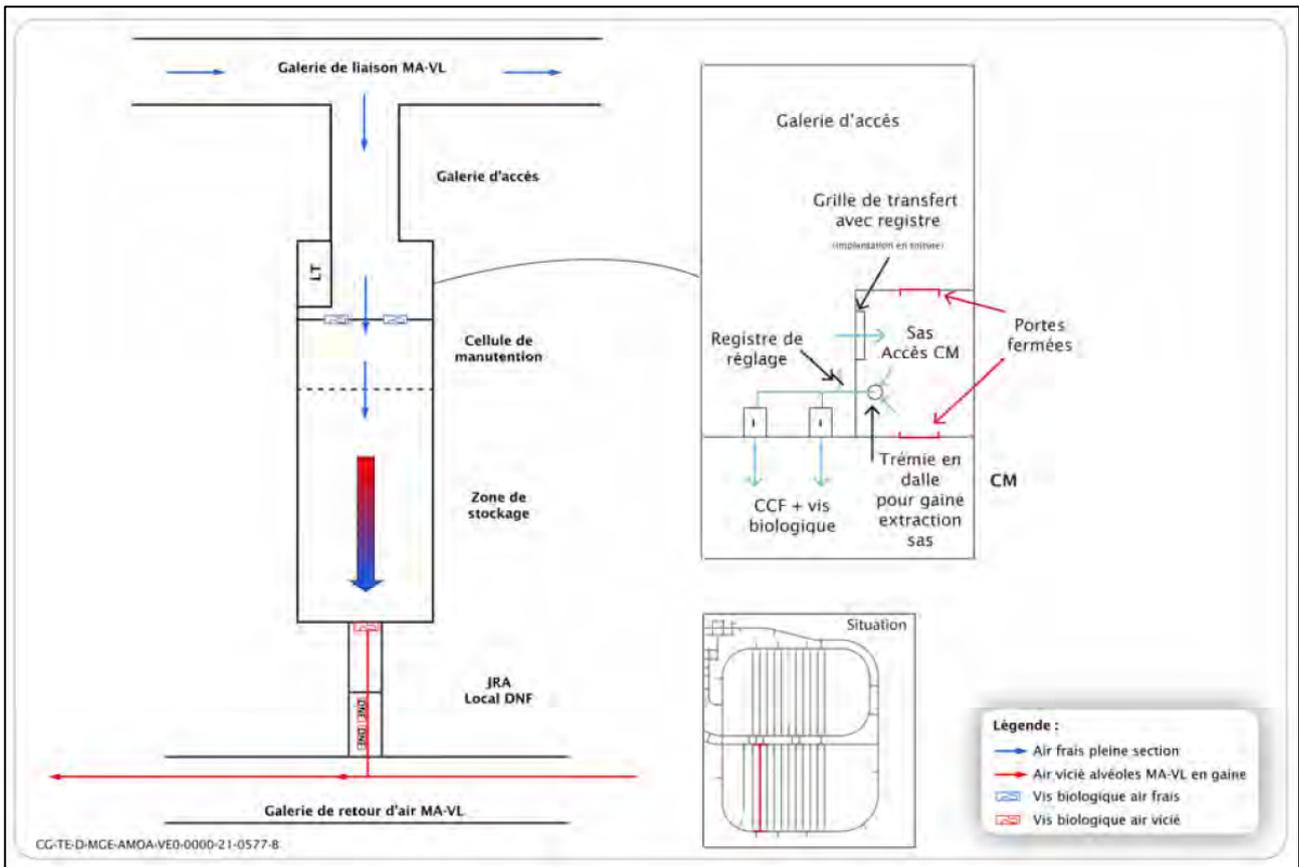


Abbildung 8: Prinzipische Skizze der Bewetterung der LL-IL-Einlagerungsstrecken ([30], Figure 11-35)

Abwetterstrecke

Die Bewetterung jeder Abwetterstrecke im LL-IL-Einlagerungsbereich erfolgt im vollen Querschnitt (siehe Abbildung 9). Die Frischwetter werden von der gemeinsamen Abwetterstrecke über einen dedizierten, mit dem Plenum verbundenen Zuluftzweig geleitet und dann im vollen Querschnitt zu den beiden Abwetterstrecken geführt. Am Ende der Abwetterstrecken werden die Wetter über Klappen aufgenommen und über die Abwetterkanäle im Gewölbe der Abwetterstrecken zum VVE befördert. ([30], Kap. 11.4.2.8.3)

Die Bewetterung des Flucht- und Rettungswegs erfolgt über einen Verteiler (der die Luft aus dem Ausblasplenum bezieht), der die Frischwetter gleichmäßig über die gesamte Länge des Flucht- und Rettungswegs verteilt. Lüfter, die im ZSLE installiert sind, sorgen dafür, dass der Flucht- und Rettungsweg unter Überdruck gesetzt wird. Die Wetter werden dann über Überdruckklappen, die in regelmäßigen Abständen entlang der Strecke verteilt sind, in die Abwetterstrecke überführt. ([30], Kap. 11.4.2.8.3)

Die Bewetterung der Technikräume (Sackgassen) im Bereich des Flucht- und Rettungswegs erfolgt durch Anzapfen der Frischwittersammelleitung des Flucht- und Rettungswegs. Der Zuluftzweig ist mit einer Drosselklappe und einer Brandschutzklappe ausgestattet. Die Abwetter werden über ein Gitter, das ebenfalls mit einer Brandschutzklappe versehen ist, in die Strecke zurückgeführt. ([30], Kap. 11.4.2.10.2)

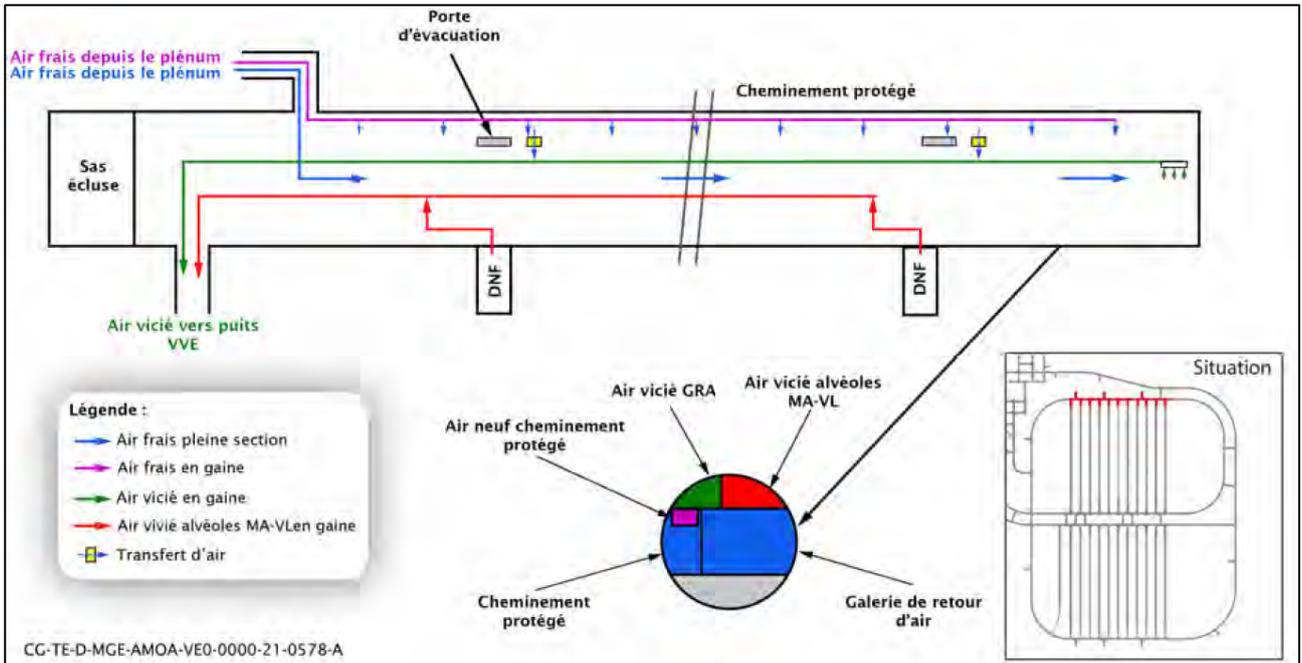


Abbildung 9: Prinzipskizze der Bewetterung einer Abwetterstrecke ([30], Figure 11-36)

HA-Pilotlager

Zugangsstrecken im HA-Pilotlager

Die Bewetterung der Zugangsstrecken des HA-Lagers erfolgt von der Verbindungsstrecke. Die Wetter werden am Ende der Strecke über Klappen abgesaugt und dann über den Abwetterkanal im Gewölbe zum VVE befördert. ([30], Kap. 11.4.2.9.2)

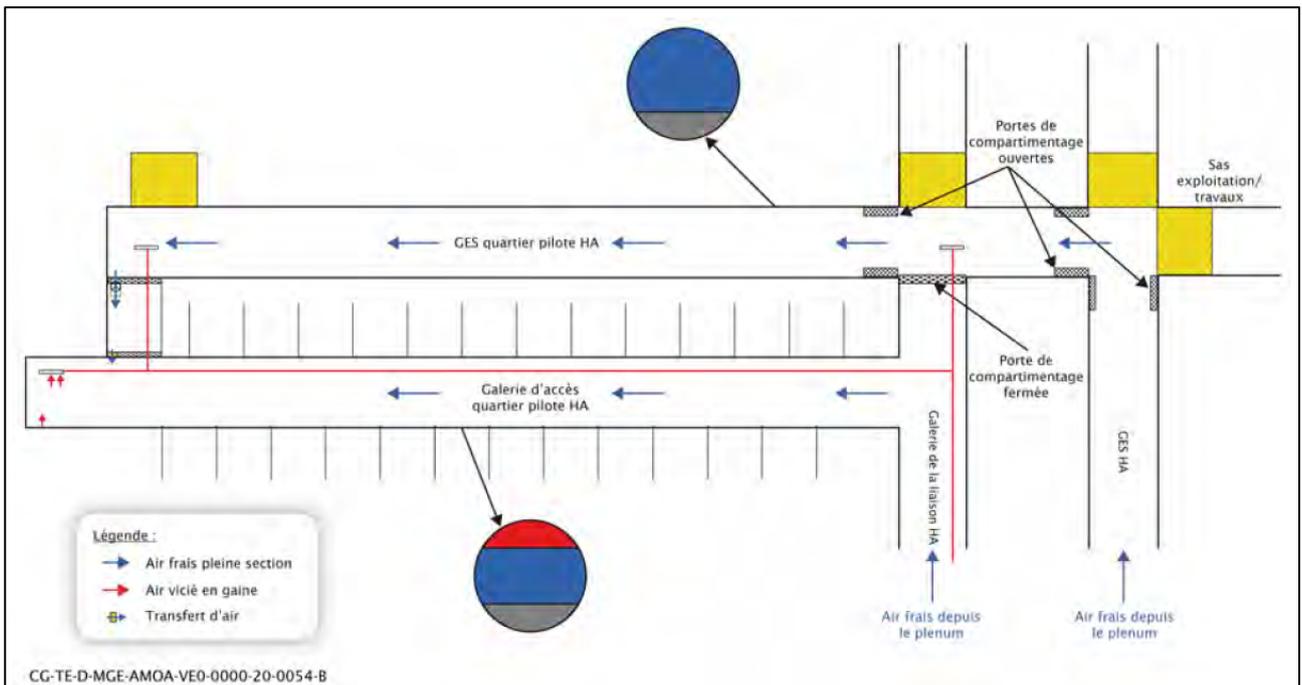


Abbildung 10: Prinzipskizze der Bewetterung des HA-Pilotlagers ([30], Figure 11-37)

HA-Einlagerungsstrecken

Die HA-Einlagerungsstrecken werden nicht bewettert ([30], Kap. 11.4.2.9.1).

Flucht-/Rettungsstrecke des HA-Pilotlagers und technische Abschnitte

Die Bewetterung der Flucht-/Rettungsstrecke des HA-Pilotlagers erfolgt im vollen Querschnitt aus der Flucht-/Rettungsstrecke des HA-Einlagerungsbereichs. Die Wetter werden dann von den Gebläsen der technischen Abschnitte übernommen und in die Zugangsstrecke geleitet, um von deren Abwetternetz übernommen zu werden. Zusätzlich ist die Flucht-/Rettungsstrecke mit Rauchabzugsklappen ausgestattet, die über ein Kanalsystem an das Absaugsystem im Gewölbe der Strecken angeschlossen sind. ([30], Kap. 11.4.2.9.3)

Flucht-/Rettungsverbindungen

Es gibt zwei typische Konfigurationen für die Bewetterung von Flucht-/Rettungsverbindungen:

- Zweiwegewetterung, wenn der Rauchschutz in Bezug auf beide Strecken gewährleistet sein muss
- Einwegewetterung, wenn der Rauchschutz nur in Bezug auf eine Strecke gewährleistet sein muss

Die Bewetterung der Flucht-/Rettungsverbindungen erfolgt aus der angrenzenden Strecke mit Hilfe eines Gebläses. Ein zusätzliches Gebläse mit gleicher Kapazität ist vorhanden, um einen Ausfall des ersten Gebläses zu kompensieren. Der Lüfter sorgt im Normalbetrieb für einen ausreichenden Wetteraustausch und gewährleistet, dass bei einem Brand in einer der angrenzenden Strecken die Rauchgase abgezogen werden. Die Lufterneuerung und Klimatisierung der Technikräume erfolgt über Klimaschränke, die direkt in den Zwischenräumen aufgestellt sind. ([30], Kap. 11.4.2.10.3)

6.1.4.2.3 Gebindeabfahrtsrampe

Das Portal der Gebindeabfahrtsrampe ist ein halb unterirdisches Bauwerk, das aus mehreren nebeneinander liegenden Blöcken besteht. Die Lüftungsräume für die NC- und C1-Lüftungsnetze befinden sich auf dem Niveau bei ca. + 12 m. Die Schleuse des oberen Terminals der seilgeführten Flurförderanlage, das Terminal selbst und die Wartungs- und Maschinenräume der seilgeführten Flurförderanlage sind als C1-Räume klassifiziert. ([30], Kap. 4.2.2.1 & 4.2.2.2)

Die Bewetterung der Gebindeabfahrtsrampe erfolgt während der Betriebsphase aufsteigend über ihren gesamten Querschnitt (siehe Abbildung 11). Die Wetter werden an der Basis der Gebindeabfahrtsrampe aus dem ZSLE zugeführt und am Portal der Gebindeabfahrtsrampe mithilfe einer speziellen Abwetteranlage abgesaugt. Für den Fall eines Versagens oder für Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten wird eine zusätzliche Abwetteranlage vorgehalten. ([30], Kap. 4.2.1 & 11.4.2.5).

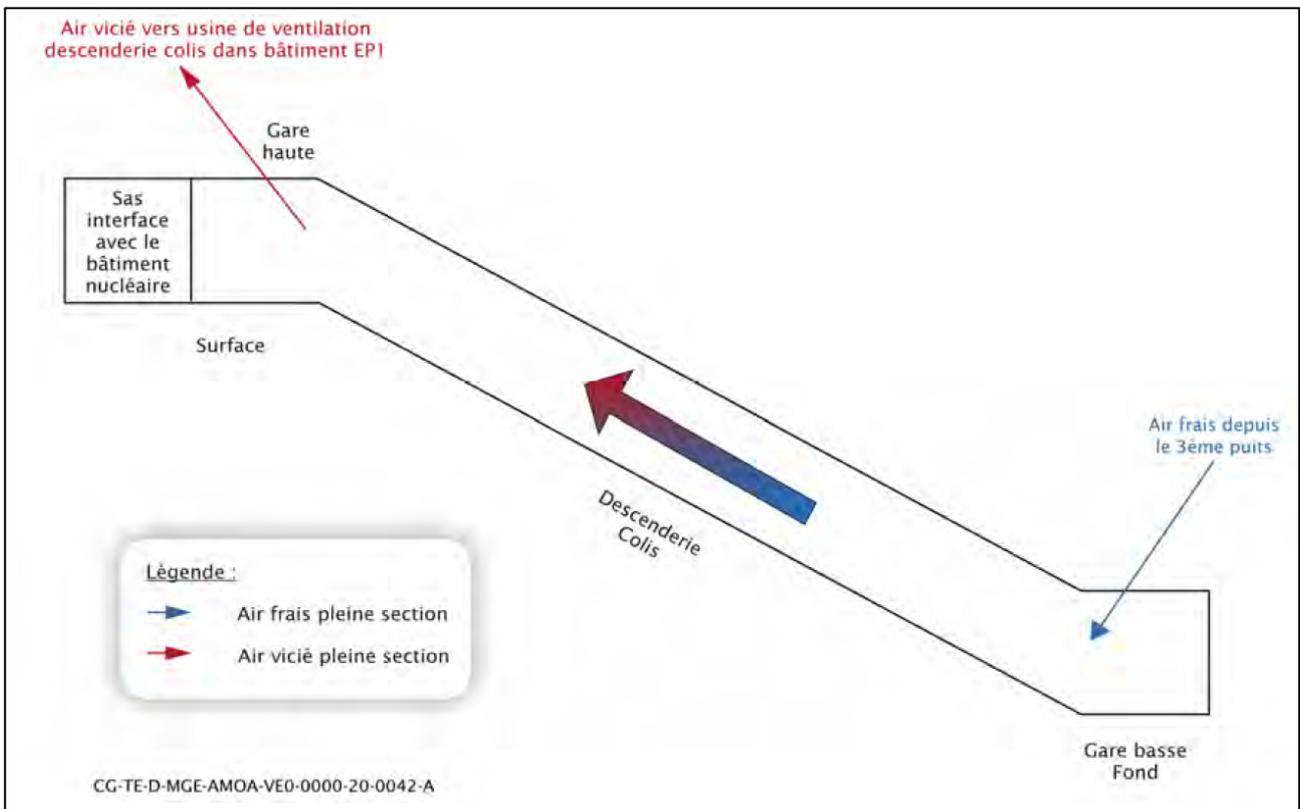


Abbildung 11: Prinzipskizze der Bewetterung der Gebindeabfahrtsrampe ([30], Figure 11-32)

6.1.4.2.4 Servicerampe

Die Servicerampe wird für Evakuierungs- und Rettungsmaßnahmen sowie für Wartungsarbeiten genutzt. Sie hat einen eigenen übertägigen Zugang, der Portal der Servicerampe genannt wird und untertägig mit dem ZSLE verbunden ist. Das Portal der Servicerampe umfasst eine Bewetterungsanlage, Umkleidekabinen und den Lampenraum sowie eine Schleuse. ([30], Kap. 8.1 & 8.1.2)

Bewetterungsanlage

Die Frischwetter werden an der Basis der Servicerampe vom Frischwetterplenum (*plénum de soufflage*) über einen Zuluftzweig zugeführt. Die Bewetterung erfolgt dann aufsteigend über den gesamten Querschnitt (siehe Abbildung 12). Die Abwetter werden mithilfe eines speziellen, zu 100 % redundanten Abwetterlüfters abgesaugt, um eine Notversorgung zu gewährleisten und Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten zu erleichtern. ([30], Kap. 8.1.1, 8.1.2 & 11.4.2.4)

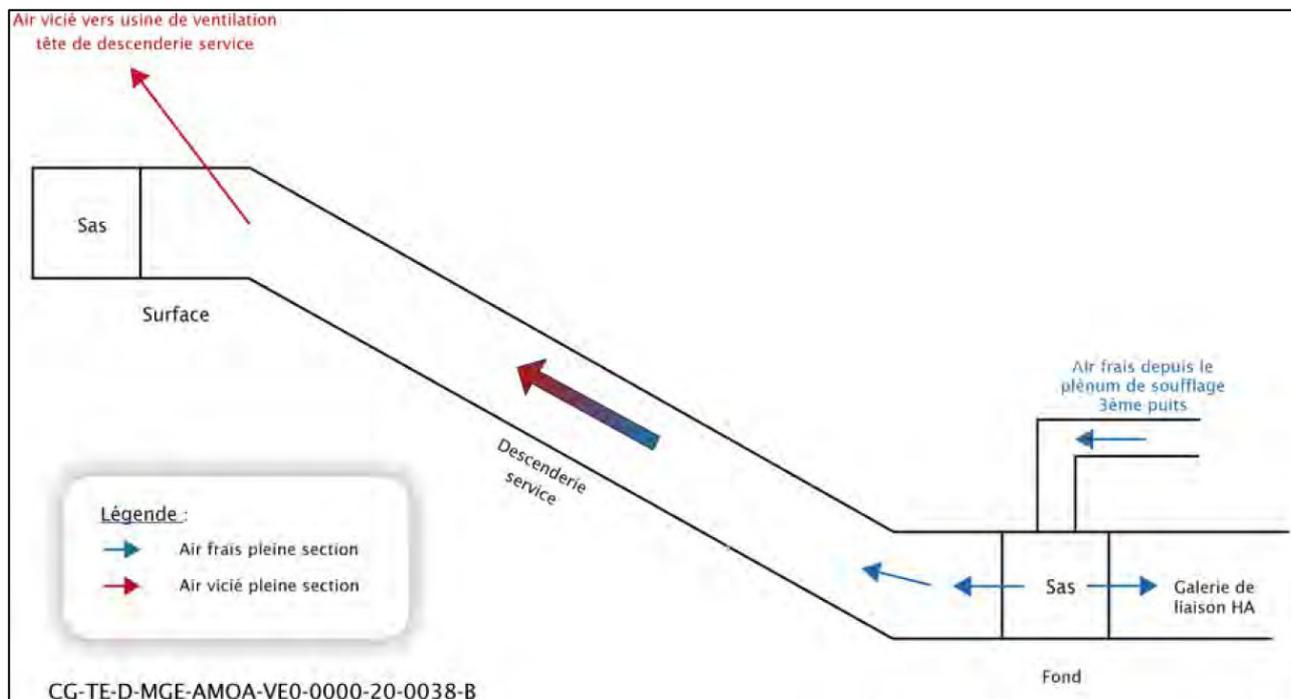


Abbildung 12: Prinzipskizze der Bewetterung der Servicerrampe ([30], Figure 11-29)

Auslegung

Der Bemessungsfall des Abwetternetzes und der zugehörigen Ausrüstung ist die im Brandfall erforderliche Entrauchung. Ein redundantes Abwetternetz ermöglicht die Steuerung der Wetterströme im Normal- und Notbetrieb. Es gibt also zwei Wege der Abwetterabsaugung, die jeweils aus zwei stromaufwärtsgerichteten/stromabwärtsgerichteten Absperrklappen, einem Abwetterlüfter und einem Schalldämpfer bestehen. ([30], Kap. 8.1.2.1)

Die Auslegungsprinzipien des Portals der Servicerrampe (Bauwerke und ASK) ermöglichen es, auf extreme Wetter- oder Klimabedingungen wie Schnee oder die Auswirkungen von extremen Temperaturen, die direkte Wirkung des Windes (Geschwindigkeit und Druck), den Aufprall von Projektilen und das Verstopfen von Öffnungen (Trümmer, Blätter, Äste von Bäumen usw.) zu reagieren. Die Erdbebensicherheit der Strukturen und ASK der Bewetterungsanlage, der Schleuse und der Umkleieräume/des Lampenraums wird in Bezug auf Stabilität, Integrität und Funktionsfähigkeit sichergestellt. Des Weiteren sind die untertägigen Teile des Bauwerks zur Kanalisation von Regenwasser mit einer Drainagevorrichtung in Verbindung mit einer Abdichtung ausgestattet und die Zugänge zum Gebäude sind erhöht. ([30], Kap. 8.1.2)

6.1.4.2.5 Frischwitterschacht „Betrieb“

Der VFE hat die Funktion, das Personal von der Oberflächenanlage in die untertägigen ZSLE zu bringen und das Grubengebäude mit Frischwetterern aus den übertägigen Lüftungseinheiten zu versorgen.

Lüftergebäude

Das Lüftergebäude des VFE ist ein halb unterirdisches Gebäude, das auf der unteren Ebene die Lüfter für die Frischwetterzufuhr und auf der oberen Ebene die zugehörigen technischen Räume beherbergt. Das Lüftergebäude hat mehrere Lüftungswege, die durch Wände voneinander getrennt sind. Der den

Lüftern gewidmete Raum ist in doppelter Höhe konzipiert und mit einem Laufkran ausgestattet, der alle notwendigen Wartungsarbeiten ermöglicht. ([30], Kap. 8.2.2.1)

Dieses Lüftergebäude umfasst die folgenden ASK:

- Frischwettereinlässe mit Blasventilen
- Thermobatterien
- Luftaufbereitungsanlagen (Wärmetauscher, Isolationsregister)
- Schalldämpfer
- Lüfter

Die Anzahl der eingesetzten Lüfter hängt von der schrittweisen Errichtung der untertägigen Anlage ab. Unabhängig von der Bauphase wird ein zusätzlicher Lüfter in Bezug auf den Bedarf der jeweiligen Phase vorgesehen. Bei Ausfall von bis zu zwei Lüftern wird durch den zusätzlichen Lüfter und, ggf. durch eine Erhöhung des Lastfaktors der noch laufenden Lüfter, die für den Betrieb der Anlage erforderliche Lüftungsleistung aufrechterhalten. ([4], Kap. 11.4.2.2).

Auslegung

Das Schachtgebäude, die Belüftungsanlage und der Lampenraum (*lampestrie*) sind für extreme Wetter oder Klimabedingungen wie Schnee oder die Auswirkungen von extremen Winden und Tornados dimensioniert. Die gewählten Konstruktionsprinzipien ermöglichen es insbesondere, auf die direkte Wirkung des Windes (Geschwindigkeit und Druck), den Aufprall von Projektilen und das Verstopfen von Öffnungen (Trümmer, Blätter, Äste von Bäumen usw.) zu reagieren. ([30], Kap. 8.2.2)

6.1.4.2.6 Abwetterschacht „Betrieb“ (VVE)

Im Normalbetrieb sind die wichtigsten Betriebsfunktionen des VVE die Absaugung der Abwetter aus dem kerntechnischen Bereich des Betriebs des Grubengebäudes, die Aufrechterhaltung des dynamischen Einflusses und das Management der gasförmigen Ableitungen (im Wesentlichen Radiolysegase aus den LL-IL-Einlagerungsstrecken) durch seinen Schornstein. Im Fall eines Brandes im Grubengebäude, eines externen Angriffs oder eines Ausfalls des Hauptnetzes muss er außerdem die Entrauchung ermöglichen. ([30], Kap. 8.3.1 & 11.4.2.14)

Die Oberflächenbauwerke des VVE setzen sich aus einem Lüftergebäude, der Rasenhängebank (*emergence du puits*) des Schachtes und einem Schornstein für die Ableitung gasförmiger Ableitungen zusammen. Der Schornstein besteht aus einem Rohr mit vier Kanälen. Jeder dieser Kanäle ist mit Sensoren zur Überwachung der gasförmigen Ableitungen (Durchfluss und Temperatur) sowie Probenahmestäben für Gas- und Aerosolmessungen ausgestattet ([30], Kap. 8.3.2.3 & 11.4.2.14).

Lüftergebäude

Das Lüftergebäude ist ein halb unterirdisches Gebäude, in dem sich auf der unteren Ebene die Lüfter, die Batterien/Schalldämpfer und in den oberen Ebenen die zugehörigen technischen Räume und die Fördereinrichtungen auf den Diffusoren (*trémies*) befinden. Die Anlage verfügt über mehrere Abluftwege, die durch Wände getrennt sind, an denen auch ein System zur Energierückgewinnung angebracht ist. ([30], Kap. 8.3.2.1).

Die Anzahl der eingesetzten Lüfter hängt von der schrittweisen Auffahrung der untertägigen Anlage ab. Ein zusätzlicher Lüfter steht zur Verfügung, falls ein Lüfter ausfällt oder Wartungsarbeiten durchgeführt werden. Bei Ausfall von zwei Lüftern kann mit diesem zusätzlichen Lüfter und ggf. durch

eine Erhöhung des Lastfaktors der noch laufenden Lüfter die für den Betrieb der Anlage erforderliche Lüfterleistung aufrechterhalten werden. ([30], Kap. 11.4.2.14)

Auslegung

Die Integrität der Struktur und die Funktionstüchtigkeit der Belüftungsanlagen müssen gegenüber den identifizierten Einwirkungen gewährleistet sein. Zu diesem Zweck werden der Schacht, die Belüftungsanlage und der Schornstein für extreme Wetter oder Klimabedingungen wie Schnee oder die Auswirkungen von extremen Winden und Tornados dimensioniert. Die gewählten Konstruktionsprinzipien ermöglichen es, auf die direkte Wirkung des Windes (Geschwindigkeit und Druck), den Aufprall von Projektilen und die Verstopfung von Öffnungen (Trümmer, Blätter, Äste von Bäumen usw.) zu reagieren. Es wird außerdem keine sicherheitsrelevanten Ausrüstungsgegenstände geben, die direkt gegenüber einer Türöffnung positioniert sind. ([30], Kap. 8.3.2)

Die Erdbebensicherheit der Strukturen und Ausrüstungen (Halterungen, Verankerungen etc.) des Schachtes, der Belüftungsanlage und des Schornsteins wird in Bezug auf Stabilität, Integrität und Funktionsfähigkeit nach dem Erdbeben sichergestellt. Um sich vor externen Überschwemmungen zu schützen, wird der unterirdische Teil der Bauwerke verrohrt und mit peripheren Drainagen versehen. Die Bauwerke und insbesondere ihre Zugänge werden gegenüber den angrenzenden Straßen und Einrichtungen erhöht. Es sind Gefälle vorgesehen, um den Abfluss von Regenwasser von den Bauwerken fernzuhalten. Das Wasser wird dann gesammelt und in Rückhaltebecken geleitet. ([30], Kap. 8.3.2)

6.1.4.3 Stilllegungsbetrieb

Die Arbeiten, die während der Stilllegungs- und Rückbauphase an der Oberfläche durchgeführt werden, umfassen

- den Abbau von Ausrüstungen,
- die Sanierung von Räumen und Böden und
- den Abriss von Tiefbaustrukturen.

Alle gefährlichen und radioaktiven Stoffe, die sich in den Oberflächenanlagen befinden, werden entsorgt; die nicht mehr benötigten Gebäude und Bauwerke des Cigéo werden abgebaut bzw., falls erforderlich, rückgebaut. Die Oberflächenbereiche werden gemäß den zukünftig festzulegenden Nutzungszielen neugestaltet.

Unter Tage bestehen die Vorbereitungen für die Stilllegung hauptsächlich aus dem Rückbau von ASK, die nicht an Ort und Stelle belassen werden können, und dem anschließenden Bau von Verschlussbauwerken (siehe Abschnitt 6.1.2.2), die die bestehende geologische Barriere ergänzen und so ausgelegt sind, dass sie die ordnungsgemäße Einschlussfunktion des Endlagers langfristig gewährleisten.

Das von ANDRA derzeit vorgeschlagene Stilllegungsschema (siehe auch Anhang 13) besteht darin, die Einlagerungstrecken zu verschließen und die Einlagerungsbereiche im selben Zeithorizont zu schließen. Diese Maßnahmen könnten in verschiedenen Phasen (d. h. während der Betriebs- oder Stilllegungsphase) durchgeführt werden. Derzeit sieht ANDRA vor,

- das HA-Pilotlager im Jahr 2080, nach etwa 40 Jahren Betrieb und Überwachung,
- den LL-IL-Einlagerungsbereich im Jahr 2100, nach Abschluss der Einlagerung (nach etwa 60 Jahren Betrieb) und
- den HA-Einlagerungsbereich bis 2150, nach Abschluss der Einlagerung (nach bis zu ca. 70 Jahren Betrieb)

stillzulegen.

Sobald der Verschluss der Einlagerungsstrecken, die Stilllegung der Einlagerungsbereiche und der Verschluss der Einlagerungsbereiche sowie die Verfüllung der logistischen Infrastrukturbereiche abgeschlossen sind, kann die endgültige Stilllegung eingeleitet werden. Oberflächenanlagen, die für die Überwachung nach der Stilllegung und die Gedenkstätte benötigt werden, bleiben erhalten oder werden bei Bedarf geschaffen.

([10], Kap. 4.7)

6.1.5 Standortbeschreibung

Das Cigéo befindet sich an der Grenze der Departements *Meuse* und *Haute-Marne*.

6.1.5.1 Geologische Standortbeschreibung

Die kerntechnische Anlage Cigéo befindet sich am östlichen Rand des Pariser Beckens, das durch eine Sedimentgesteinsfolge aus überwiegend Ton- und Kalksteinen strukturiert wird. Die Sedimentgesteinsfolge weist ein gleichmäßiges Gefälle in der Größenordnung von einem Grad in Richtung des Zentrums des Pariser Beckens (d. h. nach Nordwesten) auf, das durch eine Neigung mit geringer Amplitude, die in Ost-Nordost/West-Südwest-Richtung verläuft, ergänzt wird.

Die Formationen, die am stärksten von der Errichtung der unterschiedlichen Komponenten des Endlagers (Oberflächenanlagen, untertägige Anlagen sowie LSF (d. h. Schächte und Rampen)) betroffen sind (*Calcaires du Barrois*, *Kimmeridgium*, *Oxfordien carbonaté*, *Callovo-Oxfordium* und *Dogger*) weisen im Bereich des Cigéo eine Gesamtmächtigkeit von mehr als 1800 m auf.

Bei der Beschreibung der im Liegenden des Wirtsgesteins vorkommenden Schichtenfolgen wird auch auf besondere Rohstoffvorkommen (z. B. Kohle) bzw. Nutzungsmöglichkeiten (z. B. Geothermie) eingegangen.

Calcaires du Barrois (Oberjura)

Die wasserführenden Kalksteine des Tithoniums dominieren die Aufschlüsse im Bereich der untertägigen Anlage und im Bereich der Rampen. Die Mächtigkeit dieser Formation, die maximal 150 m beträgt, variiert geografisch aufgrund der kombinierten Wirkung der nach Nordwesten zunehmenden Neigung und der Erosion des Reliefs. Die kalkhaltigeren Intervalle, die in dieser Formation angetroffen werden, sind teilweise stark zerklüftet und verkarstet. Folglich sind eine schnelle Infiltration und Zirkulation des Wassers sowie Verluste in den sie durchströmenden Wasserläufen, möglich. Die Geometrie dieser Formation wurde durch Modellierung auf Grundlage zahlreicher Bohrungen in und in der Nähe des Endlagerstandortes (ZIOS sowie Betriebsgelände „Schächte“ und „Rampen“) genau festgelegt. ([29], Kap. 1.4.1)

Kimmeridgium (Oberjura)

Die hauptsächlich mergelige Kimmeridgium-Formation besteht aus einer regelmäßigen Überlagerung von drei tonig-mergeligen Schichten, welche durch zwei karbonathaltigere Schichten voneinander getrennt sind. Innerhalb des betrachteten Gebietes variiert die Mächtigkeit dieser Überlagerung nur um wenige Meter. Der obere Teil der Formation ist am westlichen Rand des Betriebsgeländes „Rampen“ und am südöstlichen Rand des ZIOS sowie in den tieferen Bereichen der Schächte aufgeschlossen. Die Geometrie und die Eigenschaften dieser Formation werden durch das geologische Modell dargestellt. ([29], Kap. 1.4.2)

Oxfordien carbonaté (Oberjura)

Die Kalksteinformation (Grundwasserleiter) des mittleren bis oberen Oxfordiums befindet sich oberhalb des Wirtsgesteins. Die hydrodynamischen Eigenschaften dieser Formation werden hauptsächlich durch die Fazies und die überlagernde Diagenese eingeschränkt. So wurde die ursprünglich sehr durchlässige granulare Fazies durch aufeinanderfolgende Kalzitphasen zementiert, welche die Porosität und Durchlässigkeit verringerten. Allerdings blieb ein Teil der primären Porosität in mikritischen Fazies erhalten, sodass die weitere Bildung und/oder Aufrechterhaltung poröser Schichten möglich ist. Die paläogeographischen Rekonstruktionen aus den Bohrungen und der 2D-Seismik sowie die Kenntnis der diagenetischen Geschichte ermöglichen es, die Verteilung der wasserführenden porösen Schichten im Gebiet der kerntechnischen Anlage darzustellen. In der Nähe des Betriebsgeländes „Rampen“ und entlang der LSF (Betriebsgelände „Rampen“ und „Schächte“) sind drei Gruppen von porösen Schichten durch hydrogeologisch isolierte Mergelintervalle voneinander getrennt. Die geringere Mächtigkeit dieser Mergelschichten ermöglicht im Nordwesten des betrachteten Gebiets eine Verbindung zwischen den porösen Schichten. ([29], Kap. 1.5)

Callovo-Oxfordium (Wirtsgestein, Mittel- bis Oberjura)

Die untertägigen Bauwerke der kerntechnischen Anlage befinden sich in der überwiegend tonigen Callovo-Oxfordium-Formation. Im Bereich des Endlagers

- ist die Geometrie der Formation stratiform und stimmt mit der regionalen geologischen Geschichte überein,
- ist das Vorhandensein eines ruhigen Sedimentationskontextes und geringer tektonischer Aktivität gewährleistet,
- schwankt die Gesamtmächtigkeit der Formation zwischen etwa 142 m und 162 m und weist eine Neigung von etwa einem Grad auf und
- wurden keine strukturellen Diskontinuitäten mit einem Versatz von mehr als 4 m festgestellt.

Die Formation variiert nur wenig in ihrer Mächtigkeit und ist in der Region *Meuse/Haute-Marne* durchgängig. Die Formation ist in sedimentäre Sequenzen gegliedert, deren Grenzen durch dünne karbonatische Ablagerungen betont werden. Der obere Teil der Formation ist durch eine Anreicherung mit Karbonaten gekennzeichnet. Der zentrale Teil der Callovo-Oxfordium-Formation entspricht der tonhaltigsten Zone mit bis zu 60 % Tonmineralien. ([29], Kap. 1.6)

Dogger (Mitteljura)

Unterhalb des Wirtsgesteins befindet sich die kalkhaltige und wasserführende Dogger-Formation. Im Gebiet der vertieften Erkundung (*zone d'intérêt pour la recherche approfondie*, ZIRA, siehe auch Abbildung 29 auf Seite 167) befindet sie sich in einer Tiefe von 510 m bis 680 m. Die Formation besteht aus zwei Karbonatkomplexen, die durch ein mergeliges Intervall voneinander getrennt sind. Die Diagenese, die zu einer starken Rekristallisierung der Karbonate und zur Zementierung der ursprünglichen Porosität geführt hat, betrifft die gesamte Formation mit Ausnahme von zwei porösen Schichten im oberen Teil des Bathoniums, bei denen die frühe Diagenese die ursprüngliche Porosität erhalten konnte. ([29], Kap. 1.7.1)

Lias (Unterjura)

Im Bereich des ZIOS wird der Lias, mit Ausnahme von seltenen karbonathaltigen Intervallen, von tonigen oder mergeligen Fazies dominiert. Die Pappschiefer-Formation (*formation des schistes carton*), das Muttergestein der meisten im Pariser Becken abgebauten flüssigen Kohlenwasserstoffe,

ist zwar vorhanden, hat aber die für die Entstehung dieser Kohlenwasserstoffe notwendigen Temperaturbedingungen und Ablagerungsdauer (Ölfenster) nicht erreicht. ([29], Kap. 1.7.2)

Trias

Die Trias wird von evaporitischen Fazies des Keupers, karbonatischen Fazies und sandigen Tonen des Muschelkalks sowie Sandsteinen und Konglomeraten des Buntsandsteins repräsentiert. Die quantitative Analyse des geothermischen Potenzials der Trias in der ZIRA zeigt, dass dieses keinen außergewöhnlichen Charakter hat und dem auf regionaler Ebene und im weiteren Sinne auf der Ebene des Pariser Beckens ähnlich ist. ([29], Kap. 1.7.2)

Perm

Die zuvor genannten Sedimentgesteine liegen diskordant auf mächtigen Ablagerungen aus dem Perm, die durch detritische Fazies mit seltenen Toneinlagerungen ohne bemerkenswerte Ressourcen gekennzeichnet sind. ([29], Kap. 1.7.2)

Karbon

Unterhalb des Perms wird das Karbon durch das Stephanium in einem paläoökologischen Kontext repräsentiert, der für großflächige Kohleablagerungen ungünstig ist, und möglicherweise durch das Westphalium, dessen Teufe aber in jedem Fall zu groß wäre, um den Abbau von Kohle in Betracht zu ziehen ([29], Kap. 1.7.2).

6.1.5.2 Hydrogeologische Standortbeschreibung

Am Standort des Cigéo gibt es drei Hauptgrundwasserleiter (*Calcaires du Barrois*, *Oxfordium calcaire* bzw. *Oxfordium carbonaté* und Dogger), die durch undurchlässige Schichten voneinander getrennt sind (siehe Abbildung 13).

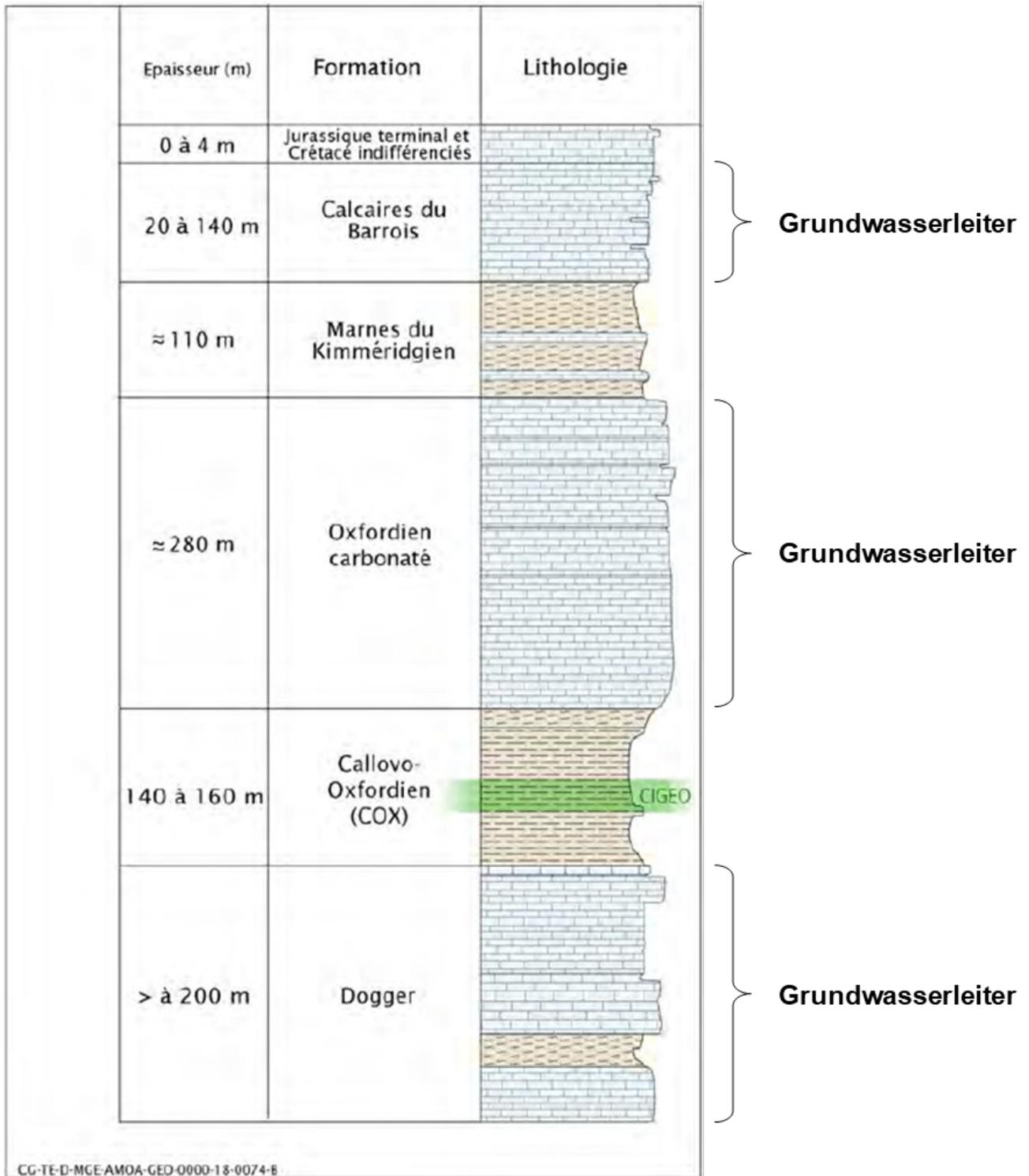


Abbildung 13: Stratigraphie am Standort des Cigéo ([29], Figure 1-8, überarbeitet)

Calcaires du Barrois (Oberflächennaher Karstgrundwasserleiter)

Die oberflächennahen *Calcaires du Barrois* bilden ein Karstgrundwasserleitersystem, das aus drei wasserführenden Einheiten (*Calcaires sublithographiques*, *Calcaires de Dommartin* und *Calcaires cariés*) besteht, die durch teildurchlässige Formationen (*Pierre Châline* und *Oolithe de Bure*) voneinander getrennt sind. Die Abflüsse sind in jeder der drei wasserführenden Einheiten gemäß der allgemeinen Struktur der lokalen und regionalen Geologie, der Zerklüftung in Nord-Nordwest-Richtung und des Netzes von Karstgängen, das sich durch die Auflösung von Kalkstein entlang des bestehenden Kluftnetzes entwickelt hat, strukturiert. Vertikale Karstkanäle können Verbindungen mit dem Oberflächenwassersystem bilden und so eine lokale Verbindung dieser Grundwasserleiter ermöglichen. Außerdem können die oben genannten halbdurchlässigen Formationen verwittert und zerklüftet sein, wenn sie sich an der Oberfläche oder in der Nähe der Oberfläche befinden und so eine hydraulische Verbindung zwischen den verschiedenen Grundwasserleitern ermöglichen. ([29], Kap. 2.1.1.1)

Die Hauptaustritte (*exutoires*) aus den *Calcaires du Barrois* befinden sich im Tal der *Orge* und der *Saulx*. Tracer zeigen jedoch, dass es auch Abflüsse in das Tal der *Marne* im Westen und zu Quellen weiter flussabwärts im Tal der *Saulx* (Quellen von *Rupt-aux-Nonains*, *Haironville*, *Bazincourt-sur-Saulx*) oder weiter nördlich in Richtung *Bar-le-Duc* und *Fains-les-Sources* gibt (siehe Abbildung 14). Die Fließgeschwindigkeiten des Grundwassers sind aufgrund von Verkarstungserscheinungen schnell. ([29], Kap. 2.1.1.2)

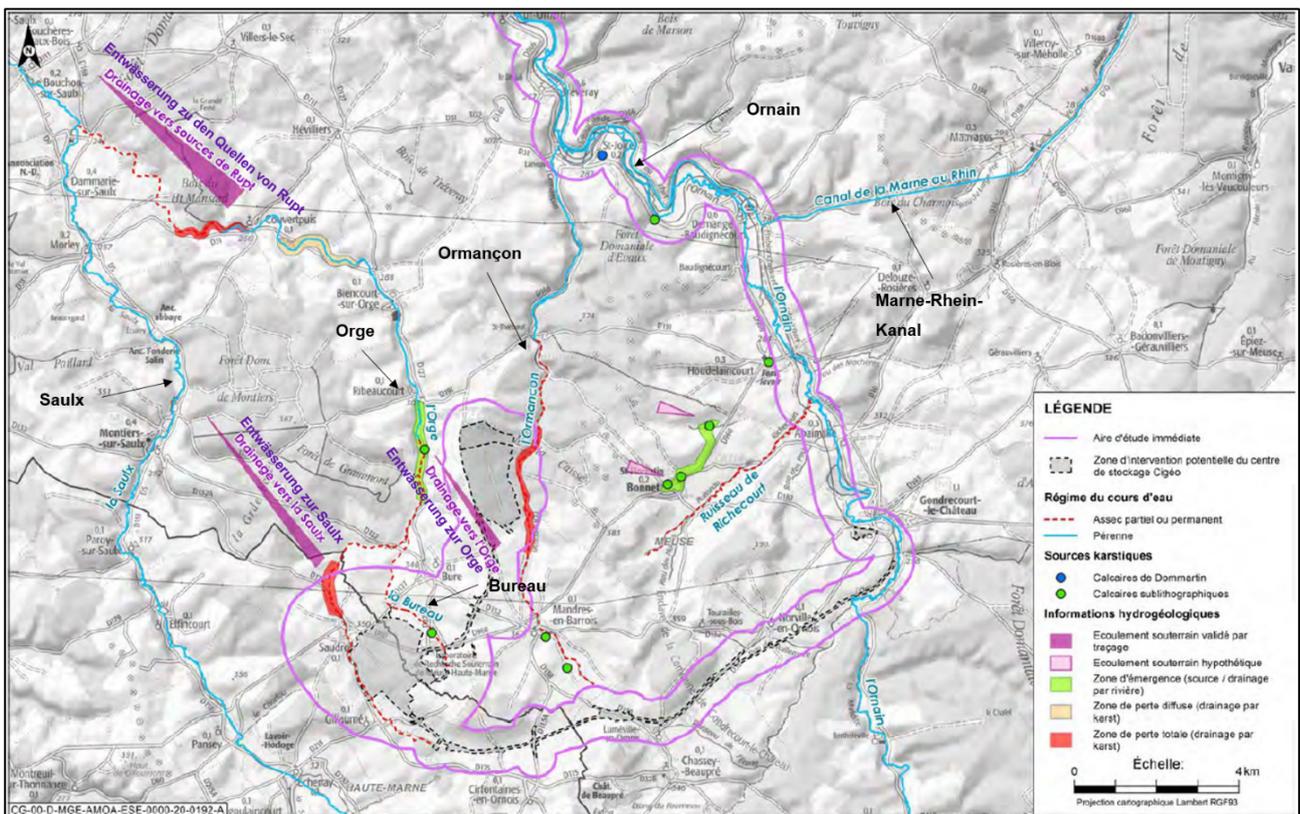


Abbildung 14: Darstellung der Beziehungen zwischen den Flüssen Orge, Bureau sowie Ormançon und dem Grundwasserleiter Calcaires du Barrois ([29], Figure 2-6, überarbeitet)

Oxfordium calcaire

Das Oxfordium, das oberhalb des Callovo-Oxfordium (Wirtsgestein) liegt (siehe Abbildung 13), besteht aus abwechselnden kalkhaltigen und ton- und mergelhaltigen Horizonten. Im Sektor *Meuse/Haute-Marne* sind sieben Kalksteinhorizonte als poröse Horizonte identifiziert, die mit den ton- und mergelhaltigen Horizonten der grauen Serie durchsetzt sind. Dieses mehrschichtige System umfasst zwei Grundwasserleiter, die durch die Mergel der grauen Serie voneinander getrennt sind:

- Der obere Grundwasserleiter besteht aus den porösen Horizonten des *Sequaniums* und erstreckt sich über den nordöstlichen Teil des Sektors *Meuse/Haute-Marne* bis zum östlichen Rand der ZIOS.
- Der untere Grundwasserleiter besteht aus den Porenhorizonten des *Rauracien* im nordöstlichen Teil des Sektors *Meuse/Haute-Marne* und aus allen Porenhorizonten jenseits des östlichen Randes der ZIOS und im restlichen Sektor *Meuse/Haute-Marne* aufgrund des Fehlens der Mergel der grauen Serie. ([29], Kap. 2.1.2.1)

Im nordöstlichen Teil des Sektors *Meuse/Haute-Marne* werden die Grundwasserleiter des *Oxfordium calcaire* bis zur Mitte des Übertragungsgebiets (*zone de transposition*, ZT siehe auch Abbildung 29 auf Seite 167) durch die Mergel der grauen Serie getrennt. Dort sind die Abflüsse mit einem hydraulischen Gradienten von 0,4 % nach Westen (oberer Grundwasserleiter) bzw. Nordnordwest (unterer Grundwasserleiter) orientiert (siehe Abbildung 15). Im ZT des Cigéo liegen die durchschnittlichen Durchlässigkeiten der porösen Horizonte bei 10^{-8} m/s. ([29], Kap. 2.1.2.2)

Südöstlich des ZT und des Grabens von *Gondrecourt-le-Château* tritt das *Oxfordium calcaire* an die Oberfläche und weist eine ausreichende Oberflächenverwitterung auf, um die Nutzung der Wasserressourcen zu ermöglichen. Die Verwerfungen von *Gondrecourt-le-Château*, die als gering durchlässig gelten, sind geeignet, diese Wasserfassungen vor hydraulischen Beeinträchtigungen zu schützen, die während des Betriebs des Cigéo entstehen. ([29], Kap. 2.1.2.2)

Im Südwesten und außerhalb des ZT ist das *Oxfordium calcaire* zerklüftet und wird vom *Exogyres*-Mergel aus dem Kimmeridgium bedeckt. Dieser Bereich wird auch als diffuse Bruchzone (*diffuse fracture zone*, DFZ) bezeichnet. Die DFZ

- ist der Standort einer tiefen Verkarstung des an der Oberfläche liegenden Teil des Oxfordium,
- bildet eine hydraulische Verbindung zwischen den beiden Grundwasserleitern des *Oxfordium calcaire* und
- weist Durchlässigkeiten zwischen 10^{-5} m/s und 10^{-9} m/s und lokal von bis zu 10^{-3} m/s auf. ([29], Kap. 2.1.2.2)

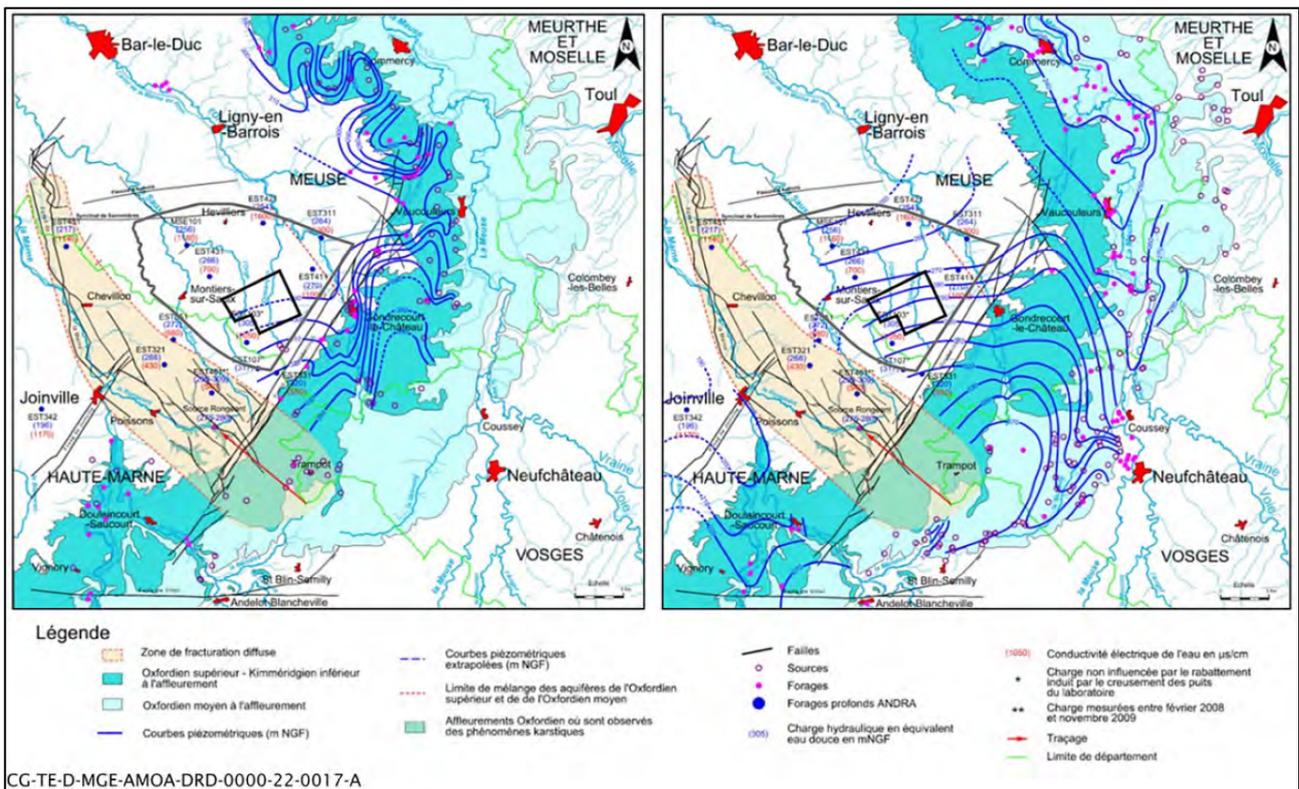


Abbildung 15: Grundwassergleichen des oberen (links) und unteren (rechts) Grundwasserleiters des *Oxfordium calcaire* ([29], Figure 2-4)

Grundwasserleiter des Doggers

Die Grundwasserleiter des Doggers, der sich unterhalb des Wirtsgesteins befindet (siehe Abbildung 13), werden durch die Kalksteinformationen des Bathonium und Bajocium gebildet, die durch die etwa 30 m mächtigen Mergel von *Longwy* voneinander getrennt werden ([29], Kap. 2.1.3.1).

Der Grundwasserleiter des Bathoniums ist durch eine heterogene Fazies gekennzeichnet, die sich in einer starken lokalen Variabilität der Grundwasserleitereigenschaften niederschlägt (z. B. Durchlässigkeiten von 10^{-5} m/s bis 10^{-10} m/s im Bereich des ZT). Unterhalb des Callovo-Oxfordiums ist der Grundwasserleiter gespannt. Die Mehrheit der im Dogger identifizierten Wasseraustritte befindet sich im oberen Bathonium. ([29], Kap. 2.1.3.1 & 2.1.3.2)

Der tiefer gelegene Grundwasserleiter des Bajociums ist weniger produktiv als der Grundwasserleiter des Bathoniums ([29], Kap. 2.1.3.1).

Im Bereich des ZT wird der Grundwasserleiter des Doggers hauptsächlich durch die Bathonium-Formation repräsentiert. Er weist eine Grundwasserströmung auf, die mit einem durchschnittlichen hydraulischen Gradienten von 0,1 % und einer Fließgeschwindigkeit (im Sinne von Darcy) von etwa 5 km in 100 000 Jahren in Richtung Nordwesten (siehe Abbildung 16) orientiert ist. ([29], Kap. 2.1.3.2)

Südwestlich des ZT, in der DFZ, sind die Abflüsse des Doggers im Allgemeinen nach Südwesten ausgerichtet (siehe Abbildung 16) und die Abflüsse sind größer. Diese Umlenkung der Abflüsse führt zu einem natürlichen Austritt im Tal der *Marne* (in der Nähe der Gemeinde *Bologne*) 30 km südwestlich des ZT. ([29], Kap. 2.1.3.2)

Nordöstlich des ZT sind die Abflüsse des Doggers mit höheren hydraulischen Gradienten, die möglicherweise geringere Durchlässigkeiten im Dogger repräsentierten, nach Nordosten orientiert (siehe Abbildung 16; [29], Kap. 2.1.3.2).

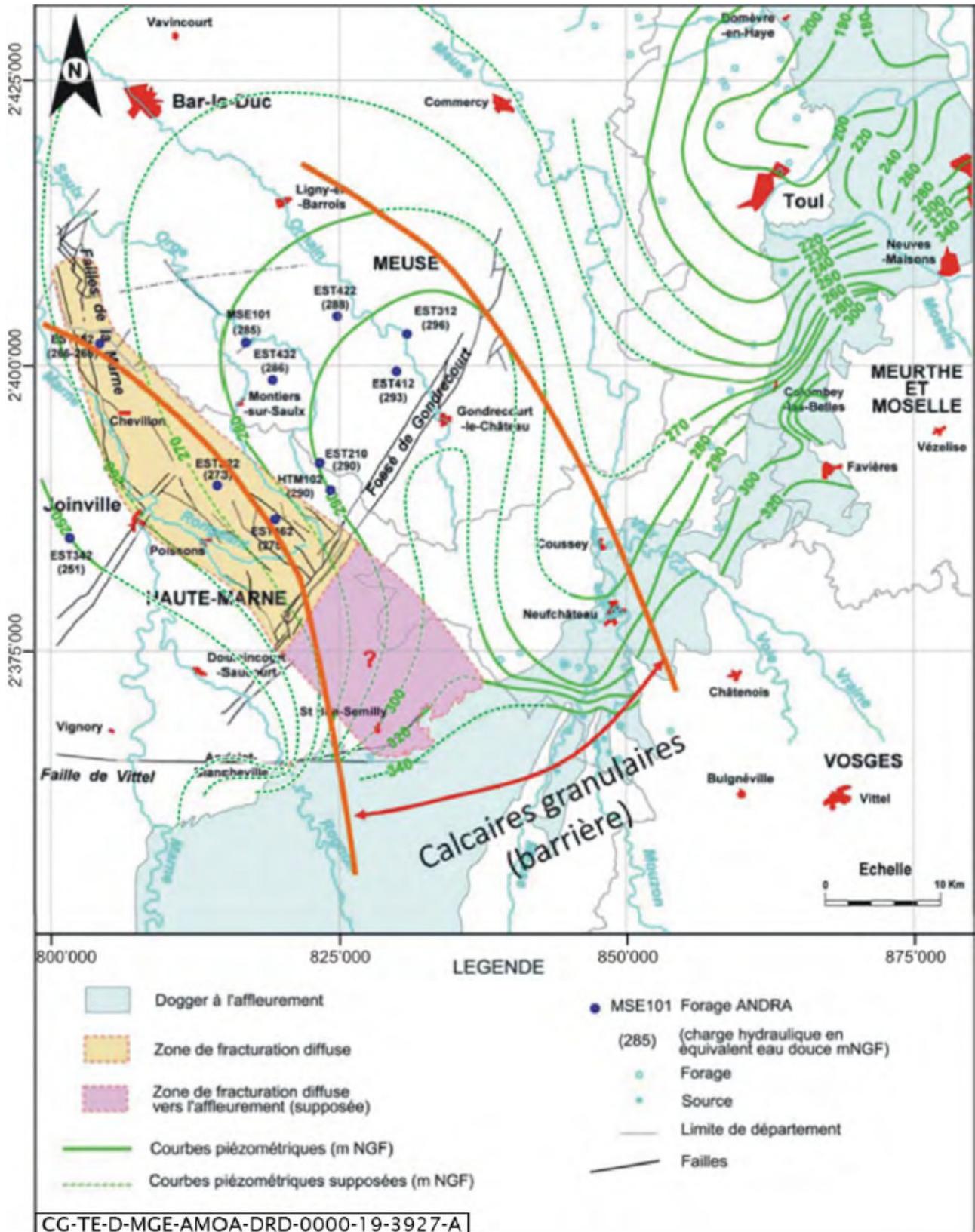


Abbildung 16: Beobachtete Grundwassergleichen des Barthoniums (Dogger; [29], Figure 2-5)

Entwicklung der hydrogeologischen Strömungen in den nächsten eine Million Jahren

Das heutige mehrschichtige Grundwasserleitersystem wird im Laufe der Zeit durch interne und externe geodynamische Phänomene¹⁰ beeinflusst. Die Analyse der Auswirkungen des Klimas macht deutlich, dass bei einer gestörten Klimaentwicklung die Freilegung des Oxfordiums viel später erfolgen würde als bei einer natürlichen Klimaentwicklung, da die gestörte Klimaentwicklung das Auftreten des nächsten Gletschermaximums über 500 000 Jahre verzögern und die Erosionstiefe in den Tälern deutlich verringern würde. ([32], Kap. 2.3.2)

Um den möglichen Bereich (Richtung, Zeit) der Fließwege im Oxfordium und Dogger und der damit verbundenen natürlichen Entnahmestellen abzudecken, werden zwei geodynamische Entwicklungsmodelle betrachtet,

- ein realistisches geodynamisches Modell („phänomenologisches“ Modell) und
- ein konservatives geodynamisches Modell („maximalistisches“ Modell).

Die beiden geodynamischen Entwicklungsmodelle werden im Hinblick auf die Entwicklung der Fließwege¹¹ in den nächsten eine Million Jahren [32] sowie in Anhang 7g beschrieben. Die zentralen Erkenntnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Im *Oxfordium calcaire* sind die ermittelten Fließwege für beide geodynamischen Modelle nach Nordwesten gerichtet (siehe Abbildung 17 oben) und weisen mittlere Geschwindigkeiten in der Größenordnung von 0,01 m/a bis 0,04 m/a auf. Im Fall des phänomenologischen Modells erreichen die freigesetzten Partikel die *Marne*-Störung nicht und die Fließwege bleiben regional. Im Fall des maximalistischen Modells sind die Merkmale der regionalen Fließwege im Großen und Ganzen identisch. Allerdings führt die Freilegung der *Oxfordium carbonaté* im *Ornain*-Tal nördlich der ZIRA dazu, dass ein Teil der freigesetzten Partikel aus dem Oxfordium (in den Fluss *Ornain*) abfließt und die Porengeschwindigkeiten in der Nähe der *Ornain*-Austrittsstelle ansteigen. ([32], Kap. 2.3.2.1.1)

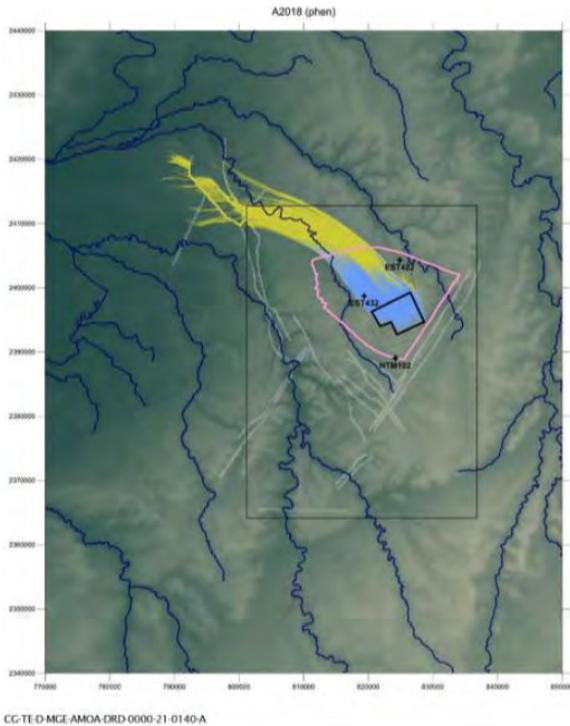
Im Grundwasserleiter des Doggers sind die ermittelten Fließwege im Dogger für beide geodynamischen Modelle zunächst nach Nordwesten gerichtet und werden nach Süden abgelenkt, wenn sie die *Marne*-Störung erreichen (siehe Abbildung 17 unten). Die ermittelten Fließwege weisen auf zwei Austrittsstellen südlich der ZIRA hin (das *Marne*-Tal und das *Rognon*-Tal). Die mittleren Geschwindigkeiten variieren bei niedriger kinematischer Porosität je nach Zeitpunkt der Freisetzung zwischen 0,09 m/a und 0,16 m/a. ([32], Kap. 2.3.2.1.1)

¹⁰ z. B. Veränderung des Gefälles, Reduzierung von Schichtmächtigkeiten bis zum potenziellen lokalen Verschwinden von oberflächennahen Schichten und Veränderung von Aufschlüssen und der topografischen Oberfläche durch das Zusammenwirken von tektonischen Prozessen und Erosion/Sedimentation

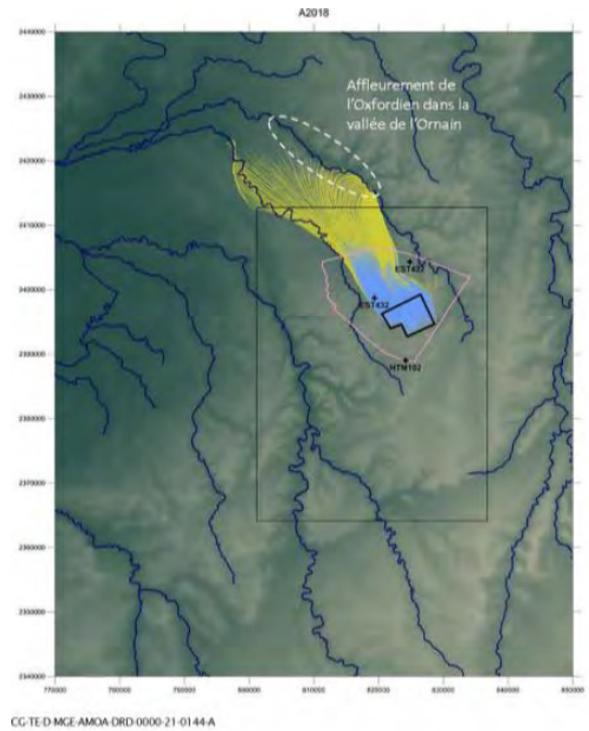
¹¹ Die zeitabhängige Entwicklung der Fließwege wird auf Grundlage der Ergebnisse des Partikeltransports nach einem Lagrangeschen Ansatz untersucht. Die Partikel werden im Bereich des Cigéo in die Grundwasserleiter des Oxfordien und des Doggers zu fünf Zeitpunkten (zum gegenwärtigen Zeitpunkt und bis zu 500 000 Jahren in Schritten von 100 000 Jahren) freigesetzt. Für jeden dieser Zeitpunkte wurde die zeitabhängige Entwicklung der Fließwege für einen Zeitraum bis zu einer Million Jahre simuliert. ([32], Kap. 2.3.2.1.1)

Oxfordium

Phänomenologisches Modell

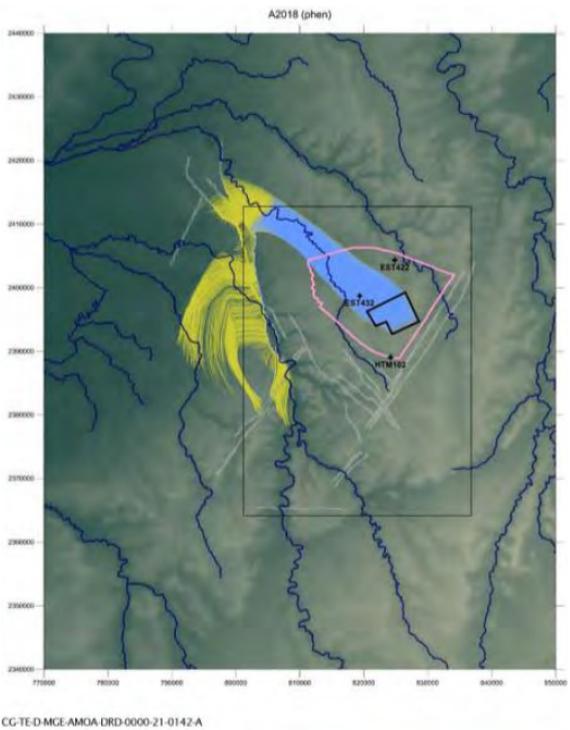


Maximalistisches Modell



Dogger

Phänomenologisches Modell



Maximalistisches Modell

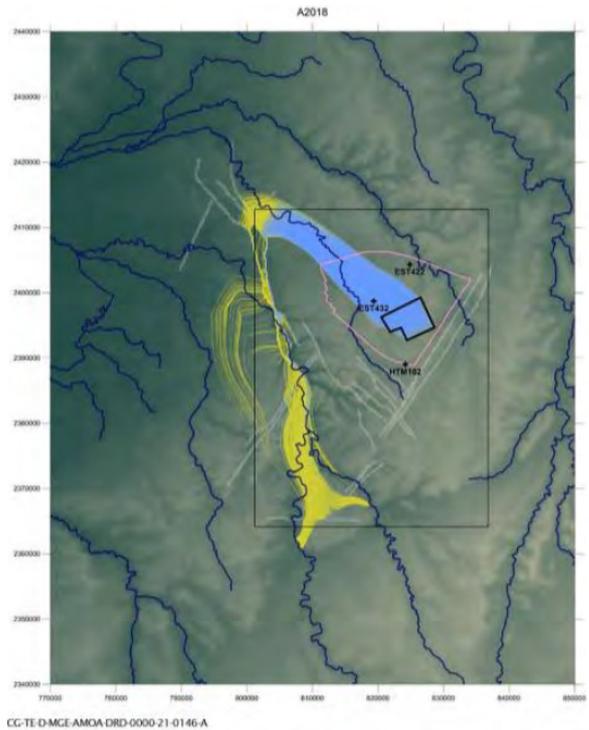


Abbildung 17: Fließwege im Oxfordium und Dogger (gelb: niedrige kinematische Porosität, blau: hohe kinematische Porosität) bei einer Freisetzung nach 400 000 Jahren ([32], Figure 2-7)

Wechselwirkungen zwischen Oberflächengewässern und Grundwasser

Der Austausch zwischen Oberflächengewässern und Grundwasser ist aufgrund des zerklüfteten und verkarsteten Charakters der *Calcaires du Barrois* im gesamten Gebiet komplex. Das Gebiet, in dem sich die Oberflächenanlagen des Cigéo befinden, liegt am oberen Ende des Wassereinzugsgebiets. Das Regenwasser versickert in den Kalkstein und wird dann am Ende der Wiederaufstiegszonen schnell wieder in das Oberflächenwassersystem aufgenommen. Ebenso kann Wasser aus Flüssen lokal über das zerklüftete und/oder verkarstete Kalksteinsubstrat versickern (siehe Abbildung 18). Dieses Phänomen der Infiltration/des Wiederauftretens ist zeitlich (Regensaison) und räumlich (mehr oder weniger zerklüftetes/verkarstetes Gestein) variabel und tritt in allen Einzugsgebieten der *Saulx*, der *Orge* und des *Ornain* auf, sodass Wasserläufe lokal verschwinden können. ([29], Kap. 2.2)

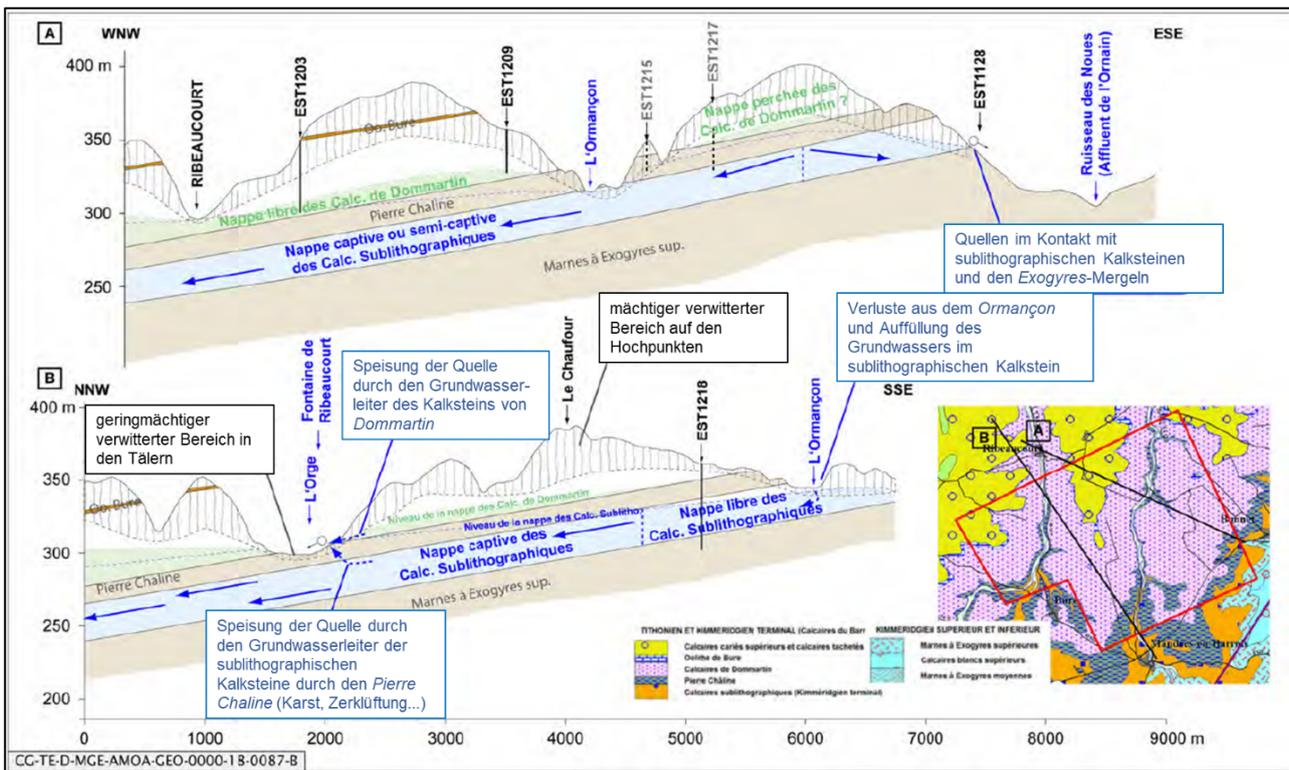


Abbildung 18: Hydrogeologisches Funktionsschema der *Calcaires du Barrois* ([29], Figure 2-2, überarbeitet)

6.2 Verbindung zwischen den Betriebsgeländen

Die Verbindung zwischen den Betriebsgeländen (*liaison intersites*, LIS) verbindet die beiden Betriebsgelände „Rampen“ und „Schächte“ (siehe auch Abbildung 3). Sie hat eine Gesamtlänge von etwa fünf Kilometern und nimmt eine Gesamtfläche von 46 ha ein, von denen 23 ha neugestaltet werden. Die Gesamtlänge der öffentlich zugänglichen Straße beträgt ca. vier Kilometer. ([7], Kap. 14.1.4.1.3 & [16], Kap. 3.2.6)

Die LIS kreuzt und/oder verändert zwei Departementsstraßen, elf Landwege (*chemin ruraux*) und zwei landwirtschaftliche Betriebswege (*chemin d'exploitation*, siehe Abbildung 19). Sie besteht aus einer Straße für den Schwerlasttransport, einer eingehausten Unterflur-Bandanlage und einer öffentlich zugänglichen Straße.

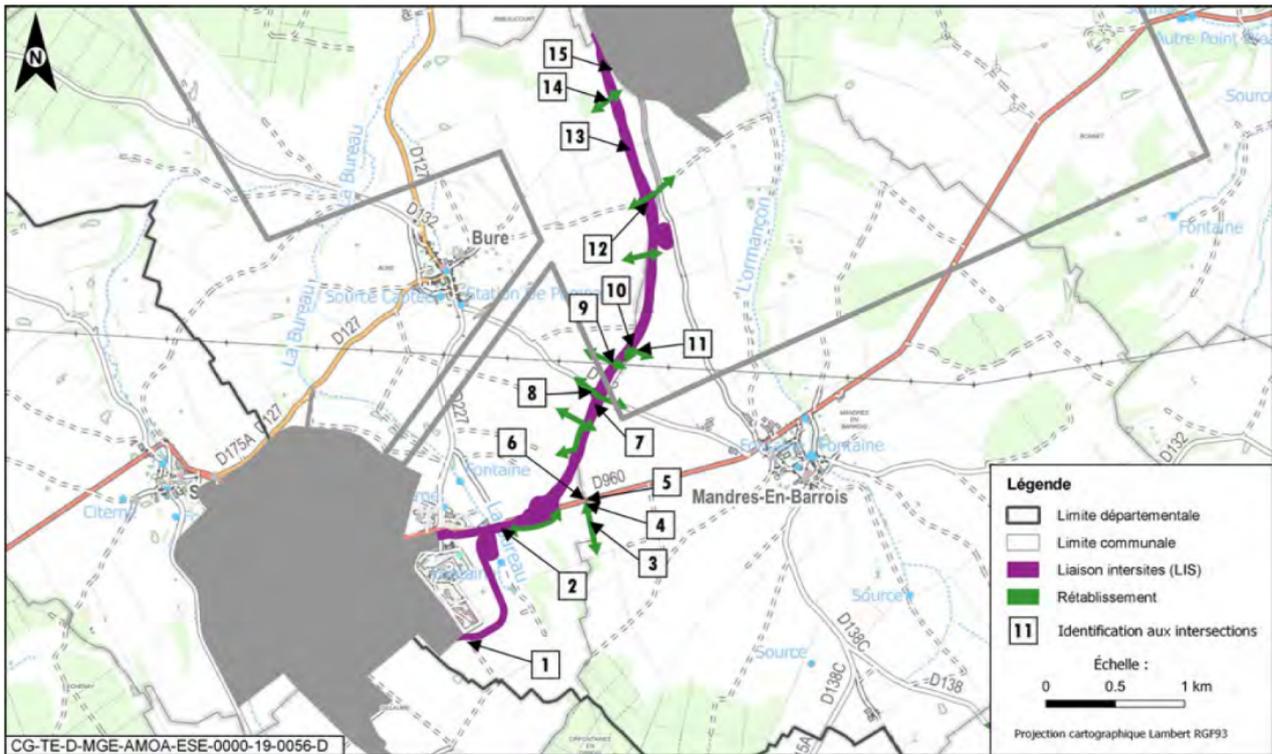


Abbildung 19: Lage der Verbindung zwischen den Betriebsgeländen ([16], Figure 3-88)

Straße für Schwerlasttransport

Die Privatstraße ermöglicht den Schwerlasttransport zwischen den beiden Betriebsgeländen und kann von der Departementsstraße D60/960 erreicht werden. Außerdem ermöglicht die Privatstraße Wartungsarbeiten an der eingehausten Unterflur-Bandanlage. ([16], Kap. 3.2.6)

Eingehauste Unterflur-Bandanlage

Die eingehauste Unterflur-Bandanlage dient der Beförderung des auf dem Betriebsgelände „Rampen“ ausgehobenen Materials zum Betriebsgelände „Schächte“, auf dem die Ablagerung dieses Materials vorgesehen ist. Des Weiteren dient es der Beförderung von Baumaterialien, die auf dem Betriebsgelände „Rampen“ angeliefert werden, zum Betriebsgelände „Schächte“. ([16], Kap. 3.2.6)

Die eingehauste Unterflur-Bandanlage befindet sich in einem Strahlbetonkasten, der aus zwei mit Platten bedeckten Mauern besteht (siehe Abbildung 20).



Abbildung 20: Beispiel einer eingehausten Unterflur-Bandanlage ([16], Figure 3-88)

Öffentlich zugängliche Straße

Die öffentlich zugängliche Straße dient der Erschließung des Betriebsgeländes „Schächte“ für PKW aus Richtung Süden (Departementsstraße D60/960) und dem Zugang zu den landwirtschaftlichen Parzellen über die Landwege, die von der Straße für den Schwerlasttransport und der eingehausten Unterflur-Bandanlage durchschnitten werden ([16], Kap. 3.2.6).

6.3 Verzweigte Endstation

Die ITE des Endlagers Cigéo umfasst eine private Eisenbahninfrastruktur und eine Logistikplattform.

6.3.1 Eisenbahninfrastruktur und -transporte

Die private ITE ermöglicht den Anschluss des Betriebsgeländes „Rampen“ an das nationale Eisenbahnnetz (*réseau ferroviaire national*, RSN). Die ITE hat den Zweck Gebinde mit radioaktiven Abfällen von den Lagern der Erzeuger (vgl. Abschnitt 6.5) bis zum Cigéo zu transportieren. Sie wird außerdem dazu genutzt, Baumaterialien frühestmöglich anliefern zu können, um die Cigéo-Baustellen in den verschiedenen Bauphasen zu versorgen. ([16], Kap. 3.2.7.1)

Die Gesamtlänge der Eisenbahninfrastruktur der eingleisigen ITE beträgt ca. 14 km, von denen 10 km auf der Trasse einer alten Eisenbahnlinie (ehemalige Strecke *Gondrecourt-le-Château/Joinville*) verlaufen, deren Gleisbett sie weiternutzt. Die Strecke ist seit mehreren Jahrzehnten stillgelegt und verfügt über keinerlei Schienen, Schwellen und Schotter mehr. Lediglich einige Bauwerke und Bahnwärterhäuser sind noch vorhanden. Auf dem letzten, 4 km langen Abschnitt, der an das Betriebsgelände „Rampen“ anschließt, wird die Bahnlinie der ITE außerhalb der Trasse der alten Bahnlinie verlaufen und sich in die offene Agrarlandschaft einfügen. ([7], Kap. 14.1.2.8)

Die Maßnahme nimmt eine Fläche von 121 ha ein, von denen 53 ha umgestaltet werden. Die Maßnahme wird hauptsächlich in der Bauvorbereitungsphase (*phase d'aménagements préalables*), aber auch in der ersten Bauphase durchgeführt ([7], Kap. 14.1.5.1.4).

Die ITE schneidet Straßen und Wege, deren Durchgängigkeit unter Berücksichtigung guter Verkehrs- und Sichtbedingungen wiederhergestellt werden muss (siehe Abbildung 21).

Der Betrieb der ITE beginnt in der ersten Bauphase. In dieser Phase dient sie dem Materialtransport zum Eisenbahn-Güterterminal (Betriebsgelände „Rampen“). Der Güterverkehr wird auf etwa drei Züge pro Tag geschätzt (maximaler Monatsdurchschnitt in der ersten Bauphase). Der Verkehr wird überwiegend tagsüber stattfinden. ([16], Kap. 3.2.7.1)

In der Betriebsphase des Cigéo wird die Mehrheit der Gebinde mit radioaktiven Abfällen über den Schienenweg bis zum kerntechnischen Eisenbahnterminal (Betriebsgelände „Rampen“) transportiert. Zu Beginn der Einlagerung radioaktiver Abfälle wird die Anzahl der gleisgebundenen Konvois auf etwa acht Züge pro Jahr geschätzt. Danach wird sich der Strom auf 76 Züge pro Jahr erhöhen, was einem Durchschnitt von sechs Zügen im Monat entspricht. Die Züge werden überwiegend tagsüber verkehren. Des Weiteren wird in der Betriebsphase der Materialtransport fortgesetzt. Der Güterverkehr wird auf ein bis zwei Züge pro Woche geschätzt. Auch hier werden die Züge tagsüber fahren. ([16], Kap. 3.2.7.1)

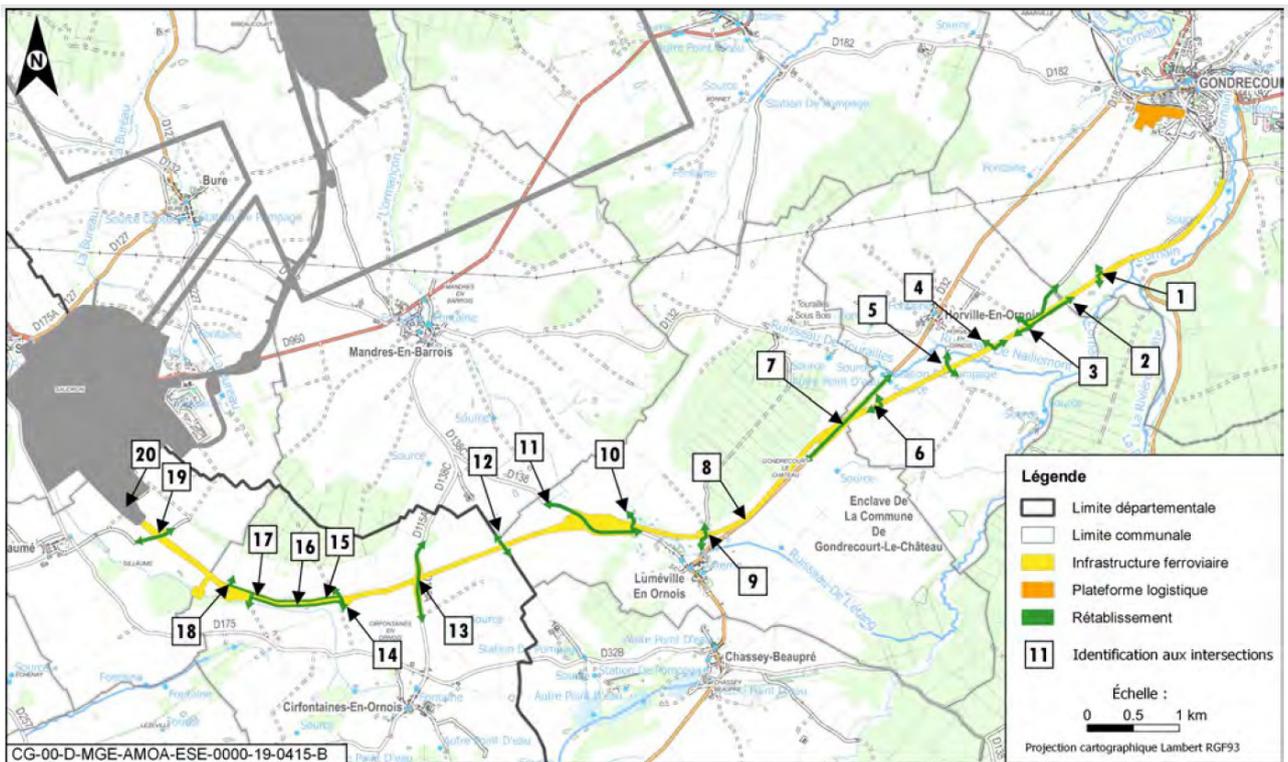


Abbildung 21: Standort der verzweigten Endstation ([16], Figure 3-90)

6.3.2 Logistikplattform in Gondrecourt-le-Château

Die Logistikplattform befindet sich auf einem ehemaligen Industriegelände in *Gondrecourt-le-Château* (Département *Meuse*, siehe Abbildung 22). Sie umfasst drei Gleise, die an die Eisenbahnlinie 027000 angeschlossen sind, zugehörige Straßenwege in Verbindung mit der Departementsstraße D32 und Flächen zur Lagerung von Material. ([16], Kap. 3.2.7.2)

Die vier bestehenden Gebäude bleiben erhalten und es ist kein Neubau geplant. Auch die derzeitige Wasserversorgung soll beibehalten werden. Allerdings ist eine Sanierung des derzeitigen Regenswassersammelsystems vorgesehen. Möglicherweise wird die Funktion der Anlage in Zukunft entsprechend der Aktivitäten von ANDRA weiterentwickelt. ([16], Kap. 3.2.7.2)



Abbildung 22: Luftaufnahme der Logistikplattform in *Gondrecourt-le-Château* ([16], Figure 3-91)

6.4 Charakterisierung und Überwachung der Umwelt

6.4.1 Charakterisierung der Umwelt

Die Maßnahmen zur Charakterisierung der Umwelt entsprechen Untersuchungen, die eine bessere Kenntnis der Umwelt des Cigéo-Gesamtprojekts im weitesten Sinne ermöglichen (Geologie, Biodiversität, Wasser, Archäologie etc.). Diese Untersuchungen können vor und während des Baus und des Betriebs des Endlagers Cigéo durchgeführt werden. ([16], Kap. 3.3.6.1)

Der Erwerb dieser Kenntnisse hat teilweise rechtliche Gründe. Beispielsweise kann die Aktualisierung der UVS des Cigéo-Gesamtprojekts (insbesondere des Ausgangszustands der Umwelt) im Rahmen eines künftigen Genehmigungsantrags neue Untersuchungen erforderlich machen. Charakterisierungsmaßnahmen können außerdem dazu genutzt werden, die Planung, den Bau und den Betrieb des Endlagers Cigéo zu verbessern oder seine Auswirkungen besser zu beherrschen. ([16], Kap. 3.3.6.1)

Einige dieser Untersuchungen werden im Standortbereich des Endlagers Cigéo durchgeführt, wie z. B. geotechnische Bohrungen (in der Bauvorbereitungsphase, der ersten Bauphase und der Betriebsphase) oder archäologische Diagnosen und Ausgrabungen (in der Bauvorbereitungsphase). Andere werden außerhalb des Standortbereichs des Endlagers Cigéo durchgeführt, wie z. B. Bohrungen zur hydrogeologischen Charakterisierung. ([16], Kap. 3.3.6.1)

Die Charakterisierung der Umwelt umfasst im Wesentlichen

- geologische oder hydrogeologische Untersuchungen,
- Umweltinventare (z. B. ökologische) und

- Untersuchungen im Zusammenhang mit präventiver Archäologie ([16], Kap. 3.3.6.1).

Geologische oder hydrogeologische Untersuchungen

ANDRA hat seit den neunziger Jahren im Rahmen der Standortsuche und später im Rahmen der Auslegung des Endlagers zahlreiche Untersuchungskampagnen zur Erforschung der regionalen bis lokalen Geologie durchgeführt. Bohrungen und geophysikalische Kampagnen von der Oberfläche aus wurden insbesondere im Gebiet *Meuse/Haute-Marne* durchgeführt. Um die Forschungs- und Entwicklungsstudien fortzusetzen und um einige Daten, die für die Auslegung des Endlagers verwendet werden, zu verfeinern, sind neue Bohrkampagnen notwendig. Zu diesem Zweck werden neue Charakterisierungsbohrungen (Bohrungen zur hydrogeologischen Charakterisierung und Bohrungen zur geologischen Charakterisierung) durchgeführt. ([16], Kap. 3.3.6.1.1)

Die Art und Lage dieser Bohrungen werden in späteren Phasen festgelegt, da sie von den zu gewinnenden hydrogeologischen und geologischen Daten und den lokalen Umweltauflagen an der Oberfläche abhängen. Falls erforderlich, werden sie Gegenstand behördlicher Genehmigungsverfahren sein, die ihrer Art und ihren potenziellen Umweltauswirkungen angemessen sein sollen. ([16], Kap. 3.3.6.1.1)

Umweltinventare

Um eine angemessene Umweltkenntnis zu erlangen, führt ANDRA seit Jahren Felduntersuchungen im Gebiet durch. Weiterhin müssen zusätzliche, spezifische Studien durchgeführt werden, um die Bestandsaufnahmen, hauptsächlich der Biodiversität, in den Gebieten, die von der Errichtung des Endlagers Cigéo betroffen sein könnten, zu aktualisieren. ([16], Kap. 3.3.6.1.2)

Die Bestandsaufnahmen betreffen z. B. Protokolle (feste Abhörpunkte oder Aufstellen von Aufnahmegegeräten) oder die Suche nach Fledermaushöhlen, Vogel-, Reptilien- und Säugetierbeobachtungen sowie Begehungen durch Naturforscher zur Erfassung der natürlichen Lebensräume und der Flora. Andere Charakterisierungsmessungen, die von geringerer Bedeutung für die Umwelt sind, können auch an der physischen Umwelt außerhalb des Endlagers durchgeführt werden (topographische Erhebungen, Durchfluss von Wasserläufen, Lärmessungen etc.). Dabei kann es sich um punktuelle Messungen durch Personen handeln oder um Messungen, die anhand von physisch im Gelände befindlicher Vorrichtungen (topographische Grenzsteine, Messstation, Pegelstationen von Wasserläufen etc.) durchgeführt werden. ([16], Kap. 3.3.6.1.2)

Präventive Archäologie

In einem ersten Schritt werden archäologische „Diagnosen“ vom nationalen Institut für präventive archäologische Forschung (*Institut national de recherches archéologiques préventives*, INRAP) durchgeführt. Je nach den Ergebnissen der Diagnose können Ausgrabungen per Präfekturerlass vorgeschrieben werden. In diesem Fall werden die Ausgrabungen dann vom INRAP oder einem anderen vom Staat zugelassenen Betreiber durchgeführt. ([16], Kap. 3.3.6.1.3)

Der Umfang der noch durchzuführenden Untersuchungen wird in späteren Phasen festgelegt, da er von den Anfragen/Vorschriften des INRAP abhängt. Falls erforderlich, werden diese Untersuchungen Gegenstand von behördlichen Genehmigungsverfahren sein. ([16], Kap. 3.3.6.1.3)

6.4.2 Umweltüberwachung

Umweltüberwachungsmaßnahmen werden von den Behörden ab Beginn der ersten Arbeiten in der ersten Bauphase des Endlagers Cigéo, während dessen gesamter Betriebsphase und nach dessen Stilllegung, solange sie für den Schutz der Gesundheit und der Umwelt als sinnvoll erachtet werden, vorgeschrieben ([16], Kap. 3.3.6.2).

Diese Umweltüberwachungsmaßnahmen entsprechen der Durchführung von kontinuierlichen oder periodischen Messungen,

- mit denen der Betrieb des Endlagers Cigéo und insbesondere seiner kerntechnischen Anlage überwacht werden, um mögliche Abweichungen zu erkennen, ihre Ursachen zu identifizieren und ggf. Korrekturmaßnahmen einzuleiten und
- mit denen die Einhaltung der gesetzlichen Verpflichtungen, die ANDRA im Bereich des Umweltschutzes obliegen, überprüft werden.

Die Umweltüberwachung spielt somit eine wesentliche Rolle, um die Auswirkungen der Aktivitäten des Endlagers Cigéo auf seine Umwelt zu verfolgen, jedes Risiko einer Kontamination, Verschmutzung oder Belästigung zu begrenzen und die Folgen von anomalen, verschlechterten oder unfallbedingten Situationen zu verringern ([16], Kap. 3.3.6.2).

Die mit der Umweltüberwachung verbundenen Maßnahmen betreffen Kriterien und Parameter, die in den verschiedenen Genehmigungen festgelegt sind, die ANDRA für das Endlager Cigéo erteilt werden. Diese Kriterien und Parameter werden insbesondere in den Vorschriften der ASN definiert. Sie betreffen die Entnahme und den Verbrauch von Wasser, die Ableitung von Abwässern und ganz allgemein alle Umweltkomponenten, die durch das Endlager beeinträchtigt werden können. ([16], Kap. 3.3.6.2)

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse der Messungen, die mit der Umweltüberwachung des Endlagers Cigéo verbunden sind, wird mindestens monatlich an die ASN, die regionale Gesundheitsagentur und die für die Wasserpolizei zuständige Dienststelle übermittelt. Es wird ein Jahresbericht erstellt, in dem die Auswirkungen des Endlagers Cigéo während des vergangenen Kalenderjahres dargestellt werden. Er wird der ASN, der Regionaldirektion für Umwelt, Raumplanung und Wohnen, der regionalen Gesundheitsbehörde, der Wasserschutzpolizei sowie der zukünftigen lokalen Informationskommission (*commission locale d'information*, CLI) übermittelt. ([16], Kap. 3.3.6.2)

Die Umweltüberwachungsmaßnahmen können die Einrichtung und Umsetzung spezieller Überwachungsvorrichtungen erfordern. Die Standorte der Überwachungsgeräte werden in den verschiedenen Genehmigungen in Abhängigkeit von den zu messenden Kriterien und Parametern und den Umweltauflagen für die Oberfläche festgelegt. Sie können sich in der Nähe des Endlagers Cigéo, aber auch in mehreren Kilometern Entfernung befinden. Falls erforderlich, werden für die Einrichtung dieser Vorrichtungen behördliche Genehmigungsverfahren durchgeführt. Diese Vorrichtungen und ihre Standorte werden in einer späteren Version der UVS vorgestellt. Beim derzeitigen Stand der Studien wird von einer Flächeninanspruchnahme von ca. 2 ha ausgegangen. ([16], Kap. 3.3.6.2)

Zu den Überwachungsvorrichtungen gehören Bohrungen, mit denen die Qualität, die Schwankungen und die Abflüsse des Grundwassers (hydrogeologische Bohrungen) und das Verhalten des geologischen Untergrunds, der das Endlager beherbergt, beobachtet werden können. Des Weiteren werden im Gebiet Messgeräte aufgestellt, welche Luftproben entnehmen und Messungen durch-

führen, insbesondere im Hinblick auf Luftqualität, Volumen- oder Umgebungsradioaktivität. Außerdem werden Geräte zur Überwachung der Qualität und der Durchflussmengen der Oberflächen-gewässer eingesetzt. ([16], Kap. 3.3.6.2)

Zur Überwachung der terrestrischen und aquatischen Ökosysteme werden außerdem Proben aus Flüssen, Böden, Pflanzen und landwirtschaftlichen Erzeugnissen entnommen. Dabei werden die Probenahmen und Messungen von ANDRA oder ihren Dienstleistern gemäß den von den Behörden festgelegten Anforderungen durchgeführt. Die Analysen der Probenahmen werden von Labors durchgeführt, die von der ASN oder dem für Umwelt zuständigen Ministerium zugelassen sind. ([16], Kap. 3.3.6.2)

6.4.3 Überwachung der Umweltmaßnahmen

Die Überwachung der Umweltmaßnahmen umfasst die Überprüfung der Wirksamkeit der Maßnahmen zu Vermeidung, Verminderung und Ausgleich (VVA) der Auswirkungen des Endlagers Cigéo, die ANDRA in den verschiedenen behördlichen Genehmigungen auferlegt wurden. Ähnliche Maßnahmen werden auch den anderen Bauherren des Cigéo-Gesamtprojekts auferlegt. ([16], Kap. 3.3.6.3)

Die Überwachung der Umweltmaßnahmen wird ANDRA und den anderen Bauherren ab dem Beginn der ersten Vorarbeiten für das Endlager, während der ersten Bauphase und während der gesamten Betriebsphase vorgeschrieben. Diese Maßnahmen können von derselben Art sein wie die für die Umweltüberwachung vorgeschriebenen (siehe Abschnitt 6.4.2). Die Überwachung der Umweltmaßnahmen umfasst insbesondere die Überprüfung der Wirksamkeit der vorgeschriebenen Maßnahmen zur Wiederherstellung des Lebensraums, die an den Ausgleichsstandorten durchgeführt werden. Um Kohärenz und Effizienz zu gewährleisten, arbeiten die Bauherren des Cigéo-Gesamtprojekts zusammen, um die Umsetzung aller Ausgleichsmaßnahmen zu koordinieren. ([16], Kap. 3.3.6.3)

Die Aktivitäten zur Überwachung der Umweltmaßnahmen werden mit den Anwohnern abgestimmt, um ihre besonderen Bedürfnisse zu erfassen und sie mittels spezifischer Messvorrichtungen zu berücksichtigen ([16], Kap. 3.3.6.3).

6.5 Versand und Transport von Gebinden mit radioaktiven Abfällen

Die Abfallgebände werden von den Lagern der Abfallerzeuger versendet. Dies sind

- das Kraftwerk *Bugey* von EDF im Departement *Ain*,
- die Anlagen am Standort *La Hague* von Orano im Departement *Manche*,
- die kerntechnische Anlage *Marcoule* von CEA im Departement *Gard*,
- die kerntechnische Anlage *Cadarache* von CEA im Departement *Bouches-du-Rhône* und
- die kerntechnische Anlage *Valduc* von CEA im Departement *Côte d'Or*.

Die Standorte der Anlagen der Erzeuger und die geplanten Transportrouten zum Endlager Cigéo sind in Abbildung 23 dargestellt.

Der Transport von Gebinden mit radioaktiven Abfällen erfolgt durch spezialisierte Unternehmen, die diese Transporte bei der ASN anmelden. Dabei soll die große Mehrheit der Transporte von Gebinden mit radioaktiven Abfällen zum Endlager Cigéo auf dem Schienenweg erfolgen, da die meisten Standorte der Erzeuger an das nationale Eisenbahnnetz angeschlossen sind und bereits über die notwendige Infrastruktur für den Umschlag verfügen. Außerdem lässt der Transport auf dem Schienenweg weniger Umweltauswirkungen erwarten. Ein kleiner Teil der Abfallgebände wird mit dem LKW zum Cigéo

transportiert. Dies betrifft insbesondere Abfallgebände, die mit etwa 100 LKW aus der kerntechnischen Anlage *Valduc*, die nicht an das nationale Schienennetz angeschlossen ist und etwa 150 Straßenkilometer vom Cigéo entfernt liegt, angeliefert werden. ([16], Kap. 2.4.2.6 & 3.3.5.1)

Dabei gelten für den Transport der Gebände mit radioaktiven Abfällen zum Cigéo folgende Höchstgeschwindigkeiten:

- 60 km/h bis 80 km/h für Güterzüge auf dem nationalen Schienennetz (außerhalb von Hochgeschwindigkeitsstrecken) bzw. 80 km/h für LKW
- 40 km/h für Güterzüge auf der Eisenbahnlinie 027000
- 30 km/h für Güterzüge auf der ITE

Zu Beginn des Betriebs des Endlagers Cigéo wird das Aufkommen der auf dem Schienenweg transportierten Konvois auf etwa acht Züge pro Jahr geschätzt. Danach wird das Transportaufkommen allmählich ansteigen und einen maximalen Wert von durchschnittlich etwa sechs Zügen pro Monat erreichen. ([16], Kap. 3.3.5.1)

Die Wahl des Schienentransports als bevorzugtes Transportmittel erfordert den Ausbau der Bahnlinie 027000 zwischen *Nançois-Tronville* und *Gondrecourt-le-Château* (siehe Abschnitt 6.8) und die Schaffung einer ITE zwischen *Gondrecourt-le-Château* und dem Betriebsgelände „Rampen“ (siehe Abschnitt 6.3).



Abbildung 23: Transporte von den Anlagen der Abfallerzeuger zum Endlager Cigéo ([16], Figure 2-61)

6.5.1 Verantwortlichkeiten

Der Versand und Transport von Gebinden mit radioaktiven Abfällen vom Ort der Entstehung bis zum Endlager Cigéo liegt in der Verantwortung der Abfallerzeuger ([16], Kap. 2.4.2.6). Als Erzeuger sind die Absender der Abfallgebände dafür verantwortlich, dem Beförderer ein Transportgebände zu übergeben, das in allen Punkten den Vorschriften (insbesondere Transportvorschriften und Annahmespezifikationen) entspricht. In diesem Zusammenhang sind die Erzeuger insbesondere für die Auswahl der Transportverpackungen, die Einhaltung der Verwendungsbedingungen dieser Transportverpackungen sowie die Erstellung der Transportgebände verantwortlich. ([16], Kap. 3.3.5.1)

Für die Überwachung der Sicherheit des Transports radioaktiver Stoffe für zivile Zwecke ist in Frankreich die ASN zuständig (z. B. Technische Prüfung und Zulassung der Transportverpackungen).

Für die Sicherheit sensibler Transporte (physischer Schutz der Transporte) ist der *Haut Fonctionnaire* (Hoher Beamter) für Verteidigung und Sicherheit des Ministeriums für Ökologie, nachhaltige Entwicklung und Energie zuständig. ([16], Kap. 2.4.2.6 & 3.3.5.1)

6.5.2 Transportverpackungen

Die Abfallgebinde werden in Transportverpackungen transportiert, die für jeden der anfallenden Abfallgebindetypen zugelassen sind. Diese Transportverpackungen sind gemäß den Vorschriften für den Transport von Abfällen so konzipiert, dass sie

- den Einschluss der radioaktiven Stoffe,
- die Beherrschung der Intensität der externen Strahlung,
- die Vermeidung von Kritikalität sowie
- die Vermeidung von Hitzeschäden auch unter ungünstigen oder zufälligen Bedingungen, die während des Transports oder der Handhabung auftreten können (z. B. Stoß, Sturz, Feuer), wenn es sich um Verpackungen handelt, die für den Transport von Abfallgebinden mit der höchsten radiologischen Aktivität bestimmt sind (das trifft für fast alle für das Endlager Cigéo bestimmten Abfallgebinde zu)

gewährleisten. ([16], Kap. 3.3.5.1)

Gemäß der IAEA-Regelung zum sicheren Transport von radioaktivem Material [57], die in Frankreich insbesondere durch den sogenannten „TMD-Erlass“ [58] anwendbar gemacht wurde, basiert die Transportsicherheit auf dem Prinzip der „*defense in depth*“, das Beschädigungen vorbeugen und mögliche Folgen begrenzen soll. Konkret wird die Sicherheit der Transporte von Gebinden mit radioaktivem Abfall durch die Begrenzung der äußeren Exposition (Strahlenschutz der Bevölkerung) und die Robustheit der Transportverpackungen gewährleistet. ([7], Kap. 11.3.3.1.1)

6.5.2.1 Strahlenschutz der Bevölkerung

Die französischen Vorschriften für den Gefahrguttransport schreiben folgende Grenzwerte für die Dosisleistung vor, die aus dem Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (seit 2021: *agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road*, ADR) übernommen wurden:

- Kontaktdosisleistung (an der Fahrzeugwand): 2 mSv/h
- im Abstand von 2 m von der Fahrzeugwand: 0,1 mSv/h

Des Weiteren gelten folgende Grenzwerte, die ebenfalls aus dem ADR übernommen wurden, für die Oberflächenkontamination der zugänglichen Oberflächen der Transportverpackungen und -fahrzeuge:

- β - und γ -Strahler: 4 Bq/cm²
- α -Strahler: 0,4 Bq/cm²

([7], Kap. 11.3.3.1.1)

6.5.2.2 Robustheit der Transportverpackungen

Die zum Cigéo zu transportierenden Gebinde mit radioaktiven Abfällen werden gemäß den geltenden Vorschriften für den Transport von gefährlichen Gütern (Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter (*Regulations concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail* (RID)) für Schienentransporte und ADR für Straßentransporte) in Transportverpackungen transportiert, deren Robustheit und Betriebsbedingungen für den Transport an die Risiken angepasst sind, die mit den in den Transportverpackungen enthaltenen radioaktiven Stoffen verbunden sind. Das Design der Transportverpackungen sorgt dafür, dass sie Normal- und Störfallbedingungen standhalten sowie bei Unfallbedingungen eine Freisetzung bestmöglich verhindern. ([7], Kap. 11.3.3.1.1)

Die überwiegende Mehrheit der Transporte erfolgt in Transportverpackungen vom Typ B. Diese fast 100 t schweren Behälter sind besonders robust und für den Landtransport von besonders gefährlichen radioaktiven Stoffen geeignet. Die Transportverpackungen vom Typ B sind so ausgelegt, dass sie, ohne Beeinträchtigung ihrer Einschluss- und Abschirmwirkung gegenüber ionisierender Strahlung, der Kumulierung folgender Beanspruchungen standhalten:

- freier Fall¹² aus einer Höhe von 1 m auf einen Stahldorn (Durchdringungsprüfung)
- freier Fall aus einer Höhe von 9 m auf eine ebene, unverformbare Fläche
- für Gebinde mit einer Masse von weniger als 500 kg und einer Schüttdichte < 1 : dynamische Druckprüfung durch eine 500 kg schwere Stahlplatte, die aus einer Höhe von 9 m herabfällt (ersetzt Prüfung des freien Falls des Gebindes aus einer Höhe von 9 m)
- thermische Prüfung, die sich dadurch kennzeichnet, dass das Gebinde für eine halbe Stunde einer Temperatur von 800 °C ausgesetzt wird
- Tauchprüfung in einer Tiefe von 15 m oder 200 m, je nach radioaktivem Inhalt

Diese Prüfungen gewährleisten, dass die radiologischen Folgen auch bei besonders schweren Unfällen begrenzt bleiben. Dabei ist außerdem zu beachten, dass die Güterzüge und LKW, die die Transportverpackungen mit den radioaktiven Abfallbinden befördern, mit begrenzten Geschwindigkeiten fahren (siehe Abschnitt 6.5).

Transportverpackungen vom Typ B dürfen nur verwendet werden, wenn der Absender über ein Zulassungszertifikat verfügt, dass die Konformität mit den Vorschriften bescheinigt. Dieses Zertifikat, das nur wenige Jahre gültig ist, wird von der ASN ausgestellt und kann ohne eine vollständige Neubewertung des Sicherheitsniveaus der Gebinde nicht verlängert werden. ([7], Kap. 11.3.3.1.1)

Einige Transporte werden auch in Industrieverandstücken (Typ IP2 oder IP3) durchgeführt. Diese Transportverpackungen, die ein niedrigeres Anforderungsniveau als Transportverpackungen vom Typ B aufweisen, werden gemäß den Vorschriften nur für radioaktive Stoffe eingesetzt, die selbst im Falle eines Störfalls oder Unfalls, der zu einem Integritätsverlust des Gebindes führt, ein begrenztes Risiko darstellen. ([7], Kap. 11.3.3.1.1)

6.6 Stromversorgung

Die Maßnahme zur Stromversorgung wird von *Réseau de transport d'électricité* (RTE) durchgeführt und sorgt für den Anschluss des Endlagers Cigéo an die bestehende 400-kV-Leitung *Houdreville/Mery*. Die Hochspannungsleitung verläuft zwischen dem Betriebsgelände „Rampen“ und dem Betriebsgelände „Schächte“ (siehe Abbildung 24). Die neuen unterirdischen elektrischen Leitungen werden über eine Umspannstation an die bestehende 400-kV-Leitung angeschlossen. ([16], Kap. 3.3.1.1)

Die Maßnahme umfasst

- Arbeiten an der 124 km langen 400-kV-Leitung (234 Masten) von der Gemeinde *Balignicourt* (Mast Nr. 79) bis zur Station *Houdreville* (Mast Nr. 312), um eine zuverlässige Stromversorgung zu gewährleisten;
- Arbeiten zum Anschluss der 400/90-kV-Umspannstation, die zur Versorgung des Endlagers Cigéo errichtet wird, an die 400-kV-Leitung *Houdreville/Mery*. Dies erfordert die Errichtung von zwei neuen Strommasten zwischen der Oberleitung und der neuen Umspannstation;

¹² Beim freien Fall wird die Ausrichtung des Gebindes immer so gewählt, dass der größte Schaden verursacht wird.

- ca. 10 km unterirdische 90-kV-Stromleitungen sowie
- zwei 90/20-kV-Umspannstationen unter der Bauherrschaft von ANDRA, die jeweils an die RTE-Übergabestationen auf dem Betriebsgelände „Rampen“ und dem Betriebsgelände „Schächte“ angeschlossen sind. ([16], Kap. 3.3.1.1)

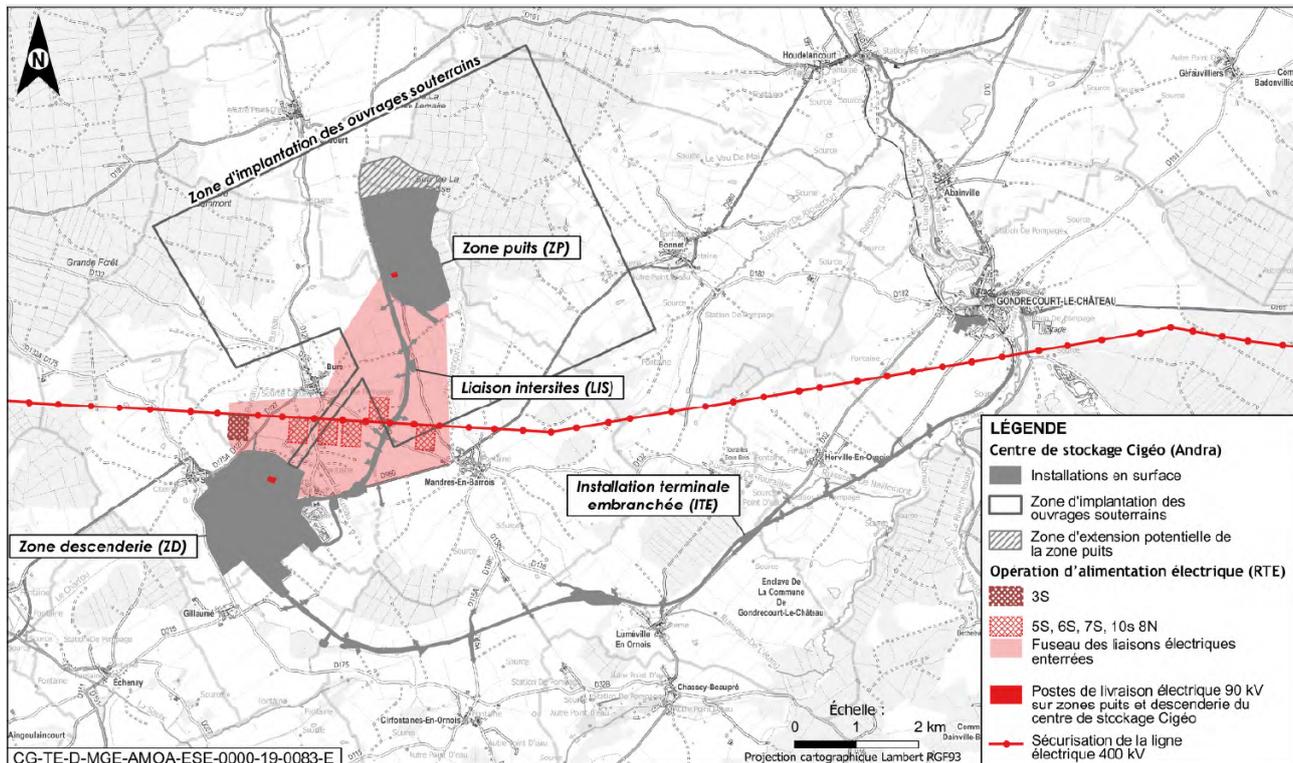


Abbildung 24: Lageplan der Stromversorgungsanlagen des Endlagers Cigéo ([16], Figure 3-93)

Arbeiten an der 400-kV-Leitung

Die Arbeiten an der 400-kV-Leitung umfassen Arbeiten an der 124 km langen bestehenden Leitung zwischen den Masten Nr. 79 und 312 (Schaffung von provisorischen Zugangswegen für den Zugang zu den Masten und Ersatz des aktuellen Schutzleiterkabels durch ein Schutzleiterkabel mit Glasfaser) sowie Arbeiten zur Sicherung der Leitung zwischen dem Standort der künftigen 400/90-kV-Umspannstation und der Station *Houdreville* (Sicherung der Metallstrukturen der Masten, Sicherung der Fundamente einiger Masten und Austausch von Masten; [16], Kap. 3.3.1.2).

Anschluss an die 400-kV-Leitung

Die Entscheidung, eine 400/90-kV-Umspannstation in unmittelbarer Nähe der 400-kV-Leitung *Houdreville/Mery* zu errichten, ermöglicht es, die Errichtung einer langen Stromleitung mit mehreren Masten zu vermeiden. Es wird für die Errichtung der 400-kV-Umspannstation darauf geachtet, die Errichtung zusätzlicher Masten auf zwei Masten zu begrenzen. Die Masten werden eine Höhe von 30 m haben und eine Grundfläche von 8 m x 8 m aufweisen. ([16], Kap. 3.3.1.3)

400/90-kV-Umspannstation

Die 400/90-kV-Umspannstation umfasst

- eine 400-kV-Station mit zwei 400-kV-Leitungszellen (verbunden mit den neuen 400-kV-Masten), zwei Sammelschienen mit einer 400-kV-Kopplung und zwei 400-kV-Transformatorzellen,

- eine 90-kV-Station mit zwei 90-kV-Transformatorzellen, zwei Sammelschienen mit einer 90-kV-Kopplung, zwei 90-kV-Leitungszellen (verbunden mit den unterirdischen Stromleitungen zur Versorgung der 90/20-kV-Umspannstationen auf den Betriebsgeländen „Rampen“ und Schächte“) und
- zwei 240 MVA 400/90-kV-Transformatoren, die die 400-kV-Station mit der 90-kV-Station verbinden.

Jeder der Transformatoren ist in einen Stahlbehälter eingeschlossen, der zu Isolierungszwecken Öl enthält. Ein 400/90-kV-Transformator und das dazugehörige Equipment enthalten etwa 60 t Öl, d. h. 55 m³. Abgedichtete Gruben unter den Transformatoren fangen eventuell austretendes Öl auf. ([16], Kap. 3.3.1.4)

Die Umspannstation ist für einen anpassungsfähigen Betrieb und Ausbau konzipiert. Die Notwendigkeit zusätzlicher Ausrüstungen wird nach Abschluss der detaillierten Studien zur Verbrauchsoptimierung beurteilt ([16], Kap. 3.3.1.4).

Neben den elektrischen Ausrüstungen erfordert die Errichtung der Umspannstation für ihren Betrieb, ihre Nutzung und ihre Sicherheit eine Zufahrtsstraße, Wege zur Verbindung der Einrichtungen und technische Gebäude mit einer Höhe von weniger als vier Metern. Die Umgebung der Station wird mit landschaftlichen Anpflanzungen (Sträucher, Bäume, Böschungsgestaltung) ausgestattet, um ihre Eingliederung in die Umwelt und die Landschaft des Standorts zu begleiten. ([16], Kap. 3.3.1.4)

Insgesamt wird für die Errichtung der Station (inklusive Landschaftsgestaltung) eine Fläche von ca. 6 ha benötigt. Die maximale Höhe der elektrischen Anlagen entspricht der Höhe des Stahlgerüsts der 400-kV-Station und beträgt etwa 20 m. Um die Sicherheit der Anlage und der Personen zu gewährleisten, wird die gesamte Station (außer Masten) mit einem Doppelzaun eingezäunt. ([16], Kap. 3.3.1.4)

In der Betriebsphase ist kein ständiges Personal vor Ort. Das RTE-Personal, seine Zulieferer und Subunternehmer intervenieren nur punktuell in der Umspannstation, z. B. für Wartungsarbeiten an der Umspannstation oder dem Regenwassermanagementsystem und für die Pflege der Landschaftsanlagen. ([16], Kap. 3.3.1.4)

Das gesamte Regenwasser der 400/90-kV-Umspannstation wird versickert. Bei den nicht versiegelten Flächen, die als Schotter belassen werden, erfolgt die Versickerung des Regenwassers vor Ort, ohne dass es gesammelt, aufgefangen oder behandelt wird. Wasser aus versiegelten Bereichen, das kein Verschmutzungsrisiko darstellt, wird direkt über Sickerschächte, Drainagegräben oder durch freien Abfluss versickert. Wasser aus versiegelten Bereichen, das ein Verschmutzungsrisiko darstellt (Löschwasser, ausgelaufenes Öl), wird gesammelt und in eine wasserdichte Grube mit Ölabscheider/-auffangbehälter geleitet, die in einen Sickergraben mündet. ([16], Kap. 3.3.1.4)

Die elektrischen Anlagen der Umspannstation enthalten brennbare Materialien (z. B. flüssige oder synthetische Isolierstoffe). Bei Fehlfunktion kann ein Lichtbogen entstehen. Das Design der Station sieht vor, diese Risiken durch folgende Maßnahmen zu verringern:

- Entfernung von Phasen und Massen
- Dimensionierung der Isolation
- Anbringen von Schutznetzen
- Fernüberwachungssystem, das die Leitstelle aus der Ferne alarmiert, wenn Fehlfunktionen auftreten

Die Anlagen weisen ein hohes Maß an Zuverlässigkeit auf und ermöglichen die Aufrechterhaltung der Nennleistung (110 MV davon ca. 65 % für die Station auf dem Betriebsgelände „Rampen“ und ca. 35 % für die Station auf dem Betriebsgelände „Schächte“) auch dann, wenn ein Transformator mehrere Monate lang nicht verfügbar ist. Die Anschlusskreise sind doppelt vorhanden und die Stationen auf den Betriebsgeländen „Rampen“ und „Schächte“ sind miteinander verbunden, um eine redundante Versorgung zu gewährleisten. ([16], Kap. 3.3.1.4)

Unterirdische 90-kV-Stromleitungen

Die unterirdischen 90-kV-Stromleitungen bestehen aus

- einer unterirdischen elektrischen Leitung zwischen der neuen 400/90-kV-Umspannstation und der 90/20-kV-Umspannstation auf dem Betriebsgelände „Rampen“,
- einer unterirdischen elektrischen Leitung zwischen der neuen 400/90-kV-Umspannstation und der 90/20-kV-Umspannstation auf dem Betriebsgelände „Schächte“ und
- einer unterirdischen elektrischen Leitung zwischen den beiden 90/20-kV-Stationen auf den Betriebsgeländen „Rampen“ und „Schächte“ (Redundanz).

Diese Leitungen werden unter der Bauherrschaft von RTE hergestellt. ([16], Kap. 3.3.1.5)

Aus Sicherheitsgründen werden die unterirdischen Leitungen in zwei parallelen Gräben verlaufen, die etwa fünf Meter voneinander entfernt sind. Für den Fall einer Havarie oder eines mechanischen Angriffs auf eine der beiden Leitungen ist die zweite Leitung in ca. 5 m Abstand vorgesehen, um eine Mitbeschädigung oder Mitbeeinträchtigung zu vermeiden ([16], Kap. 3.3.1.5)

Die unterirdischen elektrischen Leitungen bestehen aus drei Stromkabeln und zwei Glasfaserkabeln. Diese Kabel werden in Hüllen eingebettet, die in geringer Tiefe in den Gräben verlegt werden. Über den Kabeln befindet sich ein Warngitter, das bei späteren Grabungen auf die elektrischen Leitungen hinweist. Nachdem die Gräben verfüllt wurden, dürfen in einem Abstand von 2,5 m auf jeder Seite der elektrischen Leitungen keine hochstämmigen Bäume gepflanzt werden. ([16], Kap. 3.3.1.5)

90/20-kV-Umspannstationen

Zwei Stationen, die jeweils die 90-kV-Lieferung und die 90/20-kV-Transformation ermöglichen, werden auf den Betriebsgeländen „Rampen“ und „Schächte“ errichtet. Dabei werden die 90-kV-Zellen und die Sammelschienen mit Kopplung unter der Bauherrschaft von RTE und die 20-kV-Transformatorzellen und die 20-kV-Verteilerzellen unter der Bauherrschaft von ANDRA errichtet. ([16], Kap. 3.3.1.6)

Jede der beiden Umspannstationen nimmt eine Fläche von etwa 1 ha ein und die maximale Höhe beträgt 10 m (Stahlgerüste). Außerdem weisen die Stationen die gleichen Brandschutzprinzipien wie die 400/90-kV-Umspannstation auf. Das von der Straßeninfrastruktur stammende Regenwasser wird gesammelt und an das Regenwassermanagementsystem des Endlagers Cigéo übergeben. Auf den übrigen Flächen wird das Wasser nach denselben Modalitäten wie bei der 400/90-kV-Umspannstation versickert. ([16], Kap. 3.3.1.6)

Mittel- und langfristig können an diesen Stationen neue Anschlüsse für die industrielle Entwicklung des Gebiets in Betracht gezogen werden ([16], Kap. 3.3.1.6).

6.7 Wasserversorgung

Die Wasserverbände *Échanay* und *Haut-Ornain* übernehmen die Bauherrschaft für die Studien und Arbeiten der Maßnahme „Wasserversorgung“, die sich auf den Anschluss des Endlagers Cigéo an das bestehende Trinkwasserversorgungsnetz bezieht ([16], Kap. 3.3.2).

Für einige Anwendungen, bei denen Wasser benötigt wird, ist es nicht erforderlich, dass das Wasser Trinkwasserqualität aufweist. Daher wurde entschieden, Wasseraufbereitungsanlagen zu errichten, um einen Teil des erzeugten Abwassers für diese Anwendungen wiederzuverwenden. Die Qualität des wiederaufbereiteten Wassers ist an den Bedarf des Endlagers an Brauchwasser sowie an die Kompatibilität der Einleitungen aus dem Endlager Cigéo mit den Kriterien für einen guten chemischen und ökologischen Zustand der Oberflächengewässer angepasst. ([16], Kap. 3.3.2)

Das wiederaufbereitete Wasser, das die Kriterien für einen guten ökologischen und chemischen Zustand im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie erfüllt, wird die Aktivitäten bzw. Anlagen mit dem höchsten Wasserverbrauch versorgen: Betonherstellung, Bewässerung der Grünflächen und Betrieb der Tunnelbohrmaschine. Nur die sanitären Einrichtungen werden mit Trinkwasser versorgt. Dabei wird der Höchstbedarf an Wasser für das Endlager Cigéo für den Zeitraum zwischen 2020 und 2023 auf maximal 500 m³ pro Tag und danach auf durchschnittlich 200 m³ pro Tag geschätzt. ([16], Kap. 3.3.2)

Die Trinkwasserversorgung soll aus

- einem Bohrloch (*la Muleau*) in *Gondrecourt-le-Château*, verwaltet vom interkommunalen Zweckverband (*syndicat intercommunal à vocation unique, SIVU*) von *Haut Ornain*,
- einer Wasserfassung (*Massenfosse*) und einem Bohrloch (1977) in *Échenay*, verwaltet vom interkommunalen Wasserversorgungsverband (*syndicat intercommunal d'alimentation en eau potable, SIAEP*) der Region *Échenay*, sowie
- zwei Quellen (*Claire Fontaine* und *du Mont*) in *Thonnance-lès-Joinville*, verwaltet vom *SIAEP Thonnance-lès-Joinville/Suzannecourt*,

erfolgen (siehe Abbildung 25). ([16], Kap. 3.3.2)

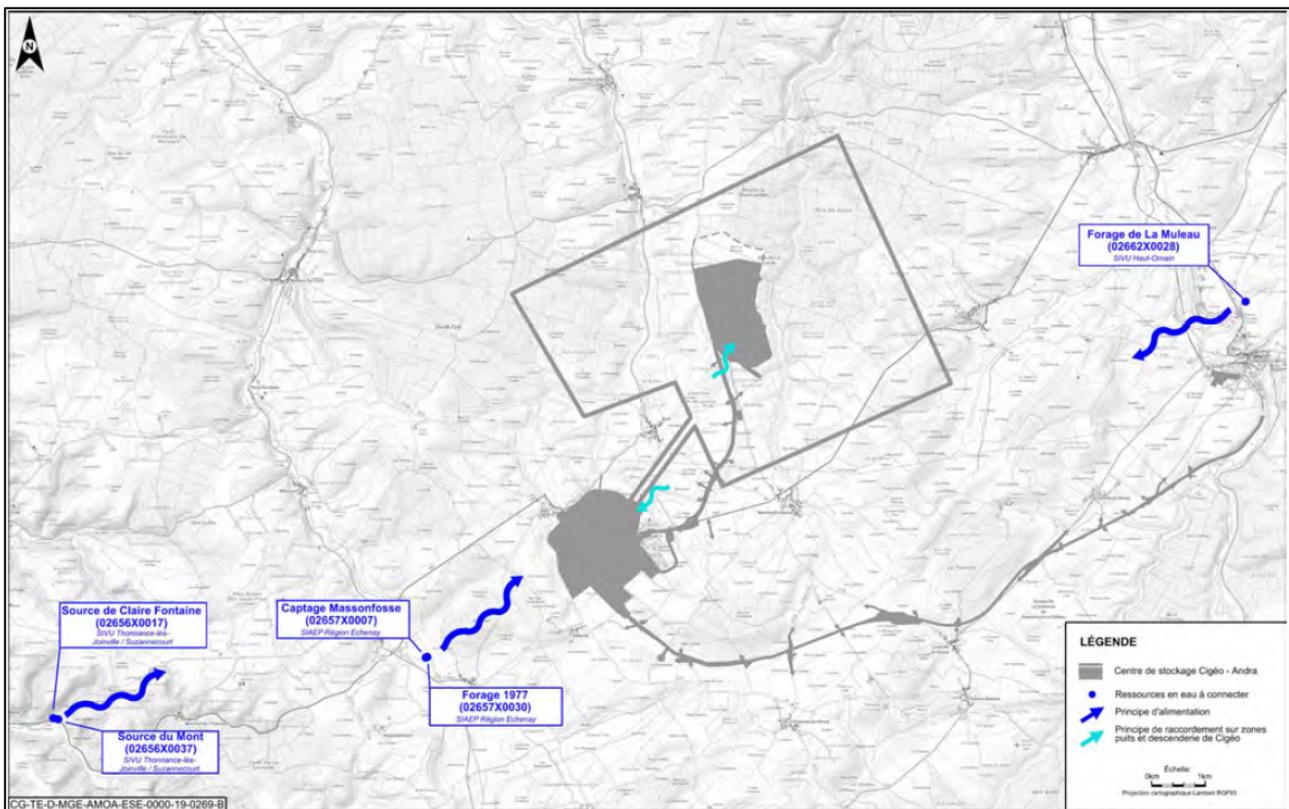


Abbildung 25: Standorte der Maßnahmen für die Wasserversorgung ([16], Figure 3-102)

Optionen (die sich nicht gegenseitig ausschließen) für die Umsetzung der Maßnahme zur Wasserversorgung des Cigéo sind

- die Verstärkung der bestehenden Versorgungsnetze des SIAEP der Region *Échenay* sowie dem SIVU von *Haut Ornain*,
- die Errichtung von Rohrleitungen, Hebepumpen und Tanks, um das Trinkwasser zum Endlager Cigéo zu fördern,
- die Zusammenschaltung bestehender Netze in der Nähe des Endlagers Cigéo und
- die begrenzte Erweiterung der bestehenden Netze zur Versorgung anderer Gemeinden, falls deren derzeitige Trinkwasserversorgung durch das Cigéo-Gesamtprojekt beeinträchtigt werden sollte. ([16], Kap. 3.3.2)

Die Versorgungsnetze versorgen die beiden Trinkwassertanks (je 500 m³) des Endlagers Cigéo, die sich auf dem Betriebsgelände „Rampen“ und dem Betriebsgelände „Schächte“ befinden ([16], Kap. 3.3.2).

Die gewählten Lösungen werden Gegenstand weiterer Untersuchungen und einer Aktualisierung der vorliegenden UVS sein. Derzeit wird davon ausgegangen, dass durch den Bau von Hebeanlagen eine Fläche von 1 ha beansprucht wird. Die Arbeiten werden dabei hauptsächlich entlang der bestehenden Infrastruktur durchgeführt. ([16], Kap. 3.3.2)

6.8 Ertüchtigung der Bahnlinie 027000

Die Maßnahme Ertüchtigung der Bahnlinie 027000 wird vom Bauherrn *SNCF*¹³ *Réseau* durchgeführt ([16], Kap. 3.3.3).

Die Bahnlinie 027000 des nationalen Eisenbahnnetzes ist an die ITE des Endlagers Cigéo angeschlossen (siehe Abbildung 26). Sie verbindet die ITE mit der Strecke Paris-Straßburg. Die Bahnstrecke wurde bis zu ihrer Stilllegung 2014 für den Güterverkehr vom Bahnhof *Nançois-Tronville* bis nach *Gondrecourt-le-Château* genutzt. Eine Ausnahme bildet der nördliche Teil zwischen *Nançois-Tronville* und den Silos von *Ligny-en-Barrois*, der nach Sanierungsmaßnahmen wieder zur Nutzung freigegeben wurde. Allerdings ist auch dieser Abschnitt seit Dezember 2019 gesperrt. Die Strecke ist 36 km lang, liegt vollständig im *Departement Meuse* und durchquert insgesamt 16 Gemeinden. Ziel der Arbeiten ist es, diese Strecke in der Bauvorbereitungsphase wieder instand zu setzen, sodass die Inbetriebnahme der Strecke noch vor Beginn der ersten Bauphase erfolgen kann. ([7], Kap. 14.1.1.2.3 & [16], Kap. 3.3.3.1)

Derzeit wird erwartet, dass neben der bestehenden Trasse etwa 14 ha zusätzlich benötigt werden. Bei der Strecke des nationalen Eisenbahnnetzes handelt es sich um eine eingleisige, nicht elektrifizierte Strecke mit einer Höchstgeschwindigkeit von 40 km/h. Nach ihrer Ertüchtigung wird die Bahnlinie 027000 als eingleisige Strecke mit eingeschränktem Verkehr für die Nutzung des Endlagers Cigéo betrieben. Das bedeutet, dass zeitgleich nur ein Zug auf der Strecke verkehren darf, was den Verkehr auf acht Durchfahrten pro Tag (vier Hin- und Rückfahrten) beschränkt. Das maximale Verkehrsaufkommen wird in der gleichen Größenordnung wie auf der ITE liegen.

Das Streckenprofil besteht überwiegend aus einem flachen Damm oder natürlichem Gelände. Außerdem umfasst die Strecke die folgenden 26 Bauwerke:

- 17 Schienenbrücken mit einer Länge von mehr als 20 m
- drei Straßenbrücken
- eine Passerelle (Fußgängerbrücke über die Schienen)
- eine Bahnüberführung (eine Eisenbahnvorrichtung, die aus einer Brücke, einem Graben oder einem kurzen Tunnel besteht und die Kreuzung von zwei Gleisen ermöglicht)
- vier Stützmauern

Des Weiteren umfasst die Bahnlinie 57 Querungsbauwerke und 59 Bahnübergänge, von denen 43 unbeschränkt sind. ([7], Kap. 14.1.1.2.3 & [16], Kap. 3.3.3.1)

¹³ Nationale Gesellschaft der französischen Eisenbahnen (*Société nationale des chemins de fer français*, SNCF)

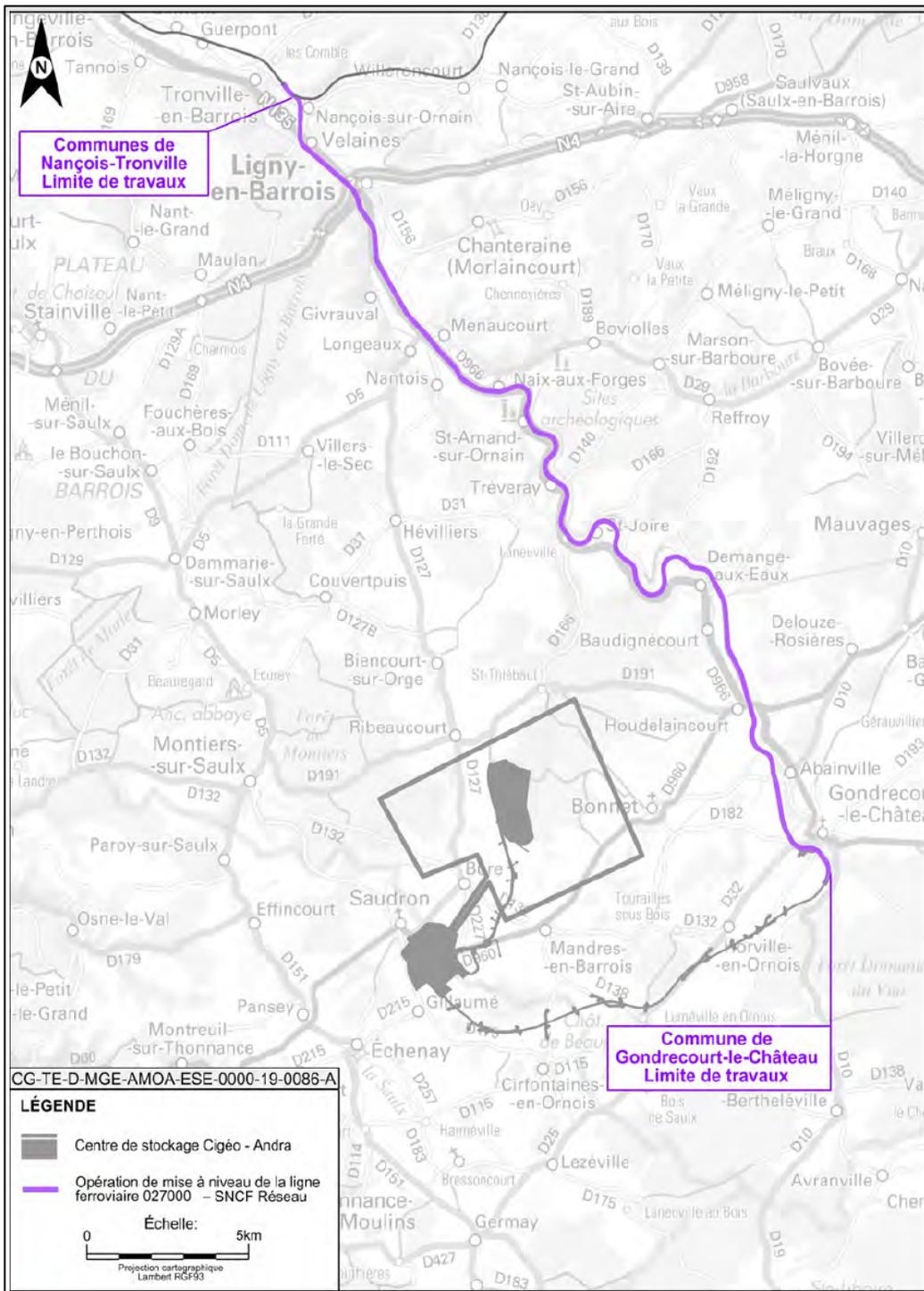


Abbildung 26: Standort der Bahnlinie 027000 ([16], Figure 3-106)

Eine von *SNCF Réseau* durchgeführte Bestandsaufnahme der Bahnlinie 027000 ergab einen schlechten Zustand der gesamten Strecke. Die am stärksten beschädigte Komponente ist der Unterbau. Die Schwellen sind oft sehr alt. Der Schotter ist aufgelockert, mit Erde vermischt und es hat sich Bewuchs angesiedelt. Das Gleisbett ist von der Vegetation überwuchert und das Entwässerungssystem ist weitgehend mangelhaft. ([16], Kap. 3.3.3.3)

Ein Viertel der Querungsbauwerke muss erneut werden. Des Weiteren sind an allen technischen Bauwerken Instandhaltungsarbeiten erforderlich. Die Betriebsräume der Bahnhöfe *Nançois-Tronville*

und *Lérouville* müssen angepasst werden, um die Verbindung zwischen der Strecke Paris-Straßburg und der Eisenbahnlinie 027000 zu integrieren. Außerdem muss der Relaisraum des Stellwerks *Lérouville* vergrößert werden. ([16], Kap. 3.3.3.3)

Die wichtigsten Ertüchtigungsmaßnahmen auf dem derzeitigen Gelände von SNCF sind

- die Einrichtung von Direktverbindungen durch Einbau von elektrifizierten Verbindungsstücken und Motorisierung der Weichen,
- die Installation von Transmittern am Eingang der ITE,
- die vollständige Erneuerung der Gleisbett- und Gleiskomponenten, um die Eingriffe in den nächsten 100 Jahren zu begrenzen, d. h.
 - Erneuerung von Schienen, Schwellen und Schotter und
 - Erneuerung des Gleisbettmaterials in einer Tiefe von 60 cm,
- die Instandsetzung der Querungsbauwerke,
- die Instandsetzung der technischen Bauwerke im Zuge der Regenerationszyklen, d. h.
 - Abdichtung von Bauwerken,
 - Instandsetzung des Mauerwerks und
 - Ersetzen der Metallschürzen der Bauwerke durch Betonschürzen sowie
- die Verlegung eines Kommunikationskabels entlang der gesamten Strecke.

Vor Durchführung dieser Arbeiten wird vor allem an Gräben und an den technischen Bauwerken und Querungsbauwerken das Buschwerk entfernt. ([16], Kap. 3.3.3.3)

Die Arbeiten zur Modernisierung der Bahnübergänge und ihrer Flächen werden in Abhängigkeit von der gewählten Lösung, die Gegenstand weiterer Untersuchungen und einer Aktualisierung der vorliegenden UVS sein wird, zu einem späteren Zeitpunkt spezifiziert ([16], Kap. 3.3.3.3).

6.9 Umleitung der Departementsstraße D60/960

Der Bauherr der Maßnahme „Umleitung der Departementsstraße D60/960“ ist der Departementsrat von *Haute-Marne* ([16], Kap. 3.3.4).

Die Departementsstraße D60/960 führt von *Soulaine d'Huys (Aube)* über *Saudron (Haute-Marne)* nach *Toul (Meurthe-et-Moselle)* und stellt eine Verbindung zur Nationalstraße 67 in *Joinville* und der Departementsstraße D966 in *Houdelaincourt* dar ([16], Kap. 3.3.4).

Um das Betriebsgelände „Rampen“ auf einer durchgängigen Fläche zu errichten ist es notwendig die Departementsstraße D60/960 umzuleiten. Die Umleitung ändert den Verlauf der Departementsstraße auf dem Abschnitt zwischen *Pansay* und *Mandres-en-Barrois*. Die gesamten Arbeiten für die Umleitung der Departementsstraße D60/D960 sind für die Bauvorbereitungsphase vorgesehen, sodass die Verkehrsfreigabe der Umleitung noch vor Beginn der ersten Bauphase erfolgen kann. ([7], Kap. 14.1.1.2.4).

Derzeit werden vom Departementsrat drei Varianten untersucht:

- Variante 1: sogenannte „Nahverkehrsstrecke“, die entlang der nördlichen Grenze des Betriebsgeländes „Rampen“ verlaufen würde
- Variante 2: sogenannte „Nordumfahrung“, die *Saudron* umgehen würde
- Variante 3: sogenannte „Südumfahrung“, die zwischen dem Betriebsgelände „Rampen“ und *Gillaumé* mit Umgehung von *Saudron* verlaufen würde

Die drei Varianten sind in Abbildung 27 dargestellt.

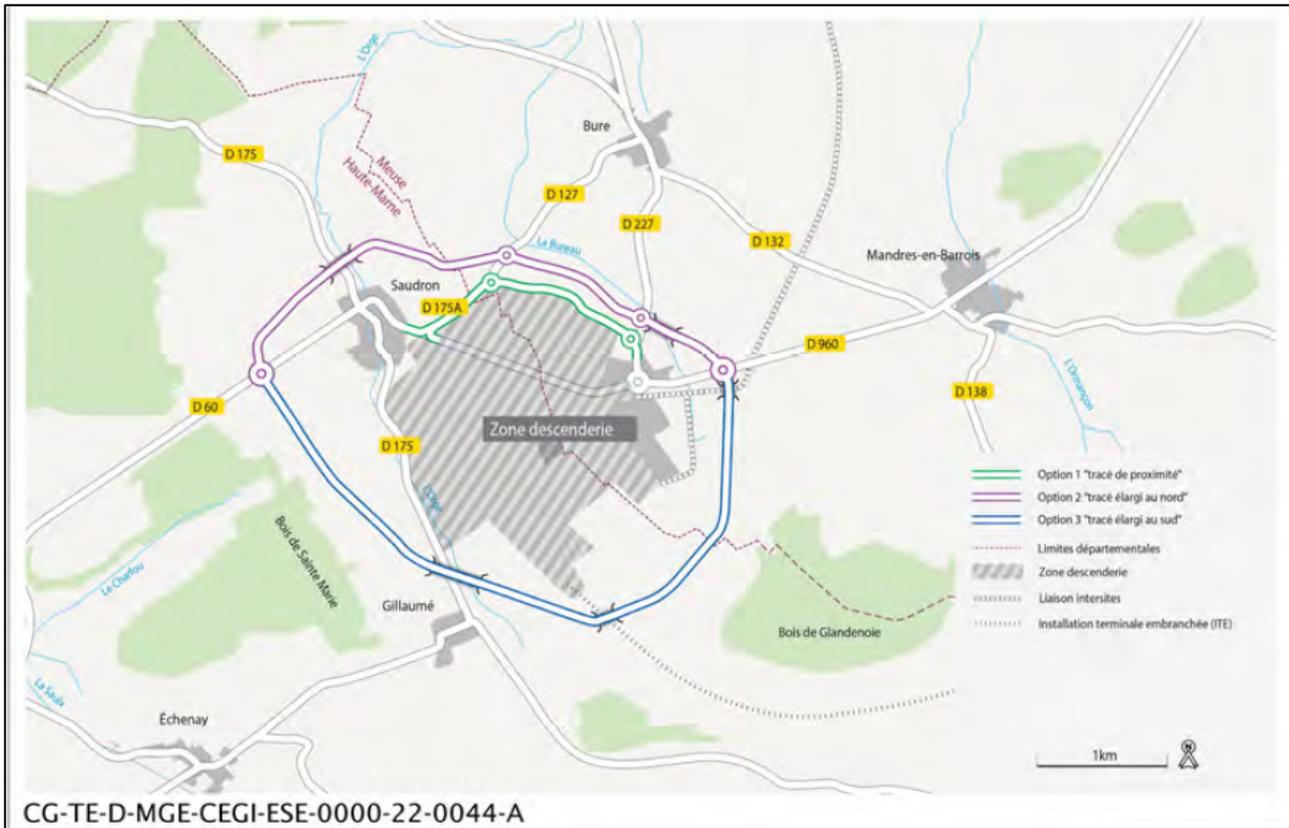


Abbildung 27: Untersuchte Varianten für die Maßnahme „Umleitung der Departementsstraße D60/960“ ([16], Figure 3-113)

Der Rat des Départements *Haute-Marne* veröffentlichte am 20. Mai 2022 seine Entscheidung, dass die Variante 3 nicht weiterverfolgt wird. Der Départementsrat verpflichtet sich, die Studien zu den nördlichen Varianten fortzusetzen, wobei Variante 1 zu diesem Zeitpunkt die Referenzoption bleibt, da sich der Großteil des Austauschs bei den Treffen und in den Beiträgen auf diese Variante konzentrierte, die als praktischer, mit weniger Auswirkungen auf die Grundstücke und geringeren Kosten angesehen wird. Der Départementsrat wird sich erneut an die Öffentlichkeit wenden, um die Ergebnisse der Prüfung der Streckenoptionen vorzustellen, bevor die Départementsversammlungen von *Haute-Marne* und *Meuse* über die gewählte Strecke beraten. ([16], Kap. 3.3.4)

Bei der längsten Option, die eine Überquerung des Flusses *Orge* beinhaltet, würde die künstlich geschaffene Fläche nach Abschluss der Arbeiten in der Bauvorbereitungsphase etwa 10 ha für die Umleitung der Departementstraße D60/960 betragen ([16], Kap. 3.3.4).

7 EINSCHÄTZUNGEN VON ANDRA

In den folgenden Abschnitten werden die in den Antragsunterlagen enthaltenden Einschätzungen ANDRAS im Hinblick auf die Themen Endlagersicherheit (Abschnitt 7.1) und Umweltauswirkungen (Abschnitt 7.2) wiedergegeben.

7.1 Endlagersicherheit

Der Sicherheitsnachweis für die kerntechnische Anlage Cigéo stützt sich auf zwei parallel und integriert durchgeführte Sicherheitsansätze, um eine konstante und strukturierte Verbindung und Abwägung zwischen den Zielen der Langzeit- und der Betriebssicherheit zu gewährleisten:

- Betriebsphase (klassischer Sicherheitsansatz, ähnlich wie bei anderen kerntechnischen Anlagen)
- Nachbetriebsphase (endlagerspezifischer Sicherheitsansatz zur passiven und langfristigen Gewährleistung der Langzeitsicherheit)

Die beiden Sicherheitsansätze, die für die kerntechnische Anlage Cigéo geltenden Vorschriften sowie die für den Sicherheitsnachweis herangezogenen Bezugssysteme werden in [27] bzw. Anhang 7b vorgestellt.

7.1.1 Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase

Der Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase (*démonstration de sûreté en exploitation*) soll gewährleisten, dass der Schutz des Personals und der Bevölkerung während des Betriebs des Endlagers gegeben ist. In diesem Sinne werden Maßnahmen zur Vorsorge, Überwachung und Begrenzung der Folgen entwickelt, die mit allen für den Betrieb identifizierten Risiken verbunden sind.

Der Sicherheitsnachweis bezieht sich auf die gesamte Anlage und die gesamte Betriebsdauer. Die charakteristischen Größen, die als Eingangsdaten für die Auslegungs- und Sicherheitsanalysen für die Betriebsphase herangezogen werden, gelten in diesem Zusammenhang für das gesamte Referenzinventar, d. h. sowohl für die während der PhiPil eingelagerten Abfälle als auch für die Abfälle, die im regulären Betrieb des Cigéo eingelagert werden [34].

Neben Normalbetrieb und anomalen Betrieb (*fonctionnement normal et dégradé*) werden im Sicherheitsnachweis der Betriebsphase [34] folgende Gruppen von Ereignissen betrachtet:

- Auslegungsstörfälle (*situations incidentelles de dimensionnement*)
- Auslegungsunfälle (*situations accidentelles de dimensionnement*)
- Auslegungsüberschreitende Unfälle (*situations accidentelles en extension de dimensionnement*) einschließlich Extremereignisse (*événements extrêmes*)

Zusätzlich werden ausgeschlossene Ereignisse (*situations exclues*) genannt. Hierbei handelt es sich um Unfälle, für die eine große Anzahl von Vorkehrungen kumuliert werden und deren Robustheit nachgewiesen ist (extrem unwahrscheinliches Ereignis mit einem hohen Vertrauensmaß im Hinblick auf die Sicherheitsziele) oder um physikalisch unmögliche Ereignisse. Diese Ereignisse werden zwar aufgeführt (einschließlich Begründung ihres Ausschlusses), aber nicht bewertet. Die technischen Vorkehrungen, die zum Ausschluss dieser Ereignisse beitragen, stellen Schutzelemente (*éléments importants pour la protection des intérêts*, EIP) dar. ([34], Kap. 1.3.2.3)

7.1.1.1 Normalbetrieb und anomaler Betrieb

Für die meisten Tätigkeiten, die mit dem Normalbetrieb der kerntechnischen Anlage verbunden sind, sind die mittleren jährlichen Dosen sehr niedrig (unter einem Millisievert). Tatsächlich ist der kerntechnische Prozess größtenteils automatisiert und die Tätigkeiten werden fernhantiert durchgeführt. Vorbeugende Wartungsarbeiten werden erst nach der Entfernung der Strahlenquelle durchgeführt. Nur bei der Annahme von Transportverpackungen (Anschlags- und Handhabungstätigkeiten) und Tätigkeiten im Zusammenhang mit den Strahlenschutzkontrollen an diesen Gebinden können die durchschnittlichen jährlichen Dosen für das jeweilige Personal 2 mSv/a überschreiten, wobei der Wert im Durchschnitt unter 3 mSv/a bleibt. Korrektive Wartungsarbeiten (anomaler Betrieb) und Arbeiten mit Abfällen, die während des Betriebs der Anlage anfallen (Betriebsabfälle), führen zu einer etwas höheren integrierten Dosis für das Personal, bleiben aber unter den Strahlenschutzgrenzwerten (5 mSv/a mit dem Optimierungsziel von weniger als 2 mSv/a für den Großteil der Arbeitsplätze ([27], Tabelle 1-1)). ([34], Kap. 2.2.5)

Die Bewertung der berechneten effektiven Körperdosis beruht auf konservativen Annahmen, die darauf abzielen, die integrierte Dosis unter Berücksichtigung bestimmter Ungewissheiten, insbesondere in Bezug auf die Transportverpackungen, zu maximieren. Unter Ausschluss der in der Nähe der Transportverpackungen durchgeführten Tätigkeiten (die 80 % der Jahresdosis des am stärksten exponierten Personals ausmachen) weist keine Tätigkeit eine durchschnittliche Dosis von mehr als 2,5 mSv/a auf. ([34], Kap. 2.2.5).

7.1.1.2 Auslegungsstör- und -unfälle

Die kerntechnische Anlage Cigéo ist so auszulegen, dass

1. das Auftreten von Auslegungsstör- und -unfällen verhindert wird, was i. d. R. eine Verbesserung der erwarteten Leistungen und damit der Kriterien für die Auslegung der Komponenten, der Bedingungen und/oder Maßnahmen, die vorgesehen sind, um die Einhaltung der Sicherheitsziele zu gewährleisten, bedeutet,
2. beim Auftreten von Auslegungsstör- und -unfällen die Rückkehr der Anlage in einen sicheren und kontrollierten Zustand (Normalbetrieb) möglich ist, was auch zur Einführung spezieller Vorkehrungen führen kann und
3. die Auswirkungen von Auslegungsstör- und -unfällen minimiert werden. Dies setzt zusätzliche Minderungsmaßnahmen voraus, die so bemessen und umgesetzt werden, dass sie diese Funktion erfüllen, um die mit der betreffenden Art oder Kategorie von Unfällen verbundenen Sicherheitskriterien einzuhalten.

Dabei sind Störfälle Ereignisse mit einer mäßigen Eintrittshäufigkeit und geringen Auswirkungen auf Personen und die Umwelt. Die Analyse dieser Ereignisse ermöglicht es, die Auslegung der Anlage im Rahmen der ersten und zweiten Stufe des Prinzips der *defense in depth* (siehe Aufzählung oben) zu überprüfen. Das Eintreten solcher Situationen erfordert keine Schadensbegrenzungsmaßnahmen. ([34], Kap. 1.3.2.1.2)

Unfälle sind Ereignisse, deren Folgen die Schutzziele der Anlagen verletzen, wenn keine spezifischen Vorkehrungen für ihre Bewältigung getroffen werden. Diese Situationen sind für die Bemessung der Schadensbegrenzungsmaßnahmen (dritte Ebene der *defense in depth*, siehe Aufzählung oben) maßgeblich. ([34], Kap. 1.3.2.1.2)

Um sicherzustellen, dass die getroffenen technischen, personellen und organisatorischen Vorkehrungen ausreichen, um die Einhaltung der festgelegten Schutzziele zu gewährleisten, wird eine Analyse der in Bezug auf die potenziellen Auswirkungen auf die Öffentlichkeit (Bevölkerung) und/oder das Personal abdeckenden Auslegungsstör- und -unfälle durchgeführt. Dabei werden für jede der untersuchten Situationen die getroffenen Sicherheitsvorkehrungen dargestellt und die damit verbundenen Auswirkungen abdeckend abgeschätzt. Zu diesem Zweck werden die Auslegungsstör- und -unfälle, die zu ähnlichen Folgen führen, zu einer begrenzten Anzahl von sogenannten „abdeckenden Ereignissen“ zusammengefasst. Sie werden mit nachteiligen Annahmen untersucht, die

- gewährleisten, dass das „abdeckende Ereignis“ alle Ereignisse desselben Typs (dieselben Bedingungen, dasselbe auslösende Ereignis, dieselben Beherrschungsvorkehrungen etc.), die auftreten können, abdeckt und
- gegenüber den Kriterien, die eingehalten werden müssen, um die Ungewissheiten in der Phänomenologie der beteiligten Ereignisse abzudecken über Sicherheitsmargen verfügen.

Die Analyse der „abdeckenden Ereignisse“ zielt darauf ab,

- die radiologischen und nicht-radiologischen Folgen für Menschen und die Umwelt zu bewerten (Freisetzung radioaktiver Stoffe, Strahlung, thermische Effekte etc.) und
- zu dem Ergebnis zu kommen, dass die potenziellen Auswirkungen der untersuchten Ereignisse im Hinblick auf die Schutzziele akzeptabel sind. ([34], Kap. 1.3.3.1 & 8.3)

Darüber hinaus wird bei der Analyse von Stör- und Unfällen, die mit den nach Abschluss der Risikoanalyse ausgewählten Hauptrisiken verbunden sind, ein ungünstigstes internes Versagen eines durch den Störfall oder Unfall belasteten EIP (Verschlechterung der Leistung eines aktiven Systems) berücksichtigt, der unabhängig vom Auslöser des Stör- oder Unfalls ist. ([34], Kap. 1.3.3.1)

Die im Sicherheitsnachweis der Betriebsphase [34] betrachteten abdeckenden Auslegungsstör- und -unfälle sowie die damit jeweils verbundene höchste Exposition der Bevölkerung in der Umgebung des Cigéo sind in Tabelle 4 und Tabelle 5 dargestellt.

Die maximale berechnete Dosis des Personals, das einem Auslegungsstör- oder -unfall ausgesetzt ist, bleibt im Mikrosievert-Bereich. Mit zwei Ausnahmen beträgt die langfristige (50 bis 70 Jahre) maximale berechnete Dosis für die anliegende Bevölkerung (von *Bure*, *Saudron* und *Mandres en Barrois*) in allen Situationen weniger als 1 μSv . Aber auch in den beiden Ausnahmen beträgt sie weniger als 50 μSv , sodass das Strahlenschutzziel (10 mSv lebenslang (siehe Tabelle 1-1 in [27])) eingehalten wird. ([34], Tabelle 8-12)

Unter Berücksichtigung der Sicherheitsvorkehrungen lassen die Folgenabschätzungen den Schluss zu, dass die Schutzziele eingehalten werden (unabhängig von der Dauer der Exposition der Öffentlichkeit (Bevölkerung)) und dass das gewählte Sicherheitskonzept bestätigt wird. ([34], Kap. 8.3)

Tabelle 4: Betrachtete abdeckende Auslegungsstörfälle ([34], Kap. 8.3.1)

		Aktivität [Bq]	Aktivitätsspektrum	Freisetzungsfaktor	Filterfaktor	Freisetzungshöhe	Exposition der Bevölkerung
I1	Herunterfallen eines gebrauchten HEPA-Filters beim Austausch in den Filterräumen des EP1	2,23E+6	9 % Pu-239 (α) 91 % Sr-90 (β)	10^{-4}	10^{-3}	30 m	< 1 nSv
I2	Herunterfallen eines gebrauchten HEPA-Filters beim Austausch im Filterraum einer LL-IL-Einlagerungsstrecke	8,08E+7	9 % Pu-239 (α) 91 % Sr-90 (β)	10^{-4}	10^{-3}	12 m	< 1 nSv

Tabelle 5: Betrachtete abdeckende Auslegungsunfälle ([34], Kap. 8.3.3)

		Aktivität [Bq] ¹⁴	Aktivitätsspektrum	Freisetzungsfaktor	Filterfaktor	Freisetzungshöhe	Exposition der Bevölkerung
A1	Absturz (<i>chute</i>) eines PG infolge eines Versagens einer kerntechnischen Hebevorrichtung in der Entladezelle ¹⁵ (Freisetzung der inneren Aktivität; nur bei PG deren Qualifikationshöhe (QH) geringer ist als die Fallhöhe)						
	Zwei PG der Familie COG-030	2,08E+14	wie COG-030	10^{-5}	10^{-3}	30 m	< 1 μ Sv (Kind - 10 J.)
	Ein PG der Familie COG-560	5,49E+14	wie COG-560	10^{-4}	10^{-3}	30 m	< 10 μ Sv (Kind - 10 J.)
	Zwei PG der Familie CEA-060	2,92E+15	wie CEA-060	10^{-5}	10^{-3}	30 m	< 50 μ Sv (Kind - 1 J.)

¹⁴ Innere Aktivität oder nicht festhaftende Oberflächenkontamination

¹⁵ Zelle, in der die PG aus den Transportverpackungen entladen werden

		Aktivität [Bq] ¹⁴	Aktivitäts- spektrum	Freiset- zungsfaktor	Filter- faktor	Freiset- zungshöhe	Exposition der Bevölkerung
A2	Ölbrand eines Getriebemotors einer kerntechnischen Hebevorrichtung in der Entladezelle mit Versagen des Löschsystems (Freisetzung der nicht festanhaftenden Oberflächenkontamination von 36 PG der Familie COG-100 ¹⁶)	2,82E+6	9 % Pu-239 (α) 91 % Cs-137 (β)	$5 \cdot 10^{-3}$ (α) 1 (β)	10^{-3}	30 m	< 1 μ Sv (alle)
A3	Brand des Roboters in der Gebindekontrollstation mit Versagen des Löschsystems (Freisetzung der nicht festanhaftenden Oberflächenkontamination von 36 PG der Familie CEA-231 ¹⁷)	9,24E+5	9 % Pu-239 (α) 91 % Cs-137 (β)	$5 \cdot 10^{-3}$ (α) 1 (β)	10^{-3}	30 m	< 1 μ Sv (alle)
A4	Absturz eines PG infolge eines Versagens einer kerntechnischen Hebe- einrichtung in der Vorbereitungszelle ¹⁸ (Freisetzung der inneren Aktivität; nur bei PG deren QH geringer ist als die Fallhöhe)						
	Ein PG der Familie COG-050	3,61E+13	wie COG-050	10^{-5}	10^{-3}	30 m	< 1 μ Sv (Erwachsene)
	Ein PG der Familie COG-560	5,49E+14	wie COG-560	10^{-4}	10^{-3}	30 m	< 10 μ Sv (Kind - 10 J.)
	Ein PG der Familie CEA-060	1,46E+15	wie CEA-060	10^{-5}	10^{-3}	30 m	< 20 μ Sv (Kind - 1 J.)

¹⁶ Die Familie COG-100 wird aufgrund der äußeren Oberfläche und der Anzahl an PG, die in einer Transportverpackung enthalten sein können, ausgewählt.

¹⁷ Die Familie CEA-231 wird ausgewählt, da es sich hierbei um die PG mit der größten äußeren Oberfläche handelt.

¹⁸ Zelle, in der die Endlagergebinde vorbereitet werden

		Aktivität [Bq]¹⁴	Aktivitäts- spektrum	Freiset- zungsfaktor	Filter- faktor	Freiset- zungshöhe	Exposition der Bevölkerung
A5	Brand eines Gebindetransportwagens in der Prozesszelle des EP1 mit Versagen des bordeigenen Feuerlöschsystems (Freisetzung der nicht fest-anhaftenden Oberflächenkontamination von fünf Endlagergebinden des Typs CS7 ¹⁹)	6,1E+6	9 % Pu-239 (α) 91 % Cs-137 (β)	$5 \cdot 10^{-3}$ (α) 1 (β)	10^{-3}	30 m	< 1 μ Sv (alle)
A6	Kollision unter Beteiligung des Transportfahrzeugs für Fässer mit Betriebsabfällen in untertägigen Strecken oder in der Servicerampe mit Brand des Fahrzeugs (Freisetzung der Aktivität von sechs Fässern, die jeweils eine halbe Filterzelle enthalten)	4,848E+8	9 % Pu-239 (α) 91 % Sr-90 (β)	10^{-3} RF ²⁰ : 10^{-2}	1	0 m	16 nSv (Erwachsene ²¹) 8 nSv (Erwachsene ²²)

¹⁹ Der Typ CS7 wird ausgewählt, da es sich hierbei um das Endlagergebinde mit der größten äußeren Oberfläche handelt.

²⁰ Retentionsfaktor

²¹ In einer Entfernung von 500 m vom Auslass bei einer Expositionszeit von 24 Stunden

²² Bei einer Expositionszeit von 50 Jahren (in Saudron)

		Aktivität [Bq]¹⁴	Aktivitäts- spektrum	Freiset- zungsfaktor	Filter- faktor	Freiset- zungshöhe	Exposition der Bevölkerung
A7	Brand eines Staplers oder einer Hebe- vorrichtung im Nutzbereich einer LL- IL-Einlagerungsstrecke mit Versagen des bordeigenen Löschsystems (Frei- setzung der nicht festhaftenden Oberflächenkontamination eines LL- IL-Endlagergebundes des Typs CS22 auf den dem Brand ausgesetzten Ober- flächen)	2,64E+6	9 % Pu-239 (α) 91 % Cs-137 (β)	$5 \cdot 10^{-3}$ (α) 1 (β)	(1) ²³ (10 ⁻³) ²⁴ (10 ⁻¹) ²⁵	12 m	< 1 μ Sv (Erwachsene)
A8	Brand eines Zieh- oder Schiebero- boters in einer HA-Einlagerungsstrecke (Freisetzung der nicht festhaftenden Oberflächenkontamination von zehn HA-Endlagergebunden)	1,55E+6	9 % Pu-239 (α) 91 % Cs-137 (β)	$5 \cdot 10^{-3}$ (α) 1 (β)	1	12 m	< 1 μ Sv (Erwachsene)
A9	Bemessungserdbeben in der kern- technischen Anlage (Freisetzung der nicht festhaftenden Oberflächen- kontamination der Abfallgebände in der kerntechnischen Anlage)	ü. T. < 5E+8 u. T. < 6E+10	9 % Pu-239 (α) 91 % Sr-90 (β)	10^{-4}	(1) ²⁶ (10 ⁻³) ²⁷	ü. T. 0 m bzw. 30 m u. T. 12 m	< 1 μ Sv (Erwachsene)

²³ Für die in die Zugangsstrecken übertragene Aktivität

²⁴ Für die in den Filterraum übertragene Aktivität

²⁵ Rate der Aktivitätsübertragung auf die LL-IL-Zugangsstrecken und Filterräume

²⁶ Für Räume, die als C1 eingestuft sind und Abfallgebände und Transportverpackungen enthalten

²⁷ Für Räume, die als C2 oder C4** eingestuft sind

7.1.1.3 Auslegungsüberschreitende Unfälle

Auslegungsüberschreitende Unfälle sind unwahrscheinliche Ereignisse, die infolge von Mehrfachversagen von Sicherheitseinrichtungen eintreten können oder kumulierte Ereignisse, einschließlich Extremereignisse. Diese Situationen können zu einer signifikanten Verschlechterung des Anlagenzustands führen und/oder die Integrität mehrerer oder aller Barrieren, die die Freisetzung radioaktiver Stoffe verhindern, gefährden. Die Analyse dieser Ereignisse ermöglicht es, die Robustheit der Anlage zu überprüfen und festzustellen, für welche Ereignisse Schutzvorkehrungen im Fall eines Kippunktes erforderlich sind. Unter all diesen Ereignissen werden die Notfälle (*situations d'urgence*) identifiziert, die die Einrichtung einer Organisation und materieller Vorkehrungen erfordern, die den internen Notfallplan (*plan d'urgence interne*, PUI) dimensionieren.

Die auslegungsüberschreitenden Unfälle werden mit sogenannten „realistischen“ Annahmen untersucht, da das Ziel darin besteht, die Robustheit der Nachweisführung zu überprüfen (und ggf. erforderliche Schutzvorkehrungen zu definieren). Allerdings kann eine konservative Betrachtungsweise für die Parameter, die für den Verlauf des Ereignisses am ausschlaggebendsten sind, erforderlich sein. ([34], Kap. 1.3.3.2)

Die im Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase [34] betrachteten auslegungsüberschreitenden Unfälle sowie die damit jeweils verbundene höchste kurzfristige (24 h) Exposition der Bevölkerung in der Umgebung des Cigéo sind in Tabelle 6 und Tabelle 7 dargestellt.

Die im Rahmen der Analyse berechnete maximale Dosis für das Personal beträgt je nach Unfallsituation zwischen < 1 mSv und < 20 mSv. Für die Bevölkerung beträgt die berechnete maximale Dosis zwischen < 1 μ Sv und 9 mSv für kurzfristige (24 Stunden) Strahlenexposition und beträgt maximal 10 mSv bei einer Strahlenexposition von einem Jahr. Im Fall eines Stör- oder Unfalls in Zusammenhang mit bituminierten Abfällen beträgt die berechnete maximale Dosis für die anliegende Bevölkerung innerhalb von 24 Stunden weniger als 10 mSv. ([34], Kap. 8.4)

Die maximalen Konzentrationen chemo-toxischer Stoffe, denen die Öffentlichkeit (Bevölkerung) in einer Entfernung von 500 m ausgesetzt wäre, liegen unabhängig von den untersuchten abdeckenden Situationen um mindestens drei Größenordnungen unter den Indikatoren für chemische Risiken. ([34], Kap. 8.4.3.2).

Die Analyse von in Bezug auf die kurzfristigen Auswirkungen auf die Bevölkerung abdeckenden Stör- und Unfällen zeigt, dass die gewählten Strahlenschutzziele eingehalten werden, und führt dazu, dass die Notwendigkeit, die Bevölkerung in Sicherheit zu bringen, nicht in Betracht gezogen wird. ANDRA kommt zu dem Schluss, dass die Ergebnisse dieser Analyse die Robustheit des gewählten Sicherheitskonzepts nachweisen ([34], Kap. 8.4).

Tabelle 6: Betrachtete auslegungüberschreitende Unfälle ([30], Kap. 8.4)

		Aktivität [Bq] ²⁸	Aktivitätsspektrum	Freisetzungsfaktor	Filterfaktor	Freisetzungshöhe	Exposition der Bevölkerung
E1	Verlust der Einschlusswirkung einer Transportverpackung und der darin enthaltenen PG infolge eines Sturzes in die Grube der Entladehalle infolge eines Versagens der gesicherten Hebevorrichtung und des Dämpfungsmaterials (Freisetzung der inneren Aktivität; nur bei PG deren QH geringer ist als die Fallhöhe)						siehe auch Tabelle 7
	Drei PG der Familie COG-050	1,08E+14	wie COG-050	10 ⁻⁵	1	0 m	< 1 mSv (Erwachsene)
	Sechs PG der Familie COG-430	1,07E+14	wie COG 430	RF ²⁹ : 10 ⁻¹			< 1 mSv (Erw.)
	Vier PG der Familie CEA-050	3,12E+15	Wie CEA-050				< 9 mSv (Erw.)
E2	Mobilisierung der inneren Aktivität der Fässer mit Betriebsabfällen im Falle eines Brandes im Lagerraum für Betriebsabfälle (Freisetzung der inneren Aktivität von 50 Fässern mit Betriebsabfällen, die jeweils eine halbe Filterzelle aus den LL-IL-Einlagerungstrecken enthalten)	4,04E+9	9 % Pu-239 (α) 91 % Cs-137 (β)	1·10 ⁻³ (α) 2·10 ⁻¹ (β)	1	12 m	< 10 μSv (Erw.)

²⁸ Innere Aktivität oder nicht festanhaftende Oberflächenkontamination

²⁹ Retentionsfaktor der Transportverpackung

		Aktivität [Bq]²⁸	Aktivitäts- spektrum	Freiset- zungsfaktor	Filter- faktor	Freiset- zungshöhe	Exposition der Bevölkerung
E3	Freisetzung von radioaktiven Stoffen aus einem oder mehreren in Einlagerungsstrecken gelagerten LL-IL-Gebinde(n) aufgrund eines Versagens des Primär- und ggf. des Endlagerbehälters als erste Einschlussbarriere						
	Ein PG der Familie CEA-050	7,8E+14	wie CEA-050	10 ⁻⁵ h ⁻¹	10 ⁻³	12 m	< 10 µSv (Erw.)
	Zwei PG der Familie CEA-060 in einem Endlagerbehälter CS 2.3	2,92E+15	wie CEA-060				< 10 µSv (Kind – 1 J.)
E4	Externe Exposition eines Arbeiters, der sich infolge eines Prozessfehlers in der Nähe einer HA-Einlagerungsstrecke ohne Strahlenschutzverschluss befindet	-	-	-	-	-	keine (nur Personal)

		Aktivität [Bq]²⁸	Aktivitäts- spektrum	Freiset- zungsfaktor	Filter- faktor	Freiset- zungshöhe	Exposition der Bevölkerung
E5	Kumulierung von A1 mit einem Brand in der Entladezelle (Freisetzung der inneren Aktivität wie bei A1, deren Freisetzung durch den Brand und Freisetzung der nicht festhaftenden Oberflächenkontamination der anderen PG in der Transportverpackung)						
	Zwei PG der Familie COG-040	4,86E+14	wie COG-040	10 ⁻⁶	10 ⁻³	30 m	< 10 µSv (Erw.)
	Ein PG der Familie COG-040	2,75E+5	9 % Pu-239 (α) 91 % Cs-137 (β)	5·10 ⁻³ (α) 1 (β)			
	Ein PG der Familie EDF-080	2,56E+15	wie EDF-080	10 ⁻⁵			< 20 µSv (Erw.)
	Zwei PG der Familie CEA-060	2,92E+15	wie CEA-060	10 ⁻⁵			< 50 µSv (Erw.)
	Zwei PG der Familie CEA-060	2,7E+5	9 % Pu-239 (α) 91 % Cs-137 (β)	5·10 ⁻³ (α) 1 (β)			
E6	Kumulierung von A2 mit dem Versagen der Brandabschnitte (Freisetzung der nicht festhaftenden Oberflächenkontamination von 36 PG der Familie COG-100)	2,82E+6	9 % Pu-239 (α) 91 % Cs-137 (β)	5·10 ⁻³ (α) 1 (β)			10 ⁻³
E7	Kumulierung von A5 mit dem Versagen der Brandabschnitte (Freisetzung der nicht festhaftenden Oberflächenkontamination von fünf Endlagergebänden des Typs CS7)	6,2E+5	9 % Pu-239 (α) 91 % Cs-137 (β)	5·10 ⁻³ (α) 1 (β)	10 ⁻³	30 m	< 1 µSv (Erw.)

		Aktivität [Bq] ²⁸	Aktivitäts- spektrum	Freiset- zungsfaktor	Filter- faktor	Freiset- zungshöhe	Exposition der Bevölkerung
E8	Kumulierung von A9 mit dem Absturz eines PG in der Entladezelle						
	Zwei PG der Familie COG-050	7,22E+13	wie COG-050	10 ⁻⁵	10 ⁻³	30 m	< 1 µSv
	Ein PG der Familie EDF-080	2,56E+15	wie EDF-080	10 ⁻⁵			
	Zwei PG der Familie CEA-050 ³⁰	1,56E+15	wie CEA-050	10 ⁻⁵			
E9	Kumulierung von A6 mit dem Versagen der Brandschutzeinhausung (Freisetzung der inneren Aktivität von sechs Fässern mit Betriebsabfällen)	4,848E+8	9 % Pu-239 (α) 91 % Cs-137 (β)	Sturz: 10 ⁻⁵ Brand: 10 ⁻³ (α) 2·10 ⁻² (β)	1	0 m	< 1 µSv (Erw. ³¹)
E10	Kumulierung von A7 mit dem Versagen der Brandabschnitte (Freisetzung der nicht festhaftenden Oberflächenkontamination eines LL-IL-Endlagergebindes (Typ CS22) auf den dem Brand ausgesetzten Oberflächen)	2,64E+6	9 % Pu-239 (α) 91 % Cs-137 (β)	5·10 ⁻³ (α) 1 (β)	1	12 m	< 1 µSv (Erw.)

³⁰ In [30] Kap. 8.4.2.8.2 wird für die Aktivität eines PG der Familie CEA-050 ein Wert von 7,8E+15 Bq angegeben. Hierbei handelt es sich vermutlich um einen Fehler, da in den Kapiteln 8.4.2.1.2 (E1), 8.4.2.1.4 (E1) und 8.4.2.3.2 (E3) jeweils ein Wert von 7,8E+14 Bq angegeben wird.

³¹ In einer Entfernung von 500 m vom Auslass bei einer Expositionsdauer von 24 Stunden

		Aktivität [Bq] ²⁸	Aktivitäts- spektrum	Freiset- zungsfaktor	Filter- faktor	Freiset- zungshöhe	Exposition der Bevölkerung
E11	Kumulierung von Bränden in der Ober- flächenanlage (siehe A5) und der untertägigen Anlage (siehe A7)		Siehe A5 und A7				< 1 µSv (Erw.)
	analog A5	6,2E+6	9 % Pu-239 (α) 91 % Cs-137 (β)	5·10 ⁻³ (α) 1 (β)	10 ⁻³	30 m	
	analog A7	2,64E+6	9 % Pu-239 (α) 91 % Cs-137 (β)	5·10 ⁻³ (α) 1 (β)	1	12 m	

Tabelle 7: Exposition der Bevölkerung für E1 bei Freisetzung der inneren Aktivität von vier PG der Familie CEA-050 ([30], Kap. 8.4.2.1)

Entfernung	[m]	500	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000
24-Stunden-Dosis	[mSv]	8,2	2,3	0,7	0,33	0,18	0,14
Max. Bodenkontamination							
α-Strahler: Cm-244, Pu-238, Am-241	[Bq/kg]	2,28	0,64	0,19	k. A.	k. A.	0,03
β-Strahler: Co-60, Ni-63, Cs-137, Fe-55, Ag-108m	[Bq/kg]	179	50,5	15,2	k. A.	k. A.	2,99
1-Jahres-Kontamination von Salat							
Isotope mit einer Halbwertszeit > 10 d (außer H-3, C-14 & K-40)	[Bq/kg]	25,8	7,26	2,19	k. A.	k. A.	0,43
Plutoniumisotope und transplutonische α-Strahler	[Bq/kg]	1,5·10 ⁻⁴	4·10 ⁻⁵	1·10 ⁻⁵	k. A.	k. A.	2·10 ⁻⁶
Strontiumisotope	[Bq/kg]	0,4	0,11	0,03	k. A.	k. A.	0,006

7.1.1.4 Extremsituationen

Im Rahmen der Definition der Anlagenzustände werden Extremsituationen analysiert, die mit natürlichen Gefahren (Erdbeben, Niederschläge, Tornado, Temperaturen) verbunden sind, deren Intensität deutlich über derjenigen liegt, die bei der Auslegung zugrunde gelegt wurde. Konkret handelt es sich bei den analysierten Extremsituationen um massive Freisetzungen infolge

- eines Gebäudeeinsturzes oder des Absturzes von massiven Ausrüstungsgegenständen auf oder in die Nähe von zwischen- oder endgelagerten Abfallgebinden sowie
- einer Explosion im Nutzbereich der Einlagerungsstrecken, die zu einem Verlust des Einschlusses der endgelagerten Abfallgebinde führt.

Um das Auftreten solcher Situationen zu verhindern oder ihre Folgen zu begrenzen, werden in Extremsituationen technische oder organisatorische Vorkehrungen getroffen. ([34], Kap. 10.1 & 10.2)

Extremes Erdbeben

Im Falle eines extremen Erdbebens wird überprüft, ob die Bemessung der Baukonstruktion gewährleistet, dass diese in bestimmten Räumen nicht zerstört wird. Die schweren und hoch gelegenen ASK in diesen Räumen, die eine große Anzahl von Abfallgebinden zerstören können, werden auf ihre Stabilität überprüft. Dasselbe gilt für ASK für die Handhabung von Transportverpackungen und für die Bauwerke, in denen diese Handhabungssysteme Anwendung finden. In Bezug auf die Abwetter aus den Einlagerungsstrecken wird überprüft, ob die Bauwerke, die den Durchgang der Abwetter ermöglichen oder die für den ordnungsgemäßen Betrieb des Bewetterungssystems erforderliche ASK enthalten, nicht zerstört werden. Ebenso müssen bestimmte ASK, die mit dem Bewetterungssystem der untertägigen Anlage verbunden sind, auch nach einem extremen Erdbeben funktionsfähig bleiben. ([34], Kap. 10)

Anmerkung: Eine geringe seismische Aktivität war eines der Standortauswahlkriterien, sodass das Risiko eines extremen Erdbebens begrenzt ist (siehe auch Abschnitt 6.1.2.1).

Extremer Tornado

Im Falle eines extremen Tornados wird überprüft, ob die Bauwerke der Wittertechnik so ausgelegt sind, dass diese Bauwerke nicht zerstört werden. Außerdem bleiben die Grubenlüfter (Abwetter) und die verschiedenen ASK, die mit dem Betrieb der Bewetterung (Abwetter) in Verbindung stehen, auch nach einem solchen Tornado funktionsfähig; der Betrieb von mindestens einem Lüfter wird gewährleistet. ([34], Kap. 10)

Um das Krisenmanagement in Extremsituationen zu gewährleisten, werden besondere Vorkehrungen festgelegt, die mit der Möglichkeit des Zugangs zu bestimmten Räumen der Anlage oder der Möglichkeit, bestimmte Ausrüstungsgegenstände (wie mobile Generatoren) und Personal an den Standort zu bringen, verbunden sind. ([34], Kap. 10)

7.1.1.5 Zusammenfassung der Bewertung von Stör- und Unfällen

Die Untersuchung von generischen Stör- und Unfällen dient der Analyse der Robustheit des Sicherheitsnachweises gegenüber unwahrscheinlichen Situationen unter Berücksichtigung der in Bezug auf Vorsorge, Überwachung und Folgenbegrenzung eingeführten Sicherheitsvorkehrungen. Die für das Cigéo durchgeführte Analyse zeigt, dass die radiologischen Schutzziele (siehe Tabelle 8) selbst bei schwersten Unfällen eingehalten werden und dass für die Öffentlichkeit keine zeitlichen und räumlichen Schutzmaßnahmen vom Typ Schutzraum in Betracht gezogen werden müssen. Tabelle 9 fasst die Ergebnisse der Analyse der repräsentativen und schweren Stör- und Unfälle in der Betriebsphase zusammen und stellt sie den gewählten Schutzzielen gegenüber. ([39], Kap. 5.4.3)

Tabelle 8: Radiologische Schutzziele für die Betriebsphase gemäß [27], Tableau 1-1

Ereignis	Beruflich exponiertes Personal	Öffentlichkeit: Anwohner und nicht beruflich exponiertes Personal
Normalbetrieb und anomaler Betrieb	Dosis ³² < 5 mSv/a mit dem Optimierungsziel von < 2 mSv/a für die Mehrheit der Arbeitsplätze ALARA ³³	Dosis ³² ≤ 0,25 mSv/a keine unabgestimmten Ableitungen abgestimmte Ableitungen gemäß Ableitungsgenehmigungen
Auslegungsstörfälle	Dosis ³² < 10 mSv/Ereignis ALARA	Kurzfristig (24 h)*: Dosis ³² ≤ 0,1 mSv Mittelfristig (1 Jahr)**: Dosis ³² ≤ 0,25 mSv
Auslegungsunfälle	Dosis ³² < 20 mSv/Ereignis ALARA	Kurzfristig (24 h)*: Dosis ³² im Bereich weniger mSv Mittelfristig (1 Jahr)**: Dosis ³² < 1 mSv Langfristig (lebenslang)***: Dosis ³² < 10 mSv
Auslegungsüberschreitende Unfälle	ALARA	Kurzfristig (24 h)*: Dosis ³² < 10 mSv

* Die effektive Dosis wird auf Grundlage der äußeren Strahlenexposition (durch die Abluftfahne und Ablagerungen) und der Inhalation (nur während des Passierens der Abluftfahne) berechnet.

** Die effektive Dosis wird auf Grundlage der Expositionen (äußere Strahlenexposition und Ingestion) durch Ablagerungen für eine Expositionsdauer von einem Jahr (abzüglich der kurzfristigen Phase) berechnet.

*** Die effektive Dosis wird auf Grundlage der Expositionen (äußere Strahlenexposition und Ingestion) durch Ablagerungen für die gesamte Lebensdauer (50 Jahre für Erwachsene und 70 Jahre für Kinder; abzüglich der mittelfristigen Phase) berechnet.

³² effektive Ganzkörperdosis

³³ *as low as reasonably achievable* (ALARA, so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar)

Tabelle 9: Zusammenfassung der Bewertung von Stör- und Unfällen und der damit verbundenen radiologischen Auswirkungen auf die Öffentlichkeit ([39], Kap. 5.4.3)

Ort	Unfallsituation	Radiologische Auswirkung	Radiologisches Schutzziel
Auslegungsunfälle			
Entladezelle	Absturz eines LL-IL-Primärgebindes infolge des Versagens einer Kranbrücke (A1)	< 50 µSv (lebenslang)	Kurzfristig (24 h): Dosis im Bereich weniger mSv
Prozesszelle des EP 1	Brand eines Gebinde-transportwagens mit Ausfall des bordeigenen Löschsystems (A5)	< 1 µSv (lebenslang)	Kurzfristig (24 h): Dosis im Bereich weniger mSv
Auslegungsüberschreitende Unfälle			
Entladehalle des EP1	Absturz einer Transportverpackung in die Grube der Entladehalle infolge des Versagens der gesicherten Hebevorrichtung und des Dämpfungsmaterials (E1)	< 9 mSv (bei einer Expositionsdauer von 24 h)	Kurzfristig (24 h): Dosis < 10 mSv
LL-IL-Einlagerungsstrecke für bituminierte Abfallgebände in unverändertem Zustand	Entzündung eines Fasses mit bituminierten Abfällen in einem Endlagerbehälter	< 1 mSv (bei einer Expositionsdauer von 24 h)	Kurzfristig (24 h): Dosis < 10 mSv

7.1.2 Sicherheitsnachweis für die Nachbetriebsphase

Der Sicherheitsnachweis für die Nachbetriebsphase (*démonstration de sûreté après fermeture*) soll sicherstellen, dass das Endlagersystem den Schutz von Mensch und Umwelt langfristig gewährleistet. Zu diesem Zweck werden verschiedene Leistungsindikatoren (*indicateurs de performance*) bewertet und die radiologischen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit in Form einer jährlichen Gesamtdosis, der eine Referenzperson ausgesetzt sein könnte, berechnet. Der Sicherheitsnachweis soll außerdem zeigen, dass die in den Abfällen enthaltenen chemo-toxischen Stoffe keine Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt haben. ([33], Kap. 1.1)

Der Sicherheitsnachweis für die Nachbetriebsphase wird in [33] beschrieben und in Anhang 7h zusammenfassend dargestellt.

7.1.2.1 Referenzsituation des Szenarios der normalen Entwicklung

Im (vorläufigen) Sicherheitsnachweis für die Nachbetriebsphase kommt ANDRA zu dem Ergebnis, dass die Bewertung der Referenzsituation (*situation de référence*) des Szenarios der normalen

Entwicklung (*scénario d'évolution normale*, SEN) des Endlagersystems die zentrale Rolle des Wirtsgesteins und des Beitrags der Auslegungsbestimmungen der untertägigen Anlage unterstreicht. Dies drückt sich gemäß ANDRA dadurch aus, dass fast alle 144 Radionuklide langfristig im Endlager oder dessen Nahfeld eingeschlossen sind und nur mobile langlebige Radionuklide bis zu den Grenzen des Wirtsgesteins migrieren, wobei nur I-129, Cl-36 und Se-79 (langsam und stark abgeschwächt) in einem Zeitraum von 1 Million Jahre die Grundwasserentnahmestellen erreichen. Die maximale Dosis wird nach etwa 600 000 Jahren erreicht, beträgt etwa 0,0015 mSv/a (siehe Tabelle 10) und liegt damit weit unter dem Referenzwert von 0,25 mSv/a, der im Sicherheitsleitfaden Nr. 1 der ASN ([59]) genannt wird. ([33], Kap. 12.3.1)

Tabelle 10: Referenzsituation des SEN – Maximaldosen und Auftreten der Maximaldosen für die hypothetische Referenzgruppe „Multi-Aktivitäten“ und die subtropisch-feuchte Biosphäre für die drei Altersklassen ([33], Tableau 6-4)

	Grundwasserentnahmestelle	
	Barrois	Dogger
Max. Dosis (µSv/a)		
- Erwachsene	0,14 (nach 1 Mio. Jahren)	0,52 (nach 710 000 a)
- Kind (10 Jahre)	0,26 (nach 1 Mio. Jahren)	1,3 (nach 700 000 a)
- Kind (1 Jahr)	0,43 (nach 930 000 a)	1,5 (nach 660 000 a)

Die in Tabelle 10 dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf die konservativste Ausgangskonstellation (subtropisch-feuchte Biosphäre (*biosphère chaude*)) und eine Grundwasserentnahme aus dem oberflächennahen Grundwasserleiter (*Barrois*) und dem tiefen Grundwasserleiter (*Dogger*).

Für die chemo-toxischen Stoffe ist die Migration ebenfalls stark abgeschwächt und nur die wenigen mobilen Stoffe wie Selen gelangen zu den Grundwasserentnahmestellen. Die maximalen Konzentrationen liegen weit unter den gesetzlichen Umweltqualitätsnormen (*normes réglementaires de qualité environnementale*). ([33], Kap. 12.3.1)

Gemäß ANDRA bestätigen die durchgeführten Bewertungen daher das gute Rückhaltevermögen des Endlagersystems und die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, die weit unter den im Sicherheitsleitfaden Nr. 1 der ASN ([59]) festgelegten Referenzwerten liegen ([33], Kap. 12.3.1).

7.1.2.2 Abdeckende Situation des Szenarios der normalen Entwicklung

Die Bewertung der abdeckenden Situation (*situation enveloppe*) des SEN des Endlagersystems dient dem Zweck, die verbleibenden Ungewissheiten abzudecken. In der Bewertung kommt ANDRA zu dem Ergebnis, dass dem Wirtsgestein, selbst unter konservativen Annahmen, eine zentrale Rolle zukommt, die durch die Auslegung des Endlagers noch verstärkt wird. Demzufolge ist die Sicherheit des Endlagers gemäß ANDRA auch in dieser Situation gewährleistet. Dies drückt sich dadurch aus, dass die Mehrheit der Radionuklide im Grubengebäude oder im Wirtsgestein im Nahfeld des Grubengebäudes eingeschlossen bleibt und nur wenige Radionuklide bis zu den Grenzen des Wirtsgesteins migrieren. Allerdings erreichen diese Radionuklide die Grenzen des Wirtsgesteins früher als in der Referenzsituation des SEN.

Die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit bleiben bei der Mehrzahl der untersuchten Grundwasserentnahme- und -austrittsstellen und Biosphären weit unter dem Referenzwert des Sicherheitsleitfadens Nr. 1 der ASN ([59]). In einem Fall (siehe Fall 2 in Tabelle 11) liegt die Dosis für eine Altersklasse in der Größenordnung dieses Wertes. ([33], Kap. 12.3.2.1)

Tabelle 11: Abdeckende Situation des SEN – Maximaldosen und Auftreten der Maximaldosen für die hypothetische Referenzgruppe „Multi-Aktivitäten“ und die subtropisch-feuchte Biosphäre für die drei Altersklassen ([33], Tableau 6-17, Tableau 6-19 und Tableau 6-22)

	Fall 1	Fall 2	Fall 3
	<i>Barrois</i>	Oxfordien (DFZ)	Dogger (DFZ)
Max. Dosis (µSv/a)			
- Erwachsene	15 (nach 560 000 a)	57 (nach 600 000 a)	22 (nach 370 000 a)
- Kind (10 Jahre)	48 (nach 580 000 a)	200 (nach 600 000 a)	79 (nach (370 000 a)
- Kind (1 Jahr)	63 (nach 570 000 a)	250 (nach 600 000 a)	96 (nach 370 000 a)

Auch die in Tabelle 11 dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf die konservativste Ausgangskonstellation (subtropisch-feuchte Biosphäre) und basieren auf einer Pumpleistung von 150 l/min (*Barrois*) bzw. 100 l/min (*Oxfordien* und *Dogger*) aus Grundwasserleitern, von denen zwei in Formationen mit DFZ liegen.

Bei den chemo-toxischen Stoffen gelangen nur die mobilen Stoffe (insbesondere Selen und Bor) zu den Grundwasserentnahme- und -austrittsstellen, wobei ihre maximalen Konzentrationen weiterhin weit unter den gesetzlichen Umweltqualitätsnormen liegen ([33], Kap. 12.3.2.1).

Gemäß ANDRA bestätigt die Bewertung der abdeckenden Situation des SEN die Robustheit des Endlagersystems gegenüber verbleibenden Ungewissheiten ([33], Kap. 12.3.2.1).

7.1.2.3 Szenarien, die vom Szenario der normalen Entwicklung abweichen (veränderte Szenarien, What-if- und Intruder-Szenarien)

Gemäß ANDRA wird der Nachweis der Robustheit des Endlagersystems durch die Ergebnisse der vom SEN abweichenden Szenarien (Szenarien der alternativen Entwicklung (*scénarios d'évolution altérée*, SEA), *What-if*-Szenarien (WIS) und Intruder-Szenarien (*scénarios d'intrusion humaine involontaire*, SIHI)) untermauert, da auch diese Ergebnisse die zentrale Rolle des Wirtsgesteins unterstreichen und in Hinblick auf die Einschusswirkung und die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit mit denen des SEN vergleichbar sind ([33], Kap. 12.3.2.2).

Da diese Einschätzung der ANDRA im Wesentlichen auf den Berechnungsergebnissen in Bezug auf die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit (oder in Bezug auf die molaren Fließraten (*débit molaire*) an der Oberkante des Wirtsgesteins) beruhen, werden diese in den folgenden Abschnitten wiedergegeben.

7.1.2.3.1 Bewertung der SEA

Für die drei SEA „**Versagen der Verschlussbauwerke an der Grenzfläche**“, die auf den Parametern der Referenzsituation des SEN basieren, sind die molaren Fließraten an der Oberkante des Wirtsgesteins ähnlich wie bei der Referenzsituation des SEN. Folglich sind die molaren Fließraten durch

das Deckgebirge und die damit verbundenen Dosen an der Grundwasserentnahmestelle *Barrois* identisch mit denen, die für die Referenzsituation des SEN dargestellt wurden. ([33], Kap. 8.1.2.3.1, siehe auch Tabelle 10)

Für die drei SEA „**Versagen der Verschlussbauwerke an der Grenzfläche**“, die auf den Parametern der abdeckenden Situation des SEN basieren, sind die molaren Fließraten an der Oberkante des Wirtsgesteins ähnlich wie bei der abdeckenden Situation des SEN. Folglich sind die molaren Fließraten durch das Deckgebirge und die damit verbundenen Dosen an den Grundwasserentnahme- und -austrittsstellen der Grundwasserleiter *Calcaires du Barrois* und *Dogger* sowie des Flusses *Ornain* identisch mit denen, die für die abdeckende Situation des SEN dargestellt wurden. ([33], Kap. 8.1.2.3.2, siehe auch Tabelle 11)

Da die zwei SEA „**Versagen der HA-Endlagerbehälter**“ keinen Einfluss auf den großräumigen Transport haben, sind die Ergebnisse identisch mit denen des SEN ([33], Kap. 8.2.2.3.2).

7.1.2.3.2 Bewertung der *What-If*-Szenarien

Für die drei WIS „**Versagen der Verschlussbauwerke im Tonkern und an der Grenzfläche**“, die auf den Parametern der Referenzsituation des SEN basieren, sind die molaren Fließraten an der Oberkante des Wirtsgesteins ähnlich wie bei der Referenzsituation des SEN. Folglich sind die molaren Fließraten durch das Deckgebirge und die damit verbundenen Dosen an der Grundwasserentnahmestelle des Grundwasserleiters *Calcaires du Barrois* identisch mit denen, die für die Referenzsituation des SEN dargestellt wurden. ([33], Kap. 9.1.2.3.1, siehe auch Tabelle 10)

Für die drei WIS „**Versagen der Verschlussbauwerke im Tonkern und an der Grenzfläche**“, die auf den Parametern der abdeckenden Situation des SEN basieren, liegt der Transport durch das Grubengebäude für die wichtigsten Radionuklide höchstens in der Größenordnung wie der durch das Wirtsgestein. Die molaren Fließraten an der Oberkante des Wirtsgesteins sind ähnlich wie bei der abdeckenden Situation des SEN. Folglich sind die molaren Fließraten durch das Deckgebirge und die damit verbundenen Dosen an den Grundwasserentnahme- und -austrittsstellen der Grundwasserleiter *Calcaires du Barrois* und *Dogger* sowie des Flusses *Ornain* nahezu identisch mit denen, die für die abdeckende Situation des SEN dargestellt wurden. In Bezug auf die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit sind die maximalen Dosiswerte gegenüber des SEN etwas erhöht und treten früher auf. ([33], Kap. 9.1.2.3.2; siehe auch Tabelle 12)

Tabelle 12: WIS „Versagen aller Verschlussbauwerke im Tonkern und an der Grenzfläche“ mit Parametern, die auf der abdeckenden Situation des SEN basieren – Maximaldosen und Auftreten der Maximaldosen für die hypothetische Referenzgruppe „Multi-Aktivitäten“ und die subtropisch-feuchte Biosphäre für die drei Altersklassen ([33], Tableau 9-7 und Tableau 9-8)

	Fall 1	Fall 2
	<i>Barrois</i>	<i>Oxfordien (DFZ)</i>
Max. Dosis ($\mu\text{Sv/a}$)		
- Erwachsene	19 (nach 550 000 a)	71 (nach 590 000 a)
- Kind (10 Jahre)	60 (nach 580 000 a)	250 (nach 590 000 a)
- Kind (1 Jahr)	79 (nach 560 000 a)	300 (nach 590 000 a)

Die Dosiswerte, die für das WIS „Versagen aller Verschlussbauwerke im Tonkern und an der Grenzfläche“ ermittelt wurden, liegen weit unter den Werten, die deterministische Effekte auslösen können ([33], Kap. 9.1.2.3.2).

Für das WIS „**Versagen aller HA-Endlagerbehälter**“ sind die Ergebnisse für die drei Radionuklide I-129, Cl-36 und Se-79 in beiden Situationen weitgehend identisch mit denen des SEN, insbesondere hinsichtlich der Höhe und des Zeitpunkts des Auftretens der maximalen molaren Fließraten ([33], Kap. 9.1.2.3.2). Daraus lässt sich schließen, dass sich auch die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit nicht von denen der SEN unterscheiden. Dies bestätigt auch die günstigen Eigenschaften des Wirtsgesteins in Bezug auf Rückhalte- und Transportverzögerungseigenschaften.

Für das WIS „**Postulierte unentdeckte Störung im Wirtsgestein, die auf die untere Hälfte des Wirtsgesteins beschränkt ist**“ liegt die maximale Dosis von Se-79 (das wichtigste zur Dosis beitragende Radionuklid) unter Berücksichtigung der beiden höchsten untersuchten Werte der hydraulischen Leitfähigkeit (10^{-6} m/s und 10^{-5} m/s) an der Grundwasserentnahmestelle im Dogger (DFZ) in der Größenordnung von $7 \mu\text{Sv/a}$ bei etwa 100 000 Jahren. Das Niveau der maximalen Dosis liegt damit weit unter den Werten, die deterministische Effekte auslösen können. ([33], Kap. 9.3.3.1.3)

Für das WIS „**Postulierte unentdeckte Störung im Wirtsgestein, die sich durch die gesamte Schicht des Wirtsgesteins zieht**“ liegt die maximale Dosis von Se-79 (das wichtigste zur Dosis beitragende Radionuklid) unter Berücksichtigung der beiden höchsten untersuchten Werte der hydraulischen Leitfähigkeit (10^{-6} m/s und 10^{-5} m/s) an der Grundwasserentnahmestelle im Dogger (DFZ) in der Größenordnung von $25 \mu\text{Sv/a}$ bei etwa 70 000 Jahren. Das Niveau der maximalen Dosis liegt damit weit unter den Werten, die deterministische Effekte auslösen können. ([33], Kap. 9.3.3.2.3)

Auch diese beiden WIS unterstreichen die günstigen Eigenschaften des Wirtsgesteins im Hinblick auf die sehr geringen Migrationsraten der Radionuklide.

7.1.2.3.3 Intruder-Szenarien

Bohrung mit Kernentnahme

Bei dem SIHI „Bohrung mit Kernentnahme“ wird die maximale externe Exposition des Bohrenden durch die Handhabung von Bohrkernen auf $7,0 \text{ mSv}$ (Bohrkern aus dem LL-IL-Einlagerungsbereich) bzw. $11,2 \text{ mSv}$ (Bohrkern aus dem HA-Einlagerungsbereich) geschätzt³⁴. Beide Werte liegen weit unter den Werten, die deterministische Effekte auslösen können. ([33], Kap. 10.1.2)

Geothermische Explorationsbohrung der Trias, die in der Tiefe des Endlagers aufgegeben wurde

In Tabelle 13 sind für das SIHI „geothermische Explorationsbohrung der Trias, die in der Tiefe des Endlagers aufgegeben wurde - HA-Einlagerungsbereich“ die maximal erreichten Dosiswerte für die drei meist beitragenden Radionuklide dargestellt.

³⁴ Anmerkung: Bei der Bewertung dieses Szenarios wird davon ausgegangen, dass Technologien zur Verfügung stehen, die Kernbohrungen ermöglichen und dass die Technologien, die zur Detektion von Radioaktivität benutzt werden, mindestens gleichwertig zu den derzeit genutzten Technologien sind.

Tabelle 13: SIHI „geothermische Explorationsbohrung der Trias, die in der Tiefe des Endlagers aufgegeben wurde – HA-Einlagerungsbereich“ Maximaldosen und Auftreten der Maximaldosen für die hypothetische Referenzgruppe „Multi-Aktivitäten“ und die subtropisch-feuchte Biosphäre für die drei Altersklassen ([33], Tableau 10-2)

	<i>Barrois</i>		
	Se-79	Th-229	Cl-36
Max. Dosis (µSv/a)			
- Erwachsene	13 (nach 180 000 a)	10 (nach 720 000 a)	4,8 (nach 40 000 a)
- Kind (10 Jahre)	49 (nach 180 000 a)	15 (nach 720 000 a)	8,1 (nach 40 000 a)
- Kind (1 Jahr)	61 (nach 180 000 a)	18 (nach 720 000 a)	17 (nach 40 000 a)

Die für die gemäßigte Biosphäre (*biosphère tempérée*) ermittelten maximalen Dosiswerte sind meist etwas niedriger und liegen für die drei Radionuklide Se-79, Th-229 und Cl-36 zwischen 10 µSv/a und 55 µSv/a ([33], Kap. 10.2.3.3.1).

In Tabelle 14 sind für das SIHI „geothermische Explorationsbohrung der Trias, die in der Tiefe des Endlagers aufgegeben wurde – LL-IL-Einlagerungsbereich“ die maximal erreichten Dosiswerte für die vier meist beitragenden Radionuklide dargestellt.

Tabelle 14: SIHI „geothermische Explorationsbohrung der Trias, die in der Tiefe des Endlagers aufgegeben wurde – LL-IL-Einlagerungsbereich“ Maximaldosen und Auftreten der Maximaldosen für die hypothetische Referenzgruppe „Multi-Aktivitäten“ und die subtropisch-feuchte Biosphäre für die drei Altersklassen ([33], Tableau 10-4)

	<i>Barrois</i>			
	C-14	Ag-108m	Mb-93	Ra-226
Max. Dosis (mSv/a)				
- Erwachsene	33	29	2	1,2
- Kind (10 Jahre)	40	24	2,2	1,8
- Kind (1 Jahr)	49	13	2,4	2,2
Erreicht nach	520 a	510 a	520 a	190 000 a

Die für die gemäßigte Biosphäre ermittelten maximalen Dosiswerte sind meist etwas niedriger und liegen für die zwei Radionuklide C-14_{org} und Ag-108m zwischen 10 mSv/a und 35 mSv/a ([33], Kap. 10.2.3.3.2).

Die maximalen Dosiswerte liegen unterhalb der Werte, die deterministische Effekte auslösen können ([33], Kap. 10.2.3.3.2).

Explorationsbohrung im Dogger, die bei ihrer prognostizierten Tiefe aufgegeben wurde

In Tabelle 15 sind für das SIHI „Explorationsbohrung im Dogger, die bei ihrer prognostizierten Tiefe aufgegeben wurde – HA-Einlagerungsbereich“ die maximal erreichten Dosiswerte für die drei meist beitragenden Radionuklide dargestellt.

Tabelle 15: SIHI „Explorationsbohrung im Dogger, die bei ihrer prognostizierten Tiefe aufgegeben wurde – HA-Einlagerungsbereich“ Maximaldosen und Auftreten der Maximaldosen für die hypothetische Referenzgruppe „Multi-Aktivitäten“ und die subtropisch-feuchte Biosphäre für die drei Altersklassen ([33], Tableau 10-6)

	<i>Barrois</i>		
	Se-79	Th-229	Cl-36
Max. Dosis (µSv/a)			
- Erwachsene	0,35 (nach 300 000 a)	0,16 (nach 890 000 a)	0,004 (nach 170 000 a)
- Kind (10 Jahre)	1,3 (nach 300 000 a)	0,23 (nach 890 000 a)	0,009 (nach 170 000 a)
- Kind (1 Jahr)	1,6 (nach 300 000 a)	0,28 (nach 890 000 a)	0,018 (nach 170 000 a)

Die für die gemäßigte Biosphäre ermittelten maximalen Dosiswerte sind meist etwas niedriger und liegen bei 1 µSv/a für Se-79, 0,1 µSv/a für Th-229 und 0,01 µSv/a für I-129, Cl-36, U-233 und Pb-210 ([33], Kap. 10.3.3.3.1).

In Tabelle 16 sind für das SIHI „Explorationsbohrung im Dogger, die bei ihrer prognostizierten Tiefe aufgegeben wurde – LL-IL-Einlagerungsbereich“ die maximal erreichten Dosiswerte für die drei meist beitragenden Radionuklide dargestellt.

Tabelle 16: SIHI „Explorationsbohrung im Dogger, die bei ihrer prognostizierten Tiefe aufgegeben wurde – LL-IL-Einlagerungsbereich“ Maximaldosen und Auftreten der Maximaldosen für die hypothetische Referenzgruppe „Multi-Aktivitäten“ und die subtropisch-feuchte Biosphäre für die drei Altersklassen ([33], Tableau 10-8)

	<i>Barrois</i>		
	Th-229	Se-79	U-233
Max. Dosis (µSv/a)			
- Erwachsene	26 (nach 880 000 a)	0,95 (nach 90 000 a)	1,2 (nach 880 000 a)
- Kind (10 Jahre)	37 (nach 880 000 a)	3,5 (nach 90 000 a)	1,8 (nach 880 000 a)
- Kind (1 Jahr)	46 (nach 880 000 a)	4,3 (nach 90 000 a)	2,1 (nach 880 000 a)

Die für die gemäßigte Biosphäre ermittelten maximalen Dosiswerte sind meist etwas niedriger (siehe Tabelle 10-7 in [33]).

Explorationsbohrung, die eine LL-IL-Einlagerungsstrecke während des Phasenübergangs (Wasser – Gas) trifft

Für das SIHI „Explorationsbohrung, die eine LL-IL-Einlagerungsstrecke während des Phasenübergangs (Wasser – Gas, *transitoire Hydraulique – Gaz*) trifft“ zeigen die durchgeführten Bewertungen, dass der Expositionsweg durch Inhalation von gasförmigen C-14 gegenüber der Dosis durch externe Exposition überwiegt. Wenn man von einer Halbkugel mit einem Radius von 25 m ausgeht, wird die effektive Inhalationsdosis des Bohrenden auf einige mSv geschätzt. Dieser Dosiswert liegt unter den Werten, die deterministische Effekte auslösen können. ([33], Kap. 10.4.3).

7.2 Umweltauswirkungen

In Abschnitt 7.2.1 werden die von ANDRA identifizierten Umweltauswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts aufgeführt, welche nach Berücksichtigung der VVA-Maßnahmen noch verbleiben. Anschließend wird in Abschnitt 7.2.2 wiedergegeben, zu welchem Ergebnis ANDRA im Hinblick auf erhebliche Umweltauswirkungen auf andere Staaten kommt.

7.2.1 Umweltauswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts

Die Umweltauswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts werden in [5–7] bzw. Anhang 6e dargestellt und in Tabelle A6i - 2 in Anhang 6i zusammengefasst. Die Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die menschliche Gesundheit werden in [23] bzw. Anhang 6g dargestellt.

Nach Durchführung von VVA-Maßnahmen stuft ANDRA die verbleibenden Umweltauswirkungen auf folgende Schutzgüter (*facteurs*) als moderat ein:

- Boden (durch Änderung der Bodennutzung)
- Menschliche Gesundheit (Lärm)
- Landschaft
- Archäologisches Erbe

Alle anderen verbleibenden Umweltauswirkungen stuft ANDRA als positiv, sehr gering oder gering ein.

7.2.1.1 Boden (Änderung der Bodennutzung)

Für das Cigéo-Gesamtprojekt werden ca. 587 ha künstliche Fläche geschaffen (und davon 158 ha versiegelt). In diesem Zusammenhang fallen ca. 347 ha bis 415 ha landwirtschaftliche und ca. 192 ha bis 231 ha bewaldete Fläche weg. Darüber hinaus verändert das Cigéo-Gesamtprojekt (konkret die Ertüchtigung der Bahnlinie 027000) die Bodennutzung nur auf sehr kleinen Flächen innerhalb bestehender städtischer Gebiete. Die Änderungen der Bodennutzung haben indirekte Auswirkungen auf die Land- und Forstwirtschaft, die biologische Vielfalt sowie die Wasserzirkulation und -versickerung in den Untergrund. ([5], Kap. 3.3.1.2 & 3.3.3.2)

Da die permanenten verbleibenden Auswirkungen auf die Bodennutzung erheblich sind, müssen land- und forstwirtschaftliche Ausgleichsmaßnahmen ergriffen werden.

7.2.1.2 Menschliche Gesundheit (Lärm)

Bauvorbereitungsphase

Die zukünftigen Lärmpegel, die in der Bauvorbereitungsphase durch das Cigéo-Gesamtprojekt verursacht werden, liegen unter 60 dBA, was einer gewöhnlichen Geräuschkulisse entspricht. Lediglich im Süden der Gemeinde *Bure* gibt es einige Wohnhäuser, deren Lärmpegel um mehr als 10 dBA

ansteigt, während sie sich immer noch in einer recht ruhigen Lärmumgebung (<50 dBA) befinden. ([7], Kap. 13.1.3.4.4)

Erste Bauphase

Die zukünftigen Lärmpegel, die in der ersten Bauphase bei Tag bzw. bei Nacht durch das Cigéo-Gesamtprojekt verursacht werden, liegen unter 60 dBA bzw. 55 dBA, was einer gewöhnlichen Geräuschkulisse entspricht. In der Gemeinde *Saudron* gibt es einige Wohnhäuser, deren Lärmpegel um mehr als 10 dBA ansteigt, die sich aber immer noch in einer üblichen Lärmumgebung befinden (< 60 dBA bzw. < 55dBA). Im Süden der Gemeinde *Bure* gibt es einige Häuser, deren Lärmpegel bei Tag um mehr als 10 dBA ansteigt, die aber immer noch in einer eher ruhigen Lärmumgebung (< 50 dBA) liegen. In der Gemeinde *Ribeaucourt* gibt es einige Häuser, deren Lärmpegel bei Nacht um mehr als 10 dBA ansteigt, die jedoch weiterhin in einer eher ruhigen Lärmumgebung (< 45 dBA) liegen. ([7], Kap. 13.1.3.5.7)

7.2.1.3 Landschaft

Die verbleibenden Auswirkungen der verschiedenen Bereiche des Endlagers Cigéo (Betriebsgelände „Schächte“, LIS, Betriebsgelände „Rampen“ und ITE) auf die Wahrnehmung der Landschaft aus der Nähe und aus der Ferne resultieren aus der Wahrnehmung der Baustelle, der Veränderung der Topographie und der Wahrnehmung der Anlagen und Bauwerke ([7], Kap. 14.1.1.1.1, 14.1.1.1.2, 14.1.1.1.3 & 14.1.1.1.4).

7.2.1.4 Archäologisches Erbe

Erdarbeiten bergen generell das Risiko, archäologische Überreste zu zerstören ([7], Kap. 14.2.1.1).

7.2.2 Umweltauswirkungen auf andere Staaten

ANDRA kommt zu dem Ergebnis, dass das Cigéo-Gesamtprojekt keine erheblichen Auswirkungen auf die Umwelt eines anderen Staates haben kann ([15], Kap. 2.1).

8 FACHLICHE EINSCHÄTZUNG DRITTER

Die vorliegenden Ausführungen zur Endlagersicherheit sowie zu potenziellen, erheblichen Umweltauswirkungen auf Deutschland werden nachfolgend in einer Bewertung zusammengeführt (Abschnitt 8.1). Weiterhin werden zwei weitere, unabhängig erfolgte Bewertungen wiedergegeben: Das 2016 von der IAEA organisierte internationale *Peer Review* (Abschnitt 8.2) und die 2013 durch das Öko-Institut e. V. durchgeführte Bewertung für Deutschland und Luxemburg (Abschnitt 8.3).

8.1 Brenk Systemplanung GmbH (2024)

Die vorliegende fachliche Einschätzung der Endlagersicherheit basiert auf den Angaben in den veröffentlichten Antragsunterlagen für die Baugenehmigung des Cigéo (*Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base Cigéo*). Die Richtigkeit der in diesen Unterlagen enthaltenen Angaben (z. B. zum Inventar an radioaktiven und chemo-toxischen Stoffen) oder der für die Bewertung verwendeten Modelle und Codes können auf Basis dieser Unterlagen nicht überprüft werden. Des Weiteren enthalten die veröffentlichten Antragsunterlagen geschwärzte Passagen und stellen teilweise nur einen Auszug der Berechnungsergebnisse (z. B. nur für bestimmte Radionuklide und Bauwerke) dar. Außerdem wird teilweise auf Detailunterlagen verwiesen, die nicht Teil der veröffentlichten Antragsunterlagen sind.

8.1.1 Endlagersicherheit

Als Maßstab für die fachliche Einschätzung der Endlagersicherheit werden in erster Linie die Übereinstimmung mit in Deutschland geltenden Anforderungen an die Betriebs- und Nachbetriebssicherheit eines Endlagers für HA-Abfälle³⁵ bewertet.

Als Ergebnis dieser Bewertung wird in Spalte 3 von Tabelle 17 und Tabelle 18 für jede der in Deutschland geltenden Anforderungen angegeben, ob sie gemäß der Angaben in den vorliegenden Antragsunterlagen vom Cigéo erfüllt wird („ja“) oder nicht („nein“). Sofern aufgrund der Angaben in den vorliegenden Antragsunterlagen zwar davon auszugehen ist, dass die Anforderung erfüllt wird, dies dort aber nicht explizit beschrieben wird, wird in Spalte 3 von Tabelle 17 und Tabelle 18 ein „(ja)“ eingetragen.

8.1.1.1 Betriebsphase

Als Grundlage für die fachliche Einschätzung werden die Angaben im Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase des Cigéo mit bestehenden deutschen Anforderungen verglichen.

8.1.1.1.1 Vergleich mit der ESK-Empfehlung zum sicheren Betrieb eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle

Im Folgenden werden die Angaben im Sicherheitsnachweis für die Bau-, Betriebs-, Stilllegungs- und Verschlussphase des Cigéo mit Anforderungen, die in Deutschland für die Endlagerung von HA-Abfällen in Hinblick auf die Betriebssicherheit bestehen, verglichen. Als Grundlage wird die Empfehlung der Entsorgungskommission (ESK) vom 10.05.2023 ([60]) herangezogen.

Wie in Tabelle 17 zu sehen ist, werden viele Anforderungen der ESK auch im französischen Vorhaben erfüllt. Dennoch gibt es einige Anforderungen der ESK, die in Frankreich nicht oder nicht explizit berücksichtigt werden oder dort anders geregelt sind als in Deutschland.

³⁵ Anmerkung: Im Endlager Cigéo sollen HA- und LL-IL-Abfälle endgelagert werden.

Tabelle 17: Vergleich der deutschen Anforderungen an die Betriebssicherheit eines Endlagers (basierend auf [60]) mit den Angaben im Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase des Cigéo [34]

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
	Schutzziele					
1	Sicherer Einschluss radioaktiver Stoffe	1.3 (S. 4)	ja	siehe Barrierenkonzept in Abschnitt 6.1.2		
2	Sichere Abfuhr der Zerfallswärme	1.3 (S. 4)	ja	<ul style="list-style-type: none"> • Begrenzung der Wärmeleistung der Abfallgebinde gemäß den Annahmekriterien (insbesondere HA-Gebinde < 90 °C/100 °C) • Die Zeitspanne bis zum Temperaturanstieg ist vereinbar mit einer Wiederinbetriebnahme der Belüftung/ Bewetterung nach einem ungeplanten Ausfall. Die Begrenzung der Wärmeleistung der HA- und LL-IL-Abfallgebinde ermöglicht die passive Abführung der Wärme. • Das Risiko durch den Verlust der Belüftung/ Bewetterung wird bei allen Risiken durch äußere Angriffe diskutiert. 	[34]	8.5.4, 8.1.2.4/ 2.4

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
3	Sichere Einhaltung der Unterkritikalität	1.3 (S. 4)	ja	<ul style="list-style-type: none"> • Begrenzung des Kernbrennstoffgehalts je PG gemäß den Annahmekriterien. • Die Abfälle sind so konditioniert, dass eine Vermischung und damit einhergehende, mögliche Aufkonzentration der Kernbrennstoffe sicher ausgeschlossen ist. • Da im Cigéo nur wiederaufbereitete HA-Abfälle (und LL-IL-Abfälle) endgelagert werden sollen, die geringere Uran- und Plutoniummengen als Brennelemente enthalten, ist das Kritikalitätsrisiko reduziert. 	[34]	2.3
4	Vermeidung unnötiger Exposition, Begrenzung und Kontrolle der Exposition des Betriebspersonals und der Bevölkerung	1.3 (S. 4)	ja	Im Normalbetrieb und im anomalen Betrieb sind die Standards des Strahlenschutzes und das ALARA-Prinzip umgesetzt.	[34]	3.7
5	Abschirmung der ionisierenden Strahlung in den über- und untertägigen Anlagen	1.3 (S. 4)	ja	<ul style="list-style-type: none"> • Begrenzung von Tätigkeiten in der Nähe von radioaktiven Abfällen • Abschirmwirkung durch Abfallgebinde und Endlagerbehälter • Abgeschirmte Transferhauben und -fahrzeuge 	[34]	2.2

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
6	Vermeidung der Ansammlung zündfähiger Gasgemische, insbesondere von Wasserstoff	1.3 (S. 4)	ja	<ul style="list-style-type: none"> • Im LL-IL-Einlagerungsbereich wird das Risiko durch die Bewetterung reguliert. • Im HA-Einlagerungsbereich wird das Risiko durch die Kontrolle der Sauerstoff- und Wasserstoffkonzentration mittels einer Gasentnahmevorrichtung überwacht. • Begrenzung der Sauerstoffkonzentration in den HA-Einlagerungsstrecken auf 1 % (Normalbetrieb & anomaler Betrieb) bzw. 3 % (Stör- und Unfälle) • Begrenzung der Wasserstoffkonzentration in den LL-IL-Einlagerungsstrecken auf 1 % (Normalbetrieb & anomaler Betrieb) bzw. 3 % (Stör- und Unfälle) 	[34]	2.5
7	Betriebs- und instandhaltungsgerechte Auslegung und Ausführung der Einrichtungen	1.3 (S. 4)	(ja)	Die kerntechnischen betrieblichen Tätigkeiten (z. B. Transport der Endlagergebäude, Einlagerung) sowie die Wartungs- und Instandhaltungstätigkeiten werden detailliert beschrieben. Es werden zwar keine spezifischen Angaben zu den räumlichen Verhältnissen gemacht. Es ist aber erkennbar, dass sie entsprechend der technischen Anforderungen ausgelegt werden. Dementsprechend ist davon auszugehen, dass ausreichend Platz zur Durchführung entsprechender Tätigkeiten vorhanden ist.	[34] [10]	

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
8	Sicherheitsgerichtete Organisation und Durchführung des Betriebs	1.3 (S. 4)	ja	technische und organisatorische Vorkehrungen	[34]	7
9	Sichere Handhabung und sicherer Transport der Endlagergebinde	1.3 (S. 4)	ja	<ul style="list-style-type: none"> • Personalausbildung • reduzierte Geschwindigkeit der seilgeführten Flurförderanlage • fernhantierte Tätigkeiten • Sicherungsmaßnahmen • Vorsorgemaßnahmen • Überwachung betriebsbezogener Parameter und Bestimmungen zur Handhabung von Blockade-Situationen 	[34]	insb. 3.1
10	Auslegung gegen Störfälle	1.3 (S. 4)	ja	Die Anlage wird gegen Störfälle ausgelegt. In diesem Zusammenhang wird auch eine Analyse der Anlagenzustände durchgeführt, durch die u. a. überprüft wird, ob die technischen, personellen und organisatorischen Mittel, die die Beherrschung der Anlagensicherheit gewährleisten, richtig bemessen sind (siehe Abschnitt 7.1.1.2).	[34]	1.3, 9
11	Maßnahmen zur Begrenzung der Schadensauswirkungen von auslegungsüberschreitenden Ereignissen	1.3 (S. 4)	ja	<ul style="list-style-type: none"> • technische und organisatorische Vorkehrungen • regelmäßige Prüfung der ASK und der Abfallgebinde • bauliche Maßnahmen, damit die Bewetterungs- und Belüftungssysteme funktionsfähig bleiben 	[34]	10

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
12	Handhabbarkeit der Endlagergebinde bis zum Beginn der Stilllegung des Endlagers, um die Rückholung der Endlagergebinde im Grundsatz zu ermöglichen	1.3 (S. 4)	ja	Bestehen bzw. Vorhalten der notwendigen Infrastruktur bis zum Verschluss des Endlagers (siehe auch Rückholbarkeitsskala (Abbildung 1-2 in [38]))	[38]	insb. 1.1.3
13	Die Sicherheit des Betriebs und der Beschäftigten sind nach den Anforderungen des Bergbaus zu gewährleisten.	1.3 (S. 4)	(ja)	Die Sicherheit des Betriebs und der Beschäftigten in den verschiedenen Phasen vom Bau bis zum Verschluss des Endlagers werden in Frankreich durch das Umweltgesetz und das Arbeitsgesetz (<i>code du travail</i>) geregelt. In Frankreich ist das Bergrecht (<i>code minier</i>) für die Endlagerung radioaktiver Abfälle nicht anzuwenden, da es nur für Gewinnungsbetriebe gilt.	-	
14	Die technische Auslegung und der Betrieb des Endlagers müssen den Schutzzielen (im Wesentlichen Gewährleistung der Sicherheit des Betriebs und der Beschäftigten sowie Verstärkung der Vorsorge gegen Gefahren, die sich aus bergbaulicher Tätigkeit für Leben, Gesundheit und Sachgüter Dritter ergeben und Verbesserung des Ausgleichs unvermeidbarer Schäden) des Bergbaus entsprechen.	1.3 (S. 4)	(ja)	Auch wenn das Bergrecht nicht maßgeblich zu sein scheint, werden entsprechende Schutzziele durch verschiedene Maßnahmen verfolgt, z. B. <ul style="list-style-type: none"> • technische und organisatorische Vorkehrungen, • Überwachungsmaßnahmen, • Vorsorgemaßnahmen (z. B. Beschilderung von Detonationsbereichen, Begrenzung des explosiven Materials) und • explosive Stoffe werden ausschließlich für das Abteufen der Schächte verwendet. 	[34]	5.1.1

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
15	Eine anlagenspezifische Sicherheitsanalyse ist durchzuführen, wobei auf eine ausreichende Robustheit der Nachweissführung zu achten ist.	1.3 (S. 5)	ja	<p>Es wurden folgende Analysen/ Bewertungen durchgeführt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Risikoanalyse, d. h. die methodische Untersuchung aller Phänomene internen und externen Ursprungs, die sich auf die Anlage auswirken können • Analyse von Betriebssituationen (nach Anlagenzuständen, d. h. die methodische Untersuchung der verschiedenen Betriebssituationen, die sich auf die Anlage auswirken können) • die Bewertung der radiologischen und nicht radiologischen Auswirkungen verschiedener Betriebssituationen, um insbesondere die Einhaltung der Schutzziele zu überprüfen <p>Zusätzlich wurden Vorsorge-, Verminderungs-, Überwachungs-, Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen sowie Maßnahmen für die Rückkehr zum sicheren Betrieb nach einer Stör-/Unfallsituation festgelegt.</p>	[34]	

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
16	Die Ergebnisse der Sicherheitsanalyse sind im Rahmen der Auslegung des Endlagers zu berücksichtigen.	1.3 (S. 5)	ja	<p>Die übertägige kerntechnische Anlage sowie die Transportmittel wurden so ausgelegt, dass sie die Risiken im Betrieb beherrschen.</p> <p>Die untertägige Anlage ist so ausgelegt, dass sie die Risiken in der Betriebs- und Nachbetriebsphase beherrscht. Der Ansatz besteht darin, die Sicherheitsanforderungen zu definieren, dann die Funktion zu ihrer Erfüllung zu bestimmen und anschließend die Übereinstimmung der praktischen Lösungen mit dem erwarteten Sicherheitsniveau zu überprüfen.</p>	[27] [34]	1.1.1 1.3.2.1.1
17	Für die Betriebsphase sind für die vier Sicherheitsebenen (Normalbetrieb, anomaler Betrieb, Auslegungsstörfälle und auslegungsüberschreitende Ereignisse) gestaffelte Maßnahmen zu planen.	1.3 (S. 5)	ja	<p>Im Rahmen der Risikoanalyse werden u. a. Ereignisse identifiziert, die dazu führen können, dass die Anlage den Normalbetrieb verlässt und Maßnahmen definiert, die zur Beherrschung solcher Situationen beitragen.</p> <p>So werden nach einem Ereignis, das dazu geführt hat, dass die Anlage den Normalbetrieb oder anomalen Betrieb verlässt, verschiedene Maßnahmen ergriffen, um den sicheren Zustand der Anlage herzustellen bzw. aufrechtzuerhalten. Diese Maßnahmen werden entsprechend der Art, dem Ort und der Intensität des auftretenden Ereignisses festgelegt.</p>	[34]	1.2.2, 7.5, 9.1.2

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
18	Im Sicherheitskonzept ist darzulegen, welche Betriebsstörungen und Störfälle beim Betrieb des Endlagers auftreten können (hierfür sind anlagenspezifische deterministische und probabilistische Sicherheitsanalysen durchzuführen).	1.3 (S. 5)	ja	Es wurden Risiken des kerntechnischen Betriebs (intern), externe Risiken (z. B. Flugzeugabsturz, Erdbeben etc.) sowie konventionelle Risiken (z. B. Baumaßnahmen, Prüfungen vor der Inbetriebnahme und die Verwendung von nicht radioaktiven Gefahrstoffen) analysiert.	[34]	3, 4, 5
	Betrieb des Endlagers					
19	Im laufenden Betrieb vorgesehene Veränderungen an der Anlage oder ihres Betriebs sind hinsichtlich ihrer möglichen Auswirkungen auf die Langzeitsicherheit zu überprüfen (und negative Auswirkungen sind zu minimieren).	2.1 (S. 5)	ja	Im Rahmen des Flexibilitätskonzepts wird die Flexibilität des Betriebs in Hinblick auf die Betriebs- und Nachbetriebsicherheit analysiert.	[36]	1
20	Das ALARA-Prinzip oder ein darüberhinausgehendes Vorgehen, vergleichbar mit § 8 StrlSchG, ist Maßstab für die Planungen im Bereich Strahlenschutz (dazu sind weitgehend automatisierte oder fernhantierte Betriebsabläufe anzustreben).	2.1 (S. 5)	ja	Siehe lfd. Nr. 4 & 5. Außerdem werden kerntechnische Prozesse überwiegend fernhantiert durchgeführt.		
21	Eine angemessene Strahlenschutzorganisation ist zu planen und umzusetzen.	2.1 (S. 5)	(ja)	In den analysierten Unterlagen wird die Strahlenschutzorganisation nicht explizit beschrieben, es ist aber erkennbar, dass Strahlenschutzbeauftragte vorgesehen sind, wie sie auch in den anderen von ANDRA betriebenen Anlagen vorhanden sind.	[34] [31]	2.2.5 2.8.4

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
22	Es ist eine Strahlenschutzanweisung zu erstellen, in der die im Betrieb zu beachtenden Schutzmaßnahmen (z. B. die für die Ermittlung der Körperdosis vorgesehene Messungen) aufzuführen sind.	2.1 (S. 5)	ja	Es werden entsprechende Maßnahmen der Strahlenschutzanweisung (z. B. radiologische Überwachung von Räumen in Strahlenschutzbereichen, dosimetrische Überwachung von Personen, Nachverfolgung potenziell kontaminierter Betriebsabfälle, Überwachung von Luft und Flüssigkeitsableitungen) dargestellt.	[31]	2.8.4
23	Strahlenschutzbereiche sind einzurichten und zu kennzeichnen. Diese Bereiche sind messtechnisch zu überwachen (z. B. Messung der Ortsdosis und der Ortsdosisleistung) und die Ergebnisse zu dokumentieren.	2.1 (S. 5 f.)	ja	<p>Es wird eine Organisation für die Einteilung von Strahlenschutzbereichen vorgeschlagen. In Abhängigkeit von der Exposition von Personen (effektive Dosis) werden drei Strahlenschutzbereiche, die teilweise noch weiter unterteilt werden, vorgesehen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kein Strahlenschutzbereich (Weiß) • Überwachungsbereich (Blau) • Kontrollbereich (Grün, Gelb, Orange, Rot) <p>Räume in Strahlenschutzbereichen werden radiologisch überwacht (Echtzeit oder zeitversetzte Messung der Kontamination oder der Dosisleistung) und die Ergebnisse der Messungen werden verwaltet und in der jährliche Sicherheitsbilanz integriert.</p>	[34] [31]	2.2.6 2.2.8 2.8.4

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
24	Konzepte zur Beseitigung der Auswirkungen von Folgen von Störungen und Störfällen (insbesondere Kontamination) sind zu entwickeln.	2.1 (S. 6)	ja	Im Rahmen entsprechender Konzepte wurden organisatorische und technische Maßnahmen festgelegt (z. B. zur Begrenzung der Folgen bei Überschreitung des maximalen Wasserstoffgehalts in einer LL-IL-Einlagerungsstrecke).	[34]	9
25	Die Körperdosis von Personen, die sich in einem Strahlenschutzbereich aufhalten, ist mit geeigneten amtlichen Dosimetern gemäß den Anforderungen im StrlSchG und StrlSchV zu ermitteln und zu dokumentieren.	2.1 (S. 6)	(ja)	Personal, das sich in Strahlenschutzbereichen aufhält, wird mit an den Ein- und Ausgängen festinstallierten sowie mit Personendosimetern überwacht.	[31]	2.8.4, 4.2.3.2
26	Vorgaben für den Arbeitsschutz sind zu erarbeiten (z. B. Erstellung von Sicherheitsanweisungen, Bereitstellung von Einrichtungen zur Leistung von Erster Hilfe und Durchführung erforderlicher Sicherheitsübungen in regelmäßigen Zeitabständen)	2.1 (S. 6)	(ja)	In [31] wird in Bezug auf Arbeitsschutzmaßnahmen auf die ISO 45001:2018 verwiesen. Außerdem werden einzelne Arbeitsschutzmaßnahmen, wie z. B. das Anlegen von Persönlicher Schutzausrüstung (z. B. Helm, Geleucht, Dosimeter) benannt.	[31] [30]	2.3.2 8.1.2

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
27	Ein Brandschutzkonzept (u. a. Einrichtung einer Brandschutzzentrale, in der alle brandschutztechnischen Meldungen erfasst und bewertet werden, Vorhalten von stationären und mobilen Feuerlöscheinrichtungen, regelmäßige Schulung des Betriebspersonals in der Bekämpfung von Bränden) ist zu erstellen und in einen Notfallplan ³⁶ zu integrieren.	2.1 (S. 6)	(ja)	<ul style="list-style-type: none"> • Bei der Planung von Geräten und Anlagen sowie deren Handhabung im Betrieb wird die Brandlast so weit wie möglich begrenzt. • Die Verwendung von Materialien, die leicht entzündbar sind, wird ausgeschlossen. • Stromnetz: Brandverhalten gleichwertig zu „C1 keine Halogenverbindungen freisetzend“ oder entspricht mindestens Cca, s2, d2, a2 der internationalen Brandschutzklassen • Brandmeldeanlagen • Brandschutzeinrichtungen umfassen Tanks, Pumpstationen und das allgemeine Verteilungsnetz, das die zu schützenden Bauwerke versorgt 	[34] [30]	3.2 8.5, 11.2.10, 11.5.3

³⁶ Gemäß § 5 Abs. 26 des StrlSchG ist ein Notfall ein Ereignis, bei dem sich durch ionisierende Strahlung erhebliche nachteilige Auswirkungen auf Menschen, die Umwelt oder Sachgüter ergeben können.

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
28	Ein Notfallplan ist zu erstellen.	2.1 (S. 6)	ja	<p>Es ist ein Notfallplan vorhanden, der darauf abzielt,</p> <ul style="list-style-type: none"> • den Notfall zu beherrschen, um dessen Folgen zu verhindern und/oder zu begrenzen, • die zuständigen staatlichen Behörden und externen Dienst zu alarmieren und zu informieren und in Zusammenarbeit mit diesen die Folgen des Notfalls zu verhindern und/oder zu begrenzen, • das Personal zu alarmieren und zu schützen und Opfern Hilfe zu leisten, • ggf. den radiologischen Zustand des Standorts und dessen Umgebung zu charakterisieren und • lokale Stakeholder und Medien in Absprache mit den Behörden zu informieren. 	[34]	11
29	Erfahrungen in Endlagern weltweit sind zu beachten und die dort aufgetretenen Störfälle auszuwerten und ggf. im Betriebsreglement zu berücksichtigen.	2.1 (S. 6)	ja	Internationale und nationale Erfahrungen und Störfälle wurden analysiert und in der Auslegung des Endlagers berücksichtigt.	[39]	5.2 - 5.3
30	Der Betriebsvorgang „Anlieferung der Endlagergebände“ ist zu planen und zu betrachten.	2.1 (S. 6)	ja	<p>Im Cigéo werden PG angeliefert. (Die Endlagergebände werden erst im EP1 des Cigéo hergestellt.)</p> <p>Der Vorgang „Transport der PG bis zum Endlager Cigéo) wird beschrieben (siehe auch Abschnitt 6.5).</p>	[10] [30]	4.2.1 - 4.2.3 2.1.2

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
31	Der Betriebsvorgang „Annahme und Handhabung der Endlagergebinde im Empfangsbereich“ ist zu planen und zu betrachten.	2.1 (S. 6)	ja	Der Vorgang „Annahme und Kontrolle der Transportverpackungen“, der auch das Entladen von PG aus den Transportverpackungen beinhaltet, wird beschrieben (siehe auch Abschnitt 6.1.4.1.2).	[10] [30]	4.2.3 2.1.3 - 2.1.6 & 2.1.7.1 - 2.1.7.2
32	Der Betriebsvorgang „Eingangskontrolle der Endlagergebinde“ ist zu planen und zu betrachten.	2.1 (S. 6)	ja	Die Kontrollen an den Transportverpackungen und PG beinhalten <ul style="list-style-type: none"> • administrative Kontrollen, die bei Ankunft des Konvois mit radioaktiven Abfällen durchgeführt werden, • radiometrische Kontrollen, die an den Transportverpackungen durchgeführt werden sowie • radiologische Messungen und Sichtkontrollen, die an den PG durchgeführt werden (siehe auch Abschnitt 6.1.4.1.2 und Abschnitt 6.1.4.1.3)	[10] [30]	4.2.1 - 4.2.3 2.1.4 & 2.1.7.1
33	Der Betriebsvorgang „Vorbereitung für den Transport der Endlagergebinde nach unter Tage“ ist zu planen und zu betrachten.	2.1 (S. 6)	ja	Dieser Vorgang wird beschrieben. Er beinhaltet <ul style="list-style-type: none"> • das Einbringen von PG in Endlagerbehälter, • den Verschluss der Endlagerbehälter und • das Einsetzen der Endlagerbehälter in die Transferhauben. (siehe auch Abschnitt 6.1.4.1.3 und Abschnitt 6.1.4.1.4)	[10] [30]	4.2.4 - 4.2.7 2.1.7.4 - 7.1.7.6

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
34	Der Betriebsvorgang „Handhabung von rückgeholten Abfällen/ Endlagergebinden“ ist zu planen und zu betrachten.	2.1 (S. 6)	ja	<p>Es werden vier Fälle beschrieben, die für die Rückholung von Endlagergebinden betrachtet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rückholung eines nicht kontaminierten LL-IL-Endlagegebindes bzw. HA-Endlagergebindes an die Oberfläche • Einlagerung nicht kontaminierter LL-IL-Endlagergebinde bzw. HA-Endlagergebinde in eine andere LL-IL-Einlagerungsstrecke bzw. HA-Einlagerungsstrecke <p>(siehe auch Anhang 7e)</p> <p>Abfälle, die wieder an die Oberfläche geholt werden, können im Cigéo neu konditioniert oder dem Erzeuger (Ablieferungspflichtigen) überlassen werden.</p>	[30]	2.2
35	Nur Endlagergebinde, die den Endlagerungsbedingungen entsprechen, dürfen eingelagert werden. Es sind Maßnahmen für den Umgang mit Endlagergebinden zu treffen, die den Endlagerungsbedingungen nicht entsprechen.	2.1 (S. 7)	ja	Ein Endlagergebinde, welches den Endlagerungsbedingungen nicht entspricht, wird von den restlichen Abfallgebinden bis zur Untersuchung seiner Nichtkonformität isoliert.	[34]	2.2.5

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
36	Der Betriebsvorgang „Auffahren von Einlagerungsbereichen und weiterer Infrastruktur“ ist zu planen und zu betrachten.	2.1 (S. 7)	ja	<p>Dieser Vorgang wird beschrieben. Er beinhaltet die erste Bauphase (z. B. Auffahrung des Pilotlagers und der logistischen Infrastrukturbereiche) und die Auffahrung weiterer Abschnitte.</p> <p>Die Beschreibung für die erste Bauphase ist detailliert und umfasst u. a.</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Einrichtung der temporären und spezifischen Baustellen, • das Auffahren der LSF, • den Umgang mit dem Aushub und • die Errichtung von Schutzbauwerken gegen aufsteigendes Grundwasser. <p>Die weiteren Abschnitte werden in vergleichbarer Weise durchgeführt.</p>	[35] [30]	1.4
37	Der Betriebsvorgang „Transport der Endlagergebände nach unter Tage (Rampe oder Schacht)“ ist zu planen und zu betrachten.	2.1 (S. 7)	ja	Der Transport der Transferhauben mit der seilgeführten Flurförderanlage über die Gebindeabfahrtsrampe wird beschrieben.	[10]	4.2.8
38	Der Betriebsvorgang „untertägiger Transport der Endlagergebände“ ist zu planen und zu betrachten.	2.1 (S. 7)	ja	Der Transport der Transferhauben zu der vorgesehenen Einlagerungsstrecke wird beschrieben.	[10]	4.3.1
39	Der Betriebsvorgang „Einlagerung der Endlagergebände“ ist zu planen und zu betrachten.	2.1 (S. 7)	ja	Der Transport in der vorgesehenen Einlagerungsstrecke und die Einlagerung wird beschrieben.	[10]	4.3.2 - 4.3.3

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
40	Der Betriebsvorgang „Verfüllen, Versetzen und Verschließen der Einlagerungsbereiche“ ist zu planen und zu betrachten.	2.1 (S. 7)	ja	Dieser Vorgang wird im Rückbau-, Stilllegungs- und Überwachungsplan [44] beschrieben (siehe auch „Ablauf der Stilllegung der kerntechnischen Anlage Cigéo“ in Anhang 9).	[30] [44] [52]	15.2.2 4
41	Der Betriebsvorgang „Verschließen des Endlagers“ ist zu planen und zu betrachten.	2.1 (S. 7)	ja	Dieser Vorgang wird im Rückbau-, Stilllegungs- und Überwachungsplan [44] beschrieben (siehe auch „Ablauf der Stilllegung der kerntechnischen Anlage Cigéo“ in Anhang 9).	[30]	15.1, 15.2
42	Der Betriebsvorgang „Rückholung der Endlagergebäude“ ist zu planen und zu betrachten.	2.1 (S. 7)	ja	Siehe lfd. Nr. 12 und 34.		
43	Der gesamte Betrieb ist geeignet zu strukturieren und zu organisieren (z. B. Anstreben einer automatisierten Einlagerung von Endlagergebäuden, Nachvollziehbarkeit der Positionen der Endlagergebäude für den geforderten Zeitraum, Festlegen der für den Betrieb relevanten Parameter).	2.1 (S. 7)	(ja)	In Bezug auf die Einlagerung der Endlagergebäude lässt die Darstellung des Betriebs eine Struktur und Organisation erkennen (beispielweise werden die Endlagergebäude fernhantiert transportiert).	[34] [31]	3

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
44	Eine klare Organisationstruktur mit eindeutigen Verantwortlichkeiten, Zuständigkeiten, Befugnissen sowie klaren Kommunikationsflüssen ist zu planen.	2.1 (S. 7)	ja	<p>Die Betriebsorganisationen umfasst u. a.</p> <ul style="list-style-type: none"> • ein klar definiertes System der Verantwortlichkeiten, das in erster Linie den Betreiber verpflichtet und eine formelle Kette von Befugnisübertragungen beinhaltet, in der die Inhaber der Befugnisse über die ausreichende Autorität, die technischen und materiellen Mittel sowie über die für die Ausübung der Verantwortung erforderlichen Kompetenzen verfügen, • eine belastbare Organisation zur Bewältigung von Krisensituationen sowie • eine genaue Regelung der in Stör- und Unfallsituationen durchzuführenden Tätigkeiten und Zuständigkeiten (inkl. Ablaufplan). 	[31] [34]	7

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
45	Erstellung, Führung und regelmäßige Aktualisierung eines Zechenbuch/Betriebshandbuchs (ZB/BHB, u. a. Festlegung der für den Betrieb relevanten Parameter, Anweisungen für die verschiedenen Betriebszustände)	2.1 (S. 7)	nicht anwendbar	<p>Die analysierten Unterlagen geben keinen Hinweis auf ein Zechenbuch/ Betriebshandbuch. Die Grenzen des Auslegungsbereichs für den Normal- und Störungsbetrieb werden in die allgemeinen Betriebsvorschriften übernommen, die die Bedingungen und die vorgesehenen Maßnahmen für die Aufrechterhaltung und die Rückkehr zum Normalbetrieb der Anlage festlegen.</p> <p>Gegenwärtig betreibt ANDRA seine Anlagen gemäß den allgemeinen Betriebsvorschriften, die für jede Anlage entwickelt und von der Aufsichtsbehörde genehmigt wurden.</p>	[34]	1.3.2.1.1
46	Ein Integriertes Managementsystem (IMS), das die Bereiche Sicherheit, Qualität, Umweltschutz, Arbeitsschutz, Dokumentation, Archivierung und Alterung umfasst, ist zu implementieren.	2.1 (S. 8)	ja	Es ist ein Managementsystem zur Gewährleistung der Sicherheit der gleichzeitig stattfindenden Tätigkeiten vorgesehen, das die genannten Bereiche (bis auf die Alterung) abdeckt.	[31]	2, 3

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
47	Regelmäßig (alle zehn Jahre) ist eine Sicherheitsüberprüfung durchzuführen und die Ergebnisse der Behörde vorzulegen.	2.1 (S. 9)	ja	<p>Es liegt in der Verantwortung der Aufsichtsbehörde, die Aktualisierungen der Sicherheitsbewertung und ihre regelmäßigen Überprüfungen festzulegen. Für Endlager ist dies bei jedem Genehmigungsantrag und spätestens alle 10 Jahre der Fall.</p> <p>Zusätzlich gibt es eine Bestimmung in Hinblick auf die Reversibilität (<i>réversibilité</i>) des Endlagers und die Rückholbarkeit (<i>recupérabilité</i>) der Abfälle, für die ebenfalls spätestens alle 10 Jahre eine Bewertung durchgeführt wird, um über den künftigen Betrieb (einschließlich Forschung) zu entscheiden.</p>		
48	Es ist ein Wartungs- und Instandhaltungskonzept zu erstellen, dabei sind auch Zugänglichkeiten und die räumlichen Verhältnisse zu berücksichtigen.	2.1 (S. 9)	ja	<p>Für den Normalbetrieb sowie für Stör- und Unfallsituationen sind Wartungs- und Instandhaltungskonzepte vorhanden.</p> <p>Es werden zwar keine spezifischen Angaben zu den räumlichen Verhältnissen gemacht, es ist aber nicht erkennbar, dass nicht ausreichend Platz zur Durchführung entsprechender Tätigkeiten vorhanden wäre (siehe auch lfd. Nr. 7).</p>	[34]	1.3.2.1.1, 2.2, 3.1 - 3.13, 4.2 - 4.6, 5.1.2.2, 6.4, 7.1, 7.3, 7.6, 8.1 - 8.5, 9.4, 11.4, 13.4.1 - 13.4.5

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
49	Vor der erstmaligen Annahme von radioaktiven Abfällen ist der Betrieb des Endlagers (insbesondere der Einlagerungsprozess) erfolgreich zu erproben.	2.1 (S. 9)	ja	Die Pilotphase dient u. a. dazu, alle kern-technischen Tätigkeiten zu erproben.	[10] [30] [35]	3.4.6 1.1.3
Tagesanlagen						
50	Schächte und Förderanlagen sind so auszulegen, dass Störfälle ausgeschlossen werden können bzw. eine Exposition des Personals und der Bevölkerung ausgeschlossen werden kann.	2.2 (S. 10)	ja	Die verschiedenen Rampen und Schächte haben unterschiedliche Funktionen und werden entsprechend ausgelegt. Da der Transport von Gebinden und Personal nicht durch die gleichen Rampen/Schächte erfolgt (siehe auch lfd. Nr. 53) ist das Expositionsrisiko begrenzt. Des Weiteren sind die Förderanlagen der Schächte für extreme Wetter- oder Klimabedingungen wie Schnee oder die Auswirkungen von extremen Winden und Tornados ausgelegt. Abwetter werden im Falle einer Kontamination einer Filteranlage zugeführt.	[34] [30]	8.2.2
51	Ein geeignetes Umgebungsüberwachungsprogramm ist vorzusehen.	2.2 (S. 10)	ja	Die Maßnahmen zur Charakterisierung der Umwelt werden in den verschiedenen Phasen der Anlage insbesondere im Rahmen des Umweltüberwachungsprogramms fortgesetzt (siehe auch Abschnitt 6.4.2).	[35]	3.2.1

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
52	Das Betriebsgelände ist so ausgewählt, dass es Reserven für eine ggf. spätere Erweiterung (im Rahmen einer eventuellen Rückholung) gibt.	2.2 (S. 10)	ja	In der Nähe der übertägigen Gebäude EP1 und EP2 werden Grundstücke für die etwaige Errichtung von neuen Anlagen, die sich für die Lagerung, den Behälterwechsel oder den Rücktransport der rückgeholten Abfallgebinde als notwendig erweisen könnten, freigehalten.	[38]	3.2.1
	Tageszugänge					
53	Die Planung der LSF (für den Transport der Endlagergebinde, die Material- und Seilfahrt, die Wetterführung und den Abtransport von Haufwerk) erfolgt so, dass alle Aufgaben den gesetzlichen Vorgaben entsprechen und sicher und zuverlässig erfüllt werden können.	2.3 (S. 10)	(ja)	<p>Insgesamt gibt es fünf Schächte und zwei Rampen mit unterschiedlichen Funktionen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Frischwetterschacht „Bau“ (VFT) • Abwetterschacht „Bau“ (VVT) • Material- und Baustoffschacht (MMT) • Frischwetterschacht „Betrieb“ (VFE) • Abwetterschacht „Betrieb“ (VVE) • Gebindeabfahrtsrampe für den Transport von Endlagergebänden • Servicerrampe für Ausrüstungs- und Personaltransport sowie Flucht <p>Es ist zu erwarten, dass alle Aufgaben sicher und zuverlässig sowie unabhängig voneinander erfüllt werden können. Sicherheitstechnisch relevante Funktionen (insbesondere Fluchtwege und Bewetterung) sind redundant ausgelegt.</p>	[30] [10]	4, 5

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
	Untertägige Anlagen					
54	Die untertägigen Arbeiten sind nach den Vorgaben in BBergG und AtG sowie deren untergesetzlichen Regelwerken zu planen und zu organisieren.	2.4 (S. 10)	nicht anwendbar	In Frankreich werden die untertägigen Arbeiten durch das Umweltgesetz und das Arbeitsgesetz geregelt (außer bei Gewinnungsbetrieben).	-	-
55	Es ist zwischen zwei Betriebsbereichen zu unterscheiden: <ul style="list-style-type: none"> - Auffahrungsbereich - Bereich für die Einlagerung der Endlagergebinde 	2.4 (S. 10)	ja	Bei Rampen, Schächten und untertägigen Hohlräumen wird strikt zwischen „Auffahrungsbereichen“ (inklusive Auffahrung) und „kerntechnischen Bereichen“, in denen kerntechnische Tätigkeiten wie die Einlagerung der Endlagergebinde durchgeführt werden, unterschieden. (siehe auch Abschnitt 6.1.3)	[34]	
56	Rein konventionelle bergmännische Tätigkeiten sind von den strahlenschutzrelevanten Tätigkeiten zu trennen.	2.4 (S. 10)	ja	Da „Auffahrungsbereichen“ und „kerntechnische Bereiche“ strikt und räumlich getrennt werden, sind auch entsprechende Tätigkeiten strikt voneinander getrennt. Siehe auch lfd. Nr. 55.	[34]	

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
57	Die Auffahrung soll gebirgsschonend erfolgen (und es ist darauf zu achten, dass die Barrierenwirksamkeit späterer Abschlussbauwerke nicht beeinträchtigt wird).	2.4 (S. 10)	ja	<ul style="list-style-type: none"> • Es wurden Versuche zur Auffahrung durchgeführt und es sind weitere Versuche geplant, bei denen die technisch-ökonomische Optimierung des Ausbaus und der Bemessung von Verschlussbauwerken berücksichtigt werden. • Die Auflockerungszone (<i>excavation damaged zone</i>, EDZ) wurde bzgl. ihrer geologisch/ hydrologischen Eigenschaften untersucht. • Das Wissen über die EDZ wird ständig verbessert. • Es hat sich gezeigt, dass die Auffahrungsmethode einen begrenzten Einfluss auf die EDZ hat (der größte Effekt hängt mit dem Ausbau zusammen). 	[29] [52]	1.6.5.3, 1.6.5.4 2.1.5.2, 2.1.5.3
58	In der Betriebsphase ist dafür Sorge zu tragen, dass die Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (ewG) gewährleistet ist.	2.4 (S. 10)	nicht anwendbar	Im französischen Verfahren wird kein ewG definiert (siehe auch Abschnitt 8.1.1.2.2). Dennoch wird der Einfluss von Auffahrungsmethoden auf die Barrierenintegrität untersucht ³⁷ (siehe lfd. Nr. 57).		

³⁷ Die untertägigen Grubenbaue so zu untersuchen, dass die geologische Barriere durch deren Bau und Betrieb nicht beschädigt wird, war eine der Herausforderungen in den 20 Jahren untertägiger Laborexperimente.

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
59	Alle Grubenbaue werden so geplant, ausgebaut und unterhalten, dass die Gebrauchstauglichkeit für die geplante Nutzungsdauer sichergestellt ist.	2.4 (S. 10)	ja	Bei der Planung der Grubenbaue wird deren (lange) Lebensdauer berücksichtigt. Beispielsweise wird in den logistischen Infrastrukturbereichen eine Reserve für möglicherweise notwendige reparierende Spritzbetonschichten vorgesehen.	[30]	10.2.2.1
60	Einlagerungsbereiche müssen so angeordnet, ausgelegt und deren Resthohlräume verfüllt werden, dass die Endlagergebäude sicher eingeschlossen sind und die Zerfallswärme sicher abgeführt wird.	2.4 (S. 11)	ja	Siehe lfd. Nr. 1 & 2.		
61	Geplante Maßnahmen eines langfristigen Monitorings dürfen zu keinen unzulässigen Veränderungen des nachgewiesenen Sicherheitsniveaus des Endlagers führen.	2.4 (S. 11)	(ja)	Das untertägig installierte Überwachungssystem wird bei der Stilllegung des Endlagers zurückgebaut. Nach dem Verschluss des Endlagers kann ein neues Überwachungssystem installiert werden. Dieses ist heute aber noch nicht genau definiert.	[44]	6.3

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
62	Die Verkehrsführung unter Tage ist derart geplant, dass ein Einbahnstraßenprinzip bei der Einlagerung realisiert wird und auch sonst alle technischen Maßnahmen zur Vermeidung von Kollisionen entsprechend berücksichtigt werden.	2.4 (S. 11)	(ja)	<ul style="list-style-type: none"> • An den Transportmitteln sind Kollisionsschutzsysteme, Bremsen und Stoßdämpfer vorhanden. • Die seilgeführte Flurförderanlage transportiert nur eine Transferhaube pro Fahrt und wartet auf die leere Transferhaube, bevor sie nach über-tage fährt. Daraus lässt sich schließen, dass unter Tage immer nur eine Transferhaubetransportiert wird, sodass eine Kollision mit einer anderen Transferhaube ausgeschlossen werden kann. • Zusätzlich ist die Kollisionsgefahr in der Risikoanalyse berücksichtigt. 	[34] [10]	9.4.7 4.4.1, 4.4.2, 4.2.8
63	Die Planung der Infrastrukturräume erfolgt derart, dass dieses ausreichend Platz für die geplanten Arbeiten einschließlich aller dafür notwendigen Ausrüstungs- und Einrichtungsgegenstände bietet.	2.4 (S. 11)	(ja)	Siehe lfd. Nr. 7.	[10]	
64	Die Brandlasten im Endlager sind zu minimieren und einzelne Bereiche sind je nach Erfordernis mit automatischen Brandmelde- und Löschsystemen abzusichern.	2.4 (S. 11)	ja	Siehe lfd. Nr. 27.		
65	Im Grubengebäude müssen jederzeit stabile Bewetterungsverhältnisse vorliegen.	2.4 (S. 11)	ja	Stabile Bewetterungsverhältnisse werden durch mehrere Faktoren geregelt, siehe etwa lfd. Nr. 6, 66 & 69.	[34]	

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
66	Die Bewetterung erfolgt so, dass immer ausreichend Frischwetter zur Verfügung stehen.	2.4 (S. 11)	(ja)	<p>Die Zufuhr von Frischwettern zu den verschiedenen untertägigen Hohlräumen erfolgt über die Frischwetterschächte (VFE und VFT). Die Wetter werden dann in den verschiedenen Bereichen der Anlage verteilt, dabei gelangen die frischen Wetter im vollen Querschnitt in die Verbindungs- und Zugangsstrecken (siehe auch Abbildung 6, Abbildung 7, Abbildung 10 bzw. Abschnitt 6.1.4.2.2).</p> <p>Quantitative Aussagen zu ausreichenden Wettermengen sind den vorliegenden Antragsunterlagen nicht zu entnehmen. Es wird aber nach bergbaulichen Standards und mit redundanten ASK der Bewetterung geplant.</p> <p>Die HA-Einlagerungstrecken werden nicht bewettert.</p>	[10]	4.5.2

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
67	Es ist ein Flucht- und Rettungswegekonzept vorzusehen, das dem CIP-Prinzip (<i>Continual Improvement Process</i>) unterliegt.	2.4 (S. 11)	ja	CIP-Prinzip: siehe lfd. Nr. 61 Ein Flucht- und Rettungswegekonzept liegt vor. Es sind verschiedene Strecken und Zufluchtsorte vorhanden, die im Notfall verwendet werden können. Dazu gehören: <ul style="list-style-type: none"> • Flucht- und Rettungswege in HA-Einlagerungsstrecken und im HA-Pilotlager • Frischweterschacht • Fußweg in LL-IL-Verbindungsstrecken • Zugangstrecken Des Weiteren sieht das Bewetterungssystem den Rauchabzug im Brandfall vor.	[34] [30] [31]	3.2.4.2.1, 3.2.4.3, 3.2.5.5 11.4.2.9.3 3.3.3
68	Es ist zu berücksichtigen, dass ggf. kontaminierte Wetter zu filtern sind.	2.4 (S. 12)	nein	Einsatz von HEPA-Filtern erfolgt nur am Ende der LL-IL-Einlagerungsstrecken. siehe Abschnitt 8.1.1.1.2	[34] [10]	2.5.2
69	Es sollte eine saugende Bewetterung mit Anordnung des Hauptgrubenlüfters über Tage vorgesehen werden.	2.4 (S. 12)	nein	Sowohl die Bewetterung der Auf-fahrungsbereiche als auch die Bewetterung des kerntechnischen Bereichs des Betriebs basiert auf einem kombinierten „Blas- und Saugsystem“ (siehe auch Abschnitt 6.1.4.2.2)	[30]	11.4.2

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
70	Zur Bewetterung bei der Auffahrung der Einlagerungsbereiche ist eine blasende Sonderbewetterung mit Anordnung des Lüfters in der durchgehend bewetterten Hauptstrecke vorzusehen.	2.4 (S. 12)	nein	Siehe lfd. Nr. 69.		
71	Das Bewetterungssystem muss eine gerichtete Wetterströmung vom Auffahrungsbereich in den Einlagerungsbereich sicherstellen	2.4 (S. 12)	nein	Gemäß dem Prinzip der physischen Trennung zwischen dem Auffahrungsbereich und dem kerntechnischen Bereich des Betriebs verfügen diese jeweils über eine unabhängige Bewetterung (siehe auch Abschnitt 6.1.4.2.2).	[30]	11.4.2
72	Gebinde sollen zeitnah an die Auffahrung der Einlagerungsbereiche eingelagert, die Einlagerungsbereiche danach zeitnah versetzt und verschlossen werden.	2.4 (S. 12)	(ja)	<p>In den 100 Jahren, die für den Betrieb des Cigéo vorgesehen sind, wird die untertägige Anlage regelmäßig erweitert. Dabei werden die Einlagerungsbereiche je nach Bedarf erweitert, sodass der Auffahrungsfortschritt mehr oder weniger der Annahmerate der Gebinde entspricht.</p> <p>Der nutzbare Teil der LL-IL-Einlagerungsstrecken wird schon während der Einlagerung der Endlagergebände schrittweise mit einer Strahlenschutzwand, die aus mehreren Blöcken besteht, verschlossen. Sobald die LL-IL-Einlagerungsstrecke vollständig befüllt ist, werden die ASK, die für den Betrieb der Einlagerungsstrecke nicht erforderlich sind und keine Wartung erfordern, bis</p>	[30] [44]	1.5.2 2.3.1 4.1 4.2

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	ESK [60] Kapitel	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK	Ref. Cigéo	Kapitel
				<p>zum Beginn der Stilllegung in den Standby-Modus versetzt.</p> <p>Bei den HA-Einlagerungsstrecken wird, sobald deren Befüllung abgeschlossen ist, ein Verschlussstopfen, der aus mehreren mit Tonmaterial befüllten Behältern besteht, eingefügt, der während des Betriebs auch eine Strahlenschutzfunktion hat.</p> <p>Die weiteren Verfüll- und Verschlussmaßnahmen (z. B. Verschluss der Einlagerungsstrecken, Verfüllung der Zugangsstrecken und Verfüllung sowie Verschluss der Verbindungsstrecken) erfolgen dann im Rahmen der eigentlichen Stilllegung.</p>		
73	Die endgültige Position des Endlagergebindes ist zu erfassen und zu dokumentieren.	2.4 (S. 12)	ja	<p>Für jedes Endlagergebäude werden dokumentiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Position • radiologische Eigenschaften und Wärmeleistung (im Zusammenhang mit der Rückholbarkeit) 	[31]	3
74	Es ist ein Konzept für den Umgang und die Behandlung von radioaktiven Betriebsabfällen zu entwickeln.	2.4 (S. 12)	ja	<p>Ein Konzept für den Umgang und die Behandlung von radioaktiven Betriebsabfällen aus der kerntechnischen Anlage Cigéo ist vorhanden. Diese beinhaltet neben deren Herkunft, Art, und radiologischen Eigenschaften, die Behandlung bzw. Konditionierung und den vorgesehenen Entsorgungsweg.</p>	[34] [24] [28]	4.2.2 3.6

8.1.1.1.2 Fachliche Einschätzung

Fachliche Einschätzung in Hinblick auf die deutschen Anforderungen

Im Folgenden werden die Anforderungen der ESK diskutiert, die in Frankreich nicht oder nicht explizit berücksichtigt werden oder dort anders geregelt sind als in Deutschland.

Berücksichtigung bergrechtlicher Anforderungen

In Deutschland müssen die technische Auslegung und der Betrieb des Endlagers für HA-Abfälle den Schutzziele des Bergbaus (Gewährleistung der Sicherheit des Betriebs und der Beschäftigten, Verstärkung der Vorsorge gegen Gefahren, die sich aus bergbaulicher Tätigkeit für Leben, Gesundheit und Sachgüter Dritter ergeben sowie Verbesserung des Ausgleichs unvermeidbarer Schäden) entsprechen und die daraus abgeleiteten Anforderungen (insbesondere in Bezug auf den Arbeitsschutz) der Allgemeinen Bundesbergverordnung (ABergV) erfüllen, während das Bergrecht in Frankreich in Bezug auf Endlager keine Anwendung findet. Dies ist darauf zurückzuführen, dass das Bergrecht in Frankreich nur für Gewinnungsbetriebe gilt.

In Frankreich werden die Anforderungen an die Auslegung und den Betrieb eines Endlagers im Wesentlichen im französischen Umweltgesetz und den Sicherheitsleitfaden Nr. 1 der ASN [59] geregelt. Das französische Umweltgesetz bündelt u. a. Anforderungen in Bezug auf die kerntechnische Sicherheit, Risikobeherrschung, Transparenz des Verfahrens sowie Genehmigungssysteme und Kontrolle durch den Staat (siehe auch Anhang 7b bzw. [27]). Zudem werden die oben genannten Schutzziele des Bergbaus durch verschiedene Maßnahmen verfolgt (siehe lfd. Nr. 14) und die Anforderungen des Arbeitsschutzes ergeben sich in Frankreich aus dem Arbeitsgesetz und dem Gesetz der öffentlichen Gesundheit (*code de la santé publique*), die auch beim Cigéo zur Anwendung kommen.

Neben den oben genannten Anforderungen ergibt sich aus der Anwendung des Bergrechts in Deutschland auch das Erfordernis eines Zechenbuchs (vgl. auch ZB/BHB, lfd. Nr. 45 in Tabelle 17). Dieses enthält beispielsweise die für den Betrieb relevanten Parameter sowie Anweisungen für die verschiedenen Betriebszustände (Normalbetrieb, anomaler Betrieb etc.). Das ZB/BHB hat einen hohen Stellenwert mit bindendem Charakter. Statt in einem ZB/BHB werden entsprechende Festlegungen beim Cigéo in die allgemeinen Betriebsvorschriften übernommen.

Abschließend lässt sich feststellen, dass die Tatsache, dass dezidiert bergrechtliche Anforderungen im Fall des Cigéo keine Anwendung finden, keine negativen Folgen für die vorliegenden Planungen zur Errichtung und den Betrieb erkennen lässt.

Bewetterungssystem

Gemäß ESK-Empfehlung [60] sollte für die Bewetterung des Grubengebäudes eine saugende Wetterführung mit Anordnung des Hauptgrubenlüfters über Tage vorgesehen werden, damit alle aus dem Grubengebäude über die Abwetter abgeleiteten Schadstoffe kontrollierbar in die freie Atmosphäre bzw. im Bedarfsfall einer Filtereinrichtung zugeführt werden können. Nur für die Bewetterung bei der Auffahrung der Einlagerungsbereiche ist eine blasende Sonderbewetterung mit Anordnung des Lüfters in der durchgehend bewetterten Hauptstrecke vorzusehen.

Beim Cigéo basiert sowohl die Bewetterung der Auffahrungsbereiche als auch die Bewetterung des kerntechnischen Bereichs des Betriebs auf einem kombinierten „Blas- und Saugsystem“, welches Lüfter

- in den Frischwetterschächten („Betrieb“ und „Bau“),
- in den Abwetterschächten („Betrieb“ und „Bau“),

- im Portalbereich der beiden Rampen und
- an verschiedenen Stellen im Grubengebäude

vorsieht.

Während die Lüfter in den Frischwetterschächten die Frischwetter im vollen Querschnitt in die untertägige Anlage blasen, saugen die Lüfter in den Abwetterschächten und an den Rampenportalen zusätzlich die Abwetter aus dem Grubengebäude heraus. In den Strecken werden die Abwetter baulich von den Frischwettern getrennt. ([30], Kap. 8.2.2, 8.3.1, 8.3.2.1, 11.4.2.2, 11.4.2.5) Dieses System ermöglicht es gemäß ANDRA

- eine bessere Kontrolle der Unterdruckkaskaden zwischen den verschiedenen untertägigen Bereichen des Betriebs, eine bessere Verteilung der Luftströme zwischen den verschiedenen Einlagerungsbereichen der Anlage und eine höhere Flexibilität bei der Regulierung und dem Gleichgewicht der Netze zu gewährleisten,
- die angezeigten Druckverluste zwischen den Lüftern zu verteilen und so die Komponenten (Schaufeln, Klappen etc.) der Lüfter in den „Standard“-Bauweisen der Lieferanten zu nutzen,
- die nötigen Wetterqualitäten am Schachteingang zu gewährleisten und
- eine Mindestbewetterung zu gewährleisten, falls eine Lüfteranlage ausfällt. ([30], Kap. 11.4.2)

Das von ANDRA vorgesehene kombinierte System aus blasender und saugender Bewetterung bietet größere Redundanz und betriebliche Flexibilität als eine rein saugende Hauptbewetterung, wie sie die ESK empfiehlt. Allerdings führt diese Auslegung auch zu einem komplexeren System. Diese Auslegung wird der in Frankreich angestrebten betrieblichen Flexibilität und zunehmenden Komplexität des Grubengebäudes gerecht. Insbesondere durch die Trennung von Frisch- und Abwettern, die Aufrechterhaltung einer Mindestbewetterung durch redundant vorgehaltene und teilweise notstromversorgte ASK sowie die Filtermöglichkeit von Abwettern aus den LL-IL-Einlagerungsstrecken wird die nötige Betriebssicherheit des Bewetterungssystems für alle planmäßigen Betriebszustände einschließlich absehbarer Zwischen- und Unfälle gewährleistet.

Auf die Umwelt und Bevölkerung im näheren und weiteren Umfeld hat die Art des Bewetterungssystems keinen wesentlichen Einfluss.

Filterung ggf. kontaminierter Abwetter

Mit Ausnahme der LL-IL-Einlagerungsstrecken sind alle untertägigen Bauwerke als C1 Familie I klassifiziert. Folglich werden die Abwetter nicht gefiltert. Sollte es also während des Einlagerungsprozesses (außerhalb der LL-IL-Einlagerungsstrecken) zu einer Freisetzung von Radionukliden kommen, würden diese nicht gefiltert.

Im Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase werden u. a. die Auslegungsunfälle

- „Kollision unter Beteiligung des Transportfahrzeugs für Fässer mit Betriebsabfällen in untertägigen Strecken oder in der Servicerrampe mit Brand des Fahrzeugs“ (A6) mit Freisetzung der Aktivität von sechs Fässern, die jeweils eine halbe Filterzelle enthalten,
- „Brand eines Zieh- oder Schieberoboters in einer HA-Einlagerungsstrecke“ (A8) mit Freisetzung der nicht festanhaftenden Oberflächenkontamination von zehn HA-Endlagergebänden und
- „Bemessungserdbeben in der kerntechnischen Anlage“ (A9) mit Freisetzung der nicht festanhaftenden Oberflächenkontamination der Abfallbinde in der kerntechnischen Anlage

analysiert. Obwohl bei diesen Ereignissen keine Filter zum Einsatz kommen (Filterfaktor von 1 in der untertägigen Anlage) betragen die maximalen effektiven Dosen für das Personal 25 μSv (A6) bzw. weniger als 10 μSv (A8) und für die Bevölkerung 16 nSv (A6) bzw. weniger als 1 μSv (A8 und A9). Bei A9 besteht kein Risiko einer internen Exposition des Personals, da es sich während des Betriebs nicht in der Nähe der Abfallgebinde aufhält. ([34], Kap. 8.3.4.6, 8.3.4.8 & 8.3.4.9, siehe auch Tabelle 5).

Aus den Ergebnissen der Sicherheitsanalyse geht demnach hervor, dass bei den betrachteten abdeckenden Szenarien keine HEPA-Filter notwendig sind, um die Strahlenschutzgrenzwerte einzuhalten. Somit wird die ESK-Anforderung lfd. Nr. 68 zwar nicht erfüllt, es lässt sich daraus aber nicht ableiten, dass die Betriebssicherheit nicht gewährleistet ist.

Sonstige Anmerkungen

Der Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase des Cigéo beinhaltet auch einige Aspekte, die in der ESK-Empfehlung nicht betrachtet wurden: Dies sind im Wesentlichen die Berücksichtigung von kontaminiertem Wasser³⁸ sowie die gleichzeitige Durchführung von Auffahrungsarbeiten (zur Errichtung des Endlagers) und kerntechnischen Tätigkeiten des Betriebs (Einlagerung radioaktiver Abfälle).

Management von kontaminiertem Wasser

In Frankreich werden im Zusammenhang mit Risiken der internen Überschwemmung oder Erdbeben Maßnahmen für das Management von ggf. kontaminiertem Wasser vorgesehen. Das kontaminierte Wasser wird in Tanks gesammelt, die als Ausstattung für den Betrieb untertage an bestimmten Stellen platziert werden. Anschließend werden sie charakterisiert, verpackt und bis zu ihrer Behandlung und externen Entsorgung in dem dafür vorgesehen Raum im EP1 gelagert. ([34], Kap. 3.9, 4.3 & [30] Kap. 12.1.1)

Gleichzeitige Errichtung des Endlagers und Durchführung kerntechnischer Tätigkeiten des Betriebs

Die Planung zu Errichtung und Betrieb des Endlagers Cigéo sieht vor, dass die Auffahrungen zur Errichtung des Endlagers, nach der ersten Bauphase, gleichzeitig mit den kerntechnischen Tätigkeiten des Betriebs (Einlagerung der radioaktiven Abfällen) stattfinden. Daraus ergibt sich, dass die Anlage getrennte Bereiche für die Auffahrungen und die betrieblichen Tätigkeiten haben wird. So sind beispielsweise Rampen und Schächte entweder dem einen oder dem anderen Bereich zugeordnet und auch die untertägigen Hohlräume sind einem der beiden Bereiche eindeutig zugeordnet (siehe Anhang 7j). Der Übergang vom Auffahrungsbereich zum Bereich des kerntechnischen Betriebs durchläuft drei verschiedene Schritte:

1. Der Bereich des kerntechnischen Betriebs befindet sich auf der einen, der Auffahrungsbereich auf der anderen Seite; die Bereiche sind durch eine Notschleuse voneinander getrennt.
2. Im vormaligen Auffahrungsbereich wird zwischen Auffahrungsbereich und Bereich des kerntechnischen Betriebs ein Zwischenbereich errichtet, der für den Betrieb ausgerüstet wird.
3. Der Zwischenbereich wird zum Bereich des kerntechnischen Betriebs.

³⁸ Die maximal zulässigen Aktivitätskonzentration im Wasser, das aus Strahlenschutzbereichen in Abwasserkanäle eingeleitet wird, sind für Deutschland im Anhang der StrlSchV (Teil D) geregelt.

Während dieser verschiedenen Schritte werden Funktionsprüfungen durchgeführt, um die Gesamtfunktion der Anlage zu gewährleisten. ([34], Kap. 6.3.1.)

Die Trennung und die Organisation dieser beiden Tätigkeiten und Bereiche ist einer der zentralen Sicherheitsaspekte, die in die Risiko- und Sicherheitsanalyse integriert wurden (gleichzeitige Bau- und Betriebsarbeiten, siehe Anhang 7i) und insbesondere die Sicherheit des Personals gewährleistet.

Zusammenfassende fachliche Einschätzung der Betriebssicherheit

Der Vergleich der Angaben zur Betriebssicherheit für die Bau-, Betriebs-, Stilllegungs- und Verschlussphasen des Cigéo mit den Leitlinien, die in Deutschland für die Endlagerung von HA-Abfällen in Hinblick auf die Betriebssicherheit bestehen, zeigt, dass die Anforderungen nicht vollständig miteinander vergleichbar sind. Dennoch entspricht die Darstellung der ANDRA zur Betriebssicherheit (z. B. im Hinblick auf den Strahlenschutz und Unterkritikalität) im Wesentlichen deutschen Standards.

Soweit auf Grundlage der vielen Detailangaben zu Vorsorge- und Überwachungsmaßnahmen erkennbar, ist die Betriebssicherheit grundsätzlich gewährleistet. Die von ANDRA unterstellten Situationen und Szenarien sind mit in Deutschland unterstellten Situationen und Szenarien vergleichbar und werden als abdeckend angesehen (beispielsweise entsprechen die in Anhang 7i genannten internen und externen Risiken in etwa den in Deutschland betrachteten Einwirkungen von Innen (EVI) und Einwirkungen von Außen (EVA)). In Stör- und Unfallsituationen werden Detektions- und Verminderungsmaßnahmen eingesetzt, um diese zu beherrschen. Weiterhin werden Konzepte und Maßnahmen vorgesehen, die darauf abzielen in den Normalbetrieb zurückzukehren. Diese Maßnahmen werden anhand repräsentativer Beispiele für den kerntechnischen Prozess dargestellt.

Es wird darauf hingewiesen, dass viele der Tätigkeiten, die mit der Handhabung und dem Transport der Endlagergebinde zusammenhängen, fernhantiert durchgeführt werden, sodass die Exposition des Personals möglichst geringgehalten wird. Außerdem sind Systeme, wie z. B. das Stromnetz, redundant ausgelegt, was die Sicherheit in Normalbetrieb und anomalen Betrieb erhöht und dazu beiträgt, Stör- und Unfallsituationen sicher zu beherrschen.

Abschließend lässt sich sagen, dass in den analysierten Unterlagen keine Anhaltspunkte erkennbar sind, die Zweifel an der grundsätzlichen Betriebssicherheit des Endlagers in allen Betriebsphasen rechtfertigen würden.

8.1.1.2 Nachbetriebsphase

Als Grundlage für die fachliche Einschätzung werden die Angaben im Sicherheitsnachweis für die Nachbetriebsphase des Cigéo mit nationalen Anforderungen verglichen.

8.1.1.2.1 Vergleich mit der EndlSiAnfV

Im Folgenden werden die Angaben im Langzeitsicherheitsnachweis für die Nachbetriebsphase des Cigéo mit den Anforderungen, die in Deutschland für die Endlagerung von HA-Abfällen in Hinblick auf die Langzeitsicherheit bestehen, verglichen. Als Grundlage werden dazu die §§ 3 bis 8 der EndlSiAnfV [3] herangezogen, wobei die Textteile, die sich auf ein Endlager im Kristallingestein beziehen, unberücksichtigt bleiben, da das Cigéo in einer Tongesteinformaion errichtet werden soll.

Tabelle 18: Vergleich der deutschen Anforderungen an die Langzeitsicherheit eines Endlagers (basierend auf [3]) mit den Angaben im Sicherheitsnachweis für die Nachbetriebsphase des Cigéo

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	EndlSiAnfV	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK zu Cigéo/ANDRA	Ref. Cigéo	Kapitel
	Bewertungszeitraum					
1	Der Bewertungszeitraum beträgt eine Million Jahre ab dem vorgesehenen Verschluss des Endlagers.	§ 3 Abs. 1	ja	Die Bewertungen für die Sicherheit des Endlagers in der Nachbetriebsphase werden für einen Bewertungszeitraum von einer Million Jahren durchgeführt.	[33]	1.1.1.1

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	EndlSiAnfV	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK zu Cigéo/ANDRA	Ref. Cigéo	Kapitel
Entwicklungen des Endlagersystems						
2a	<p>Die für die Auslegung des Endlagers und die Bewertung der Langzeitsicherheit relevanten Entwicklungen des Endlagersystems und der geologischen Situation am Endlagerstandort innerhalb des Bewertungszeitraums sind systematisch zu ermitteln, zu beschreiben und einzuordnen als</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. zu erwartende Entwicklungen³⁹ 2. abweichende Entwicklungen⁴⁰ <p>Die Einordnung ist zu begründen.</p>	§ 3 Abs. 2	ja	<p>Eine Reihe von Szenarien, die die verschiedenen langfristigen Entwicklungen des Endlagers repräsentieren, werden auf Basis einer qualitativen Risiken- und Ungewissheitenanalyse identifiziert (siehe Anhang 7h), beschrieben und wie folgt klassifiziert:</p> <p>SEN, das auf Grundlage wissenschaftlicher und technologischer Erkenntnisse definiert wird, um die erwartete Entwicklung des Endlagersystems darzustellen, wobei „sichere oder sehr wahrscheinliche“ Ereignisse und Prozesse berücksichtigt werden.</p> <p>Fehlfunktionsszenarien (<i>scénarios de dysfonctionnement</i>), d. h.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SEA, die Ereignisse und Prozesse berücksichtigen, die auf Grundlage der wissenschaftlichen und technologischen Kenntnisse als unwahrscheinlich gelten, die aber zum Verlust einer Sicherheitsfunktion oder zu einer starken Verschlechterung der Leistung einzelner Komponenten führen können (z. B. Versagen einzelner geotechnischer Barrieren) 	[27]	1.1.1, 1.2.3.1, 1.2.3.2

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	EndlSiAnfV	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK zu Cigéo/ANDRA	Ref. Cigéo	Kapitel
2b	Zusätzlich [...] sind Entwicklungen ⁴¹ und Entwicklungen auf der Grundlage zukünftiger menschlicher Aktivitäten ⁴² zu beschreiben, soweit deren Berücksichtigung der weiteren Optimierung des Endlagersystems oder der Überprüfung der Robustheit des Endlagersystems dienen kann.	§ 3 Abs. 5		<ul style="list-style-type: none"> • WIS, die auf Ereignissen und Prozessen beruhen, die aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse als qualitativ sehr unwahrscheinlich eingeschätzt werden (z. B. Fehlfunktion von geotechnischen Barrieren, die auf ein oder mehrere „postulierte“ Ereignisse zurückzuführen sind, um den Verlust einer Sicherheitsfunktion herbeizuführen) • SIHI <p>Anhand dieser Szenarien werden das Rückhaltevermögen und die Robustheit des Endlagersystems als Ganzes sowie der Beitrag einzelner Komponenten überprüft.</p>	[27]	1.2.2

³⁹ Entwicklungen, die sicher oder in der Regel eintreten werden, insb. hinsichtlich der geologischen und klimatischen Situation, der geologischen, technischen und geotechnischen Barrieren sowie der einzulagernden Abfälle (§ 3 Abs. 3 EndlSiAnfV).

⁴⁰ Entwicklungen, die nicht zu erwarten sind, aber hinsichtlich der geologischen und klimatischen Situation, der technischen und geotechnischen Barrieren sowie der einzulagernden Abfälle eintreten können (§ 3 Abs. 4 EndlSiAnfV).

⁴¹ Entwicklungen, die selbst unter ungünstigen Annahmen nach menschlichem Ermessen auszuschließen sind (§ 3 Abs. 6 EndlSiAnfV).

⁴² Entwicklungen, die durch zukünftige menschliche Aktivitäten, insb. durch unbeabsichtigtes Eindringen in das Endlager, ausgelöst werden können und die für die Sicherheit des Endlagersystems relevant werden können. Als Referenzentwicklungen hierfür dienen solche Entwicklungen, die durch derzeit übliche menschliche Aktivitäten ausgelöst werden können. (§ 3 Abs. 7 EndlSiAnfV).

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	EndlSiAnfV	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK zu Cigéo/ANDRA	Ref. Cigéo	Kapitel
	Sicherer Einschluss der radioaktiven Abfälle					
3	Die einzulagernden radioaktiven Abfälle sind im Endlagersystem mit dem Ziel zu konzentrieren und sicher einzuschließen, die darin enthaltenen Radionuklide mindestens im Bewertungszeitraum von der Biosphäre fernzuhalten.	§ 4 Abs. 1	ja	<p>Nach dem Verschluss des Endlagers besteht das grundlegende Ziel darin, den Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt zu gewährleisten. Um dieses Ziel zu erreichen, definiert ANDRA Sicherheitsfunktionen auf verschiedenen Ebenen des Endlagersystems:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isolierung des Abfalls von Oberflächenphänomenen und gewöhnlichen menschlichen Aktivitäten • Begrenzung des Transports der in den Abfällen enthaltenen Radionuklide und chemo-toxischen Stoffe in die Biosphäre durch <ul style="list-style-type: none"> - Begrenzung der Wasserzirkulation innerhalb des Endlagers - Begrenzung der Freisetzung der Radionuklide und chemo-toxischen Stoffe und deren Immobilisierung in den Einlagerungsstrecken - Verzögerung und Begrenzung der Migration von Radionukliden und chemo-toxischen Stoffen 	[27]	1.1.1, 1.4.1, 1.4.1.1, 1.4.1.2, 1.4.1.2.1 bis 1.4.1.2.3

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	EndlSiAnfV	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK zu Cigéo/ANDRA	Ref. Cigéo	Kapitel
4	Das vorgesehene Endlagersystem hat den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle passiv und wartungsfrei durch ein robustes, gestaffeltes System verschiedener Barrieren mit unterschiedlichen Sicherheitsfunktionen zu gewährleisten.	§ 4 Abs. 2	ja	<p>Der Schutz von Mensch und Umwelt vor den Risiken, die von den in den radioaktiven Abfällen enthaltenen radioaktiven und chemo-toxischen Stoffen ausgehen, muss nach dem Übergang in die Überwachungsphase passiv, d. h. ohne menschliches Eingreifen, gewährleistet werden.</p> <p>Dies erfolgt durch die Umsetzung des Prinzips der <i>defense-in-depth</i>, das u. a. die Zuweisung von Sicherheitsfunktionen an die natürlichen und technischen Komponenten des Endlagersystems vorsieht (siehe auch Anhang 7b).</p>	[27]	1.2.2
5	Die wesentlichen Barrieren zum Erreichen des sicheren Einschlusses der radioaktiven Abfälle sind ein oder mehrere ewG.	§ 4 Abs. 3 Nr. 1	nein	siehe Abschnitt 8.1.1.2.2		
6	Der sichere Einschluss muss innerhalb der wesentlichen Barrieren [d. h. innerhalb des/der ewG] so erfolgen, dass die Radionuklide aus den radioaktiven Abfällen weitestgehend am Ort ihrer ursprünglichen Einlagerung verbleiben.	§ 4 Abs. 4	(ja)	siehe Abschnitt 8.1.1.2.2		

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	EndlSiAnfV	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK zu Cigéo/ANDRA	Ref. Cigéo	Kapitel
7	<p>Für die zu erwartenden Entwicklungen ist zu prüfen und darzustellen, dass im Bewertungszeitraum</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. insgesamt höchstens ein Anteil von 10^{-4} und 2. jährlich höchstens ein Anteil von 10^{-9} <p>sowohl der Masse als auch der Anzahl der Atome aller ursprünglich eingelagerten Radionuklide aus dem Bereich der wesentlichen Barrieren [d. h. aus dem/den ewG] ausgetragen wird. In diesen Anteilen sind auch radioaktive Zerfallsprodukte der ursprünglich eingelagerten Radionuklide zu berücksichtigen.</p>	§ 4 Abs. 5	k. A. möglich	siehe Abschnitt 8.1.1.2.2		
8	<p>Für die abweichenden Entwicklungen ist zu prüfen und darzustellen, dass das Endlagersystem im Bewertungszeitraum seine Funktion [in Hinblick auf den sicheren Einschluss] beibehält.</p>	§ 4 Abs. 6	(ja)	siehe Abschnitt 8.1.1.2.2		

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	EndlSiAnfV	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK zu Cigéo/ANDRA	Ref. Cigéo	Kapitel
	Integrität und Robustheit des ewG als wesentliche Barriere					
9	[...] Für die zu erwartenden Entwicklungen [ist] im Bewertungszeitraum die Integrität des ewG zu prüfen und darzustellen und seine Robustheit zu begründen.	§ 5 Abs. 1 Satz 1	(ja)	Aufgrund der zentralen Rolle des Wirtsgesteins werden Designentscheidungen getroffen, um dessen günstige Eigenschaften zu erhalten und die Störungen unterschiedlichen Ursprungs zu begrenzen, die mit den Bau- und Betriebsphasen und den künftigen Entwicklungen des Endlagersystems verbunden sind. Im Rahmen des Sicherheitsnachweises für die Nachbetriebsphase werden die Störungen, die durch die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Komponenten des Endlagersystems verursacht werden, bewertet und ihre Folgen für die Erfüllung der Sicherheitsfunktionen unter Berücksichtigung der Vorsorgemaßnahmen, die bei der Auslegung des Endlagersystems zur Minimierung der Störungen oder ihrer Folgen gewählt wurden, abgeschätzt.	[33]	1.1.3, 12.4.1.3

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	EndlSiAnfV	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK zu Cigéo/ANDRA	Ref. Cigéo	Kapitel
				<p>In Hinblick auf hydraulische, thermische und chemische Störungen des Wirtsgesteins hat diese Bewertung ergeben, dass</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Begrenzung der maximalen Temperaturen⁴³ der Abfallbinde es ermöglicht, das Endlager und dessen geologische Umgebung in einem Temperaturbereich zu halten, der die natürlichen Eigenschaften des Wirtsgesteins bewahrt und die Beherrschung der physikalischen und chemischen Phänomene gewährleistet und • sich die durch die Endlagerung verursachten chemischen Beeinträchtigungen des Wirtsgesteins insgesamt auf eine Dicke von weniger als einem Meter oder einigen Metern beschränken, was im Vergleich zur Mindestmächtigkeit des intakten Wirtsgesteins von 50 m von geringer Bedeutung ist. 	[32]	3.1.6, 3.3.1

⁴³ Anfänglich erfolgte die Begrenzung der Temperatur, um die Modellierung auf eine Ein-Phasen-Strömung zu begrenzen.

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	EndlSiAnfV	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK zu Cigéo/ANDRA	Ref. Cigéo	Kapitel
				<p>Die Überprüfung des Rückhaltevermögens und der Robustheit des Endlagersystems als Ganzem sowie seiner einzelnen Komponenten erfolgt anhand der verschiedenen Szenarien.</p> <p>Dabei kommt ANDRA zu dem Ergebnis, dass die Ergebnisse der abdeckenden Situation der SEN sowie die Ergebnisse für die Fehlfunktionsszenarien (SEA, WIS und SIHI) die Robustheit des Endlagersystems gegenüber den verbleibenden Ungewissheiten bestätigen.</p>	<p>[27]</p> <p>[33]</p>	<p>1.2.2</p> <p>12.3.2.1, 12.3.2.2</p>
10	Der ewG ist unter Berücksichtigung der zu erwartenden Entwicklungen räumlich eindeutig zu definieren.	§ 5 Abs. 1 Satz 2	(ja)	Ein geometrisches 3D-Modell des Wirtsgesteins (und dessen umgebenden Formationen) wurde seit Anfang der 2000er Jahre im Zuge der Erkundungskampagnen, die ANDRA durchgeführt hat, schrittweise entwickelt.	[29]	1.6.1

11	Es ist zu prüfen und darzustellen, dass die für den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle relevanten Eigenschaften der technischen und geotechnischen Barrieren mindestens in dem Zeitraum erhalten bleiben, in dem diese Barrieren nach dem Sicherheitskonzept erforderlich sind.	§ 5 Abs. 1 Satz 3	(ja)	<p>Die wichtigsten geotechnischen Barrieren sind die Verschlussbauwerke, deren Entwicklung unter Berücksichtigung des wissenschaftlichen und technischen Fortschritts schrittweise erfolgt. In diesem Sinne sind ihre in den Antragsunterlagen genannten Spezifikationen (siehe auch lfd. Nr. 16) als vorläufig zu verstehen.</p> <p>Der Nachweis, dass die Verschlussbauwerke ihre sicherheitsrelevanten Funktionen, Anforderungen und technischen Spezifikationen erfüllen, wird in einer Abfolge erbracht, die vom Nachweis der stückweisen Funktionsfähigkeit jeder Unterkomponente bis zu den integrierten Funktionsprüfungen reicht. Der Nachweis für die Verschlussbauwerke erfolgt in der ersten Auslegungsphase zunächst durch den Nachweis ihrer Herstellbarkeit unter Bedingungen, die repräsentativ für die erwarteten Bedingungen sind und in der ersten Bauphase dann durch die Durchführung von <i>in-situ</i>-Studien.</p> <p>Der Nachweis der Herstellbarkeit unter repräsentativen Bedingungen erfordert die Arbeit an den Themen</p> <ul style="list-style-type: none">• Einsatz von Materialien und Bauwerken,• Art und Bereiche der physikalisch-chemischen Eigenschaften der eingesetzten Materialien und	[52]	4.1 & 4.2
----	---	-------------------	------	--	------	-----------

				<ul style="list-style-type: none">• phänomenologische, hauptsächlich thermische, hydraulische, mechanische und chemische (THMC) Entwicklung sowie ihre hydraulisch-gas- und hydro-mechanische Leistung. <p>Diese drei Themen sind seit über 20 Jahren Gegenstand zahlreicher Arbeiten (z. B. <i>in-situ</i>-Versuche im Forschungslabor <i>Meuse/Haute-Marne</i>, numerische Simulationen und natürliche Analogien).</p> <p>In der PhiPil sollen Versuchsbauwerke für den Verschluss einer Rampe sowie den Verschluss von Strecken realisiert werden.</p> <p>Neben den Studien zur Verbesserung der Herstellbarkeit von Verschlussbauwerken werden auch Studien zur Verbesserung ihrer Auslegung und Dimensionierung im Hinblick auf ihre Sicherheitsfunktionen fortgeführt. Die dabei untersuchten Hauptschwerpunkte betreffen die Materialauswahl im Hinblick auf</p> <ul style="list-style-type: none">• ihre physikalisch-chemischen Eigenschaften,• ihr großmaßstäbliches hydro-mechanisches und hydro-mechanisch-gasmechanisches Verhalten und• ihre Erdbebensicherheit.		
--	--	--	--	--	--	--

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	EndlSiAnfV	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK zu Cigéo/ANDRA	Ref. Cigéo	Kapitel
				Zusätzlich werden die sicherheitsrelevanten Komponenten (z. B. Verschlussbauwerke und HA-Endlagerbehälter) in der Risiko- und Ungewissheitenanalyse im Hinblick auf bestehende Risiken und Ungewissheiten in Zusammenhang mit deren (teilweise zeitlich beschränkten) Sicherheitsfunktionen betrachtet. Können Risiken oder Ungewissheiten nicht auf ein akzeptables Maß reduziert werden, werden entsprechende Szenarien in die Sicherheitsbewertung aufgenommen. ⁴⁴	[33]	
12	Hinsichtlich der Integrität des ewG ist zu prüfen und darzustellen, dass <ol style="list-style-type: none"> 1. die Ausbildung von Fluidwegsamkeiten, die zum Eindringen oder Austreten von erheblichen Mengen an Flüssigkeiten oder Gasen führen können, innerhalb des ewG ausgeschlossen ist; dafür dürfen <ol style="list-style-type: none"> a) die Dilatanzfestigkeiten der Gesteinsformationen 	§ 5 Abs. 2	(ja)	Siehe Anmerkung zu Anforderung lfd. Nr. 9 Zwar enthalten die analysierten Unterlagen keine Angaben zu durchgeführten Berechnungen zur Unterschreitung der Dilatanzfestigkeit und der Fluiddruckbelastbarkeit des Wirtsgesteins, es werden aber für jede Art von Einlagerungsstrecke THMC-Übergänge diskutiert, um alle Prozesse, die vor der stabileren langfristigen Entwicklung auftreten	[32]	3

⁴⁴ Beispiel HA-Endlagerbehälter: Als Teil der Sicherheitsfunktion „Begrenzung der Freisetzung der Radionuklide und chemo-toxischen Stoffe und deren Immobilisierung in den Einlagerungsstrecken“ muss der HA-Endlagerbehälter dicht sein, solange die Kerntemperatur des Glases über 50 °C (bei verglasten Abfällen, die im HA-Pilotlager endgelagert werden) bzw. über 70 °C (bei verglasten Abfällen, die im HA-Einlagerungsbereich endgelagert werden) liegt. Um die verbleibenden Ungewissheiten in Bezug auf die Auswirkungen eines vorzeitigen Dichtigkeitsverlusts des HA-Endlagerbehälters auf die Zersetzung von Glas abzudecken, wird in den SEA und WIS „Versagen der bzw. aller HA-Endlagerbehälter“ ein Freisetzungsmodell gewählt, dass zu einer instantanen Freisetzung führt.

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	EndlSiAnfV	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK zu Cigéo/ANDRA	Ref. Cigéo	Kapitel
	<p>des ewG außerhalb der auffahrungsbedingten Auflockerungszonen auf Grund von zu erwartenden Beanspruchungen nicht überschritten werden und</p> <p>b) die zu erwartenden Fluiddrücke die Fluiddruckbelastbarkeiten der Gesteinsformationen des ewG nicht in einer Weise überschreiten, die zu einer erheblichen Zunahme von Fluidwegsamkeiten im ewG führt.</p> <p>2. durch die Temperaturentwicklung die Barrierewirkung des ewG nicht erheblich beeinträchtigt wird und</p> <p>3. die möglichen Änderungen der chemischen Verhältnisse im Einlagerungsbereich, insbesondere auf Grund der in das Endlagerbergwerk eingebrachten Materialien, die Barrierewirkung des ewG nicht erheblich beeinträchtigen.</p>			<p>können, zu beschreiben (siehe auch Anhang 7g)</p>		

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	EndlSiAnfV	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK zu Cigéo/ANDRA	Ref. Cigéo	Kapitel
13	Bei der Prüfung und Darstellung sind sämtliche im Endlagerbereich aufzufahrenden oder bereits bestehenden Hohlräume und die zu ihrer Abdichtung und ihrem Verschluss vorgesehenen technischen oder geotechnischen Barrieren zu berücksichtigen.	§ 5 Abs. 3	ja	<p>Es werden die Auswirkungen von Beeinträchtigungen von Komponenten (insbesondere des Wirtsgesteins und der anderen sicherheitsrelevanten Komponenten) analysiert, die durch andere Komponenten verursacht werden.</p> <p>Beispielsweise wird der Einfluss von Hohlräumen in den Einlagerungsstrecken auf die Mächtigkeit des Wirtsgesteins analysiert.</p>	[33]	1.4.1.3
14	Die für die Langzeitsicherheit erforderlichen Eigenschaften von technischen oder geotechnischen Barrieren sind im Sicherheitskonzept zu spezifizieren.	§ 5 Abs. 4 Satz 1	ja	Die Sicherheitsfunktionen in der Nachbetriebsphase werden den Hauptkomponenten des Endlagersystems zugeordnet. Zusätzlich wird angegeben, welche Merkmale der jeweiligen Komponente die entsprechende Sicherheitsfunktion erfüllen.	[33]	2.2.2.1.2
						12.4.4

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	EndlSiAnfV	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK zu Cigéo/ANDRA	Ref. Cigéo	Kapitel
				<p>Beispiel: Verschlussbauwerke</p> <p>Um die günstigen Eigenschaften des Wirtsgesteins langfristig zu erhalten, müssen die Verschlussbauwerke einen hydraulischen Widerstand darstellen. Im Stadium der Antragsunterlagen für die DAC werden im Rahmen einer konservativen Vorgehensweise folgende Merkmale festgehalten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hydraulische Leitfähigkeit im gesättigten Zustand für <ul style="list-style-type: none"> - den Kern der Verschlussbauwerke oder die Verschlussbauwerke der LSF als effektive Systemgröße von höchstens 10^{-11} m/s - die Verschlussbauwerke der Strecken als effektive Systemgröße von höchstens 10^{-9} m/s • Minimaler Quelldruck von 1 MPa bis 4 MPa • mehrere Bereiche (oder sogar vollständig, wenn möglich), in denen der Ausbau entfernt wird, die eine kumulierte Länge von mindestens mehreren Metern aufweisen • geringer Gaseindringdruck (im Bereich von 1 MPa bis 2 MPa) 	[52]	4.2.2

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	EndlSiAnfV	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK zu Cigéo/ANDRA	Ref. Cigéo	Kapitel
				<p>HA-Endlagerbehälter</p> <p>Der HA-Endlagerbehälter besteht aus drei Teilen (Deckel, Mantel, Boden), die nach einem qualifizierten Verfahren geschweißt werden und einer Fertigungskontrolle unterliegen. Darüber hinaus werden niedrig legierte Stähle gewählt, da sie gegenüber Korrosionsprozessen tolerant sind. Das Studienprogramm für HA-Endlagerbehälter zielt darauf ab, die am besten geeigneten verfügbaren und bewährten Herstellungs- und Kontrollverfahren zu bestimmen, um eine möglichst lange Dichtheitsdauer zu gewährleisten.</p>	[33]	2.7.1.5.1
16	Die vorgesehene Qualitätssicherung muss dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen.	§ 5 Abs. 4 Satz 3	k. A. möglich	Die Unterlagen „ <i>Dossier de justification de la définition des ouvrages de fermeture</i> “ und „ <i>Dossier de justification de la conception des liaisons surface-fond</i> “ sind nicht Teil der veröffentlichten Antragsunterlagen.		

17	Die Herstellung, die Errichtung und die Funktion der Barrieren müssen erfolgreich erprobt sein, soweit ihre Robustheit nicht anderweitig nachgewiesen werden kann und keine Sicherheitsreserven in einem Umfang bestehen, die den Verzicht auf eine Erprobung erlauben.	§ 5 Abs. 4 Satz 4	ja	Verschlussbauwerke siehe Anmerkung zu Anforderung lfd. Nr. 15 Um verbleibende Ungewissheiten in Bezug auf die intrinsischen Eigenschaften des Tonkerns (siehe Abschnitt 6.1.2.2) abzudecken, werden bei den SEN auf Grundlage der spezifischen Anforderungen und des Stands von Wissenschaft und Technik (SWT) folgende Entscheidungen getroffen: <ul style="list-style-type: none">• Die Länge des Tonkerns wird als Mindestlänge definiert, die sich aus den in dieser Phase festgelegten Designoptionen ergibt.• In der abdeckenden Situation des SEN werden die intrinsischen Eigenschaften des Tonkerns auf der Grundlage der spezifischen Anforderungen definiert (hydraulische Leitfähigkeit von 10^{-11} m/s). Da der Tonkern keine Funktion im Hinblick auf seine Diffusionstransport- und Rückhalteeigenschaften hat, werden diese günstigen Eigenschaften nicht berücksichtigt.• In der Referenzsituation des SEN werden die intrinsischen Eigenschaften des Tonkerns so nah wie möglich an den Kenntnissen über Bentonitmaterialien definiert	[33]	2.4.1.1
----	---	-------------------	----	---	------	---------

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	EndlSiAnfV	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK zu Cigéo/ANDRA	Ref. Cigéo	Kapitel
				<p>(einschließlich Transport- und Rückhalteeigenschaften).</p> <p>Zusätzlich wird das Risiko, das ein Tonkern seine gewünschte hydraulische Leistung nicht erreicht, im Rahmen eines WIS betrachtet.</p> <p>HA-Endlagerbehälter</p> <p>siehe Anmerkung zu Anforderung lfd. Nr. 15</p> <p>Das Risiko eines punktuellen Defekts bei einigen Endlagerbehältern wird im Rahmen der Betrachtung eines SEA abgedeckt.</p> <p>Um die Robustheit des Endlagersystems zu überprüfen, wird das Versagen aller HA-Endlagerbehälter im Rahmen eines WIS postuliert, bei dem alle HA-Endlagerbehälter ab dem Zeitpunkt des Verschlusses des Endlagers versagen.</p>	[33]	2.7.1.5.1
	Dosiswerte im Bewertungszeitraum					
18	Es ist zu prüfen und darzustellen, dass Expositionen auf Grund von Austragungen von Radionukliden aus den eingelagerten Abfällen geringfügig im Vergleich zur natürlichen Strahlenexposition sind.	§ 7 Abs. 1 Satz 1	(ja)	siehe Abschnitt 8.1.1.2.2		

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	EndlSiAnfV	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK zu Cigéo/ANDRA	Ref. Cigéo	Kapitel
19	Hierzu ist darzustellen, in welchem Gebiet zusätzliche Strahlenexpositionen auftreten können.	§ 7 Abs. 1 Satz 2	(ja)	Die natürlichen und künstlichen Austritts- bzw. Grundwasserentnahmestellen werden auf Basis von hydrogeologischen Modellen, die die geodynamischen Entwicklungen des Standorts über eine Million Jahre hinweg berücksichtigen, bestimmt und charakterisiert. Allerdings ist die Unterlage „ <i>Le modèle hydrogéologique à l'actuel et son évolution sur le prochain million d'années</i> “ nicht Teil der veröffentlichten Antragsunterlagen.	[33]	2.10
20	Es ist als Indikator die zusätzliche jährliche effektive Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung abzuschätzen, die während des Bewertungszeitraums durch Austragung von Radionukliden aus den eingelagerten radioaktiven Abfällen auftreten kann.	§ 7 Abs. 1 Satz 3	ja	Es werden die individuellen effektiven Dosen (<i>doses efficaces individuelles</i>) berechnet. Allerdings enthalten die veröffentlichten Antragsunterlagen nur einen Auszug der Berechnungsergebnisse (z. B. nur für bestimmte Radionuklide und Bauwerke).	[33]	1.1.1.1.1
21	Bei dieser Abschätzung sind die Lebensbedingungen zum Zeitpunkt der Antragstellung für den gesamten Bewertungszeitraum zu unterstellen.	§ 7 Abs. 1 Satz 4	ja	ANDRA betrachtet verschiedene hypothetische Referenzgruppen und Biosphären (siehe auch Anhang 6g). Dabei stützt sich ANDRA auf die heute lokal beobachteten potenziellen Aktivitäten in der Region <i>Meuse/Haute-Marne</i> .	[33]	4.1.2

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	EndlSiAnfV	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK zu Cigéo/ANDRA	Ref. Cigéo	Kapitel
22	Die Abschätzung ist sowohl für die zu erwartenden als auch für die abweichenden Entwicklungen vorzunehmen.	§ 7 Abs. 2 Satz 1	ja	Die quantitative Bewertung der Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit erfolgt für SEN und SEA. (Auch für WIS und SIHI erfolgt eine solche quantitative Bewertung.)	[33]	6.2.2, 6.3.2, 8.1.2, 8.2.2
23	Expositionen auf Grund von Ausstragungen von Radionukliden aus den eingelagerten Abfällen sind geringfügig [...], wenn <ol style="list-style-type: none"> 1. für die zu erwartenden Entwicklungen die abgeschätzte zusätzliche effektive Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung höchstens im Bereich von 10 µSv pro Kalenderjahr liegt und 2. für die abweichenden Entwicklungen die abgeschätzte zusätzliche effektive Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung 100 µSv/a nicht überschreitet. 	§ 7 Abs. 2 Satz 2	nein	siehe Abschnitt 8.1.1.2.2		

Lfd. Nr.	Anforderung (Deutschland)	EndlSiAnfV	Erfüllt (ja/nein)	Anmerkung BRENK zu Cigéo/ANDRA	Ref. Cigéo	Kapitel
	Ausschluss sich selbst tragender Kettenreaktionen					
24	Es ist zu prüfen und darzustellen, dass sich selbst tragende Kettenreaktionen während des Betriebs und der Stilllegung des Endlagers sowie für die zu erwartenden und die abweichenden Entwicklungen im Bewertungszeitraum ausgeschlossen sind.	§ 8 Abs. 1	ja	Die restriktivsten maximal zulässigen Spaltstoffmassen, die sich aus den für die Betriebs- und Nachbetriebsphase durchgeführten Kritikalitätsanalysen ergeben, werden in die vorläufige Fassung der Gebinde-Annahmekriterien [51] übertragen. Dadurch wird die Beherrschung des Kritikalitätsrisikos nach der Stilllegung langfristig gewährleistet.	[33]	2.2.3
25	Um eine sich selbst tragende Kettenreaktion ausschließen zu können, muss der berechnete Neutronenmultiplikationsfaktor kleiner sein als <ol style="list-style-type: none"> 1. 0,95 im Zeitraum von 500 Jahren nach dem geplanten Verschluss des Endlagers und 2. 0,98 während des übrigen Bewertungszeitraumes. 	§ 8 Abs. 2	k. A. möglich	Die Modelle und Ergebnisse der Bewertungen der Unterkritikalität sind in der Unterlage „ <i>Synthèse de l'analyse des risques et incertitudes après fermeture de Cigéo</i> “ aufgeführt, die nicht Teil der veröffentlichten Antragsunterlagen ist. Da im Cigéo nur wiederaufbereitete HA-Abfälle (und LL-IL-Abfälle) endlagert werden sollen, die geringere Uran- und Plutoniummengen als Brennelemente enthalten, ist das Kritikalitätsrisiko reduziert.	[33]	2.2.3

8.1.1.2.2 Fachliche Einschätzung

Fachliche Einschätzung in Hinblick auf deutsche Anforderungen

Der Vergleich der Antragsunterlagen mit den Anforderungen, die in Deutschland für die Endlagerung von HA-Abfällen in Hinblick auf die Langzeitsicherheit bestehen (siehe Tabelle 18), zeigt, dass an das Cigéo grundsätzlich ähnliche Anforderungen wie an ein deutsches Endlager für HA-Abfälle gestellt werden bzw. die deutschen Anforderungen auch vom Cigéo erfüllt werden. Wesentliche Unterschiede ergeben sich hauptsächlich in Bezug auf den ewG-Gedanken des deutschen Standortauswahlgesetzes (StandAG) und die Dosiskriterien für die SEN und SEA. Diese Unterschiede werden im Folgenden dargestellt und in Hinblick auf ihre Bedeutung für die Sicherheit des Endlagers in der Nachbetriebsphase bewertet.

Einschlusswirksamer Gebirgsbereich

Anders als für ein deutsches Endlager für HA-Abfälle vorgesehen, wird beim Cigéo kein ewG definiert. Dies stellt allerdings keinen formellen Mangel im Sicherheitsnachweis dar, da es sich beim ewG um ein deutsches Konzept handelt, das sich so auch in internationalen Standards nicht wiederfindet.

Da in Frankreich kein ewG definiert wird, bestehen auch keine Anforderungen an den ewG. Um die in Deutschland geltenden Anforderungen an den ewG (siehe §§ 4 und 5 der EndlSiAnfV [3]) dennoch in die fachliche Einschätzung einzubeziehen, wurde überprüft, ob diese vom Wirtsgestein (Callovo-Oxfordium), das die passive Sicherheit nach der Stilllegung des Cigéos langfristig gewährleisten soll und damit die wesentliche Barriere darstellt ([33], Kap. 2.2), erfüllt werden.

Diese Überprüfung hat ergeben, dass das Wirtsgestein die Mehrheit dieser Anforderungen erfüllt (siehe Tabelle 18). Allerdings lässt sich anhand der vorliegenden Antragsunterlagen nicht überprüfen, ob „für die zu erwartenden Entwicklungen [...] im Bewertungszeitraum

1. insgesamt höchstens ein Anteil von 10^{-4} und
2. jährlich höchstens ein Anteil von 10^{-9}

sowohl der Masse als auch der Anzahl der Atome aller ursprünglich eingelagerten Radionuklide aus dem Bereich der wesentlichen Barrieren ausgetragen wird.“ (§ 4 Abs. 5 Satz 1 der EndlSiAnfV [3] bzw. lfd. Nr. 7 in Tabelle 18). Dies liegt daran, dass sich die Darstellung der Ergebnisse im Wesentlichen auf die mobilen Anionen I-129, Cl-36 und Se-79 konzentriert, deren Dominanz bereits im Rahmen von früheren Langzeitsicherheitsbewertungen festgestellt wurde ([33], Kap. 6.2.1.3.1). Da ANDRA zu dem Ergebnis kommt, dass

- für die Referenzsituation des SEN fast alle 144 betrachteten Radionuklide langfristig im Endlager oder seinem Nahfeld eingeschlossen sind und nur mobile langlebige Radionuklide bis zu den Grenzen des Wirtsgesteins migrieren ([33], Kap. 12.3.1) und
- für die abdeckende Situation des SEN die Mehrheit der Radionuklide im Endlager oder im Wirtsgestein im Nahfeld des Endlagers eingeschlossen bleibt und nur wenige Radionuklide bis zu den Grenzen des Wirtsgesteins migrieren ([33], Kap. 12.3.2.1),

ist anzunehmen, dass das Wirtsgestein die Anforderung hinsichtlich eines sicheren Einschlusses der radioaktiven Abfälle erfüllt. Dies gilt auch für die SEA, da für die drei SEA „Versagen der Verschlussbauwerke an der Grenzfläche“ und die zwei SEA „Versagen der HA-Endlagerbehälter“ die molaren Fließraten beim Austritt aus dem Wirtsgestein identisch mit denen der jeweiligen Situation der zu erwartenden Entwicklungen sind ([14], Kap. 8.3.1 & 8.3.2).

Dosiskriterien

Im Sicherheitsnachweis für die Nachbetriebsphase des Cigéo gelten in Übereinstimmung mit den Kapiteln 4.2.1 und 4.2.2 des Sicherheitsleitfaden Nr. 1 der ASN [59] folgende Strahlenschutzkriterien für die SEN und SEA:

- Für das SEN bis zu 10 000 Jahre nach der endgültigen Stilllegung dürfen die berechneten individuellen effektiven Dosen einen Wert von 0,25 mSv/a nicht überschreiten (danach wird dieser Wert von ANDRA als Referenzwert beibehalten).
- Für die SEA müssen die individuellen Expositionen auf einem Niveau bleiben, das weit unter den Werten liegt, die deterministische Effekte hervorrufen können.

Für WIS und SIHI müssen die radiologischen Auswirkungen auf einem Niveau bleiben, das unter den Werten liegt, die deterministische Effekte hervorrufen können, wobei ANDRA 100 mSv/a als Grenzwert wählt. ([27], Kap. 1.2.4.1)

Diesbezüglich ist anzumerken, dass für die zu erwartenden und abweichenden Entwicklungen in Deutschland strengere Strahlenschutzkriterien gelten. Gemäß § 7 Abs. 2 Nr. 1 und 2 der EndlSiAnfV [3] sind „*Expositionen auf Grund von Austragungen von Radionukliden aus den eingelagerten radioaktiven Abfällen [...] geringfügig [...], wenn*

1. *für die zu erwartenden Entwicklungen die abgeschätzte zusätzliche effektive Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung höchstens im Bereich von 10 Mikrosievert pro Kalenderjahr liegt und*
2. *für die abweichenden Entwicklungen die abgeschätzte zusätzliche effektive Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung 100 Mikrosievert pro Kalenderjahr nicht überschreitet.“*

Für die zu erwartenden Entwicklungen ist das deutsche Dosiskriterium damit etwa eine Größenordnung strenger, als das französische. Der (französische) Wert von 0,25 mSv/a entspricht in etwa der Empfehlung der internationalen Strahlenschutzkommission (*international commission on radiological protection*, ICRP), die für die Exposition der Bevölkerung in Zusammenhang mit der Entsorgung von radioaktiven Abfällen einen Dosisrichtwert von 0,3 mSv/a empfiehlt ([61], Tabelle 8).

Für die Referenzsituation des SEN wird die maximale Dosis nach etwa 600 000 Jahren erreicht und beträgt etwa 1,5 µSv/a ([33], Kap. 12.3.1). Folglich wird sowohl das deutsche als auch das französische Dosiskriterium eingehalten.

Für die abdeckende Situation des SEN sind in Tabelle 11 die maximalen Dosen und deren Zeitpunkt des Auftretens für die hypothetische Referenzgruppe „Multi-Aktivitäten“ und die subtropisch-feuchte Biosphäre dargestellt. Es ist zu erkennen, dass das französische Dosiskriterium von 0,25 mSv/a (d. h. 250 µSv/a) in allen Fällen eingehalten wird (auch wenn zwei Fälle dessen Größenordnung erreichen), während das deutsche Dosiskriterium von 10 µSv/a in allen Fällen überschritten wird.

Während in den Antragsunterlagen für die WIS und SIHI (für die in der EndlSiAnfV [3] kein Dosiskriterium angegeben wird) ein Grenzwert von 100 mSv/a benannt wird, wird dort für die SEA kein solcher Grenzwert angegeben. Da aber bereits das französische Dosiskriterium für das SEN (250 µSv/a) das deutsche Dosiskriterium für die abweichenden Entwicklungen (100 µSv/a) überschreitet, lässt sich sagen, dass die deutschen Anforderungen diesbezüglich strenger sind, als die französischen.

Für die drei SEA „Versagen der Verschlussbauwerke an der Grenzfläche“ und die zwei SEA „Versagen der HA-Endlagerbehälter“ sind die molaren Fließraten durch das Deckgebirge und die damit verbundenen Dosen an den jeweiligen Entnahmestelle identisch mit denen der jeweiligen Situation

des SEN ([33], Kap. 8.1.2.3.1, 8.1.2.3.2 & 8.2.2.3.2). Demzufolge wird bei den SEA das deutsche Dosiskriterium von 100 $\mu\text{Sv/a}$ in den meisten Fällen eingehalten.

Auch wenn die deutschen Dosiskriterien für die SEN und SEA teilweise überschritten werden, lassen die durchgeführten Berechnungen den Schluss zu, dass die Expositionen auf Grund von Austragungen von Radionukliden aus den eingelagerten radioaktiven Abfällen insgesamt geringfügig im Vergleich zur natürlichen Strahlenexposition sind. Die in der Umgebung des Cigéo maximal erreichten Dosen liegen im Bereich von 250 $\mu\text{Sv/a}$ und damit unterhalb des von der ICRP empfohlenen Dosisrichtwerts. Des Weiteren werden die Dosen, die die deutschen Dosiskriterien überschreiten, nur in der abdeckenden Situation des SEN erreicht, die auf einer Reihe von konservativen Annahmen beruht.

Sonstige Anmerkungen

Anzahl der Tageszugänge

Beim Cigéo sind insgesamt zwei Rampen und fünf Schächte als Verbindungen von über nach unter Tage vorgesehen (siehe Abschnitte 6.1.3.1.1 und 6.1.3.1.2). Während dies für die Betriebssicherheit verschiedene Vorteile bietet (z. B. in Hinblick auf Fluchtwege und die Bewetterung), wird darauf hingewiesen, dass dieser Umstand für die Langzeitsicherheit nachteilig ist, da die verschlossenen LSF potenzielle Schwachstellen beim Einschluss der Radionuklide darstellen, da

- die für die Verschlussbauwerke der LSF als effektive Systemgröße angestrebte hydraulische Durchlässigkeit (maximal 10^{-11} m/s ([52], Kap. 4.2.2)) die *in situ* oder an Kernproben des Wirtsgesteins gemessenen lokalen Durchschnittswerte der hydraulischen Durchlässigkeit (einige 10^{-13} m/s ([29], Kap. 1.6.4.3)) um mehr als eine Größenordnung übersteigt und
- das Versagen eines geotechnischen Verschlussbauwerks theoretisch möglich ist (auch wenn dies von ANDRA als unwahrscheinlich eingeschätzt wird).

Berücksichtigung der Auswirkung chemo-toxischer Stoffe

Positiv ist zu bewerten, dass die Sicherheitsbewertung für die Nachbetriebsphase des Cigéo auch den Schutz vor den Auswirkungen von chemo-toxischen Stoffen mit einbezieht. Dieser Aspekt wird in der EndlSiAnfV nicht aufgegriffen und muss in Deutschland über wasserrechtliche Vorschriften abgedeckt werden.

Begrenzung der Wasserzirkulation

Um den Transport der in den Abfällen enthaltenen Radionuklide und chemo-toxischen Stoffe in die Biosphäre zu begrenzen, sollen nicht nur deren Freisetzung und Migration begrenzt und verzögert werden, sondern auch die Wasserzirkulation innerhalb des Endlagers begrenzt werden. Die Begrenzung der Wasserzirkulation (durch die Begrenzung von Wasserzutritten aus den über dem Wirtsgestein liegenden Schichten und den LSF sowie die Begrenzung der Fließgeschwindigkeit des Wassers, das von den Einlagerungsstrecken durch das Wirtsgestein und die Verschlussbauwerke der LSF fließt) stellt eine zusätzliche Sicherheitsfunktion dar, die kein direktes Äquivalent im deutschen Regelwerk hat. Qualitativ könnte die in § 4 Abs. 4 der EndlSiAnfV genannte Anforderung nach einem weitestgehenden Verbleib der Radionuklide am Ort ihrer ursprünglichen Einlagerung (siehe auch lfd. Nr. 6 in Tabelle 18) als entsprechende Anforderung im deutschen Regelwerk verstanden werden.

Zusammenfassende fachliche Einschätzung der Endlagersicherheit in der Nachbetriebsphase

Die Sicherheit des Cigéo in der Nachbetriebsphase basiert im Wesentlichen auf der Umsetzung des Prinzips der *defense-in-depth*. Das bedeutet, dass den verschiedenen natürlichen und technischen Komponenten (bzw. Barrieren) des Endlagersystems (z. B. Wirtsgestein und Verschlussbauwerke)

Sicherheitsfunktionen zugewiesen werden, deren Leistungsvermögen und Robustheit (z. B. in Hinblick auf die Rückhaltung von Radionukliden und chemo-toxischen Stoffen) durch die Betrachtung verschiedener Szenarien (SEN, SEA, WIS und SIHI) überprüft werden.

Die Ergebnisse dieser Betrachtungen lassen erkennen, dass das Cigéo die meisten Anforderungen, die in Bezug auf die Langzeitsicherheit an ein deutsches Endlager für HA-Abfälle gestellt werden, erfüllt. Die Unterschiede, die sich insbesondere in Bezug auf den ewG sowie die Dosiskriterien für die SEN und SEA ergeben, führen nicht zu einer unangemessenen Beeinträchtigung der Langzeitsicherheit.

8.1.2 Potenzielle, erhebliche Umweltauswirkungen auf Deutschland

Gemäß den Beschreibungen und Ergebnissen von ANDRA (siehe Abschnitt 7.2.1) sind vom Cigéo-Gesamtprojekt keine erheblichen Umweltauswirkungen auf Deutschland zu erwarten, da die von ANDRA identifizierten verbleibenden Umweltauswirkungen für Frankreich (Änderung der Bodennutzung (siehe Abschnitt 7.2.1.1), Lärmbelästigung (siehe Abschnitt 7.2.1.2), Beeinträchtigung der Wahrnehmung der Landschaft (siehe Abschnitt 7.2.1.3) und ggf. Zerstörung von archäologischen Überresten (siehe Abschnitt 7.2.1.4)) keine deutschen Schutzgüter betreffen. Zur Überprüfung der Plausibilität dieses Ergebnisses und um eine abdeckende und unabhängige fachliche Einschätzung zu gewährleisten, erfolgt nachfolgend eine Bewertung potenzieller, erheblicher Umweltauswirkungen auf Deutschland auf Basis eigener Überlegungen und Rechnungen. Dabei wird davon ausgegangen, dass im Zusammenhang mit dem Cigéo nur Ereignisse mit großräumigen Auswirkungen (z. B. Radionuklidenausbreitung auf dem Wasser- oder Luftpfad infolge eines Störfalls) zu erheblichen Umweltauswirkungen auf Deutschland führen können. In den nachfolgenden Abschnitten wird daher bewertet, ob es durch Emissionen des Cigéos, die sich über den Wasserpfad (siehe Abschnitt 8.1.2.1) bzw. den Luftpfad (Abschnitt 8.1.2.2) ausbreiten, zu erheblichen Umweltauswirkungen auf Deutschland kommen könnte. Des Weiteren wird der Transport von Gebinden mit radioaktiven Abfällen zum Cigéo im Hinblick auf mögliche Umweltauswirkungen auf Deutschland betrachtet (siehe Abschnitt 8.1.2.3).

8.1.2.1 Ausbreitung über den Wasserpfad

8.1.2.1.1 Oberflächengewässer

Der Oberflächenabfluss im Bereich des Cigéo wird auf regionaler Ebene durch die fünf in Tabelle 19 aufgeführten und in Abbildung 28 dargestellten Wasserläufe bestimmt. Alle fünf Wasserläufe liegen westlich der Wasserscheide Atlantik - Nordsee, die vom *Piémont* (Berg nahe *Bonnecourt* im Département *Haute-Marne* in Frankreich) bis *Calais* am Ärmelkanal verläuft (siehe Abbildung 29) und gehören zum Flusssystem der Seine, die bei *Le Havre* in den Ärmelkanal mündet.

Tabelle 19: Wasserläufe im Bereich des Cigéo-Gesamtprojekts ([29], Kap. 2.3)

Wasserlauf	Länge	Einzugsgebiet	Mündung in	Flusssystem
	[km]	[km ²]	-	-
Ormançon	15,7	41	Ornain	Seine
Ornain	116	k. A.	Saulx	Seine
Bureau	4,6	8,6	Orge	Seine
Orge	26,3	101	Saulx	Seine
Saulx	115,4	2 100	Marne	Seine

Da der Standort des Cigéo und Deutschland durch die Wasserscheide Atlantik - Nordsee voneinander getrennt werden, sind in der Betriebsphase auch dann keine Umweltauswirkungen auf Deutschland zu erwarten, wenn es z. B. durch einen Unfall zum Eintrag von erheblichen Mengen an Schadstoffen in ein Oberflächengewässer kommen sollte.⁴⁵ In der Nachbetriebsphase kann es durch das Cigéo-Projekt zu keinen direkten Einträgen in Oberflächengewässer kommen. Aus diesem Grund wird in der Nachbetriebsphase nur der Grundwasserpfad betrachtet (siehe Abschnitt 8.1.2.1.2).

⁴⁵ Es wird darauf hingewiesen, dass der Marne-Rhein-Kanal eine Verbindung über die Wasserscheide hinweg darstellt, die in den veröffentlichten Antragsunterlagen nicht diskutiert wird. Es wird nicht erwartet, dass über diese Verbindung signifikante Wassermengen über die Wasserscheide hinweg nach Deutschland gelangen. Dass es durch diese Verbindung zu erheblichen Umweltauswirkungen auf Deutschland über den Wasserpfad kommt, ist nach menschlichem Ermessen ausgeschlossen.

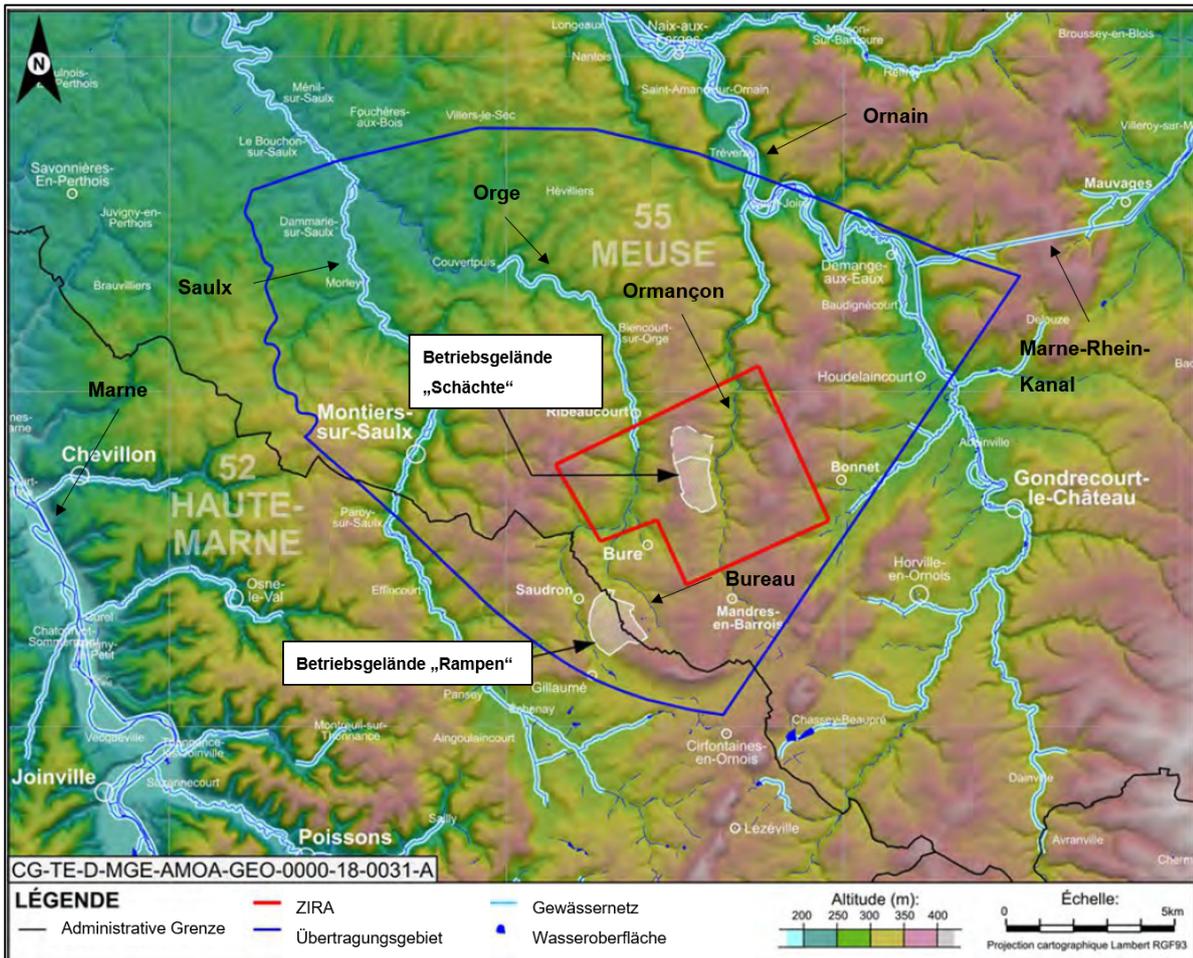


Abbildung 28: Regionale topographische Karte des Standorts des Cigéo einschließlich Oberflächengewässer ([29], Figure 1-2, überarbeitet)

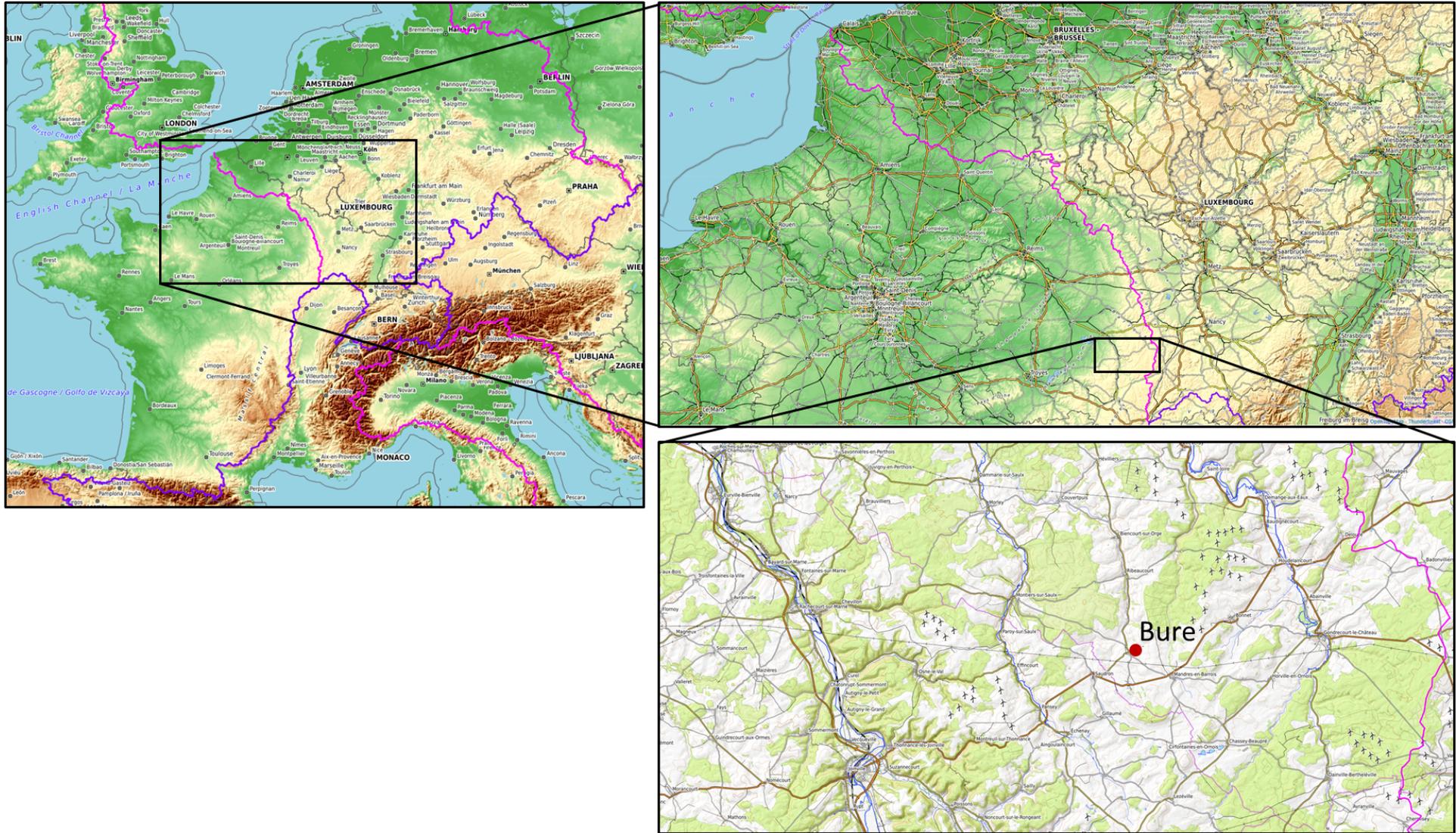


Abbildung 29: Lage wichtiger europäischer Wasserscheiden (pinke bzw. violette Linien), insbesondere der Wasserscheide Atlantik - Nordsee [62]

8.1.2.1.2 Grundwasser

Aufgrund der hydrogeologischen Situation am Standort des Cigéo (z. B. regionale i. d. R. nach Nordwesten orientierte Fließwege und Wechselwirkung mit Oberflächengewässern, die dem Flusssystem der Seine zugeordnet sind, siehe Abschnitt 6.1.5.2) ist nicht zu erwarten, dass es im Falle von Einträgen von Schadstoffen in das Grundwasser zu erheblichen Umweltauswirkungen in Deutschland kommt. Dies gilt sowohl für die Betriebsphase als auch für die Nachbetriebsphase.

8.1.2.2 Ausbreitung über den Luftpfad

Durch die Errichtung, den Betrieb und die Stilllegung des Endlagers Cigéo können sowohl konventionelle Schadstoffe (z. B. Staub) als auch radioaktive Stoffe in die Umwelt freigesetzt werden. Um die Auswirkung der im Normalbetrieb des Cigéo freigesetzten radioaktiven Emissionen auf Deutschland zu bewerten, werden zunächst eine konservative Abschätzung der Exposition der Bevölkerung in Deutschland durchgeführt und deren Berechnungsergebnisse bewertet (siehe Abschnitt 8.1.2.2.1).

Da die Gebinde mit radioaktiven Abfällen im Normalbetrieb aufgrund ihrer Einschlusseigenschaften keine relevante Quelle für die Emission von chemo-toxischen Stoffen sind ([34], Kap. 8.2.2), beschränkt sich die Bewertung an dieser Stelle auf die Auswirkungen durch Ableitungen von Radionukliden im Normalbetrieb.

Da die Freisetzung von radioaktiven Stoffen pro Zeiteinheit während eines Störfalls potenziell größer ist als bei Ableitungen im Normalbetrieb, werden für eine abdeckende Einschätzung potenzieller Auswirkungen des Cigéo auf Deutschland die im Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase [34] betrachteten Stör- und Unfälle auf Vollständigkeit und Plausibilität überprüft (siehe Abschnitt 8.1.2.2.2).

8.1.2.2.1 Normalbetrieb

Der Transport und die Lagerung radioaktiver Abfallgebinde auf dem Gelände des Cigéo führen während der Betriebsphase zur Abgabe von radioaktiven Gasen (z. B. H-3, C-14 und Kr-85) und radioaktiven Aerosolen mit Alpha- und Betastrahlern. Diese Radionuklide werden während der Betriebsphase des Cigéos über zwei Auslässe (Schornstein des EP1 (Oberflächenanlage) und Schornstein des VVE für die untertägige Anlage) in die Umwelt abgeleitet. ([5], Kap. 2.4.2.3.1)

Eine Abschätzung der maximalen jährlichen atmosphärischen radioaktiven Ableitungen ist in Tabelle 20 aufgeführt.

Tabelle 20: Abschätzung der maximalen jährlichen atmosphärischen radioaktiven Ableitungen (ANDRA-Werte aus [5], Kap. 2.4.2.3.1)

ANDRA (aus [5], Kap. 2.4.2.3.1)	Max. atmosph. Ableitungen		Max. jährliche Luftkonzentration	BRENK (Annahmen)	Summe beider Quellen
	Schornstein des EPI	Schornstein des VVE			
H-3	3 GBq/a	300 GBq/a	0,04 Bq/m ³	H-3 (w)	3,03E+11 Bq/a
C-14	3 GBq/a	300 GBq/a	0,004 Bq/m ³	C-14 (g)	3,03E+11 Bq/a
Kr-85	50 GBq/a	5000 GBq/a	0,7 Bq/m ³	Kr-85	5,05E+12 Bq/a
β-Strahler	600 Bq/a	85 000 Bq/a	10 nBq/m ³	Cs-137	8,56E+04 Bq/a
α-Strahler	60 Bq/a	8500 Bq/a	1 n Bq/m ³	Am-241	8,56E+03 Bq/a

Abschätzung der Exposition der Bevölkerung in Deutschland

Die dem Cigéo nächstgelegene Position an der Grenze zu Deutschland liegt im Saarland in der Nähe von Saarbrücken in einer Distanz von ca. 125 km. Um die Auswirkungen der in Tabelle 20 dargestellten Ableitungen aus dem Cigéo auf Deutschland bewerten zu können, wurde eine Berechnung mit einem Gauss-Fahnenmodell mit Begrenzung der Mischungsschichtausdehnung durchgeführt. Dabei handelt es sich um einen sehr konservativen Ansatz, da zwar eine statistische Verteilung der Wettersituation berücksichtigt wurde, anschließend jedoch eine konstante Windgeschwindigkeit sowie eine konstante Windrichtung über 125 km angenommen wurde. Bei der Berechnung wurden die Ableitungen aus dem Cigéo (siehe Tabelle 20) und das Wetter von Saarbrücken für den Zeitraum 2012 bis 2023 (siehe Abbildung 30, Abbildung 31 und Abbildung 32) berücksichtigt.

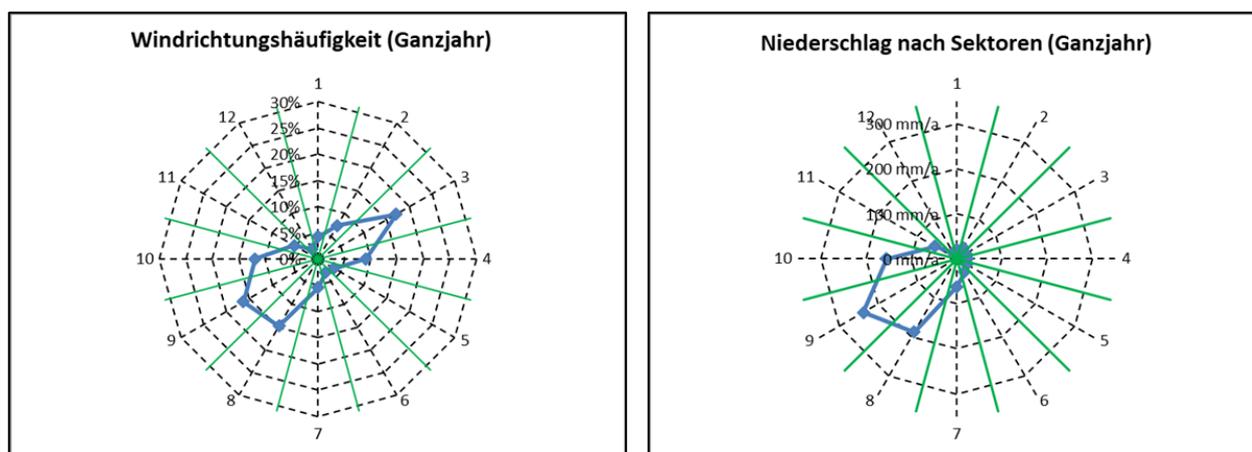


Abbildung 30: Windrichtungshäufigkeit (links) und Niederschlag nach Sektoren (rechts) für Saarbrücken

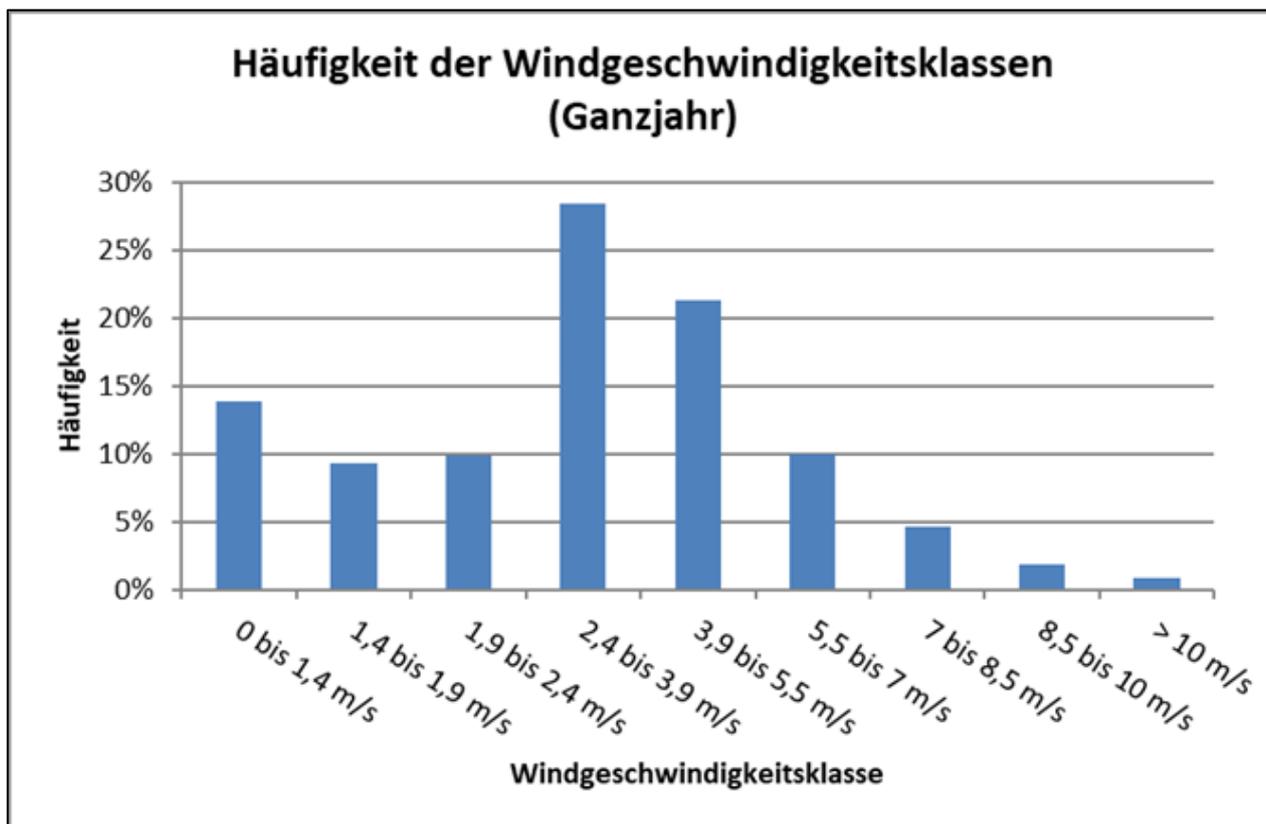


Abbildung 31: Häufigkeit der Windgeschwindigkeitsklassen für Saarbrücken

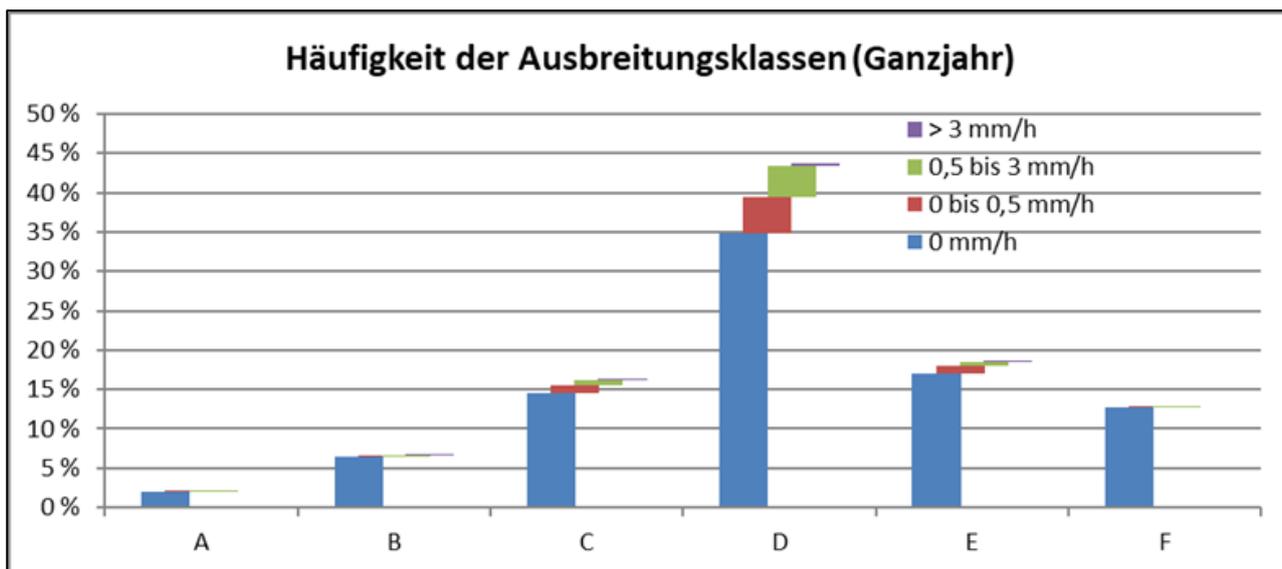


Abbildung 32: Häufigkeit der Ausbreitungsklassen für Saarbrücken

Die höchste in Deutschland – an der Grenze des Saarlands zu Frankreich – berechnete Dosis ergibt sich für Kleinkinder (1 bis 2 Jahre) und beträgt 0,03 $\mu\text{Sv/a}$ (fast ausschließlich verursacht durch C-14 Ingestion).

Fachliche Einschätzung

Für den Normalbetrieb des Cigéo beträgt die höchste für Deutschland (an der Grenze des Saarlands zu Frankreich) berechnete Dosis 0,03 $\mu\text{Sv/a}$ für Kleinkinder im Alter von ein bis zwei Jahren. Da der

Grenzwert der effektiven Dosen für Einzelpersonen der Bevölkerung gemäß § 80 Abs. 1 des Strahlenschutzgesetzes (StrlSchG, [63]) ein Millisievert pro Kalenderjahr beträgt, wobei gemäß § 99 Abs. 1 der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV, [64]) die effektive Dosis der durch Ableitungen radioaktiver Stoffe mit Luft bedingten Exposition für Einzelpersonen der Bevölkerung 0,3 mSv im Kalenderjahr nicht überschreiten darf, ist demnach nicht davon auszugehen, dass Personen in Deutschland durch die planmäßige (Normalbetrieb) Ableitung von radioaktiven Stoffen aus dem Cigéo exponiert werden.

8.1.2.2.2 Stör- und Unfälle

Darstellung der betrachteten Stör- und Unfälle

Die im Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase [34] betrachteten Stör- und Unfälle und deren potenzielle Auswirkungen auf die Umgebung des Cigéo werden in Abschnitt 7.1.1.2 (Auslegungsstör- und -unfälle) und Abschnitt 7.1.1.3 (auslegungsüberschreitende Unfälle) dargestellt.

Fachliche Einschätzung

Im Folgenden werden zunächst zentrale Aspekte der angewandten Methodik zur Bewertung der radiologischen Auswirkungen bei Stör- und Unfällen mit der in Deutschland vorgegebenen Methodik (Störfallberechnungsgrundlagen (SBG) für KKW mit DWR⁴⁶, [65] i. V. m. [66]) verglichen.

Im Anschluss werden die betrachteten Auslegungsstör- und -unfälle sowie die auslegungsüberschreitenden Unfälle mit jeweils den größten Auswirkungen auf die anliegende Bevölkerung insbesondere im Hinblick auf Plausibilität der getroffenen Annahmen bewertet. Insgesamt erscheint die Auswahl der betrachteten Stör- und Unfälle plausibel und abdeckend.

Methodik zur Bewertung der radiologischen Auswirkungen bei Stör- und Unfällen

Expositionspfade

Im Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase des Cigéo werden für Unfälle die folgenden Expositionspfade berücksichtigt ([34], Kap. 8.2.1.1.4):

- Äußere Strahlenexposition: Exposition durch externe Bestrahlung innerhalb der Abluftfahne (außerhalb und innerhalb von Häusern)
- Exposition durch externe Bestrahlung durch Bodenstrahlung infolge atmosphärischer Ablagerungen im Freien
- Inhalation während des Passierens der Abluftfahne (im Freien)
- Verzehr von pflanzlichen Produkten, bei denen die Aktivität hauptsächlich aus der nassen und trockenen Ablagerung von Aerosolen und Regentropfen (direkter Weg), aber auch aus dem Wurzeltransfer aus dem Boden (indirekter oder Wurzelweg) resultiert, und die zu einer inneren Exposition durch Verzehr führt
- Verzehr von Produkten von Tieren, die kontaminiertes Futter gefressen haben

Die betrachteten Expositionspfade unterscheiden sich nicht von den Expositionspfaden, die gemäß Kap. 4.1 der SBG [66] in Deutschland zu berücksichtigen sind.

⁴⁶ In Deutschland liegen bis zum jetzigen Zeitpunkt keine SBG für andere Anlagen vor. Aus diesem Grund werden die SBG für KKW (zumindest der die Ausbreitung und Dosis betreffende Teil) auch für andere Anlagen (z. B. Läger) angewendet.

Wetterbedingungen

Bei Stör- und Unfällen entspricht jeder Berechnungsfall einer pauschal definierten Wetterlage. Dabei folgen die Emissionen einer einzigen konstanten Windrichtung mit konstanten die Ausbreitung betreffenden Wetterbedingungen, weshalb nur die Entfernung zur Emissionsquelle berücksichtigt wird. Es werden die im Rundschreiben vom 10.05.2010 [67], in dem die methodischen Regeln für Risikostudien, die Bewertung des Ansatzes zur Risikominderung an der Emissionsquelle und die Pläne zur Vermeidung technologischer Risiken in klassifizierten Anlagen in Anwendung des Gesetzes vom 30. Juli 2003 zusammengefasst werden, empfohlenen Wetterbedingungen berücksichtigt. Sie entsprechen den verschiedenen Stabilitätsklassen nach Pasquill sowie den betrachteten Windgeschwindigkeiten und sie hängen von der Emissionshöhe (bodennah oder hoch) ab. Dabei werden die Wetterbedingungen, die gemäß den Wetterbeobachtungen der Wetterstation in *Houdelaincourt* am unwahrscheinlichsten sind, sowie die günstigsten Wetterbedingungen von der Berechnung ausgeschlossen.

Für die vertikale Freisetzung über einen Schornstein werden sechs Wetterbedingungen untersucht:

- Klasse D mit einer Windgeschwindigkeit von 5 m/s ohne Regen
- Klasse D mit einer Windgeschwindigkeit von 5 m/s mit Regen
- Klasse D mit einer Windgeschwindigkeit von 10 m/s ohne Regen
- Klasse D mit einer Windgeschwindigkeit von 10 m/s mit Regen
- Klasse E mit einer Windgeschwindigkeit von 3 m/s ohne Regen
- Klasse F mit einer Windgeschwindigkeit von 3 m/s ohne Regen

Für die horizontale Freisetzung am Boden werden drei Wetterbedingungen untersucht:

- Klasse D mit einer Windgeschwindigkeit von 5 m/s ohne Regen
- Klasse D mit einer Windgeschwindigkeit von 5 m/s mit Regen
- Klasse F mit einer Windgeschwindigkeit von 3 m/s ohne Regen

Da die Wetterbedingungen aber aus [67] entnommen wurden, ist deren Verwendung grundsätzlich plausibel. Auch in Deutschland können gemäß Kap. 4.4.5 der SBG [66] für die Durchführung von Ausbreitungsrechnungen Standortwetterdaten verwendet werden, sofern entsprechende für eine Beurteilung der Ausbreitungssituation am Standort geeignete meteorologische Daten vorliegen.

Betrachtungszeitraum und Referenzgruppe

Für Auslegungsstörfälle werden die kurzfristige Exposition (während des Passierens der Abluftfahne) für einen Spaziergänger im Abstand von 500 m sowie jeweils die kurzfristige (ein Tag) und mittelfristige (ein Jahr) Exposition für die anliegende Bevölkerung (Erwachsene, 10-jähriges Kind und 1-jähriges Kind) berechnet. Für Auslegungsunfälle wird zusätzlich die lebenslange (50 bzw. 70 Jahre) Exposition für die anliegende Bevölkerung berechnet ([34], Kap. 8.2.1.1.1 & 8.2.1.1.3 sowie [27], Tabelle 1-1). Die dabei angesetzten Entfernungen sind in Tabelle 21 angegeben.

Es wird davon ausgegangen, dass sich die Einwohner der benachbarten Dörfer zu 100 % dort aufhalten. Dabei wird für Kinder angenommen, dass sich die Dosiskoeffizienten während der gesamten Expositionsdauer nicht verändern, was zwar unrealistisch ist, aber eine abdeckende Betrachtungsweise darstellt. ([34], Kap. 8.2.1.1.3 & 8.2.1.1.5)

Tabelle 21: Entfernungen zwischen Auslässen und betroffener Referenzgruppe ([34], Kap. 8.2.1.1.3)

Auslass	Emissionshöhe	Spaziergänger	Einwohner von		
			Saudron	Bure	Mandres en Barrois
Schornstein des VVE	12 m	500 m	-	2120 m	-
Schornstein am EP1	30 m	500 m	1020 m	2510 m	3820 m
Abluftgitter (<i>grille d'extraction</i>) am EP1	0 m	500 m	1020 m	-	-
Abluftgitter der Servicerrampe	0 m	500 m	800 m bis 1000 m	-	-

In Deutschland wird für Auslegungstörfälle als Bewertungsmaßstab ebenfalls die Strahlenexposition als Körperdosis für die Referenzperson Erwachsener für einen Zeitraum von 50 Jahren und für die Referenzperson Kleinkind für einen Zeitraum von 70 Jahren berechnet ([65], Kap. 4).

Die Vorgehensweise, einen Spaziergänger in 500 m Entfernung vom EP1 sowie die Einwohner der nächsten Dörfer zu betrachten, erscheint realistisch und plausibel. In Deutschland ist die Strahlenexposition gemäß SBG ([66], Kap. 4) an den ungünstigsten Einwirkstellen außerhalb des Anlagenzauns zu ermitteln. Dabei sind die ungünstigsten Einwirkstellen die Stellen in der Umgebung der Anlage, bei denen aufgrund der Verteilung der emittierten radioaktiven Stoffe in der Umwelt unter Berücksichtigung realer Nutzungsmöglichkeiten durch Aufenthalt und Verzehr dort erzeugter Lebensmittel die höchste Strahlenexposition der Referenzperson zu erwarten ist.

Beim Cigéo wird für auslegungsüberschreitende Unfälle im Allgemeinen die kurzfristige Exposition (ein Tag) für einen Spaziergänger im Abstand von 500 m sowie für die anliegende Bevölkerung (Erwachsene, 10-jähriges Kind und 1-jähriges Kind) berechnet. Für Ereignisse mit langanhaltenden Freisetzungen wird die mittelfristige (ein Jahr) Exposition für die anliegende Bevölkerung berechnet.

Freisetzungsfaktoren

Freisetzungsfaktoren (oder Freisetzungsteile) werden verwendet, um in Kombination mit den in den Abfallgebinden befindlichen nuklidspezifischen Aktivitäten die freigesetzten nuklidspezifischen Aktivitätsmengen, den sogenannten Quellterm, zu bestimmen. In Tabelle 4-3 in [28] werden in Abhängigkeit von der Art des Primärbehälters und der Matrix Freisetzungsfaktoren für die innere Aktivität von PG im Fall von deren Absturz, Aufprall oder Kollision angegeben. Die angegebenen Freisetzungsfaktoren betragen zwischen 10^{-4} (Stahlbehälter mit verpresstem/ verschraubtem/ unreifem Deckel ohne Matrix) und 10^{-7} (Stahlbehälter mit verschweißtem Deckel mit homogener Zementmatrix bzw. mit verglasten Abfällen). In Deutschland werden Freisetzungsteile beispielsweise im Rahmen der Transportstudie Konrad ([68], Tabelle 8.2) verwendet. Aufgrund der nicht identischen Unterteilung der verwendeten Behälter sowie unterschiedlicher Abfallarten ist ein direkter Vergleich der Freisetzungsfaktoren nicht möglich.

Ein exemplarischer Vergleich für zementfixierte Abfälle in Betonbehältern (siehe Tabelle 22) zeigt jedoch, dass sich die Höhen der Freisetzungsfaktoren nicht grundlegend voneinander unterscheiden.

Tabelle 22: Vergleich der Freisetzungsfaktoren für zementfixierte Abfälle in Betonbehältern ([68], Tabelle 8.2 und [28], Tableau 4-3)

Konrad				Cigéo	
Belastungsklasse	Aufprallgeschwindigkeit	Partikelgröße		Heterogen	Homogen
	[km/h]	0 – 10 µm	10 – 100 µm		
Belastungsklasse 1	≤ 35	0	0	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶
Belastungsklasse 4	36 – 80	2·10 ⁻⁷	1,8·10 ⁻⁶		
Belastungsklasse 7	> 80	1,5·10 ⁻⁶	6,8·10 ⁻⁶		

Transferfaktoren und Dosiskoeffizienten

Die Transferparameter in die Biosphäre, die Transferfaktoren bzw. Konzentrationskoeffizienten für den Übergang von einer Umweltkomponente zu einer anderen sowie der Verteilungskoeffizient Wasser/Boden werden entsprechend den internationalen Empfehlungen der IAEA (*Technical Report Series Nr. 472*, [69]) als generische standortunabhängige Werte angenommen ([34], Kap. 8.2.1.1.5).

Die Exposition von Personen der Bevölkerung durch Inkorporation (Ingestion und Inhalation) wird unter Verwendung der von der ICRP publizierten Dosiskoeffizienten berechnet, die in die Euratom-Richtlinie und dann in den Erlass vom 1. September 2003 zur Festlegung der Modalitäten für die Berechnung der effektiven Dosen und Äquivalentdosen aus der Exposition von Personen gegenüber ionisierender Strahlung [70] übernommen wurden. ([34], Kap. 8.2.1.1.5 & [23], Kap. 8.3.1.6)

Da für die Berechnung der effektiven Dosen durch externe Exposition die radiologische CERES®-Plattform (*code d'évaluations rapides environnementales et sanitaires*) verwendet wird, in der der GASCON®-Code implementiert ist, stammen die verwendeten Dosiskoeffizienten aus dem Bericht *Federal Guidance Nr. 12* [71] der Umweltbehörde der Vereinigten Staaten (*U. S. Environmental Protection Agency*, US-EPA) aus dem Jahr 1993. Diese Referenz wurde 2019 aktualisiert und die ICRP veröffentlichte 2020 neue Werte für die Dosiskoeffizienten. Diese neuen Werte ändern nichts an den dargestellten Ergebnissen, da die Dosis (im Normalbetrieb) hauptsächlich auf die Aufnahme von C-14 zurückzuführen ist. ([34], Kap. 8.2.1.1.5 und [23], Kap. 8.3.1.3)

Die Berechnungen der atmosphärischen Ausbreitung und der Folgen von Unfallsituationen werden mit dem Modul MITHRA-EA der CERES®-Plattform durchgeführt.

Verzehrs- und Atemraten

Die Verzehrswerten der anliegenden Bevölkerung stammen aus einer lokalen Erhebung, die 2013 in der Region *Meuse/Haute-Marne* durchgeführt wurde (siehe Tabelle 23). Berücksichtigt werden bei der Abschätzung der Exposition alle Lebensmittel, die lokal produziert werden können. ([34], Kap. 8.2.1.1.5) Die Verwendung der eigens zu diesem Zweck am Standort erhobenen Verzehrswerten erscheint realistisch und plausibel.

In Deutschland werden bei Störfallberechnungen gemäß SBG hingegen (abdeckende) generische Verzehrswerten verwendet (siehe Tabelle 23).

Tabelle 23: Verzehrswerten ([23], Kap. 4.3.3.4 und [66], Anhang 1, Tabelle 2)

Frankreich (Erhebung)	Erw.	Kind (1-2 J.)	Deutschland (SBG)	Erw.	Kind (1-2 J.)
	[kg/a]	[kg/a]		[kg/a]	[kg/a]
Pflanzliche Produkte	134	61	Pflanzliche Produkte	253	138
Fleisch, Eier	33	14	Fleisch, Wurst, Eier	90	13
-	-	-	Fisch	7,5	3
Milch	29	36	Milch, Milchprodukte	130	160

Die angesetzten Atemraten bei moderater körperlicher Aktivität stammen aus der ICRP-Publikation 66 [72] und betragen 1,2 m³/h für Erwachsene, 0,9 m³/h für 10-jährige Kinder und 0,3 m³/h für Kinder im Alter von 1 bis 2 Jahren. In Deutschland werden die Atemraten in Tabelle 3 des Anhangs 1 SBG [66] vorgegeben. Die dort angegebenen Atemraten sind für Erwachsene mit ca. 1,4 m³/h (0 - 8 h) bzw. 0,9 m³/h (> 8 h) etwas höher als die französischen Werte, während die Atemraten für Kinder im Alter von 1 bis 2 Jahren mit ca. 0,3 m³/h (0 - 8 h) bzw. 0,2 m³/h (> 8 h) den französischen Werten entsprechen.

Zusammenfassende Bewertung

Die französische Vorgehensweise zur Berechnung der Exposition der Bevölkerung bei Stör- und Unfällen unterscheidet sich nicht wesentlich von der Vorgehensweise, die in Deutschland angewendet wird. Bei der Parameterwahl scheint die französische Vorgehensweise teilweise realitätsnäher zu sein. Insgesamt erscheinen die Größenordnungen der berechneten Expositionen plausibel.

Auslegungstör- und -unfälle

Bei den betrachteten Auslegungstör- und -unfällen (siehe Abschnitt 7.1.1.2) werden sowohl Ereignisse mit mechanischen Einwirkungen als auch Ereignisse mit thermischen Einwirkungen betrachtet. Die größten Auswirkungen auf die anliegende Bevölkerung ergeben sich bei den Auslegungsunfällen A1 und A4, bei denen es infolge mechanischer Einwirkung (Absturz von PG) zur Freisetzung der inneren Aktivität der betroffenen PG kommt.

Bei den betrachteten Ereignissen mit thermischen Einwirkungen (Brandereignisse A2, A3, A5, A7 und A8) wird davon ausgegangen, dass nur die nicht festhaftende Oberflächenkontamination freigesetzt wird. Aufgrund der zahlreichen Sicherheitsvorkehrungen zur Vermeidung bzw. Begrenzung von Vollbränden (z. B. Begrenzung der Brandlast, Bereitstellung von Löschmitteln, Materialauswahl, Brandmeldeanlagen, Feuerbeständigkeit von Bauwerken und ASK, Einrichtung von Brandschutz-zonen) sowie der Brandwiderstandsfähigkeit der verwendeten Behälter erscheint dieser Ansatz plausibel.

Im Folgenden werden die zur Berechnung der Exposition der Bevölkerung infolge der Ereignisse A1 und A4 getroffenen Annahmen einer Plausibilitätsprüfung unterzogen.

Auswahl der betrachteten Primärgebinde

Bei dem Ereignis A1 wird davon ausgegangen, dass die innere Aktivität von zwei PG der Familie COG-030 (Phase der ersten Inbetriebnahme im EP1), einem PG der Familie COG-560 (Phase der

späteren Inbetriebnahme im EP1) oder zwei PG der Familie CEA-060 (Empfangshalle für ETH) freigesetzt wird. Bei dem Ereignis A4 wird jeweils davon ausgegangen, dass die innere Aktivität von einem PG der Familien COG-050, COG-560 oder CEA-060 freigesetzt wird.

PG mit hochradioaktiven Abfällen werden ausschließlich in Höhen gehandhabt, die niedriger sind als ihre QH. Folglich ist die Aufrechterhaltung der ersten statischen Einschlussbarriere der HA-Abfälle für alle Auslegungsereignisse gewährleistet. ([34], Kap. 2.1.6.1) Somit ist es plausibel, dass im Hinblick auf eine Freisetzung der inneren Aktivität nur LL-IL-Gebinde betrachtet werden. Allerdings wird in den Kapiteln 8.3.4.1 (A1) bzw. 8.3.4.4 (A4) des Sicherheitsnachweises für die Betriebsphase [34] keine Begründung für die Auswahl der betrachteten PG-Familien angegeben.

Freisetzungsfaktoren

Bei den Auslegungsunfällen A1 und A4 wird ein Freisetzungsfaktor von 10^{-5} (COG-030, COG-050 und CEA-060) bzw. 10^{-4} (COG-560) angesetzt ([34], Kap. 8.3.4.1 & 8.3.4.4).

Bei den Abfällen der PG-Familien COG-030, COG-050 und CEA-060 handelt es sich um zementierte

- nach 1994 produzierte feste Betriebsabfälle aus *La Hague* in Behältern aus faserbewehrtem Beton (*conteneurs en béton-fibres*, CBF-C'2),
- vor 1994 produzierte feste Betriebsabfälle aus *La Hague* in Betonbehältern, die Asbest enthalten (*conteneur amiante-ciment*, CAC) und
- mittelaktive feste Betriebsabfälle aus *Cadarache* in 500 L-Edelstahlfässern ([28], Kap. 1.3.3.2, 1.3.3.3, & 1.3.4.10).

In Tabelle 4-3 in [28] wird für zementierte heterogene Abfälle in Betonbehältern sowie in Stahlbehältern mit verpresstem/verschraubtem/unreiftem Deckel ein Freisetzungsfaktor von 10^{-5} angegeben. Für zementierte heterogene Abfälle in Stahlbehältern mit verschweißtem Deckel wird dort ein Freisetzungsfaktor von 10^{-6} angegeben. Für die zementierten Abfälle in Betonbehältern sind die Angaben somit konsistent und erscheinen insgesamt plausibel. Zwar lässt sich auf Grundlage der vorliegenden Informationen nicht sagen, ob die Deckel der 500 L-Stahlfässer verschweißt sind oder nicht, dies ist aber hier nicht relevant, da der höhere d. h. abdeckende Freisetzungsfaktor verwendet wird.

Bei den Abfällen der PG-Familie COG-560 handelt es sich um gesintertes Cäsiumoxidpulver, das in einer doppelten Metallhülle (*Colis Phomix*) verpackt wurde ([28], Kap. 1.3.3.4). In Tabelle 4-3 in [28] werden für nicht in eine Matrix eingebettete Abfälle in Stahlbehältern mit verpresstem/verschraubtem/unreiftem Deckel bzw. mit verschweißtem Deckel Freisetzungsfaktoren von 10^{-4} bzw. 10^{-5} angegeben. Auch für die PG-Familie COG-560 wurde somit der höhere d. h. abdeckende Freisetzungsfaktor verwendet.

Filterfaktor

Das Belüftungssystem der Entlade- und der Vorbereitungszelle ist nach der ISO-Norm 17873 von 2006 als C4** klassifiziert. Die aus den Zellen abgesaugte Luft wird demnach über zwei HEPA-Filter geleitet, bevor sie über den Schornstein des EP1 abgeleitet wird. Bei den Auslegungsunfällen A1 und A4 wird ein Filterfaktor von 10^{-3} angesetzt, wobei der HEPA-Filter der ersten Filterstufe nicht berücksichtigt wird. ([34], Kap. 8.3.4.1 & 8.3.4.4 und [30], Kap. 11.4.1.3.2)

Da der HEPA-Filter der ersten Filterstufe nicht berücksichtigt wird, scheint der gewählte Filterfaktor insgesamt konservativ zu sein.

Schlussfolgerung im Hinblick auf potenzielle Umweltauswirkungen auf Deutschland

Da die betrachteten Ereignisse und getroffenen Annahmen grundsätzlich plausibel erscheinen und die jeweils höchsten berechneten Folgedosen weniger als 50 μSv (Auslegungsunfall A1) bzw. weniger als 20 μSv (Auslegungsunfall A4) für ein einjähriges Kind in *Saudron* über eine Expositionsdauer von 70 Jahren betragen ([34], Kap. 8.3.4.1 & 8.3.4.4), ist insgesamt nicht davon auszugehen, dass es durch einen Auslegungsstör- oder -unfall zu erheblichen radiologischen Auswirkungen in Deutschland kommen kann.

In Deutschland sind Störfallexpositionen so zu begrenzen, dass die durch Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung verursachte effektive Dosis von 50 mSv nicht überschritten wird (§ 194 StrlSchV). Diese Anforderung wird auch für das Cigéo eingehalten.

Auslegungsüberschreitende Unfälle

Bei den betrachteten auslegungsüberschreitenden Unfällen (siehe Abschnitt 7.1.1.3) werden Ereignisse mit mechanischen Einwirkungen, Ereignisse mit thermischen Einwirkungen sowie deren Kombination betrachtet. Die größten Auswirkungen auf die anliegende Bevölkerung ergeben sich bei dem Ereignis E1, bei dem es infolge mechanischer Einwirkung (Absturz einer Transportverpackung, die mehrere PG enthält) zur Freisetzung der inneren Aktivität der betroffenen PG kommt. Bei diesem Ereignis wird neben der Exposition der Bevölkerung auch die Bodenkontamination berechnet.

Wie bei den Auslegungsstör- und -unfällen wird auch bei den auslegungsüberschreitenden Unfällen davon ausgegangen, dass durch einen Brand nur die nicht festanhaltende Oberflächenkontamination freigesetzt wird.

Im Folgenden werden die zur Berechnung der Exposition der Bevölkerung infolge des Ereignisses E1 getroffenen Annahmen einer Plausibilitätsprüfung unterzogen.

Auswahl der betrachteten Primärgebinde

Bei dem Ereignis E1 wird davon ausgegangen, dass die innere Aktivität von drei PG der Familie COG-050 (Phase der ersten Inbetriebnahme im EP1), sechs PG der Familie COG-430 (Phase der späteren Inbetriebnahme im EP1) oder vier PG der Familie CEA-050 (Empfangshalle für ETH) freigesetzt wird.

PG mit hochradioaktiven Abfällen werden ausschließlich in Höhen gehandhabt, die niedriger sind, als ihre QH. Folglich ist die Aufrechterhaltung der ersten statischen Einschlussbarriere der HA-Abfälle für alle Auslegungsereignisse gewährleistet. ([34], Kap. 2.1.6.1) Somit ist es plausibel, dass im Hinblick auf eine Freisetzung der inneren Aktivität nur LL-IL-Gebinde betrachtet werden. Allerdings wird in Kapitel 8.4.2.1.2 des Sicherheitsnachweises für die Betriebsphase [34] keine Begründung für die Auswahl der betrachteten PG-Familien angegeben.

Freisetzungsfaktoren

Bei dem auslegungsüberschreitenden Unfall E1 wird für alle PG-Familien ein Freisetzungsfaktor von 10^{-5} angesetzt ([34], Kap. 8.4.2.1.2).

Bei den Abfällen der PG-Familien COG-050, COG-430 und CEA-050 handelt es sich um

- zementierte vor 1994 produzierte feste Betriebsabfälle aus *La Hague* in Betonbehältern, die Asbest enthalten (CAC),
- getrocknete und kompaktierte Schlämme aus *La Hague* in Metallbehältern sowie
- zementierte feste Betriebsabfälle von CEA in 870 L-Fässern aus unlegiertem Stahl ([28], Kap. 1.3.3.2, 1.3.3.7, & 1.3.4.9).

In Tabelle 4-3 in [28] wird für zementierte heterogene Abfälle in Betonbehältern bzw. in Stahlbehältern mit verpresstem/verschraubtem/umreiftem Deckel ein Freisetzungsfaktor von 10^{-5} angegeben. Für zementierte heterogene Abfälle in Stahlbehältern mit verschweißtem Deckel wird dort ein Freisetzungsfaktor von 10^{-6} angegeben. Für die zementierten Abfälle in Betonbehältern sind die Angaben somit konsistent und erscheinen insgesamt plausibel. Zwar lässt sich auf Grundlage der vorliegenden Informationen nicht sagen, ob die Deckel der 870 L-Fässer verschweißt sind oder nicht, dies ist aber hier nicht relevant, da der höhere, d. h. abdeckende, Freisetzungsfaktor verwendet wird.

Für nicht in eine Matrix eingebettete Abfälle in Stahlbehältern mit verpresstem/ verschraubtem/ umreiftem Deckel bzw. mit verschweißtem Deckel werden in Tabelle 4-3 in [28] Freisetzungsfaktoren von 10^{-4} bzw. 10^{-5} angegeben. Da sich auf Grundlage der vorliegenden Informationen nicht sagen lässt, ob die Deckel der Metallbehälter verschweißt sind oder nicht, kann nicht bewertet werden, ob der für die PG-Familie COG-430 verwendete Freisetzungsfaktor abdeckend ist.

Zusätzlich zu den Freisetzungsfaktoren wird ein Retentionsfaktor der Transportverpackung von 10^{-1} angesetzt. Dies erscheint plausibel.

Filterfaktor

Bei dem auslegungüberschreitenden Unfall E1 wird ein Filterfaktor von 1 angesetzt (d. h. keine Rückhaltung). Da das Belüftungssystem der Entladehalle nach der ISO-Norm 17873 von 2006 als C1 klassifiziert ist und die abgesaugte Luft demnach nicht gefiltert wird, bevor sie durch ein Abluftgitter an der Fassade des EP1 bzw. des ETH-Gebäudes abgeleitet wird ([34], Kap. 8.4.2.1.2 & [30], Kap. 11.4.1.3.2), scheint dieser Ansatz realistisch.

Schlussfolgerung im Hinblick auf potenzielle Umweltauswirkungen auf Deutschland

Da die betrachteten Ereignisse und getroffenen Annahmen grundsätzlich plausibel erscheinen, die höchste berechnete Dosis für einen Erwachsenen in einer Entfernung von 500 m bei einer Expositionsdauer von 24 Stunden weniger als neun mSv beträgt ([34], Kap. 8.4.2.1.3) und die höchste berechnete Dosis mit zunehmender Entfernung deutlich abnimmt (siehe Tabelle 7 auf Seite 94), ist insgesamt nicht zu erwarten, dass es durch einen auslegungüberschreitenden Unfall zu erheblichen Umweltauswirkungen in Deutschland kommt.

8.1.2.3 Transporte radioaktiver Abfälle zum Endlager Cigéo

Aufgrund der Auslegung der Transportverpackungen (siehe Abschnitt 6.5.2) sowie der Entfernung zwischen den vorgesehenen Transportrouten und Deutschland (siehe auch Abbildung 23 auf Seite 70), sind bei einem planmäßigen, d. h. ungestörten, Transport von Gebinden mit radioaktiven Abfällen zum Cigéo keine erheblichen Umweltauswirkungen auf Deutschland zu erwarten.

Die Transportverpackungen sind so ausgelegt, dass sie schweren Unfallbedingungen standhalten, ohne dabei ihre Integrität zu verlieren (siehe Abschnitt 6.5.2.2). Des Weiteren werden verschiedene Sicherheitsvorkehrungen getroffen, um die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Unfalls bzw. dessen Folgen zu begrenzen. Dazu gehören z. B. die Ausbildung des Personals, die Einführung eines Qualitätssicherungssystems, die Ausstattung der Führerstände der Lokomotiven mit Totmannschaltungen, Kommunikationsmittel, die eine schnelle Alarmierung der Rettungskräfte ermöglichen, die Echtzeitverfolgung des Konvois, Notfall- und Interventionspläne sowie die Einrichtung eines Krisenmanagements. Aus diesen Gründen kommt ANDRA zu dem Ergebnis, dass die Integrität der Transportverpackungen auch bei schweren Unfällen nicht in Frage gestellt wird und somit keine Freisetzung von radioaktiven Stoffen zu erwarten ist. ([5], Kap. 11.3.3.1.2 & 11.3.3.1.3)

Da Transportverpackungen vom Typ B gemäß [73] den meisten, (aber nicht allen) schweren Unfallbedingungen standhalten müssen, kann nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden, dass es durch ein auslegungsüberschreitendes Ereignis während eines Gebindefransports zum Cigéo oder durch Transportszenarien, bei denen unplanmäßig oder mit Vorsatz von genehmigten Transportwegen abgewichen wird, zu Umweltauswirkungen auf einen angrenzenden Staat (z. B. Deutschland) kommen könnte, auch wenn die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines solchen Ereignisses als sehr gering eingeschätzt wird. Es wird erwartet, dass die Untersuchung entsprechender Ereignisse bzw. Szenarien Gegenstand der konkreten Genehmigungsprozesse für diese Transportvorgänge sein wird.

Da alle vorgesehenen Transportrouten (siehe Abbildung 23 auf Seite 70) westlich der Wasserscheide Atlantik – Nordsee bzw. südlich der europäischen Hauptwasserscheide Atlantik – Mittelmeer liegen, sind über den Wasserpfad auch dann keine erheblichen Umweltauswirkungen auf Deutschland zu erwarten, wenn es während eines Gebindefransports zum Cigéo zu einem auslegungsüberschreitenden Ereignis mit Freisetzung in Gewässer kommen sollte. Ob infolge eines auslegungsüberschreitenden Ereignisses erhebliche Umweltauswirkungen auf Deutschland über den Luftpfad zu erwarten wären, kann an dieser Stelle nicht abschließend bewertet werden, da in den vorliegenden Antragsunterlagen keine Angaben zu Gesamtaktivität und Radionuklidvektoren der verschiedenen PG enthalten sind. Solche Angaben wären aber für den in einer Ausbreitungsrechnung zu berücksichtigenden Quellterm erforderlich.

Es wird darauf hingewiesen, dass das Öko-Institut e. V. in seiner Stellungnahme [74] eine Abschätzung der möglichen Umweltauswirkungen auf Deutschland bei „*sehr schweren Unfällen während des Transports von radioaktivem Abfall innerhalb Frankreichs zum Standort des Endlagers*“ unter „*sehr pessimistischen Annahmen*“ durchgeführt hat. Dabei kommt es zu dem Ergebnis, dass „*nur von sehr geringen gesundheitlichen Risiken [von Personen der Bevölkerung in Rheinland-Pfalz, dem Saarland und Luxemburg] ausgegangen werden*“ kann (siehe Abschnitt 8.3.2.2).

8.2 International Peer Review, IAEA (2016)

Dem in diesem Bericht analysierten Antrag auf DAC des Cigéo ging die Einreichung eines Dossiers der Sicherheitsoptionen ([1, 2]) bei der ASN voraus, was ANDRA die Möglichkeit gab, sich von der ASN bei der Vorbereitung des Genehmigungsantrags zu den Sicherheitsgrundsätzen und dem Sicherheitskonzept beraten zu lassen. Die ASN hat dann die IAEA gebeten, ein internationales *Peer-Review* des Dossiers der Sicherheitsoptionen ([1, 2]) zu organisieren. Zu diesem Zweck hat die IAEA eine internationale Expertengruppe (*international review team*, IRT) einberufen, um die Überprüfung anhand der einschlägigen IAEA-Sicherheitsstandards (IAEA *safety standards*) und der bewährten internationalen Praxis und Erfahrung durchzuführen.

Die Ergebnisse der Bewertung des Dossiers der Sicherheitsoptionen ([1, 2]) hinsichtlich der Nachbetrieb- und Betriebssicherheit werden in den folgenden Abschnitten zusammenfassend dargestellt.

8.2.1 Betriebssicherheit

Das IRT ist der Ansicht, dass die von ANDRA angewandte Methodik zur Bewertung der Betriebssicherheit umfassend und systematisch ist.

Gemäß IRT habe ANDRA im Dossier der Sicherheitsoptionen ([1, 2]) Informationen vorgelegt, die ein breites Spektrum an internen und externen Gefahren und Risiken für die über- und untertägigen Anlagen abdeckten. Außerdem habe ANDRA bei der Bewertung der Risiken für die Öffentlichkeit und das Personal auch die Rückholung und die Stilllegungsmaßnahmen berücksichtigt. Das IRT wür-

digd auch, dass ANDRA sowohl Kombinationen von Ereignissen als auch die Risiken im Zusammenhang mit der Koaktivität berücksichtigt, die sich aus der gleichzeitigen oder aufeinanderfolgenden Durchführung von Arbeiten in derselben geografischen Zone oder der Inanspruchnahme derselben Versorgungseinrichtungen ergeben. ([75], Kap. 4.5).

Gemäß IRT hat ANDRA die Bedeutung der Brandgefahr unter Tage hervorgehoben und entsprechend umfangreiche Informationen über die erforderlichen Vorsorge- und Schutzmaßnahmen zur Verringerung der festgestellten Risiken vorgelegt. Die Diskussionen umfassten

- Belüftungs- und Filtersysteme für die LL-IL-Einlagerungsstrecken (z. B. redundante Luftzufuhr- und Absaugfunktionen, Sensoren am Ausgang der LL-IL-Einlagerungsstrecken, Umschaltung auf Notstromaggregate an der Oberfläche),
- einfache, robuste Funktionsprinzipien des Bewetterungssystems für die untertägige Streckenbewetterung (z. B. Begrenzungsmaßnahmen und Änderungen, die beim Umschalten der Belüftung zwischen Nenn- und Brandbedingungen erforderlich sind),
- die Auslegung der Einlagerungsstrecken und des Belüftungssystems auf potenzielle Gefahren (insbesondere Kollision, Erdbeben, Temperaturanstieg usw.) und
- das Vorhandensein von Filterräumen (*dernier Niveau de Filtration* (letzte Filterstufe)) in denen sich die Filtergehäuse der LL-IL-Einlagerungsstrecken befinden.

Das IRT merkt diesbezüglich lediglich an, dass ein Szenario, bei dem die falschen Zelltüren geschlossen werden oder das falsche Belüftungsprotokoll aktiviert wird, nicht beschrieben wird. Ein solches Szenario könnte auf menschliches Versagen zurückzuführen sein, und die Untersuchung der Auswirkungen eines solchen Szenarios könnte nützlich sein, um die Robustheit des Systems zu bewerten. ([75], Kap. 4.5)

Das IRT ist der Ansicht, dass ANDRA auch der Evakuierung des Personals aus der untertägigen Anlage in Anbetracht des derzeitigen Planungsstandes erhebliche und angemessene Aufmerksamkeit geschenkt hat. Demnach hat ANDRA im Dossier der Sicherheitsoptionen ([1, 2]) insbesondere den Ansatz für die Evakuierung einer großen Anzahl von Untertage-Belegschaft (eine Kombination aus Schutz an Ort und Stelle und organisierter und begleiteter Evakuierung) sowie der Evakuierung im Brandfall (jede Zone hat ihre eigenen Wege für die Evakuierung des Personals, wobei im Brandfall auch die Evakuierung des Personals aus der Betriebszone über die Bauzone und umgekehrt möglich ist) beschrieben. ([75], Kap. 4.5)

Das IRT würdigte außerdem explizit ANDRAs Ansatz, aus anderen Tunnel- und Grubenunglücken gezogenen Lehren zu dokumentieren, um Anhaltspunkte für bewährte Verfahren für die künftige Errichtung und den Betrieb des Cigéo und insbesondere für die untertägige Anlage (einschließlich LSF) zu liefern ([75], Kap. 4.5).

In Bezug auf die Abschätzung der Exposition des Personals merkt das IRT an, dass bestimmte konservative Annahmen (z. B. Radionuklidfreisetzung aus den Abfallgebinden), die zur Abschätzung der Exposition der Bevölkerung verwendet werden, bei der Abschätzung der Exposition der Belegschaft aufgrund der Nähe der Arbeiter zu möglichen Freisetzungen zu konservativ sein könnten. Demnach könnten die Schätzungen für die Exposition der Arbeiter realistischere Annahmen erfordern. ([75], Kap. 4.5)

Des Weiteren empfiehlt das IRT, dass ANDRA das Filtern der Abwetter aus der untertägigen Anlage als Schutzmaßnahme zur Begrenzung der Freisetzung von Radioaktivität bei Störfällen oder Unfällen in Betracht ziehen sollte ([75], Kap. 4.5).

8.2.2 Nachbetriebssicherheit

Das IRT ist der Ansicht, dass ANDRA einen guten Gesamtmanagementprozess zur systematischen Definition und Untersuchung von Sicherheitsszenarien anwendet. Das IRT schätzt die Verwendung von WIS, da dies ANDRA ermöglicht, ein gutes Verständnis für die Robustheit des Endlagersystems unter extremen Bedingungen zu gewinnen. Das IRT gibt jedoch in Hinblick auf bestimmte Themen (siehe unten) einige Empfehlungen ab, die es ANDRA ermöglichen würden, die Robustheit des Entsorgungssystems weiter zu belegen. ([75], Zusammenfassung)

Entwicklung der Szenarien für die Sicherheitsbewertung in der Nachbetriebsphase

Im Allgemeinen ist das IRT der Ansicht, dass ANDRA ein gutes Gesamtmanagementverfahren zur systematischen Definition und Untersuchung von Sicherheitsszenarien einsetzt. Das IRT hält insbesondere das PARS-System⁴⁷ für eine ganzheitliche Methode zur Beschreibung signifikanter Phänomene und deren Zusammenspiel im Hinblick auf Sicherheitsauswirkungen. Darüber hinaus ist der Gesamtprozess der Sicherheitsbewertung ein wichtiger Bestandteil der Aktualisierung des Endlagerkonzepts mit dem übergeordneten Ziel der Optimierung. ([75], Kap. 4.1)

Obwohl ANDRA auf der Grundlage der Ergebnisse seiner umfangreichen Standortuntersuchung argumentiert hat, dass die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von wasserführenden Merkmalen (z. B. Risse) in der ZIRA verschwindend gering ist, schlägt das IRT vor, dass ANDRA im Rahmen der WIS auch Risse im Wirtsgestein berücksichtigen sollte ([75], Kap. 4.1).

Anmerkung: Dieser Empfehlung kommt ANDRA durch die Betrachtung der beiden WIS „Postulierte unentdeckte Störung im Wirtsgestein“ (siehe Anhang 7h) nach.

Szenario des Versagens der HA-Endlagerbehälter

In Bezug auf ein mögliches frühzeitiges Versagen der HA-Endlagerbehälter weist das IRT darauf hin, dass aufgrund der hohen Anzahl von HA-Endlagerbehältern immer eine geringe Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Fehlers in Zusammenhang mit der Herstellung oder dem Schweißen der Behälter bestehen bleibt, da jeder industrielle Prozess Abweichungen im Produktionsprozess aufweist. Solche Produktionsfehler (egal ob durchdringend oder nicht) können zu einem verfrühten Versagen der Endlagerbehälter führen. Das IRT erkennt an, dass sich der frühzeitige Verlust der Endlagerbehälter als Einschlussbarriere aufgrund der zentralen Rolle des Wirtsgesteins nicht signifikant auf die Dosis auswirken wird. Dennoch schlägt es vor, dass ANDRA die Argumentation für den Ausschluss der Möglichkeit eines verfrühten Versagens der HA-Endlagerbehälter verdeutlicht. ([75], Kap. 4.2.1).

Außerdem empfiehlt das IRT, dass ANDRA im Sicherheitsnachweis und in der Sicherheitsbewertung mikrobielle Aktivitäten an der Grenzfläche zwischen Mantel und Verfüllmaterial berücksichtigen und sich bei Bedarf auf Untersuchungen zur mikrobiellen Aktivität stützen sollte. Diese Empfehlung wird dadurch begründet, dass derartige mikrobielle Aktivitäten zu einer erhöhten Korrosionsrate von metallischen Komponenten (z. B. des Mantels) führen könnte, die wiederum zu einer erhöhten Korrosionsrate des HA-Endlagerbehälters führen könnte. ([75], Kap. 4.2.2).

Anmerkung: In der Risiko- und Ungewissheitenanalyse werden mikrobielle Aktivitäten betrachtet (siehe [33], Kap. 2.2.2.7).

⁴⁷ *Phenomenological Analysis of Repository Situations* (PARS, Phänomenologische Analyse von Endlagersituationen)

Intruder-Szenarien

Das IRT empfiehlt, dass ANDRA – in Übereinstimmung mit der internationalen Praxis – SIHI nicht den SEA und WIS zuzuordnen, sondern sie als eigene Szenariengruppe behandeln sollte, bei der keine Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit vorgenommen wird ([75], Kap. 4.3).

Anmerkung: Dieser Empfehlung kommt ANDRA nach. Die vier SIHI werden nun als eigene Szenariengruppe behandelt (siehe Anhang 7h).

8.3 Öko-Institut e. V. (2013)

Die deutschen Bundesländer Rheinland-Pfalz und Saarland sowie das Großherzogtum Luxemburg haben sich zusammengeschlossen, um sich gemeinsam über das in ihrer Nachbarschaft angesiedelte Endlagervorhaben Cigéo zu informieren und sich bezüglich grenzüberschreitender Aspekte eine Meinung zu bilden. In diesem Zusammenhang wurde das Öko-Institut e. V. beauftragt, ausgewählte, potenziell grenzüberschreitende Effekte des Endlagervorhabens anhand der von ANDRA vorgelegten Unterlagen [76–78] aus den Jahren 2005, 2010 und 2013 und ggf. weiterer Informationsquellen einer Bewertung zu unterziehen. Neben dem Abgleich mit internationalen Regelwerken waren für die Auftraggeber folgende Aspekte von Interesse:

- Betriebssicherheit
 - Strahlenbelastung für die Bevölkerung der Auftraggeberländer durch die Abgabe von Radioaktivität mit der Fortluft des Endlagers im Normalbetrieb
 - Risiken für die Bevölkerung der Auftraggeberländer durch Transporte
 - Risiken für die Bevölkerung der Auftraggeberländer durch Störfälle
- Nachbetriebssicherheit
 - Betroffenheit des Grundwasserpfad in den Auftraggeberländern (Langzeitsicherheit)

([74], Kap. 1)

In den folgenden Abschnitten werden die zusammengefassten Ergebnisse der durch das Öko-Institut e. V. vorgenommenen Bewertung wiedergegeben.

8.3.1 Vergleich mit internationalen Regelwerken

„Es ist nicht festzustellen, dass das Endlagervorhaben CIGÉO in irgendeiner Weise internationalen Regelwerken zuwiderläuft. Das Genehmigungsverfahren befindet sich in einem frühen Stadium, die derzeitigen Sicherheitsanalysen sind als vorläufig zu betrachten und müssen im weiteren Fortgang zu einem „Safety Case“ weiterentwickelt und durch regelmäßige Überprüfung auch immer wieder zur Diskussion gestellt werden. Dieses schrittweise Vorgehen entspricht internationalem Standard und ist, wenn qualitativ hochwertig durchgeführt, verfahrensseitig nicht zu beanstanden.“ ([74], Kap. 7.1)

8.3.2 Betriebssicherheit

8.3.2.1 Strahlenexposition der Bevölkerung der Auftraggeberländer im Normalbetrieb

Das Öko-Institut e. V. kommt in seiner Stellungnahme zu dem Ergebnis, *„dass in den Auftraggeberländern [...] nur von einer vernachlässigbaren Dosis durch die normalbetrieblichen Ableitungen radioaktiver Stoffe in die Fortluft des Endlagers CIGÉO ausgegangen werden kann.“* ([74], Kap. 3.2)

8.3.2.2 Risiken für die Bevölkerung der Auftraggeberländer durch Transporte

Um die Risiken für die Bevölkerung der Auftraggeberländer durch Transporte zu bewerten, wurde als abdeckender Fall von einem Szenario ausgegangen, bei dem es zu einer mechanischen und thermischen Einwirkung auf Gebinde mit bituminiertem mittelradioaktiven Abfall kommt, die als ungünstig angesehen werden, da die Abfallmatrix nach entsprechender Einwirkung schmelzen und brennen kann. Für die Dosisabschätzung wurde ein maximales Gesamtinventar von $1,5 \cdot 10^{12}$ Bq und folgender (ungünstiger) Nuklidvektor angenommen:

- 45 % Cs-137
- 5 % α -Pu (Pu-238, Pu-239 und Pu-240)
- 45 % Pu-241
- 5 % Am-241

Um ein breites Spektrum an möglichen Szenarien abzudecken, wurden außerdem drei unterschiedliche meteorologische Randbedingungen („Trocken“, „Regen“ und „Regen nur am Aufpunkt“ betrachtet. ([74], Kap. 4.2)

Für die drei Szenarien wurde die effektive Dosis der Referenzperson durch Inhalation und Gamma-Bodenstrahlung im ersten Jahr nach dem Unfall berechnet. In allen Szenarien sind die Erwachsenen die höchstexponierte Altersgruppe, wobei die Dosis jeweils durch Inhalation bestimmt wird. Trotz „*extrem ungünstiger Annahmen*“ ergeben sich für das Saarland (Entfernung von 120 km) Dosen von deutlich weniger als 1 mSv/a (siehe Tabelle 24).

Tabelle 24: Abgeschätzte transportunfallbedingte effektive Dosis im Saarland (in mSv effektive Dosis im ersten Jahr; [74], Tabelle 4.1)

	Szenario „Trocken“	Szenario „Regen“	Szenario „Regen nur am Aufpunkt“
Inhalation	0,19	0,015	0,19
Gamma-Bodenstrahlung	0,00048	0,0011	0,083
Summe	0,19	0,016	0,28

Die Berechnung der Kontamination von Lebensmitteln (Blattgemüse, sonstige pflanzliche Lebensmittel, Milch/Milchprodukte und Fleisch/Fleischprodukte) und deren Vergleich mit Höchstwerten der europäischen Union (EU-Höchstwerte) hat ergeben, dass die EU-Höchstwerte in den meisten Fällen unterschritten werden. Nur in dem Szenario „Regen nur am Aufpunkt“ werden die EU-Höchstwerte

- bei Blattgemüse durch Pu-239 und Am-241 (jeweils 100 Bq/kg im Saarland) und
- bei Fleisch/Fleischprodukten durch Cs-137 (3 500 Bq/kg im Saarland)

überschritten. Da es sich bei diesem Szenario um ein kleinräumiges Ereignis handelt, wären gemäß Öko-Institut e. V. nur sehr begrenzte Mengen an Lebensmitteln nach den EU-Höchstwerten nicht mehr vermarktbar. Außerdem wäre eine solche Überschreitung auch nur möglich, wenn zum Unfallzeitpunkt Blattgemüse erntereif wäre und/oder Vieh auf der Weide stünde. ([74], Kap. 4.2)

8.3.2.3 Risiken für die Bevölkerung der Auftraggeberländer durch Störfälle

Da untertägige und übertägige Transporte auf dem Gelände des Endlagers mit deutlich geringeren Geschwindigkeiten durchgeführt werden und die möglichen Brandlasten deutlich geringer sind, wurde bei der Betrachtung der Risiken für die Bevölkerung der Auftraggeberländer durch Störfälle von höchstens 1 % der in Abschnitt 8.3.2.2 angesetzten Freisetzungen ausgegangen. ([74], Kap. 5)

Die für die drei unterschiedlichen meteorologischen Randbedingungen abgeschätzten effektiven Dosen sind sehr niedrig (für das Saarland zwischen 0,00016 mSv/a und 0,0028 mSv/a) und liegen damit weit unterhalb von 1 mSv/a. Auch die abgeschätzten Lebensmittelkontaminationen liegen weit unterhalb der EU-Höchstwerte. ([74], Kap. 5)

8.3.2.4 Zusammenfassung der fachlichen Einschätzung zur Betriebssicherheit

„Die vom eigentlichen Betrieb des Endlagers CIGÉO ausgehenden Risiken für die Länder Rheinland-Pfalz, Saarland und Luxemburg sind aufgrund der Entfernung von mindestens 110 km und den geringen zu erwartenden Freisetzungen radioaktiver Stoffe im Normalbetrieb und bei Störfällen sehr gering. Andernfalls könnten auch die Anforderungen des Strahlenschutzes in der unmittelbaren Umgebung des Standorts nicht eingehalten werden.

Bei sehr schweren Unfällen während des Transports von radioaktivem Abfall innerhalb Frankreichs zum Standort des Endlagers kann es zu deutlich größeren Freisetzungen radioaktiver Stoffe kommen als im eigentlichen Betrieb des Endlagers. Auch unter sehr pessimistischen Annahmen [...] sind mögliche Strahlenexpositionen von Personen der Bevölkerung in Rheinland-Pfalz, dem Saarland und Luxemburg deutlich kleiner als 1 mSv. Maßnahmen des Katastrophenschutzes werden in diesen Ländern nicht erforderlich. Auch in Anbetracht der sehr geringen Wahrscheinlichkeit eines solchen Ereignisses einschließlich der gewählten Randbedingungen kann nur von sehr geringen gesundheitlichen Risiken ausgegangen werden.

Unter sehr pessimistischen Annahmen ist die Überschreitung von EU-Höchstwerten für die Vermarktung von Lebensmitteln möglich. Dies würde aber nur kleinräumig zu entsprechenden Konsequenzen führen können und nur, wenn Blattgemüse erntereif ist und Vieh auch nach einem solchen Transportunfall auf der Weide verbleiben würde.“ ([74], Kap. 7.2)

8.3.3 Nachbetriebssicherheit

8.3.3.1 Betroffenheit des Grundwasserpfad in den Auftraggeberländern

Geologie und Hydrogeologie

Es wird festgestellt, dass „*die hydrogeologischen Randbedingungen sowohl von der Orientierung der Druckgradienten als auch im Hinblick auf die Strömungsgeschwindigkeiten heute eine Grundwasserströmung aus dem Standortbereich des CIGÉO in Richtung auf die Nachbarländer Rheinland-Pfalz, Saarland und Luxemburg nicht zulassen.*“ ([74], Kap. 6.1.1)

Tektonik

Gemäß Öko-Institut e. V. lässt sich aus den gesichteten Informationen zunächst kein Hinweis ableiten, „*der auf präferenzielle Fließwege für eine potenzielle Radionuklid Ausbreitung in die Nachbarländer entlang der vorhandenen Störungslinien hindeutet*“. Es weist aber darauf hin, dass noch nicht abschließend geklärt bzw. dokumentiert sei, inwieweit der Standort Cigéo selbst und seine Langzeit-sicherheit von den 2007 detektierten Störungslinien beeinträchtigt werden. ([74], Kap. 6.1.2)

Oberflächengewässer

Das Öko-Institut e. V. kommt zu dem Ergebnis, dass „*sich hinsichtlich der Betroffenheit der Auftraggeberländer kein Ausbreitungspfad eventuell emittierter Radionuklide über das Oberflächengewässersystem herleiten*“ lässt. Diese Einschätzung ist im Wesentlichen dadurch begründet, dass die Mosel als hydrologische Verbindung nach Deutschland und in das deutsch-luxemburgische Grenzgebiet nicht an das System der Oberflächengewässer im Standortgebiet des Cigéo angeschlossen ist. ([74], Kap. 6.1.3)

Erosion und zukünftige Standortentwicklung

Gemäß Öko-Institut e. V. ergibt sich im Hinblick auf Erosion und zukünftige Standortentwicklung kein Hinweis auf eine für die Nachbarländer ungünstige Entwicklung ([74], Kap. 6.1.4).

8.3.3.2 Zusammenfassende Bewertung im Hinblick auf Langzeitsicherheitsaspekte

„Erkennt man die Gültigkeit der von Andra verwendeten Postulate an, dann lassen sich hinsichtlich der Langzeitsicherheit keine für die Nachbarländer ungünstigen Entwicklungen erkennen. Diesbezüglich ist aber auf die bereits in [[79]] vorgetragenen Kritikpunkte hinzuweisen, die sich auf die Unsicherheit im Hinblick auf die vermutete Homogenität des Wirtsgesteins und die erst noch zu zeigende Gültigkeit der im Untertagelabor Bure ermittelten Gesteins- und Formationsparameter auf den Standort CIGÉO beziehen. Aber auch unter Berücksichtigung der Kritikpunkte an den derzeitigen Langzeitsicherheitsaussagen erscheint eine Beeinträchtigung der Nachbarländer durch die Migration von Radionukliden über den Grundwasserpfad oder über Oberflächengewässer aus hydraulischen und hydrogeologischen Gründen unwahrscheinlich. Es ist allerdings festzuhalten, dass es Kritikpunkte an den Langzeitsicherheitsaussagen gibt, die zur Folge haben können, dass die potenzielle Freisetzung von Radionukliden innerhalb des heutigen französischen Staatsgebietes unterschätzt oder zumindest nicht in ihrer gesamten möglichen Bandbreite erkannt wird. Eine detaillierte, auf den Standort CIGÉO bezogene Sicherheitsanalyse unter Würdigung der gesamten Bandbreite des Kenntnstands könnte hier Abhilfe schaffen. [...] Wir erwarten daher, dass Andra spätestens im Rahmen der Antragstellung eine umfassende standortspezifische Sicherheitsanalyse veröffentlicht und zur Diskussion stellt. In diesem Zusammenhang ist es mittlerweile üblich, die Sicherheitsanalyse und bedarfsweise auch die unterlegten Quellen einem internationalen Peer Review zu unterziehen.“ ([74], Kap. 7.3)

Anmerkung: Der Erwartung des Öko-Instituts e. V. ist ANDRA mit Veröffentlichung der Dossiers der Sicherheitsoptionen ([1, 2]) sowie der im Rahmen dieses Berichts ausgewerteten Antragsunterlagen für die DAC des Cigéo nachgekommen.

9 UMWELTVERTRÄGLICHKEITSPRÜFUNG UND BETEILIGUNGSMÖGLICHKEITEN

9.1 Umweltverträglichkeitsprüfung

In Abschnitt 7.1.1 erfolgt eine Vor- und Gegenüberstellung des regulatorischen Rahmens von UVPs in Frankreich und Deutschland. In Abschnitt 7.1.2 werden ihre jeweiligen Abläufe beschrieben.

9.1.1 Regulatorischer Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung

Nachfolgend werdender regulatorische Rahmen von UVPs in der EU, Frankreich und Deutschland beschrieben (Abschnitte 9.1.1.1, 9.1.1.2 und 9.1.1.3) und das Ergebnis der Gegenüberstellung der Gesetze und untergesetzlichen Regelungen zu UVPs in Frankreich und Deutschland vorgestellt (Abschnitt 9.1.1.4).

9.1.1.1 Europäische Union

In der EU sind die Grundsätze der UVP in folgenden Richtlinien geregelt:

- 1991: Richtlinie 85/337/EWG des Rates vom 27. Juni 1985 über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten [80] (nachfolgend „Richtlinie 85/337/EWG“)
- außer Kraft -
- 2011: Richtlinie 2011/92/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Dezember 2011 über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten [81] (nachfolgend „Richtlinie 2011/92/EU“)
- 2014: Richtlinie 2014/52/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. April 2014 zur Änderung der Richtlinie 2011/92/EU über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten [82] (nachfolgend „Richtlinie 2014/52/EU“)

Frankreich und Deutschland setzen UVS und UVP in enger Abstimmung innerhalb der EU und den einschlägigen Richtlinien (siehe oben) unter Berücksichtigung etwaiger Weiterentwicklungen in nationales Recht und Umsetzungspraxis um.

Des Weiteren trat 1997 die sogenannte Espoo-Konvention für grenzüberschreitende Umweltauswirkungen [83] in Kraft.

Für die grenzüberschreitende Zusammenarbeit bei umweltrelevanten Vorhaben sind durch die Umsetzung der Espoo-Konvention sowie der Richtlinie 2011/92/EU in der Fassung der Richtlinie 2017/52/EU gesetzliche Verfahrensregelungen in Kraft getreten. Demnach informiert die zuständige Behörde des Ursprungsstaates die zuständige Behörde des Nachbarstaates über ein Projekt zum gleichen Zeitpunkt und nach den gleichen Modalitäten wie die anderen Behörden des Ursprungsstaates, spätestens aber zum Zeitpunkt der Anhörung der Öffentlichkeit. [84]

9.1.1.2 Frankreich

Frankreich hat schon früh die Berücksichtigung bzw. Prüfung von Umweltauswirkungen von Tätigkeiten und Anlagen gesetzlich vorgeschrieben. „Umweltverträglichkeitsstudien“ (*étude d'impact*) wurden mit dem *Loi de protection de la Nature* (Naturschutzgesetz) bereits im Jahr 1976 verabschiedet und wurden 1978 Teil der Umweltgesetzgebung. Das neue Gesetz löste die seit 1917 geltende gesetzliche Regelung ab, die eine Öffentlichkeitsbeteiligung bei (industriellen) Genehmigungsverfahren bei „gesundheitsgefährdenden, störenden oder gefährlichen“ Aktivitäten vorsah.

Die europäischen Richtlinien 2011/92/EU und 2014/52/EU wurden im Gesetz „*Loi n° 2015-990 du 6 août 2015 pour la croissance, l'activité et l'égalité des chances économiques (article 106)*“ sowie in ergänzenden Dekreten (*décrets*), Verordnungen (*ordonnances*) und Erlassen (*arrêtés*) in nationales Recht umgesetzt.

Als EU-Mitgliedsstaat ist Frankreich Mitunterzeichner der Espoo-Konvention für grenzüberschreitende Umweltauswirkungen. Vorhaben im grenzüberschreitenden Rahmen nach Espoo-Konvention sind Vorhaben, die genehmigungs- bzw. zulassungspflichtig sind und für die eine UVS erforderlich ist: Klassifizierte Anlagen für den Umweltschutz (*installations classées pour la protection de l'environnement*, ICPE) und andere Anlagen, Werke, Arbeiten und Aktivitäten mit Auswirkungen auf Gewässer. [84]

Weitere Angaben zu UVP und Umweltprüfung in Frankreich (insbesondere im Hinblick auf die UVS des Cigéo-Gesamtprojekts) sind in [15] bzw. Anhang 6b enthalten.

9.1.1.3 Deutschland

In der Bundesrepublik Deutschland wurde der Aspekt „Umweltverträglichkeitsprüfung“ erstmalig im Umweltverträglichkeitsgesetz von 1990 auf Basis der Richtlinie 85/337/EWG [80] kodifiziert bzw. in nationales Recht übernommen.

Die europäischen Richtlinien 2011/92/EU und 2014/52/EU wurden durch das UVPG [4] umgesetzt. Hier wird zwischen UVP und Strategischer Umweltprüfung (SUP) unterschieden. Die UVP ist dabei in das Zulassungsverfahren für Industrieanlagen und Infrastrukturprojekte oder andere große Vorhaben integriert. Die SUP wird bei der Aufstellung bestimmter Pläne und Programme durchgeführt und setzt damit im Vergleich zur UVP wesentlich früher an, um umweltverträgliche Lösungen zu finden.

Als EU-Mitgliedsstaat ist Deutschland Mitunterzeichner der Espoo-Konvention für grenzüberschreitende Umweltauswirkungen. Vorhaben im grenzüberschreitenden Rahmen nach Espoo-Konvention sind insbesondere, aber nicht nur, genehmigungs- oder zulassungsbedürftige Projekte, die in der Anlage 1 zum UVPG oder den entsprechenden UVP-Vorschriften der Länder aufgeführt sind und für die nach Maßgabe dieser gesetzlichen Bestimmungen die Durchführung einer UVP erforderlich ist. [84]

9.1.1.4 Ergebnis der Gegenüberstellung

Grundsätzlich sind die Gesetze und untergesetzlichen Regelungen in Deutschland und Frankreich sehr ähnlich, da es sich jeweils um die Umsetzung einer europäischen Richtlinie in nationales Recht handelt. Unterschiede gibt es bei der Aufteilung von „UVP“ und „SUP“ in Deutschland im Vergleich zum einheitlichen Prozess der „Umweltbewertung“ (*évaluation environnementale*) in Frankreich.

9.1.2 Ablauf der UVP

Nachfolgend werden der Ablauf von UVPs in Frankreich und Deutschland beschrieben (Abschnitte 9.1.2.1 und 9.1.2.2) und das Ergebnis der Gegenüberstellung des Ablaufs von UVPs in Frankreich und Deutschland vorgestellt (Abschnitt 9.1.2.3).

9.1.2.1 Frankreich

Gemäß [85] erfolgt die UVP in Frankreich wie für alle Umweltgenehmigungen, die dann Teil eines gesamten (übergeordneten) Genehmigungs- bzw. Zulassungsverfahrens sind, nach dem folgenden (vereinfachten⁴⁸) Ablaufschema:

- Bericht über die Umweltauswirkungen (entspricht UVS), erstellt vom Antragsteller (Projektträger oder verantwortliche Person für ein Planverfahren)
- Bewertungs- und Beteiligungsverfahren (durch die zuständige Umweltbehörde (*autorité environnementale*) und die Öffentlichkeit)
- Beratung und Prüfung (entspricht UVP) durch die Genehmigungsbehörde

Die Umwelt muss dabei in ihrer Gesamtheit berücksichtigt werden: Bevölkerung und Gesundheit, Biodiversität, Fläche, Boden, Wasser, Luft und Klima, Sachgüter, kulturelles Erbe und Landschaften, sowie die Wechselwirkungen zwischen diesen Elementen.

Gemäß [87] ist in der französischen Verwaltungspraxis bei der Einordnung und Handhabung von Umweltauswirkungen (ähnlich wie in Deutschland) nach dem Konzept Vermeiden-Vermindern-Ausgleichen (sogenanntes VVA-Konzept) vorzugehen.

9.1.2.2 Deutschland

In Deutschland gliedert sich der Ablauf einer UVP entsprechend der Übersicht des Umweltbundesamtes [88] wie folgt:

- Eine UVP ist gesetzlich vorgesehen, wenn bei großen Projekten, die die Umwelt negativ beeinflussen können, eine Genehmigung beantragt wird.
- Die UVP ist Teil des Zulassungsverfahrens, in dem alle erheblichen Auswirkungen auf die Umwelt noch vor der Umsetzung systematisch untersucht und bewertet werden.
- In einer UVP wird überprüft, ob ein Vorhaben die Luftqualität belastet, ob Lärm entsteht, wie viel Fläche verbraucht wird und ob das Vorhaben schädlich für das Klima, Flora und Fauna oder Menschen ist.
- Die Ergebnisse werden im UVP-Bericht zusammengefasst und veröffentlicht. Hierzu können Bürgerinnen und Bürger sowie andere Behörden Einwendungen erheben und ihr Wissen einbringen.
- Die UVP dient den Behörden als Grundlage für eine bessere Entscheidung. So können negative Veränderungen unserer Umwelt frühzeitig erkannt, vermieden, vermindert oder, wenn nicht anders möglich, ausgeglichen werden.

⁴⁸ Eine detailliertere Darstellung zu Genehmigungsverfahren mit Öffentlichkeitsbeteiligung (auf französisch) ist in [86] enthalten.

Gegenstand der Umweltprüfungen sind die im UVPG genannten Schutzgüter: Menschen, insbesondere die menschliche Gesundheit, Tiere, Pflanzen und biologische Vielfalt, Klima, Luft, Landschaft, Boden, Fläche, Wasser, kulturelles Erbe und sonstige Sachgüter sowie die Wechselwirkung zwischen diesen Schutzgütern.

9.1.2.3 Ergebnis der Gegenüberstellung

Grundsätzlich unterscheiden sich der Ablauf und die beteiligten Parteien einer UVP in Deutschland und Frankreich nicht wesentlich voneinander. Kleinere Unterschiede existieren in Bezug auf die Reihenfolge der Schutzgüter sowie in Bezug auf einzelne Formulierungen (siehe Tabelle 25).

Tabelle 25: Gegenüberstellung der Schutzgüter (gemäß UVPG und [85])

Schutzgüter Deutschland	Position	<i>Biens protégés en France</i>	Position
Menschen	1	<i>population</i>	1
menschliche Gesundheit	2	<i>santé humaine</i>	2
Tiere	3		
Pflanzen	4		
biologische Vielfalt	5	<i>biodiversité</i>	3
Fläche	6	<i>terres</i>	4
Boden	7	<i>sol</i>	5
Wasser	8	<i>eau</i>	6
Luft	9	<i>air</i>	7
Klima	10	<i>climat</i>	8
Landschaft	11	<i>paysage</i>	11
kulturelles Erbe	12	<i>patrimoine culturel</i>	10
sonstige Sachgüter	13	<i>biens matériels</i>	9
Wechselwirkung zwischen den vorgenannten Schutzgütern	14	<i>interactions entre ces éléments</i>	12

Die für die UVS des Cigéo-Gesamtprojekts angewandten Methoden (siehe [24] bzw. Anhang 6h) sind grundsätzlich mit den Methoden, die in Deutschland für die Durchführung einer UVS angewendet werden, vergleichbar.

9.2 Beteiligungsmöglichkeiten

Gemäß der Espoo-Konvention sind deutsche Behörden und die deutsche Öffentlichkeit bei der Errichtung von kerntechnischen Einrichtungen im benachbarten Ausland zu beteiligen, sofern zu erwarten ist, dass sich das entsprechende Projekt erheblich auf die Umwelt Deutschlands auswirkt. Als federführendes Ressort für Fragen der nuklearen Entsorgung müssen BMUV und BASE deshalb Endlagerprojekte im benachbarten Ausland (z. B. das Cigéo-Gesamtprojekt) aktiv verfolgen, deren Relevanz in Bezug auf potenzielle Umweltauswirkungen auf Deutschland bewerten, sowie gegebenenfalls Stellungnahmen mit dem Ziel der Beteiligung der deutschen Behörden und der Öffentlichkeit gegenüber dem Nachbarland abgeben.

Nach einer Vorstellung des Öffentlichen Beteiligungsverfahrens in Frankreich (siehe Abschnitt 9.2.1) wird als Grundlage für eine solche Bewertung bzw. Stellungnahme in Abschnitt 9.2.2 dargestellt, zu welchem Ergebnis ANDRA in Bezug auf die potenzielle Beteiligung benachbarter Staaten kommt und wie sich Deutschland am Verfahren beteiligen könnte.

9.2.1 Öffentliches Beteiligungsverfahren in Frankreich

Das allgemeine Prinzip der Beteiligung der Öffentlichkeit an öffentlichen Entscheidungen, die Auswirkungen auf die Umwelt haben, ist im französischen Umweltgesetz festgelegt (siehe auch Anhang 16 und Anhang 17). Im Rahmen des französischen Genehmigungsverfahrens für das Endlager Cigéo ist die Beteiligung der Öffentlichkeit frühzeitig realisiert worden (siehe auch Anhang 14).

Öffentliche Beteiligungsverfahren (ÖBV) sind insbesondere auf Grund folgender für das Cigéo gesetzlich vorgeschriebener Verfahren erforderlich:

- 1) Feststellung des Cigéo als Projekt von öffentlichem Interesse, für welches zum Erwerb noch benötigter Grundstücke für den Bau und Betrieb des Cigéo ein Enteignungsverfahren erforderlich ist. (Basis: Artikel L.122-1ff des Gesetzes zur Enteignung auf Grund des öffentlichen Interesses (*Code de l'expropriation*), siehe auch Abbildung 33)
- 2) Feststellung der Verträglichkeit (Kompatibilität) mit den betroffenen kommunalen/regionalen Entwicklungsplänen (Basis Artikel L.143-144 und 153-154ff der französischen Entwicklungsplangesetzgebung, insbesondere mit den kohärenten Gebietsentwicklungsschemas (*schémas de cohérence territoriale*, SCoT) und den gemeindeübergreifenden Entwicklungsplänen (*plan local d'urbanisme intercommunal*, PLUi))
- 3) Prüfung der Rückholbarkeit der Gebinde mit radioaktiven Abfällen aus dem Endlager (Basis: Artikel L.542-10-01 (5. und 6. Anstrich) des französischen Umweltgesetzes)
- 4) UVP für das Endlager (Basis: Artikel L.123-1ff des französischen Umweltgesetzes)

([89], Kap. 1.3, 5.1, 3.2.1.2 & 3.1.2.6 & [90], Kap., 2.2.1.1 & 2.3)

Das jeweilige Ergebnis der oben genannten Verfahren ist die durch eine Stellungnahme dokumentierte Feststellung des jeweiligen Aspektes (z. B. der Gemeinnützigkeit oder der Umweltverträglichkeit). Diese Feststellung ist für das weitere Verfahren bzw. die Genehmigung des Endlagers erforderlich. In diesem Sinne ist beispielsweise das ÖBV, das im Rahmen der DUP durchgeführt wurde (siehe Abbildung 33), für das weitere Genehmigungsverfahren eine notwendige Voraussetzung.

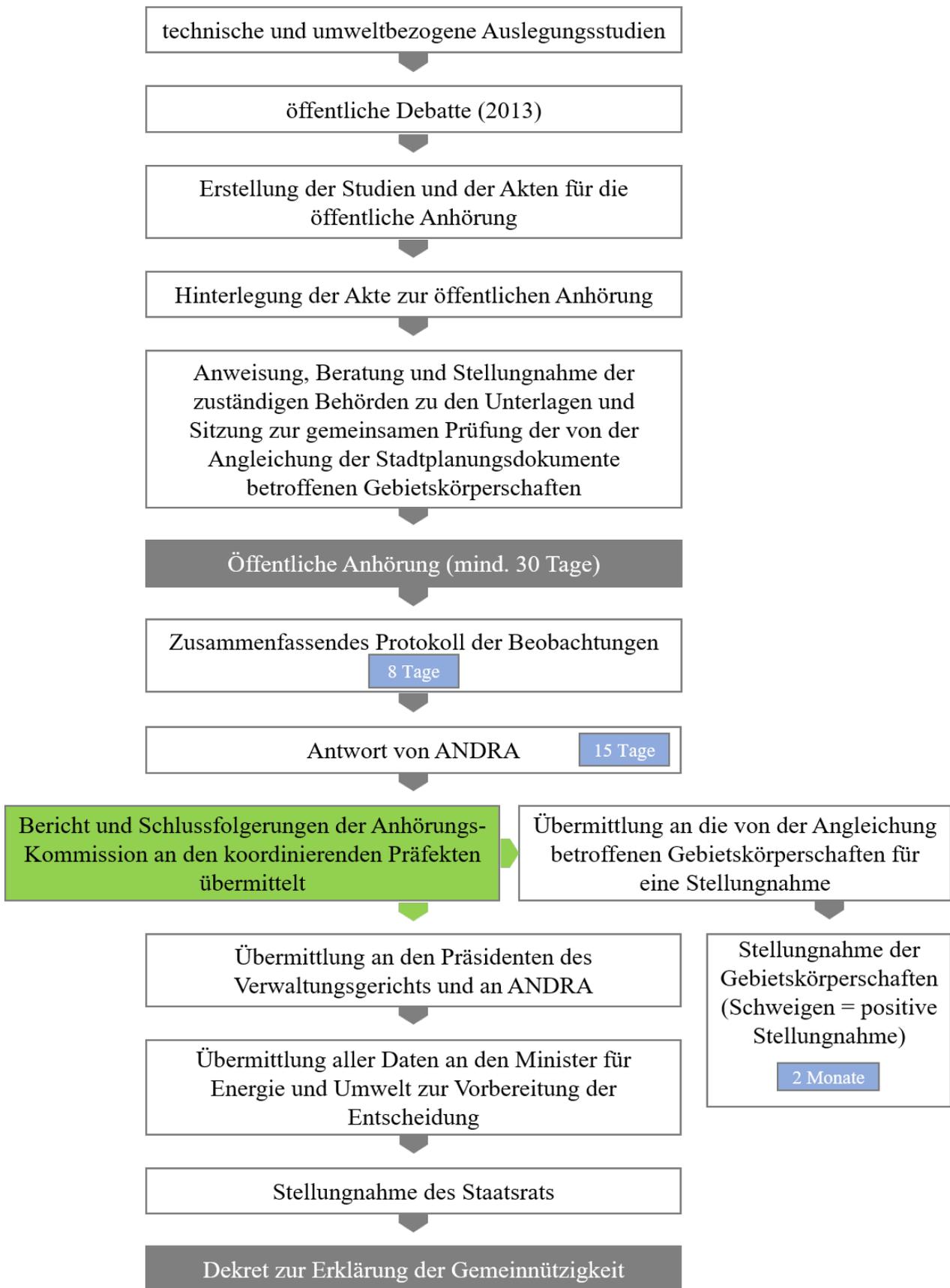


Abbildung 33: Ablaufschema zur Feststellung der Gemeinnützigkeit (gemäß [91], S. 2)

9.2.2 Beteiligung Deutschlands

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens des Cigéo werden bzw. wurden mehrere ÖBV durchgeführt (siehe auch Abschnitt 9.2.1). Eine Beteiligung Deutschlands ist ggf. im Rahmen der UVP zu erwarten (siehe auch Espoo-Konvention in Kapitel 9.1) und zwar dann, wenn das Cigéo-Gesamtprojekt zu erheblichen Umweltauswirkungen in Deutschland führen kann.

Die Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts werden im Rahmen einer UVS (siehe auch Kapitel 7.2) untersucht. Dabei wird im Hinblick auf die Umweltauswirkungen nicht differenziert, ob sie diesseits oder jenseits einer (nicht-natürlichen) Grenze erfolgen, d. h. es gibt kein explizites Einordnungsmerkmal „grenzüberschreitende Auswirkung“. Vielmehr werden verschiedene Untersuchungsgebiete festgelegt (siehe hierzu auch [24], Kap. 1.2 bzw. Anhang 6h).

ANDRA kommt zu dem Ergebnis, dass das Cigéo-Gesamtprojekt **keine erheblichen Auswirkungen auf die Umwelt eines anderen Staates haben kann**. Demzufolge sieht sich ANDRA nicht verpflichtet, den Behörden eines anderen Staates spezifische Informationen zu übermitteln, die die Information und Beteiligung der ausländischen Öffentlichkeit ermöglichen. ([15], Kap. 2.1)

Die Frage, ob eine formelle Anhörung der Länder, die Mitglieder der EU oder Vertragsparteien der Espoo-Konvention sind, eingeleitet werden soll, wird jedoch vom französischen Staat bei der Prüfung der Antragsunterlagen für die DAC neu beurteilt werden. Diese Neubewertung wird insbesondere in Anwendung von Artikel R. 593-22 Absatz 5 des französischen Umweltgesetzes vorgenommen, der besagt, dass der Präfekt die in Artikel R. 122-10 I vorgesehenen Anhörungen durchführt, wenn ein Teil des Hoheitsgebiets eines ausländischen Staates an den Anhörungssektor gemäß Artikel R. 593-5 angrenzt oder wenn er von sich aus oder **auf Antrag der Behörden eines anderen Mitgliedstaats der EU oder einer Vertragspartei der Espoo-Konvention** zu der Auffassung gelangt, dass die Anlage im Stande ist, erhebliche Auswirkungen auf die Umwelt dieses Staates zu haben. ([15], Kap. 2.1)

Die fachliche Einschätzung auf Basis der vorliegenden Informationen (siehe Abschnitt 8.1.2.1) hat ergeben, dass über den Wasserpfad grundsätzlich keine erheblichen Umweltauswirkungen auf Deutschland zu erwarten sind. Auch über den Luftpfad sind beim Betrieb (Normalbetrieb, anomaler Betrieb und Störfallbetrieb) des Cigéo keine erheblichen Umweltauswirkungen auf Deutschland zu erwarten (siehe Abschnitt 8.1.2.2).

Dies gilt im Prinzip auch für die ebenfalls untersuchten weiteren Maßnahmen (siehe Abschnitte 6.2 bis 6.9). Einen Sonderfall stellt der Transport von Gebinden mit radioaktiven Abfällen dar. Da die erwarteten Gebindetransporte gemäß einschlägiger (und international anerkannter) Sicherheitsregeln und durchweg mit großem Abstand zur deutsch-französischen Landesgrenze erfolgen sollen, ist auch hier (selbst bei einem Unfall) nicht mit erheblichen Auswirkungen jenseits der Landesgrenze zu rechnen. Allerdings kann auf Basis der vorliegenden Informationen nicht ausgeschlossen werden, dass es durch ein auslegungüberschreitendes Ereignis⁴⁹ während eines Gebindetransports zum Cigéo oder durch Transportszenarien, bei denen unplanmäßig oder mit Vorsatz von genehmigten Transportwegen abgewichen wird, zu Umweltauswirkungen auf einen angrenzenden Staat (z. B. Deutschland) kommen könnte. Es wird erwartet, dass die Untersuchung entsprechender Ereignisse bzw. Szenarien Gegenstand der konkreten Genehmigungsprozesse für diese Transportvorgänge sein wird. Sollten

⁴⁹ Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines solchen auslegungüberschreitenden Ereignisses während eines Gebindetransports zum Cigéo wird als sehr gering eingeschätzt (siehe dazu auch Abschnitt 8.1.2.3).

diese Untersuchungen die Möglichkeit erheblicher grenzüberschreitender Beeinträchtigungen bestätigen, könnten betroffene angrenzende Staaten zu einem gegebenen Zeitpunkt (z. B. bei der Aufstellung von Notfall- und Vorsorgeplänen) mit in die Vorsorgemaßnahmen bzw. das aktive Risikomanagement (z. B. Informationsketten, Abstimmung von Notfallvorsorge, Koordination von Notfallreaktion-Maßnahmen) eingebunden werden. Des Weiteren würden sich hieraus im Rahmen von ÖBV Beteiligungsmöglichkeiten für die betroffenen Staaten (z. B. Deutschland) ergeben. Deutschland bzw. seine kompetenten Behörden als dann betroffene Träger öffentlicher Belange können diesen Aspekt explizit formulieren.

Andere angrenzende Staaten (z. B. Luxemburg) haben ebenfalls auf diesen Aspekt hingewiesen [92].

10 AUSBLICK

Mögliche Umweltauswirkungen auf Deutschland über den Luftpfad, die durch ein auslegungsüberschreitendes Ereignis während eines Gebindetransports zum Cigéo ausgelöst werden, könnten im Rahmen einer separaten Studie untersucht und hinsichtlich ihrer Erheblichkeit bewertet werden. Eine Schwierigkeit ist in diesem Zusammenhang beim Aufstellen eines adäquaten Quellterms zu erwarten, da die vorliegenden Antragsunterlagen keine primärgebindespezifische Aufstellung der Radionuklidinventare beinhalten.

11 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] ANDRA: Dossier d'options de sûreté: Partie exploitation (DOS-Expl). 2016 (N°CGTED-NTEAMOASR10000150060).
- [2] ANDRA: Dossier d'options de sûreté: Partie après fermeture (DOS-AF). 2016 (N°CGTED-NTEAMOASR20000150062).
- [3] Verordnung über Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle vom 6. Oktober 2020 (Endlagersicherheitsanforderungsverordnung - EndlSiAnfV), 2020.
- [4] Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung vom 12. Februar 1990, 18.03.2021 (UVPG), 1990.
- [5] ANDRA: Pièce 6 - Etude d'impact du projet global Cigéo: Volume 4 - Evaluation des incidences et mesures d'évitement, de réduction et de compensation de ces incidences - Chapitres 1 à 5. UVS - Bewertung der Auswirkungen sowie Vermeidungs-, Verminderungs- und Ausgleichmaßnahmen - Kapitel 1 bis 5. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [6] ANDRA: Pièce 6 - Etude d'impact du projet global Cigéo: Volume 4 - Evaluation des incidences et mesures d'évitement, de réduction et de compensation de ces incidences - Chapitres 6 à 8. UVS - Bewertung der Auswirkungen sowie Vermeidungs-, Verminderungs- und Ausgleichsmaßnahmen - Kapitel 6 bis 8. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [7] ANDRA: Pièce 6 - Etude d'impact du projet global Cigéo: Volume 4 - Evaluation des incidences et mesures d'évitement, de réduction et de compensation de ces incidences - Chapitres 9 à 22. UVS - Bewertung der Auswirkungen sowie Vermeidungs-, Verminderungs- und Ausgleichsmaßnahmen - Kapitel 9 bis 22. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [8] ANDRA: Pièce 0 - Présentation non technique. Allgemeinverständliche Zusammenfassung. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [9] ANDRA: Pièce 1 - Identification de l'exploitant. Identifizierung des Betreibers. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [10] ANDRA: Pièce 2 - Nature de l'installation. Art der Anlage. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [11] ANDRA: Pièce 3 - Carte au 1/25 000^e de localisation de l'installation. Karte des Standorts der Anlage im Maßstab 1:25.000. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [12] ANDRA: Pièce 4 - Plans de situation au 1/10 000^e indiquant le périmètre proposé. Lagepläne mit Angabe des vorgeschlagenen Anlagenausmaßes im Maßstab 1:10.000. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [13] ANDRA: Pièce 5 - Plans détaillés de l'installation au 1/2 500^e. Detailpläne der Anlage im Maßstab 1:2.500. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.

- [14] ANDRA: Pièce 6 - Etude impact du projet global Cigéo: Sommaire général de la pièce. UVS - Allgemeine Inhaltsangabe. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [15] ANDRA: Pièce 6 - Etude d'impact du projet global Cigéo: Volume 1 - Introduction et contexte réglementaire. UVS - Einführung und regulatorischer Rahmen. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [16] ANDRA: Pièce 6 - Etude d'impact du projet global Cigéo: Volume 2 - Justification et description du projet global Cigéo. UVS - Begründung und Beschreibung des Cigéo-Gesamtprojekts. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [17] ANDRA: Pièce 6 - Etude d'impact du projet global Cigéo: Volume 3 - État actuel de l'environnement et facteurs susceptibles d'être affectés par le projet - Chapitres 1 à 5. UVS - Ausgangszustand der Umwelt und Schutzgüter, die durch das Projekt beeinflusst werden könnten - Kapitel 1 bis 5. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [18] ANDRA: Pièce 6 - Etude d'impact du projet global Cigéo: Volume 3 - État actuel de l'environnement et facteurs susceptibles d'être affectés par le projet - Chapitres 6 à 8. UVS - Ausgangszustand der Umwelt und Schutzgüter, die durch das Projekt beeinflusst werden könnten - Kapitel 6 - 8. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [19] ANDRA: Pièce 6 - Etude d'impact du projet global Cigéo: Volume 3 - État actuel de l'environnement et facteurs susceptibles d'être affectés par le projet - Chapitres 9 à 17. UVS - Ausgangszustand der Umwelt und Schutzgüter, die durch das Projekt beeinflusst werden könnten - Kapitel 9 - 17. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [20] ANDRA: Pièce 6 - Etude d'impact du projet global Cigéo: Volume 3 - État actuel de l'environnement et facteurs susceptibles d'être affectés par le projet - Annexes. UVS - Ausgangszustand der Umwelt und Schutzgüter, die durch das Projekt beeinflusst werden könnten - Anlagen. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [21] ANDRA: Pièce 6 - Etude d'impact du projet global Cigéo: Volume 4 - Evaluation des incidences et mesures d'évitement, de réduction et de compensation de ces incidences - Annexes. UVS - Bewertung der Auswirkungen sowie Vermeidungs-, Verminderungs- und Ausgleichsmaßnahmen - Anlagen. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [22] ANDRA: Pièce 6 - Etude d'impact du projet global Cigéo: Volume 5 - Évaluation des incidences sur les sites Natura 2000. UVS - Verträglichkeitsprüfung für Natura-2000-Gebiete. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [23] ANDRA: Pièce 6 - Etude d'impact du projet global Cigéo: Volume 6 - Incidences sur la santé humaine. UVS - Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.

- [24] ANDRA: Pièce 6 - Etude d'impact du projet global Cigéo: Volume 7 - Méthodes de réalisation. UVS - Methoden der Durchführung. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [25] ANDRA: Pièce 6bis - Etude d'impact du projet global Cigéo - Résumé non technique. UVS - Allgemeinverständliche Zusammenfassung. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [26] ANDRA: Pièce 7 - Version préliminaire du rapport de sûreté: PARTIE I: Contexte, périmètres, démarche et référentiels - Volume 1 - Le contexte, le périmètre et la structure de la version préliminaire du rapport de sûreté. Vorläufiger Sicherheitsbericht - Teil 1: Kontext, Umfang, Vorgehen und Bezugsrahmen - Band 1: Kontext, Umfang und Struktur des vorläufigen Sicherheitsberichts. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [27] ANDRA: Pièce 7 - Version préliminaire du rapport de sûreté: PARTIE I: Contexte, périmètres, démarche et référentiels - Volume 2 - La démarche de sûreté et les référentiels associés. Vorläufiger Sicherheitsbericht - Teil 1: Kontext, Umfang, Vorgehen und Bezugsrahmen - Band 2: Der Sicherheitsansatz und die dazugehörigen Bezugssysteme. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [28] ANDRA: Pièce 7 - Version préliminaire du rapport de sûreté: PARTIE II: Description de l'INB, de son environnement et de son fonctionnement et évolution du système de stockage après fermeture -Volume 3 - Colis de déchets. Vorläufiger Sicherheitsbericht - Teil II: Beschreibung der kerntechnischen Anlage, ihrer Umgebung und ihrer Funktionsweise sowie Entwicklung des Endlagersystems nach der Stilllegung - Band 3: Abfallgebinde. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [29] ANDRA: Pièce 7 - Version préliminaire du rapport de sûreté: PARTIE II: Description de l'INB, de son environnement et de son fonctionnement et évolution du système de stockage après fermeture - Volume 4 - Le site d'implantation de l'INB et son environnement. Vorläufiger Sicherheitsbericht - Teil II: Beschreibung der kerntechnischen Anlage, ihrer Umgebung und ihrer Funktionsweise sowie Entwicklung des Endlagersystems nach der Stilllegung - Band 4: Der Standort der kerntechnischen Anlage und seine Umgebung. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [30] ANDRA: Pièce 7 - Version préliminaire du rapport de sûreté: PARTIE II: Description de l'INB, de son environnement et de son fonctionnement et évolution du système de stockage après fermeture -Volume 5 - Les installations, ouvrages et équipements. Vorläufiger Sicherheitsbericht - Teil II: Beschreibung der kerntechnischen Anlage, ihrer Umgebung und ihrer Funktionsweise sowie Entwicklung des Endlagersystems nach der Stilllegung - Band 5: Anlagen, Bauwerke und technische Ausstattung. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [31] ANDRA: Pièce 7 - Version préliminaire du rapport de sûreté: PARTIE II: Description de l'INB, de son environnement et de son fonctionnement et évolution du système de stockage après fermeture -Volume 6 - L'organisation de l'Andra en tant qu'exploitant de l'INB Cigéo. Vorläufiger Sicherheitsbericht - Teil II: Beschreibung der kerntechnischen Anlage, ihrer Umgebung und ihrer Funktionsweise sowie Entwicklung des Endlagersystems nach der Stilllegung - Band 6: Die Organisation von ANDRA als Betreiber der kerntechnischen Anlage

Cigéo. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.

- [32] ANDRA: Pièce 7 - Version préliminaire du rapport de sûreté: PARTIE II: Description de l'INB, de son environnement et de son fonctionnement et évolution du système de stockage après fermeture - Volume 7 - L'évolution phénoménologique du système de stockage après sa fermeture. Vorläufiger Sicherheitsbericht - Teil II: Beschreibung der kerntechnischen Anlage, ihrer Umgebung und ihrer Funktionsweise sowie Entwicklung des Endlagersystems nach der Stilllegung - Band 7: Die phänomenologische Entwicklung des Endlagersystems nach seiner Stilllegung. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [33] ANDRA: Pièce 7 - Version préliminaire du rapport de sûreté: PARTIE III: Démonstration de sûreté - Volume 8: La démonstration de sûreté après fermeture. Vorläufiger Sicherheitsbericht - Teil III - Sicherheitsnachweis - Band 8: Der Sicherheitsnachweis für die Nachbetriebsphase. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [34] ANDRA: Pièce 7 - Version préliminaire du rapport de sûreté: PARTIE III: Démonstration de sûreté - Volume 9: La démonstration de sûreté en exploitation. Vorläufiger Sicherheitsbericht - Teil III: Sicherheitsnachweis - Band 9: Der Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [35] ANDRA: Pièce 7 - Version préliminaire du rapport de sûreté: PARTIE IV: Volumes complémentaires répondant au III de l'article R.593-16 du code de l'environnement -Volume 10: La progressivité de la construction. Vorläufiger Sicherheitsbericht - Teil IV: Zusätzliche Bände gemäß Artikel R.593-16 III des Umweltgesetzes - Band 10: Die schrittweise Errichtung der Anlage. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [36] ANDRA: Pièce 7 - Version préliminaire du rapport de sûreté: PARTIE IV: Volumes complémentaires répondant au III de l'article R.593-16 du code de l'environnement -Volume 11: La flexibilité de l'exploitation de l'INB. Vorläufiger Sicherheitsbericht - Teil IV: Zusätzliche Bände gemäß Artikel R.593-16 III des Umweltgesetzes - Band 11: Die Flexibilität des Betriebs der kerntechnischen Anlage. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [37] ANDRA: Pièce 7 - Version préliminaire du rapport de sûreté: PARTIE IV: Volumes complémentaires répondant au III de l'article R.593-16 du code de l'environnement -Volume 12: L'adaptabilité de l'INB à l'inventaire de réserve. Vorläufiger Sicherheitsbericht - Teil IV: Zusätzliche Bände gemäß Artikel R.593-16 III des Umweltgesetzes - Band 12: Die Anpassungsfähigkeit der kerntechnischen Anlage an das Reserveinventar. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [38] ANDRA: Pièce 7 - Version préliminaire du rapport de sûreté: PARTIE IV: Volumes complémentaires répondant au III de l'article R.593-16 du code de l'environnement -Volume 13: La récupérabilité des colis de déchets stockés. Vorläufiger Sicherheitsbericht - Teil IV: Zusätzliche Bände gemäß Artikel R.593-16 III des Umweltgesetzes - Band 13: Die Rückholbarkeit von eingelagerten Abfallgebänden. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.

- [39] ANDRA: Pièce 8 - Etude de maîtrise de risques. Risikomanagementstudie. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [40] ANDRA: Pièce 9 - Capacités techniques de l'exploitant. Technische Kapazitäten des Betreibers. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [41] ANDRA: Pièce 10 - Capacités financières de l'exploitant. Finanzielle Ausstattung des Betreibers. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [42] ANDRA: Pièce 11 - Justification de la maîtrise foncière des terrains. Zustimmungserklärung für die Nutzung der Grundstücke. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [43] ANDRA: Pièce 12 - Servitudes et demande de périmètres de protection et de droit exclusif. Dienstbarkeiten und Antrag von Schutzzonen und Exklusivrechten. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [44] ANDRA: Pièce 13 - Plan de démantèlement, de fermeture et de surveillance. Rückbau-, Stilllegungs- und Überwachungsplan. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [45] ANDRA: Pièce 14 - Bilan de la participation du public à l'élaboration du projet de centre de stockage Cigéo. Bilanz der Öffentlichkeitsbeteiligung an der Projektentwicklung vom Endlager Cigéo. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [46] ANDRA: Pièce 14 - Bilan de la participation du public à l'élaboration du projet de centre de stockage Cigéo: Annexes. Bilanz der Öffentlichkeitsbeteiligung an der Projektentwicklung vom Endlager Cigéo - Anlagen. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [47] ANDRA: Pièce 15 - Émission de gaz à effet de serre. Emission von Treibhausgasen. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [48] ANDRA: Pièce 16 - Plan directeur de l'exploitation. Betriebsplan. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [49] ANDRA: Pièce 17 - Informations juridiques et administratives. Rechtliche und administrative Informationen. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [50] ANDRA: Pièce 18 - Avis émis sur le projet. Stellungnahmen zum Vorhaben. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [51] ANDRA: Pièce 19 - Version préliminaire des spécifications d'acceptation des colis. Vorläufige Fassung der Gebinde-Annahmekriterien. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [52] ANDRA: Pièce 20 - Plan de développement de l'installation de stockage Cigéo. Entwicklungsplan des Endlagers Cigéo. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.

- [53] ANDRA: Pièce 21 - Guide de lecture du dossier. Leitfaden für die Lektüre des Dossiers. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [54] ANDRA: Pièce 22 - Glossaire et acronymes. Glossar und Akronyme. In: Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, Dezember 2022.
- [55] Décret n° 2022-993 du 7 juillet 2022 déclarant d'utilité publique le centre de stockage en couche géologique profonde de déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue Cigéo et portant mise en compatibilité du schéma de cohérence territoriale du Pays Barrois (Meuse), du plan local d'urbanisme intercommunal de la Haute-Saulx (Meuse) et du plan local d'urbanisme de Gondrecourt-le-Château (Meuse) - Légifrance vom 26. Juni 2024, 2024.
- [56] Décret n° 2017-231 du 23 février 2017 pris pour application de l'article L. 542-1-2 du code de l'environnement et établissant les prescriptions du plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs vom 23. Februar 2017. In: Journal officiel de la République française, 2017, Vol. 9 No. 48.
- [57] International Atomic Energy Agency: Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material: 2018 Edition. 2018 (Specific Safety Requirements SSR-6).
- [58] Arrêté du 29 mai 2009 relatif aux transports de marchandises dangereuses par voies terrestres vom 29. Mai 2009 (arrêté TMD), 2009, DEVP0911622A.
- [59] Autorité de sûreté nucléaire: Guide de sûreté relatif au stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde: Sicherheitsleitfaden für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen. 12.02.2008.
- [60] Entsorgungskommission: ESK_Empfehlung_LL-sicherer Betrieb eines Endlagers_ESK106_10.05.2023.docx: Leitlinie zum sicheren Betrieb eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle. In: Empfehlung der Entsorgungskommission 2023 (2023), S. 1–14.
- [61] Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) Übersetzung: Barbara Schulte-Büttner Technische Redaktion: Angela Trugenberger-Schnabel, Josef Peter: Die Empfehlungen von 2007 der Internationalen Strahlenschutzkommission.
- [62] The European Continental Divide: Map | The European Continental Divide (<https://continental-divide.eu/map/map.html#11/48.4786/5.1217>; Abruf 16.09.2024).
- [63] Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzgesetz) vom 27. Juni 2017, Strahlenschutzgesetz vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1966), das zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 23. Oktober 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 324) geändert worden ist (StrlSchG), 2017.
- [64] Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzverordnung) vom 29. November 2018, Strahlenschutzverordnung vom 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034, 2036; 2021 I S. 5261), die zuletzt durch Artikel 10 des Gesetzes vom 23. Oktober 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 324) geändert worden ist (StrlSchV), 2018.
- [65] Strahlenschutzkommission: Störfallberechnungsgrundlagen für die Leitlinien zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit DWR gemäß § 28 Abs. 3 StrlSchV und Neufassung der „Berechnung der Strahlenexposition“. 12/01. Bonn, 29.06.1994 (RS Handbuch RS II 2 - 17 027/2).

- [66] Strahlenschutzkommission: Störfallberechnungsgrundlagen zu § 49 StrlSchV: Neufassung des Kapitels 4: Berechnung der Strahlenexposition. Bonn, 11.09.2003. – Empfehlung der Strahlenschutzkommission - Verabschiedet in der 186. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 11. September 2003.
- [67] Le ministre d'Etat, ministre de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat: Circulaire du 10/05/10 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003. 10.07.2010.
- [68] Sentuc, F.- N., et al.: Transportstudie Konrad 2009: Sicherheitsanalyse zur Beförderung radioaktiver Abfälle zum Endlager Konrad. Dezember 2009.
- [69] International Atomic Energy Agency: Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments: TRS No. 472. Wien, 2010 (Technical Reports Series No. 472).
- [70] Arrêté du 1^{er} septembre 2003 définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants - Légifrance vom 2003. In: Journal officiel de la République, 2003, N°262, S. 58003–58068.
- [71] Eckerman, K. F. ; Ryman, J. C.: Federal Guidance Report No. 12: External Exposure to Radionuclides in Air, Water, and Soil. September 1993 (EPA-402-R-93-081).
- [72] International Commission on Radiological Protection: Human respiratory tract model for radiological protection. Oxford: Pergamon Press, 1994.
- [73] International Atomic Energy Agency: Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material: (2012 Edition). 2012 (Specific Safety Guide SSG-26).
- [74] Öko-Institut e.V.: Wissenschaftliche Beratung und Bewertung grenzüberschreitender Aspekte des französischen Endlagervorhabens Cigéo in den Nachbarländern Rheinland-Pfalz, Saarland und Großherzogtum Luxemburg. 2013.
- [75] International Atomic Energy Agency: An International Peer Review of the Safety Options Dossier of the Project for Disposal of Radioactive Waste in Deep Geological Formations (Cigéo): Final Report of the IAEA International Review Team. November 2016.
- [76] Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs: Dossier 2005 Argile. 2005.
- [77] Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs: Stockage réversible profond: Options de conception du stockage en formation géologique profonde. 2010 (C.NSY.ASTE.08.0429.A). – Étape 2009.
- [78] Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs: Projet Cigéo: Centre industriel de stockage réversible profond de déchets radioactifs en meuse/haute-marne. 2013. – le dossier du maître d'ouvrage débat public du 15 mai au 15 octobre 2013.
- [79] Makhijani, A., et al.: Critical Review of Andra's Program of Research Conducted in the Underground Laboratory at Bure and in the Transposition Zone to Define the ZIRA. 9.3.2011. – Final Report.

- [80] Richtlinie des Rates vom 27. Juni 1985 über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten vom 27. Juni 1985 ((85/337/EWG)), 1985.
- [81] Richtlinie 2011/92/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Dezember 2011 über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten vom 13. Dezember 2011. In: Amtsblatt der Europäischen Union, 2011.
- [82] Richtlinie 2014/52/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. April 2014 zur Änderung der Richtlinie 2011/92/EU über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten vom 16. April 2014. In: Amtsblatt der Europäischen Union, 2014.
- [83] United Nations Economic Commission for Europe: Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context. New York & Genf, 25.02.1991. – Espoo-Convention.
- [84] Deutsch-Französische-Schweizerische Oberrheinkonferenz: Leitfaden zur grenzüberschreitenden Zusammenarbeit bei umweltrelevanten Vorhaben. 2024.
- [85] Ministère du Partenariat avec les territoires et de la Décentralisation Ministère de la Transition écologique, de l'Énergie, du Climat et de la Prévention des risques Ministère du Logement et de la Rénovation urbaine: L'évaluation environnementale | Ministère du Partenariat avec les territoires et de la Décentralisation Ministère de la Transition écologique, de l'Énergie, du Climat et de la Prévention des risques Ministère du Logement et de la Rénovation urbaine (<https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/evaluation-environnementale>; Abruf 08.10.2024).
- [86] Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, en charge des relations internationales sur le climat: L'autorisation environnementale: des démarches simplifiées, des projets sécurisés. 2017.
- [87] Ministère de la transition écologique: Guide pour la mise en oeuvre de l'évitement: Concilier environnement et aménagement des territoires. Mai 2021.
- [88] Umweltbundesamt: Umweltprüfungen (<https://www.umweltbundesamt.de/themen/nachhaltigkeit-strategien-internationales/umweltpruefungen#ablauf-einer-uvp-kurz-erklart-in-sechs-bildern>; Abruf 08.10.2024).
- [89] Départements de la Meuse et de la Haute-Marne: Enquete Public Préalable à la Déclaration d'Utilité Publique (DUP). – Du Projet de Centre de Stockage en couche géologique profonde des déchets de haute et moyenne activité à vie longue (Cigéo), emportant la mise en compatibilité des documents d'urbanisme suivants (MECDU).
- [90] Départements de la Meuse et de la Haute-Marne: Conclusions générales et avis motivés sur. – A. La Déclaration d'Utilité Publique (DUP) B. La mise en compatibilité des documents d'urbanisme (MECDU) Concernant le Projet de Centre de Stockage en couche géologique profonde des déchets de haute et moyenne activité à vie longue (Cigéo).
- [91] ANDRA: Pièce 0 - Présentation non technique du centre de stockage Cigéo. In: ANDRA 2021 - Dossier d'enquête publique préalable à la déclaration d'utilité publique du centre de stockage Cigéo.
- [92] Gemeinsame Stellungnahme der Regierungen von Rheinland-Pfalz, dem Saarland und von Luxemburg zur Débat Public für das französische Endlagerprojekt Cigeo in Bure.

- [93] Autorité de sûreté nucléaire: Avis n° 2018-AV-0300 de l’Autorité de sûreté nucléaire du 11 janvier 2018 relatif au dossier d’options de sûreté présenté par l’Andra pour le projet Cigéo de stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde. 11.01.2018 (N°2018-AV-0300.). – Stellungnahme Nr. 2018-AV-0300 der französischen Atomsicherheitsbehörde vom 11. Januar 2018 zum Dossier der Sicherheitsoptionen, das von Andra für das Projekt Cigéo zur Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Schichten vorgelegt wurde.
- [94] Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung) vom 24.11.2010 (IED). In: Amtsblatt der Europäischen Union, 24.11.2010.
- [95] Ministère de l’Écologie, du Développement durable et de l’Energie: Instruction du Gouvernement du 16 juin 2014 relative à l’évaluation des projets de transport: nfrastructures, transports et mer. 16.06.2014 (DEVT1407546J).
- [96] Ministère de la transition écologique et solidaire ; Ministère chargé des transports: Référentiel méthodologique pour l’évaluation des projets de transport. 27.06.2014 (Note technique 270614).
- [97] Ministère de la transition écologique et solidaire: Fiches-outils du référentiel d’évaluation des projets de transport. Dossier complet (<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/Fichesoutils%20du%20r%C3%A9f%C3%A9rentiel%20d%27%C3%A9valuation%20des%20projets%20de%20transport.zip>; Abruf 09.01.2025).
- [98] Arrêté du 22 septembre 1994 relatif aux exploitations de carrières vom 22. September 1994. In: Journal officiel de la République française, 1994, 246, S. 15041–15044.
- [99] Sheng, X. ; Jones, C. ; Thompson, D.: Modelling ground vibration from railways using wavenumber finite- and boundary-element methods. In: Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences 461 (2005), Heft 2059, S. 2043–2070.
- [100] Arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base vom 7. Februar 2012. In: Journal officiel de la République française, 2012, DEVP1202101A.
- [101] Arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d’eau ainsi qu’aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l’environnement soumises à autorisation vom 2. Februar 1998, 1998, ATEP9870017A.
- [102] Ministère de la transition écologique et solidaire: Évaluation environnementale: Infrastructures de transport et urbanisation. 10.01.2018. Auflage. November 2017. – Préconisations méthodologiques.
- [103] Autorité de sûreté nucléaire: Arrêt définitif, démantèlement et déclassement des installations nucléaires de base: Guide de l’ASN n°6 -. 30.08.2016.

ANHANG: (KURZ-)ZUSAMMENFASSUNGEN

Anhang 0 – Pièce 0

Présentation non-technique

Allgemeinverständliche Zusammenfassung

Kurzzusammenfassung:

Die nicht-technische Zusammenfassung fasst den Antragsentwurf für die DAC des Cigéo in einer allgemeinverständlichen Form zusammen.

Dieser Teil erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und der Leser wird aufgefordert, ggf. auch in den verschiedenen Teilen des Genehmigungsantrags für die Errichtung des Cigéo zu lesen, um alle notwendigen Informationen zu erhalten.

Zusammenfassung:

-

Anhang 1 – Pièce 1

Identification de l'exploitant

Identifizierung des Betreibers

Kurzzusammenfassung:

Die Unterlage „Identifizierung des Betreibers“ erfüllt die Anforderungen von Artikel R. 593-16 I. 1° des französischen Umweltgesetzes.

Sie definiert die juristische Person, die mit der Einreichung des Genehmigungsantrags für die Errichtung des Cigéo die Eigenschaft des Betreibers annimmt.

Zusammenfassung:

-

Anhang 2 – Pièce 2

Nature de l'installation

Art der Anlage

Kurzzusammenfassung:

Die Unterlage „Art der Anlage“ erfüllt die Anforderungen von Artikel R. 593-16 I. 2° des französischen Umweltgesetzes.

Sie beschreibt die Art der Anlage, ihre technischen Merkmale, die Funktionsprinzipien, die dort durchgeführten Aktivitäten und die verschiedenen Phasen (Bauvorbereitungsphase, Errichtung, Betrieb, Stilllegung sowie Überwachung und Nachsorge) ihrer Realisierung.

Zusammenfassung:

In diesem Dokument werden

- die Art der durchgeführten Aktivitäten ([10], Kap. 2),
- die technischen Merkmale der Anlage (z. B. die wichtigsten Bauwerke und technischen Einrichtungen im Zusammenhang mit dem kerntechnischen Prozess, Kap. 3),
- die grundsätzliche Funktionsweise der über- sowie untertägigen Prozesse ([10], Kap. 4) und
- die zeitliche Einteilung der Realisierung des Endlagers, d. h. die Betriebsphasen, ihre Verkettung und ihre Dauer ([10], Kap. 5)

beschrieben.

Endlager Cigéo

Das Endlager Cigéo verteilt sich geographisch auf unterschiedliche Gemeinden in den französischen Departements *Meuse* und *Haute-Marne*.

Das Endlager Cigéo umfasst

- die übertägigen Anlagen, die sich auf
 - dem Betriebsgelände „Rampen“ (Betrieb) ([10], Kap. 3.3.1) und
 - dem Betriebsgelände „Schächte“ (Betrieb und Bau) ([10], Kap. 3.3.2),befinden,
- die untertägigen Anlagen
 - LSF (Rampen und Schächte, [10], Kap. 3.4.3),
 - logistische Infrastrukturbereiche ([10], Kap. 3.4.4),
 - LL-IL-Einlagerungsbereich ([10], Kap. 3.4.5),
 - HA-Einlagerungsbereich ([10], Kap. 3.4.7) und
 - das HA-Pilotlager ([10], Kap. 3.4.6) sowie
- wichtige Bauwerke, die sich außerhalb der beiden Betriebsgelände befinden ([10], Kap. 3.5).

Die beiden Betriebsgelände werden in den Abschnitten 6.1.3.1.1 (Betriebsgelände „Rampe“) und 6.1.3.1.2 (Betriebsgelände „Schächte“) beschrieben.

Die LSF ([10], Kap. 3.4.3) bestehen aus

- den beiden Rampen (Gebindeabfahrtsrampe und Servicerampe), die das Betriebsgelände „Rampen“ mit dem ZSLE verbinden,
- den beiden Betriebsschächten (VFE und VVE die das Betriebsgelände „Schächte“ mit dem ZSLE Betrieb verbinden und
- den drei Bauschächten (VFT, VVT und MMT), die das Betriebsgelände „Schächte“ mit dem logistischen Infrastrukturbereich für den Bau (*zone de soutien logistique travaux*, ZSLT) verbinden.

Es gibt zwei logistische Infrastrukturbereiche, die den (Bau-)Arbeiten ([10], Kap. 3.4.4.1) und dem Betrieb ([10], Kap. 3.4.4.2) gewidmet sind (Abbildung A2 - 1). Der ZSLT bildet die Schnittstelle zwischen den drei Bauschächten und dem untertägigen Bereich, in dem Grubenräume aufgefahren werden. Dieser Bereich ermöglicht die Durchleitung der ein- und ausgehenden Materialströme. Der ZSLE bildet die Schnittstelle zwischen den beiden Rampen sowie den beiden Betriebsschächten und dem untertägigen Bereich, in dem der kerntechnische Betrieb stattfindet.

Der ZSLE Betrieb beherbergt die technischen Räume, die für die Wartung der Transportfahrzeuge und der Transferhaube erforderlich sind, und hält ASK für Ereignisse außerhalb des Normalbetriebs vor. Um die Anwesenheit von Personal in den untertägigen Anlagen zu begrenzen, werden im ZSLE nur die Räume untergebracht, die für den kerntechnischen Prozess, die Rettung und die laufenden Wartungsarbeiten unerlässlich sind.

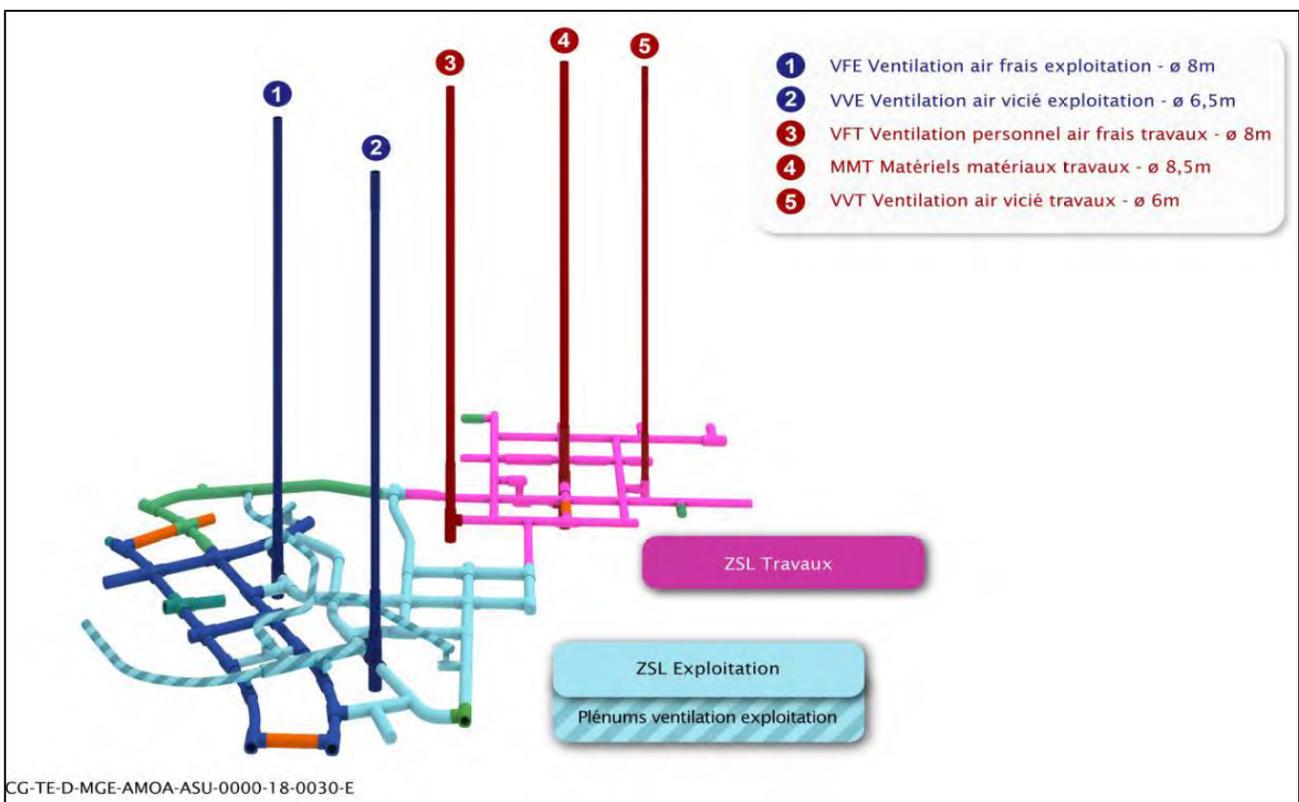


Abbildung A2 - 1: Organisationsprinzip der logistischen Infrastrukturbereiche (ZSLE und ZSLT, [10], Figure 3-13)

Der LL-IL-Einlagerungsbereich ([10], Kap. 3.4.5) befindet sich im Süden des Grubengebäudes. Er besteht aus mehreren Arten von Bauwerken, die den Anforderungen an die Endlagertätigkeit entsprechen:

- betriebliche Verbindungsstrecken „Nord“ und „Süd“

- Verbindungsstrecken „Auffahrungen“
- Abwetterstrecken
- Querschläge
- LL-IL-Einlagerungsstrecken
- Demonstrationsstrecke (*démonstrateur*)

Die ersten vier Einlagerungsstrecken sowie die Demonstrationsstrecke sollen während der Pilotphase aufgefahren werden. Danach (vorbehaltlich der Genehmigung für den Weiterbetrieb) werden die anderen Einlagerungsstrecken schrittweise in aufeinanderfolgenden Abschnitten aufgefahren.

Der HA-Einlagerungsbereich ([10], Kap. 3.4.7) ist für die Endlagerung von verglasten Abfällen ab dem Jahr 2080 vorgesehen. Er besteht aus mehreren Arten von Bauwerken, die den Anforderungen an die Endlagertätigkeit entsprechen:

- Verbindungsstrecken für Betrieb, Auffahrungen und Evakuierung/Notfall
- Zugangsstrecken
- Einlagerungsstrecken
- T-Kreuzungen zwischen den Verbindungs- und Zugangsstrecken
- Kontrollstrecken (ohne radioaktive Abfälle), die genauso aufgebaut sind wie Einlagerungsstrecken und sich auch unter den gleichen Bedingungen befinden. Dieses lässt eine vergleichbare Entwicklung erwarten und erlaubt somit eine Übertragbarkeit deren Verhaltens auf die Einlagerungsstrecken.

Die betriebliche Verbindungsstrecke sorgt für die Erschließung des HA-Einlagerungsbereichs, der in vier Unterbereiche unterteilt ist. Insgesamt umfasst der HA-Einlagerungsbereich etwa 1000 HA-Einlagerungs- und Kontrollstrecken.

Das HA-Pilotlager ([10], Kap. 3.4.6), das im Rahmen der Pilotphase errichtet werden soll, ist für die Einlagerung der ersten verglasten HA-Abfallgebinde mit geringerer Wärmeentwicklung vorgesehen. Es befindet sich nördlich des ZSLE und besteht aus mehreren Arten von Bauwerken, die den Anforderungen an die Endlagertätigkeit entsprechen:

- Verbindungsstrecken für den Betrieb, die die Erschließung dieses Bereichs sicherstellen
- Kreuzungen zwischen den Verbindungsstrecken
- Flucht- und Rettungsstrecke, die die Evakuierung aus dem ZSLE zu der betrieblichen Verbindungsstrecke ermöglicht
- Zugangsstrecken zu den Einlagerungsstrecken, die den Zugang zu den Einlagerungsstrecken von der Verbindungsstrecke ermöglicht
- Einlagerungsstrecken
- Demonstrationsstrecke
- Kontrollstrecken

Das HA-Pilotlager umfasst bis zu zwanzig Einlagerungsstrecken, eine Demonstrationsstrecke und drei Kontrollstrecken, die keine radioaktiven Abfallgebinde enthalten. Das HA-Pilotlager hat auch Kreuzungen zwischen den betrieblichen Verbindungsstrecken und der Flucht- und Rettungsstrecke, die genauso wie im LL-IL-Einlagerungsbereich ausgestaltet sind.

Die Einlagerungsstrecken des HA-Pilotlagers sind nicht-durchschlägige, flach geneigte Bauwerke mit einer Länge von etwa 80 m und verfügen über einen Stahlausbau.

Die Verfüll- und Verschlussmaßnahmen ([10], Kap. 3.4.8), die der Langzeitsicherheit dienen, werden schrittweise geplant und nach Erteilung der Genehmigung zur Stilllegung errichtet. Es wird zwischen

- der Verfüllung aller Strecken mit tonhaltigem Material, das während des Errichtung ausgehoben und an der Oberfläche im Schachtbereich auf der „lebenden“ Halde gelagert wurde, und
- mehreren Verschlussbauwerken in den LSF und Verbindungsstrecken, die aus einem Kern aus quellfähigem Ton (Bentonit) bestehen (siehe Abbildung A2 - 2), der bei Bedarf mit zusätzlichen Materialien versetzt wird, um seine Eigenschaften (Dichte, Quelldruck, Gaseintrittsdruck) anzupassen bzw. seine Herstellung (Pulver, Pellets, Ziegelsteine) oder seinen Einbau zu erleichtern,

unterschieden.

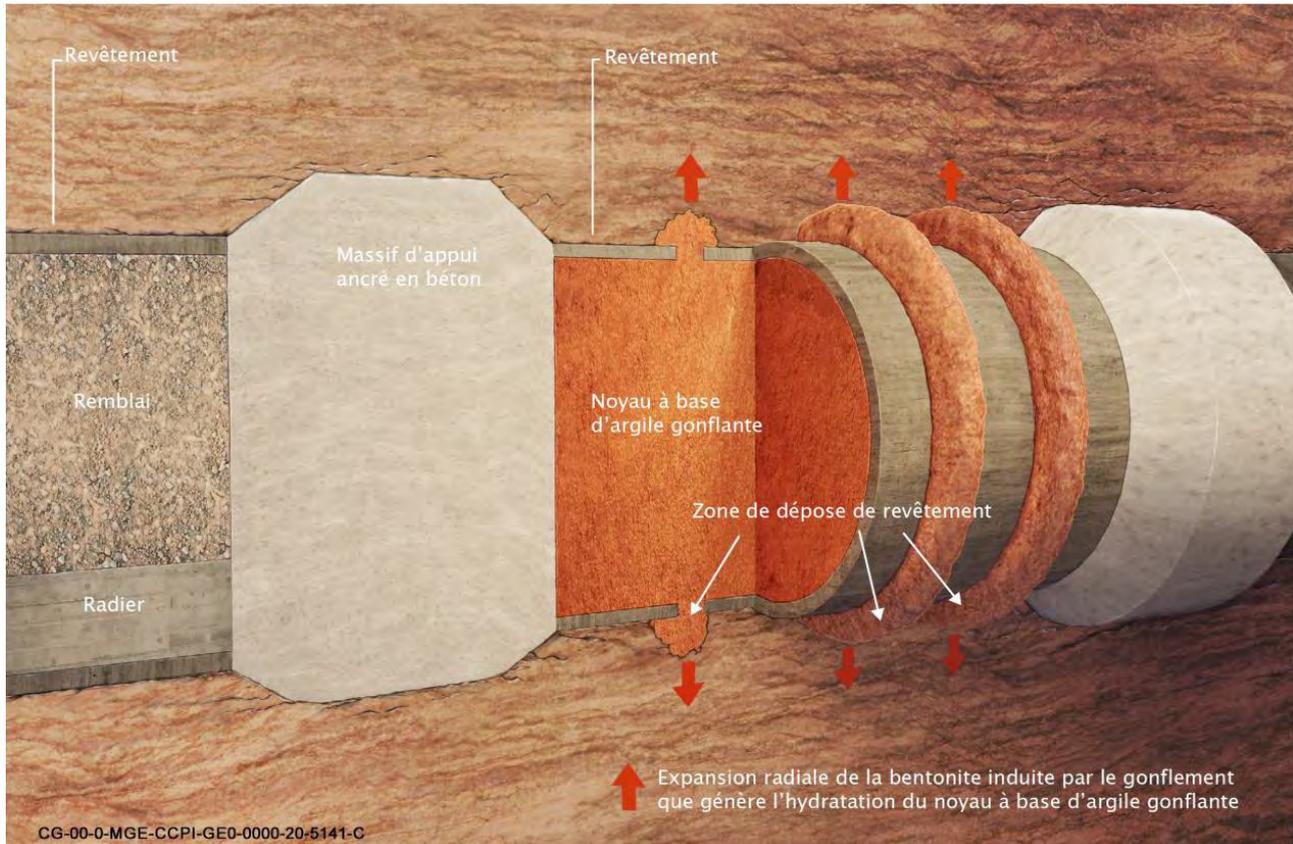


Abbildung A2 - 2: Schematische Darstellung eines Streckenverschlussbauwerks und einer Streckenverfüllung ([10], Kap. 3.4.8)

Die grundsätzliche Funktionsweise der kerntechnischen Anlage

Die grundsätzliche Funktionsweise der kerntechnischen Anlage (d. h. des Einlagerungsbetriebs) wird in Abschnitt 6.1.4 beschrieben.

Die Einlagerung von Abfallgebinden kann in unterschiedlicher Weise stattfinden. Die HA-Primärgebinde werden vor der Einlagerung in Endlagerbehälter aus schwarzem, geschweißtem Stahl gefüllt.

Phasen der Realisierung der Anlage

Die Phasen der Realisierung werden am Anfang von Kapitel 6 dieses Berichts beschrieben.

Anhang 3 – Pièce 3

Carte au 1/25 000^e de localisation de l'installation

Karte des Standorts der Anlage im Maßstab 1:25 000

Kurzzusammenfassung:

Die Karte zur Lokalisierung der Anlage erfüllt die Anforderungen von Artikel R. 593-16 I. 3° des französischen Umweltgesetzes.

In dieser Unterlage wird der Standort des Cigéo auf einer Karte im Maßstab 1:25 000 dargestellt.

Zusammenfassung:

-

Anhang 4 – Pièce 4

Plans de situation au 1/10 000^e indiquant le périmètre proposé

Lagepläne mit Angabe des vorgeschlagenen Anlagenausmaßes im Maßstab 1:10 000

Kurzzusammenfassung:

Der Lageplan entspricht den Anforderungen von Artikel R. 593-16 I. 4° des französischen Umweltgesetzes.

Die Unterlage zeigt das vorgeschlagene Anlagenausmaß des Cigéo und, in einem Umkreis von einem Kilometer davon, derzeitige Gebäudenutzungen, Eisenbahnstrecken, öffentliche Straßen, Gewässer, Kanäle und Wasserwege sowie die Gas- und Stromtransportnetze im Maßstab 1:10 000.

Zusammenfassung:

-

Anhang 5 – Pièce 5

Plans détaillés de l'installation au 1/2 500^e

Detailpläne der Anlage im Maßstab 1:2.500

Kurzzusammenfassung:

Die Unterlage erfüllt die Anforderungen von Artikel R. 593-16 I. 5° des französischen Umweltgesetzes.

Angesichts der dreidimensionalen Architektur des Cigéos zeigt diese Unterlage vier Detailpläne der Anlage im Maßstab 1:2.500:

- Detailplan der Anlagen auf dem Betriebsgelände „Rampen“ im Maßstab 1:2.500
- Detailplan der Anlagen auf dem Betriebsgelände „Schächte“ im Maßstab 1:2.500
- Detailpläne der untertägigen Bereiche

Zusammenfassung:

-

Anhang 6a – Pièce 6

Etude d'impact du projet global Cigéo

Sommaire général de la pièce

Umweltverträglichkeitsstudie des Cigéo-Gesamtprojekts

Allgemeine Inhaltsangabe

Kurzzusammenfassung:

Diese Unterlage beinhaltet die oberen Ebenen der Inhaltsverzeichnisse der allgemeinverständlichen Zusammenfassung sowie der sieben Einzelbände der UVS.

Zusätzlich wird in einer Tabelle die strukturelle Übereinstimmung zwischen DAC und DUP dargestellt.

Zusammenfassung:

-

Anhang 6b – Pièce 6 Volume 1

Etude d'impact du projet global Cigéo

Introduction et contexte réglementaire

Umweltverträglichkeitsstudie des Cigéo-Gesamtprojekts

Einführung und regulatorischer Rahmen

Kurzzusammenfassung:

In diesem Band werden zunächst der Rahmen und die Definition des Cigéo-Gesamtprojekts erläutert. Anschließend werden der Umfang der UVS, ihr Inhalt, ihre Autoren und das für ihre künftige Aktualisierung gewählte Prinzip vorgestellt.

Des Weiteren werden in diesem Band die Namen, Qualitäten und Qualifikationen der Sachverständigenorganisationen, die an der Erstellung von der UVS mitwirken, dargestellt.

Zusammenfassung:

In dieser Unterlage werden folgenden Aspekte des Cigéo-Gesamtprojekts dargestellt:

- Zusammenfassende Darstellung des Cigéo-Gesamtprojekts: Vorstellung von ANDRA und der anderen Bauherren, des Endlagers und der anderen geplanten Maßnahmen sowie der Projektphasen ([15], Kap. 1)
- Regulatorischer Rahmen für die Umweltprüfung und Inhalt der UVS ([15], Kap. 2)
- Entwicklungen in der UVS ([15], Kap. 3)
- Namen und Qualifikationen der Sachverständigenorganisationen, die zu der Erstellung der UVS beigetragen haben

Regulatorischer Rahmen des Cigéo-Gesamtprojekts

Aufgaben von ANDRA

ANDRA untersteht den Ministerien für Energie, Umwelt und Forschung. ANDRA wurde 1979 gegründet und wurde mit dem Gesetz zur Entsorgungsforschung radioaktiver Abfälle vom 30. Dezember 1991 zu einer öffentlichen Industrie- und Handelseinrichtung. Durch das Gesetz vom 28. Juni 2006 zur nachhaltigen Entsorgung radioaktiver Stoffe und Abfälle wurden die Aufgaben der ANDRA ergänzt.

Artikel L. 542-12 des französischen Umweltgesetzes besagt, dass ANDRA mit den Maßnahmen zur langfristigen Entsorgung radioaktiver Abfälle betraut ist, insbesondere:

- Erstellung, Aktualisierung (alle drei Jahre) und Veröffentlichung des Verzeichnisses der in Frankreich vorhandenen radioaktiven Materialien und Abfälle sowie deren Standorte
- Durchführung (bzw. Beauftragung) und Koordination von Forschungsarbeiten und Studien zur Ein- und Endlagerung in tiefen geologischen Formationen in Übereinstimmung mit dem in Artikel L. 542-2-1 vorgesehenen nationalen Plan
- Beitrag zur Bewertung der Kosten, die mit der Endlagerung von HA- und LL-IL-Abfällen verbunden sind (in Abhängigkeit von der Art der Abfälle)

- Erstellung der Spezifikationen für die Lagerung radioaktiver Abfälle unter Einhaltung der Vorschriften zur kerntechnischen Sicherheit und Abgabe einer Stellungnahme zu den Spezifikationen für die Konditionierung der Abfälle gegenüber den zuständigen Verwaltungsbehörden
- Planung, Errichtung, Bau und Verwaltung von Zwischen- oder Endlagern für radioaktive Abfälle unter Berücksichtigung der langfristigen Perspektive für die Erzeugung und Entsorgung dieser Abfälle sowie die Durchführung aller erforderlichen Studien zu diesem Zweck
- Gewährleistung der Sammlung, des Transports und der Entsorgung radioaktiver Abfälle sowie der Sanierung und ggf. des Managements von mit radioaktiven Stoffen verunreinigten Standorten auf Antrag und Kosten der Verantwortlichen
- Information der Öffentlichkeit über die Entsorgung radioaktiver Abfälle und Beteiligung an der Verbreitung der wissenschaftlichen und technologischen Kultur in diesem Bereich
- Verbreitung des Know-hows im Ausland

([15], Kap. 1.1)

Umweltverträglichkeitsstudie

Die UVS muss gemäß Artikel R. 122-5 des französischen Umweltgesetzes eine Beschreibung des Projekts enthalten, insbesondere

- eine Beschreibung der physischen Eigenschaften des gesamten Projekts, einschließlich ggf. notwendiger Rückbauarbeiten und der Anforderungen an die Landnutzung während der Bau- und Betriebsphase (siehe Kapitel 6),
- eine Beschreibung der Hauptmerkmale der Betriebsphase in Bezug auf die Hauptprozesse, den Energiebedarf und -verbrauch, die Art und Menge der verwendeten Materialien und natürlichen Ressourcen (siehe Anhang 6c) sowie
- eine Schätzung der Arten und Mengen der zu erwartenden Rückstände und Emissionen (i. W. Wasser-, Luft-, Boden- und Untergrundverschmutzung, Lärm, Vibrationen, Licht, Wärme, Strahlung sowie der Arten und Mengen der während der Bau- und Betriebsphase anfallenden Abfälle, siehe Anhang 6c).

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, werden die Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts in allen Projektphasen (Bauvorbereitungsphase, erste Bauphase, Betriebsphase, Rückbau- und Stilllegungsphase, Überwachungs- und Nachüberwachungsphase) bewertet (siehe Anhang 6e).

Obwohl die Rückbau- und Stilllegungsphase zeitlich weit in der Zukunft liegt (das Endlager ist für die Annahme von Abfällen über einen Zeitraum von mehr als 100 Jahren ausgelegt) und somit die damit verbundenen Arbeiten sowie ihr Umfeld schwer zu überschauen sind, wird sie im Rahmen einer generischen Analyse betrachtet. Dabei werden ihrer Auswirkungen auf Grundlage der verfügbaren Umweltinformationen und wissenschaftlichen Erkenntnisse bewertet (siehe auch Kap. 18 in [5] bzw. Anhang 6e).

Die Überwachungs- und Nachüberwachungsphase, die noch weiter in der Zukunft liegen und deren Dauer derzeit nicht abschließend bestimmt werden kann, sind Gegenstand einer Bewertung ihrer potenziellen sehr langfristigen radiologischen und chemischen Auswirkungen (siehe auch Kap. 18 in [5] bzw. Anhang 6e).

Gemäß den derzeit geltenden Bestimmungen (Artikel L. 122-1-1-III des französischen Umweltgesetzes) und vorbehaltlich künftiger Gesetzesänderungen wird eine Aktualisierung der UVS des Cigéo-Gesamtprojekts im Rahmen der Genehmigungsanträge für die Inbetriebnahme, den Rückbau

und die Stilllegung, vorgenommen. Generell wird die UVS des Cigéo-Gesamtprojekts bei jedem neuen Genehmigungsantrag des Projekts aktualisiert.

([15], Kap. 1.3).

Regulatorischer Rahmen zur Umweltprüfung

Die Umweltprüfung wird durch Artikel L. 122-1 des französischen Umweltgesetzes gefordert. Die Umweltprüfung sieht einen Umweltverträglichkeitsbericht als Folge der UVS vor. Die Umweltprüfung dient dazu, die direkten und indirekten erheblichen Auswirkungen eines Projekts angemessen und fallbezogen zu beschreiben und bewerten, damit seine Umweltauswirkungen in ihrer Gesamtheit beurteilt werden können. Damit muss ein Projekt, das aus mehreren Tätigkeiten, Anlagen, Bauwerken oder sonstigen Eingriffen in die natürliche Umwelt oder die Landschaft besteht, in seiner Gesamtheit erfasst werden, auch wenn es zeitlich und räumlich aufgeteilt ist und mehrere Vorhabenträger beteiligt sind. Der Umweltprüfungsprozess betrifft somit die gesamte Lebensdauer eines Projekts (von der Errichtung bis zur Stilllegung) und ermöglicht es, die Entwicklung des Projekts mit den Ergebnissen der Öffentlichkeitsbeteiligung zu verknüpfen, die im Vorfeld der Entscheidungen durchgeführt wird.

Die Durchführung des Umweltprüfungsprozesses beruht auf zwei Schlüsselementen:

- Festlegung des Umfangs des Gesamtprojekts, das einer Umweltprüfung unterzogen wird
- Ermittlung der Kategorien von Tätigkeiten, die einer Umweltprüfung unterzogen werden

Wenn ein Projekt voraussichtlich erhebliche Auswirkungen auf die Umwelt eines anderen Mitgliedstaates der Europäischen Union (EU) oder eines anderen Vertragsstaates des Übereinkommens vom 25. Februar 1991 über die UVP im grenzüberschreitenden Rahmen, der sogenannten Espoo-Konvention, haben wird, muss die für die Entscheidung über die Genehmigung des Projekts zuständige Behörde diesem Staat den Beschluss über die Eröffnung der öffentlichen Anhörung mitteilen und ihm ein Exemplar der Anhörungsunterlagen übermitteln (Artikel L. 123-7 und R.122-10 des französischen Umweltgesetzes). Der Staat, der von dem Projekt betroffen sein könnte, hat auch die Möglichkeit, die zuständige Behörde zu befragen.

ANDRA kommt zu der Einschätzung, dass das Cigéo-Gesamtprojekt nicht im Stande ist, erhebliche Auswirkungen auf die Umwelt eines anderen Staates zu haben (siehe auch Abschnitt 7.2.2 in diesem Bericht, [5] bzw. Anhang 6e und [24] bzw. Anhang 6h). Demzufolge wäre ANDRA nicht verpflichtet den Behörden eines anderen Staates spezifische Informationen zu übermitteln, die die Information und Beteiligung der ausländischen Öffentlichkeit ermöglichen. Die Frage, ob eine formelle Anhörung der Länder, die Mitglieder der EU oder Vertragsparteien der Espoo-Konvention sind, eingeleitet werden soll, wird jedoch vom französischen Staat bei der Prüfung der Antragsunterlagen für die DAC neu beurteilt (siehe auch Abschnitt 9.2.2).

([15], Kap. 2.1).

Inhalte der UVS

Die UVS ist ein Prozess zur Bewertung der Auswirkungen auf die Umwelt (z. B. Natur, Mensch und kulturelles Erbe) sowie der VVA-Maßnahmen. Die UVS

- stellt sicher, dass die Öffentlichkeit angemessen informiert und an der Umsetzung des Projekts beteiligt wird,
- erläutert, wie die Umweltstudien die Projektdefinition unterstützt haben, indem sie den Vorhabenträgern einen Einblick in die Umweltprobleme an den direkt oder indirekt vom Projekt

betroffenen Standorten verschafft haben und wie die Projektauslegung angepasst wurde, um negative Auswirkungen zu vermeiden oder zu vermindern,

- verschafft den Verwaltungsbehörden die notwendigen Informationen, die es ihnen ermöglichen, über die ihnen vorgelegten Antragsunterlagen zu entscheiden. Diese Informationen umfassen die VVA-Maßnahmen des Projekts sowie die Überwachung ihrer Umsetzung und
- stellt eine Liste von Verpflichtungen der Bauherren zur Einbeziehung von Umweltbelangen in das Projekt dar. Diese Liste kann später aktualisiert werden, wenn sich die Kenntnisse über alle Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts weiterentwickeln, ihre Auslegung vertieft wird und die Schlussfolgerungen aus den laufenden oder künftigen Verfahren zur Öffentlichkeitsbeteiligung einbezogen werden.

Aus Artikel R. 122.5 des französischen Umweltgesetzes, der den Inhalt der UVS festlegt, lässt sich ableiten, dass die Erstellung der UVS in drei große Schritte gegliedert ist:

1. Beurteilung der Herausforderungen durch die Definition des Ausgangszustands der Umwelt vor der Durchführung des Cigéo-Gesamtprojekts und der anschließenden wahrscheinlichen zeitlichen Entwicklung der Umwelt (für den Fall, dass das Projekt nicht durchgeführt wird). Dies umfasst eine Beschreibung der Schutzgüter Bevölkerung und menschliche Gesundheit, biologische Vielfalt, Fläche, Boden und Untergrund, Wasser, Luft und Klima, Sachgüter, kulturelles Erbe und Landschaft sowie Wechselwirkungen zwischen diesen Schutzgütern.
2. Identifizierung und Bewertung der potenziellen erheblichen Auswirkungen, die das Cigéo-Gesamtprojekt auf diese Schutzgüter haben könnte.
Diese Bewertung wird im Verhältnis zu den zuvor festgelegten Herausforderungen durchgeführt. Sie berücksichtigt kurz-, mittel- und langfristige positive oder negative, direkte oder indirekte, vorübergehende oder dauerhafte, kumulierte oder mit anderen Plänen oder Projekten zusammenhängende Auswirkungen.
3. Vorschlag von Maßnahmen, die vom Vorhabenträger umgesetzt werden auf der Grundlage der ermittelten Auswirkungen:
 - Vermeidungsmaßnahmen
 - Verminderungsmaßnahmen zur Verminderung der Auswirkungen, welche nicht vermieden werden können,
 - falls erforderlich Ausgleichsmaßnahmen für Auswirkungen, die weder vermieden noch ausreichend vermindert werden konnten.
Diese Maßnahmen werden vorrangig an dem betroffenen Standort oder in dessen Nähe durchgeführt, um dessen Funktionalität dauerhaft zu gewährleisten. Sie müssen es ermöglichen, die Umweltqualität der Umgebung insgesamt zu erhalten und, wenn möglich, zu verbessern.

Die UVP erfolgt gemäß dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit (Artikel R. 122-5 des französischen Umweltgesetzes). Dieser Grundsatz beruht auf drei Kriterien:

- Umweltempfindlichkeit des Gebiets, das von dem Projekt betroffen sein könnte (z. B. städtisches/ländliches Umfeld, Raumnutzung, Vorhandensein geschützter Arten und/oder Lebensräume)
- Umfang und Art der geplanten Tätigkeiten, Anlagen, Bauwerke und sonstigen Eingriffe
- vorhersehbare Auswirkungen des Projekts auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit

([15], Kap. 2.2).

Eine UVS, die als Natura 2000-Verträglichkeitsprüfung dient

Gemäß Artikel R. 414-19 des französischen Umweltgesetzes müssen Vorhaben, die einer Umweltprüfung unterzogen werden, auch einer Natura-2000-Verträglichkeitsprüfung unterzogen werden und zwar unabhängig davon, ob das betroffene Gebiet innerhalb eines Natura 2000-Gebiets liegt oder nicht. Demzufolge muss auch für das Cigéo-Gesamtprojekt eine Natura 2000-Verträglichkeitsprüfung durchgeführt werden. Die UVS gilt als Natura 2000-Verträglichkeitsprüfung, wenn sie die in Artikel 41-4 geforderten Elemente enthält. ([15], Kap. 2.3)

Die Verträglichkeitsprüfung für Natura 2000-Gebiete ist in Unterlage [22] dargestellt und wird in Anhang 6f zusammengefasst.

Eine UVS, die die Schlussfolgerungen der landwirtschaftlichen Vorstudie integriert

Artikel L. 112-1-3 Absatz 1 des Landwirtschafts- und Seefischereigesetzes (*code rural et de la pêche maritime*) sieht vor, dass für öffentliche und private Bau-, Bauwerks- oder Erschließungsprojekte, die aufgrund ihrer Art, ihrer Größe oder ihres Standorts wahrscheinlich erhebliche negative Auswirkungen auf die Landwirtschaft haben, eine Vorstudie zu erstellen ist, die mindestens eine Projektbeschreibung, eine Analyse des Ausgangszustands der Landwirtschaft des betroffenen Gebiets, die Untersuchung der Auswirkungen des Projekts auf diese sowie die geplanten VVA-Maßnahmen umfasst.

Dementsprechend wurde für das Cigéo-Gesamtprojekt eine landwirtschaftliche Vorstudie (*étude préalable agricole du projet global*) erstellt, in der die Auswirkungen auf die Landwirtschaft untersucht wurden. Nach Prüfung gaben die Kommissionen zur Erhaltung der Natur-, Agrar- und Lebensräume der Departements *Meuse* und *Haute-Marne* sowie die Präfekten eine positive Stellungnahme zu dieser Vorstudie ab.

Für die Bestimmung von Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die Landwirtschaft sowie die Ermittlung von kollektiven Ausgleichsmaßnahmen stützt sich die UVS auf die Schlussfolgerungen der Vorstudie.

([15], Kap. 2.4)

Die UVS im Verwaltungsprozess des Cigéo-Gesamtprojekts

Vor seiner Umsetzung erfordert das Cigéo-Gesamtprojekt die Durchführung mehrerer aufeinanderfolgender öffentlicher Anhörungs- und Genehmigungsverfahren, wobei die UVS jeder behördlichen Akte beizufügen ist, insbesondere

- dem Untersuchungsbericht vor der DUP gemäß dem Gesetz zur Enteignung auf Grund des öffentlichen Interesses oder gemäß dem Energiegesetz für Stromleitungen
- dem Antrag für die DAC einer kerntechnischen Anlage,
- den Anträgen für Umweltgenehmigungen und
- den Genehmigungsanträgen nach dem Städtebaugesetz.

Angesichts der zahlreichen Genehmigungen, die für die Umsetzung des Cigéo-Gesamtprojekts erforderlich sind, wird die UVS für jeden Antrag aktualisiert. Auf diese Weise wird die Qualität der Informationen sowie die Beteiligung der Öffentlichkeit und der prüfenden Behörden gemäß den geltenden Vorschriften sichergestellt.

Die vorliegende Version der UVS präzisiert die Identifizierung und Bewertung der Auswirkungen, die bei der Erstellung der ersten Version der UVS (vor Abgabe der DUP) vorgelegt wurden.

Das Cigéo-Gesamtprojekt unterteilt sich sowohl im Hinblick auf die Bauherren als auch auf die Zeit in mehrere Teilprojekte (bzw. Maßnahmen und Projektphasen), die nicht alle denselben Planungsstand haben.

([15], Kap. 3.1)

Weiterentwicklung der UVS

Die Umweltbehörde erklärt in ihrer beratenden Stellungnahme zur UVS (vor Abgabe der DUP), dass die vorgelegte UVS im Zuge der Genehmigungsanträge aktualisiert wird, wobei insbesondere deren spezifische Erfordernisse berücksichtigt würden. Die Umweltbehörde bestätigt, dass diese Vorgehensweise die einzig angemessene sei, um die Information der Öffentlichkeit und des Gesetzgebers über die Umweltauswirkungen während des gesamten Projekts zu gewährleisten. Diese Aktualisierung wird Anlass für weitere Beratungen der Umweltbehörde sein.

Es gibt drei Gründe für die Aktualisierung der UVS im Rahmen der aufeinanderfolgenden Einreichung von Untersuchungsunterlagen:

- Präzisierungen, die die Bauherren zu den Merkmalen der Teilprojekte, die das Cigéo-Gesamtprojekt ausmachen, vornehmen, insbesondere solche, die mit der Auslegung des Projekts und/oder seinen Entwicklungen im Anschluss an die Verfahren zur Öffentlichkeitsbeteiligung zusammenhängen
- Entwicklung der Ausgangszustände der Umwelt
- regulatorische Entwicklungen

Eine weitere Entwicklung der UVS ergibt sich aus der Einbeziehung der Antworten auf die von der Umweltbehörde vorgebrachten Anmerkungen. Außerdem kann die UVS ergänzt werden, um eventuelle Anmerkungen der Behörden zu berücksichtigen, die für die Prüfung der Genehmigungsunterlagen zuständig sind, denen die UVS beigelegt ist.

([15], Kap. 3.2).

Anhang 6c – Pièce 6 Volume 2

Etude d'impact du projet global Cigéo

Justification et description du projet global Cigéo

Umweltverträglichkeitsstudie des Cigéo-Gesamtprojekts

Begründung und Beschreibung des Cigéo-Gesamtprojekts

Kurzzusammenfassung:

Dieser Band enthält die Begründung der strategischen, wissenschaftlichen und technischen Entscheidungen, die zu dem in der UVS dargestellten Vorhaben geführt haben.

Er beschreibt die verschiedenen Phasen des Cigéo-Gesamtprojekts und die entsprechenden Tätigkeiten und Bauwerke, die damit verbunden sind.

Zusammenfassung

Notwendigkeit einer nachhaltigen Entsorgungslösung für HA- und LL-IL-Abfälle

Die nachhaltige Entsorgung von HA- und LL-IL-Abfällen, d. h. ihre endgültige und langfristige Sicherung, um die Belastungen, die von künftigen Generationen zu tragen sind, zu verhindern oder zu begrenzen, ist eine ethische Anforderung, die im französischen Umweltgesetz festgelegt ist.

Es liegt in der Verantwortung der heutigen Generationen, die die kerntechnischen Aktivitäten ausgeübt und davon profitiert haben, die technischen Optionen zu entwickeln, die eine dauerhafte und sichere Entsorgung der anfallenden HA- und LL-IL-Abfälle ermöglichen, ohne die Last auf unbestimmte Zeit von Generation zu Generation weiterzugeben.

([16], Kap. 1.4)

Geprüfte Alternativen und Begründung der getroffenen Standortauswahl

Französische Entscheidung zur Endlagerung von HA- und LL-IL-Abfällen in der Tonformation des Callovo-Oxfordium

Die Entscheidung für den Standort *Bure* als Standort für ein geologisches Tiefenlager beruht auf einem Prozess, der Studien, Bewertungen (auch internationale) und nationale Entscheidungen zwischen 1991 und 2006 miteinander verbindet:

Vor 1991 wurde in Kooperation von ANDRA und dem Büro für geologische und mineralische Forschungen (*bureau de recherches géologiques et minières*, BRGM) „die nationale Bestandsaufnahme und die Vorauswahl von *a priori* günstigen Gebieten“ auf Basis von geologischen Daten des französischen Untergrunds durchgeführt, um vier Zonen auszuwählen, deren Untergrund günstige Eigenschaften aufweist.

Im Jahr 1991 wurden dann die Forschungsrichtungen für die Entsorgung von HA- und LL-IL-Abfällen mit dem Gesetz Nr. 91-1381 vom 30. Dezember 1991 (auch *Bataille*-Gesetz) festgelegt. Dieses Gesetz sah die Untersuchung der Möglichkeiten einer reversiblen oder irreversiblen Endlagerung in

tiefen geologischen Formationen vor, insbesondere durch die Errichtung von untertägigen Forschungslabors. Die Standortsuche für ein solches untertägiges Forschungslabor berücksichtigte zwei Kriterien:

- Die technische Kompatibilität des Untergrunds mit den Anforderungen an eine geologische Lagerung und mit dem Ziel des Schutzes von Mensch und Umwelt vor den Abfällen.
- Die Akzeptanz des Projekts durch die Anlieger. Es wurden nur die Departements ausgewählt, die dem Aufruf zur freiwilligen Aufnahme eines untertägigen Forschungslabors gefolgt sind.

Diese Kriterien und das stufenweise Vorgehen waren die Lehren aus den Misserfolgen vor 1991, die auf die alleinige Berücksichtigung geologischer Kriterien zurückzuführen waren.

1993 wurden drei Gebiete ausgewählt, die geologisch günstig waren und sich in freiwilligen Departements befanden, wobei sich die drei Gebiete über vier Departements erstreckten:

- ein tonhaltiges Gebiet im *Gard*
- ein tonhaltiges Gebiet, das sich über die Departements *Haute-Marne* und *Meuse* erstreckt
- ein Granitgebiet im Departement *Vienne*

Eine zweite Phase bestand dann aus der „Auswahl eines Standorts für die Errichtung eines untertägigen Labors“. Im Rahmen dieser Phase wurden die ausgewählten Gebiete durch geophysikalische Untersuchungen von der Oberfläche (Gravimetrie, Seismik), oberflächennahe Bohrungen sowie Tiefbohrungen erkundet. Des Weiteren wurden Vorstudien zu Vorentwürfen für untertägige Labors eingeleitet, um die mögliche Einrichtung vorzubereiten.

1996 reichte ANDRA für jedes der drei 1993 ausgewählten Gebiete Genehmigungsanträge für Einrichtung und Betrieb von Untertagelabors ein.

Nach der Untersuchung dieser Anträge legte die Regierung im Dezember 1998

- aus technischen Gründen die Aufgabe der Standorte *Gard* und *Vienne*,
- die Errichtung eines untertägigen Labors am Standort *Meuse/Haute-Marne*, um die Machbarkeit eines reversiblen geologischen Tiefenlagers in der Tonformation des Callovo-Oxfordium zu untersuchen und
- die Fortsetzung der Forschung in Granitumgebungen

fest.

Im August 1999 erhielt ANDRA die DAC für das untertägige Labor „*Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne*“ in Bure. Der Bau des untertägigen Forschungslabors *Meuse/Haute-Marne* begann im Jahr 2000. Im Jahr 2004 erreichten die Abteufarbeiten der Schächte die zu untersuchende Tonschicht des Callovo-Oxfordium.

Die Arbeiten im untertägigen Forschungslabor in *Meuse/Haute-Marne* und in den Oberflächenlabors sowie die von der Oberfläche durchgeführten Untersuchungen bestätigten schrittweise die Machbarkeit der Errichtung eines tiefengeologischen Endlagers in der Tonschicht des Callovo-Oxfordium. In den Jahren 2006 und 2016 bestätigte das Parlament nach zwei öffentlichen Debatten (*débat public*) die Wahl der reversiblen geologischen Tiefenlagerung in der Tonschicht, die zur Referenzlösung für die nachhaltige Entsorgung von HA- und LL-IL-Abfällen wurde.

Im Jahr 2011 wird nach einer öffentlichen Anhörung (*enquête publique*) die Betriebsgenehmigung für das untertägige Forschungslabor in *Meuse/Haute-Marne* bis 2030 verlängert.

([16], Kap. 2.3)

Standortentscheidungen für das Endlager Cigéo und andere damit verbundene Maßnahmen

Kriterien, die bei der Standortauswahl der untertägigen Anlagen ausschlaggebend waren

Bei den von der Oberfläche aus durchgeführten Erkundungsarbeiten wurde auch ein etwa 250 km² großes Gebiet um das untertägige Forschungslabor in *Meuse/Haute-Marne* festgelegt, auf welches die dort erzielten Ergebnisse übertragen werden können. Dieses Gebiet wird als ZT bezeichnet.

Um ihre Kenntnisse zu verfeinern und ihre Studien voranzutreiben, hat ANDRA innerhalb der ZT einen begrenzten Bereich der Callovo-Oxfordium-Schicht gesucht, der sich für die Errichtung eines Endlagers eignet und in dem zusätzliche Erkundungstechniken eingesetzt werden könnten, um genauere Informationen über die Eigenschaften des Standorts zu erhalten. Dieses begrenzte Gebiet wird als ZIRA) bezeichnet.

Zur Identifizierung der ZIRA hat ANDRA vorwiegend geologische Kriterien festgelegt, die Mensch und Umwelt vor allem langfristig vor den gefährlichen Stoffen im einzulagernden Abfall schützen sollen:

- die Mächtigkeit der Tonschicht, die für den langfristigen Einschluss gefährlicher Stoffe günstig ist, da sie die Zeit bis zur möglichen Migration in die Biosphäre verlängert
- die Teufe, die es ermöglicht, Mensch und Umwelt zu schützen, indem sie den Abfall von der Biosphäre fernhält und ihn gleichzeitig vor potenziellen Angriffen durch Naturphänomene an der Oberfläche und durch menschliche Aktivitäten schützt
- der Abstand zu großen geologischen Verwerfungen, was die langfristige Stabilität des Endlagers gewährleistet und den Transport gefährlicher Stoffe in die Biosphäre verzögert
- die geringe Neigung, die das Endlagedesign vereinfacht

Um sicherzustellen, dass die untertägigen Anlagen des Endlagers mit umweltverträglichen übertägigen Anlagen kombiniert werden können, hat ANDRA nach Gesprächen mit den Interessenvertretern und der Region zusätzliche ökologische und wirtschaftliche Kriterien festgelegt, die mit der Raumplanung und der lokalen Integration des Projekts zusammenhängen:

- Vermeidung der Errichtung des Endlagers unterhalb von bebauten Gebieten
- Erhalt landwirtschaftlicher Flächen
- Ermöglichung einer Bahnanbindung der Oberflächenanlagen des Endlagers, um Straßentransporte und damit verbundene Umweltbelastungen zu verringern

ANDRA schlug vier Optionen für die Positionierung der ZIRA vor (siehe Abbildung A6c - 1) und unterzog sie dem Dialog mit den lokalen Akteuren und einer vergleichenden Analyse auf der Grundlage technischer und ökologischer Kriterien. Im Ergebnis formulierte ANDRA Ende 2009 einen verfeinerten Vorschlag für die ZIRA (siehe Abbildung A6c - 2). Dieses ZIRA schließt die ZIRA 2, 3 und 4 teilweise in ihren Umfang ein⁵⁰. Dieser Vorschlag wurde nach Bewertung durch die nationale Bewertungskommission, technischer Prüfung durch die ASN und Konsultation der gewählten Volksvertreter und des lokalen Informations- und Begleitausschusses (*comité local*

⁵⁰ Die Position ZIRA 1 wurde verworfen, da es in Bezug auf bestimmte geologische Kriterien als zu grenznah eingestuft wurde. Die durchschnittliche Teufe von über 600 m hätte insbesondere das Auffahren der Einlagerungsstrecken erschwert. Diese technische Schwierigkeit hätte zwar überwunden werden können, hätte aber zu einer Verlängerung der Fristen, höheren Kosten und einem höheren Materialverbrauch geführt.

d'information et de suivi, Clis) des untertägigen Forschungslabors *Meuse/Haute-Marne* im März 2010 von der Regierung bestätigt.

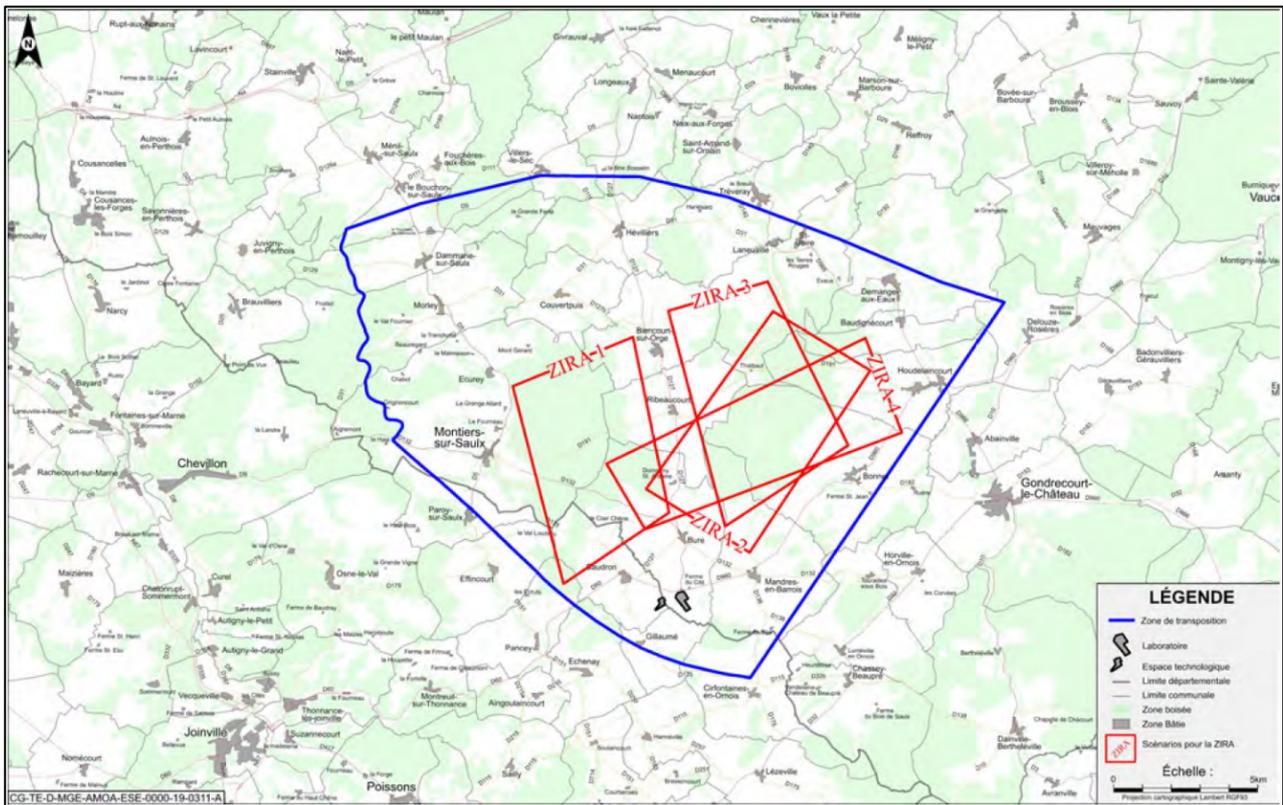


Abbildung A6c - 1: Vorschläge für die Positionierung des ZIRA ([16], Kap. 2.4.1.2.2)

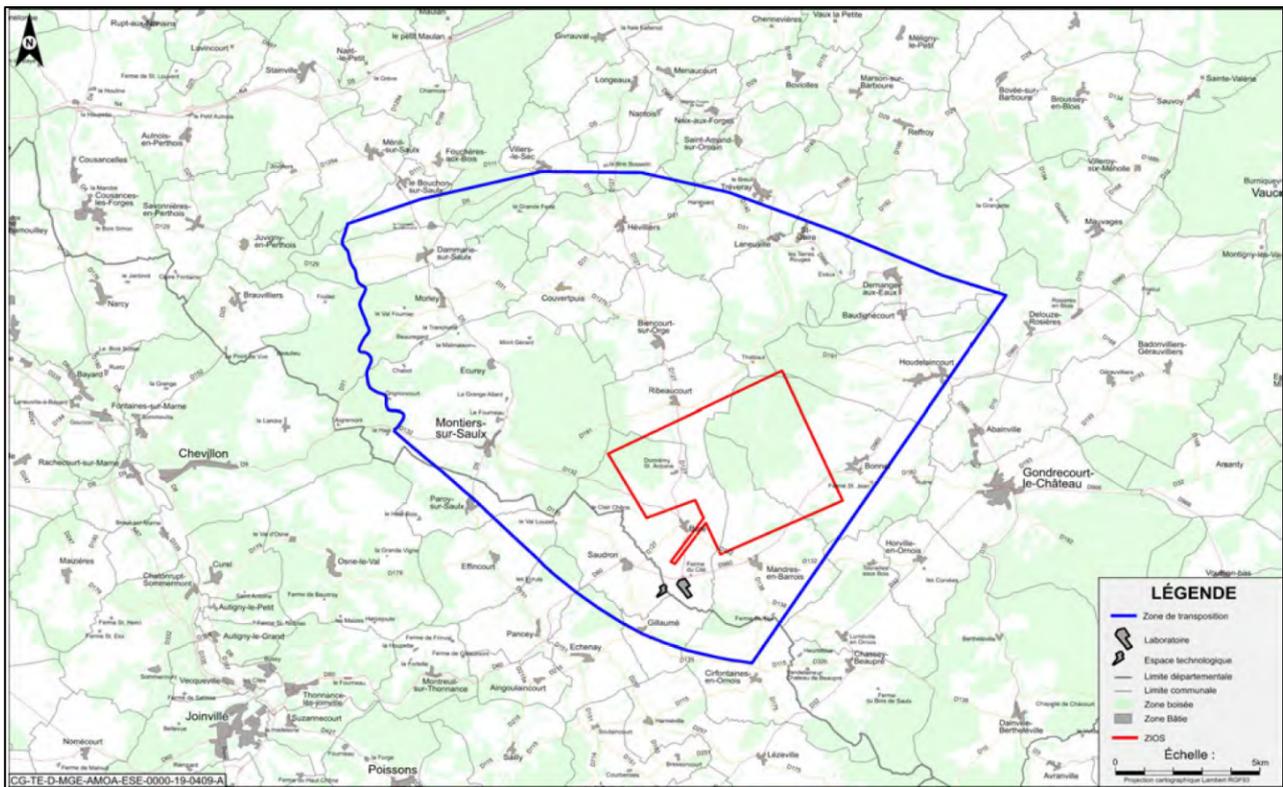


Abbildung A6c - 2: Verfeinerter Vorschlag für das ZIRA ([16], Kap. 2.4.1.2.2)

Die zusätzlichen geologischen Untersuchungen (insbesondere dreidimensionale seismische Untersuchungen), die ANDRA 2010-2011 in der ZIRA durchführte, bestätigten die dortige Qualität der tonhaltigen Schicht des Callovo-Oxfordium. Die Geometrie des Callovo-Oxfordium wurde präzisiert, die Konstanz seiner Eigenschaften überprüft und das Fehlen kleinerer Verwerfungen bestätigt. Die Kenntnisse über die Gesteine oberhalb und unterhalb der tonhaltigen Schicht wurden vertieft.

Ab 2011 begann ANDRA mit den Studien zur industriellen Auslegung des Endlagers Cigéo (Vorstudien). Diese Studien zielen insbesondere darauf ab, die Endlagerbauwerke optimal in der Callovo-Oxfordium-Schicht in der ZIRA zu platzieren. Diese Studien haben die Architektur der untertägigen Anlage schrittweise präzisiert und die Möglichkeit bestätigt, die Bauwerke zur Endlagerung von HA- und LL-IL-Abfällen in das vorgesehene Gesteinsvolumen einzubetten.

Das Projekt des Endlagers Cigéo war 2013 Gegenstand einer öffentlichen Debatte, nach der ANDRA beschloss, die Studien mit den geforderten Änderungen fortzusetzen.

Im Jahr 2016 legte ANDRA seine Studien in einem Zwischenstadium in einer Reihe von Unterlagen vor, zu denen insbesondere die Sicherheitsoptionen ([1, 2]) gehörten. Diese waren Gegenstand einer internationalen Überprüfung (siehe auch Abschnitt 8.2), einer technischen Prüfung der ASN und einer Bewertung durch die Nationale Bewertungskommission (*commission nationale d'évaluation*, CNE). In ihrer Stellungnahme Nr. 2018-AV-0300 vom 11. Januar 2018 [93] stellte die ASN fest, dass ANDRA „detaillierte Kenntnisse über den Standort *Meuse/Haute-Marne* erworben hat, die es ermöglichen, die Eignung des für die Errichtung des Endlagers gewählten Gebiets zu bestätigen“.

ANDRA hat beschlossen, das gesamte der ZIRA zugehörigen Volumen des Callovo-Oxfordium, sowie das Volumen des darüber liegenden Gesteins, das die Zugangsbauwerke (Schächte und die Rampen) aufnimmt in das ZIOS des Endlagers Cigéo einzubeziehen. Das ZIOS des Endlagers Cigéo deckt die Gesamtheit der untertägigen Anlagen ab. Es umfasst den Block des Wirtsgesteins (Callovo-Oxfordium), der durch die ZIRA definiert ist und die zylindrischen Blöcke der höher gelegenen geologischen Schichten, in denen die Rampen und Schächte aufgefahren werden.

([16], Kap. 2.4.1.2)

Prinzipien, die für die Standortauswahl der Oberflächenanlagen angewendet wurden

Parallel zum Standortauswahlprozess der untertägigen Anlage führe ANDRA einen schrittweisen Prozess durch, um die günstigsten Teile des Gebiets für den Standort der Oberflächenanlagen des Endlagers zu ermitteln. Zu diesem Zweck legte ANDRA zunächst grundlegende Ziele für die Anordnung der übertägigen Bauwerke fest:

- Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt vor Belästigungen und Risiken, die von dem Endlager ausgehen
- Verringerung von Risiken und Gefahren
- Respektierung der Erwartungen der lokalen Akteure in Bezug auf die lokale Integration und die Raumplanung
- Optimierung der betrieblichen Tätigkeiten

Zum Schutz der Gesundheit der Menschen und der Umwelt sind die Oberflächenanlagen in zwei Hauptbereiche gruppiert:

- Das Betriebsgelände „Schächte“, das sich vertikal über dem Bereich des Callovo-Oxfordium befindet, in dem die untertägigen Anlagen errichtet werden: Die untertägigen Anlagen müssen durch vertikale Schächte mit der Oberfläche verbunden werden, da diese Art von Bauwerken

den kürzesten und effizientesten Weg für die Bewetterung und den Transport von Material und Menschen bzw. deren Evakuierung darstellt.

- Das Betriebsgelände „Rampen“, das sich einige Kilometer von dem Betriebsgelände „Schächte“ entfernt befindet: Hier befindet sich das Portal der Rampe durch die die radioaktiven Abfallgebände in die Endlagerbereiche transportiert werden (Gebindeabfahrtsrampe). Die sicherste Methode für diesen Vorgang ist die Beförderung mit einer seilgeführten Flurförderanlage durch einen geradlinigen Tunnel mit einer Steigung von ca. 12 %. Um langfristig keine Wasserzirkulation durch die Lagerstätte zu riskieren, müssen die Punkte, an denen Schächte und Rampen auf die Tonschicht des Callovo-Oxfordium treffen, so nah wie möglich beieinanderliegen. Diese Anforderungen führen dazu, dass das Portal der Gebindeabfahrtsrampe weiter vom Betriebsgelände „Schächte“ entfernt liegt.

ANDRA hat die Einschränkungen für die Errichtung von Oberflächenanlagen in der Region ermittelt (bebaute Gebiete, besondere Landschaftsformen, historische Denkmäler, Wasserentnahme, Standorte, an denen die biologische Vielfalt gefährdet ist usw.). ANDRA hat auch eine Bestandsaufnahme der menschlichen und natürlichen Risiken (Überschwemmungsgebiete, Flugplätze, Gebiete mit starkem Gefälle usw.) durchgeführt, die sich auf die Anlagen auswirken könnten. Auf der Grundlage dieser Recherche erstellte ANDRA eine Übersichtskarte, in der die zu vermeidenden und die zu bevorzugenden Gebiete identifiziert wurden. Anschließend wurden zwölf Gebiete für Oberflächenanlagen (*zones d'implantations de surface*, ZIIS) identifiziert, die entweder das Betriebsgelände „Schächte“ oder das Betriebsgelände „Rampen“ aufnehmen könnten.

Diese potenziellen ZIIS wurden 2009 einem Dialog mit den lokalen Akteuren unterzogen. Diese äußerten starke Forderungen nach einer Verringerung der Umweltbelastungen und einer wirtschaftlichen und sozialen Entwicklung, die insbesondere durch den Clis des untertägigen Forschungslabors in *Meuse/Haute-Marne* verknüpft wurden:

- Nutzung des Potenzials der bestehenden Verkehrsinfrastruktur
- Erhalt der Lebensumwelt und Gewährleistung der ökologischen Eingliederung
- Begrenzung der Belastungen für die Bevölkerung und Förderung der Entwicklung des Schienen- und Binnenschiffsverkehrs
- Schutz des Oberflächen- und des Grundwassers

([16], Kap. 2.4.1.3.1 & 2.4.1.3.2)

Standortauswahl für das Betriebsgelände „Rampen“

Um die Grundwasserleiter zu schützen, suchte ANDRA innerhalb der potenziellen ZIIS ein Gebiet südlich und westlich des ZIOS für das Betriebsgelände „Rampen“. Durch diese Lage wird vermieden, dass die Rampe durch den Graben von *Gondrecourt-le-Château* und die DFZ führt, in denen Grundwasser zirkuliert. Aus Gründen der Handhabungssicherheit suchte ANDRA nach einem Gebiet, das etwa fünf Kilometer von den untertägigen Endlagerbereichen entfernt liegt und es ermöglicht, eine Rampe mit einem Gefälle von etwa 10 % zu konzipieren.

In Gesprächen mit den lokalen Akteuren brachten diese ihren Wunsch zum Ausdruck, dass das Betriebsgelände „Rampen“ in einem Gebiet positioniert wird, das sowohl im Departement *Meuse* als auch im Departement *Haute-Marne* liegt. So ein Standort symbolisiere und erinnere an die gemeinsame Kandidatur der beiden Departements für die Aufnahme eines untertägigen Forschungslabors und bände das Departement *Haute-Marne* dauerhaft in die Entscheidungen über das Endlager ein (das ZIOS liegt ausschließlich im Departement *Meuse*). ANDRA berücksichtigte diesen Wunsch bei

ihren Studien zur industriellen Auslegung und schlug eine Option für die Ansiedlung des Betriebsgeländes „Rampen“ an der Grenze der beiden Departements vor. Dieser Vorschlag wurde am 4. Februar 2013 vom *Comité de Haut-Niveau* unter dem Vorsitz der Umweltministerin bestätigt und bei der öffentlichen Debatte über das geplante Endlager Cigéo im Jahr 2013 vorgestellt.

Um die Risiken zu begrenzen, die Belästigungen zu reduzieren und die industrielle Aktivität auf dem Betriebsgelände „Schächte“ zu optimieren, hat ANDRA alle kerntechnischen Aktivitäten auf dem Betriebsgelände „Rampen“ angesiedelt. Diese Entscheidung ermöglicht insbesondere eine bessere Zugangskontrolle, einen besseren Schutz sensibler Aktivitäten, eine Optimierung der Umweltschutzbestimmungen und die Vermeidung des Transports von radioaktiven Stoffen zwischen den Betriebsgeländen.

Um die Gesamtfläche zu verringern, hat ANDRA auch die Gebäude, die dem Empfang der Öffentlichkeit, dem nuklearen Gedächtnis (*maintien de la mémoire*), der Ausstellung von Zugangsgenehmigungen und den wichtigsten Verwaltungsdiensten für das gesamte Endlager Cigéo gewidmet sind, auf dem Betriebsgelände „Rampen“ angesiedelt.

Letztendlich entschied sich ANDRA für einen Standortbereich mit einer Gesamtfläche von 296 ha, der weit genug vom Dorf *Saudron* entfernt liegt, um die Belästigungen durch Bau und Betrieb sowie die Risiken im Falle eines Unfalls zu verringern. Da der Standort in einem landwirtschaftlichen Gebiet liegt, vermeidet er ökologisch sensible Bereiche am Ufer des Flusses *Orge* und ermöglicht die Umsetzung von Maßnahmen zur Verminderung von Auswirkungen, insbesondere auf die Landschaft, sowie von ökologischen Ausgleichsmaßnahmen. Da der Standort an die bestehenden Anlagen der ANDRA in *Meuse/Haute-Marne* angrenzt, können Infrastrukturen und Straßenverbindungen gemeinsam genutzt werden und somit Gesamtauswirkungen des Projekts vermindert werden.

([16], Kap. 2.4.1.3.3)

Standortauswahl für das Betriebsgelände „Schächte“

Auf der Grundlage einer Gebietsanalyse hat ANDRA innerhalb der potenziellen ZIIS drei Optionen für den Standort des Betriebsgeländes „Schächte“ ermittelt. Alle sind in einem bewaldeten Hügelgebiet positioniert (Staatswald von *Montiers-sur-Saulx*, *Bois Lejuc*, *Bois de la Caisse*). Diese Entscheidung erleichtert die Integration der Schächte in die Landschaft und gleicht den Flächenverbrauch zwischen landwirtschaftlichen und bewaldeten Flächen aus. Da das Betriebsgelände „Rampen“ fast 300 ha landwirtschaftliche Nutzfläche beansprucht, war es von entscheidender Bedeutung, die anderen Entnahmen in einem Gebiet, in dem die Landwirtschaft die wichtigste Rolle in der lokalen Wirtschaft einnimmt, zu reduzieren. Dieser Ansatz entspricht der Forderung der lokalen Akteure nach der Erhaltung des Lebensraums.

Parallel dazu suchte ANDRA innerhalb der potenziellen ZIIS nach geeigneten Landstrichen für die Ablagerung des Abraums aus dem Callovo-Oxfordium, der bei den Auffahrarbeiten gewonnen wird (ca. 11 Mio. m³). Etwa 40 % ihres Volumens werden für die Stilllegung der untertägigen Anlage am Ende des Betriebs des Endlagers wiederverwendet, sodass weniger Fremdmaterial angeschafft werden muss. Zusätzliche Umweltziele wurden speziell mit der Suche nach Ablagerungsgebieten für diesen Aushub, den sogenannten „Halden“ verknüpft. Dabei handelte es sich insbesondere um

- die Positionierung der Halden in angemessener Nähe zu den Schächten, um die mit dem Transport verbundene Belästigungen und Kosten zu reduzieren,
- die Aufbewahrung des wiederzuverwendenden Tons in einer Einrichtung von ANDRA, um ihn zu überwachen und seine Qualität zu kontrollieren,

- die Positionierung der Halde in weiter Entfernung von den Dörfern, um die Belästigungen durch ihren Betrieb (Lärm, Staub etc.) zu verringern,
- die Begrenzung der Ausdehnung und Aufteilung der Halden, um eine Zersiedelung des Landes zu vermeiden und ihre Verwaltung zu optimieren (Straßen, Regenwasserbehandlungsanlagen etc.),
- den Schutz von Oberflächen- und Grundwasser, indem die Zahl der Ausflüsse und der betroffenen Einzugsgebiete begrenzt wird und
- den Erhalt der Landschaft, indem auf die landschaftliche Einbettung der Hänge geachtet wird.

Auf der Grundlage dieser Analyse suchte ANDRA nach Gebieten, die die Kapazität haben, den gesamten Abraum in der Nähe der Schächte aufzunehmen und dabei alle Auflagen zu erfüllen.

ANDRA hat jeder der drei Optionen für das Betriebsgelände „Schächte“ Bereiche für die Errichtung der Halde zugeordnet. Anschließend wurden die Designstudien vertieft. Um die Risiken und Belastungen für Mensch und Umwelt zu begrenzen und aus Gründen der Optimierung der industriellen Tätigkeit beschloss ANDRA, alle Aktivitäten und Gebäude, die der Unterstützung der untertägigen Maßnahmen gewidmet sind, um die Schächte anzuordnen.

Von den drei Optionen für den Standort des Betriebsgeländes „Schächte“ wurde der Staatswald von *Montiers-sur-Saulx* aus ökologischen und technischen Gründen ausgeschlossen. Der Wald erwies sich bei der Bestandsaufnahme der Fauna als ökologisch sensibler und seine Lage außerhalb des Standortes der untertägigen Anlagen erschwert die Errichtung und den Betrieb der untertägigen Anlage. Am 4. Februar 2013 forderte das *Comité de Haut-Niveau* ANDRA auf, die Optionen im *Bois Lejuc* und im *Bois de la Caisse* weiter zu untersuchen. Während der öffentlichen Debatte über das Cigéo-Gesamtprojekt im Jahr 2013 wurden dennoch alle drei Optionen dargelegt.

ANDRA setzte die Designstudien für das Endlager im *Bois Lejuc* und im *Bois de la Caisse* fort und entschied sich 2014 aus Gründen des Umweltschutzes für den Standort im *Bois Lejuc*. Diese Entscheidung ermöglicht insbesondere eine maximale Entfernung vom Natura 2000-Gebiet *Bois de Demange* und eine bessere landschaftliche Integration, die vom Gefälle des Geländes in Richtung Osten profitiert. Vor allem aber vermeidet sie, dass der *Ormançon*, ein empfindlicher Naturraum, für den Transport und die LIS überquert werden muss.

In Bezug auf die biologische Vielfalt gab es 2014 keine nennenswerten Unterschiede im Artenreichtum zwischen den beiden Waldgebieten. Die von ANDRA diesbezüglich durchgeführten Studien zeigten eine annähernde Gleichwertigkeit, insbesondere in Bezug auf Fledermäuse. Die Qualität der Aufforstung des *Bois Lejuc* wurde als minderwertig eingestuft, da er durch den Sturm von 1999 stark beschädigt worden war.

Die Kriterien der industriellen Optimierung begünstigen ebenfalls die Ansiedlung im *Bois Lejuc*. Die gewählte Option ermöglicht es, das Betriebsgelände „Schächte“ und den Haldenbereich in einem Zug zu organisieren und verkürzt die Länge der Rampe, was die Auswirkungen vermindert und die Kosten optimiert. Schließlich befindet sich der Standort fast im Zentrum des ZIOS und fördert so die Entwicklung der untertägigen Anlage von einem zentralen Bereich aus, begrenzt die Anzahl und Länge der untertägigen Strecken und verkürzt somit die Interventionszeiten, insbesondere in Notfällen.

Im Jahr 2016 wurde der *Bois Lejuc* als Naturgebiet von ökologischem, floristischem und faunistischem Interesse (*zone naturelle d'intérêt écologique, floristique et faunistique*, ZNIEFF) eingestuft, da er in das neue, größere ZNIEFF „*Forêt de la Fosse Lemaire à Mandres-en Barrois*“ integriert wurde. Die Aufnahme des *Bois Lejuc* in ein ZNIEFF ist insbesondere auf das Vorkommen von Fledermäusen zurückzuführen. Sie stellt jedoch keine Ausnahme in dem Gebiet dar. Im Fall des *Bois*

Lejuc war es die Fülle der verfügbaren Beobachtungen aus den von ANDRA durchgeführten Bestandsaufnahmen, die zur Aufnahme in das ZNIEFF geführt hat. Im Vergleich zu den anderen Forsten und Wäldern in der Umgebung betrifft er keine besonderen ökologischen Interessen.

ANDRA berücksichtigte diese Einstufung, indem sie die Fläche des Betriebsgeländes „Schächte“ so weit wie möglich reduziert hat. Sie führte eine weitere Runde technischer Analysen durch, um den Nutzen einer Verlegung des Betriebsgeländes „Schächte“ aus den Waldgebieten heraus neu zu bewerten. Wie bereits im Jahr 2014 bestätigten die Einschränkungen bei der Entwicklung der untertägigen Anlage, die zusätzlichen Risiken, die durch die Verlängerung der Strecken entstehen, und die Auswirkungen auf die landwirtschaftlichen Aktivitäten die Standortwahl im *Bois Lejuc*.

Um die Auswirkungen auf das ZNIEFF weiter zu vermindern, hat ANDRA Studien zur Verwertung des ausgehobenen Tons außerhalb des Cigéos in Auftrag gegeben. Seine Verwendung wird beispielsweise zum Auffüllen von Steinbrüchen oder als Grundmaterial für die Herstellung von Zementen untersucht. Zum jetzigen Zeitpunkt kann die Machbarkeit und Nachhaltigkeit der geplanten industriellen Verwertungswege noch nicht als gesichert angesehen werden. ANDRA hat jedoch die Entscheidung getroffen, ihr Projekt weiterzuentwickeln und den Ablagerungsbereich (Halde) ausschließlich auf die Aufbewahrung des Tons zu beschränken, der bei der Stilllegung der untertägigen Anlage wiederverwendet werden soll (ca. 4,5 Mio. m³). Aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht sowie im Hinblick auf die langfristige Sicherheit ist es nicht sinnvoll, dieses Material außerhalb des Cigéo zu verwerten, um das Endlager später wieder mit exogenem Verschlussmaterial zu versorgen (ca. 6,5 Mio. m³). Durch diese Maßnahme wird die umgestaltete Fläche um ca. 39 ha reduziert. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt hält es ANDRA nicht für möglich, die Anzahl der Halden auf dem Betriebsgelände „Schächte“ weiter zu reduzieren.

Die Verminderung der Auswirkungen auf das ZNIEFF geht auf Kosten einer komplexeren Verwaltung des Abraums aus dem Callovo-Oxfordium (Sortierung, Zwischenlagerung, bedarfsgerechter Abtransport, Ablagerung) und einer Zunahme der Transporte außerhalb des Standorts.

Letztendlich entschied sich die ANDRA für einen Standortbereich mit einer Gesamtfläche von 202 ha im südlichen Teil des *Bois Lejuc*, der es ermöglicht, die Schächte, die Einrichtungen zur Unterstützung der untertägigen Aktivitäten und den Bereich zur Entsorgung des ausgehobenen Callovo-Oxfordium in einem einzigen optimierten Gebiet zu errichten.

([16], Kap. 2.4.1.3.4)

Standortauswahl für den Haldenbereich auf dem Betriebsgelände „Schächte“

Bereits in den ersten Phasen der Planung des Endlagerprojekts untersuchte ANDRA unter Beachtung von Umweltauflagen mögliche Optionen für den Umgang mit Halden, um ihren Zielen des Schutzes von Mensch und Umwelt gerecht zu werden. Die zusätzlichen Ziele von ANDRA waren das ausgehobene Material aus dem Callovo-Oxfordium

- für die Stilllegung der untertägigen Anlagen aufzubewahren, damit die Strecken mit einem Material verfüllt werden können, das dem des Wirtsmilieus entspricht (oder diesem nahe kommt) und so die physikalisch-chemischen Störungen des Untergrunds begrenzt werden können,
- zur Wiederverwendung in einer Anlage von ANDRA aufzubewahren, um ihn zu überwachen und seine Qualität zu kontrollieren und
- in angemessener Nähe zu den Schächten anzuordnen, um den Materialtransport und damit die mit dem Transport verbundenen Belastungen und Kosten zu begrenzen.

Die Festlegung des Standortes für die Halde ist das Ergebnis eines schrittweisen Vorgehens, das zwischen 2009 und 2013 parallel zum Prozess der Festlegung der ZIIS durchgeführt wurde.

Die Standortmöglichkeiten wurden auf der Grundlage von mehreren Umweltkriterien (z. B. Abstand zu natürlichen Lebensräumen und Siedlungsgebieten, Anzahl der betroffenen Wassereinzugsgebiete) analysiert.

Durch eine maximale Reduzierung der Anzahl der Ablagerungsbereiche können die Halden optimiert und ihre Grundfläche begrenzt werden. Eine kleinere Fläche begrenzt die Materialbewegungen im Ablagerungsbereich und die damit verbundenen Belästigungen (Staub, Lärm etc.). Darüber hinaus verhindert die Verminderung der Haldenanzahl die Zersiedelung der Landschaft, da weniger Standorte für industrielle Aktivitäten benötigt werden. Dadurch werden die Auswirkungen auf die menschlichen Aktivitäten in der Region (Verkehr, Landwirtschaft usw.) vermindert.

Wie bei den Schächten hat die Positionierung der Haldenbereiche in Waldgebieten den doppelten Vorteil, dass die fast 20 m hohen Halden sich leichter in die Landschaft integrieren lassen und der Landverbrauch zwischen landwirtschaftlichen und bewaldeten Flächen ausgeglichen wird.

([16], Kap. 2.4.1.3.4)

Standortauswahl für die LIS

Die Zusammenlegung der übertägigen Aktivitäten, Bauwerke und Gebäude des Endlagers Cigéo auf dem Betriebsgelände „Rampen“ und auf dem Betriebsgelände „Schächte“ bringt zwangsläufig Transporte zwischen diesen beiden Betriebsgeländen mit sich. Um die mit diesen Vorgängen verbundenen Auswirkungen und Risiken für Mensch und Umwelt zu vermindern, hat ANDRA die Schaffung einer speziellen Verbindung, der sogenannten LIS geprüft. Darüber hinaus muss eine Zufahrtsstraße zum Betriebsgelände „Schächte“ geschaffen werden, damit das Personal diesen mit leichten Fahrzeugen erreichen kann.

Um die Belästigung durch den Materialtransport zwischen den Betriebsgeländen zu reduzieren, bevorzugt ANDRA die Einrichtung einer speziellen Infrastruktur (eingehauste Unterflur-Bandanlage), anstatt LKW einzusetzen. Für diese Infrastruktur wurde eine von Wohnhäusern entfernte Trasse gesucht, die zwischen den Dörfern *Bure* und *Mandres en Barrois* verläuft. Die Verkehrssicherheit wurde berücksichtigt, indem zwischen den beiden Betriebsgeländen eine Privatstraße für den LKW-Verkehr eingerichtet wurde, die parallel zur Straße für leichte Fahrzeuge und zum Förderband verläuft. Die Höhenlage und die endgültige Streckenführung wurden so festgelegt, dass ökologisch sensible Bereiche umgangen und die visuellen Auswirkungen so gering wie möglich gehalten werden. Unterbrochene Wege werden wiederhergestellt, um die Auswirkungen auf den lokalen Verkehr und die landwirtschaftlichen Aktivitäten zu vermindern.

Um die Meinungen und Empfehlungen der lokalen Akteure zu sammeln, organisierte ANDRA nach der öffentlichen Debatte mehrere Workshops und Austauschveranstaltungen. Letztendlich hat ANDRA eine Fläche von ca. 46 ha für die Errichtung der eingehausten Unterflur-Bandanlage, der Privatstraße für LKWs und der Straße für den Zugang von leichten Fahrzeugen zum Schachtbereich ausgewählt.

([16], Kap. 2.4.1.3.5)

Standortauswahl für die ITE

Das Bestreben, die durch LKW-Transporte verursachten Belastungen für Mensch und Umwelt zu reduzieren, und die Beachtung des Willens der Region, den Einsatz von Bahntransporten zu fördern, haben ANDRA dazu veranlasst, die Bahnanbindung des Endlagers zu untersuchen, insbesondere für

den Transport und die Anlieferung der Gebinde mit radioaktiven Abfällen. Diese Eisenbahnanlage, die das Endlager Cigéo an das nationale Eisenbahnnetz anschließt, wird als ITE bezeichnet.

Um den Verbrauch von landwirtschaftlichen Flächen zu reduzieren und die mit der Schaffung einer neuen Strecke verbundenen Auswirkungen zu vermeiden, hat ANDRA versucht, die Infrastruktur der alten Eisenbahnstrecke von *Joinville* nach *Gondrecourt-le-Château* so weit wie möglich wieder zu nutzen. Sie ermöglicht auf der Höhe von *Gondrecourt-le-Château* den Anschluss an die von *SNCF Réseau* betriebene Bahnstrecke 027000. Im Rahmen der Studien wurde empfohlen zehn Kilometer des alten Gleisbettes wieder zu ertüchtigen. Lediglich vier Kilometer neue Eisenbahnstrecke müssen auf dem letzten Teil der Strecke geschaffen werden. Die Trassenführung dieser letzten Kilometer ist durch die Höhenlage des alten Gleisbettes und des zu bedienenden Betriebsgeländes „Rampen“ stark eingeschränkt.

Um die Meinungen und Empfehlungen der lokalen Akteure zur ITE einzuholen, organisierte ANDRA nach der öffentlichen Debatte mehrere Workshops und Gespräche. Sie ermöglichten es, die Wahl der Trasse zu bestätigen und klare Präferenzen für die Straßenwiederherstellung zu äußern. Letztendlich entschied sich ANDRA für einen Standort auf einer Fläche von 121 ha, der auf der Trasse der alten Bahnlinie liegt und sich in einer offenen landwirtschaftlichen Umgebung befindet. Sie umfasst auch eine Logistikplattform im Besitz von ANDRA, die eine ehemalige Industriebrache in *Gondrecourt-le-Château* aufwertet.

([16], Kap. 2.4.1.3.6)

Stromversorgung

Für den Anschluss des Endlagers Cigéo an das Stromnetz wurden Lösungen untersucht, die sich an die bestehenden Leitungen in der Nähe des Betriebsgeländes „Rampe“ (*Saudron*) und des Betriebsgeländes „Schächte“ (*Mandres-en-Barrois*) anschließen. Auf diese Weise können zusätzliche Oberleitungen vermieden werden, die insbesondere die Landschaft beeinträchtigen würden. Insgesamt wurden fünf Szenarien untersucht und ein sechstes diskutiert, aber aufgrund zu hoher Kosten nicht weiterverfolgt. Derzeit wird das Szenario 5 „Unterirdische 90-kV-Stromleitung von einer 400/90-kV-Umspannstation am Fuß der 400-kV-Leitung und 90-kV-Lieferstationen auf den beiden Betriebsgeländen“ bevorzugt. ([16], Kap. 2.4.2.2.1)

Der Standort der 400/90-kV-Umspannstation sollte an die 400-kV-Leitung angrenzen (Begrenzung der Länge der zu errichtenden Oberleitungen) und nimmt eine Fläche von etwa 400 m x 300 m (Station, Landschaftsgestaltung und Verbindungsmasten außerhalb der Station, mit einem Abstand von etwa 50 m zur 400-kV-Leitung) ein. In einem ersten Schritt wurden unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen und anhand technischer Kriterien 24 Standorte ermittelt. Diese 24 Standorte wurden anschließend unter Berücksichtigung von Kriterien der territorialen Eingliederung, der Umwelt und der Sicherheit analysiert. RTE schlug vor, den von den Teilnehmern der vorherigen Konzertierung (*concertation*) bevorzugten Standort 3S beizubehalten. Diese Wahl wurde am 24. Februar 2022 von der Präfektin des Departements *Meuse* bestätigt. Die endgültige technische Lösung ist Gegenstand weiterer Studien und einer Aktualisierung der vorliegenden UVS. ([16], Kap. 2.4.2.2.2)

Zwischen den möglichen Standorten der Umspannstationen und den Einrichtungen des Endlagers Cigéo wurde ein Untersuchungsgebiet identifiziert, um dort den Verlauf der unterirdischen elektrischen Leitungen festzulegen. Das Untersuchungsgebiet befindet sich auf einem landwirtschaftlich genutzten Plateau und weist nur wenige Umweltprobleme auf. Die Umweltkriterien, die für den Verlauf der Stromleitungen zugrunde gelegt werden, zielen vor allem darauf ab, die Belästigung der An-

wohner in der Bauphase zu verringern und die Auswirkungen auf die natürliche Umwelt zu begrenzen, indem schützenswerte Naturräume (Wälder, Wiesen, Ufer von Wasserläufen) gemieden werden. Die Trassenführung der elektrischen Leitungen wird Gegenstand einer von RTE geleiteten Konzertierung sowie weiterer Untersuchungen und einer Aktualisierung der UVS des Cigéo-Gesamtprojekts sein. ([16], Kap. 2.4.2.2.3)

Wasserversorgung

Die bevorzugte technische Lösung für die Wasserversorgung ist die Versorgung aus den Wasserfassungen von *Thonnance-lès-Joinville*, *Échenay* und *Gondrecourt-le-Château* aufgrund ihrer Produktivität und ihres Schutzstatus. Die wichtigsten technischen, ökologischen und gesetzlichen Auflagen für die Errichtung der für die Wasserversorgung notwendigen Bauwerke (Rohrleitungen, Hebeanlagen, Becken etc.) sind

- die Vermeidung von schützenswerten Naturräumen (Feuchtgebiete, Waldgebiete etc.),
- die Verringerung der Belästigung der Bevölkerung und
- die Berücksichtigung der Topografie, der Höhenunterschiede und der zu überquerenden Wasserläufe.

Die Trassen für die Verbindungen zu den Wasserentnahmestellen werden nach der Beteiligung der Öffentlichkeit im Rahmen späterer Konzertierungen festgelegt. Außerdem wird die gewählte Lösung Gegenstand weiterer Untersuchungen und einer Aktualisierung der vorliegenden UVS. ([16], Kap. 2.4.2.3)

Ertüchtigung der Bahnlinie 027000

Im Vorfeld der öffentlichen Debatte zum Cigéo-Gesamtprojekt im Jahr 2013 wurde unter der Federführung der Abfallerzeuger eine explorative Studie zur Bahnanbindung des Endlagers Cigéo durchgeführt. Dabei wurden zwei Arten von Szenarien für die Lieferung von Abfallpaketen aus den Lagern der Erzeuger zum Lagerzentrum Cigéo identifiziert und analysiert: „vollständig auf der Schiene“ (ohne Umladen) und „gemischt auf Straße und Schiene“ (mit Umladung).

Ausgehend von dieser Studie wurden sieben Szenarien für die Verkehrsanbindung analysiert. Im Rahmen dieser Analyse, die die Aspekte Sicherheit, Umwelt, Grundstücke, Kosten, Betrieb, Auswirkungen auf die bestehende Infrastruktur und Fristen einbezog, hat sich Szenario 3 (Schientransport auf der Strecke *Nançois-Tronville/Gondrecourt-le-Château* mit Errichtung einer ca. 14 km langen ITE) als das günstigste herausgestellt.

Von den sieben Szenarien wurden die drei günstigsten (die Szenarien 2, 3 und 4) im *schéma interdépartemental du développement du territoire* (SIDT), das die öffentliche Debatte zum Endlager im Jahr 2013 unterstützte, vorgestellt. Szenario 3 wurde von der Öffentlichkeit favorisiert, insbesondere um den LKW-Verkehr auf den Departementsstraßen zu begrenzen.

([16], Kap. 2.4.2.4.1)

Umleitung der Departementsstraße D60/960

Unter Berücksichtigung der für den Schutz der Umwelt, der Öffentlichkeit und der Anlagen gewählten Kriterien zeigen die Studien zur Einrichtung des Endlagers Cigéo die Notwendigkeit, die Departementsstraße D60/960 teilweise umzuleiten, um die Anlagen des Betriebsgeländes „Rampen“, insbesondere den Versorgungsbereich nördlich des EP1, zu entwickeln. ([16], Kap. 2.4.2.5)

Die drei untersuchten Varianten der Umgehung werden in Abschnitt 6.9 beschrieben.

Die gewählte Lösung wird Gegenstand weiterer technischer Studien und einer Aktualisierung der vorliegenden UVS sein ([16], Kap. 2.4.2.5).

Versand und Transport von Gebinden mit radioaktiven Abfällen

Die überwiegende Mehrheit der Transporte von Gebinden mit radioaktiven Abfällen zum Endlager Cigéo soll auf dem Schienenweg erfolgen, da die meisten Produktionsstätten für radioaktive Abfälle an das nationale Eisenbahnnetz angeschlossen sind und bereits über die notwendige Infrastruktur für den Umschlag verfügen. Darüber hinaus ist der Schienentransport der bevorzugte Verkehrsträger für den Transport von radioaktiven Materialien und Abfällen, insbesondere aufgrund des hohen Gewichts der Abfallbehälter. So kann der Stromverbrauch durch die Wahl des Schienentransports um 22 % reduziert werden.

Aus Sicht der radiologischen Expositionsrisiken sind der Transport auf der Straße und der Transport auf der Schiene gleichwertig. Allerdings kann der Straßentransport auf öffentlichen Straßen je nach Anzahl der Transporte zu spezifischen Belastungen führen, weshalb der Schienentransport bevorzugt wird. Dennoch wird ein kleiner Teil der radioaktiven Abfallpakete per LKW beim Endlager Cigéo ankommen (siehe dazu auch Abschnitt 6.5).

([16], Kap. 2.4.2.6)

Zusammenfassung

Die Studien zum Umweltdesign des Cigéo-Gesamtprojekts führten zu folgenden Ergebnissen:

- Zur Anbindung des Endlagers an die 400-kV-Hochspannungsleitung *Mery-Houdreville* müssen von RTE eine 400/90-kV-Umspannstation, unterirdische Leitungen und 90-kV-Übergabestationen errichtet werden.
- Von den örtlichen Zweckverbänden werden Wasserversorgungsleitungen gebaut, um das Endlager mit den Wasserentnahmestellen in *Thonnance-lès-Joinville*, *Échenay* und *Gondrecourt-le-Château* zu verbinden. Im Zuge der Arbeiten werden die Netze in einigen Gemeinden verstärkt.
- Der Ausbau der Eisenbahnlinie 027000 wird von *SNCF Réseau* vorgenommen, um das Endlager an das nationale Eisenbahnnetz anzuschließen.
- Die Departementsstraße D60/960 wird auf einem Teil ihrer Strecke umgeleitet, um das Betriebsgelände „Rampen“ zu umgehen, wobei das derzeitige Serviceniveau beibehalten wird.
- Der Versand und Transport von Gebinden mit radioaktiven Abfällen wird von den Erzeugern der radioaktiven Abfälle organisiert. Nur Abfallgebände, die von ANDRA vorab angenommen wurden, werden versendet.
- ANDRA wird außerhalb und innerhalb des Geländes des Endlagers Aktivitäten zur Charakterisierung, zur Umweltüberwachung und zur Nachverfolgung der vorgeschriebenen Umweltmaßnahmen durchführen.

([16], Kap. 2.4.2)

Phasen des Cigéo-Gesamtprojekts und die Reversibilität der Endlagerung

Ein Überblick der Projektphasen des Cigéo-Gesamtprojekts ist am Anfang von Kapitel 6 zu finden. Die von ANDRA vorgesehenen Vorkehrungen zur Gewährleistung der Reversibilität des Endlagers entsprechen der schrittweisen Entwicklung der Auslegung und Fortschritt des Baus (siehe Anhang 7j), der Flexibilität des Betriebs (siehe Anhang 7k), der Anpassungsfähigkeit der Anlagen (Anhang 7l) und der Rückholbarkeit (siehe Anhang 7m).

Wichtigste Arbeiten und ihre Ausführung

Bauvorbereitungsphase

Endlager Cigéo

Die Arbeiten auf dem Betriebsgelände des Endlagers Cigéo während der Bauvorbereitungsphase werden über einen Zeitraum von fünf bis sieben Jahren durchgeführt. Diese Arbeiten dienen der Vorbereitung des Geländes, auf dem das Endlager errichtet werden soll, bevor die eigentlichen Bauarbeiten beginnen.

Die wichtigsten Arbeiten auf den Betriebsgeländen „Rampen“ und „Schächte“ sind:

- Sicherung der Standorte (Errichtung von Zäunen, Zugangstoren und Wachposten)
- Erschließung und Organisation der Betriebsgelände zur Ansiedlung der ersten Bauunternehmen, insbesondere
 - Verlegung der internen Versorgungsnetze (Wasser, Strom, Telekommunikation) und deren Anschluss an die externen Versorgungsnetze
 - Bau von provisorischen Baustraßen, Schwerlaststraßen (LKW-Verkehr) und Rundwegen
- Errichtung der Wassermanagementanlagen, d. h.
 - Regenwasserbecken und -kanalisationen
 - Abwasserentsorgungsanlagen der Baustelleneinrichtungen
- Aushebung der Versorgungstrassen (Wasser, Strom, Telekommunikation) und aller Oberflächenbereiche (Betriebsgelände „Rampen“ und „Schächte“, LIS, ITE)
- Errichtung erster übertägiger Bauwerke und Hilfseinrichtungen

In dieser Phase werden geotechnische Untersuchungskampagnen durchgeführt.

Zusätzlich werden auf dem Betriebsgelände „Rampen“ archäologische Ausgrabungen durchgeführt. Auf dem Betriebsgelände „Schächte“ umfassen die Arbeiten während dieser Phase außerdem

- die Durchführung archäologischer Diagnosen und möglicher Präventivgrabungen, falls interessante Überreste entdeckt werden,
- die ersten Rodungsarbeiten im *Bois Lejuc*, die der Fläche für die Oberflächenanlagen und der ersten Zone für die Entsorgung des ausgehobenen Abraums (Halde) aus dem Callovo-Oxfordium (Wirtsgestein) entsprechen sowie
- die Vorbereitung der ersten Haldenfläche, die die Entsorgung von Aushub aus der ersten Bauphase ermöglicht.

Modalitäten der Arbeiten:

- Für die Betriebsgelände „Rampen“ und „Schächte“ sind zwei Hauptarten von Erdarbeiten vorgesehen, nachdem der Mutterboden mit Schrapper, Schaufel und Lader oder Bagger abgetragen wurde:
 - Die oberflächlichen Ränder (Ton und Kalksteinschotter) und der stark gebrochene, zerklüftete und gesunde Kalkstein werden auf traditionelle Weise in voller Masse mit Hilfe von Baggern und Muldenkippern, die direkt oder über einen Radlader beladen werden, sowie einem Bulldozer (für die Böschungen) abgebaut.
 - Die harten Schichten (Kalkstein) werden mit Hochleistungsbaggern abgebaut, wobei eine zusätzliche Werkstatt für das Zerkleinern (Zertrümmerung großer Blöcke und anschließende Zerkleinerung) oder Sprengung (Sprengungen an der Ortsbrust und Vorschnitte, die den Einsatz von Sprengstoff erfordern) angeschlossen ist.

- Auf dem Betriebsgelände „Rampen“ wird eine Anlage zur Herstellung des für die Abdichtung der Straßen benötigten Mischguts eingerichtet, die bis zum Ende der ersten Bauphase bestehen bleibt.

Vor dem Aufschütten des Materials muss dieses gesiebt und gebrochen werden (Volumenreduzierung). Zu diesem Zweck werden bereits zu Beginn der Aushubarbeiten mobile Brecher eingesetzt, die mit Baggern und Radladern kombiniert werden. Das Material wird mit Muldenkippern transportiert, nachdem es mit Baggern verladen wurde.

Um diese Arbeiten durchzuführen, werden temporäre Baustelleneinrichtungen eingerichtet.

Die in der Bauvorbereitungsphase durchgeführten Arbeiten umfassen auch den Bau der LIS und der ITE. Diese Arbeiten sind jedoch von geringerem Umfang als die Arbeiten auf den Betriebsgeländen „Rampen“ und „Schächte“.

([16], Kap. 5.1.1)

Arbeiten außerhalb des Endlagers Cigéo

Die Arbeiten, die in der Bauvorbereitungsphase außerhalb des Geländes des Endlagers Cigéo durchgeführt werden, umfassen Arbeiten in Zusammenhang mit

- der Stromversorgung des Endlagers Cigéo, d. h.
 - Arbeiten in Zusammenhang mit der 400-kV-Leitung,
 - Bau der 400-kV-Station und ihrer unterirdischen elektrischen Leitungen und
 - Anschluss der 400-kV-Station an die 400 kV-Leitung,
- der Trinkwasserversorgung,
- der Ertüchtigung der Bahnlinie 027000 zwischen *Nançois-Tronville* und *Gondrecourt-le-Château* und
- der Umleitung der Departementsstraße D60/960.

Es können auch Arbeiten zur Charakterisierung und Überwachung der Umwelt und zur Nachverfolgung von Umweltmaßnahmen durchgeführt werden.

([16], Kap. 5.1.2)

Erste Bauphase

Endlager Cigéo

Die Arbeiten, die während der ersten Bauphase auf dem Betriebsgelände des Endlagers Cigéo durchgeführt werden, werden über einen Zeitraum von 10 bis 15 Jahren durchgeführt.

Die wichtigsten Arbeiten in dieser Phase sind der Bau von Bauwerken und Gebäuden, die die Inbetriebnahme der kerntechnischen Anlage des Endlagers ermöglichen. Sie umfassen den Bau von Oberflächenanlagen und das Auffahren der ersten untertägigen Bauwerke.

Die wichtigsten Bauwerke, die in dieser Phase errichtet und ausgerüstet werden, sind

- die Anlage zur Annahme und Vorbereitung von Gebinden mit radioaktiven Abfällen auf dem Betriebsgelände „Rampen“ (Gebäude EP1) und alle anderen Oberflächenanlagen, die mit dem Betrieb der kerntechnischen Anlage des Endlagers in Verbindung stehen,
- die LSF (Rampen und Schächte) und die untertägigen logistischen Infrastrukturbereiche,
- die untertägigen Bauwerke des HA-Pilotlagers und die ersten Bauwerke des LL-IL-Einlagerungsbereichs und

- das Schutzbauwerk gegen aufsteigendes Grundwasser (Dichtwand), das insbesondere das EP1 und das kerntechnische Eisenbahnterminal vor aufsteigendem Grundwasser schützen soll. Mit diesem Schutzbauwerk sind Drainagen verbunden, um das Wasser direkt wieder in die natürliche Umgebung einleiten zu können. Ein Teil der Bauarbeiten für diese Anlagen könnte bereits in der Bauvorbereitungsphase beginnen.

Zur Durchführung dieser Maßnahmen werden temporäre Baustelleneinrichtungen in zwei Phasen eingerichtet:

- In der ersten Phase werden Zufahrten (Parkplätze und Zufahrtsstraßen), Baustellenstützpunkte (Büros) und die ersten provisorischen Materiallager eingerichtet.
- In der zweiten Phase werden Anlagen mit industriellem Charakter (Betonmischanlage, Brecher, Asphaltmischanlagen, Bereiche für die Vorfertigung von Strukturelementen, Bereiche für die Wartung, Lagerung, Instandhaltung und Reinigung der Materialien sowie der Hebezeuge, Baustellenbeleuchtung etc.) eingerichtet.

Nach Abschluss der Bauarbeiten werden die Flächen, die die temporäre Baustelleneinrichtungen beherbergen, wieder in ihren ursprünglichen Zustand zurückversetzt.

Auch die Arbeiten in der ersten Bauphase werden von geotechnischen Untersuchungen begleitet.

([16], Kap. 5.2.1)

Betriebsphase

Entladebauwerk für Transportverpackungen mit horizontaler Entladung

Für den Bau des Entladebauwerks für ETH auf dem Betriebsgelände „Rampen“ werden Vorsorge-maßnahmen getroffen.

Das Gebäude für die Annahme von ETH ist ein Bauwerk, das nach der ersten Inbetriebnahme der kerntechnischen Anlage während der PhiPil an das Gebäude EP1 angeschlossen wird. Der Hauptzweck dieses Bauwerks besteht darin, die Annahme von ETH zu ermöglichen.

Das Gebäude EP1 wurde von Anfang an mit dem Ziel geplant, die Verbindung mit einem Bauwerk zu ermöglichen, das erst in einem späteren Bauabschnitt errichtet wird. Konkret wird das Gebäude für die Annahme von ETH durch einen Tunnel mit dem Gebäude EP1 verbunden werden. Dieser Tunnel ist so positioniert, dass zwischen den beiden Gebäuden ein Förderband eingesetzt werden kann, welches eine kontinuierliche Materialförderung ermöglicht. Darüber hinaus ermöglicht der Tunnel die Erweiterung bestimmter Versorgungsnetze aus dem Gebäude EP1 (Stromversorgung, Steuerung und Kontrolle, Flüssigkeiten). Der Zugang für das Personal erfolgt ebenfalls vom EP1 aus. Diese Vorkehrungen tragen dazu bei, die verfügbaren Ressourcen so weit wie möglich gemeinsam zu nutzen.

([16], Kap. 5.3.1)

Kerntechnisches Betriebsgebäude Phase 2

Für den Bau des EP2 werden Vorsorgemaßnahmen ergriffen. Dieses Gebäude wird östlich des Betriebsgeländes „Rampen“ liegen und zu einer Erweiterung des physischen Umfangs der kerntechnischen Anlage führen.

Das EP2 wird nach der Inbetriebnahme der PhiPil errichtet und soll bis 2080 in Betrieb genommen werden. Der Hauptzweck dieses Bauwerks besteht darin, die Annahme von HA-Gebinden zu ermöglichen, insbesondere von HA1- und HA2-Gebinden sowie einigen verglasten LL-IL-Gebinden, die im HA-Einlagerungsbereich endgelagert werden.

Das EP2 wird an die bestehenden Anlagen durch eine Verbindung östlich des Portals der Gebindeabfahrtsrampe baulich angeschlossen. Des Weiteren wird ein Gleisanschluss an das kerntechnische Terminal eingerichtet, um die Waggonen zum EP2 zu leiten.

([16], Kap. 5.3.2)

Rückbau/Bau bestimmter Gebäude und übertägiger Bauwerke

Ein Programm zur vorbeugenden Instandhaltung (angepasste regelmäßige Kontrollen und Prüfungen) wird eingerichtet, um die erwarteten funktionalen Merkmale der Bauwerke und ASK zu überprüfen und sicherzustellen, dass es im Laufe der Zeit nicht zu einer Verschlechterung ihrer Merkmale kommt. Ein Verjüngungsprogramm (Austausch) wird in an die ASK und Bauwerke angepassten Frequenzen festgelegt, um deren Alterung und/oder Überalterung zu vermeiden.

Insbesondere kann es notwendig sein, Gebäude und übertägige Bauwerke zurückzubauen bzw. neu zu errichten. Diese Arbeiten erfordern die üblichen Bau- und Rückbauausrüstungen und -mittel.

([16], Kap. 5.3.3)

Erweiterung der untertägigen Anlagen und der Umgang mit ausgehobenem Material

In der Betriebsphase werden die folgenden Arbeiten zur Erweiterung der untertägigen Anlagen durchgeführt:

- Auffahrung von zusätzlichen LL-IL-Einlagerungsstrecken
- schrittweise Auffahrung des HA-Einlagerungsbereichs

Die Arbeiten zur schrittweisen Erweiterung der untertägigen Anlage in aufeinanderfolgenden Abschnitten werden entsprechend dem künftigen Bedarf und der Erteilung der damit verbundenen Genehmigungen organisiert.

Die untertägigen Anlagen, an denen gearbeitet wird, sind von den untertägigen Anlagen, die in Betrieb sind, unabhängig (siehe auch Anhang 7j0).

Das durch die Auffahrung der untertägigen Anlage ausgehobene Wirtsgestein wird schon in der ersten Bauphase verwaltet. In der Betriebsphase werden die bestehenden Modalitäten für den Umgang mit dem ausgehobenen Material ausgeweitet. Dabei umfasst der Materialstrom

- das ausgehobene Tongestein, das mit dem Auffahren der LL-IL-Einlagerungsstrecken und der HA-Einlagerungsbereiche zusammenhängt und durch den Material- und Baustoffschacht nach übertage und dann über ein unterirdisches Förderband in die Lagerzone auf dem Betriebsgelände „Schächte“ befördert wird und
- das Material, das für den Verschluss des HA-Pilotlagers und anschließend für den Verschluss des LL-IL-Einlagerungsbereichs verwendet werden soll und das über die eingebaute Unterflur-Bandanlage zum Betriebsgelände „Rampen“ und dann zur Servicerrampe transportiert wird.

Die Gesamtgrundfläche für die Halden, die Flächen zur Zwischenlagerung von Erdreich sowie zur Verwaltung der Transportströme einschließlich der Wassermanagementbecken beträgt ca. 108 ha (Z1

und Z2). Ein drittes Gebiet (Z3) mit einer Fläche von etwa 39 ha könnte für die letzten Erweiterungsarbeiten des Endlagers im Zeitraum 2070-2080 in Betracht gezogen werden, falls die Verfügbarkeit externer Verwertungswege in Frage gestellt werden sollte.

([16], Kap. 5.3.4)

Schätzung des Ressourcenverbrauchs und der erwarteten Emissionen und Rückstände

Ressourcenverbrauch

Energieverbrauch

Die wichtigsten Energieressourcen, die für das Cigéo-Gesamtprojekt verwendet werden, sind

- Kohlenwasserstoffe in der Bauvorbereitungsphase (1 000 bis 4 000 m³/a für den Betrieb der Maschinen und
- elektrische Energie für den Betrieb der ASK des Endlagers (Auffahrwerkzeuge, Förderbänder, Förderwerkzeuge, Lüfter etc.) mit einem geschätzten Maximalverbrauch in der Größenordnung von 200 GWh/a und einem prognostizierten Leistungsbedarf, der sich von Bauvorbereitungsphase und erster Bauphase (Spitzenleistung in der Größenordnung von 80 MVA bis 90 MVA) bis zur Betriebsphase (80 MVA bis 90 MVA) weiterentwickelt mit
 - einer Spitzenleistung in der Größenordnung von 80 MVA bis 90 MVA während der Bauvorbereitungs- und ersten Bauphase,
 - einer Leistung in der Größenordnung von 45 MVA bis 60 MVA während der Betriebsphase und
 - Wärmeenergie in der Betriebsphase mit einem Verbrauch von etwa 16 000 MWh/Jahr für die Luftaufbereitung (Heizung, Regulierung der Luftfeuchtigkeit). ([16], Kap. 6.1.3)

Wasserverbrauch

Die Spitzen des Wasserbedarfs des Cigéo-Gesamtprojekts werden auf

- 500 m³/d während der Bauvorbereitungs- und ersten Bauphase und
- 200 m³/d in der Betriebsphase

geschätzt.

Die Verbrauchsspitze in der ersten Bauphase hängt mit dem Wasserbedarf der Baustelle des Endlagers Cigéo zusammen, insbesondere mit der Herstellung des Betons für die Oberflächenanlagen. Die bereits in der ersten Bauphase eingerichteten Kläranlagen werden die Wiederverwendung des behandelten Wassers für interne Zwecke ermöglichen, die kein Wasser mit Trinkwasserqualität erfordern (z. B. für Bewässerung, Betonherstellung, Reinigung der Maschinen).

([16], Kap. 6.1.2)

Verbrauch von Baumaterialien

Nach ersten Schätzungen liegt der Bedarf an Baumaterial für das Endlager Cigéo in der Größenordnung von

- 5,7 Mio. t Zuschlagstoffen,
- 1,4 Mio. t Zement und
- 4,9 Mio. t Sand.

Etwas mehr als die Hälfte dieser Materialien (51,6 %) werden in der ersten Bauphase für die Oberflächenanlagen und die Zugangsbauwerke verwendet. Etwa 45,6 % werden hauptsächlich für die Erweiterung der untertägigen Anlage während des Jahrhunderts der Betriebsphase und anekdotisch für Verjüngungsmaßnahmen verwendet. Die restlichen 2,7 % werden in der Bauvorbereitungsphase eingesetzt. ANDRA evaluiert verschiedene Verfahren zur Reduzierung des Betonbedarfs.

([16], Kap. 6.1.3)

Erwartete Emissionen und Rückstände

Ausgehobene Böden und Materialien

Etwa 12,5 Mio. m³ Erdaushub fallen während der Bauvorbereitungsphase, der ersten Bauphase und der Betriebsphase des Endlagers Cigéo an. Um nicht auf den Import von Böden von außerhalb zurückgreifen zu müssen, berücksichtigt die räumliche Zusammensetzung des Endlagers das vorhandene Relief und eine maximale Wiederverwendung von ausgehobenem Boden.

Die Mengen an Callovo-Oxfordium, die während der Auffahrung der untertägigen Anlage ausgehoben werden, werden ein Volumen von etwa 11 Mio. m³ darstellen, die über einen Zeitraum von mehr als 100 Jahren produziert werden. 40 % davon werden für die Verfüllung der untertägigen Anlage bei ihrer endgültigen Stilllegung wiederverwendet. Für die restlichen 60 % werden anderweitige Verwendungsmöglichkeiten gesucht.

([16], Kap. 6.2.1)

Atmosphärische Emissionen

Die Luftemissionen in der Bauvorbereitungsphase werden hauptsächlich durch die Erdarbeiten am Endlager Cigéo verursacht. Die emittierten Schadstoffe sind Staub und Verbrennungsgase (Stickstoffdioxid, Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe, insbesondere flüchtige organische Verbindungen etc.).

In der ersten Bauphase sind die Erdarbeiten größtenteils abgeschlossen, die Emissionen werden dann hauptsächlich durch den Verkehr und die Bewetterung der entstehenden LSF erzeugt.

In der Betriebsphase sind die wichtigsten Emissionsquellen der Außenverkehr (LIS und außerhalb des Geländes) und die Emissionen aus den Oberflächenanlagen und dem Grubengebäude, einschließlich Radionuklide (H-3, C-14 und Kr-85) in gasförmiger oder partikelförmiger Form. Diese Freisetzungen sind sehr gering und ihre Auswirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit sind im Vergleich zur durchschnittlichen jährlichen Exposition gegenüber natürlicher Radioaktivität in Frankreich nicht wahrnehmbar.

([16], Kap. 6.2.2)

Flüssige Emissionen

Die meisten konventionellen Abwässer werden innerhalb des Cigéo-Gesamtprojekts vom Endlager selbst produziert. Der Trinkwasserbedarf in der Bauvorbereitungsphase und die Abwässer, die von den anderen Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts produziert werden, sind mengenmäßig unbedeutend im Vergleich zu den vom Endlager emittierten Abwässern. Das Cigéo führt bereits in der ersten Bauphase eine an die Art des betreffenden Wassers (Abwasser und Industrieabwässer von der Oberfläche und unter Tage) angepasste Behandlung ein und recycelt es anschließend. Dies ermöglicht sowohl die Reduzierung des Trinkwasserverbrauchs des Endlagers Cigéo als auch die Deckung des Bedarfs an nicht trinkbarem Wasser für bestimmte Zwecke (Bewässerung, Waschen von Maschinen, Einsatz von Tunnelbohrmaschinen etc.). Der Überschuss wird über Sammelbecken an die natürliche

Umwelt zurückgegeben, die die eingeleiteten Mengen regulieren, um sicherzustellen, dass die Überschwemmungsrisiken flussabwärts nicht verschlechtert werden.

Das Lager Cigéo ist so konzipiert, dass es keine unkonventionellen Abwässer ableitet, d. h. es wird kein Wasser abgeleitet, das in bestimmten Bereichen der kerntechnischen Anlage, den sogenannten „Bereichen mit möglicher Erzeugung von radioaktiven Abfällen“ anfällt.

([16], Kap. 6.2.3)

Emissionen in den Boden und Untergrund

Im Normalbetrieb der Anlage sind keine flüssigen Emissionen in den Boden und den Untergrund zu erwarten, insbesondere da im Rahmen des Projekts kein Wasser versickert und kein Schlamm ausgebracht wird. Die Emissionen in die Luft führen nicht zu einer Ablagerung von Stoffen, die den Boden oder den Untergrund verunreinigen könnten. Die einzigen potenziellen Emissionen würden durch eine unfallbedingte Bodenverschmutzung entstehen. Vorbeugende Maßnahmen werden insbesondere auf Baustellen und in Bereichen, in denen Schadstoffe gelagert werden, ergriffen, um diese Art von Emissionen zu vermeiden (z. B. Verwendung von Auffangwannen, doppelwandigen Tanks und *Anti-Pollution-Kits*). ([16], Kap. 6.2.4)

Emissionen, die das Lebensumfeld beeinträchtigen können

Das Endlager Cigéo und in geringerem Maße auch die Maßnahmen der anderen Bauherren verursachen Emissionen von Lärm, Vibrationen, Gerüchen, Licht sowie elektrischen und elektromagnetischen Feldern. Die Lärmemissionen und Vibrationen überwiegen in der Bauvorbereitungsphase und in der ersten Bauphase. Die Lichtemissionen sind in der Bauvorbereitungsphase im Vergleich zu den anderen Phasen geringer. Nur die Lärm- und Lichtemissionen können von den Anwohnerinnen und Anwohnern wahrgenommen werden. Die Lärmemissionen bleiben unter den gesetzlichen Grenzwerten.

Die Stromversorgungsanlagen werden in Übereinstimmung mit den Vorschriften geplant und betrieben. Durch das Vorhandensein einer äußeren koaxialen, geerdeten Metallabschirmung an den unterirdischen 90-kV-Leitungen werden elektrische und magnetische Felder deutlich reduziert. In Anbetracht der Tiefe von 500 Metern und der verwendeten Stromquellen ist das von der untertägigen Anlage erzeugte Magnetfeld an der Oberfläche *de facto* sehr gering, insbesondere im Vergleich zum natürlichen Magnetfeld oder dem von Stromquellen an der Oberfläche erzeugten Magnetfeld.

([16], Kap. 6.2.5, 6.2.6, 6.2.7, 6.2.8 & 6.2.10)

Ionisierende Strahlung

Um auf öffentlichen Verkehrswegen transportiert werden zu können, werden radioaktive Abfälle behandelt (verfestigte und eventuell immobilisierte Abfälle in nicht dispergierbarer Form), in einen Behälter gefüllt und in einer Transportverpackung angeordnet, die ihrer Gefährlichkeit und den Transportbedingungen angepasst ist. Für das Cigéo-Gesamtprojekt ist der Transport auf der Schiene das bevorzugte Transportmittel.

Angesichts der Vorschriften für den Transport radioaktiver Stoffe auf öffentlichen Verkehrswegen und einer durchschnittlichen Häufigkeit von etwa sechs Zügen pro Monat, wobei jeder Zug im Durchschnitt sieben Transportverpackungen befördert, ist die Exposition durch die Transportzüge äußerst gering und zeitlich begrenzt.

Wenn sich eine Person in einer Entfernung von zwei Metern zu einem mit sieben Transportverpackungen beladenen Zug befindet, der mit Geschwindigkeiten von 30 km/h oder 40 km/h vorbeifährt, beträgt die erhaltene Äquivalentdosis 0,0002 mSv.

([16], Kap. 6.2.9)

Abfall

Die geschätzte Menge an konventionellem Abfall liegt in der Größenordnung von mehreren hundert Tonnen in der Bauvorbereitungsphase und von 250 000 t in der ersten Bauphase. In der ersten Rodungsphase werden voraussichtlich 20 000 m³ bis 25 000 m³ Holzabfälle anfallen. In der Betriebsphase beträgt das Aufkommen der verschiedenen Abfallarten etwa 5100 t/a. Dabei handelt es sich hauptsächlich um inerte Abfälle und in geringerem Maße um nicht gefährliche und gefährliche Abfälle. Die Priorität liegt auf der Verwertung, lokale Abfallwirtschaftswege werden bevorzugt.

Während der Betriebsphase des Endlagers fallen wiederum radioaktive Abfälle an. Dabei handelt es sich um sehr schwach aktive oder schwach- und mittelaktive, überwiegend kurzlebige Abfälle, die über zugelassene Entsorgungswege beseitigt werden. Die Mengen wurden auf maximal 41 t/a an sehr schwach aktiven festen Abfällen und 90 t/a an unkonventionellen Abwässern geschätzt.

([16], Kap. 6.2.11)

Anhang 6d – Pièce 6 Volume 3

Etude d'impact du projet global Cigéo

État actuel de l'environnement et facteurs susceptibles d'être affectés par le projet

Umweltverträglichkeitsstudie des Cigéo-Gesamtprojekts

Ausgangszustand der Umwelt und Schutzgüter, die durch das Projekt beeinflusst werden könnten

Kurzzusammenfassung:

Dieser Band beschreibt den Ausgangszustand der Umwelt in den Gebieten, die vom Cigéo-Gesamtprojekt beeinflusst werden könnten. Um die Besonderheiten, Herausforderungen und Bedürfnisse der Umwelt zu beleuchten, gliedert er sich in die folgenden Schutzgüter:

- Die Atmosphäre, den Boden, den Untergrund, das Grund- und Oberflächenwasser, die die physische Umwelt bilden
- Die Flora und Fauna, ihre Lebensräume, ihr Schutz und ihre Funktionsweise, die die natürliche Umwelt bilden
- Der sozioökonomische Hintergrund, die Raumplanung, die Landschaft, das kulturelle Erbe, die Infrastruktur, die Einrichtungen, die technologischen Risiken, den Wohnraum und die Gesundheit, die zusammen die menschliche Umwelt bilden
- Die Wechselbeziehungen zwischen all diesen Schutzgütern

Dieser Band ist aufgrund seines Umfangs in vier Teile gegliedert.

Zusammenfassung:

-

Anhang 6e – Pièce 6 Volume 4

Etude d'impact du projet global Cigéo

Evaluation des incidences et mesures d'évitement, de réduction et de compensation de ces incidences

Umweltverträglichkeitsstudie des Cigéo-Gesamtprojekts

Bewertung der Auswirkungen sowie Vermeidungs-, Verminderungs- und Ausgleichsmaßnahmen

Kurzzusammenfassung:

Dieser Band enthält eine Beschreibung der erheblichen Auswirkungen oder Folgen, die das Cigéo-Gesamtprojekt auf Mensch und Umwelt haben kann, sowie die vorgeschlagenen Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen und, falls erforderlich, Ausgleichsmaßnahmen für Auswirkungen, die nicht vermieden oder ausreichend verringert werden können.

Die Analyse nach Schutzgütern wird durch mehrere übergreifende Kapitel ergänzt:

- Wechselbeziehungen und kumulative Effekte mit anderen bekannten Projekten
- Risiken und Anfälligkeit des Projekts für Unfall- oder Katastrophenrisiken
- Auswirkungen der Stilllegung und des Rückbaus und Auswirkungen nach der Stilllegung
- Modalitäten für die Nachverfolgung der Maßnahmen und die Überwachung
- Schätzung der Ausgaben für Umweltmaßnahmen
- Entwicklung der Umwelt im Falle der Umsetzung und der Nicht-Umsetzung des Projekts
- Zusammenfassung der Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die Umwelt

Dieser Band ist aufgrund seines Umfangs in vier Teile gegliedert.

Zusammenfassung:

Methodik zur Analyse der Auswirkungen

Die Bewertung der Auswirkungen erfolgt auf Grundlage des Ausgangszustands der Umwelt und der Merkmale des Cigéo-Gesamtprojekts, die in [17–19] beschrieben werden ([5], Kap. 1). Die Methoden zur Bewertung der Auswirkungen (inklusive Definitionen der Auswirkungen sowie VVA-Maßnahmen) werden in [24] bzw. Anhang 6h vorgestellt.

Auswirkungen und Maßnahmen

Die Auswirkungen und Maßnahmen werden für die verschiedenen Schutzgüter dargestellt.

Atmosphäre

Diese Auswirkungen auf die Luft betreffen die lokalen Wetterbedingungen, die Anfälligkeit für Wetterrisiken, Energie und Treibhausgase sowie die Luftqualität ([5], Kap. 2).

Lokale Wetterbedingungen

Im Hinblick auf die lokalen Wetterbedingungen werden die folgenden potenziellen Auswirkungen bewertet:

- Veränderung der Luftfeuchtigkeit ([5], Kap. 2.1.1.1)
- Phänomen der Wärmeinseln in Zusammenhang mit
 - der Bebauung von Böden ([5], Kap. 2.1.1.2.1),
 - der Abwärme von Baumaschinen und der Verkehrsinfrastruktur ([5], Kap. 2.1.1.2.2),
 - der Abwärme aus Heizkesseln und Lüftungssystemen ([5], Kap. 2.1.1.2.3) und
 - dem Betrieb von elektrischen Anlagen ([5], Kap. 2.1.1.2.4)
- Veränderung der Luftströmung ([5], Kap. 2.1.1.3)
- Veränderung der Sonneneinstrahlung ([5], Kap. 2.1.1.4)

Die Bewertung dieser potenziellen Auswirkungen hat ergeben, dass das Cigéo-Gesamtprojekt aufgrund der geringen Dichte der überträgigen Anlagen in einem vegetationsreichen Gebiet und deren moderaten Höhe keine signifikanten potenziellen Auswirkungen auf die lokalen Wetterbedingungen hat ([5], Kap. 2.1.1.5).

Da das Cigéo-Gesamtprojekt keine signifikanten Auswirkungen auf die lokalen Wetterbedingungen hat, werden keine spezifischen Vermeidungsmaßnahmen für dieses Schutzgut umgesetzt. Allerdings verstärken mehrere Maßnahmen, die für andere Schutzgüter bereits im Vorfeld der Bauarbeiten umgesetzt werden, die Aufrechterhaltung der lokalen Wetterbedingungen (z. B. Begrünung von Außenbereichen und Dachflächen, Bau von Wasserrückhaltebecken, Alternativen zu dunklem Asphalt).

Da das Cigéo-Gesamtprojekt in der Bauvorbereitungs- Bau- und Betriebsphase nur sehr geringe verbleibende Auswirkungen auf die lokalen Wetterbedingungen hat, sind keine Ausgleichsmaßnahmen erforderlich ([5], Kap. 2.1.3).

Anfälligkeit für Wetterrisiken und Klimawandel

Die Auswirkungen des Klimawandels können die Anfälligkeit des Cigéo-Gesamtprojekts gegenüber Wetterrisiken (Risiken im Zusammenhang mit extremen Temperaturen, extreme Winde und Tornados, extreme Schneefälle, Blitze und Überschwemmungsrisiko durch starke Regenfälle) verschärfen. Dabei betreffen die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf die Anlagen des Cigéo die Schutzgüter Sicherheit, Wasser und Biodiversität. ([5], Kap. 2.2.1)

Die potenzielle Anfälligkeit für Wetterrisiken und deren Verschärfung durch den Klimawandel wird für das Cigéo, die Strom- und Wasserversorgung, die Ertüchtigung der Bahnlinie 027000 und für den Versand und Transport von Gebinden mit radioaktiven Abfällen als erheblich eingestuft ([5], Kap. 2.2.1).

Bezüglich der Anfälligkeit für Wetterrisiken und Klimawandel können keine Vermeidungsmaßnahmen umgesetzt werden. Zur Begrenzung der Anfälligkeit werden die folgenden Verminderungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Auslegung der kerntechnischen Anlagen und elektrischen Schutzsysteme, sodass sie Extremwetterereignissen standhalten ([5], Kap. 2.2.2.1)
- Wiederverwertung anfallender Wässer ([5], Kap. 2.2.2.2)
- Auswahl trockenheitsresistenter Pflanzenarten für die Begrünung des Geländes und im Rahmen von Ausgleichsmaßnahmen ([5], Kap. 2.2.2.3)

- Auslegung von Regenwassersammelbecken für ein 100-jährliches Regenereignis ([5], Kap. 2.2.2.4)
- Sicherung der Leitungen des Stromübertragungsnetzes ([5], Kap. 2.2.2.5)

Da die verbleibenden Auswirkungen auf das Cigéo-Gesamtprojekt als sehr gering bewertet werden, sind keine Ausgleichsmaßnahmen erforderlich ([5], Kap. 2.2.3).

Energie und Treibhausgase

In der Bauvorbereitungs-, Bau- und Betriebsphase des Cigéo kommt es zur Emission von Treibhausgasen. Demzufolge werden die potenziellen Auswirkungen infolge Treibhausgasemission als erheblich bewertet ([5], Kap. 2.3.1).

Zur Reduzierung der Auswirkungen wird die Vermeidungsmaßnahme „Teilweise Vermeidung von Waldgebieten“ vorgeschlagen, wodurch mehrere hundert Hektar Wald nicht gerodet werden ([5], Kap. 2.3.2). Die gesamten Treibhausgasemissionen des Cigéo-Gesamtprojekts (Bau und Betrieb) werden in diesem Stadium der Vorplanung auf etwa 11 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent geschätzt ([5], Kap. 2.3.3). Um die Treibhausgasemissionen zu begrenzen, werden folgende Verminderungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Einbeziehung technologischer Entwicklungen in die Auslegung des Projekts ([5], Kap. 2.3.4.1)
- Bedienung des Endlagers mit der Bahn ([5], Kap. 2.3.4.2)
- Verbesserung der Kapazitäten zur Kohlenstoffsequestrierung ([5], Kap. 2.3.4.3)
- Verringerung des Materialbedarfs ([5], Kap. 2.3.4.4)
- Verwendung von emissionsarmen Materialien ([5], Kap. 2.3.4.5)
- Vernünftige Nutzung von Energie ([5], Kap. 2.3.4.6)
- Einsatz von erneuerbaren Energien ([5], Kap. 2.3.4.7)
- Reduzierung der Emissionen von Maschinen und Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren ([5], Kap. 2.3.4.8)
- Überwachung und Wartung von Geräten, die Kältemittel enthalten ([5], Kap. 2.3.4.9)
- Kriterien zur Energieeinsparung und Minimierung des CO₂-Ausstoßes bei der Vergabe von Aufträgen an Unternehmen ([5], Kap. 2.3.4.10)
- Optimierung des Abfallmanagements ([5], Kap. 2.3.4.11)

Nach Durchführung der Verminderungsmaßnahmen beträgt die CO₂-Bilanz des Cigéo-Gesamtprojekts weniger als 10 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent. Für 150 Jahre entspricht dies etwa 6.700 Tonnen CO₂-Äquivalent pro Jahr, was etwa 0,02 % der jährlichen nationalen Emissionen entspricht. ([5], Kap. 2.3.5).

Die verbleibenden Auswirkungen auf die Treibhausgasemission werden als gering bewertet, sodass keine spezifischen Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen werden ([5], Kap. 2.3.5).

Luftqualität

Im Hinblick auf die Luftqualität werden die Auswirkungen konventioneller (oder chemischer) und radiologischer Emissionen betrachtet.

Die potenziellen Auswirkungen von konventionellen Emissionen (Gase oder Partikel) des Cigéo-Gesamtprojekts auf die Luftqualität durch Erdarbeiten, Errichtung von Gebäuden, Anlagenbetrieb, Verkehr etc. werden aufgrund seines Umfangs und seiner Dauer als erheblich eingestuft ([5], Kap. 2.4.1.1).

Gemäß [5], Kap. 2.4.1.2.1 a) bis e) werden folgende Vermeidungsmaßnahmen vorgesehen:

- Halden aus dem Abraum der untertägigen Anlage werden hauptsächlich auf dem Betriebsgelände „Schächte“ aufgefahren
- Wiederverwendung des aufgeschütteten Abraums
- Einsatz einer eingehausten Unterflur-Bandanlage zwischen dem Betriebsgelände „Rampen“ und dem Betriebsgelände „Schächte“
- Wiederverwendung des alten Gleisbettes und der Bahnlinie 027000
- Anschluss an die nächstgelegene Hochspannungsleitung

Um die Auswirkungen auf die Luftqualität zu begrenzen, werden gemäß [5], Kap. 2.4.1.2.2 a) bis g) Verminderungsmaßnahmen vorgeschlagen, die die Staub- und Abgasemissionen begrenzen sollen:

- Berücksichtigung der Wetterbedingungen
- Einsatz von Vorrichtungen zur Begrenzung der Staubemission
- Optimierte Verwaltung von Abraum und Aufschüttungen, die eine Reduzierung der Transportdistanz von LKW-Ladungen ermöglicht
- Aufbringen eines Belags auf den von Fahrzeugen genutzten Hauptpisten
- Geschwindigkeitsbegrenzung von Fahrzeugen
- Wartung von Fahrzeugen
- hoch gelegene kanalisierte Ableitungen (Schornstein)

Des Weiteren werden zwei spezifische Verminderungsmaßnahmen im Zusammenhang mit der Ablagerung und Wiederverwendung von Haldenmaterial vorgesehen (siehe [5], Kap. 2.4.1.2.3 a) bis b)):

- Begrünung der Halden, um die Wetter und Wind ausgesetzte Fläche zu verringern
- Besprühung von nicht abgedeckten Halden

Die verbleibenden Auswirkungen wurden mit Hilfe einer Ausbreitungsmodellierung bestimmt: Während der ersten Bau- und Betriebsphase liegen die Konzentrationen außerhalb der Grenzen der Betriebsgelände „Schächte“ und „Rampen“ im Jahresmittel bei allen Stoffen (außer Staub und Benzol) unterhalb der (in Frankreich) gesetzlich vorgeschriebenen Schwellenwerten für die Luftqualität. Zwar können die Konzentrationen von Staub und Benzol an der Grenze des Endlagers in unbewohnten landwirtschaftlichen Gebieten lokal oberhalb dieser Schwellenwerte liegen, die Grenzwerte werden jedoch eingehalten. Da die Anlagen des Cigéo weit entfernt von den ersten bewohnten Gebieten liegen (einige hundert Meter für das nächste Dorf, *Gillaumé*), sind die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit ebenfalls sehr gering. Da die Emissionen konventioneller Stoffe insgesamt nur geringe verbleibende Auswirkungen auf die Luftqualität haben, sind keine Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen. ([5], Kap. 2.4.1.3.4)

Die radioaktiven Emissionen des Cigéo hängen mit der Anwesenheit von radioaktiven Abfallgebinden zusammen, die erst ab der Betriebsphase vorhanden sind. Bezüglich der Auswirkungen auf die Luftqualität werden die Freisetzung gasförmiger Radionuklide (H-3, C-14 und Kr-85) aus einigen LL-IL-Gebinden sowie potenzielle nicht fest-anhaftende Kontaminationen an der Außenseite von Abfallgebinden betrachtet. Die radioaktiven Emissionen werden über zwei Auslässe (Schornsteine) an die Atmosphäre abgegeben, die es ermöglichen, sie zu kanalisieren, zu filtern und zu überwachen. ([5], Kap. 2.4.2.1)

Da die potenziellen Auswirkungen von radioaktiven Emissionen erheblich eingestuft werden, werden gemäß [5], Kap. 2.4.2.2.1 a) und b) & Kap. 2.4.2.2.2 a) bis c) Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen vorgesehen.

Vermeidungsmaßnahmen:

- Konditionierung der radioaktiven Abfälle (PG) gemäß den von ANDRA festgelegten Annahmekriterien
- Kanalisierte und über Auslässe (Schornsteine) abgeleitete radioaktive Emission in die Atmosphäre

Verminderungsmaßnahmen:

- Kerntechnische Belüftungssysteme mit Filtern mit sehr hohem Wirkungsgrad (Rückhaltung von mindestens 99,9 % der Aerosole)
- hoch gelegene kanalisierte Ableitungen (Schornstein)
- Messung der Umgebungs-dosis in Bereichen, die Gebinde mit radioaktiven Abfällen enthalten

Die verbleibenden Auswirkungen der radioaktiven Emissionen auf die Luftqualität werden durch die Modellierung der atmosphärischen Ausbreitung der radioaktiven Gase und Aerosole bewertet, die an den verschiedenen Auslässen (Schornsteinen) der kerntechnischen Anlagen des Cigéo freigesetzt werden ([5], Kap. 2.4.2.3), wobei die Freisetzungen aus der untertägigen Anlage um mehrere Größenordnungen höher sind als die Freisetzungen aus der übertägigen Anlage ([5], Kap. 2.4.2.3.2).

Mehrere hundert Meter von den Auslässen entfernt und außerhalb von bewohnten Gebieten ist die maximale Luftkonzentrationen gering und nimmt mit zunehmender Entfernung deutlich ab. Da die radioaktiven Emissionen des Cigéo-Gesamtprojekts also nur sehr geringe verbleibende Auswirkungen auf die Luftqualität haben, sind keine Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen. ([5], Kap. 2.4.2.3.2)

Boden

Das Cigéo, das sich über mehrere hundert Hektar erstreckt, die Ertüchtigung der Bahnlinie 027000 sowie die Umleitung der Departementsstraße D60/960 haben erhebliche potenzielle Auswirkungen auf die Bodennutzung. Das Cigéo hat außerdem erhebliche potenzielle Auswirkungen auf die Veränderung des Reliefs und die Verschmutzung des Bodens. ([5], Kap. 3.1)

Zur Reduzierung der Auswirkungen werden zwei Vermeidungsmaßnahmen vorgesehen:

- Wiederverwendung bestehender Bahnanlagen (d. h. der Bahnlinie 027000 und des alten Gleisbettes der ehemaligen Bahnlinie *Gondrecourt-le-Château/Joinville*) ([5], Kap. 3.2.1)
- Nutzung von bestehenden Straßen, Wegen und anderen Pfaden sowie bestehender Schneisen unterhalb der 400 kV-Stromleitung ([5], Kap. 3.2.2)

Änderung der Bodennutzung

Bezüglich der Änderung der Bodennutzung kann zwischen temporären (z. B. Errichtung von Trinkwasser- und unterirdischen Stromleitungen) und permanenten Änderungen (z. B. übertägige Anlagen des Cigéo und Zufahrtsstraßen) unterschieden werden ([5], Kap. 3.3.1.1 & 3.3.1.2).

Für das Cigéo bzw. die Maßnahmen der anderen Bauherren belaufen sich die potenziellen Eingriffsflächen auf 721 ha bzw. 62 ha (zuzüglich einiger Quadratmeter um die zu verstärkenden Masten der 400 kV-Leitung), wobei die insgesamt 783 ha nicht alle auch von Änderungen der Bodennutzung betroffen sind. Die Änderungen der Bodennutzung haben indirekte Auswirkungen auf die Agrar- und Forstwirtschaft, die biologische Vielfalt, die Wasserzirkulation und -versickerung in den Untergrund.

Um die Auswirkungen von Änderungen der Bodennutzung zu reduzieren, werden die folgenden Verminderungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Energieversorgung durch unterirdische Stromleitungen ([5], Kap. 3.3.2.1)
- Optimierung des potenziellen Standortbereichs des Cigéo ([5], Kap. 3.3.2.2)
- Schaffung von Grünflächen ([5], Kap. 3.3.2.3)
- Allmähliche Begrünung der Halden ([5], Kap. 3.3.2.4)
- Rückbau temporärer Standorte ([5], Kap. 3.3.2.5)
- Verringerung des Arbeitsbereichs entlang der 400 kV-Stromleitung ([5], Kap. 3.3.2.6)

Auch bezüglich der verbleibenden Auswirkungen wird zwischen temporären und permanenten Änderungen der Bodennutzung unterschieden:

Das Cigéo-Gesamtprojekt hat in der Bauvorbereitungsphase sehr geringe temporäre verbleibende Auswirkungen auf die Bodennutzung, die mit der Wasserversorgung, der Sicherung der 400-kV-Stromleitung und der Ertüchtigung der Bahnlinie 027000 verbunden sind ([5], Kap. 3.3.3.1).

Für das Cigéo-Gesamtprojekt werden ca. 587 ha künstliche Fläche geschaffen (und davon 158 ha versiegelt). In diesem Zusammenhang entfallen ca. 347 ha bis 415 ha landwirtschaftliche und ca. 192 ha bis 231 ha bewaldete Fläche. Darüber hinaus verändert das Cigéo-Gesamtprojekt (konkret die Ertüchtigung der Bahnlinie) die Bodennutzung nur auf sehr kleinen Flächen innerhalb bestehender städtischer Gebiete. ([5], Kap. 3.3.3.2)

Da die permanenten verbleibenden Auswirkungen auf die Bodennutzung erheblich sind, müssen land- und forstwirtschaftliche Ausgleichsmaßnahmen (siehe Abschnitte zu land- und forstwirtschaftlichen Aktivitäten weiter unten in diesem Anhang) ergriffen werden. Nach Durchführung dieser Ausgleichsmaßnahmen werden die Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die Bodennutzung als moderat bewertet. ([5], Kap. 3.3.4)

Veränderungen des Reliefs: Erdarbeiten und Bodenumlagerung

Die Art des Projekts und die damit verbundenen Sicherheitsauflagen führen zu erheblichen Bodenumlagerungen während der Bauarbeiten, sodass sich die Topografie des Geländes während der gesamten Dauer der Bauvorbereitungsphase verändert: Auf den Betriebsgeländen „Rampen“ und „Schächte“ führen die wichtigsten Erdarbeiten zu Abgrabungen bis in eine Tiefe von 17 m bzw. 12 m und zu Aufschüttungen bis zu einer Höhe von 15 m bzw. 18 m. Dies entspricht einem Volumen von 4,7 Mio. m³ bzw. 3,3 Mio. m³. In der ersten Bauphase sowie der Betriebsphase werden dann nochmals 1,6 Mio. m³ (Betriebsgelände „Rampen“) bzw. 2,8 Mio. m³ (Betriebsgelände „Schächte“) ausgehoben. ([5], Kap. 3.4.1.1)

Durch die Bodenumlagerung und die Ablagerung des Tonmaterials aus dem Callovo-Oxfordium wird das Relief des potenziellen Standortbereichs (*zone d'implantation potentielle*) deutlich verändert: Der Bereich des Betriebsgeländes „Rampen“ wird abgeflacht und das Relief des Betriebsgeländes „Schächte“ wird akzentuiert. Die neuen Modellierungen entsprechen jedoch den Proportionen des bestehenden Reliefs. ([5], Kap. 3.4.1.2)

Neben den Auswirkungen auf das Relief haben die Erdarbeiten und Bodenumlagerungen auch indirekte Auswirkungen (z. B. Erhöhung der Bodenerosion, Verdichtung des Bodens, Staub- und Lärmemissionen; [5], Kap. 3.4.1.3).

Auch für einige Maßnahmen anderer Bauherren sind Erdarbeiten und Bodenumlagerungen in geringerem Maße (Aushub- und Aufschüttungsvolumen von etwa 500 000 m³) erforderlich. Die Auswirkungen auf das Relief werden in den späteren Phasen der Aktualisierung der vorliegenden UVS in Verbindung mit den für jede dieser Maßnahmen erforderlichen Genehmigungen präzisiert. ([5], Kap. 3.4.1.4)

Um die Auswirkungen von Veränderungen des Reliefs zu reduzieren, werden die folgenden Verminderungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Bilanzausgleich von Aufschüttungen und Abgrabungen durch die Wiederverwendung von Abraum vor Ort (*in-situ*-Aufschüttungen; [5], Kap. 3.4.2.1)
- Landschaftsgestaltung nach Abschluss der Bauvorbereitungsphase ([5], Kap. 3.4.2.2)
- Integration der Halden in das Relief und die Landschaft ([5], Kap. 3.4.2.3)
- Aufwertung der Halden und schrittweiser Einsatz der Endlagerfläche ([5], Kap. 3.4.2.4)

Nach Durchführung der Verminderungsmaßnahmen werden die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf das Relief als gering eingestuft, sodass keine Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen werden.

Bodenverschmutzung

Durch die nachfolgenden Ereignisse und Prozesse kann es zu Bodenverschmutzungen kommen:

- Unfälle (siehe Abschnitt „Risiken und Anfälligkeit für schwere Unfälle oder Katastrophen“ weiter unten in diesem Anhang)
- Ereignisabhängige Freisetzungen aus Fahrzeugen oder Geräten (z. B. Auslaufen von Flüssigkeiten, Umkippen einer Maschine): Aufgrund der Bodenversiegelung werden Schadstoffe den Boden wahrscheinlich nicht erreichen ([5], Kap. 3.5.1.1)
- Staubablagerungen: Maximale Staubablagerungen von weniger als 24 mg/m²/d (erste Bauphase) bzw. 15 mg/m²/d (Betriebsphase). Selbst im engeren Untersuchungsgebiet liegen die maximalen Staubablagerungen unterhalb von 150 mg/m²/d, was einiger geringen Staubablagerung entspricht ([5], Kap. 3.5.1.2)
- Ablagerung von Radionukliden, die während der Betriebsphase in die Luft emittiert werden: Selbst nach 150 Jahren Betrieb werden die zusätzlichen Radionuklidwerte im Boden nicht nachweisbar sein und liegen um mehrere Größenordnungen unter dem derzeitigen Hintergrundniveau in französischen Böden ([5], Kap. 3.5.1.3)

Des Weiteren wird die von den Abfallgebinden ausgehende Strahlung von den geologischen Barrieren absorbiert, sodass die Strahlung an der Oberfläche nicht wahrnehmbar ist und erhöhen nicht das Niveau der Strahlung, die auf natürliche Weise vom Boden abgegeben wird ([5], Kap. 3.5.1.5).

Um Bodenverschmutzungen zu reduzieren, sind die folgenden Verminderungsmaßnahmen vorgesehen:

- Einrichtung geeigneter Lagervorrichtungen für gefährliche Stoffe ([5], Kap. 3.5.2.1)
- Übergeordnete Organisation der Baustelle ([5], Kap. 3.5.2.2)
- Verminderungsmaßnahmen in Bezug auf Luftemissionen ([5], Kap. 3.5.2.3)
- Verminderungsmaßnahmen in Bezug auf die Freisetzung von Schadstoffen aus dem Endlager, die das Oberflächenwasser beeinträchtigen können ([5], Kap. 3.5.2.4)
- Verminderungsmaßnahmen in Bezug auf die Abfallwirtschaft ([5], Kap. 3.5.2.5)
- Verminderungsmaßnahmen bei Unfällen ([5], Kap. 3.5.2.6)

Nach Durchführung der Verminderungsmaßnahmen besteht das Hauptrisiko einer Bodenverschmutzung in Unfallsituationen während der Bauarbeiten. Da aber alle Maßnahmen ergriffen werden, um das Auftreten von Unfällen zu verringern und versehentlich verschüttete Abwässer so schnell wie möglich zu beseitigen, ist das Risiko einer Bodenverschmutzung durch das Cigéo-Gesamtprojekt sehr gering. Aus diesem Grund sind keine Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen. ([5], Kap. 3.5.3)

Untergrund

Innerhalb des Cigéo-Gesamtprojekts ist es vor allem das Endlager Cigéo, das erhebliche potenzielle Auswirkungen auf den Untergrund haben kann. Die anderen Anlagen und Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts können sich wahrscheinlich nur auf die wenigen Meter des Untergrunds auswirken, die der Oberfläche am nächsten liegen. Allerdings können die Anlagen des Cigéo-Gesamtprojekts Bodenbewegungen und seismischen Risiken ausgesetzt sein. ([5], Kap. 4.1)

Unfallbedingte physikalisch-chemische Verschmutzung

Zur Verminderungen der potenziell erheblichen Auswirkungen von unfallbedingten physikalisch-chemischen Verschmutzung auf den Untergrund werden die gleichen Verminderungsmaßnahmen wie zur Reduzierung der Bodenverschmutzung und Maßnahmen zum Wassermanagement vorgesehen ([5], Kap. 4.2.1).

So kann es während der Bauvorbereitungs- und Bauphase zu einer unfallbedingten Verschmutzung und deren Vordringen bis in die geologischen Schichten kommen. Da die Mengen an Schadstoffen, die freigesetzt werden können, aber gering sind, sind sie nicht geeignet, das Gestein an der Oberfläche zu verändern und das Grundwasser zu verschmutzen. Demzufolge hat eine unfallbedingte physikalisch-chemische Verschmutzung nur sehr geringe verbleibende Auswirkungen auf den Untergrund und es sind keine Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen. ([5], Kap. 4.2.2)

Potenzielle radiologische und chemische Kontamination des Untergrunds durch Abfallgebinde

Zur Reduzierung der potenziell erheblichen Auswirkungen von radiologischen Kontaminationen werden die folgenden Verminderungsmaßnahmen vorgesehen:

- Endgültige Konditionierung von radioaktiven Abfällen; dabei wird unterschieden zwischen
 - Gebinden, die die Annahmekriterien erfüllen ([5], Kap. 4.3.1.1.1) und
 - Endlagerbehältern ([5], Kap. 4.3.1.1.2)
- Auslegung der untertägigen Anlage, die sicherstellt, dass die für den Einschluss günstigen Eigenschaften des Wirtsgesteins erhalten bleiben ([5], Kap. 4.3.1.2)
- Trennung vom Einlagerungsbetrieb und dem Auffahren von neuen Einlagerungsstrecken ([5], Kap. 4.3.1.3)
- Festlegung eines Bereichs mit Exklusivrechten und einer Schutzzone ([5], Kap. 4.3.1.4)

Nach Durchführung der Verminderungsmaßnahmen sind die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf den Untergrund sehr gering. Demzufolge sind keine Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen ([5], Kap. 4.3.2.3).

Anfälligkeit für natürliche und anthropogene seismische Risiken

Um die potenziell erhebliche Anfälligkeit für seismische Risiken zu reduzieren, wird das Endlager in einer geologischen Zone mit sehr geringer seismischer Aktivität errichtet (Vermeidungsmaßnahme) und gemäß den spezifischen Vorschriften für kerntechnische Anlagen ausgelegt und betrieben (Verminderungsmaßnahme, [5], Kap. 4.4.1.1 & 4.4.1.2).

Das anthropogene seismische Risiko, das von den beiden unterirdischen Lagerstätten *Cerville* und *Trois Fontaines-l'Abbaye* ausgeht, wird angesichts der Entfernung (von 70 km bzw. 40 km) zum Cigéo stark abgeschwächt. Außerdem ist die induzierte Seismizität, die durch das Pumpen des in diesen Lagerstätten gespeicherten Gases verursacht wird, durch Ereignisse mit einer sehr geringen Magnitude gekennzeichnet. Demzufolge gibt es diesbezüglich keine Auswirkungen auf das Cigéo. ([5], Kap. 4.4.2)

Da die Anfälligkeit des Cigéo-Gesamtprojekts für seismische Risiken als sehr gering bewertet wird, sind keine Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen ([5], Kap. 4.4.2).

Risiko für das Schrumpfen und Quellen von Ton, Hohlräumen und Setzungen

Um die potenziell erhebliche Anfälligkeit für das Risiko von Schrumpfen und Quellen von Ton, die Entstehung von Hohlräumen und das Auftreten von Setzungen zu reduzieren, werden die folgenden Verminderungsmaßnahmen vorgesehen:

- Wahl der Ausrichtung der Einlagerungsstrecken ([5], Kap. 4.5.1.1)
- Anpassung der Vortriebsmethoden ([5], Kap. 4.5.1.2)
- Anpassung der Baumethoden für Oberflächenanlagen ([5], Kap. 4.5.1.3)
- Anpassung der Fundamente von Gebäuden und Bauwerken an den geotechnischen Kontext ([5], Kap. 4.5.1.4)

Nach Durchführung dieser Maßnahmen ist die Anfälligkeit des Cigéo-Gesamtprojekts für das Risiko für das Schrumpfen und Quellen von Ton, Hohlräumen und Setzungen sehr gering.

Da ein etwaiger unbeabsichtigter Einsturz eines untertägigen Bauwerks (Strecke) oder sogar der gesamten untertägigen Anlage nur einen mechanischen Effekt mit einer auf wenige Meter beschränkten Auswirkung hätte und an der Oberfläche nicht wahrnehmbar wäre, werden die Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf das Risiko von Setzungen infolge eines Einsturzes als sehr gering bewertet. Dementsprechend werden keine Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen.

Ressourcen des Untergrunds

Um die Ressourcen des Untergrunds zu schonen, werden folgende Vermeidungsmaßnahmen vorgesehen:

- Errichtung des Endlagers Cigéo in einem Gebiet, das bezüglich der untertägigen Ressourcen keinen außergewöhnlichen oder besonderen Charakter aufweist ([5], Kap. 4.6.1.1)
- Schrittweise Errichtung der untertägigen Anlage ([5], Kap. 4.6.1.2)

Entsprechend sind keine Verminderungsmaßnahmen erforderlich ([5], Kap. 4.6.2.1).

Für das Cigéo-Gesamtprojekt werden große Mengen an Baustoffen (z. B. Zement, Kies und Sand) benötigt. Um den Bedarf an (zu beschaffenden) Baustoffen und damit natürlichen Ressourcen zu reduzieren, werden folgende Verminderungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Verringerung des Baustoffbedarfs ([5], Kap. 4.6.3.1)
- Wiederverwendung und Verarbeitung von Materialien ([5], Kap. 4.6.3.2)

Da der Baustoffbedarf des Cigéo-Gesamtprojekts mit den Abbauplänen der Departements *Meuse* und *Haute-Marne* vereinbar sind, werden die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die Ressourcen des Untergrunds als gering bewertet. Demzufolge sind auch keine Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen. ([5], Kap. 4.6.4)

Wasser

Bezüglich der Auswirkungen auf das Wasser wird zwischen

- quantitativen Auswirkungen,
- qualitativen Auswirkungen und
- Auswirkungen auf die Nutzung

unterschieden ([5], Kap. 5.1.1).

Potenzielle Absenkung des Grundwasserspiegels (quantitative Auswirkung)

Im Rahmen der Bau- und Betriebsphase des Cigéo kommt es zu Absenkungen des Grundwasserspiegels. Die potenziellen quantitativen Auswirkungen durch

- die Entwässerung im Bereich der Abgrabungen sind für den Grundwasserleiter *Calcaires du Barrois* erheblich und je nach Projektphase temporär oder dauerhaft. Im Bereich des Betriebsgeländes „Rampen“ sind die Auswirkungen auf den Grundwasserleiter *Calcaires du Barrois* auch dann erheblich, wenn ein Schutzbauwerk gegen das Aufsteigen von Grundwasser errichtet wird;
- die Entwässerung des anstehenden Grundwassers im Bereich von Gräben wird als erheblich und dauerhaft eingestuft;
- die Entwässerung im Bereich der LSF sowie von Explorations- und Überwachungsbohrungen sind erheblich und dauerhaft (für die Grundwasserleiter *Calcaires du Barrois* und des Kimmeridium-Oxfordium) bzw. nicht erheblich (für den Grundwasserleiter des Doggers);
- das Aufstauen von Grundwasser an den LSF oder am Schutzbauwerk gegen das Aufsteigen von Grundwasser sind erheblich und dauerhaft;
- eine verringerte Infiltration und Grundwasserneubildung sind erheblich und können temporär oder dauerhaft sein;
- die Entnahme von Grundwasser für die Trink- und Brauchwasserversorgung sind erheblich und können das Risiko einer möglichen Trinkwasserknappheit für die Bevölkerung erhöhen.

([5], Kap. 5.2.2.1)

Potenzielle Veränderung des Fließregimes von Flüssen (quantitative Auswirkung)

Im Rahmen der Bau- und Betriebsphase des Cigéo kommt es zu Veränderungen des Fließregimes von Flüssen. Die potenziellen quantitativen Auswirkungen durch

- Aufstauungen (z. B. durch Infrastrukturmaßnahmen) sind erheblich und dauerhaft;
- das Schutzbauwerk gegen das Aufsteigen von Grundwasser auf dem Betriebsgelände „Rampen“ sind erheblich und dauerhaft;
- Änderungen des Längsprofils von Wasserläufen in Zusammenhang mit deren (temporären oder dauerhaften) Überquerung sind erheblich;
- Veränderung der Wasserscheide aufgrund von Erdarbeiten in den potenziellen Eingriffsbereichen (*zone d'intervention potentielle*) sind nicht erheblich und dauerhaft;
- Entnahmen aus den lokalen Wasserläufen für den Trinkwasserbedarf sind nicht erheblich;
- Entnahmen aus den lokalen Wasserläufen für den Brauchwasserbedarf können erheblich und dauerhaft sein;
- Beeinträchtigung der hydraulischen Funktion der Wasserläufe (z. B. Überschwemmungen, Beeinträchtigung der biologischen Vielfalt) durch das Einleiten von Wasser (z. B. Regenwasser) können erheblich und dauerhaft sein;
- die Versiegelung von Flächen und die Veränderung von Oberflächenabflüssen sind erheblich und temporär (Bauvorbereitungsphase) bzw. dauerhaft (erste Bauphase und Betriebsphase);
- Verringerung der Wasserspeicherkapazität in Überschwemmungsgebieten und Überschwemmungsrisiko (flussabwärts) sind erheblich und dauerhaft.

([5], Kap. 5.2.2.2)

Potenzielle Auswirkungen von Einleitungen in Wasserläufe (qualitative Auswirkung)

Das Einleiten von Regenwasser und behandeltem Abwasser kann während aller Phasen zu einer hohen Schadstoffbelastung im Oberflächen- und/oder Grundwasser und somit einer Beeinträchtigung der ökologischen und chemischen Bedingungen führen. Die potenziellen Auswirkungen sind erheblich und können je nach Art der Verschmutzung und ihres Auftretens dauerhaft sein. ([5], Kap. 5.2.3.1)

Potenzielle Auswirkungen auf die Grundwasserqualität durch Bauarbeiten (qualitative Auswirkung)

Die potenziellen Auswirkungen auf die Grundwasserqualität durch Bauarbeiten, die in der Bauvorbereitungsphase, der ersten Bauphase und der Betriebsphase durchgeführt werden, sind erheblich und können dauerhaft sein. ([5], Kap. 5.2.3.2)

Potenzielle Auswirkungen in Zusammenhang mit einer Unfallsituation (qualitative Auswirkung)

In allen Phasen des Cigéo-Gesamtprojekts kann es nach einem Vorfall mit Auswirkungen auf die Umwelt (z. B. durch Freisetzung von wassergefährdenden Stoffen oder Staub) zur Veränderung der Wasserqualität von Oberflächengewässern und dem Grundwasser kommen. Diese potenziellen qualitativen Auswirkungen sind erheblich und können je nach Ausmaß der durch den Vorfall verursachten Verschmutzung, der Art des freigesetzten Produkts und des betroffenen Mediums dauerhaft sein. ([5], Kap. 5.2.3.3)

In der Betriebsphase kann es bei einem Vorfall mit Auswirkungen auf die Umwelt auch zu radioaktiven Emissionen (auf einem sehr niedrigen Niveau) in die Luft und in das Wasser kommen. Diese potenziellen qualitativen Auswirkungen sind erheblich und können je nach Ausmaß der Verschmutzung dauerhaft sein. ([5], Kap. 5.2.3.3)

Potenzielle Auswirkungen auf die Wassernutzung

In allen Phasen des Cigéo-Gesamtprojekts sind die potenziellen Auswirkungen auf die Trinkwasserversorgung aus dem Grundwasser erheblich, während die potenziellen Auswirkungen auf die Trinkwasserversorgung aus Oberflächengewässern nicht erheblich sind ([5], Kap. 5.2.4.1).

Die potenziellen Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts sowie der Bahnlinie 027000 auf die landwirtschaftliche (z. B. Viehtränken oder Bewässerung) und industrielle Nutzung des Wassers sind erheblich und je nach Ausmaß der Wasserverschmutzung und dem Verlust der damit verbundenen Nutzungsmöglichkeiten sowie den Auswirkungen auf die verfügbare Ressource dauerhaft oder temporär. ([5], Kap. 5.2.4.2)

In allen Phasen des Cigéo-Gesamtprojekts sind die potenziellen Auswirkungen auf die Wassernutzung für Freizeitaktivitäten (Freizeitfischerei) erheblich ([5], Kap. 5.2.4.3).

Maßnahmen zur Vermeidung quantitativer Auswirkungen

Um die quantitativen Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf das Grund- und Oberflächenwasser zu begrenzen, werden die folgenden Vermeidungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Standortauswahl der Rampen außerhalb von Fracking-Gebieten ([5], Kap. 5.3.1.1)
- Auslegung der LSF: Weit auseinanderliegende Bauwerke mit geringem Durchmesser im Hinblick auf die durchörterten geologischen Schichten ([5], Kap. 5.3.1.2)
- Aussetzen der Bauarbeiten bei den höchsten Grundwasserständen mit Baustellensicherungsmaßnahmen ([5], Kap. 5.3.1.3)
- Verbot der Wasserentnahme aus Flüssen ([5], Kap. 5.3.1.4)

- keine Flächen für temporäre und dauerhafte Einrichtungen in den identifizierten Überschwemmungsgebieten ([5], Kap. 5.3.1.5)
- Durchführung von Arbeiten an temporären Wasserläufen während der Trockenperiode (gilt auch für qualitative Auswirkungen; [5], Kap. 5.3.1.1)

Maßnahmen zur Vermeidung qualitativer Auswirkungen

Um die qualitativen Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf das Grund- und Oberflächenwasser zu begrenzen, werden die folgenden Vermeidungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- kein Einleiten von unbehandeltem Wasser in Wasserläufe ([5], Kap. 5.3.2.1)
- Nutzung bestehender Straßen und Wege in der Nähe von Wasserläufen ([5], Kap. 5.3.2.2)
- Begrenzung der Anzahl der Baustellenstützpunkte ([5], Kap. 5.3.2.3)
- Keine Arbeiten im Flussbett eines Wasserlaufs ([5], Kap. 5.3.2.4)

Maßnahmen zur Vermeidung von Auswirkungen auf die Nutzung

Um die Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die Nutzung des Grund- und Oberflächenwasser zu begrenzen werden die folgenden Vermeidungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Anschluss des Cigéo an das lokale Versorgungsnetz ([5], Kap. 5.3.3.1)

Maßnahmen zur Verminderung quantitativer Auswirkungen

Um die quantitativen Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf das Grund- und Oberflächenwasser zu begrenzen, werden die folgenden Verminderungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- angemessene Auslegung des Schutzbauwerks gegen das Aufsteigen von Grundwasser auf dem Betriebsgelände „Rampen“ ([5], Kap. 5.4.1.1)
- angepasste bauliche Vorkehrungen für die LSF (z. B. dichte bzw. halbdichte Ausführung, Einbau von Abdichtungen aus Bentonit und Managementsystem für gesammeltes Schachtwasser; [5], Kap. 5.4.1.2)
- Bestimmungen im Zusammenhang mit dem Abteufen und der Abnahme von Bohrlöchern/Piezometern ([5], Kap. 5.4.1.3)
- Einrichtung eines Grundwassermanagementsystems bei Erdarbeiten (Anlegen von Gräben und Drainagen sowie Sammlung, Speicherung und Behandlung des aufgefangenen Wassers; [5], Kap. 5.4.1.4)
- Begrenzung von versiegelten Flächen und des Oberflächenabflusses (z. B. durch schrittweises Abtragen, Anlegen von Grünflächen, Hang- und Dachbegrünung, Optimierung (i. W. Minimierung) des potenziellen Eingriffsbereichs des Cigéos und der 400-kV-Leitung; [5], Kap. 5.4.1.5)
- Einführung eines quantitativen Wassermanagements, damit sich das Überschwemmungsrisiko flussabwärts der Einleitpunkte nicht erhöht (Regenwassersammelbecken (drei für das Betriebsgelände „Rampen“, zwei für das Betriebsgelände „Schächte“ und jeweils zwei für die LIS und die ITE), die die Einleitmenge in die Flüsse regulieren; [5], Kap. 5.4.1.6)
- Optimierung von Abwassersystemen und Querungsbauwerken, wobei der Schwerpunkt auf der Sanierung bestehender Anlagen liegt (diese Maßnahmen betreffen die ITE, die Ertüchtigung der Bahnlinie 027000 und die Umleitung der Departementsstraße D60/960; [5], Kap. 5.4.1.7)
- Hydraulische Überbrückungsbauwerke (*ouvrages de franchissement hydraulique*), die in Bezug auf die ökologischen und hydraulischen Eigenschaften des Wasserlaufs definiert werden ([5], Kap. 5.4.1.8)

- Vorrichtungen (z. B. Durchlässe mit Rahmenprofil oder Kreisquerschnitt), die die hydraulische Durchgängigkeit der Anlagen sicherstellen ([5], Kap. 5.4.1.9)
- Verwendung von Vorrichtungen (Rollplatten (*plaques de roulement*)) zur Verringerung der Bodenverdichtung ([5], Kap. 5.4.1.10)
- Einhaltung der technischen Vorschriften und Schutz der Baustelle (RTE) in Überschwemmungsgebieten (z. B. Materiallagerung außerhalb der Überschwemmungsgebiete; [5], Kap. 5.4.1.11)

Maßnahmen zur Verminderung qualitativer Auswirkungen

Um die qualitativen Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf das Grund- und Oberflächenwasser zu begrenzen werden die folgenden Verminderungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Einrichtung von Regenwasserbehandlungsanlagen (z. B. Ölabscheider, redundant ausgelegte Absetzbecken und Sandfilter inklusive Bypass), um die Qualität des Oberflächen- und Grundwassers nicht durch Verschleppung zu beeinträchtigen ([5], Kap. 5.4.2.1)
- Einrichtung einer zusätzlichen Behandlungsanlage für die Haldenabflüsse (Vorbehandlung (Klärung mit Koagulation/Flockung, 5 µm- und 10 µm-Filter) und anschließender Verfeinerung durch den Einsatz einer Niederdruck-Umkehrosmose (Nanofiltration); [5], Kap. 5.4.2.2)
- Einführung eines Managementsystems für Industrieabwasser und Abwasser nach den Grundsätzen der zentralen Abwasserentsorgung (und dezentral für die Bauvorbereitungsphase): ggf. Ölabscheider sowie Kläranlagen mit Vorbehandlung, sekundärer (biologischer) und tertiärer (Filtration) Behandlungsstufe ([5], Kap. 5.4.2.3)
- Einrichtung einer Grundwasseraufbereitungsanlage (mit primärer (Vorbehandlung), sekundärer (Koagulation/Flockung, Klärung und Filtration) und tertiärer Behandlungsstufe (Desinfektion)) pro Betriebsgelände ([5], Kap. 5.4.2.4)
- Umgang mit unkonventionellen Abwässern (getrennte Sammlung in Tanks, radiologische Charakterisierung, Konditionierung und Abgabe an externe Einrichtung; [5], Kap. 5.4.2.5)
- Einhaltung der Null-Phyto-Politik (kein Einsatz von Pflanzenschutzmitteln), um den Eintrag von Chemikalien in Oberflächengewässer bei der Pflege von Straßenrändern und Grünflächen zu begrenzen ([5], Kap. 5.4.2.6)
- Verwendung von Salzlösungen in Form von Sole, um den Salzeintrag in Oberflächengewässer in der Wintersaison zu begrenzen ([5], Kap. 5.4.2.7)
- Wiederherstellung der Eingriffsgebiete ([5], Kap. 5.4.2.8)
- Einrichtung von geeigneten Lagereinrichtungen für gefährliche Stoffe ([5], Kap. 5.4.2.9)
- Übergeordnete Organisation der Baustelle ([5], Kap. 5.4.2.10)

Maßnahmen zur Verminderung von Auswirkungen auf die Nutzung

Um die Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die Nutzung des Grund- und Oberflächenwasser zu begrenzen, werden die folgenden Verminderungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Auslegung und Arbeitsweisen, die die Auswirkungen auf die Nutzung des Grundwassers begrenzen ([5], Kap. 5.4.3.1)
- Vorrangige Wiederverwendung des aufbereiteten Wassers für den Brauchwasserbedarf des Cigéo ([5], Kap. 5.4.3.2)
- Maßnahmen zur Verringerung der Auswirkungen auf den Boden und das Oberflächenwasser, um deren Nutzung zu erhalten ([5], Kap. 5.4.3.3)

Verbleibende quantitative Auswirkungen

Nach Durchführung der Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen sind die (quantitativen) Auswirkungen des Cigéo auf

- die Absenkung des Grundwasserspiegels im Bereich der durch das Cigéo-Gesamtprojekt geschaffenen Auffahrungen ohne Änderung der Nutzung mäßig,
- die Absenkung des Grundwasserspiegels am Schutzbauwerk gegen das Aufsteigen von Grundwasser mäßig,
- die Entwässerung des Grundwassers, das an den Gräben an die Oberfläche tritt, gering,
- die Entwässerung des Grundwassers in den LSF sowie Charakterisierungs- und Überwachungsbohrungen gering, sodass keine Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen sind,
- die Veränderung der Strömungen (Stau effekt) im Bereich der LSF und dem Schutzbauwerk gegen das Aufsteigen von Grundwasser gering, sodass keine Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen sind,
- die Verringerung der Infiltration und Grundwasserneubildung gering, sodass keine Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen sind,
- die Überschwemmung des potenziellen Eingriffsgebiets durch aufsteigendes Grundwasser gering, sodass keine Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen sind,
- Grundwasserentnahmen für den Trink- und Brauchwassergebrauch gering, sodass keine Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen sind,
- die Stauwirkung der Abflüsse in Zusammenhang mit den verschiedenen Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts gering, sodass keine Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen sind,
- die Beeinträchtigung des Wasserhaushalts von Wasserläufen durch das Vorhandensein des Schutzbauwerks gegen das Aufsteigen von Grundwasser sehr gering, sodass keine Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen sind,
- die Veränderung des Längensprofils von Wasserläufen gering, sodass keine Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen sind,
- die Entnahme von Flusswasser für den Trink- und Brauwassergebrauch sehr gering, sodass keine Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen sind,
- den Wasserhaushalt von Wasserläufen durch das Einleiten von Wasser in die Umwelt sehr gering, sodass keine Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen sind,
- die Flächenversiegelung gering, sodass keine Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen sind und
- die Wasserspeicherkapazität in Überschwemmungsgebieten und das Hochwasserrisiko flussabwärts gering, sodass keine Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen sind.

([5], Kap. 5.5.1.2.1 bis 5.5.1.2.14)

Bei den Vorhaben der anderen Bauherren sind die verbleibenden quantitativen Auswirkungen auf das Wasser gering, sodass keine Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen sind ([5], Kap. 5.5.1.3).

Verbleibende qualitative Auswirkungen

Nach Durchführung der Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen sind die Auswirkungen des Cigéo auf

- die Qualität der Oberflächengewässer gering,
- die Qualität des Grundwassers während der Bauarbeiten gering,
- die Wasserqualität nach einem Unfall mit Auswirkungen auf die Umwelt gering und
- die Wasserqualität in Zusammenhang mit einer Verschmutzung durch Einleitung von radioaktiven Stoffen sehr gering,

sodass keine Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen sind. ([5], Kap. 5.5.2.1.1 bis 5.5.2.1.4)

Bei den Vorhaben der anderen Bauherren sind die verbleibenden qualitativen Auswirkungen auf das Wasser gering ([5], Kap. 5.5.2.2).

Verbleibende Auswirkungen auf die Wassernutzung

Nach Durchführung der Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen sind die Auswirkungen des Cigéo auf

- die Trinkwasserentnahme sehr gering;
- die Wassernutzung für industrielle und landwirtschaftliche Aktivitäten im Absenktrichter des Schutzbauwerks gegen das Aufsteigen von Grundwasser mäßig. Es werden keine Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen;
- die Wassernutzung für Freizeitaktivitäten sehr gering, sodass keine Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen sind.

([5], Kap. 5.5.3.1.1 bis 5.5.3.1.3)

Bei den Vorhaben der anderen Bauherren sind die verbleibenden Auswirkungen auf die Wassernutzung gering ([5], Kap. 5.5.3.2).

Auswirkungen von chemischen Emissionen und unkonventionellen Abwässern auf die menschliche Gesundheit

Flüssige Emissionen (eingeleitetes Wasser) werden in keiner der betrachteten Phasen des Cigéo als Quelle für gesundheitsgefährdende Emissionen für die Bevölkerung angesehen. Folglich sind die verbleibenden Auswirkungen von chemischen Emissionen aus den Abwässern des Cigéo-Gesamtprojekts auf die menschliche Gesundheit sehr gering. ([5], Kap. 5.8)

Unkonventionelle Abwässer werden nicht in die Umwelt eingeleitet, sondern an geeignete Einrichtungen zur Entsorgung abgegeben. Folglich sind die verbleibenden Auswirkungen der unkonventionellen Abwässer des Cigéo-Gesamtprojekts auf die menschliche Gesundheit sehr gering. ([5], Kap. 5.8)

Vereinbarkeit des Cigéo-Gesamtprojekts mit Planungsinstrumenten (*outils de planification*)

Die Analyse der Vereinbarkeit des Cigéo-Gesamtprojekts mit den Planungsinstrumenten, die das Thema Wasser betreffen und eine Schnittstelle mit dem Cigéo-Gesamtprojekt bilden, hat ergeben, dass die Aktivitäten und Anlagen des Cigéo-Gesamtprojekts mit

- dem Leitschema für die Wasserbewirtschaftung (*schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux*, SDAGE) *Seine-Normandie*,
- dem Regionalschema für Raumplanung, nachhaltige Entwicklung und Gebietsgleichstellung (*Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires*, SRADDET) *Grand Est* und
- dem Plan für das Überschwemmungsrisikomanagement (*Plan de gestion des risques d'inondation*, PGRI) des Seine-Normandie-Beckens

vereinbar sind. ([5], Kap. 5.9.1.1, 5.9.2 & 5.9.3.1)

Die Analyse der Vereinbarkeit hat ergeben, dass die Arbeiten zur Sicherung der 400-kV-Stromleitung jenseits von *Gondrecourt-le-Château* mit

- dem SDAGE *Rhin-Meuse* (Rhein-Maas) und

- dem PGRI des *Rhin-Meuse* (Rhein-Maas)-Beckens

vereinbar sind. ([5], Kap. 5.9.1.2 & 5.9.3.2)

Das Cigéo-Gesamtprojekt muss den Vorschriften der Pläne zur Vermeidung von Überschwemmungsrisiken (*plans de prévention des risques d'inondation*, PPRI) entsprechen. Der Nachweis dieser Konformität wird in künftigen Bauantragsunterlagen und im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens erwartet und für die betroffenen Maßnahmen dort integriert. ([5], Kap. 5.9.4)

Biodiversität und natürliche Umwelt

Die Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die natürliche Umwelt sind unterschiedlicher Art und können Folgendes betreffen:

- **Umweltzonen** (insbesondere die entscheidenden Arten und/oder Lebensräume dieser Zonen)
- **Feuchtgebiete:** die Einleitung von Regenwasser und Abwässern in die Umwelt sowie die Entnahme von Grundwasser können sich auf den Wasserhaushalt der Wasserläufe und indirekt auf die Funktion der mit diesen Wasserläufen in Verbindung stehenden Feuchtgebiete auswirken
- **Ökologische Durchgängigkeiten:** Auf lokaler Ebene wirken sich Bau und Betrieb des Cigéo-Gesamtprojekts auf die Bewegungen der bei den Kartierungen beobachteten Arten aus. Der Bau und der anschließende Betrieb linearer Infrastrukturen sowie die Errichtung von Zäunen stellen Hindernisse für die Bewegung von terrestrischen Arten dar. Ebenso können Rodungen zur Zerstückelung von Lebensräumen oder zur Veränderung der Funktionalität führen.
- **Arten und Lebensräume:** Zerstörung/Beschädigung von Lebensräumen der Arten, Zerstörung von Individuen, Störung der Arten, Verschlechterung der ökologischen Funktionalität sowie biologische und chemische Beeinträchtigung der Umwelt
- **Radiologische und konventionelle Verschmutzungen** in Zusammenhang mit den atmosphärischen radioaktiven Ableitungen sowie den chemischen Emissionen

Die Höhe der Auswirkungen hängt von dem Grad der Betroffenheit sowie der Intensität der Auswirkungen auf ein oder mehrere Bestandteile der natürlichen Umwelt ab. Die Höhe der Auswirkungen wird anhand der folgenden Kriterien bewertet:

- Merkmale, die für die jeweilige Auswirkung typisch sind (Art, Zeitraum des Auftretens, Dauer und Intensität)
- Regulatorische Beschränkung
- Erhaltungsbedürftigkeit des betroffenen Schutzguts
- Sonstige Merkmale (Schutzgut, betroffene Fläche/Länge, Empfindlichkeit, Regenerationsfähigkeit des Schutzguts)

Anhand dieser Kriterien werden die Auswirkungen als erheblich oder nicht erheblich bewertet.

Potenzielle Auswirkungen

Die Bewertung der potenziellen Auswirkungen der Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die natürliche Umwelt sind in Tabelle A6e - 1 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle A6e - 1: Bewertung der potenziellen Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die natürliche Umwelt ([6], Kap. 6.2)

	Umweltzonen	Feuchtgebiete	Ökologische Durchgängigkeit	Biodiversitäts-reservoir	Arten und Lebensräume	Radiologische und konventionelle Verschmutzungen
Betriebsgelände „Rampen“	nicht erheblich	erheblich (indirekt)	erheblich	nicht erheblich	erheblich	erheblich
LIS	nicht erheblich	nicht erheblich	erheblich	nicht erheblich	erheblich	erheblich
Betriebsgelände „Schächte“	erheblich	nicht erheblich	erheblich	erheblich	erheblich	erheblich
ITE	erheblich	erheblich	erheblich	erheblich	erheblich	erheblich
Stromversorgung	erheblich	erheblich	erheblich	-	erheblich	erheblich
Wasserversorgung	erheblich	erheblich	erheblich	-	erheblich	erheblich
Ertüchtigung der Bahnlinie 027000	erheblich	erheblich	erheblich	-	erheblich	erheblich
Umleitung der Departementsstraße D60/960	nicht erheblich	erheblich	erheblich	-	erheblich	erheblich

Vermeidungsmaßnahmen

Um die potenziellen Auswirkungen des Projekts auf die natürliche Umwelt, insbesondere die Arten und deren Lebensräume, die am stärksten gefährdet sind und durch das Projekt beeinträchtigt werden, zu begrenzen, werden folgende Vermeidungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Maßnahmen bei der Projektplanung, die Gebiete mit Umweltproblemen meiden (sowohl bei der Standortauswahl als auch bei der weitergehenden Planung)
 - Optimierung (d. h. Reduzierung) der Größe des Betriebsgeländes „Schächte“ ([6], Kap. 6.3.2.1.1)
 - Verwertung des Haldenmaterials der „toten“ Halden (z. B. für die Verfüllung von Steinbrüchen, Zementherstellung oder als Schüttgut im Straßenbau), um das gelagerte Volumen zu begrenzen, wobei die Machbarkeit derzeit noch überprüft wird ([6], Kap. 6.3.2.1.2)
 - Schrittweise Rodung (in drei Phasen) auf dem Betriebsgelände „Schächte“ entsprechend den Bauabschnitten des Cigéo, sodass die von den Phasen 2 und 3 betroffenen Wälder erhalten bleiben, solange die Flächen nicht für die Ablagerung der Halden benötigt werden ([6], Kap. 6.3.2.1.3)

- Erhalt der Randbewaldung (in Form von drei Waldstreifen im Westen, Osten und Norden) des Betriebsgeländes „Schächte“ ([6], Kap. 6.3.2.1.4)
 - Bewahrung von einem bewaldeten Randstreifen (ca. 14 ha) und einem Streifen offener Lebensräume (Acker- und Wiesenland mit einer Größe von ca. 24 ha) am Ufer der *Orge* auf dem Betriebsgelände „Rampen“ ([6], Kap. 6.3.2.1.5)
 - Bewahrung von Strauch- und Baumelementen durch die Nutzung bestehender Zugänge, Waldwege und -schneisen sowie eine geeignete Flächenauswahl für die Maßnahmen „LIS“ und „Stromversorgung“ ([6], Kap. 6.3.2.1.6)
 - Wahl einer eingehausten Unterflur-Bandanlage für die LIS, die kaum sichtbar ist und keinen Lärm verursacht ([6], Kap. 6.3.2.1.7)
 - Keine Einzäunung der linearen Infrastrukturen, um die Bewegungen der vorkommenden Arten nicht zu beeinträchtigen ([6], Kap. 6.3.2.1.8)
 - Wiederverwendung bestehender Infrastruktur (z. B. *ehemalige Bahnlinie Gondrecourt-le-Château/Joinville*) für die ITE und die Ertüchtigung der Bahnlinie 027000 ([6], Kap. 6.3.2.1.9)
 - Begrenzte Errichtung von Oberleitungen (durch die Nähe zur 400-kV-Leitung *Houdreville-Méry*; [6], Kap. 6.3.2.1.10)
 - Eingriffe (ITE, Strom- und Wasserversorgung, Umleitung der Departementsstraße D60/960, Ertüchtigung der Bahnlinie 027000) außerhalb empfindlicher Naturgebiete ([6], Kap. 6.3.2.1.11)
- Markierung der Baustellenbereiche (*emprises travaux*) mit temporären Abgrenzungen (orangefarbenes Netz) und Schildern, die auf empfindliche Gebiete hinweisen ([6], Kap. 6.3.2.2)
 - Beginn der Arbeiten, die zur Zerstörung von Lebensräumen von Arten führen außerhalb der für die Fauna empfindlichen Zeiten (Ansiedlung, Paarung, Aufzucht von Jungtieren, Überwinterung; [6], Kap. 6.3.2.3)
 - Errichtung von temporären Barrieren (feinmaschiger Zaun mit einer Höhe von 50 cm bzw. Amphibienschutzplanen) gegen das Eindringen von Wildtieren (Amphibien, Reptilien und Kleinsäuger) in den Baustellenbereich ([6], Kap. 6.3.2.4)
 - Ackerflächen vor der Durchführung von Bauarbeiten für nistende Arten unwirtlich machen (durch frühzeitiges und wiederholtes Abmähen der Vegetation; [6], Kap. 6.3.2.5)

Verminderungsmaßnahmen

Um die potenziellen Auswirkungen des Projekts auf die natürliche Umwelt, insbesondere die Arten und deren Lebensräume, die am stärksten gefährdet sind und durch das Projekt beeinträchtigt werden, zu begrenzen, werden folgende Verminderungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Fangen/Umsiedeln von Tieren vor der Bauphase
 - Amphibien und Reptilien: Entfernung von geschützten Arten aus dem Baustellenbereich (indem Rückhaltebarrieren um Brutplätze eingerichtet werden) und Umsiedlung in einen Teich im östlichen Tal des *Ormançon* ([6], Kap. 6.3.3.1.1)

- Säugetiere: Treibjagden vor Beginn der Bauarbeiten sowie Umsiedlung potenzieller Schlafplätze von Igel ([6], Kap. 6.3.3.1.2)
- Vögel, die in landwirtschaftlichen Umgebungen nisten: Suche von nistenden Vögeln mittels Drohnen und ggf. schrittweise Umsiedlung ([6], Kap. 6.3.3.1.3)
- Allgemeine Bestimmungen (z. B. Baustellenorganisation, Wasserschutzvorkehrungen und Bewässerung von Wegen) zur Begrenzung des Risikos einer zeitweiligen oder unfallbedingten Verschmutzung während der Bau- und Betriebsphase ([6], Kap. 6.3.3.2)
- Anpassung von Bauwerken (Querungsbauwerke und Kunstbauten) und Zäunen, um Wildtieren den Durchgang zu ermöglichen ([6], Kap. 6.3.3.3)
- Vermeidung von importiertem Mutterboden durch bevorzugte Wiederverwendung von lokalem Mutterboden zur Vermeidung der Verbreitung invasiver gebietsfremder Arten ([6], Kap. 6.3.3.4)
- größtmögliche und schnelle Begrünung von Hängen nach Aufschüttungen ([6], Kap. 6.3.3.5)
- Ausbreitung invasiver Pflanzenarten, die durch die Bauarbeiten begünstigt werden können durch geeignete Maßnahmen (z. B. wiederholtes Mähen oder Ausreißen, wobei darauf zu achten ist, dass das Schnittgut ordnungsgemäß entsorgt wird, Auslegen von Geotextilien, Ausheben des Bodens) am identifizierten Standort begrenzen ([6], Kap. 6.3.3.6)
- Anpassung der Beleuchtung (z. B. durch Festlegung des Farbtons, bodenorientierte Beleuchtung, Steuerung über Zeitschaltuhr oder Bewegungsmelder, reflektierende Geräte, Bevorzugung von LED-Lampen, Erhalt unbeleuchteter Bereiche) während der Bau- und Betriebsphase ([6], Kap. 6.3.3.7)
- Natürliche Verstecke für Reptilien und Amphibien vor Beginn der Bauarbeiten umsiedeln (an die Grenze des Baustellenbereichs oder in Winterschlafplätze; [6], Kap. 6.3.3.8)
- Einrichten von Wildtierpassagen und Durchlässen, die den Durchgang von Kleintieren ermöglichen ([6], Kap. 6.3.3.9)
- Sofern Individuen vorhanden sind, sollte ein Fledermausexperte einbezogen werden, bevor potenzielle Brutstätten zerstört werden (außerdem Umsetzung verschiedener Maßnahmen wie Überprüfung von Bäumen oder Rissen mit Endoskopen, Platzierung von *Batcones* vor den Höhlen und ggf. „sanftes“ Fällen von Bäumen; [6], Kap. 6.3.3.10)
- Beschränkung von nächtlichen Bauarbeiten und betrieblichen Aktivitäten ([6], Kap. 6.3.3.11)
- Generische Verminderungsmaßnahmen bei der Durchführung der Bauarbeiten ([6], Kap. 6.3.3.12)
 - Beschränkung der Anwesenheit von Personal und der Durchführungsdauer
 - Nutzung bestehender Wege und Zugänge
 - Auswahl geeigneter Lagerorte
 - Markierter Zugang zur Baustelle und Verkehrsplan innerhalb der Baustelle
 - Bevorzugung befahrbarer Wege sowie Schneisen für den Zugang zu den Plattformen der Stromversorgung

- Wiederherstellung oder Wiederbegrünung von (etwa 16 ha) Flächen nach den Bauarbeiten ([6], Kap. 6.3.3.13)
- Sammeln und Aufbewahren von Setzlingen seltener Floraarten (z. B. der Familien *Brassicaceae*, *Campanulaceae*, *Apiaceae* oder *Poaceae*) in den von den Bauarbeiten betroffenen Gebieten zur späteren Wiederansiedlung ([6], Kap. 6.3.3.14)
- Anpflanzung und Pflege eines Heckennetzwerks inmitten des Ackerlands zwischen dem *Massif de Gramont* und dem *Bois Lejuc* durch Anpflanzung mehrschichtiger Hecken, Verstärkung bestehender Hecken und Begleitung von Hecken in Kulturlandschaften durch einen fünf Meter breiten Grasstreifen ([6], Kap. 6.3.3.15)
- Schaffung von landwirtschaftlichen Nutzflächen, die für die Krickente günstig sind, um die Umsiedlung des Nistplatzes des im unmittelbaren Untersuchungsgebiet brütenden Paares zu ermöglichen ([6], Kap. 6.3.3.16)
- Wiederherstellung des bewaldeten Korridors auf dem Niveau der ITE z. B. durch Wiederherstellung von halboffenen Lebensräumen wie Gebüsch, Hecken und Feuchtwäldern, Neuanpflanzung einer doppelreihigen Heckenlinie und von Gebieten mit natürlicher Dynamik sowie Pflanzenbestand aus einheimischen, lokalen Pflanzen ([6], Kap. 6.3.3.17)
- Aufnahme des differenzierten Managements von Grünflächen des Cigéo in das Pflichtenheft der Verwalter dieser Grünflächen z. B. durch Anpassung der Bewirtschaftungszeiträume unter Berücksichtigung der empfindlichen Zeiträume der Arten, vernünftiger Umgang mit Wasser, kein Einsatz von Pflanzenschutzmitteln sowie Anpassung der Häufigkeit und Modalitäten des Mähens und des Rückschnitts von Bäumen und Sträuchern ([6], Kap. 6.3.3.18)
- Anpassung der Arbeiten in Feuchtgebieten, wenn diese betroffen sind z. B. durch Auslegung von Rollplatten, Bevorzugung der trockenen Periode (Sommermonate), frühzeitiges Zuschütten von Furchen sowie Wiederherstellung der Baustellenbereiche ([6], Kap. 6.3.3.19)
- Überwachung der Baustelle durch die Assistenz des Bauherren für ökologische Fragestellungen (*assistant à maîtrise d'ouvrage*, AMO) zu dessen Aufgaben es gehört bei der Ausarbeitung von Bauaufträgen mitzuwirken (insbesondere in Bezug auf einzuhaltende ökologische Vorschriften), an Abstimmungen mit Behörden und Verbänden teilzunehmen, das Personal zu unterweisen und zu sensibilisieren, regelmäßige Baustellenaudits durchzuführen, die Einhaltung der gelten Vorschriften und Standards sicherzustellen sowie Korrekturmaßnahmen vorzuschlagen ([6], Kap. 6.3.3.20)

Überwachungsmodalitäten der Umweltmaßnahmen zur Vermeidung und Verminderung

- Baustellenüberwachung durch einen Umweltbeauftragten ([6], Kap. 6.3.4.1)
- Überwachung der ordnungsgemäßen ökologischen Wiederherstellung des Baugeländes durch eine ökologische AMO ([6], Kap. 6.3.4.2)
- Überprüfung, dass der Bestand der vom Projekt betroffenen Arten nicht beeinträchtigt wird ([6], Kap. 6.3.4.3)
- Überwachung der Frequentierung der Überquerungsbauwerke durch kleine und mittlere Tiere während der Bau- und Betriebsphase ([6], Kap. 6.3.4.4)

Verbleibende Auswirkungen ([6], Kap. 6.4)

Die Bewertung der verbleibenden Auswirkungen der Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die natürliche Umwelt sind in Tabelle A6e - 2 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle A6e - 2: Bewertung der verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die natürliche Umwelt ([6], Kap. 6.4)

	Umweltzonen	Feuchtgebiete	Ökologische Durchgängigkeit	Biodiversitäts-reservoir	Arten und Lebensräume	Radiologische und konventionelle Verschmutzungen
Betriebsgelände „Rampen“	gering	gering	gering	sehr gering	sehr gering bis moderat	sehr gering
LIS	gering	gering	gering	sehr gering	sehr gering bis moderat	sehr gering
Betriebsgelände „Schächte“	gering bis hoch	sehr gering	gering	sehr gering	sehr gering bis hoch	sehr gering
ITE	moderat	k. A.	gering	gering	sehr gering bis hoch	sehr gering
Stromversorgung	vereinbar	(gering) ⁵¹	betroffen	-	(gering)	sehr gering
Wasserversorgung	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Ertüchtigung der Bahnlinie 027000	k. A.	sehr gering	gering	-	(gering)	sehr gering
Umleitung der Departementsstraße D60/960	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.

Ausgleichsbedarf der verbleibenden Auswirkungen

Ausgleichsmaßnahmen werden durchgeführt, wenn die verbleibenden Auswirkungen als erheblich (bei Einstufung als „sehr hoch“, „hoch“ oder „moderat“) eingeschätzt werden. Die Methode zur Schätzung des Ausgleichsbedarfs besteht darin, den ökologischen Verlust, der mit den Auswirkungen

⁵¹ Die verbleibenden Auswirkungen der Stromversorgung auf Feuchtgebiete werden in späteren Versionen der UVS noch genauer erläutert werden.

des Projekts verbunden ist, zu quantifizieren und zu qualifizieren und durch Ausgleichsmaßnahmen einen ökologisch gleichwertigen Gewinn wiederherzustellen. Dabei wird der Ausgleichsbedarf in sogenannten „Ausgleichseinheiten“ (*unités de compensation*, UC) definiert. ([6], Kap. 6.5)

Die zur Quantifizierung des Ausgleichsbedarfs verwendete Methodik wird in Kap. 6.3.3 in [24] ausführlich beschrieben.

- **Betriebsgelände „Rampen“:** Ausgleich durch flächenbezogene Maßnahmen, die hauptsächlich mit kultivierten offenen Lebensräumen verbunden sind in Verbindung mit spezifischen Maßnahmen zur Schaffung oder Erhalt von Hainen und Hecken, die für die Fortpflanzung und Ernährung von Vögeln günstig sind ([6], Kap. 6.5.2).
- **LIS:** Ausgleich durch spezifische Maßnahmen zur Schaffung oder Erhalt von Hainen und Hecken, die für die Fortpflanzung und Ernährung von Vögeln günstig sind ([6], Kap. 6.5.3).
- **Betriebsgelände „Schächte“:** Der Ausgleichsbedarf bezieht sich hauptsächlich auf Laubwälder, die für Vögel, Fledermäuse, Insekten und einige andere Säugetiere günstig sind, sowie in geringerem Maße für Amphibien und Reptilien. Er wird durch Ausgleichsmaßnahmen an den hauptsächlich bewaldeten Standorten ausgeglichen. ([6], Kap. 6.5.4)
- **ITE:** Der Ausgleichsbedarf besteht hauptsächlich in offenen Lebensräumen (Typ Brachland und Wiesen) und Hecken-/Strauchlandschaften, die für Vögel, Reptilien, Amphibien, Insekten, Fledermäuse und einige andere Säugetiere günstig sind. Er wird insbesondere durch Ausgleichsmaßnahmen an Standorten in offenen Lebensräumen ausgeglichen. ([6], Kap. 6.5.5)

Für die weiteren Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts (Stromversorgung, Wasserversorgung, Ertüchtigung der Bahnlinie 027000 und Umleitung der Departementsstraße D60/960) wird der Ausgleichsbedarf in den späteren Versionen der UVS präzisiert ([6], Kap. 6.5.6).

Ökologischer Ausgleich

Die Ausgleichsmaßnahmen verfolgen das Ziel, keinen Nettoverlust an Biodiversität zu verursachen oder sogar einen Gewinn zu erzielen. Sie werden in den künftigen Umweltgenehmigungsbescheiden des Projekts festgelegt ([6], Kap. 6.6).

- Bewaldete Lebensräume (an den Standorten *Forêt de la Vigne Chardon* und *Forêt de Ruère*)
 - **MF-01:** Markierung und Erhalt von ausgewachsenen Bäumen (große und sehr große Hölzer) bis zu ihrem natürlichen Tod zur Verbesserung des Lebensraums von Spechten, Waldfledermäusen, totholzabhängigen Tieren und Pilzen sowie auf die Entwicklung der Indikatorflora für alte Wälder ([6], Kap. 6.6.1.1.1).
 - **MF-02:** Markierung und Erhalt erwachsener Bäume (große und sehr große Hölzer), die durch den Sturm von 1999 beschädigt wurden zur kurz- bis mittelfristigen Verbesserung des Lebensraums von Spechten, Waldfledermäusen sowie totholzabhängigen Tieren und Pilzen ([6], Kap. 6.6.1.1.2).
 - **MF-03:** Markierung und Abtöten (durch Entfernung eines Rindenrings in einer Höhe von 1,3 m) erwachsener Bäume zur unmittelbaren Verbesserung des Lebensraums von Spechten, totholzabhängigen Tieren und Pilzen, zur Entwicklung der Flora und der unteren Schichten des Unterholzes sowie zur Erhöhung des Nahrungsangebotes von Fledermäusen, Vögeln, Reptilien und Amphibien ([6], Kap. 6.6.1.1.3).

- **MF-04:** Fällen von Bäumen, die bis zur vollständigen Zersetzung auf der Parzelle belassen werden zur unmittelbaren Verbesserung des Lebensraums von Spechten, totholzabhängigen Tieren und Pilzen, zur Entwicklung der Flora und der unteren Schichten des Unterholzes sowie zur Erhöhung des Nahrungsangebotes von Fledermäusen, Vögeln, Reptilien und Amphibien ([6], Kap. 6.6.1.1.4).
- **MF-05:** Schaffung von Höhlenanfängen in Bäumen in einer Höhe von 4 m bis 8 m zur Verbesserung des Lebensraums und des Nahrungsangebots totholzabhängiger Tiere (Käfer), zur Erhöhung der Aufnahmekapazität für höhlenbewohnende Vögel und zur zunehmenden Ansiedlung von Fledermäusen ([6], Kap. 6.6.1.1.5).
- **MF-06:** Verwaltung und Nutzung von Waldbeständen mit unregelmäßigem Hochwald zur Verbesserung des Lebensraums von Waldinsekten, -amphibien, -säugern und -vögeln, des Lebensraums und des Jagdreviers von Fledermäusen sowie des Lebensraums von Amphibien und Reptilien in Heckenlandschaften, Vögeln in Dickichten/Hecken und Säugetieren an Waldrändern ([6], Kap. 6.6.1.1.6)
- **MF-07:** Einführung von Waldpflanzenarten, die typisch und indikativ für alte Wälder sind zur Verbesserung des Bruthabitats und der Nahrungsquellen für Vögel, Reptilien, Insekten und Amphibien sowie der Jagdgebiete von Fledermäusen ([6], Kap. 6.6.1.1.7).
- **MF-08:** Anpflanzung von Laubbäumen zur Verbesserung der Brut- und Nahrungshabitate von Insekten, Vögeln, Säugetieren und Reptilien, des Überwinterungshabitats von Amphibien sowie des Jagdhabitats und des Unterschlupfangebots für Fledermäuse ([6], Kap. 6.6.1.1.8).
- **MF-09:** Anpassung der Jagdmodalitäten an die ökologischen Anforderungen der vom Ausgleich betroffenen Arten des Ruhe- und Fortpflanzungshabitats von geschützten Vogelarten, die sehr empfindlich auf Störungen reagieren sowie von Waldamphibien (insbesondere Salamander und Gelbbauchunke; [6], Kap. 6.6.1.1.9).
- **MF-10:** Umwandlung von Nadelholzbeständen in autochthone Laubholzbestände zur Verbesserung des Lebensraums und des Nahrungsangebots für Insekten, Amphibien, Fledermäuse, Vögel und Reptilien in Waldgebieten ([6], Kap. 6.6.1.1.10).
- **MF-11:** Schaffung von Lichtungen und offenen Lebensräumen im Wald oder an Waldrändern zur Verbesserung des Lebensraums (Nahrung und Fortpflanzung) für Vögel, Amphibien und Reptilien in Wald- und halboffenen Gebieten sowie des Jagdhabitats von Fledermäusen ([6], Kap. 6.6.1.1.11).
- **MF-12:** Schaffung und Erhalt von Tümpeln, Fahrrielen und anderen aquatischen Lebensräumen im Wald oder an Waldrändern ([6], Kap. 6.6.1.1.12).
- **MF-13:** Bewirtschaftung der Teiche von *Vigne-Chardon* in Waldgebieten zur Verbesserung der Fortpflanzungs- und Nahrungsbedingungen von Amphibien, Feuchtgebietsinsekten und Wasserreptilien sowie Schaffung günstiger Nahrungs- und/oder Transithabitate, um die Aktivität von Fledermäusen zu erhöhen ([6], Kap. 6.6.1.1.13).
- **MF-14:** Schaffung und Erhalt von Waldrändern zur Verbesserung der Fortpflanzungsbedingungen von Säugetieren, der Fortpflanzungs- und Nahrungsbedingungen von Insekten in lichten Wäldern, Reptilien und Vögeln sowie Schaffung günstiger Nahrungs-

und/oder Transithabitate, um die Aktivität von Fledermäusen zu erhöhen ([6], Kap. 6.6.1.1.14).

- Offene Lebensräume (an den Standorten westlicher Streifen des Betriebsgeländes „Rampen“, Brachland der Abtei *de l'Étanche, Bémont*-Tal bei *Morley – Couvertpuis*, von *Baraque Pierre* nach *Dainville-Bertheléville, Cote Morand* in *Dainville-Bertheville, Aux Sialants* in *Thonnance-les-Moulins*, am Graben von *Gondrecourt-le-Château, Le Breuil* in *Cirfontaines-en-Ornois* und *Pâtis de Haie* in *Horville-en-Ornois*)
 - **MO-01:** Diversifizierungsmaßnahmen innerhalb der landwirtschaftlichen Parzellen zur Verbesserung der Aufnahmekapazität des Lebensraums von Vogelkollektiven in Hecken und lichten Wäldern, der Rückzugsmöglichkeiten und Nahrungsressourcen von Reptilien und Amphibien in Heckenlandschaften und der Jagdgebiete von Fledermäusen und Säugetieren in Wald- und Waldrandgebieten ([6], Kap. 6.6.2.1.1).
 - **MO-02:** Einführung von landwirtschaftlichen Praktiken, die eine Kombination aus permanenter Bodenbedeckung, komplexen Zwischenfruchtbegrünungen mit hoher Biomasseproduktion sowie Verzicht auf Bodenbearbeitung und Insektizidbehandlungen beinhalten zur Verbesserung des Nahrungsmittelangebots und des Habitats von Wieseninsekten und von Reptilien-, Vogel- und Säugetierkollektiven in Heckenlandschaften sowie zur Erhöhung des Nahrungsmittelangebots der Fledermäuse der Waldränder und Heckenlandschaften ([6], Kap. 6.6.2.1.2).
 - **MO-03:** Umstellung auf ökologische Landwirtschaft in Ackerbaugebieten (erwartete Gewinne wie bei MO-02) ([6], Kap. 6.6.2.1.3).
 - **MO-04:** Einführung extensiver landwirtschaftlicher Praktiken auf mageren Kalksteinböden, die auf den Erhalt seltener Messicolen-Pflanzen abzielen (erwartete ökologische Gewinne wie bei MO-02; [6], Kap. 6.6.2.1.4).
 - **MO-05:** Umwandlung von degradierten Kulturen oder Wiesen in natürliches Futtergrasland in Form von feuchten oder mesophilen Naturwiesen bzw. Kalksteinrasen (erwartete ökologische Gewinne wie bei MO-02; [6], Kap. 6.6.2.1.5).
 - **MO-06:** Wiederherstellung von natürlichem Grünland durch Entbuschung von nicht mehr genutztem und verbuschendem Grünland, auf feuchten oder mesophilen Naturwiesen und Kalkgrasflächen (erwartete ökologische Gewinne wie bei MO-02; [6], Kap. 6.6.2.1.6).
 - **MO-07:** Erhaltende extensive Bewirtschaftung von natürlichem Grünland durch Mähen oder Beweidung auf feuchten oder mesophilen Naturwiesen und Kalkgrasland (erwartete ökologische Gewinne wie bei MO-02; [6], Kap. 6.6.2.1.7).
 - **MO-08:** Errichtung von Einrichtungen (feste Zäune und Tore, Tränken, Wiesenpumpen), die eine Beweidung ermöglichen ([6], Kap. 6.6.2.1.8).
 - **MO-09:** Anpflanzung und Pflege von Hecken (durchgehende mehrstämmige Hecken aus typischen einheimischen Arten in landwirtschaftlichen Gebieten und durchgehende Strauchhecken aus typischen einheimischen Arten auf Kulturen oder Wiesen (erwartete ökologische Gewinne wie bei MO-02, ergänzt um Zunahme der Habitate von Vogelkollektive in jungen Wäldern und Säugetieren in Waldgebieten; [6], Kap. 6.6.2.1.7).

- **MO-10:** Anlegen von Grünstreifen in der Landwirtschaft zwischen zwei Anbauflächen, am Fuß von Hecken, an Waldrändern oder am Ufer von Wasserläufen und Feuchtgebieten (erwartete ökologische Gewinne wie bei MO-09, ergänzt um Zunahme der Habitate von Vogelkollektive der Uferwälder sowie von Reptilien und Säugetieren der Feuchtgebiete; [6], Kap. 6.6.2.1.10).
- **MO-11:** Durchforstung und Erhalt einer sehr offenen Holzschicht (Baumschicht, strauchartige Holzschicht) in Verbindung mit einer dichten Krautvegetation (erwartete ökologische Gewinne wie bei MO-09, [6], Kap. 6.6.2.1.11).
- **MO-12:** Wiederherstellung und Erhaltungsmanagement der Ufer von Bächen und Gräben in der Landwirtschaft zur Verbesserung des Habitats von Amphibien, Reptilien und Insekten in Feuchtgebieten sowie des Jagdgebiets von Fledermäusen ([6], Kap. 6.6.2.1.12).
- **MO-13:** Schaffung und/oder Wiederherstellung von aquatischen Lebensräumen (Fahrspuren und flache temporäre Tümpel sowie permanente Tümpel) in offener Landschaft zur Verbesserung der Fortpflanzungs- und Nahrungsbedingungen von Amphibien, Insekten auf Feuchtwiesen und Reptilien in aquatischen Lebensräumen sowie zur Schaffung günstiger Nahrungs- und/oder Transithabitate von Fledermäusen, um deren Aktivität zu erhöhen ([6], Kap. 6.6.2.1.13).
- **MO-14:** Schaffung, Diversifizierung und Erhaltungsmanagement von Hochstaudenfluren um die Habitatsfläche von Insekten-, Reptilien-, Amphibien- und Vogelkollektiven in Feuchtgebieten zu erhöhen und die Jagdgebiete von Fledermäusen in Feuchtgebieten zu vergrößern ([6], Kap. 6.6.2.1.14).
- **MO-15:** Schaffung, Diversifizierung und Erhaltungsmanagement von Schilf- und Teichgebieten (erwartete ökologische Gewinne wie bei MO-14; [6], Kap. 6.6.2.1.15).
- **MO-16:** Anlegen eines Obstgartens mit hochstämmigen Bäumen auf einer Naturwiese zur Verbesserung der Aufnahmekapazitäten von Vögeln und Fledermäusen der halboffenen Landschaft ([6], Kap. 6.6.2.1.16).
- **MO-17:** Umgebung, die der freien Entwicklung überlassen wird, um den Lebensraum für die Zielarten des Ausgleichs sowie die Fortpflanzungs- und Ernährungsbedingungen zu verbessern [6], Kap. 6.6.2.1.17).
- **MO-18:** Anlegen von Landwegen zur Erschließung von landwirtschaftlichen Parzellen und Wiesen (erwartete ökologische Gewinne wie bei MO-17; [6], Kap. 6.6.2.1.18).
- **MO-19:** Suche und Schutz von Bussard-Nestern in landwirtschaftlichen Gebieten zur Förderung der guten Fortpflanzung der Kornweihe (*Busard Saint-Martin*) und der Wiesenweihe (*Busard cendré*; [6], Kap. 6.6.2.1.19).
- **MO-20:** Anbringen von Nistkästen für kleine, höhlenbewohnende Vögel, nachtaktive Raubvögel und den Wiedehopf) und Unterkünften für Fledermäuse zur Verbesserung der Brutbedingungen und der Lebensräume sowie zum Fortbestand bzw. Anstieg der Populationen ([6], Kap. 6.6.2.1.20).
- **MO-21:** Schaffung künstlicher Zufluchtsorte (Überwinterung, Thermoregulation und Fortpflanzung) in Form von Stein- und Holzhaufen, Gabionen und Trockensteinmauern sowie Eiablageplätzen für Kleintiere ([6], Kap. 6.6.2.1.21).

Durch die Ausgleichsmaßnahmen wird für das Endlager Cigéo die ökologische Äquivalenz erreicht, wobei es keinen Nettoverlust an Biodiversität für alle betroffenen Kollektive gibt ([6], Kap. 6.6.4.2).

Vereinbarkeit des Cigéo-Gesamtprojekts mit Planungsdokumenten (*documents de planification*)

Durch die VAA-Maßnahmen berücksichtigt und erfüllt das Cigéo-Gesamtprojekt die Ziele zu Erhalt und Wiederherstellung der Biodiversität und ist somit mit der nationalen und der regionalen Strategie zum Erhalt der biologischen Vielfalt (Biodiversität) vereinbar ([6], Kap. 6.7.1 & 6.7.2).

Die Überprüfung der Vereinbarkeit des Cigéo-Gesamtprojekts mit den nationalen und regionalen Aktionsplänen für

- Fledermäuse hat ergeben, dass die Auswirkungen des Projekts auf Fledermäuse soweit wie möglich begrenzt werden und Auswirkungen, die nicht vollständig vermieden werden können, durch Ausgleichsmaßnahmen zugunsten von Fledermäusen in bewaldeten und offenen Gebieten kompensiert werden ([6], Kap. 6.7.3.1).
- den Rotmilan hat ergeben, dass das Cigéo-Gesamtprojekt aufgrund verschiedener Vermeidungs- und Ausgleichsmaßnahmen mit den dort benannten Zielen vereinbar ist ([6], Kap. 6.7.3.2).
- Libellen hat ergeben, dass das Cigéo-Gesamtprojekt durch die Vermeidungs-, Verminderungs- und Ausgleichsmaßnahmen die Ziele für Erhalt und Wiederherstellung von Libellen erfüllt ([6], Kap. 6.7.3.3).
- Schmetterlinge hat ergeben, dass die Zerstörung von Individuen und Lebensräumen durch die Vermeidungs-, Verminderungs- und Ausgleichsmaßnahmen begrenzt werden kann ([6], Kap. 6.7.3.4).

Die Analyse der Vereinbarkeit des Cigéo-Gesamtprojekts mit

- den Leitlinien des SDAGE *Seine-Normandie*, die den Teilbereich „natürliche Umwelt“ betreffen, hat ergeben, dass die Aktivitäten und Anlagen des Cigéo-Gesamtprojekts mit diesen vereinbar sind ([6], Kap. 6.7.4.1);
- den Leitlinien des SDAGE *Rhin-Meuse*, die das Thema „Wasser, Natur und biologische Vielfalt“ betreffen, hat ergeben, dass die Sicherung der 400-kV-Stromleitung mit diesen vereinbar sind ([6], Kap. 6.7.4.2);
- den Zielen bzw. Regeln in Bezug auf den Teilbereich „natürliche Umwelt“ des SRADDET *Grand Est* hat ergeben, dass diese miteinander vereinbar sind ([6], Kap. 6.7.5.1);
- mit dem Aktionsplan des regionalen Schemas für ökologische Kohärenz (*schéma régional de cohérence écologique*, SRCE) der ehemaligen Region *Champagne-Ardenne* hat ergeben, dass diese miteinander vereinbar sind ([6], Kap. 6.7.5.2);
- mit dem Aktionsplan des SRCE der ehemaligen Region *Lorraine* (Lothringen) hat ergeben, dass diese miteinander vereinbar sind ([6], Kap. 6.7.5.3).

Die Analyse der Vereinbarkeit des Cigéo-Gesamtprojekts mit den geltenden Stadtplanungsdokumenten

- hat dazu geführt, dass einige Bestimmungen des Orientierungs- und Zieldokuments (*document d'orientation et d'objectifs*, DOO) des SCoT des *Pays Barrois* angepasst wurden, um die Errichtung des Cigéo zu ermöglichen. Konkret geht es dabei um Leitlinien zum Erhalt von Biodiversitätsreservoirern und ökologischen Korridoren. ([6], Kap. 6.7.6.1).

- hat ergeben, dass die Vereinbarkeit des Projekts zur Sicherung der 400-kV-Leitung mit den Leitlinien des SCoT des *Territoires de l'Aube* gewährleistet werden kann ([6], Kap. 6.7.6.2).
- hat ergeben, dass die Vereinbarkeit des Projekts zur Sicherung der 400-kV-Leitung mit den Leitlinien des SCoT des *sud Meurthe et Moselle* gewährleistet werden kann ([6], Kap. 6.7.6.3).
- hat ergeben, dass die Vereinbarkeit des Cigéo mit den Leitlinien des PLUi der *Haute Saulx* gewährleistet werden kann ([6], Kap. 6.7.6.4).
- hat ergeben, dass die Vereinbarkeit des Cigéo mit den Leitlinien des lokalen Entwicklungsplans (*plan local d'urbanisme*, PLU) von *Gondrecourt le Château* gewährleistet werden kann ([6], Kap. 6.7.6.5).

Bevölkerung, Beschäftigung sowie wirtschaftliche Aktivitäten und Wohnraum

Bevölkerung

Die potenziellen Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die Bevölkerung im engeren Untersuchungsgebiet sind erheblich und positiv. Dies ergibt sich dadurch, dass durch die Errichtung und den Betrieb des Cigéo Arbeitsplätze mobilisiert werden, was potenziell zu einer Verringerung des tendenziellen Bevölkerungsrückgangs in der Region beitragen kann. ([6], Kap. 7.1.1). Da die vermuteten potenziellen Auswirkungen positiv sind, werden keine Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen durchgeführt ([6], Kap. 7.1.2). Durch die Generierung von Arbeitsplätzen hat das Cigéo-Gesamtprojekt einen permanenten positiven indirekten Effekt auf die Demografie (Ansiedlung neuer Einwohner, Verjüngung der Bevölkerung) und zwar bereits in der Bauvorbereitungsphase ([6], Kap. 7.1.3).

Beschäftigung sowie wirtschaftliche Aktivitäten (ohne Land- und Forstwirtschaft)

Die potenziellen Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf Beschäftigung und wirtschaftliche Aktivitäten sind erheblich und positiv. Dies ist z. B. auf die mobilisierte Belegschaft und erwartete steuerliche Erträge zurückzuführen. ([6], Kap. 7.2.1)

Bei der Auslegung des Cigéo und der Maßnahmen der anderen Bauherren werden Auswirkungen auf bestehende wirtschaftliche Aktivitäten (außer Land- und Forstwirtschaft) vermieden ([6], Kap. 7.2.2).

Nach Durchführung dieser Vermeidungsmaßnahme sind die direkten Auswirkungen

- für bestehende Geschäfte und Gewerbegebiete sehr gering ([6], Kap. 7.2.3.1.1).
- in Bezug auf durch das Cigéo-Gesamtprojekt mobilisierte Arbeitsplätze positiv, da Bewohner des Gebiets (durch Beschäftigungsmöglichkeiten) gebunden werden und die wirtschaftliche Attraktivität des Gebiets verbessert wird ([6], Kap. 7.2.3.1.2).
- des Cigéo-Gesamtprojekts durch Steuereinnahmen auf nationaler und lokaler Ebene positiv, da sie zur Finanzierung der Maßnahmen der Gebietskörperschaften zugunsten der Entwicklung des Gebiets beitragen ([6], Kap. 7.2.3.1.3).

Des Weiteren werden folgende indirekte Auswirkungen erwartet:

- Schaffung von zusätzlichen, indirekten Arbeitsplätzen z. B. in den Bereichen Forschungs- und Ingenieursdienstleistungen, Unterstützungsdienstleistungen, Bauwesen, Transport und Logistik, öffentliche Verwaltung sowie Gesundheit, Bildung und Soziales (gemäß Erfahrung schaffen 1,5 mobilisierte Arbeitsplätze einen zusätzlichen indirekten Arbeitsplatz; [6], Kap. 7.2.3.2.1).

- Nutzung der durch die Präsenz von ANDRA hervorgerufenen Chancen für die wirtschaftliche Entwicklung sowie Mobilisierung der Kompetenzen der lokalen Unternehmen zur Erleichterung von Errichtung und Betrieb des Untertagelabors und des Cigéo durch die Vereinigung öffentlicher Interessen (*groupement d'intérêt public*, GIP; [6], Kap. 7.2.3.2.2).
- Verstärkung des positiven Effekts des Cigéo-Gesamtprojekts auf die lokale Beschäftigung sowie auf die lokalen Unternehmen durch das Projekt zur Entwicklung des Gebiets (*projet de développement du territoire*, PDT; [6], Kap. 7.2.3.2.3).
- Entwicklung von öffentlichen Diensten und Einrichtungen (z. B. Schulen, Kinderbetreuungseinrichtungen und Gesundheitseinrichtungen) ab der Bauvorbereitungsphase ([6], Kap. 7.2.3.2.4).

Im Hinblick auf Beschäftigung sowie wirtschaftliche Aktivitäten werden folgende Begleitmaßnahmen vorgesehen:

- Gewährleistung von Marktbedingungen, die den Zugang für kleine und mittlere Unternehmen fördern ([6], Kap. 7.2.4.1)
- Einführung einer sozialen Eingliederungsklausel in Bauaufträgen ([6], Kap. 7.2.4.2)

Wohnraum

Die potenziellen Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf den Wohnraum (z. B. Reduzierung des Leerstands, Renovierung/Bau von Wohnhäusern und Verbesserung des Immobilienmarkts) sind insgesamt erheblich und positiv ([6], Kap. 7.3.1).

Bei der Standortauswahl des Endlagers Cigéo wurden Standorte in oder in der Nähe von Wohngebieten vermieden, sodass die Auswirkungen auf den bestehenden Wohnraum sehr gering sind. Da die potenziellen Auswirkungen ansonsten positiv sind, werden keine weiteren Vermeidungsmaßnahmen durchgeführt ([6], Kap. 7.3.2 & 7.3.3.3).

Nach Durchführung der Vermeidungsmaßnahme hat das Cigéo-Gesamtprojekt einen positiven indirekten Effekt auf den Wohnraum, da es

- dazu beiträgt, den Leerstand von Wohnungen zu senken und die Renovierung und Entwicklung des bestehenden Wohnungsbestands zu steigern ([6], Kap. 7.3.3.1).
- zu einer größeren Marktaktivität (bei voraussichtlich nicht wesentlich steigenden Immobilienpreisen) beiträgt, die es den Eigentümern ermöglicht, ihre Immobilien bei Verkauf oder Vermietung aufzuwerten ([6], Kap. 7.3.3.2).

Vereinbarkeit des Cigéo-Gesamtprojekts mit den bestehenden Planungsdokumenten

Die Analyse der Vereinbarkeit des Cigéo-Gesamtprojekts mit

- den Zielen bzw. Regeln in Bezug auf den Teilbereich „Beschäftigung und Wohnraum“ des SRADDET *Grand Est* ([6], Kap. 7.4.1) und
- den Zielen des SCoT des *Pays Barrois* in Bezug auf die Themen Bevölkerung, Beschäftigung und wirtschaftliche Aktivitäten ([6], Kap. 7.4.2)

hat ergeben, dass diese miteinander vereinbar sind.

Landwirtschaftliche Aktivitäten

Potenzielle Auswirkungen

Die potenziellen Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts umfassen

- den Verlust von landwirtschaftlichen Flächen,
- Landdruck und -preise,
- geringere landwirtschaftliche Produktion und Einkommensverlust,
- einen Rückgang der landwirtschaftlichen Produktion mit Qualitäts- und Herkunftszeichen (*signe d'identification de la qualité et del'origine*, SIQO), Auswirkungen auf die Qualität und das Image der Produkte,
- eine Änderung der Entwässerungsnetze von landwirtschaftlichen Parzellen,
- Störungen der Wasserressourcen und der Luftqualität, die sich auf die Qualität der landwirtschaftlichen Produktion auswirken,
- eine Änderung der von Landwirten genutzten Routen und
- eine Veränderung der Aktivitäten von Betrieben

und sind insgesamt erheblich ([6], Kap. 8.1.1).

Vermeidungsmaßnahmen

Um die potenziellen Auswirkungen des Projekts auf landwirtschaftlichen Aktivitäten zu begrenzen, werden folgende Vermeidungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Wahl von Standorten mit einem ausgewogenem Verhältnis zwischen landwirtschaftlichen und bewaldeten Flächen ([6], Kap. 8.1.2.1)
- Erhalt von Land mit großer Wertschöpfung ([6], Kap. 8.1.2.2)
- Durchführung von forstwirtschaftlichen Ausgleichsmaßnahmen außerhalb von landwirtschaftlichen Flächen ([6], Kap. 8.1.2.3)
- Bildung von Reserven von landwirtschaftlichen Flächen und frühzeitiger Tausch mit durch das Cigéo-Gesamtprojekt betroffenen Flächen ([6], Kap. 8.1.2.4)
- Errichtung einer LIS, die die Materialtransportmittel zwischen dem Betriebsgelände „Rampen“, dem Betriebsgelände „Schächte“ und der öffentlichen Straße zusammenführt und sich an den Parzellengrenzen orientiert ([6], Kap. 8.1.2.5)
- Wiederverwendung eines alten Gleisbettes auf einer Länge von etwa 10 km sowie eines bereits eingeebneten ehemaligen Industriestandorts ([6], Kap. 8.1.2.6)
- keine landwirtschaftlichen Gebäude im potenziellen Eingriffsbereich ([6], Kap. 8.1.2.7)
- Erhalt der landwirtschaftlichen Flächen oberhalb des Grubengebäudes (wenn dort keine Oberflächenanlagen vorgesehen sind; [6], Kap. 8.1.2.8)
- Nutzung einer eingehausten Unterflur-Bandanlage zwischen den beiden Betriebsgeländen zur Vermeidung von Staub- und Stoffemissionen in die Luft ([6], Kap. 8.1.2.9)

- Auslegungsentscheidungen zur Vermeidung von Auswirkungen auf das Grund- und Oberflächenwasser (z. B. keine Einleitung von unbehandeltem Wasser in Flüsse; [6], Kap. 8.1.2.10)

Auswirkungen nach Durchführung von Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen

Trotz der Vermeidungsmaßnahmen sind im erweiterten potenziellen Eingriffsgebiet etwa 320 ha an landwirtschaftlichen Flächen, von denen mehr als 95 % Ackerland sind, von der Errichtung des Cigéos betroffen. Dazu kommen noch die Flächen, die von Charakterisierungs- und Umweltbohrungen sowie den Maßnahmen anderer Bauherren betroffen sind. Insgesamt wird die für das Cigéo-Gesamtprojekt verbrauchte landwirtschaftliche Fläche auf 347 ha bis 415 ha geschätzt. ([6], Kap. 8.1.3.1)

Infolge des in den letzten Jahren durchgeführten Parzellentauschs beträgt die landwirtschaftliche Fläche des potenziellen Eingriffsgebiets, die sich in Privatbesitz befindet noch rund 70 ha und es sind noch 43 Betriebe betroffen. Um den Verlust von landwirtschaftlichen Nutzflächen zu begrenzen, werden folgende Verminderungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Tausch von Flächen mit mindestens gleichwertigen Eigenschaften
- Wiederherstellung der Flächen, die Gegenstand einer vorübergehenden Inanspruchnahme sind
- Optimierung der in Anspruch genommenen Flächen
- Anwendung der bestehenden Absichtserklärungen zwischen RTE, der ständigen Versammlung der Landwirtschaftskammern (*l'Assemblée permanente des Chambres d'agriculture*, APCA) und dem nationalen Verband der Gewerkschaften der Landwirte (*fédération nationale des syndicats d'exploitants agricole*, FNSEA)

Unter Berücksichtigung der Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen sind die verbleibenden Auswirkungen des Verbrauchs an landwirtschaftlicher Fläche auf den Fortbestand der Betriebe dauerhaft und gering. ([6], Kap. 8.1.3.1.1)

Der lokal begrenzte Verlust an landwirtschaftlicher Fläche schränkt das Entwicklungspotenzial der Betriebe ein und zwingt Junglandwirte und Strukturen, die eine Vergrößerung anstreben, dazu, ihre Suche nach verfügbaren Flächen auf andere Gemeinden auszuweiten. Um den Landdruck zu begrenzen, haben ANDRA und Safer über mehrere Jahre Landreserven angelegt (Verminderungsmaßnahme). Die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die Preise für landwirtschaftliche Grundstücke sind dauerhaft und gering. ([6], Kap. 8.1.3.1.2)

Der Verlust der landwirtschaftlichen Fläche führt zu einem Aktivitätsverlust (Arbeitsplätze) und damit zu einem Einkommensverlust. Um diese Auswirkungen zu begrenzen, werden die Zeitpläne für die Durchführung der Arbeiten mit den betroffenen Landwirten abgesprochen. Dennoch führt die wegfallende Bewirtschaftung der vom Cigéo betroffenen landwirtschaftlichen Flächen zum Entfall von Arbeit, Lohn und Einkommen, sodass die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die landwirtschaftliche Wirtschaftstätigkeit der Betriebe dauerhaft und moderat sind. ([6], Kap. 8.1.3.1.3)

Des Weiteren führt der Verlust der landwirtschaftlichen Fläche zu einer Verringerung der Produktionsmengen auf lokaler Ebene. Dieser Produktionsverlust wirkt sich direkt auf den Umsatz der lokalen Landwirtschaft aus und schränkt die Käufe in den vorgelagerten Sektoren (z. B. Saatgut und Düngemittel) sowie die Produktionsmengen der nachgelagerten Sektoren (z. B. Milchindustrie) ein.

Nach der Durchführung von Verminderungsmaßnahmen (analog zu den Verminderungsmaßnahmen zur Begrenzung der Auswirkungen des Flächenverbrauchs auf die landwirtschaftlichen Betriebe) sind die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf den Rückgang der lokalen landwirtschaftlichen Produktion dauerhaft und moderat bis hoch. ([6], Kap. 8.1.3.1.4)

Durch das Cigéo-Gesamtprojekt werden 0,03 % bzw. 0,003 % der Gebiete mit Herkunftsbezeichnung *Brie de Meaux et environ* bzw. *l'Emmental Français est-central* beansprucht. Außerdem wird das landwirtschaftliche Produktionspotenzial des Gebiets mit geschützter geografischer Bezeichnung (*l'aire de l'indication géographique protégée*, IGP) „Weine aus *Haute-Marne*“ aufgrund des, wenn auch geringen, Flächenverbrauchs innerhalb dieses Gebiets verringert. Nach der Durchführung von Verminderungsmaßnahmen (Landtausch) sind die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf Produktionen mit SIQO dauerhaft und gering. ([6], Kap. 8.1.3.1.5)

Bestehende Entwässerungssysteme im unmittelbaren Eingriffsbereich werden vor Beginn der Arbeiten kartographiert. Auf diese Weise soll sichergestellt werden, dass sie nicht beschädigt werden bzw. ersetzt werden, um ihre Effizienz und Durchgängigkeit zu gewährleisten. Des Weiteren wird die Wiederherstellung von Entwässerungssystemen, die durch Maßnahmen der anderen Bauherren beeinträchtigt werden, gewährleistet. Durch diese Verminderungsmaßnahmen sind die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf Entwässerungssysteme sehr gering. ([6], Kap. 8.1.3.2)

Nach der Durchführung von Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen (siehe Abschnitt „Wasser“) sind die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die landwirtschaftliche Nutzung von Grund- und Oberflächenwasser moderat ([6], Kap. 8.1.3.3).

Da die Bauarbeiten (insbesondere Erdarbeiten) zur Verbreitung invasiver Pflanzenarten führen können, die Kulturen beeinträchtigen können, werden diese markiert und besonders behandelt, um ihre Verbreitung und potenzielle Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion einzudämmen (Verminderungsmaßnahme). Folglich sind die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die Verbreitung invasiver gebietsfremder Arten während der ersten Bauphase sehr gering. ([6], Kap. 8.1.3.4)

Nach der Durchführung von Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen (z. B. Bewässerung der Pisten bei trockenem Wetter, Verwendung von Abdeckungs- und Absaugvorrichtungen, Konditionierung der Abfälle und Auslegung des kerntechnischen Belüftungssystems) sind die Emissionen von Partikeln sowie radioaktiven Elementen (z. B. C-14 und H-3) aus dem Cigéo sehr gering und beeinträchtigen die Qualität der landwirtschaftlichen Produktion nicht nennenswert. Demzufolge sind die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die landwirtschaftliche Produktion durch Emission von Partikeln (Bau und Betrieb) und radioaktiven Gasen (Betrieb) dauerhaft und sehr gering. ([6], Kap. 8.1.3.5)

Die Errichtung des Betriebsgeländes „Rampen“, der LIS und der ITE führt bereits in der Bauvorbereitungsphase zur Änderung der von den Landwirten genutzten Wege. Des Weiteren kann es durch bestimmte Bauarbeiten und Materialtransporte während der Bauvorbereitungs- und Bauphase zu vorübergehenden Unterbrechungen der landwirtschaftlich genutzten Wege kommen. Um die Auswirkungen auf die Landwirtschaft (z. B. längere Fahrzeiten) zu beschränken, werden unter Einbeziehung der Landwirte Alternativen festgelegt, Verkehrspläne erstellt, die die Anzahl der Zufahrtswege zu den Baustellen begrenzen und die Anwohner sowie Landwirte vorab informiert. Die verbleibenden

Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf landwirtschaftliche Wege sind dauerhaft und sehr gering. ([6], Kap. 8.1.3.6)

Um den ökologischen Ausgleichsbedarf für den Verlust von Biodiversität in offenen Lebensräumen zu decken (siehe Abschnitt Biodiversität und natürliche Umwelt) werden etwa 166 ha landwirtschaftliche Flächen (zu denen noch einige Dutzend Hektar für die anderen Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts hinzukommen werden) vorgesehen. Um die Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion zu beschränken, werden für Ausgleichsmaßnahmen landwirtschaftliche Parzellen der Landreserve bevorzugt und einige Flächen, die derzeit als ökologisch degradierte und landwirtschaftlich vernachlässigte Brachflächen genutzt werden, kultiviert. Die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die landwirtschaftliche Produktion durch ökologische Ausgleichsmaßnahmen sind dauerhaft und gering. ([6], Kap. 8.1.3.8)

Es ist schwierig, objektiv zu bewerten, wie sich das Cigéo-Gesamtprojekt auf das Image der landwirtschaftlichen Produktion auswirken könnte. Im Sinne der Transparenz führt ANDRA seit vielen Jahren ein Programm zur Information und zum Dialog mit der Öffentlichkeit durch. Dies beinhaltet die Veröffentlichung der Ergebnisse von Probenahmen und Analysen von Milch und anderen landwirtschaftlichen Erzeugnissen. Die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf das Image der landwirtschaftlichen Produktion sind wahrscheinlich gering. ([6], Kap. 8.1.3.9)

Ausgleichsbedarf für landwirtschaftliche Aktivitäten

Die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf landwirtschaftliche Aktivitäten beziehen sich hauptsächlich auf

- den Verlust von landwirtschaftlichen Flächen und den damit einhergehenden wirtschaftlichen Verlust,
- die Neuausrichtung von landwirtschaftlichen Flächen für ökologische Ausgleichsmaßnahmen und
- den potenziellen Verlust der Entwicklung der Produktion mit SIQD.

Die Schätzungen für den jährlichen finanziellen Verlust, der durch den Rückgang der landwirtschaftlichen Flächen verursacht wird, belaufen sich auf etwa 370.000 € bis 440.000 €. ([6], Kap. 8.1.4.3)

Kollektive Ausgleichsregelungen

Der kollektive wirtschaftliche Ausgleich in der Landwirtschaft wird auf der direkten Finanzierung von Projekten beruhen, die neue Wertschöpfung generieren. Dies soll durch einen Ausgleichsfonds geschehen, den ANDRA bei *caisse des dépôts et consignation* (CDC) hinterlegen möchte. ([6], Kap. 8.1.5.1)

Die Projekte werden sich in die Ziele des Gebiets einfügen, eine angepasste Landwirtschaft und Qualitätsprodukte für den Export und die nähere Umgebung zu entwickeln. Es besteht der Wunsch, die lokalen Wertschöpfungsketten und kurzen Wege zu stärken und die Bewirtschaftungsmodalitäten und landwirtschaftlichen Praktiken weiterzuentwickeln, um sie umweltfreundlicher zu gestalten. Die Projekte, die im Rahmen des kollektiven Ausgleichs in der Landwirtschaft umgesetzt werden, müssen zu diesem Ziel beitragen und die lokalen landwirtschaftlichen Aktivitäten im Sinne einer nachhaltigen Landwirtschaft aufwerten. ([6], Kap. 8.1.5.1)

Der Endbetrag der einbehaltenen kollektiven landwirtschaftlichen Ausgleichszahlungen wurde auf 4,4 Mio. € festgelegt, um die maximale landwirtschaftliche Fläche der Grundstücke des Cigéo-

Gesamtprojekts und die Unwägbarkeiten der zeitlichen Umsetzung der Ausgleichsprojekte abzudecken. ([6], Kap. 8.1.5.3).

Auswirkungen nach Ausgleichsmaßnahmen

Nach Durchführung der Ausgleichsmaßnahmen hat das Cigéo-Gesamtprojekt keine erheblichen Auswirkungen auf die lokale Landwirtschaft ([6], Kap. 8.1.6).

Forstwirtschaftliche Aktivitäten

Potenzielle Auswirkungen

Etwa 250 ha des Endlagers Cigéo befinden sich in einem Wald, der für forstwirtschaftliche Aktivitäten genutzt werden kann. Ein Teil davon muss vor Beginn der Arbeiten gerodet werden, was u. a. zu dem Verlust von Waldflächen mit Verringerung der lokalen forstwirtschaftlichen Produktion und der Isolierung von Waldparzellen führt. Weitere kleine Waldflächen könnten durch das Cigéo-Gesamtprojekt beeinträchtigt werden. ([6], Kap. 8.2.1).

Angesichts der großen nutzbaren Waldfläche, die für die Errichtung der Oberflächenanlagen und die Ablagerung des Aushubs (Halde) gerodet werden muss, sind die potenziellen Auswirkungen des Endlagers Cigéo auf die forstwirtschaftlichen Aktivitäten erheblich. Die potenziellen Auswirkungen, die sich aus der Unterbrechung der für die Bewirtschaftung von Waldflächen genutzten Wege ergeben, sind auch bei den anderen Maßnahmen erheblich. ([6], Kap. 8.2.1)

Vermeidungsmaßnahmen

Zur Begrenzung der Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die forstwirtschaftlichen Aktivitäten wird nur ein Teil der Anlage (Betriebsgelände „Schächte“) in einem Wald errichtet, dessen Bestände zudem stark geschädigt sind und keinen besonderen Marktwert aufweisen ([6], Kap. 8.2.2).

Auswirkungen nach Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen

Die Rodungen auf dem Betriebsgelände „Schächte“ werden in mehreren Schritten durchgeführt:

- In der ersten Phase werden rund 150 ha Fläche benötigt, wovon 132 ha bereits in der Bauvorbereitungsphase gerodet werden müssen.
- Nach etwa zehn Betriebsjahren könnte eine erste Erweiterung (< 50 ha) notwendig werden.
- In mehreren Jahrzehnten könnte eine zweite Erweiterung (etwa 40 ha) notwendig werden.

Außerdem sind kleinere Waldflächen in den Bereichen des Betriebsgeländes „Rampen“ und der ITE von Rodungen betroffen. ([6], Kap. 8.2.3.1.1).

Um die Auswirkungen auf die Waldflächen zu reduzieren, wird die Erweiterung der Halde in bewaldeten Gebieten phasenweise und bedarfsgerecht geplant. Nach Durchführung dieser Verminderungsmaßnahme sind die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die Waldflächen dauerhaft und moderat. ([6], Kap. 8.2.3.1.2 & 8.2.3.1.3)

Die Rodung der gesamten oder eines Teils der bewaldeten Flächen auf dem Betriebsgelände „Schächte“ kann Auswirkungen auf die Forstwirtschaft haben, da z. B. die gerodeten Flächen für den Betrieb verloren gehen und nicht mehr zur wirtschaftlichen Aktivität beitragen ([6], Kap. 8.2.3.1.2).

Um die Auswirkungen auf die Forstwirtschaft zu reduzieren, werden folgende Verminderungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Erstellung von Bewirtschaftungsdokumenten
- Beauftragung von lokalen Unternehmen für Landschaftsgestaltung und Forstarbeiten

- Errichtung und Nutzung von Biomassekesseln

([6], Kap. 8.2.3.2.2)

Die Rodung von ca. 24 000 m³ in der ersten Phase wird nicht zu einem nennenswerten Ungleichgewicht auf dem Markt führen. Da sich der Verlust von bis zu 220 ha Wald jedoch auf die Tätigkeit der Förster auswirkt, sind die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die Forstwirtschaft moderat. ([6], Kap. 8.2.3.2.2 & 8.2.3.2.3)

Die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf forstwirtschaftliche Wege sind sehr gering. ([6], Kap. 8.2.3.3)

Auf den Waldflächen, die dem ökologischen Ausgleich gewidmet sind, werden die forstwirtschaftlichen Aktivitäten beibehalten. Dabei werden die Modalitäten der forstwirtschaftlichen und ökologischen Bewirtschaftung, die in den Bewirtschaftungsdokumenten festgelegt werden, jedoch so angepasst, dass sie die Umsetzung der verschiedenen Maßnahmen zur Förderung der Biodiversität ermöglichen. Demzufolge sind die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die Bewirtschaftungsmodalitäten von Waldstücken, die dem ökologischen Ausgleich gewidmet sind, gering. ([6], Kap. 8.2.3.4)

Ausgleichsbedarf

Die Kompensation umfasst eine Fläche in der Größenordnung von 27 ha, die etwa dem Doppelten der Fläche entspricht, die in der ersten Phase gerodet wurde. Der Kompensationsbedarf für spätere Rodungen wird neu bewertet, um Bedingungen zu berücksichtigen, die für den Zeitraum ihrer Durchführung repräsentativ sind. ([6], Kap. 8.2.4.1)

Ausgleichsmaßnahmen

Von den drei im Forstgesetz (*code forestier*) vorgeschlagenen Ausgleichsmaßnahmen bevorzugt ANDRA Aufforstungen in der Nähe des potenziellen Eingriffsgebiets des Endlagers Cigéo, um Auswirkungen der Rodung auf die lokale Forstwirtschaft möglichst direkt und dauerhaft auszugleichen ([6], Kap. 8.2.5.1). Zu diesem Zweck suchte ANDRA in Form eines offenen Bewerbungsaufrufs in den Departements *Meuse* und *Haute-Marne* nach Flächen zur Wiederaufforstung, die mit der Waldstrategie und den Erwartungen der Region übereinstimmen. Letztendlich wurden 73 Anträge für zulässig erklärt, die eine Wiederaufforstungsfläche von 747 ha umfassten und damit weit über dem Ausgleichsbedarf lagen. ANDRA wählte dann die Standorte aus, die dem potenziellen Eingriffsgebiet des Endlagers Cigéo am nächsten liegen. Der Finanzrahmen für den forstwirtschaftlichen Ausgleich der ersten Rodungsphase wird auf 2,3 Mio. € geschätzt. ([6], Kap. 8.2.5.2)

Berücksichtigung von Schemata und Programmen für land- und forstwirtschaftliche Aktivitäten

Die VVA-Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts tragen in Bezug auf landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Aktivitäten zur Einhaltung der verschiedenen Regeln des SRADDET *Grand Est* bei ([6], Kap. 8.3.1).

Das Regionalprogramm für Wald und Holz der Region *Grand Est* 2018- 2027 ist ein Dokument, in dem die Strategie für Wälder in der Region *Grand Est* erläutert wird. Die Grundsätze der Bewirtschaftung und Nutzung werden in den regionalen Waldbewirtschaftungsplänen von *Lothringen* und *Champagne-Ardenne* genauer erläutert. Die im Rahmen des Cigéo-Gesamtprojekts umgesetzten Maßnahmen stehen im Einklang mit diesem Forst- und Waldprogramm. ([6], Kap. 8.3.2)

Versorgungs- und Kommunikationsnetze

Die Hauptnetze in der Nähe der verschiedenen Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts sind

- die elektrische 400-kV-Oberleitung *Méry-sur-Seine/Houdreville*, die zwischen den Betriebsgeländen „Schächte“ und „Rampen“ und oberhalb der ITE verläuft,
- die Gasleitung DN200-1987 *Aingeville - Trois-Fontaines-l'Abbaye*, die südlich von *Saudron* und westlich des Betriebsgeländes „Rampen“ (potenzielles Trassengebiet für die Trinkwasserversorgung) verläuft,
- die oberirdische 63-kV-Hochspannungsleitung *Chancenay-Houdelaincourt*, die die Bahnlinie 027000 in *Demange-Baudignécourt* kreuzt und
- mehrere Strom- und Gasleitungen, die sich kreuzen und die Bahnlinie 027000 im Norden des unmittelbaren Untersuchungsgebiets in der Gegend von *Ligny-en-Barrois* überqueren.

([7], Kap. 9)

Potenzielle Auswirkungen

Die potenziellen Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts betreffen

- das Risiko, dass bestehende Bauwerke während der Bauarbeiten beschädigt werden,
- vorübergehende Versorgungsunterbrechungen bei bestehenden Netzen während der Bauarbeiten,
- die Verlegung oder Kreuzung bestehender Netze und
- die positiven Auswirkungen auf das Gebiet und die Nutzer durch die Schaffung neuer Netze und die Sicherung bestehender Netze.

Insgesamt sind die potenziellen Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die Versorgungs- und Kommunikationsnetze bei fast allen Maßnahmen erheblich. ([7], Kap. 9.1)

Auswirkungen und Maßnahmen in Bezug auf bestehende Netze

Zur Begrenzung der Auswirkungen auf bestehende Netze werden diese bei der Wahl der Flächen für neue Netze berücksichtigt ([7], Kap. 9.2.1). Die Auswirkungen werden im Rahmen einer künftigen Aktualisierung der UVS in Verbindung mit den zuvor benötigten Genehmigungen beschrieben. Dabei werden alle Maßnahmen ergriffen, um die Aufrechterhaltung der Dienstleistungen zu gewährleisten. ([7], Kap. 9.2.2)

Neben der Vermeidungsmaßnahme werden folgende Verminderungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Meldung der Arbeiten bei den Netzbetreibern und ggf. Ergreifen von Schutzmaßnahmen ([7], Kap. 9.2.3.1)
- Information der Nutzer über vorübergehende Netzausfälle ([7], Kap. 9.2.3.2)

Nach Durchführung der Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen sind die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die bestehenden Netze sehr gering. Außerdem führen die Errichtung und der Ausbau von neuen Netzen zu positiven Auswirkungen auf die Raumplanung. ([7], Kap. 9.2.4)

Auswirkungen und Maßnahmen in Bezug auf neue Netze

Für eine zuverlässige Strom- und Wasserversorgung des Endlagers Cigéo müssen die folgenden Netze errichtet bzw. gesichert werden:

- Sicherung der 400-kV-Oberleitung *Houdreville/Méry* einschließlich des Ersatzes des derzeitigen Schutzkabels durch ein Schutzkabel mit eingebauter Glasfaser und der Verstärkung bestimmter Masten
- Errichtung der 400/90-kV-Umspannstation und der unterirdischen elektrischen Verbindungsnetze, die den Anschluss der Umspannstation an die beiden Betriebsgelände ermöglichen

- Errichtung der Trinkwasserversorgungsnetze

([7], Kap. 9.3)

Die Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts in Bezug auf neue Netze sind positiv und stellen eine Chance für die Entwicklung der Region dar ([7], Kap. 9.3.1.1, 9.3.1.2 & 9.3.2).

Vereinbarkeit mit Planungsdokumenten

Das Cigéo-Gesamtprojekt ist mit den Anlagen und Aktivitäten von RTE kompatibel, da RTE den Anschluss des Endlagers Cigéo bereits in seinen Zehnjahresplan aufgenommen hat ([7], Kap. 9.4.1). Des Weiteren ist das Cigéo-Gesamtprojekt auch mit dem SRATTED *Grand Est* und dem SCoT *Pays Barrois* vereinbar ([7], Kap. 9.4.2 & 9.4.3).

Radioaktive und konventionelle Abfälle

Potenzielle Auswirkungen

Das Cigéo-Gesamtprojekt weist drei Arten von potenziellen Auswirkungen auf:

- Positive Gesamtauswirkung in Zusammenhang mit der nachhaltigen Entsorgung von HA- und LL-IL-Abfällen durch ihre endgültige Sicherung in tiefen geologischen Schichten
- Auswirkungen durch die Erzeugung von radioaktiven Abfällen, die durch den Betrieb des Endlagers verursacht werden
- Auswirkungen in Zusammenhang mit der Produktion von tonhaltigen Materialien, die bei der Auffahrung des Grubengebäudes anfallen, von inerten Abfällen, nicht gefährlichen Abfällen sowie gefährlichen Abfällen

Die potenziellen Auswirkungen des Endlagers Cigéo sind erheblich. Auch die anderen Maßnahmen können durch die Erzeugung von inerten Abfällen einige erhebliche Auswirkungen haben. ([7], Kap. 10.1)

Nachhaltige Entsorgung von HA- und LL-IL-Abfällen in tiefen geologischen Schichten

Die Errichtung des Endlagers Cigéo hat langfristig positive Auswirkungen auf die Entsorgung von radioaktiven Abfällen ([7], Kap. 10.2).

Entstehung radioaktiver Abfälle durch den Betrieb des Endlagers Cigéo

Um die Verbreitung radioaktiver Elemente zu vermeiden, werden die Gebinde mit radioaktiven Abfällen schon vor dem Transport konditioniert und in den Anlagen des Endlagers Cigéo nicht weiterverarbeitet. Im Cigéo findet demnach keine Behandlung radioaktiver Abfälle statt und die angenommenen Abfallgebände werden nicht geöffnet. Ab der Annahme der ersten Abfallgebände wird der Betrieb der Anlage nur radioaktive Betriebsabfälle mit sehr schwacher sowie schwacher und mittlerer Aktivität erzeugen. ([7], Kap. 10.3.1)

Die wichtigsten Arten von radioaktiven Betriebsabfällen, die durch den Betrieb (einschließlich der Wartungsarbeiten) des Cigéo entstehen, sind insbesondere

- technologische, sehr schwach radioaktive Abfälle: Verbrauchsmaterial (Vinyl, Handschuhe, Einsatzkleidung etc.), Werkzeuge, Kontrollabstriche auf Verpackungen etc.,
- Materialien oder Werkstoffen, die bei Kontroll- oder Wartungsarbeiten in den Strahlenschutzbereichen kontaminiert werden und sehr geringe Aktivitäten aufweisen,
- Endlagerbehälter mit Herstellungsfehlern, die eine sehr geringe Aktivität aufweisen können, und
- LüftungsfILTER für sehr niedrige oder niedrige bis mittlere Aktivitäten.

Ab dem Beginn des Betriebs des Cigéo und der Annahme der Gebinde mit radioaktiven Abfällen können bestimmte flüssige Abwässer aufgrund ihrer Herkunft oder ihrer Verwendung mit radioaktiven Stoffen kontaminiert werden. Diese Abwässer werden als „unkonventionelle Abwässer“ bezeichnet und werden getrennt von den konventionellen Abwässern gehandhabt. ([7], Kap. 10.3.2)

Zur Begrenzung der Auswirkungen werden folgende Verminderungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Reduzierung der Menge sowie der Schädlichkeit der erzeugten radioaktiven Abfälle an der Entstehungsquelle ([7], Kap. 10.3.3.1)
- Sortieren von festen radioaktiven Abfällen und Sammeln von unkonventionellen Abwässern an der Entstehungsquelle ([7], Kap. 10.3.3.2)
- Angemessene Konditionierung des erzeugten Abfalls ([7], Kap. 10.3.3.3)
- Radiologische Kontrollen (feste Abfälle) und Charakterisierungen (unkonventionelle Abwässer; [7], Kap. 10.3.3.4)
- Rückverfolgbarkeit von radioaktiven Abfällen ([7], Kap. 10.3.3.5)
- Angepasste und zugelassene Entsorgungswege ([7], Kap. 10.3.3.6)

Eine erste Schätzung der durchschnittlichen jährlichen Mengen an radioaktiven Betriebsabfällen geht von

- < 40 t sehr schwach radioaktiven festen Abfällen,
- < 1 t schwach- oder mittelfest radioaktive festen Abfällen und
- 90 t unkonventionellen Abwässern

aus. Die maximale Aktivität der unkonventionellen Abwässer, die als Hüllkurve berechnet wird, liegt in der Größenordnung von 10 Bq/l (α -gesamt) bzw. 100 Bq/l (β -gesamt). Da das Volumen der radioaktiven Betriebsabfälle gering ist, sind die verbleibenden Auswirkungen der Erzeugung radioaktiver Betriebsabfälle gering. ([7], Kap. 10.3.4)

Entstehung konventioneller Abfälle durch das Cigéo-Gesamtprojekt

Zur Begrenzung der Auswirkungen werden folgende Vermeidungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Wiederverwendung von Bodenaushub als Verfüllmaterial ([7], Kap. 10.4.1.1)
- Wiederverwendung von Bodenaushub für die Landschaftsgestaltung ([7], Kap. 10.4.1.2)
- Wiederverwendung der „lebenden“ Halden für Stilllegungsmaßnahmen ([7], Kap. 10.4.1.3)

Trotz Durchführung der Vermeidungsmaßnahmen fallen in den verschiedenen Phasen des Cigéo-Gesamtprojekts Abfälle an, wobei inerte Abfälle (z. B. Betonabfälle) und nicht gefährliche Abfälle überwiegen ([7], Kap. 10.4.2). Die erwarteten Abfallmengen für das Endlager Cigéo belaufen sich auf etwa 100 t (Bauvorbereitungsphase), 250 000 t (ersten Bauphase) bzw. 5.100 t/a (Betriebsphase; ([7], Kap. 10.4.2.1). Auch bei den anderen Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts fallen Abfälle an, allerdings in geringeren Mengen als beim Endlager Cigéo ([7], Kap. 10.4.2.2).

Zur weiteren Begrenzung der Auswirkungen werden folgende Verminderungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Sensibilisierung der beteiligten Unternehmen für eine gute Abfallwirtschaft ([7], Kap. 10.4.3.1)
- Planung der Errichtung von Bauwerken entsprechend dem sich ändernden Bedarf ([7], Kap. 10.4.3.2)
- Auslegungsentscheidungen, die die Reduzierung von Abfall an der Entstehungsquelle ermöglichen ([7], Kap. 10.4.3.3)

- Bevorzugung von Wiederverwendung und Verwertung von Abfällen ([7], Kap. 10.4.3.4)
- Auswahl zugelassener und autorisierter Dienstleister (Transportunternehmen und Abfallbehandlungsanlagen) für die Sammlung und Behandlung von Abfällen ([7], Kap. 10.4.3.5)
- Rückverfolgbarkeit und Nachverfolgung von Abfällen ([7], Kap. 10.4.3.6)
- Mülltrennung ([7], Kap. 10.4.3.7)
- Radiologische Kontrolle von konventionellen Abfällen aus der kerntechnischen Anlage ([7], Kap. 10.4.3.8)

Obwohl die Mengen konventionellen Abfalls nach Durchführung der Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen immer noch groß sind, sind die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die Erzeugung von konventionellen Abfällen angesichts des für diesen Abfall angewandten Managements gering ([7], Kap. 10.4.4).

Vereinbarkeit mit Abfallbewirtschaftungsplänen

Das Abfallmanagement der durch das Cigéo-Gesamtprojekt erzeugten Abfälle ist mit dem Gesetz zur Energiewende für grünes Wachstum (*loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte*, LTECV), dem PNGMDR 2022-2026 sowie dem PNGMDR 2014-2020 vereinbar ([7], Kap. 10.5.1, 10.5.2 & 10.5.3). Des Weiteren sind die Aktivitäten des Cigéo-Gesamtprojekts mit dem SRADDET und dem Regionalplan zur Abfallvermeidung und -wirtschaft (*plan régional de prévention et de gestion des déchets*, PRPGD) der Region *Grand Est* vereinbar ([7], Kap. 10.5.4).

Risiken und Anfälligkeit für schwere Unfälle oder Katastrophen

Die Anfälligkeit für schwere Unfälle und Katastrophen sowie Unfallsituationen des Cigéo-Gesamtprojekts unter Berücksichtigung ihrer möglichen Folgen für die Umwelt und die menschliche Gesundheit betreffen vor allem die kerntechnische Anlage Cigéo und den Transport von gefährlichen Stoffen oder Abfallgebinden (auf Straße oder Schiene; [7], Kap. 11.1).

Die Anfälligkeit wird im Hinblick auf externe Risiken analysiert, die zu Unfallsituationen führen können. Dabei handelt es sich um Risiken in Verbindung mit schweren Unfällen oder Katastrophen

- natürlichen Ursprungs (z. B. Überschwemmungen, Bodenbewegungen, Erdbeben, Wetterereignisse) sowie
- anthropogenen Ursprungs (z. B. Industrie- und Nuklearunfälle, Staudämme, Transport gefährlicher Güter und Kriegsgeräte).

Die Anfälligkeit für schwere Unfälle oder Katastrophen wird durch die Umsetzung von Auslegungsvorkehrungen zur Beherrschung dieser Risiken berücksichtigt. ([7], Kap. 11.2)

Die Anfälligkeit des Cigéo-Gesamtprojekts ist im Hinblick auf

- ein Überschwemmungsrisiko durch Grundwasseranstieg gering ([7], Kap. 11.2.1.1.1),
- ein Überschwemmungsrisiko durch übertretende Flüsse gering ([7], Kap. 11.2.1.1.2),
- Risiken durch Bodenbewegungen (einschließlich Bergbau) gering ([7], Kap. 11.2.1.2),
- seismische Risiken sehr gering ([7], Kap. 11.2.1.3),
- Risiken, die mit extremen Temperaturen verbunden sind, gering ([7], Kap. 11.2.1.4),
- Risiken durch Stürme und Tornados gering ([7], Kap. 11.2.1.5),
- ein kerntechnisches Risiko durch in der Nähe befindliche kerntechnische Anlagen nicht identifiziert ([7], Kap. 11.2.2.1),
- industrielle Risiken gering ([7], Kap. 11.2.2.2),
- Risiken, die mit dem Transport von Gefahrstoffen verbunden sind, gering ([7], Kap. 11.2.2.3),
- Risiken durch einen Dammbbruch gering ([7], Kap. 11.2.2.4) und

- Risiken, die mit dem Entdecken von Kampfmitteln verbunden sind, gering ([7], Kap. 11.2.2.5).

Risiken, die durch das Cigéo-Gesamtprojekt verursacht werden

- Innere kerntechnische Risiken (*risques internes nucléaires*; [7], Kap. 11.3.2.4.1)
 - Freisetzung radioaktiver Stoffe
 - Exposition durch ionisierende Strahlung
 - Kritikalität
 - Wärmeentwicklung von Abfallgebinden
 - entzündliche Radiolyse- und Korrosionsgase
- Risiken durch innere Angriffe (*risques liés aux agressions internes*; [7], Kap. 11.3.2.4.2)
 - Handhabung
 - Brand
 - Explosionen
 - Stromausfall
 - Fluidverlust
 - Ausfall der Belüftung/Bewetterung
 - Ausfall der Überwachung
 - Ausfall der Leittechnik
 - interne Überschwemmung
 - nicht-radioaktive Gefahrstoffe
 - Projektile
 - Alterung von ASK und Bauwerken
- Risiken durch äußere Angriffe (*risques liés aux agressions externes*; [7], Kap. 11.3.2.4.3)
 - Flugzeug- oder Hubschrauberabsturz
 - industrielle Umgebung, Verkehrswege und Versorgungsnetze
 - Erdbeben, externe Überschwemmung, extreme Temperaturen und extremer Schneefall
 - Blitzschlag und elektromagnetische Interferenzen
 - externe Brände
- Risiken, die mit den Baumaßnahmen verbunden sind ([7], Kap. 11.3.2.4.4)
 - Explosion von Sprengstoffen, die für Erdarbeiten eingesetzt werden
 - Ausdringen von Kraftstoff aus einem mobilen Tankwagen
 - Koaktivität
 - organisatorische und menschliche Faktoren

Um die genannten Risiken zu begrenzen, werden Sicherheitsvorkehrungen getroffen. Um zu überprüfen, dass diese Vorkehrungen geeignet sind, die Risiken in einer Weise zu beherrschen, dass die Einhaltung der Schutzziele gewährleistet ist, sieht der Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase die Analyse von Unfallsituationen vor. ([7], Kap. 11.3.2.5)

In der Bauphase befinden sich keine radioaktiven Stoffe innerhalb der kerntechnischen Anlage. Es werden Unfallsituationen analysiert, die sich in Form von chemischen, thermischen und/oder Druckwirkungen auf die Öffentlichkeit auswirken können ([7], Kap. 11.3.2.6).

Überwachungssystem

Das im Cigéo eingerichtete Überwachungssystem trägt dazu bei, die Menschen (Personal und Öffentlichkeit) und die Umwelt vor den Risiken zu schützen, die durch die Radioaktivität der Abfälle entstehen. Das Überwachungssystem beinhaltet

- die radiologische Überwachung,
- die Luftüberwachung,
- die radiologische Überwachung von gasförmigen Ableitungen und
- die radiologische Überwachung von Abwässern. ([7], Kap. 11.3.2.7.1)

Notfallhilfe und Unfallmanagement

Die Anlage verfügt über menschliche (z. B. Rettungskräfte, Strahlenschutzteam, Umweltteam) und materielle Mittel (z. B. Brandbekämpfungsfahrzeuge und Dekontaminationsausrüstung), die der Art der Risiken, denen die Anlage ausgesetzt ist, angemessen sind. Der Interne Notfallplan legt die Organisation und die Mittel fest, die für den Fall einer als schwerwiegend eingestuften Unfallsituation vorgehalten werden. ([7], Kap. 11.3.2.7.2)

Weitere Risiken des Cigéo-Gesamtprojekts

- Transport von Gebinden zum Cigéo ([7], Kap. 11.3.3.1)
- Transport, Annahme und Verteilung von Kraftstoffen ([7], Kap. 11.3.3.2)
- Heizanlagen ([7], Kap. 11.3.3.3)
- nicht-radioaktive Gefahrstoffe ([7], Kap. 11.3.3.4)
- elektrische Anlagen ([7], Kap. 11.3.3.5)
- Sprengstoff, der möglicherweise bei Erdarbeiten eingesetzt wird ([7], Kap. 11.3.3.6)

Die Bewertung der Auswirkungen dieser Risiken auf die Umwelt wird in Anhang 6g dargestellt.

Auswirkungen auf bestehende Naturgefahren

In Verbindung mit Risiken, die durch das Cigéo-Gesamtprojekt verursacht werden, betrifft die Analyse der Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf Naturgefahren die Risiken Überschwemmung, Bodenbewegung und Klima. Nach Durchführung der Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen sind die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf diese Naturgefahren gering oder sehr gering. ([7], Kap. 11.3.4.1, 11.3.4.2 & 11.3.4.3)

Vereinbarkeit des Cigéo-Gesamtprojekts mit dem SRADDET der Region *Grand Est*

Die Berücksichtigung der Risiken und der Anfälligkeit des Cigéo-Gesamtprojekts für schwere Unfälle und Katastrophen ist mit den Zielen, Regeln und flankierenden Maßnahmen des SRADDET der Region *Grand Est* vereinbar.

Verkehrsinfrastruktur

Das Cigéo-Gesamtprojekt umfasst den Bau folgender Verkehrsinfrastrukturen:

- Schienennetz
 - Bahnlinie 027000
 - ITE
- Straßen
 - LIS
 - Umleitung der Departementsstraße D60/960
- Wiederherstellung von Straßen

([7], Kap. 12)

Auswirkungen auf das Schienennetz und Maßnahmen

Die potenziellen Auswirkungen

- auf die Unterbrechung bestehender Schienennetze durch die Maßnahmen in Zusammenhang mit der Wasserversorgung sind erheblich,
- in Bezug auf Änderungen bestehender Infrastrukturen bzw. die Schaffung neuer Infrastrukturen sind für das Endlager Cigéo und die Maßnahme zur Ertüchtigung der Bahnlinie 027000 erheblich und
- der anderen Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts sind nicht erheblich.

([7], Kap. 12.1.1.1)

Um die Auswirkungen zu begrenzen, werden bestehende Schienennetze wiederverwendet (Vermeidungsmaßnahme; [7], Kap. 12.1.1.2).

Nach Durchführung der Vermeidungsmaßnahme

- wird durch das Cigéo-Gesamtprojekt keine physische Unterbrechung des bestehenden Schienennetzes verursacht ([7], Kap. 12.1.1.3.1);
- bestehen die Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf das Schienennetz hauptsächlich aus
 - der Wiederinbetriebnahme ehemaliger Strecken,
 - der Schaffung der ITE,
 - der Errichtung eines Eisenbahnterminals für Gebinde (Betriebsgelände „Rampen“) und
 - der Anbindung der ITE und der Bahnlinie 027000 an das nationale Eisenbahnnetz. ([7], Kap. 12.1.1.3.2);
- wird für den Transport der Abfallgebinde kein Streckenausbau für notwendig erachtet ([7], Kap. 12.1.1.3.3).

Die Auswirkung des Cigéo-Gesamtprojekts auf das bestehende Schienennetz ist sehr gering. Aus diesem Grund werden keine Verminderungsmaßnahmen durchgeführt und es sind keine Ausgleichsmaßnahmen erforderlich. ([7], Kap. 12.1.1.3.3).

Auswirkungen auf Bahnverkehr und -betrieb sowie Maßnahmen

Die potenziellen Auswirkungen

- der Ertüchtigung der Bahnlinie 027000 auf den Bahnbetrieb sind erheblich, wenn diese an das bestehende Schienennetz angeschlossen wird;
- des Endlagers Cigéo sowie der Ertüchtigung der Bahnlinie 027000 in Zusammenhang mit einem gesteigerten Verkehrsaufkommen (Arbeits- und Güterzüge) sind erheblich.

([7], Kap. 12.1.2.1)

Es werden folgende Vermeidungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Wiederverwendung bestehender Schienennetze
- Kein Bahnbetrieb in der Nacht

In der Bauvorbereitungsphase haben die Arbeiten zur Anbindung der ITE und der Bahnlinie 027000 an das nationale Schienennetz eine begrenzte temporäre Auswirkung in Form einer Unterbrechung des Verkehrs auf der Bahnlinie 070000. In der ersten Bauphase und der Betriebsphase fahren maximal sechs Züge pro Tag bzw. sechs Züge pro Monat in Zusammenhang mit dem Cigéo, was angesichts des durchschnittlichen Verkehrs auf den lokalen Bahnstrecken von mindestens 50 Zügen pro Tag eine geringe Zunahme darstellt. Demzufolge hat das Cigéo-Gesamtprojekt nur sehr geringe

Auswirkungen auf Bahnverkehr und -betrieb. Es werden keine Verminderungsmaßnahmen durchgeführt und es sind keine Ausgleichsmaßnahmen erforderlich ([7], Kap. 12.1.2.3.1, 12.1.2.3.2 & 12.1.2.3.3)

Auswirkungen auf das Straßen- und Wegenetz sowie Maßnahmen

Die potenziellen Auswirkungen

- in Zusammenhang mit der Unterbrechung bestehender Straßennetze sind bei allen Maßnahmen des Cigéo Gesamtprojekts erheblich (Ausnahme: Versand und Transport von radioaktiven Abfallgebinden);
- in Bezug auf die Schaffung neuer Infrastrukturen sind für das Endlager Cigéo und die Maßnahme zur Umleitung der Departementsstraße D60/960 erheblich.

([7], Kap. 12.2.1.1)

Es werden folgende Vermeidungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Standort des Endlagers außerhalb der wichtigsten Straßenverkehrsachsen ([7], Kap. 12.2.1.2.1)
- Wiederverwendung bestehender Schienennetze ([7], Kap. 12.2.1.2.2)

Trotz der Vermeidungsmaßnahmen werden durch das Cigéo-Gesamtprojekt verschiedene Departementsstraßen (D60/960, D132, D32, D138 und D115a/138c), ländliche Wege und landwirtschaftliche Betriebswege unterbrochen ([7], Kap. 12.2.1.3.1, 12.2.1.3.2 & 12.2.1.3.3).

Es werden folgende Verminderungsmaßnahmen vorgeschlagen, um die Auswirkungen des Endlagers Cigéo auf das Straßen- und Wegenetz zu reduzieren:

- Wiederherstellung der vom Cigéo-Gesamtprojekt unterbrochenen Departementsstraßen (durch Umleitungen und/oder Überquerungsbauwerke z. B. Straßenbrücken)
- Wiederherstellung der vom Cigéo-Gesamtprojekt unterbrochenen ländlichen Wege (durch Umleitungen und/oder Überquerungsbauwerke)
- Wiederherstellung der Wege, die von der LIS und der ITE unterbrochen werden (durch Umleitungen und/oder Überquerungsbauwerke)

([7], Kap. 12.2.1.5.1)

Die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf das bestehende Straßen- und Wegenetz sind sehr gering ([7], Kap. 12.2.1.6).

Auswirkungen auf den Straßenverkehr und die Verkehrsbedingungen sowie Maßnahmen

Die potenziellen Auswirkungen auf den Straßenverkehr werden für alle Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts (Ausnahme: Versand und Transport von radioaktiven Abfallgebinden) als erheblich eingestuft ([7], Kap. 12.2.2.1).

Es werden folgende Vermeidungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Schaffung einer LIS ([7], Kap. 12.2.2.2.1)
- Bevorzugte Nutzung des Schienennetzes für die Anlieferung von radioaktiven Abfallgebinden ([7], Kap. 12.2.2.2.2)

Unabhängig von der Projektphase sind die Auswirkungen des Endlagers Cigéo auf das Hauptverkehrsnetz (Anstieg des Verkehrsaufkommens aller Fahrzeuge unter 10 %) gering oder sogar gleich Null (Autobahn A31). Die Landstraßen, die von den regionalen Hauptverkehrsachsen zum Cigéo-

Gesamtprojekt führen, sind in ihrem derzeitigen Zustand ebenfalls in der Lage, den Verkehrszuwachs zu bewältigen, der in den Bauvorbereitungs-, ersten Bau- und Betriebsphase entsteht. ([7], Kap. 12.2.2.3.7)

Die Stromversorgung, die Ertüchtigung der Bahnlinie 027000, die Umleitung der Departementsstraße D60/960 und die Wasserversorgung haben nur geringe Auswirkungen auf den Verkehr in der Bauvorbereitungsphase. Die Auswirkungen betreffen vor allem Lärm, Verschmutzung und Staub auf und in der Nähe der Baustellen. ([7], Kap. 12.2.2.3.7)

Die Zunahme des Straßenverkehrs hat Auswirkungen auf die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer ([7], Kap. 12.2.2.3.7).

Es werden folgende Verminderungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Anreize für Unternehmen, das Schienennetz zu nutzen ([7], Kap. 12.2.2.4.1)
- Analyse des optimalen Managements der Zufahrten für leichte Fahrzeuge und Schwerlastfahrzeuge zu den Betriebsgeländen „Rampen“ und „Schächte“ ([7], Kap. 12.2.2.4.2)
- Überprüfung der Belastbarkeit bestehender Straßenbauwerke in Ortsdurchfahrten ([7], Kap. 12.2.2.4.3)
- Bevorzugung des Schwerlastverkehrs auf breiten Straßen ([7], Kap. 12.2.2.4.4)

Nach Durchführung der Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen sind die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die Überlastung des Straßennetzes und die Verkehrssicherheit gering ([7], Kap. 12.2.2.5.1 & 12.2.2.5.2).

Wasserwegenetz

Aufgrund seiner Lage hat das Cigéo-Gesamtprojekt keine potenziellen Auswirkungen auf das bestehende Wasserwegenetz. Da das Gebiet über drei Kanäle verfügt, könnte für bestimmte punktuelle Lieferungen ggf. ein gemischter Transport (Binnenschifffahrt, Straßen- und/oder Bahntransport) genutzt werden. Da jedoch der Güterverkehr auf der Schiene bevorzugt wird, wäre der potenziell entstehende Binnenschifffahrtsverkehr nicht erheblich. ([7], Kap. 12.3.1)

Es werden keine Vermeidungs- oder Verminderungsmaßnahmen vorgesehen und die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf das Wasserwegenetz und seinen Schiffsverkehr sind sehr gering ([7], Kap. 12.3.1 & 12.3.2).

Flughafennetz

Das Cigéo-Gesamtprojekt sieht keine Maßnahmen vor, die mit dem Flughafennetz in Verbindung stehen. Außerdem hat es aufgrund seiner Lage in mehr als 20 km Entfernung vom ersten Flugplatz keine potenziellen Auswirkungen auf die bestehende Flughafeninfrastruktur. Der Transport von Fracht auf dem Luftweg ist nicht vorgesehen und Personentransporte mit dem Flugzeug sind so marginal, dass sich der Flugverkehr nicht ändern wird. Folglich gibt es keine erheblichen Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf das Flughafennetz. ([7], Kap. 12.4.1)

Es werden keine Vermeidungs- oder Verminderungsmaßnahmen vorgesehen und die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf das Flughafennetz und den Flugverkehr sind sehr gering ([7], Kap. 12.4.1 & 12.4.2).

Vereinbarkeit des Cigéo-Gesamtprojekts mit Plänen, Schemata und Programmen in Zusammenhang mit der Verkehrsinfrastruktur

Der Ausbau und die Instandsetzung von Verkehrsinfrastrukturen im Rahmen des Cigéo-Gesamtprojekts sind mit den Zielen des SRADDET der Region *Grand Est* vereinbar ([7], Kap. 12.5.1).

Außerdem ist das Cigéo-Gesamtprojekts mit dem Planvertrag zwischen Staat und Region (*contrat de plan État-Région*) *Grand Est* 2021 – 2027 vereinbar ([7], Kap. 12.5.2).

Der Standortbereich des Cigéo-Gesamtprojekts ist weder von einem Mobilitätsplan noch von einem lokalen Mobilitätsplan betroffen. Eine Analyse der Vereinbarkeit mit diesen Dokumenten ist daher nicht erforderlich. ([7], Kap. 12.5.3 & 12.5.4)

Analyse der vorhersehbaren Auswirkungen der Verkehrsinfrastruktur des Cigéo-Gesamtprojekts auf die mögliche Siedlungsentwicklung

Ziel dieser Analyse ist es, die Bereiche zu bestimmen, die möglicherweise von einer Besiedlung im Zusammenhang mit dem Projekt sein werden, und zwar innerhalb und außerhalb der in den geltenden Stadtplanungsdokumenten ausgewiesenen Räume ([7], Kap. 12.6).

Die im Rahmen des Cigéo-Gesamtprojekts wieder in Betrieb genommene Infrastruktur (Bahnlinie 027000, ITE, Eisenbahnterminal und LIS) ist nicht dazu bestimmt, Passagiere zu befördern oder neue Verkehrsachsen zu eröffnen und wird somit keine Veränderung der Besiedlung herbeiführen ([7], Kap. 12.6.1.1).

Die Infrastrukturen, die für den öffentlichen Verkehr geöffnet sind, könnten sich auf die Besiedlung auswirken, indem sie neue lokale Verkehrsverbindungen schaffen (Umleitung der Departementsstraße D60/390 und öffentliche Straße der LIS), die zu einer erhöhten Attraktivität der versorgten Gebiete führen können ([7], Kap. 12.6.1.2). Da es sich bei diesen Infrastrukturen um lokale Infrastrukturen handelt, ist der Einflussbereich auf das unmittelbare Untersuchungsgebiet begrenzt ([7], Kap. 12.6.1.3).

Die Mehrheit der geltenden oder in Ausarbeitung befindlichen PLUs und PLUi schreiben in ihren Zielen die Kontrolle der Stadtentwicklung und den Erhalt von Agrar- und Naturräumen fest. Darüber hinaus fordern die meisten Stadtplanungsdokumente dazu auf, die Ausdehnung der Städte zu begrenzen, indem sie die Nutzung bestehender Gebäude (Renovierung, Sanierung) oder die städtische Verdichtung fördern. ([7], Kap. 12.6.3.1)

Die Auswirkungen der öffentlichen Straße der LIS und der Umleitung der Departementsstraße D60/960 auf die Besiedlung werden als sehr gering eingestuft ([7], Kap. 12.6.3.2). Aus diesem Grund werden keine Verminderungs- oder Ausgleichsmaßnahmen vorgeschlagen ([7], Kap. 12.6.4 & 12.6.5).

Analyse der ökologischen Herausforderungen und potenziellen Risiken im Zusammenhang mit der Erschließung von Land, Landwirtschaft und Wäldern durch Verkehrsinfrastrukturen

Für die LIS und die ITE hat ANDRA gütliche Landentwicklungen auf der Grundlage von landwirtschaftlichen Bodenreserven auf Parzellen vorgenommen, die durch Pachtverträge weiter bewirtschaftet werden, solange sie nicht rückübertragen werden. Die ökologischen Herausforderungen sind daher gering bis sehr gering. Die wenigen betroffenen Waldparzellen werden im Rahmen des forstwirtschaftlichen Ausgleichs berücksichtigt. ([7], Kap. 12.7.2.1)

Die verschiedenen in Betracht gezogenen Varianten für die Umleitung der Departementsstraße D60/960 betreffen hauptsächlich landwirtschaftliche Parzellen. Da ANDRA bereits einen gütlichen Landtausch von landwirtschaftlichen Parzellen vorgenommen hat, sind die ökologischen Herausforderungen für die landwirtschaftlichen Grundstücke und damit auch die ökologischen Risiken gering. ([7], Kap. 12.7.2.2)

Für die Bahnlinie 027000 sind keine oder nur sehr wenige Land-, Agrar- und Forstwirtschaftsplanungen vorgesehen, da außerhalb des Bahngeländes nur wenige Arbeiten erforderlich sind. Die Herausforderungen sind quantitativ sehr gering. ([7], Kap. 12.7.2.3)

Bewertung des Energieverbrauchs, der sich aus dem Betrieb des Cigéo-Gesamtprojekts ergibt (insbesondere durch Fahrten, die dadurch verursacht oder vermieden werden)

Die Umsetzung des im Cigéo-Gesamtprojekt vorgesehenen Verkehrsinfrastrukturprogramms (insbesondere Verlagerung von der Straße auf die Schiene) hat eine Begrenzung des Energieverbrauchs von mehr als 12 000 t Öläquivalent zur Folge. Damit ermöglicht dieses Verkehrsinfrastrukturprogramm, das die aufeinanderfolgenden Konzertierungen mit der Region weitgehend berücksichtigt, den Energieverbrauch um 22 % zu senken. ([7], Kap. 12.8.2)

Analyse der kollektiven Kosten von Verschmutzung und Belästigung und des Nutzens für die Allgemeinheit

Die durch das Endlager in Verbindung mit seinem Verkehrsinfrastrukturprogramm verursachten Fahrten führen zu kollektiven Kosten (für Luftverschmutzung, Treibhausgasemissionen, Lärm, Verkehrssicherheit (Unfälle) und Überlastung der Straßen) von insgesamt fast 33 Mio. Euro (2018). Wenn nur der Ausbau der bestehenden Verkehrsinfrastruktur realisiert wird, betragen die kollektiven Kosten 36 Mio. Euro. Folglich senkt die Realisierung des Verkehrsinfrastrukturprogramms die kollektiven Kosten um 10 %. ([7], Kap. 12.9.2.1)

Über die Dauer der Bewertung beläuft sich der kumulierte, abgezinste Nettonutzen, der durch die für das Cigéo-Gesamtprojekt ausgewählten Verkehrsinfrastrukturen generiert wird, auf 42,5 Mio. Euro (2018). Da der Nettonutzen positiv ist, sind die Verkehrsinfrastrukturen des Cigéo-Gesamtprojekts aus sozioökonomischer Sicht für die Allgemeinheit von Nutzen. ([7], Kap. 12.9.3.3)

Lebensumfeld

Die Auswirkungen auf das Lebensumfeld betreffen die Bereiche Lärm, Erschütterungen, Gerüche, Licht sowie elektrische und magnetische Felder.

Geräuschkulisse

Die potenziellen Auswirkungen auf die Geräuschkulisse sind für das Endlager Cigéo, die Stromversorgung, die Ertüchtigung der Bahnlinie 027000 und die Umleitung der Departementsstraße D60/960 aufgrund der Erzeugung von Fahrzeugverkehr erheblich. Für die Wasserversorgung sowie den Versand und Transport von radioaktiven Abfallgebinden sind hingegen keine erheblichen Auswirkungen zu erwarten. ([7], Kap. 13.1.1)

Es werden folgende Vermeidungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Abstand des Endlagers zu städtischen Gebieten ([7], Kap. 13.1.2.1.1)
- Kein nächtlicher Zugverkehr ([7], Kap. 13.1.2.1.2)
- Keine nächtlichen Arbeiten an der Oberfläche ([7], Kap. 13.1.2.1.3)

Zusätzlich werden folgende Verminderungsmaßnahmen vorgesehen:

- Bauvorbereitungsphase ([7], Kap. 13.1.2.2.1)
 - Übergeordnete Organisation der Baustelle
 - Verwendung von akustischen Signalgebern vom Typ „Luchsruf“
 - Bevorzugung leiser Maschinen
- Erste Bauphase ([7], Kap. 13.1.2.2.2)

- Bevorzugte Nutzung des Schienennetzes für die Versorgung mit Baumaterialien und die Entsorgung von Abfällen
- Begrenzung der Höchstgeschwindigkeit von Zügen
- Langsames Fahren von Schwerlastfahrzeugen/LKW und Baumaschinen
- Anpassung der Gleisbewehrung
- Elastische Sohlen
- 22 m hoher Wall im Südwesten des Betriebsgeländes „Rampen“
- eingehauste Unterflur-Bandanlage, die das Frachtterminal der ITE mit dem Betriebsgelände „Schächte“ verbindet
- Standort der Baustellenstützpunkte
- Lärmschutzwand in der Nähe des Hotels *du Bindeuil*
- Lärmschutzwand entlang der westlichen Verkehrswege des Betriebsgeländes „Rampen“
- Begrenzung des Lärmpegels in bestimmten Baustellenbereichen
- Einrichtung von Schallschutzmaßnahmen an der 400/90-kV-Umspannstation
- Betriebsphase (nur Nennung zusätzlicher Maßnahmen; [7], Kap. 13.1.2.2.3)
 - Bevorzugte Nutzung des Schienennetzes für die Lieferung von radioaktiven Abfallgebinden
 - Installation von Schalldämpfern an Lüftungsanlagen
 - Lärmschutzwand entlang der Zufahrtsstraße zum Betriebsgelände „Rampen“

Die zukünftigen Lärmpegel, die in der Bauvorbereitungsphase durch das Cigéo-Gesamtprojekt verursacht werden, liegen unter 60 dBA, was einer gewöhnlichen Geräuschkulisse entspricht. Lediglich im Süden der Gemeinde *Bure* gibt es einige Wohnhäuser, deren Lärmpegel um mehr als 10 dBA ansteigt, während sie sich noch in einer recht ruhigen Lärmumgebung befinden (<50 dBA). Die verbleibenden akustischen Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts in der Bauvorbereitungsphase sind moderat ([7], Kap. 13.1.3.4.4)

Die zukünftigen Lärmpegel, die in der ersten Bauphase bei Tag bzw. bei Nacht durch das Cigéo-Gesamtprojekt verursacht werden, liegen unter 60 dBA bzw. 55 dBA, was einer gewöhnlichen Geräuschkulisse entspricht. In der Gemeinde *Saudron* gibt es einige Wohnhäuser, deren Lärmpegel um mehr als 10 dBA ansteigt, die sich aber immer noch in einer üblichen Lärmumgebung befinden (< 60 dBA bzw. < 55dBA). Im Süden der Gemeinde *Bure* gibt es einige Häuser, deren Lärmpegel bei Tag um mehr als 10 dBA ansteigt, die aber immer noch in einer eher ruhigen Lärmumgebung (< 50 dBA) liegen. In der Gemeinde *Ribeaucourt* gibt es einige Häuser, deren Lärmpegel bei Nacht um mehr als 10 dBA ansteigt, die jedoch weiterhin in einer eher ruhigen Lärmumgebung (< 45 dBA) liegen. Die verbleibenden akustischen Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts in der ersten Bauphase sind moderat ([7], Kap. 13.1.3.5.7)

Die zukünftigen Lärmpegel, die in der ersten Bauphase bei Tag bzw. bei Nacht durch das Cigéo-Gesamtprojekt verursacht werden, liegen unter 60 dBA bzw. 55 dBA, was einer Umgebung mit üblichen Geräuschen entspricht. Darüber hinaus liegt der Anstieg des Lärmpegels bei Tag bei allen Häusern im Untersuchungsgebiet unter 10 dbA, was eine Verbesserung der akustischen Atmosphäre im Vergleich zur ersten Bauphase während der Tageszeit darstellt. In der Gemeinde *Saudron* gibt es einige Wohnhäuser, deren Lärmpegel bei Nacht um mehr als 10 dBA ansteigt, die sich jedoch weiterhin in einer üblichen Lärmumgebung befinden (< 55 dBA). Darüber hinaus liegt der Anstieg des nächtlichen Lärmpegels in den anderen Gemeinden unter 10 dbA, insbesondere in *Ribeaucourt*, was eine Verbesserung im Vergleich zur ersten Bauphase darstellt. Die verbleibenden akustischen Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts in der Betriebsphase sind gering ([7], Kap. 13.1.3.5.7)

Erschütterungen

Das Cigéo-Gesamtprojekt verursacht Erschütterungen z. B. durch Verkehr von Schwerlastfahrzeugen und Baumaschinen, Bahnverkehr, Einsatz von Maschinen und Sprengungen. Aus diesem Grund sind die potenziellen Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts (Ausnahme: Transport von radioaktiven Abfallgebänden) auf die vibrierende Umgebung erheblich. ([7], Kap. 13.2.1)

Es werden folgende Vermeidungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Abstand des Endlagers zu städtischen Gebieten ([7], Kap. 13.2.2.1.1)
- Kein nächtlicher Zugverkehr ([7], Kap. 13.2.2.1.2)
- Keine nächtlichen Arbeiten über Tage ([7], Kap. 13.2.2.1.3)

Zusätzlich werden folgende Verminderungsmaßnahmen vorgesehen:

- Bevorzugte Nutzung des Schienennetzes für die Versorgung mit Baumaterialien und die Entsorgung von Abfällen ([7], Kap. 13.2.2.2.1)
- Langsames Fahren von Schwerlastfahrzeugen/LKW und Baumaschinen ([7], Kap. 13.2.2.2.2)
- Instandhaltung der Straßen ([7], Kap. 13.2.2.2.3)
- Regelmäßige Wartung von Maschinen und Fahrzeugen ([7], Kap. 13.2.2.2.4)
- Vorrichtungen zur Begrenzung der Vibration von nicht mobilen Maschinen auf der Baustelle ([7], Kap. 13.2.2.2.5)
- Optimierung von Sprengplänen ([7], Kap. 13.2.2.2.6)
- Begrenzung der Höchstgeschwindigkeit von Zügen ([7], Kap. 13.2.2.2.7)
- Anpassung der Gleisbewehrung ([7], Kap. 13.2.2.2.8)
- Elastische Sohlen ([7], Kap. 13.2.2.2.9)
- Begrenzung der Vibration von verschiedenen Geräten ([7], Kap. 13.2.2.2.10)

Nach Durchführung der Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen verursacht das Endlager Cigéo keine Schäden an den nächstgelegenen Gebäudestrukturen und in allen Projektphasen werden an den nächstgelegenen Gebäuden des Betriebsgeländes „Rampen“ nur sehr geringe Vibrationen wahrgenommen, die sich zudem auf Tageszeiten beschränken. Auch die anderen Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts führen nicht zu Schäden an Gebäudestrukturen. Insgesamt sind die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die vibrierende Umgebung durch den Straßen- und Schienenverkehr, den Einsatz von Baumaschinen und -geräten sowie den Betrieb von verschiedenen Geräten (Lüfter, Pumpen) gering. ([7], Kap. 13.2.3.6)

Licht

Das Cigéo-Gesamtprojekt verursacht Lichtemissionen z. B. durch die Beleuchtung von Baustellen, Parkplätzen und Gebäuden, die Beleuchtung aus Sicherheits- und Schutzgründen (Wachposten) sowie Fahrzeugscheinwerfer. Aus diesem Grund sind die potenziellen Auswirkungen von Lichtemissionen des Cigéo-Gesamtprojekts (Ausnahme: Transport von radioaktiven Abfallgebänden) erheblich. ([7], Kap. 13.3.1)

Es werden folgende Vermeidungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Abstand des Endlagers zu städtischen Gebieten ([7], Kap. 13.3.2.1.1)
- Kein nächtlicher Zugverkehr ([7], Kap. 13.3.2.1.2)
- Keine nächtlichen Arbeiten über Tage ([7], Kap. 13.3.2.1.3)
- Keine Beleuchtung entlang der LIS, der ITE, der Bahnlinie 027000, der Wasserversorgung und der Umleitung der Departementsstraße D60/960 ([7], Kap. 13.3.2.1.4)

Zusätzlich werden folgende Verminderungsmaßnahmen vorgesehen:

- Optimierung der Anzahl der Beleuchtungen ([7], Kap. 13.3.2.2.1)
- Optimierung der Beleuchtungsdauer ([7], Kap. 13.3.2.2.2)
- Anpassung der Beleuchtungsart ([7], Kap. 13.3.2.2.3)

In der Bauvorbereitungsphase sind die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts in Form von Lichtverschmutzung gering, während sie in der ersten Bauphase sowie in der Betriebsphase moderat sind. ([7], Kap. 13.3.3.3)

Gerüche

Das Cigéo-Gesamtprojekt verursacht Geruchsemissionen z. B. durch Abgase von Verbrennungsmotoren, das Aufbringen von Straßenasphalt, Regenwasserbehandlungsbecken, Abwasserbehandlungsanlagen, herkömmliche Abfälle, Kraftstofflager und Tankstellen sowie die Verwendung von Chemikalien. Aus diesem Grund sind die potenziellen Auswirkungen von Geruchsemissionen des Cigéo-Gesamtprojekts erheblich. ([7], Kap. 13.4.1.3)

Um die Auswirkungen von Gerüchen zu begrenzen, wurde für das Endlager Cigéo ein Standort ausgewählt, der weit von städtischen Gebieten entfernt ist (Vermeidungsmaßnahme; [7], Kap. 13.4.2.1).

Zusätzlich werden folgende Verminderungsmaßnahmen vorgesehen:

- Reduzierung der Luftemissionen, Belüftung und/oder Filterung von Räumen und Anlagen, die Gerüche freisetzen können
- Lagerung von Chemikalien in geschlossenen Räumen
- Regen- und Abwasserbehandlung
 - Schaffung von ausreichend dimensionierten und gewarteten Regenwasserbecken
 - Planung und Dimensionierung der Abwasseranlagen unter Berücksichtigung der qualitativen und quantitativen Eigenschaften der zu behandelnden Abwässer, sodass Stagnation und Gärungsrisiken bei starken Belastungsschwankungen auf ein Minimum beschränkt werden können
- regelmäßige Wartung der Netze und Kanäle
- Entsorgung von konventionellem Abfall

([7], Kap. 13.4.2.2)

Nach Durchführung der Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen sind die verbleibenden Auswirkungen von Geruchsemissionen des Cigéo-Gesamtprojekts sehr gering ([7], Kap. 13.4.2).

Elektrische und magnetische Felder

Das Cigéo-Gesamtprojekt verursacht Emissionen von elektromagnetischen Feldern z. B. durch die 400 kV-Leitung, die 400/90-kV-Umspannstation, die unterirdischen 90-kV-Stromleitungen und zwei 90-20-kV-Umspannstationen. Aus diesem Grund sind die potenziellen Auswirkungen von Emissionen elektrischer und elektromagnetischer Felder des Endlagers Cigéo und der Stromversorgung erheblich. Für die anderen Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts sind die Auswirkungen nicht erheblich ([7], Kap. 13.5.1)

Es werden folgende Vermeidungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Standort der 400/90-kV-Umspannstation weit entfernt von Wohngebieten ([7], Kap. 13.5.2.1.1)
- Entfernung der Liefer- und 90/20-kV-Umspannstationen der Betriebsgelände „Schächte“ und „Rampen“ von bewohnten Gebieten ([7], Kap. 13.5.2.1.2)

Zusätzlich werden folgende Verminderungsmaßnahmen vorgesehen:

- Ansiedlung der 400/90-kV-Umspannstation in unmittelbarer Nähe der 400-kV-Leitung *Houdreville-Méry* ([7], Kap. 13.5.2.2.1)
- Vorhandensein einer geerdeten äußeren koaxialen Metallabschirmung ([7], Kap. 13.5.2.2.2)
- Spezifische Maßnahmen und technische Vorkehrungen, die im Falle eines Nachweises von Störspannungen getroffen werden ([7], Kap. 13.5.2.2.3)

Nach Durchführung der Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen sind die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf elektrische und magnetische Felder sehr gering ([7], Kap. 13.5.3.3).

Auswirkungen physikalischer Emissionen auf die menschliche Gesundheit

Die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die menschliche Gesundheit sind im Hinblick auf Lärmemissionen, Vibrationen (Erschütterungen) sowie Lichtemissionen gering und im Hinblick auf Geruchsemissionen sowie elektrische und magnetische Felder sehr gering ([7], Kap. 13.6; siehe auch Anhang 6g).

Landschaft, kulturelles Erbe, Tourismus und Freizeitaktivitäten

Landschaft

Ziel dieses Kapitels ist es, die Wahrnehmung der Oberflächenanlagen des Cigéo-Gesamtprojekts in allen Projektphasen zu qualifizieren. Dabei wird zwischen der visuellen Auswirkung des Projekts in der Fern- und in der Nahwahrnehmung unterschieden. ([7], Kap. 14.1)

Die Betriebsgelände „Rampen“ und „Schächte“ sowie die LIS sind aufgrund des hügeligen Geländes und der bewaldeten Hügel nur für wenige Kilometer einsehbar ([7], Kap. 14.1.1).

Die potenziellen Auswirkungen des Betriebsgeländes „Schächte“, der LIS, des Betriebsgeländes „Rampen“ und der ITE auf die Wahrnehmung der Landschaft (aus der Nähe und der Ferne) sind in der Bauvorbereitungs-, ersten Bau- und Betriebsphase erheblich. Dabei resultieren die Auswirkungen auf die Landschaft aus der Wahrnehmung der Baustelle, der Veränderung der Topographie und der Wahrnehmung der Anlagen und Bauwerke. ([7], Kap. 14.1.1.1)

Die potenziellen Auswirkungen des Betriebs der Stromversorgung (insbesondere der Umspannstation) auf die Wahrnehmung der Landschaft (aus der Nähe und der Ferne) sind in der Bauvorbereitungs-, ersten Bau- und Betriebsphase erheblich. Dabei resultieren die Auswirkungen auf die Landschaft aus der Wahrnehmung der Baustelle, der Anlagen und der Bauwerke. ([7], Kap. 14.1.1.2.1)

Die potenziellen Auswirkungen der Wasserversorgung auf die Wahrnehmung der Landschaft aus der Ferne sind in der Bauvorbereitungs-, ersten Bau- und Betriebsphase nicht erheblich. Die potenziellen Auswirkungen auf die Landschaft aus der Nähe sind nur während der Bauvorbereitungsphase erheblich. Dabei resultieren die Auswirkungen auf die Landschaft aus der Wahrnehmung der Baustelle, der Anlagen und der Bauwerke. Ab der ersten Bauphase werden die Bauwerke in Betrieb genommen und die damit verbundenen Bauarbeiten abgeschlossen sein. Daher werden die potenziellen Auswirkungen in der ersten Bauphase und in der Betriebsphase nicht erheblich sein. ([7], Kap. 14.1.1.2.2)

Die potenziellen Auswirkungen der Ertüchtigung der Bahnlinie 027000 auf die Wahrnehmung der Landschaft (aus der Nähe und der Ferne) sind in der Bauvorbereitungs-, ersten Bau- und Betriebsphase erheblich. Dabei resultieren die Auswirkungen auf die Landschaft aus der Wahrnehmung der Baustelle (nur Bauvorbereitungsphase) sowie der Bauwerke. ([7], Kap. 14.1.1.2.3)

Die potenziellen Auswirkungen der Umleitung der Departementsstraße D60/960 auf die Wahrnehmung der Landschaft (aus der Nähe und der Ferne) sind in der Bauvorbereitungs-, ersten Bau- und Betriebsphase erheblich. Dabei resultieren die Auswirkungen auf die Landschaft aus der Wahrnehmung der Baustelle (nur Bauvorbereitungsphase), der Veränderung der Topographie sowie der Wahrnehmung der Anlagen und Bauwerke. ([7], Kap. 14.1.1.2.4)

Die potenziellen Auswirkungen des Versands und des Transports von radioaktiven Abfallgebinden auf die Landschaft sind nicht erheblich, da die bestehenden Infrastrukturen genutzt werden und das Verkehrsaufkommen gering ist ([7], Kap. 14.1.1.2 & 14.1.1.2.5).

Um die Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die Landschaft zu reduzieren, werden folgende Vermeidungsmaßnahmen vorgesehen:

- Ansiedlung des Betriebsgeländes „Schächte“ außerhalb landschaftlich bedeutsamer Standorte und weit entfernt von städtischen Gebieten ([7], Kap. 14.1.2.2)
- Erhalt der Randbewaldung des Betriebsgeländes „Schächte“ ([7], Kap. 14.1.2.3)
- Erhalt von 1,1 ha Eichen-Hainbuchenwald südlich des Betriebsgeländes „Schächte“ ([7], Kap. 14.1.2.4)
- Ansiedlung des Betriebsgeländes „Rampen“ außerhalb landschaftlich bedeutsamer Standorte und weit entfernt von städtischen Gebieten ([7], Kap. 14.1.2.6)
- Erhalt der offenen Lebensräume in der Umgebung des Betriebsgeländes „Rampen“ ([7], Kap. 14.1.2.7)
- Wiederverwendung bestehender Infrastrukturen (ITE; [7], Kap. 14.1.2.8)

Trotz der bei der Standortwahl umgesetzten Vermeidungsmaßnahmen bleiben die Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die Landschaft und ihre Elemente erheblich, insbesondere in der Bauvorbereitungs- und ersten Bauphase, in denen die vorhandene Landschaft besonders gestört wird ([7], Kap. 14.1.3).

Um die Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die Landschaft weiter zu reduzieren, werden folgende Verminderungsmaßnahmen vorgesehen:

- für das Endlager Cigéo ([7], Kap. 14.1.4.1.1)
 - Optimierung der Ausführungsplanung und gemeinsame Nutzung von Baustelleneinrichtungen
 - (Zwischen-)Begrünung
 - Heimische Landschaftsstrukturen und Pflanzenpaletten
 - Nivellierungsmaßnahmen um die Veränderung der Topographie zu begrenzen
 - Anpflanzung von Waldkullissen (*masque boisé*) und Waldgehölzen
- für das Betriebsgelände „Schächte“ ([7], Kap. 14.1.4.1.2)
 - Prinzip der Ablagerung von Halden, die vom Gebiet aus kaum oder gar nicht sichtbar sind
 - Anpflanzung von Waldkullissen und -gehölzen
- für die LIS ([7], Kap. 14.1.4.1.3)
 - Abstand der LIS zu den Orten *Mandres-en-Barrois* und *Bure*
 - Nivellierungsmaßnahmen um die Veränderung der Topographie zu begrenzen

- Einrichtung einer eingehausten Unterflur-Bandanlage
- Anpflanzung von Waldkullissen und -gehölzen
- für das Betriebsgelände „Rampen“ ([7], Kap. 14.1.4.1.4)
 - Errichtung eines bepflanzten Erdwalls
 - Nivellierungsmaßnahmen um die Veränderung der Topographie zu begrenzen
 - Anlehnung an ein identitätsstiftendes Landschaftselement, den Hügel von *Gillaumé*, für die Landschaftsgestaltung
 - Anpflanzung von Waldkullissen und -gehölzen
- für die ITE ([7], Kap. 14.1.4.1.5)
 - Erhalt der Baumsäume, die entlang des 10 km langen, bestehenden Abschnitts vorhanden sind
 - Nivellierungsmaßnahmen um die Veränderung der Topographie auf dem 4 km langen, neuen Abschnitt zu begrenzen

Die verbleibenden Auswirkungen der verschiedenen Bereiche des Endlagers Cigéo (Betriebsgelände „Schächte“, LIS, Betriebsgelände „Rampen“ und ITE) auf die Wahrnehmung der Landschaft (aus der Nähe und aus der Ferne) sind

- in der Bauvorbereitungsphase moderat. Eine Ausnahme bildet der bestehende Abschnitt der ITE für den die verbleibenden Auswirkungen gering sind;
- in der ersten Bauphase moderat. Ausnahmen bilden das Betriebsgelände „Schächte“ und der bestehende Abschnitt der ITE für den die verbleibenden Auswirkungen hoch bzw. gering sind;
- in der Betriebsphase gering.

([7], Kap. 14.1.5.1)

Auch die Maßnahmen der anderen Bauherren haben nach Durchführung der Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen noch Auswirkungen auf die Wahrnehmung der Landschaft ([7], Kap. 14.1.5.2).

Kulturelles Erbe

Die potenziellen Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts (Ausnahme Versand und Transport von radioaktiven Abfallgebänden) auf das **archäologische Erbe** sind erheblich, da Erdarbeiten generell geeignet sind, archäologische Überreste zu zerstören ([7], Kap. 14.2.1.1).

Da die Erdarbeiten notwendig sind, sind keine Vermeidungsmaßnahmen denkbar ([7], Kap. 14.2.1.1). Stattdessen sind folgende Verminderungsmaßnahmen vorgesehen:

- Konsultation der regionalen Direktion für kulturelle Angelegenheiten (*direction régionale des affaires culturelles*, DRAC), um die Notwendigkeit einer archäologischen Diagnose zu ermitteln ([7], Kap. 14.2.1.2.1)
- Durchführung von archäologischen Diagnosen und Ausgrabungen ([7], Kap. 14.2.1.2.2)
- Einstellung der Arbeiten bei zufälliger Entdeckung von Überresten ([7], Kap. 14.2.1.2.3)

Die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf das kulturelle Erbe sind moderat ([7], Kap. 14.2.1.3).

Im engeren Untersuchungsgebiet steht nur der Stadtpark von *Ligny-en-Barrois* unter Denkmalschutz. Aus diesem Grund sind die potenziellen Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf **klassifizierte und eingetragene Stätten** (*sites classés et sites inscrits*) nicht erheblich und es werden keine Vermeidungs-, Verminderungs- und Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen. Die verbleibenden Auswirkungen sind sehr gering. ([7], Kap. 14.2.2)

Im engeren Untersuchungsgebiet sind 32 historische Denkmäler (*monuments historiques*) und eine bemerkenswerte Stätte des kulturellen Erbes (*site patrimonial remarquable*) verzeichnet. Außerdem sind im spezifischen Untersuchungsgebiet der 400-kV-Leitung acht historische Denkmäler verzeichnet. Darum sind die potenziellen Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts (Ausnahme Versand und Transport von radioaktiven Abfallbinden) auf das **historische und architektonische Erbe** erheblich. ([7], Kap. 14.2.3.1)

Es werden folgende Vermeidungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Standort der neuen Anlagen außerhalb der Schutzzonen von historischen Denkmälern und Stätten des kulturellen Erbes ([7], Kap. 14.2.3.2.1)
- Keine Neubauten auf der Logistikplattform in *Gondrecourt-le-Château* ([7], Kap. 14.2.3.2.2)

Nach Durchführung der Vermeidungsmaßnahmen schneidet von den Anlagen des Endlagers Cigéo nur die bereits bestehende Logistikplattform von *Gondrecourt-le-Château* den 500-Meter-Radius um die Kirche *de la Nativité de la Vierge*, die seit 1970 ein eingetragenes Denkmal ist ([7], Kap. 14.2.3.3.1). Die Bahnlinie 027000 und die 400-kV-Stromleitung schneiden mehrere Denkmalschutzbereiche bzw. historische Bauwerke, sodass deren Auswirkungen auf das historische und architektonische Erbe als moderat eingestuft werden ([7], Kap. 14.2.3.3.2).

Es werden folgende Verminderungsmaßnahmen vorgeschlagen:

- Für die Logistikplattform werden Materialien ausgewählt, die an den landschaftlichen Kontext angepasst sind ([7], Kap. 14.2.3.4.1).
- Konsultation des *architecte des Bâtiments de France* (ABF) für alle Arbeiten in der Umgebung eines eingetragenen/klassifizierten historischen Denkmals ([7], Kap. 14.2.3.4.2)

Nach Durchführung der Verminderungsmaßnahmen sind die Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf das historische und architektonische Erbe gering ([7], Kap. 14.2.3.5).

Die potenziellen Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf **sonstige nicht geschützte Elemente des bemerkenswerten Erbes** sind nicht erheblich und es werden keine Vermeidungs-, Verminderungs- und Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen. Die verbleibenden Auswirkungen sind sehr gering. ([7], Kap. 14.2.4)

Freizeit-, Outdoor und Tourismusaktivitäten

Die potenziellen Auswirkungen des Endlagers Cigéo auf das **Jagen, Sammeln und Einsammeln von Brennholz** sind erheblich. Die anderen Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts haben hingegen keine erheblichen Auswirkungen auf diese Aktivitäten. ([7], Kap. 14.3.1.1.1)

Es werden die Verminderungsmaßnahmen

- Austausch des *Bois de la Caisse* mit dem *Bois Lejuc* und
- Organisation von Treibjagden von Süden nach Norden im *Bois Lejuc* vor dessen Rodung

vorgesehen ([7], Kap. 14.3.1.1.2).

Obwohl das Brennholzsammeln, Jagen und Pilzesammeln im *Bois Lejuc* nicht länger möglich sein wird, ermöglichen die umgesetzten Verminderungsmaßnahmen, dass diese Aktivitäten in einem anderen Wald weiter durchgeführt werden können. Aus diesem Grund sind die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf diese Aktivitäten gering. ([7], Kap. 14.3.1.1.3)

Das potenzielle Eingriffsgebiet des Cigéo-Gesamtprojekts (insbesondere ITE, Bahnlinie 027000, 400-kV-Leitung) betrifft weiterhin drei Fernwanderwege, einen kleinen Wanderweg und den grünen Weg des Kanals Marne-Rhein. Folglich sind die potenziellen Auswirkungen des Endlagers Cigéo sowie der Maßnahmen zur Ertüchtigung der Stromversorgung und der Bahnlinie 027000 auf das **Wanderwegenetz erheblich**. ([7], Kap. 14.3.1.2.1)

Um die Auswirkungen auf das Wanderwegenetz zu begrenzen, werden die über das Betriebsgelände „Schächte“ verlaufenden Fernwanderwege im Rahmen der Auslegungsstudien berücksichtigt (Vermeidungsmaßnahme; [7], Kap. 14.3.1.2.2). Durch diese Maßnahme kann die Unterbrechung des Fernwanderweges auf dem Betriebsgelände „Schächte“ vermieden werden ([7], Kap. 14.3.1.2.3).

Außerdem werden die Verminderungsmaßnahmen

- Bau einer Schienenbrücke über den Betriebsweg von *Mandres*,
- Errichtung eines Bahnübergangs auf der Höhe des Betriebsweges *Les Anges* und des Betriebsweges *La Courbière* und
- Instandsetzung der Brücke auf der Route von *Tourailles-aux-Bois* nach *Luméville-en-Ornois* auf Höhe des gewöhnlichen Vicinalwegs Nr. 5

vorgesehen ([7], Kap. 14.3.1.2.4).

Nach Durchführung der Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen sind die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf das Wandern sehr gering ([7], Kap. 14.3.1.2.5).

Das Cigéo-Gesamtprojekt befindet sich nicht in einem touristischen Gebiet und im unmittelbaren Untersuchungsgebiet gibt es nur wenige kulturelle Einrichtungen, Sporteinrichtungen und touristische Unterkünfte. Da die Errichtung des Endlagers Cigéo außerdem Aktivitäten schafft, die dem Beherbergungs- und Gastronomiesektor zugutekommen (z. B. Besuch des Gebäudes für den Empfang der Öffentlichkeit am Standort des Cigéo), werden die Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf **kulturelle Einrichtungen, Sporteinrichtungen und touristische Unterkünfte** als positiv bewertet. ([7], Kap. 14.3.2).

Raum- und Landschaftsplanung (einschließlich Stadtplanung) – Vereinbarkeit mit Raumplanungsunterlagen und Maßnahmen

In diesem Kapitel werden die vorhersehbaren Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die mögliche Entwicklung der Besiedlung analysiert. Ziel dieser Analyse ist es, die Bereiche zu bestimmen, die im Zusammenhang mit dem Cigéo-Gesamtprojekt möglicherweise Gegenstand einer Urbanisierung werden (städtische Verdichtung oder Erweiterung), und zwar innerhalb und außerhalb der in den geltenden Stadtplanungsdokumenten ausgewiesenen Bereiche. ([7], Kap. 15 & 15.1)

Die potenziellen Auswirkungen des Endlagers Cigéo auf die Siedlungsentwicklung sind

- die Erhöhung der Nachfrage nach Wohnraum für neue (dauerhafte oder vorübergehende) Bewohner,
- die Modernisierung von Einrichtungen und Dienstleistungen, um den Bedürfnissen der Bevölkerung gerecht zu werden,

- die steigende Nachfrage nach der Ansiedlung neuer Aktivitäten im Zusammenhang mit dem Cigéo-Gesamtprojekt (Zulieferer, Dienstleister usw.) und
- eine Zunahme der touristisch genutzten Einrichtungen.

Folglich sind die potenziellen Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts (Ausnahme Versand und Transport von radioaktiven Abfallgebänden) auf die Raum- und Stadtplanung erheblich ([7], Kap. 15.1). Um die Auswirkungen auf die Raum- und Stadtplanung zu begrenzen, werden ausgewiesene Waldgebiete vermieden (Vermeidungsmaßnahme; [7], Kap. 15.2).

Trotz der Vermeidungsmaßnahme hat das Cigéo-Gesamtprojekt noch erhebliche Auswirkungen auf die Raum- und Siedlungsplanung und wird in verschiedenen Raumplanungsdokumenten (PLUi, PLU, SCoT und SRADDET) im Hinblick auf Siedlungsentwicklung (Fläche und Lage von Wohn- und Gewerbegebieten), Verkehrsnetze sowie digitale Netze berücksichtigt. Auswirkungen auf die Siedlungsentwicklung werden insbesondere in den Gemeinden im unmittelbaren und engeren Untersuchungsgebiet erwartet. ([7], Kap. 15.3)

Um die Auswirkungen auf die Raum- und Stadtplanung weiter zu begrenzen, wird die Verminderungsmaßnahme „Antizipation und Kontrolle der Siedlungsentwicklung“ vorgesehen ([7], Kap. 15.4).

Nach Durchführung der Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahme sind die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die Raum- und Stadtplanung gering ([7], Kap. 15.5).

Vereinbarkeit des Cigéo-Gesamtprojekts mit Plänen, Schemata und Programmen in Zusammenhang mit der Raumplanung

Das Cigéo-Gesamtprojekt wurde so ausgelegt, dass es die wichtigsten Grundsätze der Flächeneinsparung und der nachhaltigen Stadtplanung beachtet. Es ist daher mit den Zielen des SRADDET *Grand Est* in diesen Themenbereichen vereinbar ([7], Kap. 15.7.1).

Mit dem Dekret Nr. 2022-993 vom 7. Juli 2022 (DUP des Endlagers Cigéo) wurden die Bestimmungen der betroffenen geltenden Stadtplanungsdokumente (SCoT *du Pays Barrois*, PLUi *des Portes de Meuse - Secteur de la Haute-Saulx* und PLU von *Gondrecourt-le-Château*) in Bezug auf deren Vereinbarkeit so angepasst, dass sie die Errichtung des Endlagers Cigéo ermöglichen. Allerdings obliegt es bei Maßnahmen, die nicht unter der Bauherrschaft von ANDRA stehen, jedem Bauherren, die betreffenden Stadtplanungsdokumente ggf. in Einklang mit den Vorschriften zu bringen. ([7], Kap. 15.7.4).

Wechselwirkungen und kumulative Auswirkungen

Wechselwirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts und Ökosystemleistungen

Wechselwirkungen aufgrund von Störungen der physischen Umwelt

Durch die Rodungs- und Grabungsarbeiten sowie die Umlagerung von ausgehobenem Erdreich werden ca. 587 ha Boden beansprucht, von denen 159 ha für das Cigéo-Gesamtprojekt versiegelt werden. Daher verlieren die Böden vorübergehend oder dauerhaft ihre Funktionen zur Regulierung ihrer Qualität (Selbstreinigung oder Immobilisierung) und Fruchtbarkeit (Nährstoff- und Feuchtigkeitsangebot). Nach Durchführung von Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen, die die genutzten Flächen begrenzen, sind die Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die Ökosystemleistungen, die von den Böden innerhalb der physischen Umwelt erbracht werden, moderat. ([7], Kap. 16.1.2.2)

Die durch das Cigéo-Gesamtprojekt verursachte Änderung der Bodennutzung oder die künstliche Nutzung von Böden zerstört Lebensräume sowie die darin lebenden Organismen. Daraus ergibt sich eine moderate bis hohe verbleibende Auswirkung auf die Biodiversität (bevor Ausgleichsmaßnahmen durchgeführt werden). Diese Auswirkungen werden kompensiert, um sicherzustellen, dass es keinen Nettoverlust an Biodiversität gibt. ([7], Kap. 16.1.2.3)

Durch die Auslegung und den Wasserbedarf des Cigéo-Gesamtprojekts können die verbleibenden Auswirkungen auf die lokale landwirtschaftliche Wassernutzung im Tal der *Orge* erheblich sein ([7], Kap. 16.1.2.4.1). Auch die Änderung der Bodenbedeckung und die künstliche Nutzung von Böden während der im Rahmen des Cigéo-Gesamtprojekts durchgeführten Erdarbeiten haben auch nach Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen hohe Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion. Aus diesem Grund werden Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen, um die landwirtschaftliche Tätigkeit in der Region zu erhalten und ihre Entwicklung zu fördern. ([7], Kap. 16.1.2.4.2)

Durch die Rodung von Waldflächen für die Errichtung von Oberflächenanlagen des Cigéo-Gesamtprojekts verringern sich die für die Holzproduktion verfügbaren Flächen. Auch nach Durchführung von Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen sind die verbleibenden Auswirkungen moderat und es wird ein Waldausgleich mit einem Koeffizienten von zwei durchgeführt. ([7], Kap. 16.1.2.4.3)

Wechselwirkungen aufgrund von Störungen der natürlichen Umwelt

Die Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die natürlichen Lebensräume und ihre Nutzung durch Arten bestimmter biologischer Gruppen (z. B. Vögel oder Fledermäuse) bleiben auch nach Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen erheblich. Daher kann sich das Cigéo-Gesamtprojekt auf die Beziehungen zwischen den Bestandteilen der natürlichen Umwelt auswirken. Die mit den Arbeiten am Cigéo-Gesamtprojekt verbundene Zerstörung von Lebensräumen ist jedoch nicht so groß, dass sie den Erhaltungszustand von Arten oder Artengruppen mit wesentlichen ökologischen Funktionen beeinträchtigen würde. Folglich hat die Veränderung der Wechselwirkungen innerhalb der natürlichen Umwelt keine erheblichen Auswirkungen auf die Ökosystemleistung „Erhalt der biologischen Vielfalt“. Auch die Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die Ökosystemleistung „Bestäubung“ und „Regulierung von Bioschädlingen“ sind gering. ([7], Kap. 16.1.3.2)

Die Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die natürliche Umwelt sind nicht geeignet, die Ökosystemleistung zur Regulierung der Qualität der Umwelt zu beeinträchtigen ([7], Kap. 16.1.3.3).

Die Auswirkungen der im Rahmen des Cigéo-Gesamtprojekts durchgeführten Waldrodungen auf die soziokulturelle Ökosystemleistung in Zusammenhang mit Jagd und Sammeln sind gering. Da die aquatischen Lebensräume, die sich an den Angelstrecken oder Fischereischutzgebieten befinden,

weder qualitativ noch quantitativ beeinträchtigt werden, sind die Auswirkungen auf diese Aktivität ebenfalls gering. ([7], Kap. 16.1.3.4)

Wechselwirkungen aufgrund von Störungen der menschlichen Umwelt

Die wichtigsten Wechselwirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts im Zusammenhang mit der menschlichen Umwelt betreffen vor allem die Auswirkungen eines möglichen Bevölkerungswachstums. Im Hinblick auf die Ökosystemleistung wirken sich die Wechselwirkungen auf die Produktion von land- und forstwirtschaftlichen Gütern sowie auf das Naturerbe aus.

In Bezug auf die Produktion von Gütern verändert der Standort des Cigéo-Gesamtprojekts die vorherrschende lokale Wirtschaftstätigkeit, die überwiegend ländlich und auf die Land- und Forstwirtschaft ausgerichtet ist, indem er alle Aspekte der industriellen Tätigkeit und Landschaft einbezieht. Die verbleibenden Auswirkungen auf die wirtschaftlichen, land- und forstwirtschaftlichen Aktivitäten sind moderat bis stark.

Was das Naturerbe betrifft, so bringt der Standort des Projekts einen eher industriellen Aspekt in eine ländliche Landschaft, was die Wahrnehmung der Bewohner verändern kann. Durch die Umsetzung von Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen werden die Auswirkungen auf diese Ökosystemleistung von bestimmten Aussichtspunkten aus in der Bauvorbereitungsphase stark und in der Betriebsphase, wenn die Anpflanzungen der Landschaftsgestaltung ausgereift sind, gering sein.

Kumulierung der Auswirkungen des Projekts mit anderen bestehenden oder genehmigten Projekten

Es wurden 19 Projekte identifiziert, deren Auswirkungen sich mit denen des Cigéo-Gesamtprojekts kumulieren könnten ([7], Kap. 16.2.1). Die identifizierten Projekte werden in Tabelle 16-4 in [7] aufgeführt.

Für die ausgewählten Projekte wird die Analyse der kumulativen Auswirkungen auf die Schutzgüter durchgeführt, die von der Umweltbehörde in ihren Stellungnahmen hervorgehoben wurden, sowie auf die bemerkenswerten Herausforderungen, die „nach Expertenmeinung“ festgestellt wurden und die mit dem Cigéo-Gesamtprojekt unter Berücksichtigung seiner potenziellen Auswirkungen interagieren könnten.

Industrielle Wäscherei für den Nuklearsektor

Das Cigéo-Gesamtprojekt und die Wäscherei in *Suzannecourt* kumulieren ihre positiven Auswirkungen auf den sozioökonomischen Kontext der Region, wohingegen es keine negativen kumulativen Auswirkungen der beiden Projekte gibt ([7], Kap. 16.2.2.2).

Windparks

Kumulierte Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts und der fünf Windparks (*Éole de Piroy*, *La Combe Rougeux*, *Éoliennes des Limodores*, *Plateau de l’Ajoux* und *Côte des Moulins*) sind im Hinblick auf

- die physische Umwelt sehr gering;
- Beeinträchtigungen der Bevölkerung ausgeschlossen;
- die Landwirtschaft nicht zu erwarten;
- das Klima nicht zu erwarten;
- die Tier- und Pflanzenwelt nicht zu erwarten;
- die Landschaft sehr gering. ([7], Kap. 16.2.3.2)

Fotovoltaik-Anlagen

Kumulierte Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts und der beiden Fotovoltaik-Anlagen in *Biencourt-sur-Orge* und *Goussaincourt* sind im Hinblick auf

- die physische Umwelt sehr gering;
- Beeinträchtigungen der Bevölkerung ausgeschlossen;
- den Verbrauch von natürlichen und landwirtschaftlichen Flächen sowie die biologische Vielfalt nicht zu erwarten;
- die Landschaft nicht zu erwarten. ([7], Kap. 16.2.4.2)

Untertägiger Erdgasspeicher (Wiederinbetriebnahme)

Kumulierte Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts und der Wiederinbetriebnahme der bestehenden Erdgaslagerstätte *Trois-Fontaines-l'Abbaye* sind im Hinblick auf

- das Unfallrisiko ausgeschlossen und
- den Untergrund und die biologische nicht erheblich. ([7], Kap. 16.2.5.2)

Städtische Einrichtungen

Kumulierte Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts und städtischer Einrichtungen (Colruxyt-Supermarkt in *Tronville-en-Barrois*, LIDL-Filiale in *Velaines*, Abriss von Wohngebäuden in *Saint-Dizier* und Abriss und Wiederaufbau der Markthalle in *Saint-Dizier*) sind im Hinblick auf

- die physische Umwelt und die Lärmbelastung sehr gering und
- den Verbrauch von Naturräumen und die biologische Vielfalt nicht erheblich. ([7], Kap. 16.2.6.2)

Hydraulische Einrichtungen

Kumulierte Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts und hydraulischer Einrichtungen (Instandsetzung der Fahrbahn der Brücke über die Departementsstraße D32, Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit an Bach von *Sombreuil*, Restaurierung einer Brücke über den Kanal *Saint-Martin* und Restaurierung einer Brücke über den *Ornain*) sind im Hinblick auf die biologische Vielfalt und die Wasserläufe nicht erheblich ([7], Kap. 16.2.7.2).

Rodung einer bewaldeten Parzelle in *Les Combes* für die Rekultivierung

Kumulierte Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts und der Rodung einer bewaldeten Parzelle (Parzelle Nr. 25) in *Les Combes* für die Rekultivierung sind im Hinblick auf den Verbrauch von Naturraum und die biologische Vielfalt nicht erheblich ([7], Kap. 16.2.8.2).

Umleitungsarbeiten für Erdgasleitungen DN150

Das Projekt wird nicht in die Analyse einbezogen ([7], Kap. 16.2.9).

Beste verfügbare Techniken

Der Begriff „beste verfügbare Techniken“ (BVT) stammt aus der Richtlinie 2010/75/EU vom 24. November 2010 über Industrieemissionen [94], der sogenannten Industrieemissionsrichtlinie (*Industrial Emissions Directive*, IED). BVT sind definiert als der effizienteste und fortschrittlichste Entwicklungsstand der Tätigkeiten und entsprechenden Betriebsmethoden, der bestimmte Techniken als praktisch geeignet erscheinen lässt, als Grundlage für die Emissionsgrenzwerte und sonstige Genehmigungsaufgaben zu dienen, um Emissionen in und Auswirkungen auf die gesamte Umwelt zu vermeiden oder, wenn dies nicht möglich ist, zu vermindern. ([7], Kap. 17.1.1)

Die UVS muss aufgrund der Kombination der Artikel R. 122-5, R. 593-17 und R. 593-94 des französischen Umweltgesetzes Angaben zu den Maßnahmen enthalten, die für die Anwendung der BVT vorgesehen sind ([7], Kap. 17.1.2). Die im Rahmen des Projekts getroffenen Entscheidungen über Auslegung und Maßnahmen werden mit den in den BVT-Referenzdokumenten aufgelisteten BVT verglichen.

Schlussfolgerungen zu den BVT gemäß der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates für die Abfallbehandlung

Die IED-Aktivitäten, die auf dem Gelände der kerntechnischen Anlage durchgeführt werden und die identifizierten technisch verwandten Aktivitäten erfüllen die Erwartungen der BVT-Schlussfolgerungen für die Abfallbehandlung im Hinblick auf

- die Verbesserung der Umweltleistung und die Reduzierung von Emissionen in Luft und Wasser,
- die Verringerung der Belästigung und des Umweltrisikos, die mit der Handhabung, dem Transport und der Lagerung von Abfällen verbunden sind,
- die rationale Nutzung und Überwachung des Wasser- und Energieverbrauchs sowie die Energieeffizienz,
- Emissionen in Luft und Wasser und deren Überwachung,
- Lärm- und Vibrationsemissionen und
- die Umweltfolgen von Unfällen und Zwischenfällen ([7], Kap. 17.1.2).

Referenzdokument über die BVT für die Bewirtschaftung von Abfällen aus dem Bergbau

Sollten die toten Halden verwertet werden können, wird das Projekt die in diesem Dokument beschriebenen BVT so weit wie möglich berücksichtigen. Die Bewertung der im Rahmen des Projekts gewählten Vorkehrungen wird dann in einer späteren Aktualisierung der UVS dargelegt. ([7], Kap. 17.2.2.2)

Referenzdokument über die BVT zur Lagerung gefährlicher Substanzen und staubender Güter

Die IED-Aktivitäten, die auf dem Gelände der kerntechnischen Anlage durchgeführt werden, und die identifizierten technisch verwandten Aktivitäten erfüllen die Erwartungen des Referenzdokuments über die BVT zur Lagerung gefährlicher Substanzen und staubender Güter im Hinblick auf

- den Transport und die Lagerung des ausgehobenen Materials des Callovo-Oxfordium (Wirtsgestein),
- die Lagerung von umweltschädlichen und/oder gefährlichen flüssigen Produkten, die zu einer Boden- und Wasserverschmutzung führen können und
- die Baustellenbereiche ([7], Kap. 17.4.1.2).

Referenzdokument über die BVT bei industriellen Kühlsystemen

Die IED-Aktivitäten, die auf dem Gelände der kerntechnischen Anlage durchgeführt werden, und die identifizierten technisch verwandten Aktivitäten erfüllen die Erwartungen des Referenzdokuments über die BVT bei industriellen Kühlsystemen ([7], Kap. 17.4.2.2).

Referenzdokument für die BVT für Energieeffizienz

Die IED-Aktivitäten, die auf dem Gelände der kerntechnischen Anlage durchgeführt werden, und die identifizierten technisch verwandten Aktivitäten erfüllen die Erwartungen des Referenzdokuments für die BVT für Energieeffizienz, da der Energieverbrauch begrenzt und die Energieeffizienz gewährleistet wird ([7], Kap. 17.4.3.2).

Referenzbericht zur Überwachung von Emissionen aus IE-Anlagen

Die IED-Aktivitäten, die auf dem Gelände der kerntechnischen Anlage durchgeführt werden, und die identifizierten technisch verwandten Aktivitäten erfüllen die Erwartungen des Referenzberichts zur Überwachung von Emissionen aus IE-Anlagen ([7], Kap. 17.4.4.2).

Auswirkungen von Stilllegung und Rückbau und Auswirkungen der Endlagerung nach der endgültigen Stilllegung

Die DAC des Cigéo kann nur erteilt werden, wenn ANDRA unter Berücksichtigung der aktuellen wissenschaftlichen und technischen Erkenntnisse nachweist, dass die technischen oder organisatorischen Vorkehrungen, die in den Bauvorbereitungs-, ersten Bau- und Betriebsphasen getroffen oder in Betracht gezogen werden sowie die allgemeinen Grundsätze für den Rückbau oder, bei Anlagen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle, für die Wartung und Überwachung nach ihrer Stilllegung geeignet sind, die Risiken oder Nachteile, die die Anlage für die in Artikel L. 593-1 genannten Interessen darstellt, zu verhindern oder ausreichend zu begrenzen ([7], Kap. 18).

Rückbau- und Stilllegungsmaßnahmen

Da die Rückbau- und Stilllegungsmaßnahmen zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht genau und endgültig bestimmt werden können, sind die in diesem Kapitel dargestellten erwarteten Auswirkungen nur als Anhaltspunkte zu verstehen.

Die potenziellen und erheblichen Auswirkungen des Endlagers Cigéo sind verbunden mit

- Staubemissionen,
- Veränderungen der Landnutzung und der Landschaft,
- der Einleitung von Wasser in die Umwelt,
- dem Straßenverkehr,
- der Produktion konventioneller und radioaktiver Abfälle,
- Lärmemissionen,
- Vibrationsemissionen und
- dem Wasser- und Energieverbrauch.

Die potenziellen Auswirkungen der anderen Maßnahmen sind nicht erheblich. ([7], Kap. 18.1.4)

Um die Auswirkungen auf Mensch und Umwelt zu verringern, werden die derzeit geplanten Maßnahmen verfeinert. Des Weiteren werden zu diesem Zweck Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen, die schon in der Bauvorbereitungsphase und der ersten Bauphase umgesetzt werden, beibehalten (z. B. eingehauste Unterflur-Bandanlage, Bewässerungsanlagen, Wassermanagementeinrichtungen und Landschaftsgestaltung). Des Weiteren wird das Material der sogenannten „lebenden“ Halden aufbereitet und als Verfüllmaterial verwendet. ([7], Kap. 18.1.5)

Die verbleibenden Auswirkungen der Rückbau- und Stilllegungsmaßnahmen sind im Hinblick auf

- Staubemissionen von ähnlicher Art wie die der Baumaßnahmen ([7], Kap. 18.1.6.1);
- Veränderungen der Landnutzung und der Landschaft möglicherweise positiv, da die Betriebsgelände „Rampen“ und „Schächte“ nach Abschluss der Rückbau- und Stilllegungsmaßnahmen einer Neugestaltung unterzogen werden können ([7], Kap. 18.1.6.2);
- Einleitungen von Wasser in die Umwelt von ähnlicher Art wie in der Betriebsphase ([7], Kap. 18.1.6.3);
- den Verkehr von ähnlicher Art wie in der Bauvorbereitungs- und ersten Bauphase ([7], Kap. 18.1.6.4);

- die Entstehung von konventionellen und radioaktiven Abfällen erheblich ([7], Kap. 18.1.6.5);
- Lärm- und Vibrationsemissionen von ähnlicher Art wie die der Baumaßnahmen ([7], Kap. 18.1.6.6);
- Wasser- und Energiebedarf von ähnlicher Art wie die der Baumaßnahmen ([7], Kap. 18.1.6.7).

Endlagerung nach der endgültigen Stilllegung

Nach der endgültigen Stilllegung wird sich das Endlager nur sehr langsam mit Wasser aufsättigen. In Gegenwart von Wasser werden die HA- und LL-IL-Abfallgebinde mit der Zeit zersetzt und die in den Abfallgebänden enthaltenen Radionuklide und chemo-toxischen Stoffe werden nach und nach in die Einlagerungsstrecken freigesetzt. Wasser ist der Hauptfaktor für die Migration von Radionukliden und chemo-toxischen Stoffen aus dem Abfall in die Biosphäre. ([7], Kap. 18.2.1)

Um die potenziellen Auswirkungen auf den Menschen und die Umwelt zu begrenzen, sieht ANDRA die folgenden Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen vor:

- Aufrechterhaltung der Schutzzone während der Überwachungsphase ([7], Kap. 18.2.2.1)
- Langfristige Isolierung des Abfalls von natürlichen Phänomenen und menschlichen Handlungen
 - Einlagerungsbereiche im Callovo-Oxfordium in einer Teufe von etwa 500 m ([7], Kap. 18.2.2.2.1)
 - Fehlen besonderer untertägiger Ressourcen ([7], Kap. 18.2.2.2.2)
 - Aufrechterhaltung des nuklearen Gedächtnisses ([7], Kap. 18.2.2.2.3)
- Begrenzung der Migration von Radionukliden und chemo-toxischen Stoffen aus dem Abfall in die Biosphäre ([7], Kap. 18.2.2.3)
 - Begrenzung der Wasserzirkulation ([7], Kap. 18.2.2.3.1)
 - Endlager im Callovo-Oxfordium, das eine geringe Permeabilität aufweist
 - Anordnung der Schächte und der Ansatzpunkten der Rampen auf Höhe des Wirtsgesteins in einem begrenzten Bereich
 - Verschlussbauwerke, die den Wasserfluss innerhalb der untertägigen Bauwerke begrenzen
 - Sackgassen-Zuschnitt des Endlagers und der Einlagerungsbereiche
 - Begrenzung der Freisetzung von Radionukliden und chemo-toxischen Stoffen und Immobilisierung in den Einlagerungsstrecken ([7], Kap. 18.2.2.3.1)
 - HA-Endlagerbehälter
 - Auswahl von Materialien, die die Rückhaltung von Radionukliden und chemo-toxischen Stoffen begünstigen
 - Physikalisch-chemische Bedingungen in den Einlagerungsstrecken, die die Freisetzung von Radionukliden und chemo-toxischen Stoffen in die Einlagerungsstrecken begrenzen
 - Verzögerung und Abschwächung der Migration von Radionukliden und chemo-toxischen Stoffen, die aus den Gebänden und später aus den Einlagerungsstrecken freigesetzt wurden ([7], Kap. 18.2.2.3.3)
 - Anordnung des Grubengebäudes mit dem Ziel möglichst viel der Mächtigkeit des Wirtsgesteins zu erhalten
 - Geometrien der Einlagerungsstrecken und Strecken des Grubengebäudes
 - Erhalt der günstigen Eigenschaften des Wirtsgesteins und der technischen Komponenten, die zur Sicherheit nach der Stilllegung beitragen ([7], Kap. 18.2.2.3.4)

- Thermische und thermo-hydrmechanische Dimensionierung der Einlagerungsbereiche
- Auswahl von Materialien für die technischen Komponenten, die mit den Eigenschaften des Wirtsgesteins kompatibel sind
- Restriktive Bestimmungen für die gemeinsame Endlagerung (*co-stockage*) von LL-IL-Abfällen
- Ausrichtung der Einlagerungsstrecken in Richtung der Hauptspannung, um die mechanische Beschädigung zu begrenzen
- Errichtung des Endlagers in einer geologischen Zone mit sehr geringer seismischer Aktivität
- Begrenzung der Hohlräume in den Einlagerungsstrecken

Aus der Langzeitsicherheitsbewertung geht hervor, dass

- die große Mehrheit der Radionuklide im Endlager oder dessen Nahfeld bleibt und
- nur wenige, langlebige und mobile Radionuklide an die Ober- und Unterkante des Wirtsgesteins und (in geringen Mengen und zeitlich und räumlich verdünnt) zu den Entnahmestellen gelangen ([7], Kap. 18.2.3; siehe auch Abschnitt 7.1.2 bzw. Anhang 7h).

Überwachungsmodalitäten

Vorkehrungen zur Überwachung des Grubengebäudes, die bereits bei der anfänglichen Errichtung im Hinblick auf den langfristigen Schutz nach der Stilllegung getroffen werden

- Bestätigung der Eigenschaften des Wirtsgesteins während der Auffahrungsarbeiten
- Überwachung des Verhalts des Wirtsgesteins (um zu überprüfen, dass dessen günstigen Eigenschaften erhalten bleiben)
- Kontrolle der HA-Endlagerbehälter
- Überwachung der Umgebungsbedingungen der HA-Einlagerungsstrecken und der HA-Endlagergebäude
- Überwachung der Umgebungsbedingungen der LL-IL-Einlagerungsstrecken und der IL-LL-Endlagergebäude

([7], Kap. 18.2.4.1)

Überwachungsmodalitäten während der Überwachungsphase

Die Modalitäten für die Umsetzung der Überwachungsvorkehrungen während der Überwachungsphase werden im Rahmen des Gesetzes zur Bestätigung der Stilllegung festgelegt. Dabei sollen die Überwachungsvorkehrungen sicherstellen, dass die Umwelt nicht kontaminiert wird. Zum jetzigen Zeitpunkt werden

- nicht-invasive Oberflächentechniken, die sich auf die Überwachung von Oberflächengewässern, Luft und Halden stützen,
- Messungen in instrumentierten Bohrlöchern von der Oberfläche bis zum *Oxfordien carbonaté* (grundwasserführende Schicht über dem Wirtsgestein) und
- Vorrichtungen, die bereits vor der endgültigen Stilllegung im Grubengebäude installiert werden und bei Bedarf auch nach der Stilllegung beibehalten werden

in Betracht gezogen ([7], Kap. 18.2.4.2).

Art und Modalitäten der Nachverfolgung von Umwelt- und Überwachungsmaßnahmen

Während der Bauvorbereitungsphase und der ersten Bauphase soll die Umweltüberwachung sicherstellen, dass die Maßnahmen zur Verringerung der Umweltauswirkungen ordnungsgemäß umgesetzt werden und wirksam sind. ANDRA und jeder Bauherr sorgen für eine gute Organisation der Baustellen, die Sensibilisierung und Schulung des Personals und führen während der gesamten Bauzeit regelmäßige Kontrollen und Besichtigungen durch oder lassen diese von den Hauptauftragnehmern und den Baufirmen durchführen. ([7], Kap. 19)

In der Betriebsphase zielt die Umweltüberwachung darauf ab, die Auswirkungen der Aktivitäten des Endlagers Cigéo auf seine Umgebung zu verfolgen und jeglicher Gefahr von Kontamination, Verschmutzung oder Belästigung vorzubeugen ([7], Kap. 19). Die Umweltüberwachung im weiteren Sinne stützt sich auf eine Reihe von Messungen, die

- die Überprüfung der Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen im Bereich des Umweltschutzes, insbesondere derjenigen, die in den verschiedenen erteilten Genehmigungen festgelegt werden,
- die Erkennung anomaler Situationen oder Entwicklungen zur Lokalisation und Identifizierung von Ursachen und
- ggf. die Festlegung neuer Bestimmungen zur Verhinderung des Wiederauftretens einer anomalen Situation oder Entwicklung

ermöglichen sollen ([7], Kap. 19).

Organisatorische Vorkehrungen zur Gewährleistung der Umweltüberwachung des Endlagers Cigéo

Ab der Bauvorbereitungsphase ist die Abteilung Q3SER (Qualität, Sicherheit, Sicherung, Gesundheit, Umwelt und Strahlenschutz, *qualité, sureté-sécurité-santé-environnement, radioprotection*) für Aufgaben im Zusammenhang mit der Umwelt (z. B. Überwachung der Abwässer und gasförmigen Ableitungen, Festlegung der Modalitäten für die Umweltüberwachung, Verwaltung von Umweltdaten, Verfassen von Berichten zur Umweltüberwachung und Erstellung von Abfallbilanzen) zuständig. Diese Aufgaben werden im Rahmen des IMS umgesetzt. ([7], Kap. 19.1)

Des Weiteren ist die Einrichtung einer CLI durch staatliche Stellen vorgesehen, deren allgemeine Aufgabe die Überwachung, Information und Abstimmung im Bereich der kerntechnischen Sicherheit, des Strahlenschutzes und der Auswirkungen der kerntechnischen Tätigkeiten auf Mensch und Umwelt in Bezug auf die Anlagen des Standorts ist. Die CLI erhält die für ihre Aufgaben notwendigen Informationen vom Betreiber, der ASN und den anderen staatlichen Stellen. Sie kann Gutachten in Auftrag geben oder Messungen durchführen lassen, die sich auf die Ableitungen der Anlage in die Umwelt beziehen. ([7], Kap. 19.1.2.1)

Der Austausch mit dem betroffenen Gebiet sowie mit den Verwaltungsbehörden wird über verschiedene Ausschüsse und Arbeitsgruppen fortgesetzt ([7], Kap. 19.1.2.2).

Überwachungsplan des Verbrauchs und der Ableitungen aus den Anlagen des Endlagers Cigéo

Wasser- und Energieverbrauch

Die Überwachung des Trinkwasserverbrauchs, der wiederverwendeten Wassermengen und der Grundwassermengen wird kontinuierlich durchgeführt. Der Energieverbrauch wird im Rahmen einer jährlichen Überwachung überwacht. ([7], Kap. 19.2.1)

Emissionsüberwachung

Der Überwachungsplan der atmosphärischen und flüssigen Emissionen des Endlagers Cigéo ist in Tabelle 19-1 in [7] abgebildet.

Umweltüberwachung der Einrichtungen des Endlagers Cigéo

Der Überwachungsplan, der für die verschiedenen Umweltkompartimente umgesetzt werden soll, ist in Tabelle 19-2 in [7] abgebildet.

Modalitäten für die Umweltüberwachungsmaßnahmen

Die Modalitäten der Umweltüberwachungsmaßnahmen haben zum Ziel, den Wirkungsgrad und die Nachhaltigkeit der Vorschriften, Maßnahmen und Merkmale des Projekts zu überprüfen, mit denen erhebliche negative Auswirkungen des Projekts auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit vermieden, vermindert und ausgeglichen werden sollen. Außerdem ermöglichen sie es, die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen im Bereich des Umweltschutzes zu überprüfen. Schließlich sollen sie so früh wie möglich jede anomale Situation aufdecken, um sicherzustellen, dass es keine Fehlfunktionen gibt, die sich auf die Umwelt auswirken könnten. ([7], Kap. 19.4)

In Tabelle 19-3 in [7] sind die vorgesehenen Überwachungsmodalitäten der VVA-Maßnahmen aufgeführt.

Überwachungsplan für ökologische Ausgleichsflächen

Um die Wirksamkeit der Ausgleichsmaßnahmen zu überprüfen, wird ein langfristiges ökologisches Monitoring über einen Zeitraum von mindestens 50 Jahren durchgeführt. Der Monitoringplan wird in die detaillierten Managementpläne für die Ausgleichsflächen integriert, die mit den späteren Genehmigungsanträgen von Bauarbeiten vorgelegt werden. Des Weiteren verpflichtet sich ANDRA nach 50 Jahren gemeinsam mit den für die Überwachung der Ausgleichsmaßnahmen zuständigen staatlichen Stellen erneut zu prüfen, was mit den Ausgleichsstandorten geschehen soll. ([7], Kap. 19.5)

Überwachungsplan für die Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts, die von anderen Bauherren durchgeführt werden

Für jede Maßnahme des Cigéo-Gesamtprojekts wird von dem jeweiligen Bauherrn ein Überwachungsplan möglicher Auswirkungen vorgeschlagen. Die Überwachung dieser Pläne wird von den Bauherren für jede Phase (Bauvorbereitungs- und Betriebsphase) sichergestellt und deckt alle Umweltkompartimente ab. ([7], Kap. 19.6)

Schätzung der Ausgaben für Umweltmaßnahmen

Die Umweltschutzbestimmungen stellen für das Cigéo-Gesamtprojekt ein Budget in der Größenordnung von 336 Mio. € bis 353 Mio. € dar, das sich wie folgt aufteilt:

- 117 Mio. € bis 134 Mio. € entsprechen den strategischen Designoptionen, die zugunsten der Umwelt getroffen wurden ([7], Kap. 20.1.1),
- 176 Mio. € entsprechen den Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen (davon 2,4 Mio. € für die Stromversorgung; [7], Kap. 20.1.2 & 20.2)
- 8 Mio. € entfallen auf kollektive ökologische, forst- und landwirtschaftliche Ausgleichsmaßnahmen ([7], Kap. 20.3)

Weitere Kosten für die Umweltüberwachung und -kontrolle kommen während der Lebensdauer des Cigéo-Gesamtprojekts hinzu. Sie stellen ein Budget von etwa 1 Mio. € pro Jahr dar ([7], Kap. 20.4).

Diese Budgets sind vor dem Hintergrund der voraussichtlichen Ausgaben zu sehen, die durch die Durchführung der für die Inbetriebnahme des Endlagers Cigéo notwendigen Investitionen entstehen und auf etwa 5,06 Mrd. € (2018) geschätzt werden. Die zusätzlichen Kosten für den weiteren Betrieb des Endlagers Cigéo werden auf etwa 5,7 Mrd. € (2018) geschätzt. Zusätzlich werden die Kosten für die anderen Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts, die ganz oder teilweise von ANDRA finanziert werden (Stromversorgung, Wasserversorgung, Ertüchtigung der Bahnlinie und Umleitung der Departementsstraße), auf etwa 150 Mio. € (2018) geschätzt. ([7], Kap. 20)

Entwicklung der Umwelt im Falle der Umsetzung und Nicht-Umsetzung des Projekts

Die Zeiträume, die für die Untersuchung der Umweltentwicklung mit und ohne das Projekt betrachtet werden, laufen bis zu den Jahren 2030 und 2050. Diese Zeitpunkte überschneiden sich mit der ersten Bauphase und der anschließenden Betriebsphase des Cigéo-Gesamtprojekts. ([7], Kap. 21.1)

Der Klimawandel und die Entwicklung der menschlichen Aktivitäten werden zu Veränderungen in den verschiedenen Umweltmedien des Untersuchungsgebiets führen. Insbesondere die Bodenbedeckung und -verschmutzung hängt stark davon ab, wie sich die Art der Landwirtschaft in dem Gebiet entwickelt. Die aktuellen und zukünftigen Trends bei der Bevölkerungs- und Beschäftigungsentwicklung sind rückläufig. Darüber hinaus weist das Gebiet im Vergleich zum Rest Frankreichs einen Rückstand in Bezug auf die verschiedenen Versorgungsnetze und die Verkehrsinfrastruktur auf. ([7], Kap. 21.2)

Mit der Umsetzung des Cigéo-Gesamtprojekts werden sich einige der Schutzgüter anders entwickeln. Die Bodenbedeckung wird sich stark verändern, da 783 ha Boden umgewidmet werden. Diese Bodenveränderung wird Auswirkungen auf die Landwirtschaft und die Biodiversität haben, da landwirtschaftliche Flächen verloren gehen oder Lebensräume zerstört werden. Die Anlagen werden die Landschaft während der Betriebsphase beeinträchtigen, aber dank der geplanten Bepflanzung bald nicht mehr wahrnehmbar sein. Während seiner gesamten Lebensdauer wird das Cigéo-Gesamtprojekt eine große Anzahl von Arbeitsplätzen schaffen, was zu einer positiven Veränderung der Demografie führen wird. Schließlich werden die für das Projekt eingerichteten Infrastrukturen und Versorgungsnetze einen nicht zu unterschätzenden Vorteil für die Entwicklung der Region darstellen. ([7], Kap. 21.2)

Zusammenfassung der Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die Umwelt

Die Zusammenfassung der Umweltauswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts ist in Tabelle A6i - 2 in Anhang 6i dargestellt.

Anhang 6f – Pièce 6 Volume 5

Etude d'impact du projet global Cigéo

Évaluation des incidences sur les sites Natura 2000

Umweltverträglichkeitsstudie des Cigéo-Gesamtprojekts

Verträglichkeitsprüfung für Natura 2000-Gebiete

Kurzzusammenfassung:

Dieser Band behandelt die Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf Natura 2000-Gebiete.

Das Natura 2000-Netzwerk umfasst natürliche oder halbnatürliche Gebiete in der EU, die aufgrund ihrer außergewöhnlichen Flora und Fauna einen hohen Wert für das Naturerbe haben. Alle Projekte, die von einer UVP betroffen sind, müssen eine Bewertung der Auswirkungen auf Natura 2000-Gebiete beinhalten.

Zusammenfassung:

Diese Antragsunterlage [22] enthält eine Beschreibung der Natura 2000 Gebiete, auf die das Cigéo-Gesamtprojekt Auswirkungen haben kann, sowie die Bewertung der identifizierten Auswirkungen für das jeweilige Natura 2000 Gebiet.

In Kapitel 1 erfolgt eine allgemeine Beschreibung der Bedeutung sowie Hintergründe der Natura 2000 Gebiete und warum eine UVP für das Cigéo-Gesamtprojekt durchgeführt wird.

In Kapitel 2 erfolgt eine spezifische Beschreibung des Cigéo-Gesamtprojekts sowie der begleitenden Maßnahmen (siehe auch [16] bzw. Anhang 6c) mit ihrem potenziellen Umwelteinfluss (siehe auch [5–7] bzw. Anhang 6e). Zu diesen begleitenden Maßnahmen zählt der Ausbau der Strom- und Wasserversorgung, die Ertüchtigung der Bahnlinie 027000 sowie die Umleitung der Departementsstraße D60/960. Im Anschluss wird das relevante Untersuchungsgebiet definiert und die relevanten Maßstäbe erläutert. Das relevante Untersuchungsgebiet definiert sich über einen Radius von 30 km um das Cigéo-Gesamtprojekt, über Gebiete die hydraulisch stromabwärts liegen und durch Flüssigkeitseinleitungen betroffen sein können, sowie Gebiete die durch Gas-, Staub- oder Lärmemission, Erschütterung oder Lichtverschmutzung vorübergehend oder dauerhaft beeinträchtigt sein können. Auf Basis dieser Maßstäbe werden in Kapitel 2.4 der Unterlage insgesamt 28 Gebiete ausgewiesen, welche betroffen sein könnten.

In Kapitel 3 werden diese 28 Gebiete vorgestellt und bzgl. einer erheblichen Beeinträchtigung durch das Cigéo-Gesamtprojekt spezifisch bewertet. In Abgrenzung zu den hier betrachteten Natura 2000 Gebieten wird auf [5–7] verwiesen, in denen die Auswirkungen auf die Umwelt außerhalb der Natura 2000 Gebiete bewertet worden sind. Voraussichtlich liegt bei 14 der 28 identifizierten Gebiete eine erhebliche Beeinträchtigung vor.

In Kapitel 4 erfolgt eine detaillierte Bewertung dieser 14 Natura 2000 Gebiete unter Berücksichtigung der Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen, der möglichen kumulativen Effekten aus anderen bereits bekannten Projekten sowie der Auswirkungen der Stilllegung und des Rückbaus des Cigéo-Gesamtprojekts. Für die detaillierte Bewertung werden zuerst die als relevant betrachteten

Effekte, deren Eigenschaften sowie Auswirkungen getrennt nach Bau- und Betriebsphase erläutert (siehe [22], Tabelle 4-1 in Kap. 4.2). Zusätzlich werden Emissionen gasförmiger Schadstoffe und Staub, Ableitung von flüssigen Abwässern sowie Lichtemissionen betrachtet.

Zu Emissionen gasförmiger Schadstoffe und Staub wird festgehalten, dass die Auswirkungen durch gasförmige Schadstoffe für die identifizierten Natura 2000 Gebiete nicht signifikant sind und nicht weiter betrachtet werden müssen ([22], Kap. 4.2.1). Zu Staubemissionen wird unter Verweis auf Kapitel 2.4 in [5] ausgeführt, dass diese insgesamt vernachlässigbar sind.

Zur Ableitung von flüssigen Abwässern wird unter Verweis auf Kapitel 4 in [5] festgehalten, dass eine potenzielle Auswirkung auf das Natura 2000 Gebiet „*Bois de Demange et Saint-Joire*“ vorliegt, welches näher zu betrachten ist ([22], Kap. 4.2.2).

Zur Lichtemission wird festgehalten, welche Quellen für die Lichtemission vorliegen ([22], Kap. 4.2.3).

In Tabelle 4-2 in Kapitel 4.3 werden die Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen als Liste unter Verweis auf [6] aufgeführt.

Nachfolgend erfolgt in Kapitel 4.4 eine Betrachtung der 14 identifizierten Gebiete bezüglich Auswirkungen durch das Cigéo-Gesamtprojekt. Hierbei werden direkte und indirekte Auswirkungen sowie die geplanten Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen für die Bau- und Betriebsphase aufgeführt und bewertet, einschließlich einer abschließenden Schlussfolgerung zur Folgenabschätzung (siehe Tabelle A6f - 1).

Tabelle A6f - 1: Bewertung der Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf Natura 2000-Gebiete ([22], Kap. 4.4)

Natura 2000-Gebiet	Bezeichnung	Bewertung der Auswirkungen durch das Cigéo-Gesamtprojekt
ZSC ⁵² FR4100180	<i>Bois de Demange, Saint-Joire</i>	Die Betroffenheit durch die Rodungsmaßnahmen wird infolge der indirekten Auswirkung als <u>nicht erheblich</u> eingestuft.
		Die Auswirkungen auf die Tierarten werden durch die Umsetzung von Maßnahmen aus Tabelle 4-2 ([22], Kap. 4.3) als <u>nicht erheblich</u> eingestuft.
ZSC FR2102001	<i>Anciennes carrières souterraines de Chevillon et Fontaines sur Marne</i> (ehemalige unterirdische Steinbrüche von Chevillon und Fontaines sur Marne)	Die Auswirkungen durch die Bau- und Betriebsphase auf die Fledermäuse werden als direkt, aber aufgrund der Entfernung als <u>nicht erheblich</u> eingestuft.

⁵² Besonderes Erhaltungsgebiet (*zone spéciale de conservation*, ZSC)

Natura 2000-Gebiet	Bezeichnung	Bewertung der Auswirkungen durch das Cigéo-Gesamtprojekt
ZSC FR4100247	<i>Carrières du Perthois: gîtes à chauves-souris</i> (Fledermausquartiere)	Die Auswirkungen durch die Bau- und Betriebsphase auf die Fledermäuse werden als direkt, aber aufgrund der Entfernung als <u>nicht erheblich</u> eingestuft.
ZSC FR2100247	<i>Pelouses et fruticée de la région de Joinville</i> (Gras- und Krautfluren in der Region von Joinville)	Die Auswirkungen durch die Bau- und Betriebsphase auf die Jagdgebiete von Fledermäusen werden als indirekt, aber aufgrund der Entfernung als <u>nicht erheblich</u> eingestuft.
ZPS ⁵³ FR4112008	<i>Vallée de la Meuse</i> (Maastal)	Die Auswirkungen durch die Bauphase der Masten wird als direkt, vorübergehend und lokal sehr begrenzte, <u>nicht erhebliche</u> Störung von Tieren eingestuft.
		Für die Betriebsphase werden <u>keine erheblichen Auswirkungen</u> erwartet.
ZSC FR4100182	<i>Forêts de Gondrecourt-le-Château</i> (Wälder von Gondrecourt-le-Château)	Die Auswirkungen auf den natürlichen Lebensraum werden durch die Bauphase der Masten, welche außerhalb des Gebiets liegen, als direkt und lokal sehr begrenzte, <u>nicht erhebliche</u> Störung eingestuft.
		Für die Betriebsphase werden <u>keine erheblichen Auswirkungen</u> erwartet.
ZSC FR4100154	<i>Pelouses, forêts et fort de Pagny-la-Blanche-Côte</i> (Wiesen, Wälder und die Festung von Pagny-la-Blanche-Côte)	Die Auswirkungen durch die Bau- und Betriebsphase auf die Fledermäuse werden als direkt, aber aufgrund der Entfernung als <u>nicht erheblich</u> eingestuft.
ZSC FR4100191	<i>Milieux forestiers et prairies humides des vallées du Mouzon et de l'Anger</i> (Waldgebiete und Feuchtgebiete der Täler von Mouzon und Anger)	Die Auswirkungen durch die Bauphase werden als indirekt und infolge der Entfernung zu dem Lebensraum der Fledermäuse als <u>nicht erheblich</u> eingestuft.
		Für die Betriebsphase werden <u>keine Auswirkungen</u> erwartet.

⁵³ Besonderes Schutzgebiet (*zone de protection spéciale*, ZPS)

Natura 2000-Gebiet	Bezeichnung	Bewertung der Auswirkungen durch das Cigéo-Gesamtprojekt
ZSC FR2100291	<i>Vallée du Rognon, de Doulaincourt à la confluence avec la Marne</i> (Tal des Rognon von Doulaincourt bis zum Zusammenfluss mit der Marne)	<p>Die Auswirkungen durch die Bauphase werden als indirekt und infolge der Entfernung zu dem Lebensraum der Fledermäuse als <u>nicht erheblich</u> eingestuft.</p> <p>Für die Betriebsphase werden <u>keine Auswirkungen</u> erwartet.</p>
ZPS FR2112011	<i>Bassigny</i>	<p>Die Auswirkungen durch die Bauphase infolge der Zerstörung von natürlichen Lebensräumen werden aufgrund der vorliegenden Entfernungen sowie der geplanten Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen (z. B. Beachtung von Brutzeiten, bekannten Nistplätzen, Verminderung von Verschmutzungen sowie Schaffung von Hecken und Grünstreifen) als <u>marginale</u> Auswirkung für die betroffenen Vogelarten (u. a. Rotmilan und Grauspecht) bewertet.</p> <p>Die Auswirkungen durch den Betrieb werden als identisch zu denen in der Bauphase bewertet. Durch die Anwendung der gleichen Maßnahmen wie in der Bauphase werden hier ebenfalls nur <u>marginale</u> Auswirkungen erwartet.</p> <p>Infolge der Größe des Natura 2000-Gebiets werden <u>keine Trenneffekte</u> erwartet.</p>
ZPS FR4112011	<i>Bassigny, partie Lorraine</i> (Teil Lothringen)	<p>Die Auswirkungen durch die Bauphase werden unter Einhaltung der geplanten Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen als indirekt und <u>ohne erhebliche</u> Auswirkung für die betroffenen Raubvogelarten bewertet.</p> <p>Die Auswirkungen möglicher Störungen durch den Betrieb werden als <u>nicht erheblich</u> bewertet.</p>

Natura 2000-Gebiet	Bezeichnung	Bewertung der Auswirkungen durch das Cigéo-Gesamtprojekt
ZPS FR2110091	<i>Étang de la Horre</i>	<p>Die Auswirkungen der Bauphase werden, u. a. durch verschiedene Vogelschutzmaßnahmen im Rahmen der Arbeiten an den Strommasten, als direkte sowie vorübergehend und lokal sehr begrenzte Maßnahmen <u>ohne erhebliche</u> Bedeutung eingestuft.</p> <p>Für die Betriebsphase werden <u>keine erheblichen</u> Auswirkungen erwartet.</p>
ZSC FR2100332	<i>Étang de la Horre</i>	<p>Die Auswirkungen der Bauphase werden, u. a. durch verschiedene Vogelschutzmaßnahmen im Rahmen der Arbeiten an den Strommasten, als direkte sowie vorübergehend und lokal sehr begrenzte Maßnahmen <u>ohne erhebliche</u> Bedeutung eingestuft.</p> <p>Für die Betriebsphase werden <u>keine</u> Auswirkungen erwartet.</p>
ZPS FR2112001	<p><i>Herbages et cultures des vallées de la Voire, de l'Héronne et de la Laines</i></p> <p>(Grasland und Kulturen in den Tälern von <i>Voire, Héronne</i> und <i>Laines</i>)</p>	<p>Für die Bauphase werden infolge der Entfernung <u>keine</u> Auswirkungen erwartet.</p> <p>Für die Betriebsphase werden <u>keine erheblichen</u> Auswirkungen erwartet.</p>

Im Anschluss erfolgt eine Erfassung und Bewertung möglicher kumulierter Umweltauswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts und anderer, aktuell bekannter Projekte ([22], Kap. 4.5). In Tabelle 4-4 werden die Ergebnisse der Erfassung und Bewertung dargestellt. Es werden keine kumulativen Auswirkungen zwischen den betrachteten Projekten festgestellt.

In Kapitel 4.6 dieser Antragsunterlage [22] erfolgt eine kurze Betrachtung von Auswirkungen im Rahmen von Rückbau und Stilllegung. Es wird erläutert, dass die Auswirkungen analog zu denen der Bauphase sein werden. Durch Einhaltung identischer oder modernerer Maßnahmen werden in dieser Phase ebenfalls keine erheblichen Auswirkungen erwartet.

In Kapitel 5 dieser Antragsunterlage [22] erfolgt eine kurze und übersichtliche Zusammenfassung der Bewertungsergebnisse bzgl. des Vorliegens einer erheblichen Beeinträchtigung der 14 Gebiete. Im Ergebnis wird festgestellt, dass in Folge der Entfernung, der Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen nach dem aktuellen Kenntnisstand keine erheblichen Auswirkungen durch das Cigéo-Gesamtprojekts vorliegen.

Anhang 6g – Pièce 6 Volume 6

Etude d'impact du projet global Cigéo

Incidences sur la santé humaine

Umweltverträglichkeitsstudie des Cigéo-Gesamtprojekts

Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit

Kurzzusammenfassung:

Dieser Band befasst sich mit den Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die menschliche Gesundheit, die durch die Bewertung der Gesundheitsrisiken (*l'évaluation des risques sanitaires*; ERS) im Zusammenhang mit den Emissionen des Projekts ermittelt wurden.

Ziel der Folgenabschätzung für die menschliche Gesundheit ist es, die potenziellen Auswirkungen der mit den Projektaktivitäten verbundenen Emissionen auf die Gesundheit der Bevölkerung in der Umgebung zu beurteilen.

Hierbei handelt sich nicht um eine deskriptive Studie über die Gesundheit der Bevölkerung (epidemiologische Studie), sondern um eine prospektive Studie, die innerhalb eines gesetzlichen Rahmens mit festgelegten Methoden erstellt wird. Sie stellt ein Instrument zur Entscheidungshilfe dar, mit dem gegebenenfalls nachgewiesen werden kann, dass keine nennenswerten Auswirkungen und/oder besorgniserregenden Risiken für die Gesundheit der Bevölkerung im Zusammenhang mit den voraussichtlichen Emissionen des Cigéo-Gesamtprojekts auftreten.

Zusammenfassung

Auswirkungen physischer Emissionen auf die menschliche Gesundheit

Das Cigéo-Gesamtprojekt verursacht während der Bauvorbereitungs-, Bau- und Betriebsphase Lärm, Vibrationen, Licht, Gerüche sowie elektrische und magnetische Felder. Diese Emissionen, die sich über die Luft und/oder den Boden ausbreiten, nehmen mit zunehmender Entfernung deutlich ab. ([23], Kap. 2)

Lärmemissionen

Während der Bau- und Betriebsphase umfasst das Cigéo-Gesamtprojekt mehrere Maßnahmen und Tätigkeiten, die Lärmemissionen verursachen (z. B. Betrieb von Baumaschinen, Be- und Entladen von Materialien, Straßen- und Schienenverkehr, Sprengungen und Betrieb von Lüftungsanlagen; [23], Kap. 2.2.1.3).

Da die potenziellen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit als erheblich bewertet werden, werden verschiedene Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen vorgeschlagen ([23], Kap. 2.1.2). Die Umsetzung dieser Maßnahmen führt dazu, dass der Lärmpegel an allen nächstgelegenen Häusern und in allen Projektphasen des Projekts unter den gesetzlichen Grenzwerten liegt ([23], Kap. 2.1.3). Aus diesem Grund werden die verbleibenden Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts (in Bezug auf Lärm) auf die menschliche Gesundheit als gering bewertet ([23], Kap. 2.1.3.1, 2.1.3.2 und 2.1.3.3).

Erschütterungen

Während der Bau- und Betriebsphase umfasst das Cigéo-Gesamtprojekt mehrere Maßnahmen und Tätigkeiten, die Erschütterungen verursachen (z. B. Straßen- und Schienenverkehr, Betrieb von Baumaschinen). Die untertägigen Aktivitäten werden wahrscheinlich keine Erschütterungen an der Oberfläche verursachen. ([23], Kap. 2.2.1.2).

Da die mit dem Einsatz von Baumaschinen und Sprengungen verbundenen Erschütterungen für die nächstgelegenen Anwohner spürbar sind, werden die potenziellen Auswirkungen als erheblich bewertet und es werden verschiedene Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen vorgeschlagen ([23], Kap. 2.2.2). Nach Umsetzung dieser Maßnahmen werden die verbleibenden Auswirkungen von Erschütterungen auf die menschliche Gesundheit als gering bewertet ([23], Kap. 2.2.3).

Lichtemissionen

Die Hauptquellen für Lichtemissionen des Cigéo-Gesamtprojekts sind die Baustellen- und Anlagenbeleuchtung sowie die Scheinwerfer von Fahrzeugen. Da die potenziellen Auswirkungen von Lichtemissionen auf die menschliche Gesundheit als erheblich bewertet werden, werden verschiedene Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen vorgeschlagen. ([23], Kap. 2.3.1.2) Nach Umsetzung dieser Maßnahmen werden die verbleibenden Auswirkungen von Lichtemissionen auf die menschliche Gesundheit als gering bewertet ([23], Kap. 2.3.3).

Geruchsemissionen

Die Hauptquellen für Geruchsemissionen des Cigéo-Gesamtprojekts stehen im Zusammenhang mit dem Verkehr auf den neu geschaffenen oder ausgebauten Straßen und Schienenwegen (Abgase) sowie mit dem Aufbringen von Straßenbelag auf den Straßen. Auf dem Gelände des Endlagers können lokale Geruchsemissionen durch das Vorhandensein von zersetzbaren Abfällen (Restaurants) und der vorübergehenden Lagerung von Wasser in Becken sowie von Chemikalien oder Treibstoffen auftreten. ([23], Kap. 2.4.1.2)

Da die potenziellen Auswirkungen von Geruchsemissionen auf die menschliche Gesundheit als erheblich bewertet werden, werden verschiedene Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen vorgeschlagen. ([23], Kap. 2.4.1.2) Nach Umsetzung dieser Maßnahmen sind die Geruchsemissionen sehr lokal und punktuell und verteilen sich schnell und sind für die Anwohner kaum wahrnehmbar. Folglich sind die verbleibenden Auswirkungen von Gerüchen auf die menschliche Gesundheit gering. ([23], Kap. 2.4.3)

Elektromagnetische Felder

Die elektromagnetischen Emissionen stehen in Zusammenhang mit der Stromversorgung des Cigéo-Gesamtprojekts (z. B. 400-kV-Leitung, Umspannstation und 90-kV-Leitung; [23], Kap. 2.5.1.3).

Da die potenziellen Auswirkungen von elektromagnetischen Feldern auf die menschliche Gesundheit als erheblich bewertet werden, werden verschiedene Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen vorgeschlagen. ([23], Kap. 2.5.2)

Da sich die Anlagen für die Stromversorgung des Cigéo-Gesamtprojekts nicht in der Nähe von Wohngebieten befinden und die verbleibenden Auswirkungen durch die Emission elektro-magnetischer Felder unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte bleiben, werden die verbleibenden Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit als sehr gering bewertet ([23], Kap. 2.5.3.4).

Auswirkungen chemischer Emissionen auf die menschliche Gesundheit

Das Cigéo-Gesamtprojekt verursacht während der Bauvorbereitungs-, Bau- und Betriebsphase flüssige und atmosphärische chemische Emissionen ([23], Kap. 3).

Chemische Abwässer

Die Quellen chemischer Abwässer aus dem Cigéo sind die Wässer, die an den verschiedenen Standorten und während aller Projektphasen erzeugt und/oder verwaltet werden (Regenwasser, Hangabflusswasser, Abwasser und Grundwasser). Da die potenziellen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit als erheblich bewertet werden, werden verschiedene Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen vorgeschlagen. ([23], Kap. 3.1.1.5)

Da die Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen zu Abwasser mit guter chemischer und ökologischer Qualität führen und die Qualitätsschwellen eingehalten werden, werden flüssige chemische Emissionen (Abwässer) in keiner der betrachteten Projektphasen als Quelle gefährlicher Emissionen für die menschliche Gesundheit angesehen. Somit werden die verbleibenden Auswirkungen der flüssigen chemischen Abwässer des Cigéo-Gesamtprojekts auf die menschliche Gesundheit als sehr gering bewertet. ([23], Kap. 3.1.3)

Atmosphärische chemische Emissionen

Die Quellen atmosphärischer chemischer Emissionen werden in flächige (z. B. Halden), lineare (z. B. Maschinen- und Fahrzeugverkehr) und kanalisierte (z. B. Heizungs- und Betonmischanlagen) Quellen unterteilt ([23], Kap. 3.2.1.3).

Da die potenziellen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit als erheblich bewertet werden, werden verschiedene Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen vorgeschlagen ([23], Kap. 3.2.1.4). Für die Bewertung der verbleibenden Auswirkungen werden die Konzentrationen (bestimmter Stoffe) in der Luft mithilfe der Software ARIA IMPACT Version 1.8 bestimmt und die Berechnungsergebnisse auf ein 16 km × 16 km großes Untersuchungsgebiet projiziert, das auf das Cigéo zentriert ist ([23], Kap. 3.2.3.3.1).

An den Wohnorten der wahrscheinlich am stärksten exponierten Bevölkerungsgruppen liegen die Expositionen gegenüber chemischen Emissionen alle weit unter den Luftqualitätszielen und den Grenzwerten für den Schutz der menschlichen Gesundheit. Die berechneten Risikoindikatoren liegen ebenfalls weit unter den Referenzwerten der von INERIS empfohlenen Methodik. Aus diesem Grund werden die verbleibenden Auswirkungen der atmosphärischen chemischen Emissionen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die menschliche Gesundheit als sehr gering bewertet. ([23], Kap. 3.2.3.5)

Auswirkungen radioaktiver Emissionen auf die menschliche Gesundheit

Die radioaktiven Emissionen des Cigéo-Gesamtprojekts stammen aus den Abfallgebinden, die zum Endlager Cigéo transportiert und dann innerhalb der Anlagen bis zu den Einlagerungsstrecken im Wirtsgestein umgeladen werden ([23], Kap. 4.1.3).

Emissionen aus dem Transport von Primärgebinden

Um auf öffentlichen Straßen transportiert werden zu können, wird radioaktiver Abfall konditioniert und in einen Behälter gefüllt. Die sogenannten PG werden dann in einer Transportverpackung angeordnet, die auf die Gefährlichkeit des Abfalls und die Transportbedingungen ausgelegt ist. ([23], Kap. 4.1.3.1)

Eine Person, die sich in einer Entfernung von zwei Metern von allen 80 pro Jahr vorbeifahrenden Zügen befindet, würde jährlich eine effektive Dosis in der Größenordnung von einigen Dutzend

Mikrosievert aufnehmen. Folglich wird die Exposition gegenüber Transporten als äußerst gering und zeitlich begrenzt bewertet. ([23], Kap. 4.1.3.1)

Emissionen aus Tätigkeiten innerhalb der Anlagen des Cigéo

Die Tätigkeiten, die mit Abfallgebinden verbunden sind, beschränken sich in den Anlagen des Cigéo auf Handhabungs- und Kontrolltätigkeiten ([23], Kap. 4.1.3.2). Die radioaktiven Emissionen innerhalb der Anlagen des Cigéo stammen aus

- der Freisetzung sehr geringen Mengen gasförmiger Radionuklide (H-3, C-14 und Kr-85) aus einigen LL-IL-Abfallgebinden,
- etwaigen Kontaminationen auf den Außenflächen von Transportverpackungen (innerhalb der von den Transportvorschriften akzeptierten Grenzen) und
- der potenziellen Rückgewinnung kleiner Mengen gesammelter unkonventioneller flüssiger Abwässer ([23], Kap. 4.1.3.2).

Da die potenziellen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit als erheblich bewertet werden, werden verschiedene Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen vorgeschlagen ([23], Kap. 4.1.3.2).

Unkonventionelle Abwässer

Die abdeckend geschätzten jährlichen Mengen an unkonventionellen Abwässern werden während der ersten Jahrzehnte des Endlagerbetriebs (bis zum Jahr 2080) in der Größenordnung von 90 m³/Jahr liegen. Die maximale alpha- bzw. beta-Aktivität dieser Abwässer liegt in der Größenordnung von 10 Bq/L bzw. 100 Bq/L, wobei diese Mengen und Aktivitäten unter sehr konservativen Annahmen bewertet wurden und weit über den tatsächlich zu erwartenden Abwassermengen liegen. ([23], Kap. 4.3.2)

Die unkonventionellen Abwässer werden gesammelt, charakterisiert und zur Entsorgung an eine zugelassene Annahmestelle für flüssige radioaktive Abfälle (außerhalb der Anlage) abgegeben. Folglich werden die verbleibenden Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit als äußert gering bewertet. ([23], Kap. 4.3.2)

Atmosphärische radioaktive Emissionen

Die Bewertung der Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit durch atmosphärische radioaktive Emissionen wird unter Berücksichtigung konservativer Annahmen durchgeführt (z. B. nicht fest-anhaftende Oberflächenkontamination entspricht den maximal zulässigen Grenzwerten, keine Berücksichtigung des Rückhaltevermögens der Behälter). Bei Aerosolen wird davon ausgegangen, dass die Effizienz der Filter 99,9 % beträgt, was der Mindestanforderung der Herstellungsnorm entspricht. ([23], Kap. 4.3.3.1)

Die Freisetzungen aus der untertägigen Anlage stellen die Hauptquelle der atmosphärischen radioaktiven Emissionen dar, gegenüber der die Ableitungen aus der übertägigen kerntechnischen Anlage vernachlässigbar sind ([23], Kap. 4.3.3.1). Die Ergebnisse der Ausbreitungsmodellierung ergibt sehr niedrige maximale Tritium-Luftkonzentrationen (zwischen 0,01 Bq/m³ und 0,0001 Bq/m³). Auch die Luftkonzentrationen der anderen freigesetzten Radionuklide sind sehr niedrig. ([23], Kap. 4.3.3.2)

Angesichts der in den verschiedenen Umweltmedien ermittelten Konzentrationen sind die Einwohner von *Bure* am stärksten durch die radioaktiven Ableitungen aus dem Cigéo betroffen ([23], Kap. 4.3.3.4). Dort liegen die berechneten effektiven Dosen, unabhängig von der Altersklasse der Bevölkerung, in der Größenordnung von 0,001 mSv/a ([23], Kap. 4.3.3.5). Dieser Wert ist deutlich geringer

als der behördliche Grenzwert von 1 mSv/a und der von ANDRA festgelegte Grenzwert von 0,25 mSv/a und ist im Vergleich zur jährlichen Exposition der französischen Bevölkerung durch natürliche Radioaktivität nicht wahrnehmbar ([23], Kap. 4.3.3.6). Folglich werden die verbleibenden Auswirkungen der radioaktiven Emissionen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die menschliche Gesundheit während der Betriebsphase als sehr gering bewertet ([23], Kap. 4.3.3.7).

Auswirkungen nach der Stilllegung auf die menschliche Gesundheit

Auch wenn die Radioaktivität von HA- und LL-IL-Abfällen im Laufe der Zeit abnimmt, sind die Zeitskalen, die mit ihrer Gefährlichkeit verbunden sind, sehr lang. Ihre Radioaktivität wird sich erst nach mehreren hunderttausend Jahren der ursprünglichen Radioaktivität von schwach radioaktiven Abfällen annähern. ([23], Kap. 5.1)

Der langfristige (passive) Schutz von Mensch und Umwelt beruht auf der Schicht des Callovo-Oxfordium (Wirtsgestein), dessen Schutzfunktion durch (geo-)technische Barrieren wie die Verschlussbauwerke der LSF und die Konditionierung der Abfälle ergänzt wird. Das Grubengebäude wird sich nur sehr langsam mit Wasser aufsättigen, wobei die HA- und LL-IL-Abfallgebinde in Gegenwart von Wasser mit der Zeit abgebaut und die in den Abfallgebänden enthaltenen Radionuklide und chemo-toxischen Stoffe nach und nach in die Einlagerungsstrecken freigesetzt werden. Da Wasser den Hauptpfad für die Migration von Radionukliden und chemo-toxischen Stoffen aus dem Abfall in die Biosphäre darstellt, hat ANDRA verschiedene Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen ergriffen, um die potenziellen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt zu begrenzen. ([23], Kap. 5.1; siehe auch Sicherheitsfunktionen in Anhang 7b)

Die Bewertung der verbleibenden Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit besteht in der quantitativen Bewertung des Schutzniveaus, das das Endlager gegenüber einigen Radionukliden und chemo-toxischen Stoffen bietet, die möglicherweise bis zu einem Abfluss (Wasserentnahmestelle) gelangen, der für den Menschen zugänglich ist und von ihm für seine Aktivitäten (Trinkwasser, Bewässerung, Tränken von Tieren usw.) genutzt wird. ([23], Kap. 5.3)

Der von ANDRA verfolgte Ansatz zur Bewertung der Langzeitsicherheit wird in Anhang 7b zusammenfassend dargestellt. Die quantitative Bewertung wird mit Hilfe numerischer Werkzeuge durchgeführt, die in der Lage sind, die Freisetzung von Radionukliden und chemo-toxischen Stoffen aus den Abfallgebänden, ihre Migration im Grubengebäude, im Wirtsgestein und in den das Wirtsgestein umgebenden Schichten bis zu den Entnahmestellen zu simulieren und zu quantifizieren ([23], Kap. 5.3.1.4). Sie erfolgt für verschiedene

- Szenarien (SEN, SEA, WIS und SIHI; siehe auch Anhang 7h),
- Referenzgruppen (Multi-Aktivitäten, Multi-Aktivitäten Dorfgärtner, Multi-Aktivitäten Rinderzüchter, Multi-Aktivitäten Jäger und Fischer),
- Altersgruppen (Erwachsene, zehnjähriges Kind und einjähriges Kind),
- Biosphären (gemäßigte, subtropisch feuchte und kalte Biosphäre borealen Typs (*biosphère froide type boréale*) und
- Entnahmestellen (*Barrois*, *Dogger*, *Oxfordien* und *Ornain*).

Die quantitativen Bewertungen der Referenzsituation des SEN unterstreichen die Fähigkeit des Endlagersystems, die meisten Radionuklide einzuschließen und die Migration langlebiger, mobiler Radionuklide zu begrenzen. Die radiologischen Auswirkungen sind mit 0,0015 mSv/Jahr sehr gering und liegen damit weit unter dem Referenzwert von 0,25 mSv/Jahr und entsprechen charakteristischen Zeiten von 600 000 Jahren. ([23], Kap. 5.3.4)

Die Ergebnisse der Bewertungen von anderen Szenarien und Situationen unterstreichen die zentrale Rolle des Wirtsgesteins, die durch die (geo-)technischen Barrieren ergänzt wird. Hinsichtlich der Einschlussleistung und der radiologischen Auswirkungen auf den Menschen an den Entnahmestellen (jährliche Dosis) ähneln die Ergebnisse im Wesentlichen dem Ergebnis des Referenzszenarios des SEN. ([23], Kap. 5.3.5.2)

Alle Ergebnisse bestätigen die Robustheit des Endlagersystems gegenüber den verbleibenden Ungewissheiten ([23], Kap. 5.3.6).

Auswirkungen von Unfallsituationen auf die menschliche Gesundheit

Unfallsituationen in der kerntechnischen Anlage

ANDRA stellt bereits bei der Auslegung sicher, dass die in ihren Anlagen umgesetzten technischen und organisatorischen Vorkehrungen Unfälle verhindern und ihre Folgen für alle in Betracht gezogenen Situationen (normaler und anomaler Betrieb, Störfälle und Unfälle) begrenzen ([23], Kap. 6.1.1). Eine systematische Untersuchung von Unfallsituationen soll die Robustheit des Sicherheitsnachweises gegenüber unwahrscheinlichen Situationen unter Berücksichtigung der Sicherheitsvorkehrungen bezüglich Prävention, Überwachung und Begrenzung der Folgen analysieren ([23], Kap. 6.1.2.5).

Betriebsphase

Für die Betriebsphase werden mögliche Unfallsituationen sowie die damit assoziierten radiologischen Auswirkungen betrachtet. Selbst die Analyse der schwersten Unfallsituationen zeigt, dass die Schutzziele nicht überschritten werden und keine zeitlich und räumlichen Schutzmaßnahmen vom Typ „Schutzraum“ für die Öffentlichkeit notwendig sind ([23], Kap. 6.1.2.5).

Bauphase

Während der Bauphase befinden sich keine radioaktiven Stoffe in der kerntechnischen Anlage, sodass die angenommenen Situationen nur nicht-radiologische Folgen haben könnten ([23], Kap. 6.1.2.6).

Als abdeckende Unfallsituation wird die Explosion von Strengstoff, der zum Abteufen von Schächten verwendet wird, betrachtet. Der Standort des Sprengstofflagers wird in einer späteren Phase festgelegt. Die Einwirkdistanzen einer möglichen Explosion werden bei der Festlegung des Standortes berücksichtigt, sodass sie die Sicherheit der kerntechnischen Anlage nicht beeinträchtigen. Außerhalb des Endlagers Cigéo wären keine Auswirkungen zu spüren. ([23], Kap. 6.1.2.6).

Mit anderen (konventionellen) Risiken assoziierte Unfallsituationen des Cigéo-Gesamtprojekts

Es werden verschiedene Risiken betrachtet:

Risiken beim Gebindettransport

Die Transportverpackungen sind, unabhängig von der Art des Unfalls (Transport auf Straße oder Schiene), so ausgelegt und getestet, dass sie schweren Unfallbedingungen standhalten ([23], Kap. 6.2.1, siehe auch Abschnitt 6.5.2).

Risiken im Zusammenhang mit dem Transport, der Annahme und der Verteilung von Kraftstoffen

Es wird ein Transportunfall angenommen, bei dem ein Leck an einem Kraftstoff-Lieferwagen dazu führen würde, dass Kraftstoff auf dem Boden verteilt wird und Kraftstoffdämpfe in die Luft gelangen. Bei Vorhandensein einer Zündquelle könnte dieses Leck zu einem Brand (thermische Auswirkungen) oder einer Explosion (Überdruckeffekte) führen. ([23], Kap. 6.2.2)

Etwaige Verschmutzungen würden durch das Regenwassersystem aufgefangen und in ein Rückhaltebecken geleitet, sodass diese nicht in die Umwelt gelangen würden. ([23], Kap. 6.2.2)

Im Falle eines Brandes wären die thermischen Auswirkungen durch die Flammen begrenzt und könnten an den Gebäuden außerhalb des Geländes nicht wahrgenommen werden. Die giftige Rauchfahne würde aufgrund der Temperatur schnell aufsteigen und sich in der Höhe rasch verteilen. ([23], Kap. 6.2.2)

Die Explosion von Kraftstoffdämpfen würde eine Druckwelle erzeugen, die sich als Luftdruckwelle ausbreiten würde und ggf. zum Zersplittern von Glas führen könnte. Da der Überdruck mit zunehmender Entfernung abnimmt, würde die Druckwirkung auf die unmittelbare Umgebung begrenzt bleiben. ([23], Kap. 6.2.2)

Risiken im Zusammenhang mit Heizanlagen

Die geplanten Risikokontrollmaßnahmen ermöglichen es die potenziellen thermischen Auswirkungen und die Auswirkungen in Form von Überdruck der betrachteten Unfallsituationen (Leck am Anlieferungstank oder geplatzter Schlauch bei der Entladung) zu beherrschen. Somit wären außerhalb des Endlagers Cigéo keine Auswirkungen spürbar. ([23], Kap. 6.2.3)

Die Auswirkungen eines Brandes der Holzhackschnitzel, mit denen die Heizanlagen betrieben werden, wären sehr begrenzt und außerhalb des Endlagers Cigéo nicht spürbar ([23], Kap. 6.2.3).

Risiken durch nicht-radioaktive Gefahrstoffe

Aufgrund der geplanten Risikokontrollmaßnahmen (z. B. Einsatz von Rückhalteeinrichtungen und Berücksichtigung der Unverträglichkeitsregeln) werden die Auswirkungen eines Behälterlecks außerhalb des Endlagers Cigéo nicht spürbar sein ([23], Kap. 6.2.4).

Risiken in Verbindung mit elektrischen Anlagen

Betrachtete Unfallsituationen im Zusammenhang mit elektrischen Anlagen sind potenzielle Öllecks an den elektrischen Umspannstationen, Brandausbrüche/Brände und die Explosion von Wasserstoff, der beim Laden der Batterien von Fördereinrichtungen und Elektrofahrzeugen freigesetzt wird ([23], Kap. 6.2.5).

Die Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik bei der Planung und dem Betrieb dieser Anlagen ermöglicht es, die Risiken zu beherrschen und die potenziellen Auswirkungen solcher Unfallsituationen zu begrenzen. Folglich wären außerhalb des Endlagers Cigéo keine Auswirkungen spürbar ([23], Kap. 6.2.5).

Risiken durch Sprengstoff, der möglicherweise bei Erdarbeiten eingesetzt wird

In der Bauphase könnten Sprengstoffe für Erdarbeiten eingesetzt werden. Die Auswirkungen in Form von Überdruck hängen von der Menge an Sprengstoff ab, die eingesetzt werden. Durch die Einhaltung der Vorschriften für die Verwendung von Sprengstoffen können die Risiken beherrscht und die potenziellen Auswirkungen begrenzt werden. Folglich wären außerhalb des Endlagers Cigéo keine Auswirkungen spürbar. ([23], Kap. 6.2.6).

Zusammenfassung der Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die menschliche Gesundheit

In allen Phasen des Cigéo-Gesamtprojekts sind die Auswirkungen physikalischer, chemischer oder radioaktiver Emissionen auf die menschliche Gesundheit⁵⁴ gering bis sehr gering.

⁵⁴ Betrachtet wurde die Bevölkerung in der unmittelbaren Umgebung des Cigéo-Gesamtprojekts. Konkret sind dies die Anwohner der Dörfer *Saudron, Bure, Gilaumé, Gondrecourt-le-Château, Horville-en-Ornois, Cirfontaines-en-Ornois, Chassey-Beaupré, Ribeaucourt* und *Mandres-en-Barrois*, deren Zentren sich in einer Entfernung von maximal 2 km von den Anlagen des Cigéo-Gesamtprojekts (d. h. von den beiden Betriebsgeländen oder der ITE) befinden.

Anhang 6h – Pièce 6 Volume 7

Etude d'impact du projet global Cigéo

Méthodes de réalisation

Umweltverträglichkeitsstudie des Cigéo-Gesamtprojekts

Methoden der Durchführung

Kurzzusammenfassung:

In diesem Band werden die Methoden vorgestellt, die u. a. für

- die Ermittlung des Ausgangszustands der Umwelt, in dem sich die Anlagen des Cigéo-Gesamtprojekts befinden, und
- die Definition der vom Cigéo-Gesamtprojekt erzeugten Auswirkungen auf die Umwelt und die Gesundheit und zur Identifizierung der VVA-Maßnahmen

angewendet werden. Dabei werden die Methoden nach Schutzgütern gegliedert dargestellt. ([24], Präambel)

Zusammenfassung

Allgemeine Methodik zur Durchführung von UVS

Iteratives Vorgehen bei der UVS

Die Bewertung der Umweltauswirkungen (siehe [5–7] bzw. Anhang 6e) erfolgt auf der Grundlage des Ausgangszustands der Umwelt und der Merkmale des Cigéo-Gesamtprojekts, die jeweils in [17–19] und [16] bzw. Anhang 6e dargestellt werden.

Ziel dieses Ansatzes ist es, die positiven oder negativen Auswirkungen (Effekte) des Cigéo-Gesamtprojekts auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit zu erfassen, wobei seine Eigenschaften und die der Standortumgebung berücksichtigt werden, um die Umweltauswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts zu vermeiden, zu vermindern und gegebenenfalls auszugleichen.

([24], Kap. 1.1)

Definition des Ausgangszustands

Die Analyse des Ausgangszustands der Umwelt umfasst eine Diagnose des Bestehenden und der globalen und dynamischen Funktionsweise des Gebiets, in dem das Cigéo-Gesamtprojekt angesiedelt werden soll. Der Ausgangszustand adressiert alle Themen und Schutzgüter, um über die notwendigen und ausreichenden Daten für die Bewertung der Auswirkungen des Projekts zu verfügen.

Die Vollständigkeit des Ausgangszustands der Umwelt bedeutet jedoch nicht, dass alle Schutzgüter in gleicher Weise geografisch oder thematisch berücksichtigt werden müssen. Der Ausgangszustand wird auch mit dem Fortschreiten der Studien und der potenziellen Auswirkungen verfeinert. Gemäß Artikel R. 122-5 des französischen Umweltgesetzes wird die Verhältnismäßigkeit in Abhängigkeit von der „Umweltempfindlichkeit des Gebiets, das von dem Projekt betroffen sein könnte, dem

Umfang und der Art der Arbeiten, Bauwerke und sonstigen Eingriffe“ und „ihren vorhersehbaren Auswirkungen auf die Umwelt oder die menschliche Gesundheit“ ausgedrückt.

Der Ausgangszustand basiert auf Literaturkenntnissen und Felduntersuchungen.

Die gesammelten Daten und durchgeführten Studien ermöglichen es, den Zustand der Umwelt für das untersuchte Schutzgut zu qualifizieren oder sogar zu quantifizieren und nach Möglichkeit die Entwicklungsdynamik zu beurteilen, um die territorialen Herausforderungen herauszustellen.

Die Bestimmung des Ausgangszustands ermöglicht es auch, die projizierte Entwicklung des Umweltzustands für den Fall zu definieren, dass das Projekt nicht durchgeführt wird. Dieser Zustand wird anhand der im Ausgangszustand ermittelten Elemente erarbeitet, wobei insbesondere die geplanten Entwicklungsperspektiven beschrieben werden.

ANDRA verfügt durch die dauerhafte Umweltbeobachtungsstelle (*Observatoire pérenne de l'environnement*, OPE) seit vielen Jahren über Umweltdaten in dem Untersuchungsgebiet. Die vom OPE durchgeführten Studien wurden bei der Analyse des Ausgangszustands der Umwelt verwendet und durch Studien ergänzt, die die Vollständigkeit der Analyse nach den verschiedenen Untersuchungsgebieten des Cigéo-Gesamtprojekts sicherstellen sollen.

([24], Kap. 1.1.2.1)

Arten von Auswirkungen

Direkte Auswirkungen: Die Umweltauswirkungen des Projekts sind hauptsächlich direkte räumliche und zeitliche Auswirkungen, die durch das Projekt selbst (z. B. Veränderung der Bodennutzung) oder durch die verschiedenen Emissionen, die mit dem Bau und dem anschließenden Betrieb des Projekts verbunden sind, verursacht werden.

Indirekte Auswirkungen: Indirekte Sekundärauswirkungen, die häufig Folgen direkter Auswirkungen sind und manchmal über eine größere Entfernung auftreten, können ebenfalls beobachtet werden.

Permanente Auswirkungen: Auswirkungen können dauerhaft sein und zu einer nicht umkehrbaren Veränderung der Umwelt führen.

Temporäre Auswirkungen: Auswirkungen können auch vorübergehend sein, dann ist die Wirkung zeitlich begrenzt, entweder, weil sie sofort nach Beendigung der Ursache verschwindet oder weil ihre Intensität allmählich abnimmt, bis sie schließlich ganz verschwindet.

Kurzfristige Auswirkungen: Bei diesem Projekt entsprechen kurzfristige Auswirkungen denjenigen der Bauvorbereitungsphase und der ersten Bauphase.

Mittelfristige Auswirkungen: Bei diesem Projekt entsprechen mittelfristige Auswirkungen denjenigen der Betriebsphase (bis 2150).

Langfristige Auswirkungen: Bei diesem Projekt entsprechen die langfristigen Auswirkungen denjenigen der Rückbau- und Stilllegungsphase, der Überwachung und der Nachsorge.

([24], Kap. 1.1.3.1.1)

Bewertung zum Ausmaß der Auswirkungen

Die Bewertung der Auswirkungen hängt von den beteiligten Phänomenen ab, die in direktem Zusammenhang mit der Art der betrachteten Vorgänge stehen (Emissionen, Landnutzung etc.), sowie von ihrem Ausmaß, ihrer Dauer und den Herausforderungen der verschiedenen Schutzgüter.

Die Charakterisierung der Ebenen („sehr hoch“, „hoch“, „moderat“, „gering“, „sehr gering“ oder „positiv“) der verbleibenden Auswirkungen auf die verschiedenen Schutzgüter stützt sich auf die in [25] bzw. Anhang 6i dargestellten Bewertungselemente.

Im französischen Umweltgesetz gibt es keine Definition des Begriffs „erhebliche Auswirkungen“, wie sie in Artikel R. 122-5, der den Inhalt einer UVS festlegt, thematisiert wird. Daher werden in dieser UVS die drei höchsten negativen Stufen („moderat“, „hoch“ und „sehr hoch“) als erhebliche negative Auswirkungen betrachtet.

([24], Kap. 1.1.3.1.2)

Festlegung von Vermeidungs-, Verminderungs- und Ausgleichsmaßnahmen

Die sogenannte VVA-Sequenz veranlasst die Vorhabensträger, Maßnahmen zu suchen und umzusetzen, die vorrangig darauf abzielen, Beeinträchtigungen (negative Auswirkungen) der Umwelt und der menschlichen Gesundheit zu vermeiden, Beeinträchtigungen, die nicht ausreichend vermieden werden konnten, zu vermindern und, falls erforderlich und möglich, erhebliche Auswirkungen, die weder vermieden noch ausreichend vermindert werden konnten, auszugleichen.

Artikel L. 110-1 2 des französischen Umweltgesetzes besagt, dass das Prinzip der vorbeugenden Maßnahmen und der Korrektur von Umweltschäden, vorrangig an der Quelle, auf das Ziel ausgerichtet sein muss, keinen Nettoverlust an biologischer Vielfalt zu verursachen, oder sogar auf einen Gewinn an biologischer Vielfalt abzielen muss. Dieses Prinzip wird auch in Artikel L. 163-1 des französischen Umweltgesetzes aufgegriffen.

Vermeidungsmaßnahmen zielen darauf ab, negative Auswirkungen auf die Umwelt oder die menschliche Gesundheit zu verhindern. Sie entsprechen entweder einer Planungs- oder Standortwahl, die das Auftreten von Auswirkungen durch die Schonung besonders gefährdeter Gebiete verhindert, oder einer Änderung der technologischen Wahl oder der Realisierungszeiträume, die es ermöglicht, die Auswirkungen vollständig zu beseitigen.

Verminderungsmaßnahmen werden festgelegt, wenn Auswirkungen bei der Planung des Projekts nicht vollständig vermieden werden können. Sie sollen die dauerhaften oder vorübergehenden negativen Auswirkungen des Projekts auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit während der Bauphase oder des Betriebs verringern. Sie können entweder die Dauer oder die Intensität der Auswirkungen oder eine Kombination aus mehreren dieser Elemente verringern.

Ausgleichsmaßnahmen sollen die verbleibenden erheblichen negativen Auswirkungen des Projekts, die nicht vermieden oder ausreichend vermindert werden konnten, entsprechend den für die einzelnen Schutzgüter festgelegten Zielen aufwiegen. Die Maßnahmen werden vorrangig an dem geschädigten oder zu schädigenden Standort durchgeführt.

Diese verschiedenen Maßnahmen können auch durch nicht verbindliche begleitende Maßnahmen ergänzt werden, die von den Bauherren zusätzlich zu den VVA-Maßnahmen ergriffen werden, um deren Relevanz und Wirksamkeit zu erhöhen.

([24], Kap. 1.1.3.2.1)

Analyse der Umweltauswirkungen nach dem Grundsatz „Vermeiden, Vermindern, Ausgleichen“

Um dem VVA-Grundsatz Rechnung zu tragen, besteht die Analyse der Auswirkungen auf die verschiedenen Schutzgüter aus den folgenden Schritten:

- Potenzielle Auswirkungen

- Vermeidungsmaßnahmen
- Auswirkungen nach Vermeidungsmaßnahmen
- Verminderungsmaßnahmen
- Verbleibende Auswirkungen
- Ausgleichsmaßnahmen

([24], Kap. 1.1.3.2.2)

Festlegung der Untersuchungsgebiete

Die Charakterisierung des Ausgangszustands der Umwelt, die Beurteilung ihrer wahrscheinlichen Entwicklung ohne das Projekt und die Bewertung der Auswirkungen des Projekts erfolgen anhand verschiedener Untersuchungsgebiete, innerhalb derer die Umweltfaktoren durch das Projekt positiv oder negativ, direkt oder indirekt sekundär, vorübergehend oder dauerhaft, gegebenenfalls kumulativ, sowie kurz-, mittel- und langfristig beeinflusst werden können.

Die Untersuchungsgebiete wurden für jedes Schutzgut unter Berücksichtigung des in Artikel R. 122-5 des französischen Umweltgesetzes genannten Verhältnismäßigkeitsprinzips festgelegt. Je nach Art der geplanten potenziellen Auswirkungen werden drei Kategorien von Untersuchungsgebieten definiert:

- Unmittelbares Untersuchungsgebiet: Gebiet, in dem die direkten Auswirkungen der Bauwerke und Anlagen des Cigéo-Gesamtprojekts sowie die größeren Beeinträchtigungen im Zusammenhang mit den Arbeiten und Aktivitäten erfasst werden können. Das unmittelbare Untersuchungsgebiet wurde vorsorglich auf einen Radius von 500 m um das potenzielle Eingriffsgebiet des Endlagers Cigéo sowie der Maßnahmen der anderen Bauherren, deren Standorte oder Standortvarianten bekannt sind, ausgeweitet. Mit Ausnahme der land- und forstwirtschaftlichen Aktivitäten ist das unmittelbare Untersuchungsgebiet für alle Schutzgüter dasselbe.
- Engeres Untersuchungsgebiet (schutzgutspezifisch): Erweiterung des unmittelbaren Untersuchungsgebiets, das besser geeignet ist, bestimmte Umweltauswirkungen zu bewerten oder das sich auf noch nicht genau definierte Maßnahmen bezieht.
- Erweitertes Untersuchungsgebiet (schutzgutspezifisch): Gebiet, in dem die potenziellen oder entfernteren direkten und indirekten sekundären Umweltauswirkungen auftreten können.

([24], Kap. 1.2.1)

Atmosphäre

Auf internationaler Ebene werden die wichtigsten Programme zur Wetterbeobachtung und -überwachung von der Weltorganisation für Meteorologie (*World Meteorological Organization*, WMO) festgelegt und betreut. Sie werden auf regionaler und nationaler Ebene von den nationalen Wetterdiensten wie *Météo-France* durchgeführt. Einige Programme sind der Klimaüberwachung gewidmet (insbesondere *World Weather Watch Program* und *Global Atmosphere Watch Program*).

Die notwendige Umsetzung der EU-Richtlinien führte dazu, dass Frankreich das Gesetz über Luft und rationale Energienutzung (*Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie*) verabschiedete. Im Rahmen dieses Gesetzes hat sich Frankreich dafür entschieden, einige dieser Überwachungspflichten durch zugelassene Vereinigungen zur Überwachung der Luftqualität (*associations agréées de surveillance de la qualité de l'air*, AASQA) auf regionaler Ebene zu erfüllen.

([24], Kap. 2.1)

Lokale Wetterbedingungen

Ausgangszustand

Die lokalen Wetterbedingungen wurden anhand der Aufzeichnungen der folgenden von *Météo-France* zugelassenen Wetterstationen ermittelt:

- die Wetterstation von *Saint-Dizier*, die vom RADOME-Netzwerk (*Réseau d'acquisition de données et d'observations étendu*) verwaltet wird und seit 1953 über Aufzeichnungen für bestimmte Parameter verfügt. Sie befindet sich etwa 35 km nordwestlich des Endlagers Cigéo.
- Die von ANDRA eingerichtete Luftmessstation *Houdelaincourt* verfügt seit 2011 über Messungen und befindet sich in einer Entfernung von ca. 2,5 km von der Bahnlinie 027000, von ca. 10 km vom Betriebsgelände „Schächte“ und ca. 15 km vom Betriebsgelände „Rampen“.
- Die Wetterstation *Cirfontaines-en-Ornois*, die etwa 7 km vom Betriebsgelände „Schächte“ und etwa 5 km südlich des Betriebsgeländes „Rampen“ entfernt liegt, zeichnet seit 1959 Niederschlags- und Temperaturdaten auf.

([24], Kap. 2.2.1)

Auswirkungen

Es werden die potenziellen Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf das Klima ermittelt. Diese Auswirkungen sind lokal, allgemein und werden bei der Auslegung des Projekts berücksichtigt. Um die Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf das lokale Klima zu begrenzen, werden Verminderungsmaßnahmen wie die Einhaltung der Regeln der Technik eingeführt.

Die Bewertung der verbleibenden Auswirkungen erfolgt auf Basis von *expert judgement*.

([24], Kap. 2.2.2)

Anfälligkeit für Wetterrisiken

Ausgangszustand

Die meteorologischen Risiken wurden durch Konsultation der Websites von *Météo France* und *Géorisques* sowie der Departement-Unterlagen zu größeren Risiken (*Dossiers Départementaux sur les risques majeurs*, DDRM) der Departements *Haute-Marne* und *Meuse* erfasst. ([24], Kap. 2.3.1)

Auswirkungen

Es wird eine Analyse der potenziellen Anfälligkeit des Cigéo-Gesamtprojekts für Wetterrisiken und die Verschärfung dieser Risiken durch den Klimawandel durchgeführt.

Bei der Auslegung des Cigéo-Gesamtprojekts werden Verminderungsmaßnahmen ergriffen, um die Anfälligkeit für Wetterrisiken zu begrenzen. Diese Auslegungsbestimmungen betreffen die Risiken, die mit extremen Winden, Temperaturschwankungen, Schneefall, Blitzschlag und starken Niederschlägen verbunden sind.

Die Auslegung des Endlagers Cigéo bezieht die Verschärfung dieser Risiken durch den Klimawandel mit ein, da dieser extreme Wetterereignisse und die daraus resultierenden Wetterrisiken verstärkt und häufiger auftreten lässt.

Die Bewertung der verbleibenden Auswirkungen erfolgt auf Basis von *expert judgement*.

([24], Kap. 2.3.2)

Energie und Treibhausgase

Ausgangszustand

Energieprofil

Das Energieprofil der Region *Grand Est* wurde nach den regionalen Zahlen zu Energie und Treibhausgasen erstellt (siehe auch Tabelle A6i - 2; [24], Kap. 2.4.1.1)

Potenzial für erneuerbare Energien

Die Daten des Ausgangszustands dieser UVS stammen aus der Bilanz der regionalen Zahlen zu den erneuerbaren Energien aus dem Jahr 2019 ([24], Kap. 2.4.1.2).

Fähigkeit zur Kohlenstoffsequestrierung

Mithilfe der französischen Bewertung von Ökosystemen und Ökosystemleistungen (*évaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques*, EFESE) werden die aktuellen Kohlenstoffbestände und die Kapazitäten zur Kohlenstoffsequestrierung der wichtigsten Ökosystemtypen ermittelt. Der aktuelle Kohlenstoffbestand entspricht der Menge an Kohlenstoff, die derzeit im Ökosystem gespeichert ist. Die Kapazität der Kohlenstoffsequestrierung ist der durchschnittliche jährliche Kohlenstofffluss zwischen der Atmosphäre und dem Ökosystem. Dieser Fluss ist positiv, wenn das Ökosystem eine Kohlenstoffsенke ist, und negativ, wenn es eine Kohlenstoffquelle ist.

Da im erweiterten Untersuchungsgebiet ein eher kontinentales Klima herrscht, wurden nur die im EFESE-Bericht angegebenen Werte für geschlossene kontinentale Wälder, kontinentales Grasland, kontinentale städtische und künstlich angelegte Ökosysteme und einjährige kontinentale Nutzpflanzen berücksichtigt.

([24], Kap. 2.4.1.3)

Auswirkungen

Im Rahmen des Kampfes gegen den Klimawandel hat sich Frankreich durch das sogenannte Klima- und Widerstandsfähigkeitgesetz (*loi dite „Climat et Résilience“*) und die nationale Niedrig-Kohlenstoff-Strategie (*Stratégie nationale bas carbone*, SNBC) dazu verpflichtet, die Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Zu diesem Zweck wurde bereits in den ersten Studien zum Cigéo-Gesamtprojekts (2013) eine Kohlenstoffbilanz aufgestellt. Diese Bilanz entspricht einer Schätzung der Mengen an Treibhausgasen, die durch das Projekt unter Berücksichtigung der verschiedenen Projektphasen erzeugt werden können.

Ziel ist es, die Planung „herauszufordern“ und Lösungen zu bevorzugen, die den Ausstoß von Treibhausgasen minimieren. Die verwendete Methode ist die von der *Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie* entwickelte Methode *Bilan Carbone*[®]. Dabei werden alle Treibhausgasemissionen des Projekts (von der Auslegung bis zum Rückbau) berücksichtigt. Die Emissionsfaktoren, mit denen beobachtbare Daten in Treibhausgasemissionen umgerechnet werden, werden in CO₂-Äquivalenten pro Funktionseinheit (z. B. KWh, t Treibstoff oder t Stahl) ausgedrückt.

Die Bilanz berücksichtigt folgende Emissionsquellen:

- Energie (getrennt nach Bau- und Betriebsphase)
- Kältemittelverluste
- Rohstoffe
- Transport von Rohstoffen
- Verkehr

- Betriebsabfälle
- ASK einschließlich schwerer Ausrüstung (Maschinen, Motoren, Geräte, Fahrzeuge) und Straßen
- künstliche Bodenbedeckung und Veränderung der Kohlenstoffsequestrierung in Ökosystemen
- Rückbau der Anlagen

([24], Kap. 2.4.2)

Luftqualität – konventionelle Stoffe

Ausgangszustand

Die im Untersuchungsgebiet ermittelten Jahres- und Tageskonzentrationen der Schadstoffe (siehe Tabelle A6h - 1) werden mit den nationalen Kriterien zur Beurteilung der Luftqualität verglichen, die in den Artikeln R. 221-1 zur Überwachung der Luftqualität und ihrer Auswirkungen auf die Gesundheit und die Umwelt festgelegt sind.

([24], Kap. 2.5.1.1)

Auswirkungen

Bei der Modellierung wurde Folgendes berücksichtigt:

- Zurückgehaltene Stoffe: Die Modelle zur Luftausbreitung decken ein Untersuchungsgebiet ab, das groß genug ist, um die in diesem Stadium modellierten Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts zu berücksichtigen und die in der Nähe gelegenen Siedlungsgebiete (ausgewählte Zielpunkte) einzubeziehen. Das Untersuchungsgebiet umfasst ein Quadrat mit einer Seitenlänge von 16 km, das auf den Referenzpunkt in den Zentren der beiden Betriebsgelände zentriert ist.
- Emissionsquellen: Für die Bewertung der Auswirkungen auf die Luftqualität während der ersten Bauphase und des Betriebs wurden drei Arten von Emissionsquellen berücksichtigt:
 - Lineare Quellen: Fahrzeuge, die auf dem Gelände und auf dem Hauptstraßennetz verkehren
 - Flächenquellen: Maschinen und Materiallager im Freien
 - Kanalisierte Quellen
- Emissionen des Endlagers:
 - Für die kanalisiertemissionen aus den Heizanlagen und den Betonmischzentralen werden die Emissionswerte konservativ als die niedrigsten Emissionsgrenzwerte der Vorschriften für klassifizierte Anlagen zum Schutz der Umwelt betrachtet.
 - Für die Ableitungen aus der Bewetterung der Servicerampe und der Schächte (ohne kerntechnische Bewetterung) werden konservativ die in Artikel R. 4412-4 des Arbeitsgesetzes definierten Grenzwerte für die berufliche Exposition berücksichtigt.
 - Für punktuelle Emissionen außerhalb von Heizanlagen und Betonmischzentralen sowie für lineare Emissionen im Endlager Cigéo wird der gesamte Staub mit Feinstaubpartikeln mit einem Durchmesser von 10 µm (PM10) und 2,5 µm (PM2,5) gleichgesetzt.
 - Flüchtige organische Verbindungen (*volatile organic compounds*, VOC) und Kohlenwasserstoffe aus Autoabgasen werden teilweise mit Benzol gleichgesetzt. Die emittierten VOCs gehören zu den unverbrannten Kohlenwasserstoffen aus der Kraftstoffverbrennung. Aus quantitativer Sicht wird konservativ ein Satz von 5 % auf die Gesamtmenge der VOC angewandt. Diese Wahl ist im Vergleich zu den geltenden

Vorschriften über den Höchstgehalt an Benzol, das als Zusatzstoff in Kraftstoffen verwendet wird, überhöht. Der derzeitige durchschnittliche Benzolgehalt in Kraftstoffen beträgt etwa 2 % und die Benzolmengen in den Abgasen werden durch Katalysatoren reduziert.

- Bei Heizanlagen, die VOC-Emissionen verursachen, wird für Gas- und Biomassekessel ein Benzolanteil von 1 % bzw. 25 % angenommen, der auf den neuesten verfügbaren Schätzungen beruht.
- Für andere Emissionsquellen als Autoabgase und Heizanlagen wurde die (sehr weitgehende) Entscheidung getroffen, alle Kohlenwasserstoffe und VOCs mit Benzol gleichzusetzen.
- Emissionen aus dem Verkehr auf den Hauptstraßen:
 - Verkehrsaufkommen (durchschnittlicher täglicher Jahresverkehr)
 - Durchschnittsgeschwindigkeiten
 - Fuhrpark
 - Emissionsfaktoren (für Feinstaub berücksichtigen die Emissionsfaktoren aus dem COPERT-5-Programm Emissionen aus Abgasen und Emissionen durch den mechanischen Abrieb von Bremsen, Reifen, Straßen etc.)
- Hintergrundverschmutzung oder Hintergrundlärm
- Bilanz der Emissionen

([24], Kap. 2.5.1.2.2)

Luftqualität – radioaktive Stoffe

Ausgangszustand

Es wurden mehrere Probennahmekampagnen durchgeführt, um die radiologische Hintergrundbelastung für die verschiedenen Umweltmedien (Atmosphäre, Grund- und Oberflächenwasser, Boden, Untergrund und biologische Umwelt) zu ermitteln. Die Hauptkampagne wurde zwischen 2009 und 2013 vom Institut für Strahlenschutz und nukleare Sicherheit (*institut de radioprotection et de sûreté nucléaire*, IRSN) durchgeführt. Dabei wurden auch die Ergebnisse der jährlichen radiologischen Überwachung des Untertagelabors verwendet. Schließlich wurde 2017 eine spezielle Kampagne für Oberflächengewässer durchgeführt.

Es ist anzumerken, dass das genaue Datum der Probenahmen für die Ermittlung des radiologischen Hintergrunds kaum von Bedeutung ist, da es – außer bei nuklearen Unfällen – keine zwischenjährlichen Schwankungen der radioaktiven Elemente in der Umwelt gibt. Die radiologische Luftqualität wird kontinuierlich an der Station in *Houdelaincourt* gemessen.

([24], Kap. 2.5.2.1.1)

Auswirkungen

Die Quantifizierung erfolgt für gasförmige Emissionen, Partikelemissionen und atmosphärische radioaktive Ableitungen aus der kerntechnischen Oberflächenanlage.

Die Bewertung der Emissionen erfolgt unter folgenden (konservativen) Annahmen:

- Abfallgebinde mit Emissionen gasförmiger radioaktiver Elemente werden sowohl in der übertägigen kerntechnischen Anlage als auch in der untertägigen Anlage als wahrscheinlich erachtet.
- Die Eigenschaften der gasförmigen radioaktiven Elemente, die aus diesen Abfallgebinden freigesetzt werden, werden anhand der von den Erzeugern zur Verfügung gestellten

Wissensdossiers in konservativer Weise (insbesondere ohne Berücksichtigung des Rückhaltevermögens der Behälter) bewertet.

- Für alle angenommenen und gelagerten Abfallgebinde wird angenommen, dass sie eine nicht fest anhaftende Oberflächenkontamination aufweisen, die dem maximal zulässigen Grenzwert entspricht und dass diese Kontamination vollständig in der Luft freigesetzt wird.
- In Bezug auf partikelförmige radioaktive Elemente (Aerosole) wird angenommen, dass der Wirkungsgrad der HEPA-Filter der Belüftungsanlagen 99 % (Mindestanforderung der Herstellungsnorm) beträgt.

([24], Kap. 2.5.2.2.1)

Methode zur Bewertung der atmosphärischen Ausbreitung

Für die Modellierung der atmosphärischen Ausbreitung werden folgende Annahmen getroffen:

- Abreicherung der Fahne aufgrund des radioaktiven Zerfalls (mit *Bateman*-Formeln ermittelt) während des atmosphärischen Transfers
- Berechnungen der Bodenablagerungen berücksichtigen trockene und nasse Deposition auf dem Boden, die zu einer Abreicherung der Fahne entlang ihres Weges führen.
- Der potenziell nicht gefilterte Anteil wird bei der Ausbreitungsmodellierung berücksichtigt. Es handelt sich dabei um α -Emissionspartikel (gleichgesetzt mit Pu-239) und β -/ γ -Emissionspartikel (gleichgesetzt mit Sr-90). Diese Radionuklide besitzen den höchsten effektiven Dosisbeitrag durch Inhalation. Sie führen zu einer Überschätzung der Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit.

Annahmen in Verbindung mit Wetterbedingungen

Die Erstellung der meteorologischen Zeitreihen erfolgt durch die Auswahl einer für das Untersuchungsgebiet repräsentativen Wetterstation. Bei der Auswahl dieser Wetterstation spielen mehrere Parameter eine Rolle:

- geografische Lage: Die gewählte Station sollte so nah wie möglich an den Auslässen liegen und es sollten keine größeren Hindernisse zwischen der Station und dem Untersuchungsgebiet liegen.
- Kadenz der Erfassung der meteorologischen Daten: *Météo-France* besitzt Stationen, an denen die Messungen in Zeitschritten von sechs Minuten bis zu einem Tag geliefert werden. Es werden ausreichend feine Wetterdaten auf Stundenebene ausgewählt, um eine gute Repräsentativität der lokalen Wetterbedingungen zu erhalten und tageszeitliche Wetterphänomene zu berücksichtigen.
- Relevanz der gewonnenen meteorologischen Daten für den Bedarf der Ausbreitungsmodellierung (Windrichtung und -stärke, Niederschlag, Temperatur)

Für alle Ausbreitungssimulationen wurden die folgenden Annahmen berücksichtigt:

- Rauheit, die einem ländlichen Gebiet entspricht
- Streuungsmodell nach *Pasquill*-Standardabweichungen
- Überhöhung der Fahne, die mit der Ausstoßgeschwindigkeit und der Temperatur der Abgase zusammenhängt
- Berechnung der trockenen und nassen Deposition (*Fallout*- bzw. *Washout*-Koeffizient)
- Verringerung der Aktivitätskonzentration in der Fahne durch radioaktiven Zerfall
- Berechnungsgitter von 100 m

([24], Kap. 2.5.2.2.2)

Boden

Ausgangszustand

Es wurde die Geomorphologie, die Bodenbedeckung sowie die Eigenschaften des Bodens (physikalisch-chemische und biologische Eigenschaften, radiologische Eigenschaften sowie verschmutzte oder potenziell verschmutzte Standorte und Böden) untersucht.

Physikalisch-chemische und biologische Eigenschaften des Bodens

Die Böden wurden nach einem Probenahme- und Verarbeitungsprotokoll beprobt, das von der wissenschaftlichen Interessenvereinigung für Böden (*groupement d'intérêt scientifique sur les sols*, GIS Sol) im Rahmen des nationalen Netzwerks zur Messung der Bodenqualität (*réseau national de Mesure de la Qualité des Sols*, RMQS) festgelegt wurde. Dieser Standard beruht auf der Überwachung von 2 200 Standorten, die in einem quadratischen Raster mit einer Seitenlänge von 16 km gleichmäßig über Frankreich verteilt sind. Die Probennahmestellen im engeren Untersuchungsgebiet wurden in einem feineren Raster mit einer Seitenlänge von 1,5 km ausgewählt und 2013 durch zufällig oder aufgrund ihrer besonderen Typologie ausgewählte Standorte ergänzt. Insgesamt wurden 146 Standorte beprobt.

Der Ausgangszustand der Bodenqualität bezieht sich auf die physikalisch-chemischen Eigenschaften, den Gehalt an organischen und mineralischen Schadstoffen sowie die mikrobielle und mesofaunistische Vielfalt des Bodens.

([24], Kap. 3.3.2)

Radiologische Eigenschaften von Böden

Die Kriterien, nach denen die Standorte für die Bodenproben ausgewählt wurden, sind die Parameter, die die Aktivitäten natürlicher und künstlicher radioaktiver Elemente beeinflussen können. Konkret sind dies die darunterliegende Gesteinsart (Quelle der Radionuklide K-40, U-238 und deren Töchter) und die Vegetationsart, die die Ablagerung von Aerosolen beeinflusst. ([24], Kap. 3.3.3)

Auswirkungen

Die Analyse der Auswirkungen auf den Boden beruht auf den Designstudien, insbesondere auf den Grundsätzen für die Gestaltung von Erdarbeiten, den Lastenheften für die Verwaltung und Verwertung von Böden und den Grundsätzen für die Bewirtschaftung von Mutterboden.

Der Bewertungsansatz besteht darin, die Quellen der Auswirkungen auf den Boden (direkt und indirekt) und ihre potenziellen Auswirkungen zu charakterisieren, insbesondere die Veränderung der Bodenbeschaffenheit und -struktur, die Anfälligkeit des freigelegten Bodens gegenüber Erosionsrisiken, Auswaschung und Verschmutzungsrisiken sowie Veränderungen im Zusammenhang mit der Oberflächengestaltung (Versiegelung).

Was die radiologischen Auswirkungen betrifft, so beruht ihre Quantifizierung auf der Berechnung der auf dem Boden abgelagerten Aktivität mit CERES am ungünstigsten Aufpunkt und dem Vergleich der Massenaktivität pro Radionuklidgruppe nach einem Jahr, nach 50 Jahren und nach 150 Jahren nach der Freisetzung mit dem Ausgangszustand.

([24], Kap. 3.4)

Untergrund

Ausgangszustand

Es wurden das geologische Milieu (Tektonik und Stratigraphie) der Region *Meuse/Haute-Marne*, die radiologischen Eigenschaften des Untergrunds sowie des Porenwassers, die potenziellen natürlichen Ressourcen im Untergrund und die natürlichen Risiken aufgrund der Geologie untersucht.

Auswirkungen

Der Ansatz besteht darin, die Quellen der Auswirkungen auf den Untergrund (direkt und indirekt) und ihre potenziellen Auswirkungen zu charakterisieren:

- Physikalisch-chemische Verschmutzung und radiologische Kontamination
- Anfälligkeit für natürliche oder anthropogene seismische Risiken
- Anfälligkeit für Schrumpf- und Quellrisiken, Hohlräume und das Risiko von Setzungen nach dem Einsturz von Strecken, die sich auf die darüber liegenden Schichten auswirken und das Risiko von Bodenbewegungen erhöhen
- Auswirkungen auf die Ressourcen des Untergrunds durch Vernichtung der untertägigen Ressourcen im Bereich des Endlagers und Verwendung großer Mengen an Baumaterial

Die Analyse der Auswirkungen durch physikalisch-chemische Verschmutzung und radiologische Kontamination erfolgt unter Berücksichtigung

- der Art und Menge der physikalisch-chemischen Stoffe, die sich ausbreiten können, wobei die Bodenbeschaffenheit berücksichtigt wird,
- der Beschaffenheit des Untergrunds (*Calcaires du Barrois*) und
- der Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen, die den Umgang mit unfallbedingten physikalisch-chemischen Gewässerverschmutzungen ermöglichen ([24], Kap. 4.2.1).

Die Bewertung der Auswirkungen nach der endgültigen Stilllegung des Endlagers im Hinblick auf den Einschluss von Radionukliden und chemo-toxischen Stoffen basiert auf dem Kenntnisstand über das Verhalten des Endlagers sowie des Wirtsgesteins im Laufe der Zeit und die damit verbundenen Restungewissheiten.

Es wird eine Risikoanalyse durchgeführt, die es ermöglicht, Phänomene zu identifizieren, die die Erfüllung einer Sicherheitsfunktion und die ihr zugeordneten Leistungen beeinträchtigen können, ihre Ursachen zu analysieren und die Modalitäten für den Umgang mit diesen Risiken festzulegen. Dies führt dazu, dass in einem zweiten Schritt die Auswirkungen im Falle verschiedener Szenarien (SEN und Fehlfunktionsszenarien, siehe auch [33] bzw. Anhang 7h), die unterschiedliche langfristige Entwicklungen des Endlagers darstellen, quantifiziert werden müssen:

Für jedes Szenario wird die Leistung der sicherheitstechnisch relevanten Komponenten des Endlagersystems unter Einbeziehung der gewählten Auslegungsmaßnahmen sowie die Auswirkungen auf den Menschen in Form der Exposition bewertet. Diese Analyse ermöglicht es, die Robustheit des Endlagersystems zu bestätigen und die Wirksamkeit der zur Bewältigung von Ungewissheiten getroffenen Auslegungsmaßnahmen zu überprüfen, um sicherzustellen, dass der Schutz von Mensch und Umwelt für alle Szenarien gewährleistet ist.

([24], Kap. 4.2.2)

Wasser

Das französische Wasserrecht basiert auf vier großen Gesetzen und wird durch die im Jahr 2000 veröffentlichte europäische Wasserrahmenrichtlinie geregelt. Darin wird der Begriff „guter Gewässerzustand“ definiert, den alle Mitgliedsstaaten anstreben müssen. Im SDAGE werden ehrgeizige Ziele für die Erhaltung und Wiederherstellung der Gewässer und der aquatischen Umwelt festgehalten, die durch ein Maßnahmenprogramm umgesetzt werden. Die Wasserrahmenrichtlinie räumt dem Umweltschutz und der nachhaltigen Wassernutzung Vorrang ein und fordert, dafür zu sorgen, dass sich die Wasserqualität nicht verschlechtert. ([24], Kap. 5.1.1)

Ausgangszustand

Die Bestimmung des Zustands von Oberflächen- oder Grundwasserkörpern erfordert Beobachtungsdaten. Im Rahmen der vorliegenden UVS werden Beobachtungsdaten entweder aus öffentlichen Datenbanken oder aus dem von ANDRA eingerichteten Beobachtungsnetz herangezogen. Der Zustand eines Oberflächenwasserkörpers wird anhand seines ökologischen und seines chemischen Zustands bestimmt.

Der ökologische Zustand erfordert die Berücksichtigung aller ökologischen Kompartimente (Wasser, Fauna, Flora und Lebensraum). So erfordert ein guter ökologischer Zustand nicht nur eine gute Wasserqualität, sondern auch ein gutes Funktionieren der aquatischen Lebensräume. Der ökologische Zustand wird anhand biologischer Qualitätsmerkmale von Tieren (Fische und Wirbellose) und Pflanzen, physikalisch-chemischen Merkmalen (Phosphor, Nitrat, pH-Wert etc.) und hydromorphologischen Merkmalen (Zustand der Ufer oder der Küste, Durchgängigkeit des Flusses, Gezeitenregime etc.) beurteilt.

Der chemische Zustand eines Oberflächenwasserkörpers wird durch die Messung der Konzentration von etwa vierzig auf europäischer Ebene festgelegten chemischen Substanzen anthropogenen Ursprungs (darunter Schwermetalle wie Cadmium, Quecksilber und Nickel, Pestizide wie Atrazin und Alachlor sowie industrielle Schadstoffe wie Benzol und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)) in der aquatischen Umwelt beurteilt.

Der Zustand des Grundwassers wird anhand seines mengenmäßigen und seines chemischen Zustands beurteilt.

([24], Kap. 5.1)

Grundwasser

Die Arbeiten umfassen die Beschreibung des hydrogeologischen Systems (Liste der betroffenen Grundwasserkörper und die Analyse der Ziele der SDAGE), die Bestimmung und Analyse von piezometrischen Pegeln und die Bestimmung des Zustands von Grundwasserkörpern anhand von herkömmlichen sowie radiologischen Parametern. Um den radiologischen Ausgangszustand zu qualifizieren, wurden Grundwasseranalysen im oberflächennahen *Calcaires du Barrois* sowie in den tiefen Grundwasserleitern *Oxfordien carbonaté* und des Dogger durchgeführt. Außerdem wurde die Grundwassernutzung und das Überschwemmungsrisiko durch Grundwasseranstieg erfasst. ([22], Kap. 5.1.2)

Auswirkungen

Ziel ist es, die direkten und indirekten, vorübergehenden und dauerhaften Auswirkungen des Projekts auf die Wasserressourcen in Bezug auf Menge, Qualität und letztendlich Nutzung zu ermitteln. Ein Teil der Bewertung dieser Auswirkungen wird mithilfe von Modellierungstools durchgeführt, um das zukünftige Verhalten der lokalen hydrogeologischen Einheiten (*Calcaires du Barrois* und *Oxfordien*

carbonaté) in Abhängigkeit von verschiedenen Klimaszenarien oder Standortentwicklungen zu bewerten und mit Referenzsimulationen zu vergleichen. ([24], Kap. 5.2.1)

Modell der Calcaires du Barrois

Die Modellierung zielt darauf ab, das zukünftige Verhalten der lokalen hydrogeologischen Einheiten in Abhängigkeit von verschiedenen Klima- oder Standortentwicklungsszenarien zu bewerten und mit Referenzsimulationen zu vergleichen. Der Vergleich erfolgt anhand von Unterschieden

- der Grundwasserstände, um die projektinduzierten Absenkungen/Anstiege zu bewerten sowie
- der Wasserbilanz entlang der Flüsse, um die Auswirkungen des Projekts auf den Grundwasser-/Flussaustausch zu quantifizieren.

Dazu werden zwei hydrogeologische Zyklen, die jeweils einem feuchten Jahr (mit mehr als 90 Regentagen und mit einer jährlichen Niederschlagsmenge von mehr als 1 000 mm) und einem trockenen Jahr (mit mehr als 70 Regentagen und einer jährlichen Niederschlagsmenge von 700 mm) entsprechen sowie ein punktuell Ereignis mit dem Erreichen eines charakteristischen Hochwassers und dessen vollständigem Rückgang simuliert.

([24], Kap. 5.2.1.1.1)

Modell des Oxfordien carbonaté

Prognose-Simulationen sind auf lange Zeiträume ausgelegt, die es erforderlich machen, über ein Übergangsmodell zu verfügen, das sowohl die Phasen der Auffahrungen für das Endlager Cigéo, die Betriebsdauer des Endlagers, die Zeit bis zur Wiederherstellung des Gleichgewichts nach der Stilllegung als auch die natürlichen Schwankungen und Entwicklungen des Wirtsmilieus berücksichtigt.

Um dieser Anforderung gerecht zu werden, wurde die Entscheidung getroffen, mit einem lokalen Modell zu arbeiten, das aus dem Region-Sektor-Modell (*modèle de région-secteur*) abgeleitet wurde. Die Arbeiten umfassten daher die Entwicklung und Kalibrierung des lokalen Modells für den Übergangszustand sowie die Simulation der hydraulischen Auswirkungen der LSF des Cigéo und der Rückkehr zum Gleichgewicht nach Betrieb und Stilllegung des Endlagers.

Die Besonderheit dieses Modells besteht darin, dass es weitgehend auf probabilistische Methoden zurückgreift, um die räumliche Variabilität der Parameter zu erfassen und deren Auswirkungen auf die Darstellung der Ergebnisse zu integrieren. Außerdem werden Strömungen in unterschiedlich gesättigten Umgebungen berücksichtigt, um die Entsättigungsphänomene zu erfassen, die sich in der Umgebung der Schächte und Rampen ereignen werden.

([24], Kap. 5.2.1.1.2)

Geschätzter Trinkwasserbedarf des Projekts und Übereinstimmung mit dem Bedarf der Region

In der UVS des Cigéo-Gesamtprojekts wird die nachhaltige Verfügbarkeit von Ressourcen nach den Prinzipien

- der Trinkwassereinsparung bei den Prozessen im Endlager Cigéo,
- der Mehrfachversorgung durch ein sicheres Versorgungsnetz, das in der Lage ist, den Entnahmedruck auf verschiedene Trinkwasserentnahmestellen zu verteilen,
- des gemeinsamen Versorgungsnetzes, das als Sicherheitsverstärkung bezeichnet wird, für die verschiedenen Verbände, die am Cigéo-Gesamtprojekt beteiligt sind und für das Endlager Cigéo,
- der langfristigen Verfügbarkeit von qualitativen und produktiven Ressourcen sowie

- der Modalitäten zur Verbesserung der Ressourcenqualität in den Einzugsgebieten von Trinkwasserentnahmestellen

betrachtet.

Um festzulegen, wie beim Endlager Cigéo Trinkwasser eingespart werden kann, integriert die Methode Designelemente, Sicherheitsanforderungen und Hygiene- und Sicherheitsauflagen. Dies ermöglicht eine quantitative Bewertung des jährlichen Bedarfs pro Periode innerhalb der Projektphasen des Cigéo-Gesamtprojekts.

([24], Kap. 5.2.1.2)

Verfügbarkeit der Ressource

Die Verfügbarkeit der Ressource wird mithilfe der Bedarfs-/Ressourcenbilanz untersucht, mit der überprüft wird, ob der Wasserbedarf des Endlagers Cigéo mit der Verfügbarkeit der Ressource an den betrachteten Entnahmestellen und dem voraussichtlichen Bedarf der Gebietskörperschaften vereinbar ist. Die Bilanz wurde für den Wasserbedarf der Bauvorbereitungs- und Bauphase einerseits und der Betriebsphase andererseits erstellt. ([24], Kap. 5.2.1.2.1)

Oberflächengewässer

Ausgangszustand

Die Studien umfassen die Beschreibung des Gewässernetzes (Definition von Oberflächenwasserkörpern, Identifikation topografischer Einzugsgebiete und Erstellung einer Liste der betroffenen Wasserläufe), der Einschätzung des Hochwasserrisikos, der Bestimmung der Durchflussmengen von Flüssen (siehe auch Tabelle A6h - 1) sowie des qualitativen Zustands von Wasserläufen durch biologische, hydromorphologische und physikalisch-chemische Faktoren (siehe auch Tabelle A6h - 1) und die Erfassung der Einstufungen von Flüssen für Fischkategorien und ökologische Kontinuität sowie der der Nutzung von Oberflächenwasser. ([24], Kap. 5.1.3)

Auswirkungen

Im Rahmen des Cigéo-Gesamtprojekts werden Regenwässer sowie aufbereitetes konventionelles Abwasser in die Oberflächengewässer eingeleitet. Um die Auswirkungen auf die Oberflächengewässer gering zu halten, werden die Regen- und Abwasserbewirtschaftungsanlagen u. a. unter Berücksichtigung von Klimadaten ausgelegt.

Regenwasser

Regenwasser wird die Normen für einen guten chemischen und ökologischen Zustand der natürlichen Umwelt für die Parameter chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) und Schwebstoff erfüllen. Für Kohlenwasserstoffe gibt es keine Kriterien für einen guten Zustand der natürlichen Umwelt. Daher dient eine Norm, die der Leistung eines Ölabscheiders entspricht, als Referenz.

Eventuelle Verschmutzungen, die durch den Abfluss von versiegelten Flächen entstehen (Schwebstoffe, Kohlenwasserstoffe etc.), werden behandelt, damit die Einleitungen keine Auswirkungen auf die natürliche Umwelt haben. Darüber hinaus werden durch die Einrichtung von Sammelbecken die Abflüsse bei starken Regenfällen geglättet, sodass Überschwemmungen im Abstrom des Endlagers Cigéo vermieden werden können. Die eingeleitete Schadstofffracht wird daher die natürliche Umwelt nicht verschlechtern.

Konventionelles Abwasser

Konventionelles Abwasser (Industrie-, Grund- und Hangwasser) wird auf der Grundlage von Labor-Pilotversuchen mit repräsentativen Proben einer abwasserspezifischen Behandlung unterzogen.

Radiologische Überwachung der konventionellen Abwässer

Das Cigéo-Gesamtprojekt verpflichtet sich, die radiologische Qualität des Wassers an seinem Standort zu überwachen, auch wenn das konventionelle Abwasser nicht mit radioaktiven Elementen in Berührung kommen wird. Bei allen Wassereinleitungen in die natürliche Umwelt wird daher die α - und β -Aktivität gemäß den Empfehlungen der WHO, die normalerweise für Trinkwasser gelten, überwacht.

([24], Kap. 5.2.2.4.5)

Biodiversität und natürliche Umwelt

Ausgangszustand

Die Beschreibung des Ausgangszustands der natürlichen Umwelt erfolgt durch die Sammlung von Daten über Fauna, Flora und Lebensräume, die bei den zuständigen Stellen verfügbar sind, ergänzt durch Dokumentenanalysen und Feldstudien, die von spezialisierten Ingenieurbüros durchgeführt werden.

Auswirkungen

Die Auswirkung auf die natürliche Umwelt umfassen die Auswirkungen des Projekts auf die Umwelt, die Umweltzoneneinteilung, auf Feuchtgebiete, ökologische Durchgängigkeiten sowie die radiologischen Auswirkungen. Die Höhe der (potenziellen und verbleibenden) Auswirkungen hängt von der Höhe der Betroffenheit (die für den Ausgangszustand ermittelt wurde) sowie von der Intensität der Auswirkungen auf eine oder mehrere Umweltkomponenten ab.

Die Auswirkungen werden anhand der folgenden Kriterien bewertet:

- Typische Merkmale (z. B. Art der Auswirkung, Zeitraum des Auftretens, Dauer der Wirkung, Intensität der Auswirkung)
- Regulatorischer Rahmen
- Grad der Erhaltungsbedürftigkeit des von der Auswirkung betroffenen Schutzguts
- andere Merkmale, die für das von der Auswirkung betroffene Schutzgut typisch sind (z. B. betroffene Fläche oder relative Länge, unmittelbare Empfindlichkeit des betroffenen Schutzguts gegenüber der Auswirkung, Selbstregenerationsfähigkeit (Resilienz) des betroffenen Schutzguts)
- Umweltkontext des Projekts (Elemente, die die Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Auswirkung lokal verringern oder erhöhen können).

([22], Kap. 6.2.2)

Ökologischer Ausgleich

Der ökologische Ausgleich muss Gewinne erbringen, die es ermöglichen, die verbleibenden erheblichen Auswirkungen auszugleichen und somit das Ziel zu erreichen, dass keine Nettoverluste entstehen. Ein Gewinn kann nur durch eine Wiederherstellungs-, Reparatur- oder Rehabilitationsmaßnahme entstehen. Daher kann der bloße Erhalt einer sich bereits in einem guten ökologischen Zustand befindlichen Umwelt im Allgemeinen nicht als Ausgleichsmaßnahme betrachtet werden, es sei denn, es wird nachgewiesen, dass diese Maßnahme die Umwelt kurz- oder mittelfristig vor einer

Belastung bewahrt. Der Gewinn an Biodiversität wird anhand des Ausgangszustands der Biodiversität an den Standorten, an denen die Ausgleichsmaßnahme durchgeführt wird, unter Berücksichtigung ihres ökologischen Verlaufs ohne Eingriffe, bewertet.

Um zu dem Ergebnis zu kommen, dass das Ziel, keinen Nettoverlust an Biodiversität zu verursachen, erreicht wurde, müssen auch die folgenden grundlegenden Ausgleichsprinzipien berücksichtigt und begründet werden:

- Die Maßnahmen müssen einen ökologischen Mehrwert erzeugen, der ohne sie nicht erreicht worden wäre
- funktionale Nähe der Ausgleichsmaßnahmen
- Ausgleichsmaßnahmen müssen vom Bauherren so früh wie möglich geplant werden, um den Erhaltungszustand der Zielarten so wenig wie möglich zu beeinträchtigen
- Die Dauerhaftigkeit kann durch den Erwerb von Land oder langfristige vertragliche Vereinbarungen mit den Eigentümern sichergestellt werden
- technische, administrative und rechtliche Machbarkeit
- gesicherte Finanzierung für Umsetzung und Überwachung
- Verantwortung des Auftraggebers, auch im Falle einer Delegation

Die Ausgleichsmaßnahmen müssen mit Zielen und Modalitäten für die Überwachung ihrer Wirksamkeit und Auswirkungen versehen sein und bei der Festlegung der Ausgleichsmaßnahmen werden die Abstimmung und der Austausch mit den staatlichen Stellen berücksichtigt.

([24], Kap. 6.3.1)

Bewertung von Natura 2000-Gebieten

Die UVS ermittelt die (direkten oder indirekten) Auswirkungen des Projekts auf alle Arten und Lebensräume, die im Projektgebiet oder in der Nähe des Projekts vorkommen. Die UVS für Natura 2000-Gebiete analysiert ausschließlich die Auswirkungen des Projekts auf die Arten und Lebensräume von gemeinschaftlichem Interesse, die für die Ausweisung der Gebiete ausschlaggebend waren. Sie muss prüfen, ob Wechselwirkungen zwischen den Arten und Lebensräumen, die für die Ausweisung der Gebiete verantwortlich sind, und dem Projekt möglich sind, und, ob das Projekt mit den Erhaltungszielen der Natura 2000-Gebiete vereinbar ist. ([24], Kap. 6.4.2)

Bevölkerung, Beschäftigung und wirtschaftliche Aktivitäten sowie Wohnraum

Die Untersuchung der Bevölkerung, der Beschäftigung und der wirtschaftlichen Aktivitäten basiert auf den folgenden Untersuchungsgebieten:

- Erweitertes Untersuchungsgebiet: Region *Grand Est*
- Engeres Untersuchungsgebiet: Kreis von 50 km um das Endlager Cigéo mit einem Fokus auf 20 km um das Endlager Cigéo. Einige der im engeren Untersuchungsgebiet dargestellten Daten basieren auf den SCoT *des Pays Barrois* und *Haut-Marnais* und ermöglichen zusätzliche Präzisierungen. Einige Analysen können sich daher auf Bereiche beziehen, die von den Kreisen 50 km und 20 km um das Projekt abweichen

([24], Kap. 7.1)

Bevölkerung

Ausgangszustand

Die Bevölkerung wird anhand folgender Aspekte beschrieben:

- Verteilung der Bevölkerung auf die verschiedenen Untersuchungsgebiete (einschließlich Beschreibung der Bevölkerung, ihrer Dichte und der territorialen Bevölkerungsschwankungen)
- Altersstruktur der Bevölkerung in den verschiedenen Untersuchungsgebieten. Das spezielle Untersuchungsgebiet der 400-kV-Leitung wird hier nicht weiter beschrieben und erst bei künftigen Aktualisierungen der UVS ergänzt.
- natürlicher Bevölkerungs- und Migrationssaldo (einschließlich jährliche Bevölkerungsänderung in den Untersuchungsgebieten und geografische Verteilung und Dynamik des Gebiets auf dem Maßstab des erweiterten Untersuchungsgebiets)

([24], Kap. 7.2.1)

Auswirkungen

Die Bevölkerung, die sich projektbezogen vorübergehend in dem Gebiet aufhält und die Bevölkerung, die sich projektbezogen dauerhaft in dem Gebiet niederlassen wird, ist schwer zu schätzen. Daher wurden die Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts und insbesondere des Endlagers auf die Bevölkerungsentwicklung aus den Raumplanungsdokumenten abgeleitet. ([24], Kap. 7.2.2)

Beschäftigung und wirtschaftliche Aktivitäten

Ausgangszustand

Die Beschäftigung und die wirtschaftlichen Aktivitäten werden anhand folgender Aspekte beschrieben:

- Erwerbsbevölkerung, Arbeitslosenquote (einschließlich ihrer Entwicklung) und Beschäftigung (einschließlich ihrer geografischen Verteilung)
- Wirtschaftscluster: Die wichtigsten Gewerbegebiete in den Untersuchungsgebieten. Für das engere und das unmittelbare Untersuchungsgebiet beschreibt dieser Aspekt die Industrie-, Handwerks- und Wirtschaftszonen sowie die wichtigsten Einrichtungen und Geschäfte, die dort vorhanden sind.
- Sektorale Verteilung der wirtschaftlichen Aktivitäten in allen Untersuchungsgebieten nach den Wirtschaftszweigen der aggregierten Systematik NA 2008
- Pendelbewegungen (Bewegungsströme, die im erweiterten und engeren Untersuchungsgebiet analysiert wurden, Verteilung der Fahrten auf die verschiedenen Verkehrsträger, die in allen Untersuchungsgebieten untersucht wurden und Indikator Arbeitsplatz, der in allen Untersuchungsgebieten analysiert wurde)

([24], Kap. 7.3.1)

Auswirkungen

Die Analyse der direkten Auswirkungen wird unter Berücksichtigung der durch das Cigéo-Gesamtprojekt mobilisierten Arbeitsplätze und der Steuereinnahmen durchgeführt.

([24], Kap. 7.3.2)

Wohnraum

Ausgangszustand

Die Beschreibung des Wohnraums enthält

- die Beschreibung des Wohnungsbestands im erweiterten, engeren und unmittelbaren Untersuchungsgebiet,
- die Entwicklung des Wohnungsbaus im erweiterten, engeren und unmittelbaren Untersuchungsgebiet,
- die Energieversorgung, die auf der Ebene des erweiterten und des engeren Untersuchungsgebiets behandelt wird,
- die Herausforderungen des SRADDET, die auf der Ebene des erweiterten Untersuchungsgebiet analysiert wurden und
- die Struktur der Gemeinden im unmittelbaren Untersuchungsgebiet.

([24], Kap. 7.4.1)

Auswirkungen

Die mit dem Cigéo-Gesamtprojekt verbundene Siedlungsentwicklung ist ebenfalls schwer abzuschätzen. Daher wird sie, wie die Bevölkerungszahl, aus den Dokumenten der Raumplanung abgeleitet ([24], Kap. 7.4.2).

Land- und forstwirtschaftliche Aktivitäten

Ausgangszustand

Die Beschreibung der land- und forstwirtschaftlichen Aktivitäten wird für

- ein erweitertes Gebiet, das den Departements *Haute-Marne* und *Meuse* und insbesondere vier ehemaligen Kantonen entspricht (*Gondrecourt-le-Château*, *Montiers-sur-Saulx*, *Ligny-en-Barrois* und *Poissons*),
- ein engeres Untersuchungsgebiet, das den Gemeinden entspricht, die von bedeutenden Oberflächen des Endlagers Cigéo auf landwirtschaftlichen Flächen betroffen sind,
- ein unmittelbares Untersuchungsgebiet, das dem potenziellen Eingriffsgebiet des Endlagers entspricht sowie
- einen 500-m-Korridor zu beiden Seiten der 400-kV-Leitung

beschrieben. Die Untersuchungsgebiete könnten ggf. bei einer späteren Aktualisierung der UVS geändert werden, je nachdem, welche Lösungen für die Maßnahmen der anderen Bauherren gewählt werden. ([24], Kap. 8.1)

Auswirkungen

Die Bewertung der Auswirkungen auf die land- und forstwirtschaftlichen Aktivitäten und der Ausgleichsansatz stützt sich auf die Analyse der Auswirkungen, die in der Vorstudie zu den Auswirkungen auf die Landwirtschaft entwickelt wurde. Die landwirtschaftliche Vorstudie umfasst mindestens eine Projektbeschreibung, eine Analyse des Ausgangszustands der Landwirtschaft des betroffenen Gebiets, die Untersuchung der Auswirkungen des Projekts auf diese sowie die geplanten VVA-Maßnahmen. ([24], Kap. 8.2)

Bestimmung der kollektiven landwirtschaftlichen Entschädigung

Die kollektiven Ausgleichsmaßnahmen sollen die Landwirtschaft des Gebiets konsolidieren. Sie haben zum Ziel, einen kollektiven Mehrwert für das von den negativen wirtschaftlichen

Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts betroffene Gebiet zu schaffen. Es sind mehrere Modalitäten für kollektive Ausgleichsmaßnahmen möglich:

- Landausgleich durch verfügbares Land
- finanzieller Ausgleich über einen Ausgleichsfonds, der der Durchführung von Projekten gewidmet ist, die die Landwirtschaft des betroffenen Gebiets stärken sollen

Die bevorzugte Lösung besteht in der Einrichtung eines Ausgleichsfonds.

Angesichts der mit diesem Ausgleich verbundenen Herausforderungen und der Fristen für die Umsetzung bestimmter Projekte wird die endgültige finanzielle Bewertung des Ausgleichs nach zwei Ansätzen in Betracht gezogen:

- Pauschaler Ansatz in Höhe des Verlusts. Dieser Ansatz basiert auf Investitionsquoten in landwirtschaftlichen Sektoren, die es ermöglichen, die wirtschaftliche Rentabilität der für verschiedene Projekte eingesetzten Mittel zu ermitteln.
- Ansatz, der an ein Programm zur landwirtschaftlichen Entwicklung des Gebiets angepasst ist. Dieser Ansatz erfordert eine grundlegende Arbeit an der Strategie zur landwirtschaftlichen Entwicklung, die von diesem Ausgleichsfonds begleitet werden soll. Diesem Ansatz wird der Vorzug gegeben.

([24], Kap. 8.3)

Bestimmung des Waldausgleichs

Angesichts der gerodeten Fläche und gemäß den Vorschriften des Forstgesetzes wird ein forstwirtschaftlicher Ausgleich geschaffen. Das Forstgesetz schlägt drei Arten des Ausgleichs vor:

- Durchführung von Aufforstungs- oder Wiederaufforstungsarbeiten auf den als Ausgleich vorgeschlagenen Grundstücken für eine Fläche, die der gerodeten Fläche entspricht, mit einem Multiplikator zwischen 1 und 5, der je nach der wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Rolle der Wälder festgelegt wird
- Durchführung von waldbaulichen Verbesserungsarbeiten in einem von den Direktionen der Departements für Landgebiete (*directions départementales des territoires*, DDT) festgelegten gleichwertigen Betrag
- Ausgleichszahlung an den *Fonds stratégique de la forêt et du bois*

([24], Kap. 8.5)

Versorgungs- und Kommunikationsnetze

Ausgangszustand

Die Versorgungs- und Kommunikationsnetze (Gas, Strom, Wasser, Telefon etc.) werden im engeren Untersuchungsgebiet anhand der Angaben aus Stadtplanungsdokumenten (für die Liste und die Lage der Dienstbarkeiten des öffentlichen Nutzens (*servitudes d'utilité publique*, SUP)), Internetseiten und Verwaltungen beschrieben. Die Informationen zu den Gas- und Stromnetzen stammen von RTE und GRTgaz. Zur Lokalisierung dieser Netze wurde eine Kartierung vorgenommen. ([24], Kap. 9.1)

Auswirkungen

Die Analyse der Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts bezieht sich auf die Netze, die bei den Arbeiten durchquert werden und auf die Schaffung der für das Projekt notwendigen Netze.

Die Hauptnetze (strukturierte Strom-, Gas-, Kohlenwasserstoff- oder Wasserverteilungsnetze und Hauptabwassersammler), die vom Cigéo-Gesamtprojekt durchschnitten werden, wurden durch

kartografische Überlagerung der Anlagen des Cigéo-Gesamtprojekts mit den bestehenden, zum Zeitpunkt der Erstellung der UVS bekannten, Versorgungsnetze identifiziert und werden im Zuge des Studienfortschritts noch verfeinert.

Die Analyse der Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die durchschnittlichen Netze erfolgt im Hinblick auf die Art des Netzes und die damit verbundenen Vorschriften.

In Bezug auf die geschaffenen Netze konzentriert sich die Analyse auf den Nutzen für das Gebiet, insbesondere im Hinblick auf die Unzulänglichkeiten der bestehenden Netze.

([24], Kap. 9.2)

Radioaktive Abfälle

Ausgangszustand

Radioaktive Abfälle werden im unmittelbaren und erweiterten Untersuchungsgebiet untersucht, die der gesamten Region *Grand Est* entsprechen und auf den nördlichen und östlichen Teil Frankreichs ausgedehnt sind (einschließlich der derzeitigen Standorte der Erzeuger und der Transportwege). Die Entsorgung radioaktiver Stoffe und Abfälle wird durch den PNGMDR geregelt. ([24], Kap. 10.1.1)

Auswirkungen und Maßnahmen

Die Analyse bestand zunächst darin, die verschiedenen Abfallarten zu identifizieren, die durch den Betrieb des Endlagers Cigéo verursacht werden. Dann werden die Abfallmengen auf der Grundlage der Projektmerkmale und von Verhältnissen, die sich aus dem Erfahrungsrückfluss ergeben, geschätzt. Diese Schätzungen sind vorläufig. Sie werden im Zuge des Projektfortschritts und insbesondere nach Abschluss der vorgesehenen Abfallentsorgungsstudie überprüft. ([24], Kap. 10.1.2)

Konventionelle Abfälle

Ausgangszustand

Die Entsorgung konventioneller Abfälle wird auf der Ebene des unmittelbaren Untersuchungsgebiets und des erweiterten Untersuchungsgebiets (Region *Grand Est*) dargestellt.

Das am 24. Januar 2020 verabschiedete SRADDET ermöglicht über seinen Anhang Nr. 7, den am 22. November 2019 verabschiedeten PRPGD, eine Bestandsaufnahme für die Region *Grand Est* im Jahr 2015 mit Angaben zu

- der Verteilung der verschiedenen Abfallarten,
- den Einrichtungen zur Entsorgung dieser Abfälle (Lagerung, Behandlung und Verwertung) und
- ihrer Verwaltung in Frankreich.

([24], Kap. 10.2.1)

Auswirkungen und Maßnahmen

In Bezug auf die vom Endlager Cigéo erzeugten Abfälle bestand die Analyse zunächst darin, die verschiedenen Abfallarten zu identifizieren, die in den einzelnen Projektphasen anfallen. Die verursachten konventionellen Abfälle werden gemäß der Abfallkodierungsliste in Anhang II zu Artikel R. 541-8 des französischen Umweltgesetzes klassifiziert und in drei Hauptgruppen eingeteilt:

- Inerte Abfälle
- nicht gefährliche Abfälle oder Abfälle aus wirtschaftlichen Aktivitäten, die organische Abfälle oder Bioabfall enthalten
- gefährliche Abfälle

Danach werden die Abfallmengen abgeschätzt. Diese Schätzungen sind vorläufig. Sie werden im Zuge des Projektfortschritts und der Auftragsvergabe überprüft.

Um das in der ersten Rodungsphase anfallende Holzvolumen zu schätzen, wurden 2015 Baumhöhenschätzungen anhand von LIDAR-Messungen (*light detection and ranging*) durchgeführt.

Die für den Bau verwendeten Kennzahlen basieren im Wesentlichen auf Erfahrungswerten, die mit ähnlichen Bauarten und -methoden gesammelt wurden.

([24], Kap. 10.2.2)

Risiken und Anfälligkeit des Projekts für schwere Unfälle oder Katastrophen

Ausgangszustand

Die Beschreibung des Ausgangszustands umfasst die Identifizierung und Darstellung der externen Risiken natürlichen (siehe oben und Anhang 7i) und anthropogenen (siehe Tabelle A6h - 1) Ursprungs.

Auswirkungen

Die Anfälligkeit des Cigéo-Gesamtprojekts für schwere Unfälle und Katastrophen wird im Hinblick auf die externen Risiken natürlichen und anthropogenen Ursprungs analysiert. Die Anfälligkeit für schwere Unfälle oder Katastrophen wird in der ersten Auslegungsphase durch die Umsetzung von Auslegungsvorkehrungen zur Beherrschung dieser Risiken berücksichtigt. ([24], Kap. 11.2.1)

Wie jeder Betreiber einer kerntechnischen Anlage stellt ANDRA bereits bei deren Auslegung sicher, dass die technischen und organisatorischen Vorkehrungen den Schutz der Interessen (*protection des intérêts* d. h. Schutz der Sicherheit, der öffentlichen Gesundheit und Gesundheitsfürsorge sowie der Natur und Umwelt) ermöglichen. Diese Vorkehrungen sollen Unfälle verhindern und ihre Folgen für alle in Betracht gezogenen Anlagenzustände (Normalbetrieb, anomaler Betrieb, Stör- und Unfälle) begrenzen. Die vorgestellten Grundsätze und die Methodik der Studien basieren hauptsächlich auf

- den für alle kerntechnischen Anlagen geltenden Vorschriften, die aus kodifizierten Gesetzesbestimmungen, Dekreten, Ministerialerlassen und Entscheidungen der ASN hervorgegangen sind und
- den grundlegenden Sicherheitsregeln (*règles fondamentales de sûreté*, RFS) und Leitfäden zu kerntechnischen Anlagen. Die RFS und Leitfäden, die nicht für Anlagen für die Endlagerung radioaktiver Abfälle gelten, wurden im Hinblick auf ihre Übertragbarkeit auf die kerntechnische Anlage Cigéo untersucht.

Die Sicherheitsanalyse wird nach einem deterministischen Ansatz durchgeführt und beruht auf einer Risikoanalyse und einer Analyse nach Betriebssituationen (siehe auch [34] bzw. Anhang 7i).

([24], Kap. 11.2.2.1)

Verkehrsinfrastruktur

Gemäß Artikel R. 122-5 des französischen Umweltgesetzes umfasst die UVS im Hinblick auf diese Infrastrukturen

- eine Analyse der vorhersehbaren Auswirkungen des Projekts auf die mögliche Siedlungsentwicklung,
- eine Analyse der ökologischen Herausforderungen und der potenziellen Risiken im Zusammenhang mit der Erschließung von Grundstücken sowie land- und forstwirtschaftlichen Flächen, die sich insbesondere auf den durch das Projekt verursachten Verbrauch von landwirtschaftlichen, natürlichen oder forstwirtschaftlichen Flächen bezieht,
- eine Analyse der kollektiven Kosten von Verschmutzung und Belästigung und der daraus resultierenden Vorteile für die Allgemeinheit,
- eine Bewertung des Energieverbrauchs, der sich aus dem Betrieb des Projekts ergibt,
- eine Beschreibung der Verkehrsannahmen, der Verkehrsbedingungen und der Berechnungsmethoden, die zur Bewertung dieser Annahmen und zur Untersuchung ihrer Auswirkungen verwendet wurden und
- die Maßnahmen, die zum Schutz vor Lärmbelästigung ergriffen werden.

([24], Kap. 12.1)

Ausgangszustand

Schieneverkehr

Die Annahmen zum Schienenverkehr auf der ITE und der Bahnlinie 027000 wurden von ANDRA auf der Grundlage der Mengen an Material und radioaktiven Abfällen und der Eigenschaften der Zugkonvois geschätzt. ([24], Kap. 12.3.1)

Straßenverkehr

Um das aktuelle Verkehrsaufkommen im engeren Untersuchungsgebiet zu erfassen, wurden im Jahr 2020 Verkehrszählungen durchgeführt ([24], Kap. 12.3.2.1). Im Jahr 2021 wurde ein (neues) Verkehrsmodell erstellt ([24], Kap. 12.3.2.2). Der Umfang dieser Straßenverkehrsmodellierung wurde anhand

- der Zugangsstraßen zum künftigen Endlager Cigéo von den Hauptverkehrsachsen des Gebiets (N4, N67 und A31),
- der zukünftigen Entwicklung des Gebiets (Straßenbauprojekte, wirtschaftliche Entwicklungszonen etc.) mit oder ohne das Cigéo-Gesamtprojekt und
- der Verwaltungsgrenzen

festgelegt ([24], Kap. 12.3.2.2.1).

Das Verkehrsmodell liefert Zahlen für den durchschnittlichen täglichen Verkehr eines Jahres und nicht für den stündlichen Verkehr oder für Werkzeuge. Dennoch ist es möglich, anhand von Zählungen, die in der Nähe des Projekts durchgeführt wurden, durchschnittliche Durchfahrtsverhältnisse zu berechnen, um sich gegebenenfalls dem Werktags- und Stundenverkehr anhand der Ergebnisse des Straßenverkehrsmodells anzunähern. ([24], Kap. 12.3.2.2.5)

Das Verkehrsmodell beinhaltet mehrere Einschränkungen, die den verfügbaren Daten inhärent sind (z. B. Fehlen von Haushalts- und Pendlerbefragungen, keine direkte Berücksichtigung der Verkehrsverlagerung von der Straße auf die Schiene, keine genaue Analyse von Überlastungserscheinungen; [24], Kap. 12.3.2.2.6). In dem Verkehrsmodell wird nur der Zeitraum bis 2070

berücksichtigt, da es in Frankreich keine nationalen Annahmen zur Verkehrsentwicklung bis 2150 gibt ([24], Kap. 12.3.2.2.7).

Im Rahmen von Modellierungen werden normalerweise nur die Projekte, die tatsächlich realisiert werden, in die prospektiven Projektszenarien aufgenommen. Derzeit ist unmöglich zu wissen, wie die Abwägungen bei allen Projekten ausfallen werden. Daher wurde beschlossen, nur die Projekte der Priorität 1 einzubeziehen, die für die Realisierung des Cigéo-Gesamtprojekts unerlässlich sind, d. h.

- Ausbau des Schienennetzes, einschließlich der Ertüchtigung der Bahnlinie 027000 *Nançois-Tronville* und der Errichtung der ITE. Diese Projekte sind zwar nicht im Straßenverkehrsmodell abgebildet, ihre Umsetzung wirkt sich jedoch auf die Annahmen zur Verteilung des Güterverkehrs auf Straße und Schiene aus.
- Straßenbaumaßnahmen in Verbindung mit der Zufahrt zum Betriebsgelände „Schächte“ von Süden über die D960, die LIS und die Umleitung der D960/D60 auf Höhe des Betriebsgeländes „Schächte“.

([24], Kap. 12.3.2.2.8)

Die durch das Projekt erzeugten Verkehrsströme lassen sich in die zwei Hauptkategorien

- Ströme von leichten Fahrzeugen (PKW), die durch die Mitarbeiter von ANDRA und den Unterauftragnehmern während Bau- und Betriebsphase entstehen und
- Ströme von LKW, die durch den Materialtransport (z. B. Stahlbeton, Beton, Zement, Kies und Sand) erzeugt werden,

unterteilen. Im Hinblick auf den Transport von Gebinden mit radioaktiven Abfällen wird davon ausgegangen, dass der Großteil der Transporte auf der Schiene stattfindet – schätzungsweise höchstens zwei Transporte pro Woche. ([24], Kap. 12.3.2.2.9)

Bei den ersten Simulationen mit dem Verkehrsmodell stellte sich heraus, dass LKW-Verbote eingeführt werden müssen, da der durch das Projekt erzeugte Verkehr über zu viele Strecken führt, die sowohl hinsichtlich ihrer Geometrie als auch ihrer Kurvigkeit ungeeignet sind ([24], Kap. 12.3.2.2.10).

Die Untersuchung der Zukunftshorizonte erfolgt durch einen Vergleich zwischen dem Szenario ohne Projekt und dem Projektszenario im selben Jahr, wodurch die Auswirkungen des Projekts im Vergleich zu den Auswirkungen des wirtschaftlichen Umfelds, anderer Verkehrspolitik oder anderer Projekte identifiziert werden können. Auch die Entwicklung des Verkehrsaufkommens im Zeitverlauf kann betrachtet werden. ([24], Kap. 12.3.2.2.11)

Straßenverkehr für die anderen Maßnahmen des Gesamtprojekts Cigéo

In diesem Stadium der Studien wird der Verkehr in der Bauvorbereitungsphase der Maßnahmen anderer Bauherren nicht in die Modellierung des durch das Endlager verursachten Verkehrs einbezogen. Dies beeinträchtigt die Ergebnisse jedoch nicht, da der Verkehr gering sein wird. Dabei wurde das entsprechende Verkehrsaufkommen auf Grundlage der Erdbewegungen (Aushub und Aufschüttungen) geschätzt, die durch diese Maßnahmen verursacht werden könnten, wobei die Anzahl der LKWs pro Tag zugrunde gelegt wurde. ([24], Kap. 12.3.3)

Auswirkungen

Methodik für die Wiederherstellung der durchschnittlichen Verkehrswege

Es gibt keine Bahninfrastruktur, die vom Cigéo-Gesamtprojekt durchschnitten wird.

Eine umfassende Bestandsaufnahme der Straßen, die vom Endlager Cigéo durchschnitten werden, wurde durch Konsultation der topografischen Karte des nationalen geographischen Instituts, Besichtigungen vor Ort und eine Abstimmung mit den lokalen Akteuren durchgeführt. Die Modalitäten der Wiederherstellung wurden in Absprache mit den lokalen Akteuren festgelegt.

Was die anderen Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts betrifft, deren Planung noch nicht so weit fortgeschritten ist, werden die genauen Modalitäten der Wiederherstellung bei der Fortsetzung der Studien und in Absprache mit den lokalen Akteuren im Detail festgelegt.

([24], Kap. 12.4)

Methodik für die Berechnung des Energieverbrauchs

Es wurden drei Bewertungen des Energieverbrauchs durchgeführt, jeweils als Differenz zwischen zwei Situationen:

1. Differenz zwischen der Situation, in der das Cigéo-Gesamtprojekt mit dem Programm der Verkehrsinfrastruktur, das zur Begleitung des Endlagers Cigéo gewählt wurde, realisiert wird und der Situation, in der das Cigéo-Gesamtprojekt nicht realisiert wird.
2. Differenz zwischen einer Situation, in der das Cigéo-Gesamtprojekt realisiert wird, in der aber die zu realisierenden Anpassungen durch eine möglichst weitgehende Wiederverwendung der bestehenden Verkehrsinfrastruktur begrenzt werden und der Situation, in der das Cigéo-Gesamtprojekt nicht realisiert wird.
3. Differenz zwischen der Situation, in der das Cigéo-Gesamtprojekt mit dem Programm der Verkehrsinfrastruktur realisiert wird und der Situation, in der die durchzuführenden Anpassungen beschränkt werden, indem die bestehende Verkehrsinfrastruktur so weit wie möglich wiederverwendet wird.

([24], Kap. 12.5.1)

Methodik für die Analyse der kollektiven Kosten von Verschmutzung und Belästigung und des Nutzens für die Allgemeinheit

Unter allen Kosten, die in die monetarisierte sozioökonomische Bilanz (oder Kosten-Nutzen-Bilanz) eines Verkehrsprojekts einfließen, werden kollektive Kosten für Luftverschmutzung, Treibhausgasemissionen, Lärm, Verkehrssicherheit (Unfälle) und Überlastung der Straßen berücksichtigt. In Frankreich gibt es bisher nur Monetarisierungsmethoden für kollektive Kosten der Verschmutzung und Belästigung durch Verkehrsprojekte oder für externe Kosten. ([24], Kap. 12.6.1.1)

Angewandte Methodik für die Kosten-Nutzen-Bilanz für die Allgemeinheit

Die Kosten-Nutzen-Bilanz eines Projekts zielt darauf ab, die Zweckmäßigkeit des Projekts für die Allgemeinheit zu bewerten, indem die Vorteile des Projekts monetarisiert und in Beziehung zu den Kosten gesetzt werden, insbesondere zu den anfänglichen Investitionskosten. Bei der Bilanzierung werden alle öffentlichen und privaten Akteure berücksichtigt, die direkt oder indirekt von dem Projekt betroffen sind. Die Bilanz wird als Differenz zwischen der Situation, in der das Projekt durchgeführt wird, und der Situation, die eintreten könnte, wenn das Projekt nicht durchgeführt wird, erstellt.

Für die Verkehrsinfrastruktur des Cigéo-Gesamtprojekts berücksichtigt die Bilanz

- monetäre Auswirkungen auf die Wirtschaft (Markteffekte), insbesondere Kosten der Arbeiten für den Ausbau des Schienennetzes, die LIS und die Umleitung der D60/960 sowie Kosten für den von den Straßenfahrzeugen verbrauchten Treibstoff sowie
- nicht marktbestimmte Effekte wie Zeitgewinne oder -verluste von Autofahrern, die Veränderung der Zahl der Opfer von Verkehrsunfällen oder auch externe Umwelteffekte (Treibhausgasemissionen, Lärm von Straßenfahrzeugen und Zügen), denen eine monetäre Bewertung nach offiziellen Bestimmungen zugewiesen wird, die als „Referenzwert“ oder „Schutzwert“ bezeichnet wird.

Die vorliegende Bilanz wird in Übereinstimmung mit der Anweisung der Regierung vom 16. Juni 2014 zur Bewertung von Verkehrsprojekten [95], dem methodologischen Referenzrahmen für die Bewertung von Verkehrsprojekten [96] und den Arbeitsblättern des Referenzrahmens für die Bewertung von Verkehrsprojekten 2019 [97], die von der Generaldirektion für Infrastruktur, Verkehr und Meer erstellt wurden, erstellt.

Die Bilanz wird nur für das Verkehrsinfrastrukturprogramm des Cigéo-Gesamtprojekts erstellt. In diesem Sinne wird diese Bilanz als Differenz zwischen

- der Projektoption, die dem Cigéo-Gesamtprojekt entspricht, das die in der vorliegenden UVS berücksichtigten Verkehrsinfrastrukturen umfasst, und
- der Referenzoption, die dem Cigéo-Gesamtprojekt entspricht, bei dem die Infrastrukturen so weit wie möglich wiederverwendet werden,

erstellt. Die Projektoption und die Referenzoption basieren also auf derselben Anzahl an Personen, die sich bewegen, und an Waren, die transportiert werden. Allerdings kann die Inbetriebnahme der in der Projektoption vorgesehenen Transportinfrastruktur die Organisation der damit verbundenen Reisen verändern (benutzte Route, eingesetztes Transportmittel usw.).

([24], Kap. 12.6.2.1)

Lebensumfeld

Geräuschkulisse

Ausgangszustand

Die verschiedenen Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts (siehe Kapitel 6) unterliegen im Hinblick auf Lärm unterschiedlichen gesetzlichen Anforderungen. Außerdem gelten für ein und dieselbe Maßnahme unterschiedliche Anforderungen für Bau und Betrieb. ([24], Kap. 13.1.1)

Zur Beschreibung des Ausgangszustands wurden die Pläne zur Vermeidung von Umgebungslärm betrachtet und Messkampagnen durchgeführt. Messungen wurden an Grundstücksgrenzen, an Wohnhäusern und öffentlichen Einrichtungen sowie im Einflussbereich der ITE durchgeführt.

Auswirkungen

Für jede der Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts wurden die Quellen von Lärmemissionen ermittelt und für jede Projektphase akustische Modelle erstellt. Dabei wurden die Modellierungen für die verschiedenen Lärmquellen des Cigéo-Gesamtprojekts mit Ausnahme der Bahnlinie 027000 auf Grundlage der Vorstudien der Firma *Venatech* (2021) erstellt. Für die Bahnlinie 027000 wurde eine vereinfachte akustische Berechnung durchgeführt.

Die Modellierungen zielen darauf ab, die Auswirkungen jeder Maßnahme im Hinblick auf die gesetzlichen Schwellenwerte und die Entwicklung des Lärmpegels im Vergleich zum Ausgangszustand zu analysieren. Die Wohnsiedlungen werden im Hinblick auf die geschätzte zukünftige Lärmbelastung eingestuft (ruhig, ziemlich ruhig, üblich, moderat bis laut). Bei Überschreitung werden Verminderungsmaßnahmen umgesetzt.

Die durchgeführten und in dieser UVS dargestellten Modellierungen werden in den weiteren Auslegungsphasen des Cigéo-Gesamtprojekts aktualisiert und in den aktualisierten Fassungen dieser UVS dargestellt.

([24], Kap. 13.1.3)

Erschütterungen

Die durch die Aktivitäten des Cigéo-Gesamtprojekts erzeugten Erschütterungen können potenziell von den nahegelegenen ICPE stammen. Für diese Anlagen gilt das Rundschreiben Nr. 86-23 vom 23. Juli 1986 über mechanische Schwingungen, die von ICPE in die Umwelt abgegeben werden. Dieser Text legt zum einen die Mittel und Methoden fest, mit denen die Auswirkungen der von diesen Anlagen in die Umwelt übertragenen mechanischen Schwingungen bewertet werden können, und zum anderen die Normen und Grenzwerte, mit denen verhindert werden kann, dass Menschen sich belästigt fühlen oder Schäden an Gebäuden entstehen.

Darüber hinaus können Sprengungen und Schienenverkehr Erschütterungen erzeugen. Für Sprengungen im Rahmen der Errichtung untertägiger Anlagen werden die Grenzwerte aus dem Erlass vom 22. September 1994 über Steinbruchbetriebe und Anlagen zur Erstbehandlung von Steinbruchmaterial [98] vorgeschlagen, da diese Tätigkeit mit Sprengungen in Steinbrüchen vergleichbar ist. Dort wird ein Grenzwert von 10 mm/s angegeben. Für den Schienenverkehr gelten nur das Umweltgesetz und das Recht Dritter, die die Berücksichtigung von Vibrationsbelastungen vorschreiben, ohne Angabe eines Grenzwertes oder einer Methode zur Bewertung der Auswirkungen.

([24], Kap. 13.2.1)

Ausgangszustand

Im unmittelbaren Untersuchungsgebiet wurde nach Anlagen gesucht, die Erschütterungen verursachen. Im Juli 2015 wurden zur Beschreibung des Ausgangszustands Vibrationsmessungen auf Höhe des Betriebsgeländes „Rampen“ (in direkter Nähe des Betriebsgeländes „Rampen“ befinden sich keine Wohnhäuser) durchgeführt (siehe auch Tabelle A6h - 1). ([24], Kap. 13.2.2)

Auswirkungen

Um die durch das Cigéo-Gesamtprojekt verursachten Erschütterungen zu prognostizieren, wird für Erschütterungen durch Sprengungen die *Chapot*-Methode und für Erschütterung in Zusammenhang mit dem Schienenverkehr die Methode, die auf Grundlage von [99] entwickelt wurde, verwendet ([24], Kap. 13.2.3).

Licht

In Anwendung der Gesetze *Grenelle I und II* (2009/2010) und des Gesetzes zur Rückgewinnung der Biodiversität, Natur und Landschaft (*loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages*, 2016) hat das Ministerium für den ökologischen und solidarischen Übergang 2018 einen Ministerialerlass veröffentlicht, der das Phänomen der Lichtemission reduzieren soll. Dieser Erlass (*agit de l'arrêté sur la prévention, la réduction et la limitation des nuisances lumineuses*) zielt darauf

ab, die Auswirkungen zu reduzieren, indem er zeitliche und technische Vorschriften festlegt, die auf mehrere Arten von Beleuchtungsanlagen angewendet werden. ([24], Kap. 13.3.1)

Ausgangszustand

Die Bestimmung des Ausgangszustands für Lichtemissionen erfolgte anhand der Daten 2020 der *Visible Infrared Imaging Radiometer Suite* (VIIRS). Dabei handelt es sich um ein Sensorsystem an Bord von Wettersatelliten des *Defense Meteorological Satellite Program* (DMSP), das radiometrische Bilder und Messungen der Erde in allen Bereichen des sichtbaren und infraroten Lichts sammelt.

Auswirkungen

Die Analyse der Auswirkungen wurde auf Grundlage einer Bestandsaufnahme der Quellen von Lichtemissionen und ihrer Leistung durchgeführt. Es wurden Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen ergriffen, um die Belästigung durch diese Lichtemissionen zu begrenzen. Die verbleibenden Auswirkungen werden auf der Grundlage einer Kartendarstellung analysiert, die die Entwicklung der beleuchteten Flächen und der kumulierten Lichtstromstärken zwischen dem Ausgangszustand und dem maximalen Beleuchtungsniveau des Endlagers Cigéo in der Betriebsphase darstellt. ([24], Kap. 13.3.3)

Gerüche

Gerüche, die durch die Aktivitäten des Cigéo-Gesamtprojekts entstehen, können potenziell von der kerntechnischen Anlage, den ICPE oder den durch das Projekt erzeugten Abfällen stammen. Im Hinblick auf Gerüche gelten für diese Anlagen

- Artikel 4.1 des Erlasses zur Festlegung der allgemeinen Vorschriften für nukleare Basisanlagen [100] bzw.
- Artikel 20 und 45 des Erlasses zu Wasserentnahme und -verbrauch sowie Emissionen jeglicher Art aus genehmigungspflichtigen ICPE [101].

([24], Kap. 13.4.1)

Ausgangszustand

Die Bestimmung des Ausgangszustands für die Geruchsbelästigung erfolgte auf der Grundlage von Feldstudien, bei denen festgestellt wurde, dass keine besondere Geruchsbelästigung vorlag.

Auswirkungen

Es werden Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen durchgeführt, um die gesetzlichen Anforderungen zu erfüllen und die Belästigung durch Geruchsemissionen zu begrenzen. Die Bestimmung der verbleibenden Auswirkungen erfolgte auf Basis von Expertenmeinung auf Grundlage einer Bestandsaufnahme der Quellen von Geruchsemissionen. ([24], Kap. 13.4.3)

Elektrische und magnetische Felder

Um möglichen Auswirkungen vorzubeugen, die mit einer Exposition gegenüber zu starken elektromagnetischen Feldern verbunden sind, wurden in den französischen Vorschriften Expositionsgrenzwerte festgelegt. Diese Grenzwerte für die Exposition der Öffentlichkeit basieren auf einer Empfehlung der EU und auf den 1999 veröffentlichten Leitlinien der Internationalen Kommission zum Schutz vor nicht ionisierender Strahlung (*International Commission on non-ionizing radiation protection*, ICNIRP). ([24], Kap. 13.5.1)

Ausgangszustand

Die 400-kV-Leitung *Houdreville-Méry* war Gegenstand von fünf Messungen in den Gemeinden *Chavanges, Gondrecourt-le-Château, Harmonville, Isle Aubigny* und *Ramerupt*.

Auswirkungen

Elektrische und magnetische Felder werden von den Niederfrequenzanlagen (50 Hz) für die Stromversorgung des Endlagers Cigéo erzeugt. Die durchschnittlichen Werte dieser Felder, die in anderen unter- oder übertägigen Anlagen gemessen wurden, werden als Referenzwerte für die Bewertung der menschlichen Exposition herangezogen. Sie werden mit den von der Europäischen Kommission herausgegebenen Empfehlungen verglichen.

Die Auswirkungen elektromagnetischer Felder werden anhand der oben genannten in den französischen Vorschriften festgelegten Expositionsgrenzwerten bewertet.

([24], Kap. 13.5.1)

Landschaft, kulturelles Erbe, Tourismus und Freizeitaktivitäten

Landschaft

Ausgangszustand

Der Ausgangszustand wird anhand einer Datensammlung beschrieben, die von den Referenzstellen (Regionale Direktion für Planung, Umwelt und Wohnungswesen (*direction régionale de l'aménagement, de l'environnement et du logement*, DREAL), DDT, Gemeindeverbände und Gemeinden) zur Verfügung gestellt wurde und durch Dokumentenanalysen und vor Ort durchgeführte Feldbegehungen ergänzt wurde.

Die Datensammlung wurde

- auf regionaler und Departementsebene mit den Landschaftseinheiten, die im Rahmen von Departementsinventaren der Referenzsysteme und Landschaftsatlanten identifiziert wurden,
- auf Ebene der Gemeindeverbände und Gemeinden mit den landschaftlichen Unter-einheiten, die im Rahmen der Landschaftsteile der veröffentlichten Stadtplanungsdokumente identifiziert wurden sowie
- auf eher lokaler Ebene infolge der durchgeführten Feldbeobachtungen

durchgeführt.

([24], Kap. 14.1.1)

Landschaftsanalyse

Die Landschaftsanalyse stützt sich auf eine thematische Analyse, bei der Reliefeinheiten, Landschaftseinheiten, ökologische Einheiten, Umwelt und menschliche Aktivitäten, visuelle Beziehungen und das Erbe bewertet werden ([24], Kap. 14.1.1.3.1). Dabei geht es darum, die identitätsstiftenden Elemente, die für die Orte emblematisch sind, zu identifizieren und zu bewerten:

- lokale Landschaftsstrukturen wie Relief, Geomorphologie, Hydrographie, Vegetationsraster, Bebauungsraster
- Landschaftskomponenten wie das Aussehen der natürlichen Vegetationsdecke, die Merkmale der Agrarlandschaft, die Netzwerke und die bebaute Landschaft
- visuelle Beziehungen in Form von visuellen Wahrnehmungen der Landschaft aus der Nähe und aus der Ferne

([24], Kap. 14.1.1.3.2)

Auswirkungen

Die Bewertung der Auswirkungen auf die Landschaft erfolgt einerseits nach Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts und andererseits nach visuellen Gesichtspunkten (Wahrnehmung aus der Nähe und Wahrnehmung aus der Ferne). Diese Bewertung berücksichtigt auch die zeitliche Entwicklung des Projekts und seine verschiedenen Phasen. ([24], Kap. 14.1.2)

Die Auswirkung ist die quantitative Qualifikation der Veränderung der Landschaftsorganisation und der Wahrnehmung der Landschaft. Der Grad der Auswirkung (positiv, sehr gering, gering, moderat, hoch oder sehr hoch) eines Projekts auf die Landschaft hängt von seiner Art und Intensität und der Art des betroffenen Gebiets ab. Art und Intensität eines Projekts werden beispielsweise durch seine Dauer und die Größe der vom Projekt betroffenen Bereiche bestimmt. Für die Art des betroffenen Gebiets ist z. B. Bedeutung von Landschaft und kulturellem Erbe (Qualität, Reichtum, Seltenheit, Besucherzahlen, Anerkennung, Aneignung) und die Sensibilität von Aussichtspunkten von Bedeutung. ([24], Kap. 14.1.2.2)

Kulturelles Erbe

Ausgangszustand

Die Erfassung der archäologischen Stätten und Überreste stützt sich auf verschiedene Datenbanken (siehe Tabelle A6h - 1).

Auswirkungen

Die Auswirkungen des Projekts auf die Archäologie wurden auf der Grundlage der Ergebnisse der archäologischen Diagnosen bewertet, die bereits in den Jahren 2015 und 2016 in den potenziellen Eingriffsgebieten des Betriebsgeländes „Rampen“ und eines Teils der ITE durchgeführt wurden. Zur Bewertung der Auswirkungen auf das kulturelle Erbe wurden

- Schnittpunkte der Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts mit klassifizierten/eingetragenen Stätten, bemerkenswerten Stätten des kulturellen Erbes und historischen Denkmälern sowie den sie umgebenden Schutzzonen und
- Kovisibilitäten zwischen den Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts und historischen Denkmälern und klassifizierten/eingetragenen Stätten

gesucht.

([24], Kap. 14.2.2)

Freizeit-, Outdoor und Tourismusaktivitäten

Ausgangszustand

Die Beschreibung des Ausgangszustand basiert auf verschiedenen Datenquellen (siehe Tabelle A6h - 1).

Auswirkungen

Die Auswirkungen auf Freizeit- und Tourismusaktivitäten wurden bewertet, indem nach Schnittpunkten zwischen dem potenziellen Eingriffsgebiet des Gesamtprojekts Cigéo und kulturellen Einrichtungen, Sporteinrichtungen und touristischen Unterkünften oder Gebieten für Freizeitaktivitäten wie Wanderwegen gesucht wurde. ([24], Kap. 14.3.2)

Raumplanung

Ausgangszustand

Die Analyse beruht auf der aktuellen Situation des Gebiets, die in den Stadtplanungsdokumenten beschrieben ist und auf den Planungsleitlinien dieser Dokumente, die den Rahmen für die Entwicklungsplanung eines Gebiets bilden und genehmigt, beschlossen und in Ausarbeitung sind, sowie auf der Erfassung der städtebaulichen Vorschriften (siehe Tabelle A6h - 1).

Auswirkungen

Die Auswirkungen des Projekts auf die Raumplanung werden durch eine Analyse der verschiedenen anwendbaren oder in Ausarbeitung befindlichen Raum- und Stadtplanungsdokumente bewertet. Es wird eine spezifische Analyse der Auswirkungen des Projekts auf die Siedlungsentwicklung durchgeführt, die darauf abzielt, die Bereiche zu bestimmen, die möglicherweise Gegenstand einer durch das Projekt induzierten Urbanisierung sein werden.

Die dabei angewandte Methode orientiert sich an der Methode, die für Verkehrsinfrastrukturen in dem 2018 vom französischen Ministerium für den ökologischen und solidarischen Übergang veröffentlichten Leitfaden [102] empfohlen wird. Im ersten Teil der Analyse werden die Auswirkungen der Verkehrsinfrastrukturen und im zweiten Teil die Auswirkungen des Endlagers und der übrigen Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts (Wasser- und Stromversorgung) betrachtet. Die Methode besteht aus vier Hauptschritten:

- Definition der Ziele und Herausforderungen des Projekts
- Definition von Umkreisen potenzieller Einflüsse
- Beurteilung des Entwicklungspotenzials des Gebiets
- Identifizierung potenzieller Entwicklungsbereiche

Die Analyse wird hauptsächlich auf der Ebene des unmittelbaren und des engeren Untersuchungsgebiets durchgeführt. Die Auswirkungen des Projekts auf die Siedlungsentwicklung im erweiterten Untersuchungsgebiet werden weniger detailliert beschrieben, da es schwierig ist, Siedlungsentwicklungen in diesem Maßstab vorherzusagen.

([24], Kap. 15.2)

Wechselwirkungen und kumulative Auswirkungen

Ausgangszustand

Wechselwirkungen zwischen Umweltmedien und Ökosystemleistungen

Ökosystemleistungen betonen die enge Verbindung zwischen der physischen Umwelt und der Biodiversität und ihrer Nutzung durch die menschliche Gesellschaft. So entsprechen jedem Ökosystemtyp (Wald, Landwirtschaft, Wasser, Stadt etc.) unterschiedliche Funktionen und Leistungen, deren Erfüllungsgrad vom Zustand des Ökosystems, den Belastungen, denen es ausgesetzt ist, aber auch von der Nutzung abhängt.

Im Rahmen des Cigéo-Gesamtprojekts zielt dieser Ansatz darauf ab, die Umweltprüfung durch eine Analyse der gesellschaftlichen Herausforderungen im Zusammenhang mit den natürlichen und physischen Umgebungen, die potenziell von dem Projekt betroffen sind, zu ergänzen. Er liefert zusätzliche Elemente für eine umfassendere Berücksichtigung der Biodiversität durch eine Bewertung des Gewichts der von den Ökosystemen bereitgestellten Güter und Leistungen bei der Entwicklung der wirtschaftlichen Aktivität und des menschlichen Wohlbefindens. ([24], Kap. 16.1.1)

Charakterisierung der Wechselwirkungen zwischen der physischen, natürlichen und menschlichen Umwelt

Die wichtigsten Wechselwirkungen (Beziehungen) innerhalb der verschiedenen Umweltkomponenten des Gebiets des Cigéo-Gesamtprojekts werden anhand von drei Arten von Informationen beschrieben:

- Allgemeines Wissen, das sich mit der Funktionsweise der verschiedenen Umweltkomponenten befasst
- Informationen über den Ausgangszustand der Umwelt (siehe Unterlagen [17–19])
- in geringerem Maße Expertenwissen der Ingenieure der OPE, die sowohl thematische Spezialisten als auch Gebietskenner sind

([24], Kap. 16.1.2)

Charakterisierung von Ökosystemleistungen

Die Ziele sind die Definition des potenziellen Angebots an Ökosystemleistungen, die von den Ökosystemen innerhalb des Gebiets um das Cigéo-Gesamtprojekt bereitgestellt werden, und die potenziellen Auswirkungen, die das Projekt auf das Niveau der Bereitstellung dieser Leistungen haben könnte.

Die Charakterisierung wurde in vier Schritten durchgeführt:

- Festlegung der Untersuchungsgebiete für Ökosystemleistungen
- Charakterisierung der Typologie der verschiedenen Ökosysteme, die in den Untersuchungsgebieten vorkommen, und Quantifizierung ihrer jeweiligen Flächen
- Identifizierung potenzieller Ökosystemleistungen, die mit jedem Ökosystemtyp verbunden sind
- Bewertung von Ökosystemleistungen rund um das Cigéo-Gesamtprojekt

([24], Kap. 16.1.3)

Kumulierung der Auswirkungen des Projekts mit anderen bestehenden oder genehmigten Projekten

Zunächst werden bestehende und genehmigte Projekte auf Ebene der verschiedenen Untersuchungsgebiete erfasst und Anpassungen an Einflussbereiche und Entscheidungen vorgenommen ([24], Kap. 16.2.3). Dann werden anhand der Kriterien „Projekttyp“ und „Entfernung zum Cigéo-Gesamtprojekt“ die Projekte identifiziert, die kumulative Auswirkungen haben könnten ([24], Kap. 16.2.4.1).

Für die eigentliche Analyse der kumulativen Auswirkungen zwischen den Projekten wird zunächst jedes Projekt kurz beschrieben (Projektumfang, Standort, Ausmaß, wichtigste betroffene Schutzgüter). Anschließend wird eine Analyse der verfügbaren Daten zu jedem der Projekte durchgeführt, um

- die einzelnen Auswirkungen des betrachteten Projekts, die die gleichen Schutzgüter wie die des Cigéo-Gesamtprojekts betreffen und
- die vorgeschlagenen Maßnahmen in Bezug auf diese Auswirkungen

herauszuarbeiten. Letzteres wird durchgeführt, um sicherzustellen, dass die Maßnahmen untereinander kohärent sind. Für jedes der so ermittelten Schutzgüter werden in einer Tabelle die Auswirkungen jedes Projekts aufgeführt, die sich mit dem Cigéo-Gesamtprojekt kumulieren könnten. Die Tabelle schließt mit den kumulativen Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf andere Projekte. ([24], Kap. 16.2.4.2)

Beste verfügbare Techniken

Wenn eine kerntechnische Anlage mindestens eine der in Anhang I der IED aufgeführten Tätigkeiten umfasst, enthält die UVS auch die in Artikel R. 593-94 des Umweltgesetzes vorgesehenen Informationen.

Gemäß Artikel R 593-94 des Umweltgesetzes beschreibt die UVS für kerntechnische Anlagen, die in den Anwendungsbereich der IED fallen, in Bezug auf die in Anhang I der IED genannten Tätigkeiten die geplanten Maßnahmen zur Anwendung der BVT gemäß Artikel L. 593-32 sowie einen Vergleich des Funktionsweise dieser Tätigkeiten mit

- den Schlussfolgerungen zu den BVT, die von der Europäischen Kommission gemäß der IED angenommen wurden und als Referenz für die Ausarbeitung der für die Anlage geltenden Vorschriften dienen oder
- den BVT, die in den BVT-Referenzdokumenten, die mit dem Akronym BREF (*Best available technique REference*) bezeichnet werden.

Wenn die verwendete Tätigkeit oder die Art des Produktionsprozesses von keiner der Schlussfolgerungen zu den BVT abgedeckt wird oder wenn diese Schlussfolgerungen nicht alle möglichen Auswirkungen der verwendeten Tätigkeit oder Art des Prozesses auf die Umwelt berücksichtigen, wird diese Beschreibung durch einen Vorschlag für die BVT und eine Begründung dieses Vorschlags unter besonderer Berücksichtigung der in Anhang III derselben Richtlinie aufgeführten Kriterien ergänzt (Artikel R. 593-94 des Umweltgesetzes).

([24], Kap. 17.1)

Vorschlag für tätigkeitsspezifische BVT für die untertägige Endlagerung radioaktiver Abfälle im Endlager Cigéo

Gemäß Artikel R. 593-94 des Umweltgesetzes wird die Analyse durch einen Vorschlag für die BVT ergänzt, die spezifisch für die Tätigkeit der untertägigen Endlagerung radioaktiver Abfälle und insbesondere für die Techniken der langfristigen Endlagerung in der tiefen geologischen Tonschicht des Callovo-Oxfordium sind ([24], Kap. 17.4).

Vorgehensweise bei der Bewertung der Auswirkungen nach der Stilllegung

Rückbau- und Stilllegungsmaßnahmen

Die Analyse der Auswirkungen erfolgt auf der Grundlage einer technischen Beschreibung der derzeit geplanten Rückbau- und Stilllegungsmaßnahmen. Da diese zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht genau und endgültig festgelegt sind, sind die in der vorliegenden UVS dargestellten erwarteten Auswirkungen nur als Anhaltspunkte zu verstehen.

Die verbleibenden Auswirkungen werden unter Berücksichtigung der derzeit geplanten Maßnahmen bewertet. Bis dahin können die Maßnahmen in Abhängigkeit von der technologischen Entwicklung und der möglichen Flexibilität bei der räumlichen und zeitlichen Organisation des Rückbaus und der Stilllegung verfeinert werden, um die Auswirkungen auf das geringstmögliche vernünftigerweise erreichbare Niveau zu reduzieren.

([24], Kap. 18.1)

Endlagerung nach der Stilllegung

Die Sicherheit nach der Stilllegung wird passiv gewährleistet, d. h. Mensch und Umwelt werden vor den Radionukliden und chemo-toxischen Stoffen in den radioaktiven Abfällen geschützt, ohne dass ein Eingreifen erforderlich ist. Der langfristige Schutz von Mensch und Umwelt beruht auf der Schicht des Callovo-Oxfordium (Wirtsgestein), das durch (geo-)technische Barrieren wie die Verschlussbauwerke der Tageszugänge (Schächte und Rampen) ergänzt wird.

Die Methodik zur Bewertung der Auswirkungen der Endlagerung nach der Stilllegung auf die menschliche Gesundheit ist in [23] dargelegt.

ANDRA führt Forschungsarbeiten durch, um diesen Ansatz durch eine spezifischere langfristige Betrachtung der Fauna und Flora nach der Stilllegung zu ergänzen. Es werden Überlegungen zur Methodik angestellt, die auf der ERICA-Methode basieren. Diese Arbeiten werden im Rahmen eines Aktionsplans durchgeführt, der mit ASN und IRSN geteilt wurde.

([24], Kap. 18.2)

Tabelle A6h - 1: Verwendete analytische Methoden und Parameter zur Bewertung der Schutzgüter

Schutzgut Sub-Schutzgüter <i>Sub-Sub-Schutzgüter</i>	Parameter	Quelle/ Messverfahren	Referenz [24], Kap.
Atmosphäre			2.1
	Druck, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Wind, Niederschlag, Strahlung	<i>Météo-France</i> (Partner), RADOME (französisches Netz), WMO (europäisches Netz)	2.1
	Treibhausgase (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, Tracer)	<i>Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement</i> (LSCE, Partner), RAMCES (französisches Netz), <i>Integrated Carbon Observation System</i> (ICOS, europäisches Netz)	2.1
	Schadstoffe (SO ₂ , CO, NO _x , O ₃ und PM ₁₀ /PM _{2,5})	<i>Atmo GrandEst</i> (Partner), MERA (französisches Netz), EMEP (europäisches Netz)	2.1
	Partikel: Masse, spektrale Dimension, optische Eigenschaften, Zusammensetzung	IGE/LAMP (Partner), ATMOS (französisches Netz), ACTRIS (europäisches Netz)	2.1
	Radioaktivität von Gasen, Aerosolen und Ablagerungen	IRSN (Partner), <i>observatoire permanent de la radioactivité</i> (OPERA, französisches Netz), Ring of 5 (europäisches Netz)	2.1
Lokale Wetterbedingungen			2.2
	Niederschlag, Temperatur, Windgeschwindigkeit und -richtung, relative Luftfeuchtigkeit, Sonnenscheindauer und Evapotranspiration	RADOME (seit 1953)	2.2.1

Schutzgut Sub-Schutzgüter <i>Sub-Sub-Schutzgüter</i>	Parameter	Quelle/ Messverfahren	Referenz [24], Kap.
Anfälligkeit für Wetterrisiken und Klimawandel			2.3
	extreme Winde, Temperaturschwankungen, Schneefall, Blitzschlag und starke Niederschläge	<i>Météo France</i> <i>Géorisques</i> DDRM der Departements <i>Haute-Marne</i> und <i>Haute Meuse</i>	2.3.1
Energie und Treibhausgase			2.4
	Energieprofil	ATMO <i>Grand Est</i> (Jahr 2018) Schlüsselzahlen zum Energieverbrauch und zur Energieproduktion 2018 der Region <i>Grand Est</i>	2.4.1.1
	Potenzial für erneuerbare Energien	Schlüsselzahlen der Region <i>Grand Est</i> (Jahr 2019)	2.4.1.2
	Fähigkeit zur Kohlenstoffsequestrierung von <ul style="list-style-type: none"> • geschlossenen kontinentalen Wäldern • kontinentalem Grasland • kontinentalen städtischen und künstlich angelegten Ökosystemen • einjährigen kontinentalen Nutzpflanzen 	regionale Bodenkarten (<i>référentiel régional pédologique de Lorraine</i>) im Maßstab 1:250 000 Karte der Bodenbedeckung (<i>Corine Land Cover (CLC) 2018</i>)	2.4.1.3

Schutzgut Sub-Schutzgüter <i>Sub-Sub-Schutzgüter</i>	Parameter	Quelle/ Messverfahren	Referenz [24], Kap.
Luftqualität – konventionelle Stoffe			2.5.1
	Abgase/ Schadstoffkonzentrationen (Jahr, Tag)	ATMO <i>Grand Est</i> atmosphärische Station in <i>Houdelaincourt</i>	2.5.1.1, 2.5.1.2.2
	CO	Thermo Scientific 48 i	2.5.1.1
	O ₃	Thermo Scientific 49 i	2.5.1.1
	NO _x	Thermo Scientific 42 i	2.5.1.1
	SO ₂	Thermo Scientific 43 i	2.5.1.1
	Partikel (PM ₁₀ /PM _{2,5})	Thermo Scientific TEOM 1405-DF	2.5.1.1
	VOC	Gaschromatographie gekoppelt mit einem Massenspektrometer (GC-MS)	2.5.1.1
	As, Pb, Ni, Cd	ICP-MS (<i>Induced Coupled Plasma Mass Spectrometry</i>) nach Säureaufschluss	2.5.1.1
	PAK (B(a)p)	Hochleistungsflüssigkeitschromatographie und Fluoreszenzdetektor	2.5.1.1
Luftqualität - radioaktive Stoffe			2.5.2
	H-3	Flüssigszintillation (Norm NF M60-802-1 von 2000 und NF EN ISO 9698 für die Analysen 2016)	2.5.2.1.1
	C-14	Flüssige Szintillation (Norm NF M60 812-1 und 2 von 2006 und NF EN ISO 13162 für Analysen 2016)	2.5.2.1.1

Schutzgut Sub-Schutzgüter Sub-Sub-Schutzgüter	Parameter	Quelle/ Messverfahren	Referenz [24], Kap.
	andere Gammastrahler einschließlich Cs-134 und Cs-137	Gamma-Spektrometrie (NF M60-790-6 von 1999, IAEA-Methode Nr. 295 und NF EN ISO 10703 für die Analysen von 2016) Germanium-Detektor (NF EN ISO 18589-3 von 2018)	2.5.2.1.1
	K-40	Gamma-Spektrometrie oder Messung von chemischem Kalium	2.5.2.1.1
	Th-232 und Töchter U-235 und Töchter U-238, U-234 und Töchter	Alpha-Spektrometrie (IRSN-Methode nach den Normen NF EN ISO 17294-1 von 2007 und NF EN ISO 17294-2 von 2016) ICP-MS Thermionisations-Massenspektrometrie	2.5.2.1.1
	Radon	Passiver Detektor	2.5.2.1.1
	Po-210 (Tochter von Radon aus dem Boden)	-	2.5.2.1.1
	Pu-239+Pu-240, Pu-238, Am-241	Alpha-Spektrometrie (IRSN-Methode nach Norm NF M 60-790-8 von 1999)	2.5.2.1.1
	Sr-90	IRSN-Methode nach der Norm NF M60-790-7 von 1999 Flüssige Szintillation	2.5.2.1.1
	α (gesamt) und β (gesamt)	NF M60-790-5 von 1999 und NF M60-800 und 801 von 2004 für die Analysen 2008 NF EN ISO 10704 de 2019 für Analysen 2016	2.5.2.1.1

Schutzgut Sub-Schutzgüter <i>Sub-Sub-Schutzgüter</i>	Parameter	Quelle/ Messverfahren	Referenz [24], Kap.
Boden			3
Änderung der Bodennutzung	künstlich bewirtschaftete Flächen landwirtschaftliche Flächen Wälder und naturnahe Lebensräume Feuchtgebiete Wasserflächen	CLC 2018	3.2
Veränderungen des Reliefs (Geomorphologie)	Relief	topografische Karten des Nationalen Instituts für geografische und forstliche Informationen (<i>institut national de l'information géographique et forestière</i> , IGN), wobei sich alle Höhenangaben auf die allgemeine Nivellierung von Frankreich (<i>nivellement général de la France 69</i> , NGF) beziehen Feldbesuche	3.1
Bodenkunde	Verteilung der Bodentypen anhand von Geologie, Topografie, Mutterboden, Topografie, Zustand der Bodenoberfläche, Landnutzung, Vegetation, Tiefe des Bodens und der einzelnen Horizonte, ihrer Textur, Vorhandensein/Fehlen von Hydromorphie, Vorhandensein von Karbonaten und Verteilung der organischen Substanz	<i>Référentiel régional pédologique du Grand Est</i> im Maßstab 1:250 000 Bodenkarte 2019 von OPE im Maßstab 1:50 000	3.3.1

Schutzgut	Parameter	Quelle/ Messverfahren	Referenz [24], Kap.
Sub-Schutzgüter <i>Sub-Sub-Schutzgüter</i>			
	Physikalisch-chemisch- biologische Eigenschaften	2009-2013 OPE INRA (<i>Institut national de la recherche agronomique</i>), INPL/ENSAIA (<i>Institut national polytechnique de Lorraine/École nationale supérieure d'ingénieurs agronomes et industries alimentaires</i>) und CNRS (<i>centre national de la recherche scientifique</i>)	3.3.2
	Radiologische Eigenschaften	Es wurden verschiedene Radioaktivitätsmessungen vom Labor Subatech (2007-2009) und IRSN (2010-2013) durchgeführt.	3.3.3
	Cs-137	Gamma-Spektrometrie	3.3.3
	Sr-90, Pu-Isotope und Am-241	Alpha-Spektrometrie	3.3.3
Boden- verschmutzung	Altlasten und altlastenverdächtige Flächen	BASIAS (<i>base des anciens sites industriels et activités de service en activité ou non</i>) BASOL-Website <i>Géorisque</i> -Webseite	3.3.4
Untergrund			4
	Tektonik und Stratigraphie	Tiefbohrungen (seit 1990er Jahre) seismische Kampagne (2D& 3D) Experimente im Forschungslabor von <i>Meuse/Haute-Marne</i> Geo-Datenbank (1990-2021)	4.1.1
	Natürliche und künstliche radioaktive Elemente	Bohrkampagne (1994-2008) mit Gamma- und Alpha-Spektrometrie	4.1.2

Schutzgut Sub-Schutzgüter <i>Sub-Sub-Schutzgüter</i>	Parameter	Quelle/ Messverfahren	Referenz [24], Kap.
	Uran- und Thorium-Isotope sowie ihre Töchter	Bohrkampagne (1994-2008) mit ICP-MS	4.1.2
Porenwasser	Radiologische Eigenschaften	Alpha- und Betazählung gemäß der Norm NF EN ISO 10704 von 2019 und dem Rundschreiben DGS/EA4/2007/232	4.1.3
Ressourcen des Untergrunds	Stoffliche Ressourcen und Geothermie	<p>DDRM der Departements <i>Meuse</i> (2019) und <i>Haute-Marne</i> (2017)</p> <p>Untergrunddatenbank (<i>banque de données du sous-sol, BSS</i>) des BRGM</p> <p>geologische und geophysikalische Daten der Erdölexploration aus den 50er bis 80er Jahren, sowie hochauflösende 3D-Seismikkampagnen in dem Gebiet, gekoppelt mit den Daten der geologischen Erkundungskampagnen von ANDRA (Bohrungen, seismische und geophysikalische Kampagnen etc.)</p> <p>Daten einer Bohrung zur Erkundung des geothermischen Potenzials des zukünftigen Standortes des Endlagers Cigéo, die 2007-2008 durchgeführt wurde (Bohrung EST 433)</p>	
Naturgefahren	Geologie	<p>DDRM der Departements <i>Meuse</i> (2019) und <i>Haute-Marne</i> (2017)</p> <p><i>Géorisques</i>-Website</p>	4.1.5
	Seismische Aktivität	<p>seit dem 1. Mai 2011 geltende französische Erdbebenzonen, die in Artikel D. 563-8-1 des Umweltgesetzes definiert sind</p> <p>wissenschaftliche Veröffentlichungen zur europäischen Tektonik</p> <p>historische Erdbebenchroniken und Seismizitätskataloge</p>	4.1.5

Schutzgut Sub-Schutzgüter <i>Sub-Sub-Schutzgüter</i>	Parameter	Quelle/ Messverfahren	Referenz [24], Kap.
		Bohrkampagnen und seismische Untersuchungen (ANDRA) Studien zur Seismotektonik und internen Geodynamik des östlichen Pariser Beckens (ANDRA) statische und dynamische Charakterisierung aller Verwerfungen des Sektors seismische Überwachungsnetze (RES und ACC, gekoppelt mit den nationalen Netzen (RSN, RENASS))	
Wasser			5
Wasserkörper		SDAGE <i>Seine-Normandie</i> 2022-2027 SDAGE <i>Rhin-Meuse</i> 2022-2027	5.1.1
Grundwasserkörper	meteorologische Daten (Niederschlagsmenge, tatsächliche Evapotranspiration) und hydrologischen Daten (Durchfluss und Wasserstand von Flüssen)	Analyse von piezometrischen Pegeln SIGES-Website (<i>Système d'information pour la gestion des eaux souterraines en Seine-Normandie</i>)	5.1.2.2
	Niedrig-, Mittel- und Hochwasser	piezometrische Karten SIGES-Website	5.1.2.2
Wassernutzung (Grundwasser)	Trinkwasser	Infoterre (BRGM) ADES (<i>Accès aux données sur les eaux souterraines</i>) Austausch mit der regionalen Gesundheitsbehörde der Region <i>Grand Est</i> und den DDT der betroffenen Departements Feldkampagne (2020 und April 2021)	5.1.2.4

Schutzgut Sub-Schutzgüter <i>Sub-Sub-Schutzgüter</i>	Parameter	Quelle/ Messverfahren	Referenz [24], Kap.
Grundwasseranstieg	Überschwemmungen	piezometrische Daten und ihre Randbedingungen aus verschiedenen Quellen (BSS, ADES, CATNAT-Meldungen, Ergebnisse hydrodynamischer Modelle, Isopizen etc.)	5.1.2.5
Oberflächen- gewässer			5.1.3
	Hochwasser/ Niederschläge	Atlas der Überschwemmungsgebiete Pläne zur Vermeidung von Überschwemmungsrisiken Pläne für das Hochwasserrisikomanagement Gebiete mit signifikantem Hochwasserrisiko Aktionsprogramm zur Vermeidung von Überschwemmungen Daten der Niederschlagsstationen von <i>Météo-France</i> in <i>Saint-Dizier</i> und <i>Cirfontaines-en-Ornois</i> Daten der von ANDRA betriebenen Niederschlagsstationen in <i>Houdelaincourt</i> und <i>Bure</i> SHYREG-Daten, die für die beiden Betriebsgelände „Rampen“ und „Schächte“ verfügbar sind	5.1.3.2.1 5.2.2.3.1 5.2.2.3.2
	Durchflussmengen von Flüssen: <ul style="list-style-type: none"> • zwischenjährliche monatliche Abflüsse • jahresübergreifende monatliche spezifische Abflüsse • zwischenjährliche monatliche Wassermengen (<i>lames d'eau</i>) 	<i>Eaufrance</i> (öffentlicher Wasserinformationsdienst) ANDRA-Monitoring-Netzwerk (OPE)	5.1.3.3.1, 5.1.3.3.2

Schutzgut Sub-Schutzgüter <i>Sub-Sub-Schutzgüter</i>	Parameter	Quelle/ Messverfahren	Referenz [24], Kap.
	<ul style="list-style-type: none"> • zwischenjährliche Module und die Fünfjahres-Trocken- und Regenwetterabflüsse • charakteristische Werte für Niedrigwasser und Hochwasser • bekannte Höchststände (maximaler momentaner Durchfluss, maximale momentane Höhe, maximale Tagesmenge) • nach Häufigkeit geordnete Abflüsse 		
Qualitativer Zustand von Wasserläufen	chemischer und ökologischer Zustand	SDAGE 2022-2027	5.1.3.4.1
	biologischer Zustand	hydrobiologische Kampagne während der Niedrigwasserperioden im April, Juni und August 2019 (biologische Indizes des Typs „multi-metrischer Wirbellosen-Index (<i>indice Invertébrés Multi-Métrique</i> , I2M2) und biologischer Kieselalgen-Index (<i>indice biologique Diatomées</i> , IBD an 16 Stationen))	5.1.3.4.2
	Hydrogeologische Merkmale: Breite des Wasserlaufs, Tiefe des Wasserlaufs, Kolmation, Wasserfazies, Eigenschaften der Ufer, Vorhandensein von Wasservegetation, Vielfalt des Substrats	Syrahce geografische und kartografische Komponenten statistische und probabilistische Komponenten	5.1.3.4.2

Schutzgut Sub-Schutzgüter Sub-Sub-Schutzgüter	Parameter	Quelle/ Messverfahren	Referenz [24], Kap.
	Konventionelle Parameter: synthetische & nicht synthetische Schadstoffe, Salzgehalt, Versauerung, Nährstoffe, Temperatur, Sauerstoff-Bilanz, organische Stoffe	NF EN ISO15680 (2004) NF EN ISO17993 NF EN ISO17294-2 (2016) Innerbetriebliche Methoden	Anhang 5
	Cs-134, Cs-137, Co-57, Co-58, Co-60, Ag-110m, Mn-54, Sb-124, Sb-125, Eu-154, Rh-106, Am-241, I-131	Gammaspektrometrie	5.1.3.4.5
	transurane Elemente (Pu-238, Pu-239+Pu-240, Am-241) Pb-210 und Bi-210	Alphaspektrometrie	5.1.3.4.5
	U-234/U-238, U-235/U-238 und U238/Th-232	ICP MS	5.1.3.4.5
	He-3 & C-14	Beschleuniger-Massenspektrometer	5.1.3.4.5
	Sr-90	Kopplung von Radiochemie und Betazählung	5.1.3.4.5
Qualität der Oberflächengewässer	Probennahmen: <ul style="list-style-type: none"> • Wasser: Physikalische Chemie, größere Ionen, Mikroverunreinigungen, Pflanzenproduktion • Sedimente: Physikochemie, Mikroschadstoffe, Korngrößenverteilung 	Datenbank der <i>Agence de l'eau Seine Normandie (Qualit'Eau)</i> ANDRA-Netzwerk in Partnerschaft mit <i>Agence de l'eau Seine Normandie</i>	5.1.3.4.3

Schutzgut Sub-Schutzgüter <i>Sub-Sub-Schutzgüter</i>	Parameter	Quelle/ Messverfahren	Referenz [24], Kap.
	<ul style="list-style-type: none"> • Biologie: mit der Wasser- rahmenrichtlinie kompatibler biologischer Gesamtindex • Kieselalgenindex, multimetri- scher Wirbellosenindex 		
	Kontinuierliche Überwachung: Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit bei 25 °C, gelöster Sauerstoff, Sättigung mit gelöstem Sauerstoff, Chloride, Trübung	Thermowiderstand, Elektrode aus Glas, Zelle mit vier Graphitelektroden, Lumineszenz, Berechnung, Elektrode selektiv, Nephelometrie (Hydrolab DS-5)	5.1.3.4.3
	Kontinuierliche Überwachung: Gesamtchlorophyll, Cyanobakterien, Trübung, Temperatur	Fluoreszenz, Reflexion von Licht (Algae Torch)	5.1.3.4.3
	Kontinuierliche Überwachung: Organischer Kohlenstoff, Nitrate	Sichtbare UV-Absorption (ISA-GO)	5.1.3.4.3
	Kontinuierliche Überwachung: PAK	Fluoreszenz (EnvoroFlu-HC)	5.1.3.4.3
Biodiversität und natürliche Umwelt			6.1
Umweltzonen		Websites der DREALs von <i>Lorraine</i> und <i>Champagne- Ardenne</i> (jetzt DREAL <i>Grand-Est</i>): <ul style="list-style-type: none"> • Übersichtskarte DREAL <i>Grand Est</i> • CARMEN <i>Lorraine</i> • CARMEN <i>Champagne-Ardenne</i> 	6.1.1

Schutzgut Sub-Schutzgüter <i>Sub-Sub-Schutzgüter</i>	Parameter	Quelle/ Messverfahren	Referenz [24], Kap.
		<ul style="list-style-type: none"> Website des nationalen Verzeichnisses des Naturerbes (<i>inventaire national du patrimoine naturel</i>, INPN) 	
Feuchtgebiete	Inventar an Insekten, Amphibien, Reptilien, Vögeln, Säugetieren (einschließlich Fledermäusen), Weichtieren und Fischen	Feldarbeiten	6.1.2.3, 6.1.5.2
Arten und Lebensräume	Insekten, Amphibien, Reptilien, Vögel, Säugetiere (einschließlich Fledermäuse), Weichtiere und Fische	Beschreibungsblätter der verschiedenen vorhandenen Gebiete IGN-Karten im Maßstab 1:25 0000 Orthophotopläne 2010-2015: Untertage-Forschungslabor <i>Meuse/Haute-Marne</i> , OPE Feldarbeiten	6.1.2.1, 6.1.2.2., 6.1.2.3
Ökologische Durchgängigkeiten	Wälder (bewaldet) Wiesen, Heiden oder Grasland (offen) Gräben, Wasserläufe, Wasserflächen, Tümpel und Feuchtgebiete (aquatisch, feucht)	SRADDET der Region <i>Grand Est</i> ,	6.1.6
Bevölkerung, wirtschaftliche Aktivitäten			7
	Regionalschema für Raumplanung	SRADDET (2017) <i>SCOT du Pays Barrois</i>	7.1 bis 7.3

Schutzgut	Parameter	Quelle/ Messverfahren	Referenz [24], Kap.
Sub-Schutzgüter <i>Sub-Sub-Schutzgüter</i>			
		INSEE Daten des nationalen Instituts für Statistik und Wirtschaftsstudien (<i>institut national de la statistique et des études économiques</i> , INSEE) der Region <i>Grand-Est</i>	
Land- und forst- wirtschaftliche Aktivitäten			8
Landwirtschaftliche Aktivitäten		Datenbank AGRESTE (2019) INSEE 2017 regionaler statistischer und wirtschaftlicher Informations- dienst	8.1
Forstwirtschaftliche Aktivitäten		Datenbank AGRESTE (2019) Merkblätter zur Holzwirtschaft	8.1
Netze			
Netzwerke (Gas, Strom, Wasser, Telefon usw.)		Stadtplanungsdokumente für die Liste und die Lage der Dienstbarkeiten des öffentlichen Nutzens Internetseiten insbesondere <i>Géorisques-Website</i> Verwaltungen RTE, GRTgaz	9.1
Radioaktive Abfälle			
		PNGMDR	10.1
Konventioneller Abfall			

Schutzgut Sub-Schutzgüter <i>Sub-Sub-Schutzgüter</i>	Parameter	Quelle/ Messverfahren	Referenz [24], Kap.
	Abfälle von Industriebauten	INSEE 2008/2009 Umwelt- und Energieagentur (<i>agence de l'environnement et de la maîtrise de L'énergie</i> , ADEME) 2004	10.2.2.1
	Nukleare Abfälle	Feedback zur Gebindekontrolle, Filterwechselhäufigkeit und Wartungsbedarf	10.2.2.2
	Bioabfall	Schätzungsstudie zur Bioabfallproduktion in Gastronomie- betrieben (10. November 2011) Produktion von Pflanzenabfällen aus öffentlichen Grünflächen (Cemagref, 1995)	10.2.2.3
Risiken und Anfälligkeit für schwere Unfälle oder Katastrophen			
	Kerntechnisches Risiko	Website der ASN	11.1.2.1
	Industrielles Risiko	<i>Géorisques</i> -Website sowie Website der DREAL <i>Grand Est</i>	11.1.2.2
	Risiko durch den Transport gefährlicher Güter	https://www.gouvernement.fr/risques/transport-de-matieres- dangereuses	11.1.2.3
	Risiko durch Staudämme	DDRM der Departements <i>Meuse</i> (2019) und <i>Haute-Marne</i> (2017)	11.1.2.4
	Risiko durch das Auffinden von Kampfmitteln	DDRM der Departements <i>Meuse</i> (2019) und <i>Haute-Marne</i> (2017)	11.1.2.5
	Risiko aus der Luft	Lokalisierung von Flugplätzen, Luftwaffenstützpunkten und Flughäfen	11.1.2.6

Schutzgut	Parameter	Quelle/ Messverfahren	Referenz [24], Kap.
Sub-Schutzgüter <i>Sub-Sub-Schutzgüter</i>			
		https://france3-regions.francetvinfo.fr/grand-est/2014/05/13/lorraine-la-carte-des-crashes-d-aeronefs-476343.html	
Verkehrsinfrastruktur			
Schienenverkehr	Öffentliches Schienennetz	Atlas des Schienennetzes (SNCF), Stand 1. April 2020	12.2 12.3.1
	ITE und Bahnlinie 027000	Schätzung der ANDRA über Mengen an Material und radioaktiven Abfällen und der Eigenschaften der Bahnkonvois	12.2 12.3.1
Straßenverkehr	Verkehrslage	Zählraten (2024-2020) der fünf Betreiber im engeren Untersuchungsgebiet Datenbank BD Carto des IGN und MODEST-Modell	12.3.2, 12.3.2.2.2
	Straßen, die vom Endlager Cigéo geschnitten werden	topografische Karte des IGN, Begehungen vor Ort und Abstimmung mit den lokalen Akteuren	12.2
Flussnetz		Website von <i>Voies navigables de France nord-est</i>	12.2
Liste der Flughäfen		BD Carto des IGN	12.2
Lebensumfeld			
Geräuschkulisse	An der Grundstücksgrenze und in den Bereichen mit geregelter Emergenz	Pläne zur Vermeidung von Umgebungslärm der Departements <i>Meuse</i> (genehmigt am 31. Oktober 2019) und <i>Haute-Marne</i> (genehmigt am 31. August 2019)	13.1.2.1 13.1.2.2
	Entlang der ITE	Messkampagnen gemäß der Norm NF S31-010 von 1996 „Charakterisierung und Messung von Umgebungslärm“	13.1.3.2

Schutzgut	Parameter	Quelle/ Messverfahren	Referenz [24], Kap.
Sub-Schutzgüter <i>Sub-Sub-Schutzgüter</i>			
Erschütterungen	Effektivwert der Beschleunigung für Wellen zwischen 2,5 Hz und 1 kHz, Partikelgeschwindigkeit für Wellen zwischen 1,25 Hz und 315 Hz.	Messkampagne	13.2.2, 13.2.3
Lichtverschmutzung		VIIRS, Daten aus 2020	13.3.2
Gerüche		Feldbegehungen	13.4.2
Elektrische & Magnetische Felder	400-kV-Hochspannungsoberleitung	fünf Messungen in den Gemeinden <i>Chavanges, Gondrecourt-le-Château, Harmonville, Isle Aubigny</i> und <i>Ramerupt</i>	13.5.2
Landschaft, kulturelles Erbe, Tourismus & Freizeitaktivitäten			
Landschaft	Reliefeinheiten Landschaftseinheiten ökologische Einheiten Umwelt und menschliche Aktivitäten visuelle Beziehungen Erbe	DREAL, DDT, Gemeindeverbände und Gemeinden Dokumentanalysen und Feldbegehungen für das erweiterte Untersuchungsgebiet: <ul style="list-style-type: none"> • Landschaftsatlanten <i>Meurthe-et-Moselle</i> und der Vogesen • Landschaftsreferenzsystem der <i>Haute-Marne</i> und des <i>Aube</i> • Vorstudie zur Definition einer regionalen Landschaftspolitik in Lothringen 	14.1.1.1.2, 14.1.1.2.1, 14.1.1.2.2, 14.1.1.2.3, 14.1.1.3.1, 14.1.2.4.3

Schutzgut Sub-Schutzgüter <i>Sub-Sub-Schutzgüter</i>	Parameter	Quelle/ Messverfahren	Referenz [24], Kap.
		<ul style="list-style-type: none"> • Gemeindeübergreifende lokale Stadtplanungen: Präsentationsbericht des Gemeindeverbands der <i>Haute-Saulx</i> • PLU von <i>Ligny-en-Barrois, Tronville-en-Barrois, Gondrecourt-le-Château</i> und <i>Tréveray</i> • Gemeindekarten von <i>Nançois-sur-Ornain, Menaucourt, Saint-Amand-sur-Ornain, Houdelaincourt, Abainville</i> und <i>Chassey Beaupré</i> 	
Kulturelles Erbe	Archäologisches Erbe (Stätten und Ruinen)	<p>Datenbank Mérimée (POP-Plattform), mit deren Hilfe archäologische Stätten, die als historische Denkmäler eingestuft oder eingetragen sind, erfasst wurden</p> <p>Datenbank des INRAP, in der ein Teil der im Untersuchungsgebiet durchgeführten Diagnosen erfasst wurde</p> <p>nationale archäologische Karte der DRAC zur Lokalisierung von Relikten</p> <p>LIDAR-Vermessung (Laserfernerkundung)</p>	14.2.1
	klassifizierte/eingetragene Stätten	<p>Website der DREAL <i>Grand Est</i></p> <p>Datenbank Mérimée (POP-Plattform)</p>	14.2.1.2
	bemerkenswerte Stätten des kulturellen Erbes	Atlas des kulturellen Erbes	14.2.1.2
	kleines kulturelles Erbe	Städtebaupläne	14.2.1.2

Schutzgut Sub-Schutzgüter <i>Sub-Sub-Schutzgüter</i>	Parameter	Quelle/ Messverfahren	Referenz [24], Kap.
Tourismus- und Freizeitaktivitäten			
Tourismus	Wanderwege	IGN-Datenbank, Tourismuswebsites (z. B. der Fremdenverkehrsämter der einzelnen Departements und Website zu den Fernwanderwegen (Mein GR®))	14.3.1.1
Freizeitaktivitäten	kulturelle Einrichtungen, Sporteinrichtungen und touristische Unterkünfte	INSEE-Daten Liste der Einrichtungen mit Publikumsverkehr der DDT für die Departements <i>Meuse</i> und <i>Haute-Marne</i>	14.3.1.2
Raumplanung			
	aktuelle Situation Entwicklungsplanung vorbehaltene Standorte, klassifizierte Waldflächen, Dienstbarkeiten öffentlichen Nutzens	SRADDET <i>Grand Est</i> <i>SCoT du Pays Barrois</i> PLUi <i>de la Haute-Saulx</i> , insbesondere die grafischen Teile zur Flächennutzungsplanung und zu den Dienstbarkeiten des öffentlichen Nutzens PLUs von <i>Gondrecourt-le Château, Tréveray, Givrauval, Ligny-en-Barrois, Tronville-en-Barrois</i> Gemeindekarten von <i>Abainville, Houdelaincourt, Saint-Amand-sur-Ornain, Menaucourt, Nançois-sur-Ornain</i> SCoT <i>Nord Haute-Marne</i> (derzeit nur territoriale Diagnose und Ausgangszustand der Umwelt verfügbar) SCoT von <i>Commercy- Void - Vaucouleurs</i> (noch nicht verfügbar) PLUi <i>Porte de Meuse - Sektor Val d'Ornois</i>	15.1

Schutzgut Sub-Schutzgüter <i>Sub-Sub-Schutzgüter</i>	Parameter	Quelle/ Messverfahren	Referenz [24], Kap.
		PLUi der <i>Communauté de communes du Bassin de Joinville en Champagne</i> (noch nicht verfügbar) PLU von <i>Velaines</i> (noch nicht verfügbar)	
Wechselwirkungen und kumulative Auswirkungen			
Wechselwirkung: Typologie	Künstliche, versiegelte und nicht versiegelte Ökosysteme Landwirtschaftliche Ökosysteme Grasland-Ökosysteme Waldökosysteme	CLC 2018	16.1.3.2
	Aquatische und feuchte Ökosysteme	ANDRA, BD Topo IGN	16.1.3.2
Ökosystemleistungen		internationale Berichten und Veröffentlichungen (z. B. MAES, IPBES, FAO) französische Bewertung von Ökosystemen und Ökosystemleistungen	16.1.3.3
Kumulierung von Auswirkungen bestehender und genehmigter Projekte		DREAL <i>Grand Est</i> Generalrat für Umwelt und nachhaltige Entwicklung (<i>conseil général de l'environnement et du développement durable, CGEDD</i>) Präfekturen der Departements <i>Meuse</i> und <i>Haute Marne</i>	16.2.3.3

Schutzgut Sub-Schutzgüter <i>Sub-Sub-Schutzgüter</i>	Parameter	Quelle/ Messverfahren	Referenz [24], Kap.
Beste verfügbare Techniken			
Industriezweige der Energiewirtschaft		BVT-Schlussfolgerungen für <ul style="list-style-type: none"> • Großfeuerungsanlagen (Juli 2017) • Mineralöl- und Gasraffinerien (April 2015) 	17.3.1.1
Metallerzeugung und -verarbeitung		BVT-Schlussfolgerungen für <ul style="list-style-type: none"> • Eisen- und Stahlerzeugung (März 2012) • Nichteisenmetallindustrie (Juni 2016) Referenzdokument über die BVT für <ul style="list-style-type: none"> • Schmieden und Gießereien (Mai 2015) • Stahlverarbeitung (Dezember 2001) • Oberflächenbehandlung von Metallen und Kunststoffen (August 2006) 	17.3.1.1
Mineralische Industrien		BVT-Schlussfolgerungen für <ul style="list-style-type: none"> • Zement-, Kalk und Magnesiumoxidindustrie (April 2013) • Glasherstellung (März 2012) Referenzdokument über die BCT für die Keramikindustrie (August 2007)	17.3.1.1

Schutzgut Sub-Schutzgüter <i>Sub-Sub-Schutzgüter</i>	Parameter	Quelle/ Messverfahren	Referenz [24], Kap.
Chemische Industrie		<p>BVT-Schlussfolgerungen für</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Herstellung organischer Grundchemikalien (November 2017) • die Chloralkaliindustrie (Oktober 2014) • Abwasser-/ Abgasbehandlung und Abwasser-/Abgas-managementsysteme in der chemischen Industrie (Mai 2016) <p>Referenzdokument über die BVT für die Herstellung</p> <ul style="list-style-type: none"> • organischer Feinchemikalien (August 2006) • von Polymeren (August 2007) • anorganischer Grundchemikalien – Ammoniak, Säuren und Düngemittel (August 2007) • anorganischer Grundchemikalien – Feststoffe und andere (August 2007) • anorganischer Spezialchemikalien (August 2007) 	17.3.1.1
Abfallwirtschaft		<p>BVT-Schlussfolgerungen für</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abfallbehandlungsanlagen (Oktober 2018) • Abfallverbrennungsanlagen (Dezember 2019) 	17.3.1.1
Andere Aktivitäten		<p>BVT-Schlussfolgerungen für</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Zellstoff- und Papierindustrie (April 2015) • die Lederindustrie (Februar 2013) • Intensivhaltung oder -aufzucht von Geflügel und Schweinen (Februar 2017) • die Herstellung von Platten auf Holzbasis (November 2015) 	17.3.1.1

Schutzgut Sub-Schutzgüter <i>Sub-Sub-Schutzgüter</i>	Parameter	Quelle/ Messverfahren	Referenz [24], Kap.
		<ul style="list-style-type: none"> • die Nahrungsmittel- Getränke- und Milchindustrie (Dezember 2019) • die Oberflächenbehandlung unter Verwendung von organischen Lösemitteln (Dezember 2020) <p>Referenzdokument über die BVT für</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Textilindustrie (Juli 2003) • Tierschlachthanlagen und Anlagen zur Verarbeitung von tierischen Nebenprodukten (Mai 2005) 	
Abfallbehandlung		<p>Referenzdokument über die BVT für</p> <ul style="list-style-type: none"> • wirtschaftliche Aspekte und Multi-Milieu-Effekte (Juli 2006) • Lagerung gefährlicher Substanzen und staubender Güter (Juli 2006) • die Energieeffizienz (Februar 2009) • allgemeine Grundsätze für die Überwachung von Emissionen in Luft und Wasser aus Anlagen, die unter die IED fallen (August 2018) • industrielle Kühlsysteme (Dezember 2001) 	17.3.1.2
außerhalb des Geltungsbereichs der IED-Richtlinie		Referenzdokument über die BVT für die Bewirtschaftung von Rückständen aus dem Bergbau (Dezember 2018)	17.3.2

Anhang 6i – Pièce 6bis

Etude d'impact du projet global Cigéo

Résumé non technique

Umweltverträglichkeitsstudie des Cigéo-Gesamtprojekts

Allgemeinverständliche Zusammenfassung

Kurzzusammenfassung:

Diese Unterlage wird in Artikel R. 122-5, II, 1° des französischen Umweltgesetzes gefordert.

Die allgemeinverständliche Zusammenfassung enthält eine Zusammenfassung der UVS des Cigéo-Gesamtprojekts.

Zusammenfassung:

Die Unterlage [25] enthält die in Artikel R. 122-5, II, 1° des französischen Umweltgesetzes geforderte allgemeinverständliche Zusammenfassung der UVS des Cigéo-Gesamtprojekts, die sich aus den folgenden drei Kapiteln zusammensetzt:

- Vorstellung des Betreibers (ANDRA) des Cigéo-Gesamtprojekts, der Autoren der UVS, des regulatorischen Rahmens und der geplanten Aktualisierungen der UVS in Verbindung mit dem Ablauf des Verfahrens (Kap. 1)
- Beschreibung und Rechtfertigung des Cigéo-Gesamtprojekts: Ziele, Arten der einzulagernden Abfälle, technische Entscheidungen, Projektphasen, Ausführungsmodalitäten und Schätzung des Ressourcenverbrauchs sowie der erwarteten Emissionen und Rückstände (Kap. 2)
- Zusammenfassungen der Herausforderungen, Auswirkungen, wichtigsten verwendeten Methoden und der wichtigsten geplanten VVA-Maßnahmen für jedes Schutzgut (Kap. 3)

Regulatorischer Rahmen der Umweltprüfung und Inhalt der UVS

Der Umweltprüfungsprozess ist ein Instrument zur Entscheidungsfindung, das die gesamte Lebensdauer eines Projekts von der Errichtung bis zur Stilllegung berücksichtigt. Dieser Prozess ermöglicht es, das Projekt anzupassen und weiterzuentwickeln und wird mit den Ergebnissen der Öffentlichkeitsbeteiligung verknüpft, die im Vorfeld der Entscheidungen durchgeführt wird.

Der Prozess der Umweltprüfung besteht aus

- der Erstellung eines Berichts über die UVS durch den/die Vorhabenträger, der dieser UVS entspricht,
- der Durchführung der vorgesehenen Anhörungen, insbesondere der Anhörung der Umweltbehörde, die eine Stellungnahme zum Projekt und zur UVS abgibt, und der Anhörung der Öffentlichkeit und
- der Prüfung der im Bewertungsbericht und im Rahmen der Anhörungen erhaltenen Informationen durch die Genehmigungsbehörde. ([25], Kap. 1.3.1)

Innerhalb des Umweltprüfungsprozesses ist die UVS ein vorgeschriebenes Dokument, das auf wissenschaftlichen und technischen Analysen beruht. Sie stellt der Öffentlichkeit den Bewertungsprozess der Auswirkungen eines Projekts auf die Umwelt (Natur, Mensch, kulturelles Erbe etc.) sowie die VVA-Maßnahmen vor.

Angaben zum Inhalt der UVS werden in Anhang 6b dargestellt.

Standortwahl für die Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts

Die Begründungen für die Standortauswahl der Maßnahmen des Cigéo-Gesamtprojekts werden in Anhang 6c zusammenfassend dargestellt.

Schätzung des Ressourcenverbrauchs sowie der erwarteten Emissionen und Rückstände

Der Ressourcenverbrauch sowie die erwarteten Emissionen und Rückstände werden in Anhang 6c beschrieben.

Zusammenfassung der Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts auf die Umwelt

Ausgangszustand

Die Auswirkungen eines Projekts auf seine Umwelt werden unter Berücksichtigung seiner Auswirkungen im Vergleich zu der Situation, wie sie vor der Durchführung des Projekts besteht (Ausgangszustand), beurteilt. Die UVS umfasst daher eine Beschreibung der relevanten Aspekte des Ausgangszustands der Umwelt und ihrer Entwicklung im Falle der Durchführung des Projekts.

Die Analyse des Ausgangszustands der Umwelt besteht in einer Diagnose des Bestehenden und der globalen und dynamischen Funktionsweise des Gebiets, in dem das Cigéo-Gesamtprojekt angesiedelt werden soll. Der Ausgangszustand behandelt alle Themen und Schutzgüter der Umwelt, um über die notwendigen und ausreichenden Daten für die Bewertung der Auswirkungen des Projekts zu verfügen.

Der Ausgangszustand basiert auf Kenntnissen und Literaturreferenzen sowie auf Felduntersuchungen. Es wurde eine Hierarchisierung der Herausforderungen vorgenommen. Die in der vorliegenden UVS verwendete Skala zur Bewertung der Herausforderungen umfasst fünf Stufen („sehr gering“, „gering“, „moderat“, „hoch“, „sehr hoch“). Je größer das gesellschaftliche Interesse an einem Schutzgut ist, desto höher ist sein Einfluss. Das Vorhandensein einer guten Umweltqualität oder einer wichtigen Ressource stellt eine mäßige bis hohe Herausforderung dar. Ein sehr hoher Einfluss ergibt sich aus dem Vorhandensein sehr außergewöhnlicher und seltener Elemente auf der Erde.

([25], Kap. 3.1.1.1)

Vermeidungs-, Verminderungs- und Ausgleichsmaßnahmen

Die Bewertung der Auswirkungen des Cigéo-Gesamtprojekts umfasst die VVA-Sequenz „Vermeiden, Vermindern, Ausgleichen“. Je nach Höhe der ermittelten Auswirkungen werden Maßnahmen vorgeschlagen, die zunächst darauf abzielen, die Auswirkungen bereits in den Auslegungsstudien zu vermeiden und sie andernfalls bereits bei der Auslegung oder durch spezifische Modalitäten der Ausführung der Arbeiten zu begrenzen.

Die Höhe der Auswirkungen wird unter Berücksichtigung der direkten, indirekten, vorübergehenden oder dauerhaften Auswirkungen, die während der Projektphasen entstehen, und der mit den betroffenen Umweltkompartimenten verbundenen Herausforderungen beurteilt. Bei verbleibenden Auswirkungen, die weder vermieden noch ausreichend vermindert werden konnten, werden nach

Möglichkeit Ausgleichsmaßnahmen durchgeführt, insbesondere um das Ziel eines Nullverlusts an biologischer Vielfalt zu erreichen.

Die UVS berücksichtigt die zeitliche Entwicklung des Projekts und seine verschiedenen Projektphasen (Bauvorbereitungsphase, erste Bauphase und Betriebsphase). Für die Zeiträume, die dem Rückbau der Anlagen und der Nachsorge entsprechen, die erst in einigen Jahrzehnten eintreten werden (säkulare Betriebszeit), werden die wichtigsten zu erwartenden Auswirkungen gesondert (siehe Anhang 6e) beschrieben.

Die Bewertung der Auswirkungen hängt von den beteiligten Phänomenen, die in direktem Zusammenhang mit der Art der betrachteten Vorgänge stehen (Emissionen, Landnutzung etc.), sowie ihrem Ausmaß, ihrer Dauer und den Herausforderungen der verschiedenen Schutzgüter ab.

Die Einstufung als „sehr hohe“, „hohe“, „moderate“, „geringe“, „sehr geringe“ oder „positive“ Auswirkungen auf die verschiedenen Schutzgüter stützt sich auf die in Tabelle A6i - 1 dargestellten Beurteilungselemente. Einige Auswirkungen des Projekts können unter Berücksichtigung der Besonderheiten der Umwelt sowohl positive als auch negative Auswirkungen haben.

([25], Kap. 3.1.1.2)

Tabelle A6i - 1: Elemente zur Beurteilung des Ausmaßes der Auswirkungen ([25], Tableau 3-1)

Einstufung	Beurteilungselemente
Positiv	Direkte oder indirekte Verbesserung des Schutzguts durch die Durchführung des Projekts
Sehr gering	Keine Wirkung Keine oder nur marginale Veränderung eines Schutzguts
Gering	Leichte Beeinträchtigung eines Schutzgutes, die seine Funktionalität nicht verändert Wenig wahrnehmbare Wirkung in einem kleinen geografischen Gebiet und für einen begrenzten Zeitraum oder ein einmaliges Auftreten
Moderat	Spürbare Veränderung eines Schutzguts, die lokal oder zeitlich begrenzt ist erhebliche Beeinträchtigung oder Verschlechterung von Schutzgütern mit geringer Wertigkeit
Hoch	Erhebliche Veränderung eines Schutzguts über einen längeren Zeitraum oder dauerhaft erhebliche Beeinträchtigung oder Verschlechterung von Schutzgütern mit moderater bis hoher Wertigkeit
Sehr Hoch	Sehr starke Veränderung eines Schutzguts über einen längeren Zeitraum oder dauerhaft Zerstörung eines Schutzguts mit hohem Stellenwert, oder Verschlechterung eines Schutzguts mit sehr hoher Wertigkeit

Die Ergebnisse werden in Tabelle A6i - 2 zusammengefasst ([25], Kap. 3).

Tabelle A6i - 2: Einstufung der Auswirkungen der wichtigsten Schutzgüter ([25], Tableau 3-9)

Schutzgut Sub-Schutzgüter	Einstufung der Wertigkeit	V	V	A	Verbleibende Auswirkungen	Referenz [25], Kap.
Atmosphäre						
Lokale Wetterbedingungen	Gering	-	X	-	Sehr gering	3.2.1
Anfälligkeit für Wetterrisiken und Klimawandel	Gering	-	X	-	Sehr gering	3.2.2
Energie und Treibhausgase	Moderat	X	X	-	Gering	3.2.3
Luftqualität – konventionelle Stoffe	Hoch	X	X	-	Gering	3.2.4.1
Luftqualität – radioaktive Stoffe	Hoch	X	X	-	Sehr gering	3.2.4.2
Boden						
Änderung der Bodennutzung	Moderat	X	X	X	Moderat	3.3.1
Veränderungen des Reliefs	Moderat	-	X	-	Gering	3.3.2
Bodenverschmutzung	Moderat	-	X	-	Sehr gering	3.3.3
Untergrund						
Physikalisch-chemische Verschmutzungen	Gering	-	X	-	Sehr gering	3.4
Radiologische Kontamination	Gering	-	X	-	Sehr gering	3.4.1
Natürliche Risiken	Gering	X	X	-	Sehr gering	3.4.2
Ressourcen des Untergrunds	Gering	X	X	-	Gering	3.4.3
Wasser						
Quantitative Auswirkungen auf Grund- und Oberflächenwasser	Hoch	X	X	-	Gering	3.5.1, 3.5.2
Qualitative Auswirkungen auf Grund- und Oberflächenwasser	Hoch	X	X	-	Gering	3.5.1, 3.5.2

Schutzgut Sub-Schutzgüter	Einstufung der Wertigkeit	V	V	A	Verbleibende Auswirkungen	Referenz [25], Kap.
Auswirkungen auf die Nutzung von Grund- und Oberflächenwasser	Hoch	X	X	bei Bedarf	Gering	3.5.1.2.5, 3.5.1.3.2
Biodiversität und natürliche Umwelt						
Umweltzonen	Moderat	X	X	X	Kein Nettoverlust	3.6
Feuchtgebiete	Hoch	X	X	bei Bedarf	Kein Nettoverlust	3.6.1(.3), 3.6.2
Ökologische Durchgängigkeiten	Moderat	X	X		Kein Nettoverlust	3.6.1(.4), 3.6.2
Arten und Lebensräume	Hoch	X	X	X	Kein Nettoverlust	3.6.1(.5), 3.6.2
Bevölkerung, wirtschaftliche Aktivitäten						
Bevölkerung, Beschäftigung und wirtschaftliche Aktivitäten	Hoch	X	-	-	Positiv	3.7
Land- und forstwirtschaftliche Aktivitäten						
Landwirtschaftliche Aktivitäten	Hoch	X	X	X	Gering bis sehr gering	3.8.1
Forstwirtschaftliche Aktivitäten	Moderat	X	X	X	Gering bis sehr gering	3.8.2
Versorgungs- und Kommunikationsnetze						
Versorgungs- und Kommunikationsnetze	Moderat	X	X	-	Sehr gering bis positiv	3.9
Radioaktive Abfälle						
Radioaktiven Abfälle	Hoch	X	X	-	Gering bis positiv	3.10.1
Konventioneller Abfall						
Konventioneller Abfall	Moderat	X	X	-	Gering	3.10.2

Schutzgut Sub-Schutzgüter	Einstufung der Wertigkeit	V	V	A	Verbleibende Auswirkungen	Referenz [25], Kap.
Verkehrsinfrastruktur						
Verkehrsinfrastruktur	Moderat	X	X	-	Gering bis sehr gering	3.12
Lebensumfeld						
Geräuschkulisse	Moderat	X	X	-	Moderat	3.13.1, 3.1.3.2.1
Erschütterungen	Moderat	X	X	-	Gering	3.13.1, 3.1.3.2.2
Licht	Moderat	X	X	-	Gering bis moderat	3.13.1, 3.1.3.2.3
Gerüche	Moderat	X	X	-	Sehr gering	3.13.1, 3.13.2.4
Elektrische und magnetische Felder	Moderat	X	X	-	Sehr gering	3.13.1, 3.13.2.5
Landschaft, kulturelles Erbe, Tourismus & Freizeitaktivitäten						
Landschaft	Hoch	X	X	-	Sehr gering bis hoch	3.14.1
Archäologisches Erbe	Hoch		X	-	Moderat	3.14.2.1
Historisches und architektonisches Erbe, eingetragene und klassifizierte Stätten	Moderat	X	X	-	Gering	3.14.2.2
Tourismus- und Freizeitaktivitäten	Gering	X	X	-	Sehr gering bis positiv	3.14.3
Menschliche Gesundheit						
-	-	-	X	X	Gering bis sehr gering	3.19

Anhang 7a – Pièce 7 Partie I Volume 1

Version préliminaire du rapport de sûreté

Contexte, périmètres, démarche et référentiels

Le contexte, le périmètre et la structure de la version préliminaire du rapport de sûreté

Vorläufiger Sicherheitsbericht

Kontext, Umfang, Vorgehen und Bezugsrahmen

Kontext, Umfang und Struktur des vorläufigen Sicherheitsberichts

Kurzzusammenfassung:

Diese Unterlage stellt den gesetzlichen Rahmen und die Historie des Projekts vor und gibt einen Überblick über die radioaktiven Abfälle, die in tiefen geologischen Schichten gelagert werden sollen, sowie über die kerntechnische Anlage Cigéo.

Außerdem wird der Aufbau des vorläufigen Sicherheitsberichts festgelegt.

Zusammenfassung:

-

Anhang 7b – Pièce 7 Partie I Volume 2

Version préliminaire du rapport de sûreté

Contexte, périmètres, démarche et référentiels

La démarche de sûreté et les référentiels associés

Vorläufiger Sicherheitsbericht

Kontext, Umfang, Vorgehen und Bezugsrahmen

Der Sicherheitsansatz und die dazugehörigen Bezugssysteme

Kurzzusammenfassung:

Diese Unterlage stellt den auf die kerntechnische Anlage Cigéo angewandten Sicherheitsansatz vor. Er erläutert die geltenden Vorschriften und die für den Sicherheitsnachweis herangezogenen Bezugssysteme.

In diesem Band werden auch die Entwicklungen seit dem Bericht über die Sicherheitsoptionen ([1, 2]) zusammengefasst. Außerdem wird angegeben, wo die Verpflichtungen von ANDRA und die Antworten auf die Anfragen der ASN zu finden sind, die im Rahmen früherer Anweisungen, einschließlich derjenigen des Berichts über die Sicherheitsoptionen, gestellt wurden.

Zusammenfassung:

Sicherheitsansatz

Der Sicherheitsnachweis für die kerntechnische Anlage Cigéo stützt sich auf zwei parallel und integriert durchgeführte Sicherheitsansätze, um eine konstante und strukturierte Verbindung zwischen den Zielen der Langzeit- und Betriebssicherheit zu gewährleisten:

- Betriebsphase (klassischer Sicherheitsansatz, ähnlich wie bei anderen kerntechnischen Anlagen)
- Nachbetriebsphase (endlagerspezifischer Sicherheitsansatz zur passiven und langfristigen Gewährleistung der Sicherheit)

Das grundlegende Schutzziel (langfristiger Schutz von Mensch und Umwelt nach der Stilllegung) wird bereits bei der Auslegung der untertägigen Anlage berücksichtigt. Die Sicherheitsfunktionen und die damit verbundenen Anforderungen, die das Endlagersystem und damit die untertägige Anlage erfüllen müssen, tragen zur Einhaltung dieses grundlegenden Schutzziels bei. Konkret bedeutet dies, dass

- die übertägige kerntechnische Anlage sowie die Transportmittel so ausgelegt sind, dass sie die Risiken im Betrieb beherrschen und
- die untertägige Anlage so ausgelegt ist, dass sie die Risiken in der Betriebs- und Nachbetriebsphase beherrscht. ([27], Kap. 1.1.1)

Des Weiteren stützt sich der Sicherheitsnachweis auf Kenntnisgewinne über den Standort (insbesondere das Wirtsgestein und dessen Umgebung), die Anlage selbst und die dort endgelagerten

radioaktiven Abfälle. Angesichts des grundlegenden Ziels des langfristigen Schutzes sind außerdem Kenntnisse über die phänomenologische Entwicklung des Endlagersystems erforderlich. ([27], Kap. 1.1.2)

Auslegung des Endlagersystems

Die Auslegung der kerntechnischen Anlage Cigéo erfolgt anhand des Prinzips der *defense-in-depth* (siehe unten) sowie der Umsetzung technologischer Lösungen, die den Leitprinzipien der Auslegung, den Sicherheitsfunktionen nach der Stilllegung und im Betrieb sowie den damit verbundenen Anforderungen entsprechen. Außerdem werden bei der Auslegung die beiden Haupteingangsdaten, die Eigenschaften der einzulagernden Abfallgebände und die Merkmale des Standorts berücksichtigt. ([27], Kap. 1.1.3)

Konkret werden die Auslegungsentscheidungen an folgenden Risiken orientiert:

- Risiken, die mit dem Vorhandensein von radioaktiven Abfallgebänden und deren Handhabung verbunden sind
- Risiken, die mit der Freisetzung von Radionukliden und chemo-toxischen Stoffen aus den Abfallgebänden und deren möglichen Migration zur Oberfläche verbunden sind

Im Rahmen des Änderungsmanagementprozesses wird die Erfüllung der Sicherheitsfunktionen und -anforderungen durch die gewählte Auslegung in jeder Iterationsschleife (der Sicherheitsanalyse) überprüft. ([27], Kap. 1.1.3)

Defense-in-depth

Der Schutz von Mensch und Umwelt vor den Risiken, die von den in den radioaktiven Abfällen enthaltenen radioaktiven und chemo-toxischen Stoffen ausgehen, muss nach dem Übergang in die Überwachungsphase **passiv**, d. h. ohne menschliches Eingreifen, gewährleistet werden. Die Umsetzung des Prinzips der *defense-in-depth* erfolgt durch

- die Zuweisung zusätzlicher Sicherheitsfunktionen an die natürlichen und technischen Komponenten des Endlagersystems,
- die Einführung von Überwachungsmaßnahmen (ab der Errichtung des Endlagers) zur Überwachung der natürlichen und technischen Komponenten, die nach der Stilllegung Sicherheitsfunktionen erfüllen und
- definierte und ausgewertete Szenarien zur Überprüfung der Leistung und der Robustheit des Endlagersystems als Ganzem sowie seiner einzelnen Komponenten. ([27], Kap. 1.2.2)

Sicherheitsansatz für die Langzeitsicherheit (Nachbetriebsphase)

Der Sicherheitsansatz für die Langzeitsicherheit stützt sich auf den Sicherheitsleitfaden Nr. 1 der ASN [59] sowie internationale Praktiken. Folglich besteht der Langzeitsicherheitsnachweis aus

- der Bewertung von Gesundheitsrisiken (radiologisch sowie chemo-toxisch),
- der Überprüfung der Leistung der Komponenten des Endlagersystems, die an den Sicherheitsfunktionen beteiligt sind (im Einzelnen und in ihrer Gesamtheit) anhand definierter Leistungsindikatoren und
- der Überprüfung der Robustheit des Endlagersystems im Falle des Versagens einer oder mehrerer Komponenten des Endlagersystems, die an den Sicherheitsfunktionen beteiligt sind.

Zur Durchführung dieser Bewertung bzw. Überprüfungen werden Entwicklungsszenarien ermittelt, quantifiziert und die Ergebnisse hinsichtlich zu ziehender Lehren analysiert. ([27], Kap. 1.2.3.1, siehe dazu auch [33] bzw. Anhang 7h)

Für die Ermittlung dieser Entwicklungsszenarien wird eine systematische (bspw. Komponente für Komponente) qualitative Risiko- und Ungewissheitenanalyse durchgeführt. Im Rahmen dieser Analyse wird einerseits ermittelt, ob die verbleibenden Risiken und Ungewissheiten, die Erfüllung einer oder mehrere Sicherheitsfunktionen beeinträchtigen können und ggf. Modalitäten für den Umgang mit verbleibenden Risiken und Ungewissheiten vorgeschlagen ([27], Kap. 1.2.3.3).

Sicherheitsansatz für die Betriebssicherheit (Betriebsphase)

Der Sicherheitsnachweis für die Betriebssicherheit zielt darauf ab, zu belegen, dass

- Risiken beherrscht werden, indem das Verhältnis zwischen Folgen und Eintrittswahrscheinlichkeit von Stör- und Unfallsituationen durch Schutzmaßnahmen in einem akzeptablen Bereich gehalten wird und
- der Strahlenschutz, so weit wie vernünftigerweise möglich, optimiert wird, auch wenn man sich bereits im akzeptablen Bereich befindet.

Zu diesem Zweck muss der Sicherheitsnachweis die Beurteilung des Schutzniveaus der Interessen ermöglichen. Folglich muss er

- auf dem Prinzip der *defense-in-depth* beruhen und darlegen, wie die Sicherheitsfunktionen eingehalten werden,
- Maßnahmen zur Risikokontrolle im Rahmen eines konservativen Ansatzes unter Berücksichtigung von Margen bewerten und
- mögliche Verbesserungen (unter akzeptablen wirtschaftlichen Bedingungen) identifizieren.

([27], Kap. 1.3.1)

Das Prinzip der *defense-in-depth* besteht darin, für den Fall des technischen, organisatorischen oder menschlichen Versagens bzw. des Eintretens interner (z. B. Brand) und externer (z. B. Erdbeben) Gefahren zwischen der Gefahrenquelle und der Öffentlichkeit, dem Personal und der Umwelt eine ausreichende Anzahl von technischen und organisatorischen Vorkehrungen zu treffen, die die mit dieser Gefahrenquelle verbundenen möglichen Schädigungen beseitigen oder auf ein akzeptables Niveau beschränken ([27], Kap. 1.3.2).

Der Sicherheitsansatz für die Betriebssicherheit stützt sich auf gesetzliche Bestimmungen (Gesetze, Dekrete etc.) sowie Sicherheitsregeln und -leitfäden für (übertägige) kerntechnische Anlagen. Er wird nach einem deterministischen Ansatz durchgeführt und beruht auf einer Risikoanalyse und einer anschließenden Analyse nach Betriebsituationen. Für die Beurteilung der Betriebsituationen werden die Folgeabschätzungen den Schutzziele gegenübergestellt, die mit den radiologischen und nicht-radiologischen Risiken verbunden sind. ([27], Kap. 1.3.3)

Die Betriebsituationen umfassen den Normalbetrieb, den anomalen Betrieb, Auslegungsstörfälle und -unfälle sowie komplexere Unfallsituationen, die das Ergebnis mehrerer kumulierter Ereignisse oder extremer Wetterereignisse sein können. Zusätzlich werden bei Bedarf auch seltenere, aber schwerwiegendere Unfälle, die sogenannten „auslegungsüberschreitenden Unfälle“ betrachtet (siehe auch [34] bzw. Anhang 7i sowie Abschnitt 7.1.1). Für jede Situation gibt es Akzeptanzkriterien, die der Tatsache Rechnung tragen, dass häufigere Ereignisse nur geringe oder keine radiologischen Folgen haben dürfen und Ereignisse mit schwerwiegenden Folgen nur eine sehr geringe Eintrittswahrscheinlichkeit haben dürfen. ([27], Kap. 1.3.3.1 & 1.3.3.2)

Bei Endlagern für radioaktive Abfälle beziehen sich probabilistische Analysen insbesondere auf die Bewertung bestimmter EVAs (z. B. Flugzeugabsturz) gemäß den grundlegenden Sicherheitsregeln der ASN ([27], Kap. 1.3.3.2).

Sicherheitsfunktionen in der Nachbetriebsphase

Das grundlegende Sicherheitsziel der Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen ist der Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt. Um dieses Ziel zu erreichen, definiert ANDRA Sicherheitsfunktionen auf verschiedenen Ebenen des Endlagersystems:

- Isolierung des Abfalls von Oberflächenphänomenen und gewöhnlichen menschlichen Aktivitäten (z. B. Aushub von Erdreich für Straßenbauarbeiten)
- Begrenzung des Transports der in den Abfällen enthaltenen Radionukliden und chemo-toxischen Stoffen in die Biosphäre
 - Begrenzung der Wasserzirkulation innerhalb des Endlagers
 - Begrenzung des Wasserzutritts aus den über dem Wirtsgestein liegenden Schichten
 - Begrenzung des Wasserflusses, der über die LSF zwischen dem Endlager und den darüber liegenden wasserführenden Schichten zirkuliert
 - Begrenzung der Fließgeschwindigkeit des Wassers, das von den Einlagerungsstrecken durch das Wirtsgestein und die LSF-Verschlussbauwerke fließt
 - Begrenzung der Freisetzung der Radionuklide und chemo-toxischen Stoffe und deren Immobilisierung in den Einlagerungsstrecken
 - Schutz des Abfalls vor Wasser
 - Begrenzung der Lösung von Radionukliden und chemo-toxischen Stoffen
 - Begrenzung der Mobilität von Radionukliden und chemo-toxischen Stoffen in der Einlagerungsstrecke
 - Migration von Radionukliden und chemo-toxischen Stoffen verzögern und begrenzen

([27], Kap. 1.4.1, 1.4.1.1, 1.4.1.2. & 1.4.1.2.1 bis 1.4.1.2.3)

Damit gewährleistet wird, dass die drei Teilfunktionen zur Begrenzung des Transports der in den Abfällen enthaltenen Radionuklide und chemo-toxischen Stoffe ihre jeweilige Sicherheitsfunktion erfüllen, zielen Auslegung und Betrieb des Cigéo darauf ab, die günstigen Eigenschaften des Wirtsgesteins und der technischen Komponenten, die zur Langzeitsicherheit beitragen, zu bewahren ([27], Kap. 1.4.1.2.4).

Sicherheitsfunktionen in der Betriebsphase

Die Sicherheitsfunktionen, die in der Betriebsphase gewährleistet werden müssen und für den Sicherheitsnachweis erforderlich sind, sind

- die Beherrschung nuklearer Kettenreaktionen (durch Begrenzung des effektiven Multiplikationsfaktors),
- die Ableitung der Wärmeleistung aus radioaktiven Stoffen und Kernreaktionen (durch passive Wärmeleitung im Gestein),
- der Einschluss von radioaktiven Stoffen (durch Einschlussbarrieren),
- der Schutz von Mensch und Umwelt vor ionisierender Strahlung (durch betrieblichen Strahlenschutz und Einhaltung des ALARA-Prinzips) und
- die Kontrolle der durch Radiolyse oder Korrosion entstehenden Gase (durch das Festlegen von Grenzwerten für die Aufrechterhaltung einer nicht explosiven Atmosphäre)

Die ASK, die eine Sicherheitsfunktion erfüllen, werden als EIP bezeichnet ([27], Kap. 1.4.2.1 & 1.4.2.2)

Des Weiteren werden Funktionen identifiziert, die für die Erfüllung dieser fünf Sicherheitsfunktionen erforderlich sind. Dabei handelt es sich um

- Funktionen, die die Erfüllung einer oder mehrerer Sicherheitsfunktionen unterstützen,
- Kontroll- oder Aufsichtsfunktionen hinsichtlich der Erfüllung einer oder mehrerer Sicherheitsfunktionen und
- Funktionen zum Schutz eines EIP gegen Angriffe, denen es ausgesetzt sein könnte (diese Funktionen beziehen sich auf ASK, die ebenfalls zu EIP werden).

([27], Kap. 1.4.2.2)

Für die Beherrschung von nicht-radiologischen Risiken, werden zwei weitere Sicherheitsfunktionen definiert:

- Eingrenzung gefährlicher Stoffe
- Schutz von Mensch und Umwelt vor gefährlichen Phänomenen

([27], Kap. 1.4.2.3)

In Verbindung mit der UVS des Cigéo-Gesamtprojekts definiert ANDRA außerdem folgende Funktionen:

- Kontrolle der Auswirkungen der Anlage auf die Gesundheit und die Umwelt durch Wasser- und Abwasserentnahmen
- Kontrolle der von der Anlage verursachten Gesundheits- und Umweltbelastungen (Lärm, Erschütterungen, Gerüche, Staub etc.)
- Überwachung der Auswirkungen der Anlage auf die Umwelt

([27], Kap. 1.4.2.4)

Regulatorischer Rahmen

Die kerntechnische Anlage Cigéo unterliegt den gesetzlichen Regelungen des Umweltgesetzes für kerntechnische Anlagen. Diese Regelungen stützen sich auf internationale Referenzen und dienen dem Schutz der öffentlichen Sicherheit, der Gesundheit und Gesundheitsfürsorge sowie dem Schutz von Natur und Umwelt in allen Projektphasen (Bauvorbereitung, Bau, Betrieb, Stilllegung, Rückbau und Überwachung) der Anlage. ([27], Kap. 2.1)

Dabei beruhen die gesetzlichen Regelungen auf den folgenden Definitionen und Grundsätzen:

- Die kerntechnische Sicherheit umfasst
 - die kerntechnische Gefahrenabwehr (Gesamtheit der technischen und organisatorischen Maßnahmen, die getroffen werden, um Unfälle zu verhindern oder ihre Auswirkungen zu begrenzen),
 - den Strahlenschutz (Schutz vor ionisierender Strahlung),
 - die Verhütung und Bekämpfung böswilliger Handlungen sowie
 - Maßnahmen der zivilen Sicherheit im Falle eines Unfalls.
- Der Betreiber ist für die Beherrschung der Risiken und Nachteile, die von seiner Anlage ausgehen, verantwortlich und muss nachweisen, dass Risiken und Nachteile in allen Betriebsphasen verhindert oder ausreichend begrenzt werden.
- Der Betreiber unterliegt der Verpflichtung zur Transparenz.
- Die kerntechnischen Anlagen unterliegen einem Genehmigungssystem und der Kontrolle durch den Staat (insbesondere der ASN).

Des Weiteren unterliegt die kerntechnische Anlage Cigéo auch Grundsätzen und Anforderungen, die für alle kerntechnischen Tätigkeiten gelten oder aus anderen Vorschriften hervorgehen sowie Vorschriften, die hier nicht aufgeführt werden, da sie nicht in den Bereich der kerntechnischen Sicherheit fallen. ([27], Kap. 2.1)

In der Antragsunterlage [27] werden alle für die kerntechnische Anlage geltenden gesetzlichen Regelungen aufgeführt:

- Vorschriften für kerntechnische Anlagen (Tabellen 2-1 bis 2-9)
- Vorschriften für kerntechnische Tätigkeiten (Tabelle 2-10 bis 2-15)
- andere Texte, die zur Sicherheit der kerntechnischen Anlage Cigéo beitragen (Kapitel 2.3.3)

Nicht-regulatorische Referenzen

Die zentrale nicht-regulatorische Referenz für die kerntechnische Anlage Cigéo ist der Sicherheitsleitfaden Nr. 1 [59] der ASN. Neben diesem Sicherheitsleitfaden Nr. 1 werden noch weitere Leitfäden und grundlegende Sicherheitsregeln der ASN berücksichtigt. Teilweise sind diese direkt auf die kerntechnische Anlage Cigéo anwendbar (siehe Tabelle 3-1 in [27]) und teilweise musste zunächst geprüft werden, ob und in welchem Rahmen, sie auf die kerntechnische Anlage Cigéo übertragbar sind (siehe Tabelle 3-2 in [27]).

Neben den Leitfäden und grundlegenden Sicherheitsregeln der ASN werden für die Durchführung der Sicherheitsanalysen weitere Leitfäden, Normen und technische Codes (z. B. für Bautechnik, Betriebsweise und Bewertung der gesundheitlichen Auswirkungen) sowie internationale Standards berücksichtigt ([27], Kap. 3.4 & 3.5).

Um den untertägigen Charakter und die fortschreitende Entwicklung der kerntechnischen Anlage Cigéo zu berücksichtigen, hat ANDRA einen spezifischen Brandschutzstandard entwickelt, der die Anforderungen an die Beherrschung der Brandrisiken zusammenfasst. Dieser Standard stützt sich auf Referenzen, die aus der kerntechnischen Sicherheit und der Sicherheit konventioneller untertägiger Bauwerke hervorgegangen sind, sowie entsprechendem Erfahrungsrückfluss. Die Brandschutzziele und Grundprinzipien, die die Auslegung der untertägigen Anlage leiten, sind:

- Schutz des Lebens und der Gesundheit von Personen, die sich in der Anlage aufhalten
- Bewahrung der Umwelt (einschließlich des Schutzes der umliegenden Bevölkerung)
- Aufrechterhaltung der Sicherheitsfunktionen
- Aufrechterhaltung der industriellen Tätigkeit und der Einrichtungen

([27], Kap. 3.6)

Forderungen der ASN und Verpflichtungen von ANDRA

ANDRA hat die ASN um eine Stellungnahme zu den Sicherheitsoptionen ([1, 2]) gebeten, die sie gewählt hat, um den Schutz der Interessen zu gewährleisten. Bei den Sicherheitsoptionen handelt es sich um das Ergebnis von Iterationsschleifen, die seit 1991 durchgeführt werden und auf Basis wissenschaftlicher und technologischer Kenntnisse die schrittweise Entwicklung der Endlagerauslegung (und die damit verbundene Sicherheitsbewertung) begleiten. Nach Abschluss der Prüfung⁵⁵ hat die ASN in ihrer Stellungnahme präzisiert, inwieweit die vorgelegten Sicherheitsoptionen

⁵⁵ Für die Prüfung beauftragte die ASN das IRSN sowie die bei ihr angesiedelten Expertengruppen. Des Weiteren wurde eine Überprüfung durch Experten ausländischer Sicherheitsbehörden unter der Schirmherrschaft der IAEA beauftragt (siehe auch Abschnitt 8.2). ([27], Kap. 4.3)

geeignet sind, die Risiken für die Interessen unter Berücksichtigung der aktuellen technischen und wirtschaftlichen Bedingungen zu verhindern oder zu begrenzen. Dabei kommt sie zu dem Ergebnis, dass das Cigéo-Projekt insgesamt eine zufriedenstellende technische Reife aufweist. Des Weiteren hat die ASN gegenüber ANDRA die zusätzlichen Studien und Begründungen dargestellt, die im Hinblick auf einen Antrag auf DAC erforderlich sind. ([27], Kap. 4.1, 4.2 & 4.3)

Im Rahmen des PNGMDR 2016-2018 wurden seitens der ASN weitere Forderungen an ANDRA gestellt, zu denen ANDRA eine Reihe von Dokumenten erstellte, die im vorliegenden Sicherheitsbericht berücksichtigt werden. Dies betrifft insbesondere das Inventar, die Anpassungsfähigkeit, die bituminierten Abfälle und die Annahmespezifikationen der HA- und LL-Abfallgebinde. ([27], Kap. 4.4)

Ergänzungen und Änderungen gegenüber dem Bericht über die Sicherheitsoptionen

Nach Erstellung der Dossiers zu den Sicherheitsoptionen ([1, 2]) hat ANDRA, in Antwort auf die Stellungnahme der ASN, zusätzliche Studien durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Studien werden im vorliegenden Sicherheitsbericht ([33, 34]) sowie technischen Unterstützungsdokumenten dargestellt.

Seit der für die Sicherheitsoptionen durchgeführten Iteration hat ANDRA eine neue Iteration zu Sicherheit/Auslegung/Kenntnisstand durchgeführt. Diese neue Iteration umfasst:

- Konsolidierung der wissenschaftlichen und technologischen Kenntnisse (insbesondere aus dem untertägigen Forschungslabor von *Meuse/Haute-Marne*)
- Fortsetzung der Designstudien in der Vorprojektphase (inklusive Optimierungsansätze)
- Studien für den Sicherheitsnachweis in der Betriebsphase in Verbindung mit dem fortschreitenden Kenntnisstand und der Auslegung (darunter auch die im Dossier der Sicherheitsoptionen ([1, 2]) angekündigten Ergänzungen)

([27], Kap. 5.1 & 5.2)

Anhang 7c – Pièce 7 Partie II Volume 3

Version préliminaire du rapport de sûreté

Description de l'INB, de son environnement et de son fonctionnement et évolution du système de stockage après fermeture

Colis de déchets

Vorläufiger Sicherheitsbericht

Beschreibung der kerntechnischen Anlage, ihrer Umgebung und ihrer Funktionsweise sowie Entwicklung des Endlagersystems nach der Stilllegung

Abfallgebinde

Kurzzusammenfassung:

In dieser Unterlage werden die Gebinde mit radioaktiven Abfällen (HA und LL-IL) vorgestellt, die zur Endlagerung im Cigéo bestimmt sind.

Das Inventar dieser HA- und LL-IL-Gebinde, das sogenannte Referenzinventar, wird aus dem prospektiven Inventar abgeleitet, das im nationalen Inventar radioaktiver Stoffe und Abfälle auf der Grundlage des Szenarios „Fortsetzung der Kernenergieerzeugung“ bewertet wurde.

Die Unterlage stellt auch eine Verbindung zu [51] bzw. Anhang 19 (vorläufige Fassung der Gebinde-Annahmekriterien) her.

Zusammenfassung:

Das Inventar der HA- und LL-IL-Abfallgebinde, die (hauptsächlich) von EDF, Orano und CEA erzeugt wurden bzw. werden, werden als Referenzinventar bezeichnet. Dieses Referenzinventar wird aus dem prospektiven Inventar abgeleitet, das im nationalen Inventar radioaktiver Stoffe und Abfälle auf der Grundlage des Szenarios „Fortsetzung der Kernenergienutzung“ bewertet wurde. Das Referenzinventar ist vom sogenannten Reserveinventar zu unterscheiden, das Gegenstand der in [37] dargestellten und in Anhang 7l zusammengefassten Anpassungsfähigkeitsstudien ist.

Das Referenzinventar: HA- und LL-IL-Primärgebinde

Die radioaktiven Abfälle werden in sogenannte Abfallfamilien zusammengefasst, die einem zusammenhängenden Satz radioaktiver Abfälle mit ähnlichen Eigenschaften (insbesondere hinsichtlich Herstellungsverfahren, chemischer und radiologischer Zusammensetzung, Wärmeleistung und Bestrahlungsstärke) entsprechen. Dies ermöglicht es, die Eigenschaften der Gebinde in einem Maßstab darzustellen, der für die Durchführung der Auslegungs- und Sicherheitsstudien erforderlich ist. ([28], Kap. 1.1.3)

Die Nomenklatur der Abfallfamilien besteht aus drei Buchstaben zur Identifizierung des Erzeugers (COG (Orano), CEA und EDF) gefolgt von einer drei- oder vierstelligen Zahl ([28], Kap. 1.1.3).

Kategorisierung der Abfallfamilien nach Produktionsstatus und Konditionierungsmethode

Die Abfallfamilien des Referenzinventars werden nach ihrem Produktionsstatus bzw. der Definition ihrer Konditionierungsmethode in vier Kategorien unterteilt:

1. Abfallfamilien, deren Produktion abgeschlossen ist (T)
2. Abfallfamilien, die sich in der Produktion befinden, für die die Konditionierungsmethode festliegt und eine Produktionsspezifikation vorliegt (EC)
3. Abfallfamilien, die noch nicht produziert wurden, deren Definition der Konditionierungsmethode aber bereits weit fortgeschritten ist (F)
4. Abfallfamilien, die noch nicht produziert wurden und deren Konditionierungsmethode noch bestimmt werden muss (AD)

([28], Kap. 1.1.4)

Dabei ist bei mehr als der Hälfte der HA-Abfallgebinde die Konditionierungsmethode bekannt (T und EC), während die andere Hälfte noch nicht produziert wird. Nur für 0,01 % der HA-Abfallgebinde wird die Konditionierungsmethode derzeit untersucht (AD). ([28], Kap. 1.2)

Bei den LL-IL-Abfallgebinden ist ebenfalls bei mehr als der Hälfte (57 %) die Konditionierungsmethode bekannt (T und EC), während die andere Hälfte noch nicht produziert wird. Für 21 % der LL-IL-Abfallgebinde wird die Konditionierungsmethode derzeit untersucht (AD). ([28], Kap. 1.3)

Abfallfamilien der HA-Abfallgebinde

Bei den HA-Abfällen handelt es sich hauptsächlich (99,4 %) um verglaste Abfälle, die in 19 HA-Abfallfamilien unterteilt werden ([28], Kap. 1.2). Die Eigenschaften (Bezeichnung, Primärbehälter, Anzahl und Produktionsstatus) dieser Abfallgebinde werden in Tabelle 1-1 in [28] zusammenfassend dargestellt. Ähnliche (z. B. hinsichtlich Abfallart, Verpackung, Produktionsort oder -prozess) HA-Abfallfamilien werden in folgende Gruppen zusammenfasst:

- HA-Abfallfamilien mit verglasten Abfällen
 - CSD-V von Orano (*La Hague*)
 - Gebinde mit verglasten molybdänhaltigen Spaltproduktlösungen (*La Hague*)
 - Verglaste Abfallgebinde aus dem *Atelier de Vitriification de Marcoule* (AVM)
 - Verglaste PIVER⁵⁶-Abfallgebinde des CEA (*Marcoule*)
 - Verglaste Atalante-Abfallgebinde des CEA (*Marcoule*)
- Andere HA-Abfallfamilien
 - Abfallgebinde mit Technologieabfällen aus den Verglasungsanlagen von Orano (*La Hague*)
 - Abfallgebinde mit Strontiumtitanat-Kapseln von Orano (*La Hague*)
 - Abfallgebinde mit benutzen umschlossenen Strahlenquellen (Cs-137, Sr-90, Pu-238) des CEA

([28], Kap. 1.2.1.1 bis 1.2.1.5 & 1.2.2.1 bis 1.2.2.3)

Abfallfamilien der LL-IL-Abfallgebinde

Bei den LL-IL-Abfällen handelt es sich hauptsächlich um

- Strukturteile aus der Wiederaufbereitung bestrahlter Brennelemente (37 %),

⁵⁶ *Pilote industriel de vitrification de solutions de dissolution de combustibles usés* (PIVER)

- Abfälle aus der Wiederaufbereitung flüssiger Abfälle aus kerntechnischen Anlagen (38 %) und
- aktivierte (3 %) oder kontaminierte (19 %) Technologieabfälle aus dem Betrieb oder der Stilllegung kerntechnischer Anlagen.

Die LL-IL-Abfallgebinde sind in 80 Abfallfamilien unterteilt. ([28], Kap. 1.3) Die Eigenschaften (Bezeichnung, Primärbehälter, Anzahl und Produktionsstatus) dieser Abfallgebinde werden in Tabelle 1-2 in [28] zusammenfassend dargestellt. Ähnliche (z. B. hinsichtlich Abfallart, Verpackung, Produktionsort oder -prozess) LL-IL-Abfallfamilien werden in folgende Gruppen zusammenfasst:

- LL-IL-Abfallfamilien mit Strukturteilen aus der Wiederaufbereitung
 - Abfallgebinde mit zementierten Hülsen und Endstücke (*coque et embouts*) von Orano (*La Hague*)
 - CSD-C von Orano (*La Hague*)
 - Abfallgebinde mit zementierten metallischen Strukturteilen des CEA (*Marcoule*)
 - Abfallgebinde mit magnesiumhaltigen Strukturteilen des CEA (*Marcoule*)
- LL-IL-Abfallfamilien mit Abfällen aus dem Betrieb und der Stilllegung von Kernreaktoren zur Stromerzeugung
 - Abfallgebinde mit aktiviertem Abfall aus EDF-Reaktoren ohne natriumhaltige Abfälle
 - Abfallgebinde mit aktivierten Abfällen aus dem Rückbau von DWR
 - Abfallgebinde mit den Steuerstabsnadeln der schnellen Neutronenreaktoren
 - Abfallgebinde mit primären und sekundären Brennstäben aus DWR und verschiedene ausgediente umschlossene Quellen von EDF
 - Abfallgebinde aus dem *Atelier des matériaux irradiés* (AMI, *Chinon*)
- LL-IL-Abfallfamilien mit Abfällen aus dem Betrieb und der Stilllegung von Anlagen des Brennstoffkreislaufs
 - CSD-C mit Technologieabfällen von Orano (*La Hague*)
 - Abfallgebinde mit zementierten festen Betriebsabfällen von Orano (*La Hague*), die vor 1994 produziert wurden
 - Abfallgebinde mit zementierten festen Betriebsabfällen von Orano (*La Hague*), die nach 1994 produziert wurden
 - Abfallgebinde mit den ELAN IIB-Elutionskolonnen von Orano (*La Hague*), die in Phomix-Gebinden konditioniert wurden
 - Abfallgebinde mit Abfällen, die durch Alphastrahler kontaminiert wurden von Orano (*La Hague*)
 - Verglaste Abfallgebinde (CSD-B und CSD-RB) mit Spülwässern von Orano (*La Hague*)
 - Abfallgebinde mit getrockneten und kompaktierten STE2-Schäumen von Orano (*La Hague*)
 - Bitumenhaltige Abfallgebinde von Orano (*La Hague*)
 - Abfallgebinde mit Feinstäuben und Harzen aus dem HAO-Silo (*high activity oxide*) von Orano (*La Hague*)
 - Abfallgebinde mit festen Abfällen aus dem Betrieb des AVM in Edelstahlbehältern des CEA (*Marcoule*)
 - Abfallgebinde mit Prozessabfällen des CEA (*Marcoule*)
- LL-IL-Abfallfamilien mit Abfällen aus dem Betrieb und der Stilllegung von Forschungseinrichtungen des CEA (*Marcoule*)
 - Abfallgebinde mit zementierten Abwässern des CEA (*Marcoule*)

- Abfallgebinde mit metallischen und organischen Technologieabfälle des CEA (*Marcoule*)
- Abfälle aus dem Reaktorkern der RNR des CEA (*Marcoule*)
- Verglaste Abfallgebinde mit Spülwässern aus der Verglasungsanlage *Marcoule* des CEA
- Abfallgebinde mit im *Atelier Pilote de Marcoule* (APM) gelagerten Strukturabfällen und Stilllegungsabfällen aus dem APN des CEA (*Marcoule*)
- Abfallgebinde mit radioaktiven Bleisulfaten des CEA (*Cadarache*)
- Abfallgebinde mit zementierten Filterschlämmen und Konzentraten in 500 Liter-Betonhüllen (*coques béton*) des CEA (*Cadarache*)
- 870 Liter Metallcontainer mit einem 700 Liter-Fass mit zementierten Konzentraten des CEA (*Cadarache*)
- Abfallgebinde mit zementierten festen Betriebsabfällen in Metallfässern des CEA
- Abfallgebinde mit mittelstark strahlenden festen Betriebsabfällen in 500 Liter-Fässern, die auf dem Gelände des CEA (*Cadarache*) hergestellt wurden
- Betonhüllen (1 800 oder 1 000 Liter) mit zementierten (Zement oder Zement-Bitumen) festen Abfälle des CEA (*Cadarache*)
- Abfallgebinde mit in Metallfässer zementierten Schlämmen und Konzentraten des CEA (*Valduc*)
- Edelstahlbehälter mit radioaktiven Abwässern aus dem Pu-Recycling des CEA (*Valduc*)
- Abfallgebinde mit Betonblöcken mit eingeschlossenen Strahlenquellen, die beim CEA (*Cadarache*) gelagert werden
- Abfallgebinde mit bitumenhaltigen Abfällen des CEA (*Marcoule*), die nach Januar 1995 produziert wurden
- Abfallgebinde mit bitumenhaltigen Abfällen des CEA (*Marcoule*), die vor Januar 1995 produziert wurden
- 200 Liter-Alpha-Fässer des CEA, die zu 500 Liter-Fässern umverpackt werden sollen
- Verschiedene Abfälle aus dem Betrieb und der Stilllegung des CEA
- Radioaktive Quellen
- LL-IL-Abfälle aus dem Betrieb und dem Rückbau neuer Anlagen
 - Abfälle aus dem *international thermonuclear experimental reactor* (ITER)
- Von ANDRA gesammelte Abfälle
 - Radiumhaltige Gegenstände (sehr kleine Nadeln und Metallröhren) für medizinische Zwecke
 - Quellen für Ionendetektoren
 - Quellen für Blitzableiter (Americium oder Radium)
 - Verteidigungsabfälle (Quellen und mit Radium und Tritium kontaminierte Gegenstände)
 - Ausgediente umschlossene Strahlenquellen

([28], Kap. 1.3.1.1 bis 1.3.1.4, 1.3.2.1 bis 1.3.2.5, 1.3.3.1 bis 1.3.3.11, 1.3.4.1 bis 1.3.4.19, 1.3.5.1 & 1.3.6)

Die Fässer mit bitumenhaltigen LL-IL-Abfällen sind derzeit noch Gegenstand von Fragen bezüglich ihres Verhaltens im Fall eines Brands im Endlager. Aus diesem Grund forderte die ASN für diese Abfälle die Untersuchung von zwei möglichen Entsorgungswegen (Endlagerung im ursprünglichen

Zustand und Endlagerung im behandelten Zustand). Bis bezüglich des Entsorgungswegs eine Entscheidung getroffen wird, sind die Auslegung und die Sicherheitsanalysen diesbezüglich flexibel. ([28], Kap. 1.4)

HA- und LL-IL-Endlagergebände

Sowohl die PG als auch die Endlagerbehälter erfüllen verschiedene Betriebs- und Sicherheitsfunktionen (z. B. Ermöglichung der Handhabung), die mit bestimmten Merkmalen (z. B. Geometrie und Masse) assoziiert werden. Die Anforderungen, die die Einhaltung dieser Funktionen gewährleisten, sind die vorläufigen Gebinde-Aannahmekriterien der PG (siehe auch [51] bzw. Anhang 19) und in den künftigen Herstellungsspezifikationen und Betriebsvorschriften für die jeweiligen Gebinde bzw. Behälter festgelegt. ([28], Kap. 2.1.1 & 2.2.2)

HA-Endlagergebäude

Die Funktionen der HA-Endlagergebäude werden in Tabelle 2-1 in [28], unterteilt nach PG und Endlagerbehältern, dargestellt.

HA-Endlagerbehälter

Die Endlagerbehältertypen werden auf Grundlage der Abfallfamilien, insbesondere der Geometrie der PG, festgelegt. Bei den PG mit verglasten Abfällen handelt es sich um zylindrische Behälter (Kokille), die in Bezug auf ihre Geometrie relativ homogen sind. Die Endlagerbehälter sind ebenfalls zylindrisch und können im Regelfall ein und in manchen Fällen auch zwei PG aufnehmen. ([28], Kap. 2.1.1)

Der Körper des HA-Endlagerbehälters besteht aus einem zylindrischen Mantel aus unlegiertem Stahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt. Der Boden und der abgeschrägte Deckel des HA-Endlagerbehälters sind an die Dicke des Mantels angepasst, bestehen aus demselben Material und werden an den Mantel angeschweißt. Um den chemischen Belastungen standzuhalten, wählt ANDRA einen hochduktilen Schmiedestahl und strebt eine gute Einschlussreinheit, einen hohen Reinheitsgrad und eine günstige metallurgische Struktur an. ([28], Kap. 2.1.3)

Die Reaktion des HA-Endlagerbehälters auf andere Beanspruchungen (thermisch, mechanisch etc.) während des Betriebs und in Unfallsituationen (Absturz, Brand) werden durch die Robustheit des Behälters aufgrund seiner Dicke weitgehend abgedeckt. Des Weiteren wird die Handhabung des HA-Endlagerbehälters durch eine in den Deckel eingearbeitete Greifrinne sowie mehrere am Rand befindliche Keramikkufen, in die außerdem die Kennzeichnung zur Identifikation des Gebindes eingraviert wird, erleichtert. ([28], Kap. 2.1.3)

Es wurden verschiedene Versuche (z. B. Korrosionsversuche und Heliumdichtheitstest nach Fall aus 5 m Höhe) zur Überprüfung der Beständigkeit des HA-Endlagerbehälters durchgeführt ([28], Kap. 2.1.3).

Der Herstellungsprozess der HA-Endlagerbehälter stützt sich auf kodifizierte, standardisierte und kontrollierbare Beschaffungs-, Dimensionierungs- und Auslegungsverfahren. Diese Normen legen die mechanischen, geometrischen und metallurgischen Eigenschaften des Behälters fest und stellen sicher, dass die Eigenschaften der verschiedenen Komponenten des Gebindes reproduzierbar und konstant sind. Des Weiteren folgt auf das Schmieden der Behälterkomponenten eine normalisierende Wärmebehandlung, die Eigenspannungen abbaut und die Struktur verfeinert. Bei jedem HA-Endlagerbehälter werden sowohl vor, als auch nach dem Zusammenschweißen der verschiedenen Komponenten, Qualitätskontrollen zur Überprüfung der Anforderungen durchgeführt. ([28], Kap. 2.1.4)

LL-IL-Endlagergebinde

Für die LL-IL-Primärgebinde sind zwei Endlagerungsmöglichkeiten (direkte Endlagerung und Endlagerung in LL-IL-Endlagerbehältern) vorgesehen (siehe auch Abschnitt 6.1.1.1.2).

Die Funktionen der LL-IL-Endlagergebinde werden in Tabelle 2-2 in [28], unterteilt nach PG und Endlagerbehältern, dargestellt. Dabei wird zwischen

- Funktionen, der LL-IL-Primärgebinde und der LL-IL-Endlagerbehälter bei Endlagerung in einem Endlagerbehälter und
- Funktionen, der LL-IL-Primärgebinde bei direkter Endlagerung

unterschieden ([28], Kap. 2.2.2).

Die maximale Masse der LL-IL-Endlagergebinde beträgt 17 Tonnen ([28], Kap. 2.2.2).

LL-IL-Endlagerbehälter

Eine große Anzahl von LL-IL-Abfallfamilien soll im Cigéo endgelagert werden (siehe Auflistung oben). Die Entscheidung alle LL-IL-Abfallfamilien in einer begrenzten Anzahl von Behältertypen zusammenzufassen, ermöglicht es, die Anzahl der Vorrichtungen zu reduzieren, um die Handhabungsvorgänge der Gebinde so einfach wie möglich zu gestalten. ([28], Kap. 2.2.1.2)

Die LL-IL-Endlagerbehälter haben eine quaderförmige Form und bestehen aus einem Körper und einem verschraubten Deckel (siehe Abbildung 1). Durch einen Spalt zwischen dem Deckel und dem Körper können Radiolysegase entweichen. Die verschiedenen Endlagerbehältertypen weisen Aussparungen auf, die an die Geometrie der PG und der zugehörigen Handhabungsmittel angepasst sind. Um die Handhabung der Endlagerbehälter selbst zu ermöglichen, sind die vorgefertigten Behälter an ihrer Unterseite mit Durchgängen für Gabelzinken ausgestattet. ([28], Kap. 2.2.3)

Die Endlagerbehältertypen CS 1 bis CS 5 bestehen aus vorgefertigten Elementen aus Stahlbeton und die Endlagerbehältertypen CS 6 und CS 7 sind Behälter aus Stahl. Aufgrund der Notwendigkeit der zeitlichen Beständigkeit der Gebinde in den Einlagerungsstrecken wählte ANDRA eine Betonrezeptur im Bereich der Hochleistungsbetone mit einem niedrigen Wasser-Zement-Verhältnis. Durch die gewählte Betonrezeptur kann der Endlagerbehälter den durch Handhabungen im Normalbetrieb (Umsetzen, Absetzen, Entnehmen) auftretenden Belastungen standhalten. Des Weiteren bleibt die Handhabung der Endlagerbehälter auch nach einem einstündigen Brand möglich. Der Betonrezeptur wurden außerdem Polypropylenfasern hinzugefügt, um bei den Endlagerbehältern, die zur Endlagerung bitumenhaltiger Abfälle im unveränderten Zustand vorgesehen sind, das Risiko eines Behälterberstens zu reduzieren. Außerdem gewährleistet die Dicke der Betonwände in diesem Fall, dass das Temperaturkriterium an der Oberfläche der PG eingehalten wird. ([28], Kap. 2.2.3)

Zur Identifikation der Endlagerbehälter werden diese auf allen vier Seiten sowie auf dem Deckel mit Farbe gekennzeichnet ([28], Kap. 2.2.3).

Nach der Herstellung eines LL-IL-Endlagerbehälters (außerhalb der kerntechnischen Anlage Cigéo) wird eine Zeit bis zum Erhärten des Betons (*temps de maturation*) von mehreren Monaten eingehalten, bevor er das Werk verlässt, damit die Hydratationsreaktionen des Zements abgeschlossen sind und der Beton eine ausreichende Festigkeit erreicht hat. Vor der Lieferung der LL-IL-Endlagerbehälter an das Cigéo sind verschiedene Qualitätskontrollen vorgesehen. ([28], Kap. 2.2.4)

Radiologische und chemisch-toxische Inventare der HA- und LL-IL-Abfallgebinde

Die radiologischen und chemo-toxischen Inventare der HA- und LL-IL-Abfallgebinde sind Eingangsdaten für die Auslegung der Anlage und die Sicherheitsbewertungen ([28], Kap. 3).

Radiologisches Inventar

Von den Erzeugern der radioaktiven Abfälle wird das radiologische Inventar (Mittel- und Maximalwert) je Abfallfamilie für 144 Radionuklide angegeben. Dabei wird die Aktivität auf ein einheitliches Bezugsdatum korrigiert. ([28], Kap. 3.1.1)

Für die Erstellung des radiologischen Inventars, das für die Auslegung des Endlagers sowie die Sicherheitsanalysen für die Betriebsphase zugrunde gelegt wird, werden die Maximalwerte berücksichtigt ([28], Kap. 3.1.2). Im Gegensatz dazu werden für die Erstellung des radiologischen Inventars, das für die Sicherheitsanalysen für die Nachbetriebsphase zugrunde gelegt wird, die Mittelwerte berücksichtigt ([28], Kap. 3.1.3).

Jeder Abfallfamilie wird ein Kenntnislevel zwischen 0 und 3 zugeordnet (ein Kenntnislevel von 0 bedeutet, dass ANDRA keinerlei Informationen zu dieser Abfallfamilie hat und das Radionuklidinventar nur auf Basis von Analogieparametern abschätzen kann; ein Kenntnislevel von 3 bedeutet, dass bezüglich des Radionuklidinventars nur geringe Restungewissheiten bestehen). Je nach Kenntnislevel wird jeder Abfallfamilie ein Multiplikationsfaktor (10, 5, 2 oder 1,5) zugeordnet, der auf die durchschnittliche Aktivität pro Masseneinheit jedes Radionuklids angewendet wird. Von den HA-Abfallfamilien weisen 90 % und von den LL-IL-Abfallfamilien 46 % einen guten Kenntnistand (Kenntnislevel 2 oder 3) auf. ([28], Kap. 3.1.3.1 & 3.1.3.2).

Die Entwicklung des radiologischen Inventars (dominierende Radionuklide) wird in Abschnitt 6.1.1.1.3 beschrieben.

Chemo-toxisches Inventar

Bei der quantitativen Bewertung des chemo-toxischen Inventars konzentriert sich ANDRA auf einige Elemente (Arsen, Bor, Beryllium, Cadmium, Chrom, CN-Radikale, Quecksilber, Nickel, Blei, Antimon, Selen, Uran und Asbest), die stellvertretend für die potenziell schädlichsten ausgewählt wurden ([28], Kap. 3.2).

Für die Bestimmung des chemo-toxischen Inventars für die Nachbetriebsphase wird dieses von den Erzeugern entweder für jede Komponente des PG (Abfall, Matrix und Behälter) separat oder zusammenfassend für das gesamte PG ausgewiesen ([28], Kap. 3.2.1). Bei der Sicherheitsbewertung für die Betriebsphase wird neben der Menge an chemo-toxischen Stoffe auch die Abfallform (massiv, pulverförmig) berücksichtigt, da diese beeinflusst, ob die chemo-toxischen Stoffe mobilisiert werden können oder nicht ([28], Kap. 3.2.2).

Charakteristische Größen von Abfallgebinden

Für die Auslegung des Endlagers und die damit verbundenen Sicherheitsbewertungen werden anhand der Sicherheitsfunktionen charakteristische Größen definiert. Die Werte dieser charakteristischen Größen werden dann auf Basis der Angaben der Erzeuger für jeden Endlagergebindetyp festgelegt. ([28], Kap. 4)

Charakteristische Größen für die Betriebsphase

Die charakteristischen Größen haben das Ziel, den wesentlichen Teil, der in der Wissensgrundlage von ANDRA enthaltenden Inventardaten abzudecken. Abfallfamilien, die wenige Gebinde enthalten, deren Eigenschaften zu einer unverhältnismäßigen Auslegung des Endlagers führen würden, werden

bei der Gesamtauslegung des Endlagers nicht berücksichtigt. Sie werden als „besondere“ Abfallfamilien bezeichnet und werden für jedes Risiko gesondert ausgewiesen. Sofern erforderlich werden für diese „besonderen“ Abfallfamilien spezielle Vorschriften vorgesehen. ([28], Kap. 4.1.1.1)

Die charakteristischen Größen für die Betriebsphase, die anhand der verschiedenen Sicherheitsfunktionen definiert werden, sind:

- Schutz vor ionisierender Strahlung ([28], Kap. 4.1.2)
 - Gesamtaktivität der Radionuklide, die am stärksten zur externen Exposition beitragen (Al-26, Co-60, Zn-65, Nb-94, Rh-106, Ru-106, Ag-108m, Sb-125, Cs-134, Cs137/Ba-137m, Eu-154, Ho-166, Cm-247, Cf-249)
 - Gesamtaktivität des Gebindes
- Einschluss von radioaktiven Stoffen ([28], Kap. 4.1.3)
 - Normalbetrieb und anomaler Betrieb: LDCA (m^3 pro Stunde) für Pu-239 (α -Strahler) und Sr-90 (β -/ γ -Strahler) auf Basis des Annahmegrenzwerts für die Flächenkontamination und einer stündlichen Suspensionsrate (*remise en suspension*) von 10^{-5} h^{-1}
 - bei Aufprall, Absturz, Zusammenstoß oder Erdbeben:
 - Energieniveau kleiner als Energieniveau des Falls aus QH: LDCA (m^3 pro Stunde) für Pu-239 (α -Strahler) und Sr-90 (β -/ γ -Strahler) auf Basis des Annahmegrenzwerts für die Flächenkontamination und einer momentanen Suspensionsrate von 10^{-3} (Aufprall, Absturz, Zusammenstoß) bzw. 10^{-4} (Erdbeben), wobei ein Rückhaltefaktor von 10^{-2} berücksichtigt wird, wenn sich das PG in einem Endlagerbehälter befindet
 - Energieniveau größer als Energieniveau des Falls aus QH: LDCA (m^3 pro Stunde) für Pu-239 (α -Strahler) und Sr-90 (β -/ γ -Strahler) auf Basis
 - des Annahmegrenzwerts für die Flächenkontamination und einer momentanen Suspensionsrate von 10^{-3} sowie
 - eines Anteils des enthaltenen Radionuklidinventars und einer spezifischen Suspensionsrate
 - im Falle eines Brands
 - bei reiner Mobilisierung der Oberflächenkontamination: LDCA (m^3 pro Stunde) für Pu-239 (α -Strahler) und Cs-137 (β -/ γ -Strahler) auf Basis des Annahmegrenzwerts für die Flächenkontamination und einer momentanen Suspensionsrate
 - bei Mobilisierung der Oberflächenkontamination sowie des enthaltenen Radionuklidinventars: LDCA (m^3 pro Stunde) für Pu-239 (α -Strahler) und Cs-137 (β -/ γ -Strahler) auf Basis
 - des Annahmegrenzwerts für die Flächenkontamination und einer momentanen Suspensionsrate sowie
 - eines Anteils des enthaltenen Radionuklidinventars und einer spezifischen Suspensionsrate
- Kritikalitätssicherheit ([28], Kap. 4.1.4)
 - gemessene oder geschätzte Maximalwerte für Spaltstoffe (g)
- Ableitung der Wärmeleistung aus Abfallgebinden ([28], Kap. 4.1.5)
 - für übertägige Anlagen und Transportvorgänge: pauschale, abdeckende Werte wie z. B.
 - 15 W pro PG und 90 W pro Endlagerbehälter für LL-IL-Primärgebinde

- 50 W pro Gebinde im HA-Pilotlager
 - 500 W für die HA1/HA2-Gebinde im HA-Einlagerungsbereich
- für untertägige Anlagen: Für jeden Endlagergebindetyp wird die Wärmeleistung der Abfallfamilie mit der größten mittleren Wärmeleistung als repräsentativer Wert ausgewählt
- Ableitung der durch Radiolyse oder Korrosion entstehenden Gase (nur für LL-IL-Abfallfamilien; [28], Kap. 4.1.6)
 - Wasserstoffproduktionsrate pro PG bekannt: Für jeden Endlagergebindetyp wird die Wasserstoffproduktionsrate der Abfallfamilie mit der größten Wasserstoffproduktionsrate als repräsentativer Wert ausgewählt und entsprechend der Anzahl der im Endlagergebinde enthaltenen PG multipliziert
 - keine Angaben zur Wasserstoffproduktionsrate der PG: Annahme eines Werts von 40 L pro Endlagergebinde und Jahr (dieser Wert gilt auch für die Lagerkörbe)

Charakteristische Größen für die Nachbetriebsphase

Für die Nachbetriebsphase betrifft der Begriff der charakteristischen Größen die Eigenschaften, die sich direkt auf die Auslegung der Endlagerkomponenten auswirken. Konkret sind die Eigenschaften der Abfallgebinde, die zu im Endlager ablaufenden Prozessen führen. Die Beherrschung dieser Prozesse kann Grundlage der Auslegungsbestimmungen sein, um ihre Auswirkungen – insbesondere auf die günstigen Eigenschaften des Wirtsgesteins – zu begrenzen. ([28], Kap. 4.2)

Die charakteristischen Größen und entsprechenden Auslegungskriterien für die Nachbetriebsphase sind:

- thermische Leistung (W) der Abfälle:
 - Temperatur im Wirtsgestein $< 70\text{ °C}$ für den Zeitraum unter 10 000 Jahren (zur Begrenzung der Löslichkeit der Radionuklide und chemo-toxischen Stoffe)
 - Temperatur im Wirtsgestein $< 90\text{ °C}$ für den Zeitraum bis eine Million Jahre (zur Begrenzung mineralogischer Umwandlungen im Tongestein)
 - Abstand zwischen den HA-Einlagerungsstrecken (zur Verringerung der Wärmelastdichte)
 - Abstand der HA-Endlagergebinde in den Einlagerungsstrecken (zur Verringerung der Wärmelastdichte)
- Vorhandensein von bestimmten Stoffen (insbesondere Komplexbildner und Salze) in den LL-IL-Abfällen: Trennung von bestimmten Gebinden mit LL-IL-Abfällen, die chemische Beeinträchtigungen hervorrufen können. Dazu werden die LL-IL-Abfallfamilien in sieben Kategorien unterteilt.
- Vorhandensein von spaltbaren Isotope: Anordnung der Gebinde in den Einlagerungsstrecken

([28], Kap. 4.2.1, 4.2.2 & 4.2.3)

Vorläufige Gebinde-Annahmekriterien (siehe dazu auch [51] bzw. Anhang 19)

Die Gebinde-Annahmekriterien legen die Kriterien fest, die ein PG mit radioaktiven Abfällen erfüllen muss, um im Cigéo angenommen zu werden. Diese Kriterien tragen dazu bei, die Sicherheit der kerntechnischen Anlage zu gewährleisten. ([28], Kap. 5)

Die hier benannten vorläufigen Gebinde-Annahmekriterien werden nach etwaigen Änderungen und Zustimmung der ASN, die frühestens mit der DAC erfolgen wird, die endgültigen Gebinde-Annahmekriterien darstellen ([28], Kap. 5).

Die vorläufigen Gebinde-Annahmekriterien beziehen sich auf die radiologischen, physikalischen, mechanischen und chemischen Eigenschaften der PG. Sie werden aus den Sicherheitsnachweisen für die Betriebs- und Nachbetriebsphase abgeleitet und in Rücksprache mit den Erzeugern erstellt. Der Prozess zur Bestimmung der vorläufigen Gebinde-Annahmekriterien ist iterativ und besteht aus neun Schritten. ([28], Kap. 5.1)

Die Gebinde-Annahmekriterien können sich im Zusammenhang mit der fortschreitenden Entwicklung der kerntechnischen Anlage ändern. Ihre Aktualisierung erfolgt nach dem für kerntechnische Anlagen typischen Verfahren des Änderungsmanagements und der Zehnjahresüberprüfungen. ([28], Kap. 5.1)

Um in der kerntechnischen Anlage angenommen zu werden, muss jedes „endgültige“ PG die allgemeinen Gebinde-Annahmekriterien, die für alle PG gelten, sowie je nach bestimmungsgemäßen Einlagerungsbereich die entsprechenden spezifischen Gebinde-Annahmekriterien erfüllen ([28], Kap. 5.2). Die allgemeinen und spezifischen Gebinde-Annahmekriterien sind in [28] in Tabelle 5-1 aufgeführt.

Qualitätskontrolle der Gebinde

Die Qualitätskontrolle der Gebinde soll sicherstellen, dass die im Cigéo eingelagerten oder einzulagernden Abfallgebände dessen Sicherheit nicht gefährden. Die Qualitätskontrolle erstreckt sich von der Festlegung des Konditionierungsprozesses bis zur Einlagerung des Gebindes, bindet sowohl die Erzeuger als auch ANDRA ein und besteht aus folgenden Prozessen:

- Prozess zur Beherrschung der Kenntnis von Gebinden
 - (langfristiges) Sammeln, Teilen und Archivieren der Daten (Oscar-Datenbank)
 - Bewertung der Vollständigkeit und Robustheit der Daten
- Annahmeprozess von Gebinden
 - Genehmigung der Abfallfamilie
 - Übernahmevereinbarung
 - Liefervereinbarung
 - Annahme eines Gebindes
- Überwachungsprozess zur Überprüfung
 - der in den Konditionierungs- und Lagerungsrichtlinien beschriebenen Qualitätskontrollbestimmungen für Gebinde durch den Erzeuger und
 - der Übereinstimmung der Gebinde mit den Gebinde-Annahmekriterien
- Abweichungsmanagementprozess bei Abweichungen von den Zulassungsvoraussetzungen

([28], Kap. 6)

Anhang 7d – Pièce 7 Partie II Volume 4

Version préliminaire du rapport de sûreté

Description de l'INB, de son environnement et de son fonctionnement et évolution du système de stockage après fermeture

Le site d'implantation de l'INB et son environnement

Vorläufiger Sicherheitsbericht

Beschreibung der kerntechnischen Anlage, ihrer Umgebung und ihrer Funktionsweise sowie Entwicklung des Endlagersystems nach der Stilllegung

Der Standort der kerntechnischen Anlage und seine Umgebung

Kurzzusammenfassung:

Diese Unterlage [29] stellt den Standort der kerntechnischen Anlage und seine nähere Umgebung vor. Er stellt insbesondere die industrielle Umgebung und die Verkehrswege vor, die sich außerhalb des Bereichs der kerntechnischen Anlage befinden.

Zusammenfassung:

In dieser Unterlage [29] werden der Standort des Endlagers Cigéo und seine nähere Umgebung beschrieben. Die Beschreibungen umfassen

- die geologischen Verhältnisse (Kap. 1),
- die hydrogeologischen und hydrologischen Verhältnisse (Kap. 2),
- Klima und Wetter (Kap. 3),
- die Tier- und Pflanzenwelt (Kap. 4),
- die Landschaft und die menschlichen Aktivitäten (Kap. 5) sowie
- die industrielle Umwelt und Kommunikationsnetze (Kap. 6).

Dabei erfolgt die Beschreibung dieser Themen für Gebiete, die teilweise (insbesondere für die Beschreibung der geologischen, hydrogeologischen und hydrologischen Verhältnisse) weit über den unmittelbaren Standort des Cigéos hinausgehen.

Eine Zusammenfassung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse ist in den Abschnitten 6.1.5.1 und 6.1.5.2 enthalten. Bezüglich der anderen Themen wird in der Unterlage [29] auf die UVS des Cigéo-Gesamtprojekts verwiesen, sodass an dieser Stelle auf deren Zusammenfassung verzichtet wird.

Die in [29] dargestellten Informationen stützen sich auf alle wissenschaftlichen Arbeiten, die ANDRA in den letzten 25 Jahren im Gebiet *Meuse/Haute-Marne* durchgeführt hat und die es ermöglichen haben, Kenntnisse über den Standort und seine Umgebung zu erwerben und zu vertiefen. Dieser

Wissensbestand entstammt verschiedenster Aktivitäten (wissenschaftliche Untersuchungen und Experimente, die im untertägigen Forschungslabor von *Meuse/Haute-Marne* durchgeführt wurden, Bohrungen, seismische Kampagnen, Vermessungen der geologischen Formationen, piezometrische Messungen etc.), die sich gegenseitig ergänzen und miteinander abgestimmt sind.

Anhang 7e – Pièce 7 Partie II Volume 5

Version préliminaire du rapport de sûreté

Description de l'INB, de son environnement et de son fonctionnement et évolution du système de stockage après fermeture

Les installations, ouvrages et équipements

Vorläufiger Sicherheitsbericht

Beschreibung der kerntechnischen Anlage, ihrer Umgebung und ihrer Funktionsweise sowie Entwicklung des Endlagersystems nach der Stilllegung

Anlagen, Bauwerke und technische Ausstattung

Kurzzusammenfassung:

Diese Unterlage enthält die allgemeine Beschreibung der kerntechnischen Anlage und der wichtigsten Designentscheidungen. Außerdem stellt er ihre Funktionsweise vor.

Zusammenfassung:

Diese Unterlage [30] gibt einen Gesamtüberblick über die über- und untertägigen Bestandteile des Endlagers (z. B. EP1, LSF, logistische Infrastrukturbereiche, Einlagerungsbereiche und -strecken). Weiterhin werden die grundsätzliche Funktionsweise des kerntechnischen Betriebs, insbesondere die durchzuführenden Arbeitsvorgänge, aber auch Unterstützungsprozesse sowie die Stilllegungs- und Verschlussmaßnahmen dargestellt. Dabei werden auch Maßnahmen beschrieben, die bereits bei der Planung im Hinblick auf die Stilllegung und den Verschluss sowie die Überwachung nach dem Verschluss des Endlagers getroffen werden. Außerdem werden auch die eventuellen Schutzvorkehrungen, die bereits bei der ursprünglichen Auslegung im Hinblick auf die Anpassungsfähigkeit und die Rückholbarkeit getroffen wurden, dargestellt. Die mit diesen Schutzvorkehrungen assoziierten EIP werden in [34] vorgestellt (siehe auch Anhang 7i).

Endlager Cigéo

Das Endlager Cigéo wird im Abschnitt 6.1 sowie in Anhang 2 beschrieben.

Errichtung und Betrieb des Endlagers

Die Errichtung und der Betrieb der Anlagen und Bauwerke des Cigéo erfolgt, insbesondere während der Betriebsphase, schrittweise. Die Errichtung ist in mehrere Bauabschnitte (*tranches*) d. h.

- T1, der in der ersten Bauphase errichtet wird, und
- weitere Bauabschnitte, die während der Betriebsphase errichtet werden,

unterteilt.

Die Arbeiten für die Errichtung der Gebäude, Bauwerke und ASK der über- und untertägigen Anlage in der ersten Bauphase zielen auf den Betrieb des HA-Pilotlagers und der ersten vier LL-IL-Einlagerungsstrecken ab, sobald die Inbetriebnahme des Cigéo im Rahmen der PhiPil von der ASN genehmigt wurde. T1 umfasst somit den Bau der Oberflächenanlage EP1, das für die Annahme von LL-IL-Gebinden und HA-Gebinden, die für das Pilotlager bestimmt sind, dient.

Bei Bedarf kann das Betriebsgelände des Cigéo später erweitert werden, um den Bau der Oberflächenanlage EP2 zu ermöglichen ([30], Kap. 4.4.2).

Alle Tätigkeiten, die für die reibungslose Inbetriebnahme und den Betriebsbeginn des Endlagers erforderlich sind, werden während der PhiPil in den Bauwerken des T1 durchgeführt. Diese Bauwerke sind die ersten, die für die Annahme und Einlagerung von radioaktiven Abfällen in Betrieb genommen werden. Die in T1 errichteten LSF und die logistischen Infrastrukturbereiche (ZSLE und ZSLT) werden während der gesamten Betriebsdauer des Cigéo genutzt.

Im Anschluss an die erste Bauphase wird die untertägige Anlage in den weiteren Bauabschnitten schrittweise erweitert, um die Endlagerung aller angelieferten Abfallgebände zu ermöglichen. Die Errichtung der weiteren Bauschnitte erstreckt sich über die 100 Jahre, die für den Betrieb des Endlagers vorgesehen sind.

Vorkehrungen in Bezug auf die Stilllegung des Endlagers

Bereits bei der Errichtung der über- und untertägigen Anlage werden Vorkehrungen getroffen, um ihre spätere Stilllegung zu erleichtern. In der untertägigen Anlage wird insbesondere die Anzahl von Räumen, in denen radioaktive Abfälle anfallen können bzw. die radioaktive Abfälle enthalten können, begrenzt und ihre Größe auf ein Mindestmaß reduziert, wobei eine entsprechende Abfallzonierung festgelegt wird. In den Zonen, in denen möglicherweise radioaktive Abfällen anfallen (*zones à production possible de déchets nucléaires*, ZppDN) werden ASK sowohl über- als auch untertage so weit wie möglich reduziert. ([30], Kap. 15.1)

Einige Stilllegungsmaßnahmen tragen zu den Sicherheitsfunktionen in der Nachbetriebsphase (siehe Anhang 7h) bei ([30], Kap. 15.2).

Stilllegung des Endlagers

Die Stilllegung eines Endlagers für radioaktive Abfälle umfasst alle Maßnahmen, die nach Abschluss der Einlagerung der radioaktiven Abfälle erforderlich sind, um die Beherrschung der Risiken langfristig zu gewährleisten. Die für die endgültige Stilllegung des Cigéo erforderlichen Maßnahmen umfassen

- den Verschluss der LL-IL- und HA-Einlagerungsstrecken ([30], Kap. 6.2.5 und 7.1.5),
- die Errichtung von Verschlussbauwerken⁵⁷ an bestimmten Punkten in den Zugangsstrecken (siehe Nummern 1 und 2 in Abbildung A7e - 1),
- die Errichtung von Verschlussbauwerken in den LSF (siehe Nr. 3 (Rampen) und 4 (Schächte) in Abbildung A7e - 1) und
- die Verfüllung aller Strecken.

⁵⁷ Diese Verschlussbauwerke ermöglichen es, die verschiedenen Einlagerungsbereiche hydraulisch voneinander zu isolieren und gewährleisten eine funktionelle Redundanz zu den Verschlussbauwerken der LSF.

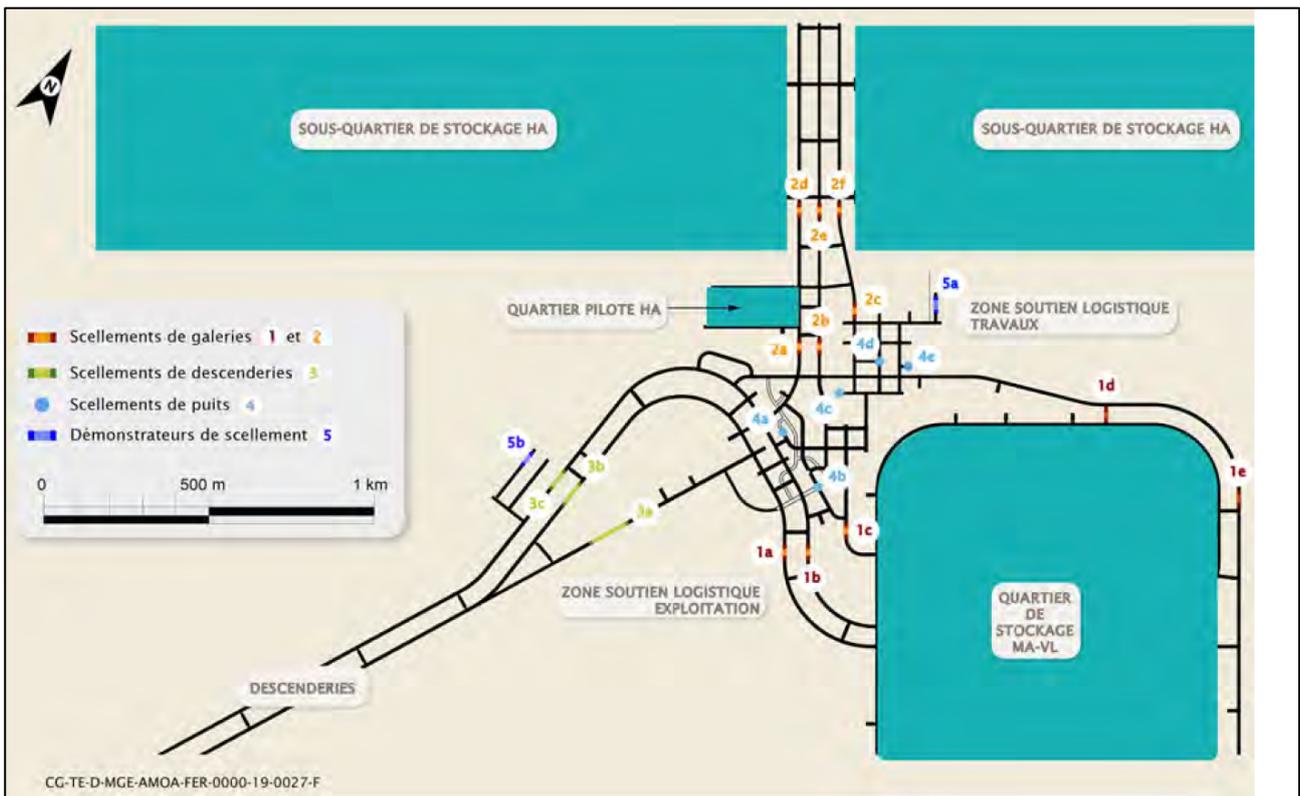


Abbildung A7e - 1: Schematische Darstellung der Lage der Verschlussbauwerke ([30], Figure 16-1)

Mit diesen Tätigkeiten ist die Entnahme bestimmter (ggf. kontaminierter) Materialien aus den untertägigen Strecken verbunden, die zurück nach über Tage gebracht werden. Kontaminierte Materialien werden dort dekontaminiert ([30], Kap. 15). Abfälle aus Dekontaminationsarbeiten werden entsprechend ihrer Radioaktivität klassifiziert und in entsprechenden Anlagen konditioniert ([30], Kap. 13.3.4).

Überwachungsmaßnahmen des Endlagers

Die Überwachung des Endlagers und seiner Umgebung nach dem Verschluss hat folgende Ziele:

- Überprüfung der Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen (insbesondere in Hinblick auf die Umwelt und das geologische Milieu)
- Überprüfung des ordnungsgemäßen Betriebs des Endlagers zur Stützung des Sicherheitsnachweises

Die Überwachungsmaßnahmen in Verbindung mit den im laufenden Betrieb der Anlage gesammelten Erfahrungen werden schrittweise präzisiert.

Die Überwachung der Umwelt wird auch nach dem Verschluss des Endlagers im Rahmen der während der Betriebsphase der Anlage eingeführten Überwachungsmodalitäten fortgesetzt. Die Überwachung der geologischen Umwelt und z. B. der Grundwasserqualität kann weiterhin durch die bereits installierten Bohrungen erfolgen ([30], Kap. 15.3).

Rückholung einzelner Endlagergebäude während des Betriebs

Im Folgenden werden Szenarien zur Rückholung einzelner Endlagergebäude während des Betriebs vorgestellt.

Rückholung eines nicht kontaminierten LL-IL-Endlagegebundes an die Oberfläche

Dieses Szenario entspricht einer Konfiguration, die es dem Betreiber ermöglicht, eine Inspektion des Endlagergebundes oder sogar dessen Rekonditionierung in der Oberflächenanlage durchzuführen, bevor es wieder eingelagert wird. Diese Tätigkeiten können insbesondere nach einem Ereignis (z. B. Verdacht auf Sturz oder Stoß bei der Handhabung) oder zur Durchführung einer ausführlicheren Untersuchung im Rahmen des Überwachungsprogramms Anwendung finden.

Dieses Szenario umfasst alle Tätigkeiten, die für die Rückholung eines nicht kontaminierten LL-IL-Endlagegebundes durchgeführt werden müssen, d. h.

- die Einlagerung in ein übertägiges Pufferlager und
- eine mögliche Entnahme des LL-IL-Primärgebundes aus dem Behälter.

In diesem Szenario wird davon ausgegangen, dass keine zusätzlichen ASK erforderlich sind, wobei ASK zur Handhabung der Endlagergebände ggf. ausgetauscht oder angepasst werden müssen.

([30], Kap. 2.2.1)

Einlagerung nicht kontaminierter LL-IL-Endlagergebände in eine andere LL-IL-Einlagerungsstrecke

Dieses Szenario kann mit einer Reorganisation der Endlagergebände verbunden sein, wenn dies dem Betreiber nützlich und relevant erscheint. Es umfasst alle Tätigkeiten, die im Rahmen der Rückholung von etwa 30 Endlagergebänden aus einer LL-IL-Einlagerungsstrecke und deren Einlagerung in eine andere, bereits errichtete LL-IL-Einlagerungsstrecke durchzuführen sind. Diese andere LL-IL-Einlagerungsstrecke kann dazu bestimmt sein, identische Endlagergebände aufzunehmen oder nur als „vorübergehender Puffer“ verwendet werden, bis die Gebände in ihre ursprüngliche Einlagerungsstrecke oder in ein anderes für ihre Endlagerung geeignetes Bauwerk umgelagert werden.

Der Transfer von Endlagergebänden zwischen Einlagerungsstrecken darf nur unter der Bedingung erfolgen, dass die Endlagergebände geometrisch und physikalisch-chemisch kompatibel sind. Nachdem ein LL-IL-Endlagergebände aus der Einlagerungsstrecke entfernt und in eine Transferhaube gestellt wurde, kann es auf die gleiche Weise wie bei einer herkömmlichen Einlagerung in eine andere Einlagerungsstrecke gebracht werden.

([30], Kap. 2.2.2)

Rückholung eines nicht kontaminierten HA-Endlagergebundes an die Oberfläche

Dieses Szenario entspricht einer Situation, die es dem Betreiber erlaubt, eine Inspektion der HA-Endlagerbehälteroberfläche durchzuführen oder das Abfallgebände vor der Wiedereinlagerung in einen neuen Behälter umzulagern. Das Szenario umfasst alle Tätigkeiten, die für die Rückholung eines nicht kontaminierten HA-Endlagergebundes bis zu seiner Einlagerung in ein übertägiges Pufferlager durchzuführen sind (die mögliche Entnahme des HA-Primärgebundes aus dem Behälter wird in diesem Szenario nicht berücksichtigt, bleibt aber möglich).

Das Auftreten von Korrosionsprodukten ist zwar unwahrscheinlich, da das Atmosphärenmanagementsystem der Einlagerungsstrecke und das Wasserrückgewinnungssystem in Betrieb gehalten werden, wird aber dennoch berücksichtigt. Aus denselben Gründen ist das Auftreten von Kondenswasser im Inneren der Einlagerungsstrecke (an der Innenseite des Ausbaus) ebenfalls unwahrscheinlich, dennoch werden die Rückholungsvorrichtungen so ausgelegt, dass sie auch bei hoher Luftfeuchtigkeit funktionieren.

Das Endlagergebände wird zunächst mit Hilfe des Entnahmeroboters zusammen mit eventuellen Korrosionsprodukten an den Kopf der Einlagerungsstrecke zurückgebracht und dort zurückgelassen.

Eventuelle Korrosionsprodukte werden in Fässer verpackt und in den Sammelraum für Betriebsabfälle gebracht. Das HA-Endlagergebilde wird dann mit dem Schieberoboter in die HA-Transferhaube geladen, die ihrerseits zuvor am Kopf der Einlagerungsstrecke auf dem HA-Shuttle positioniert wurde.

Der weitere Prozess der Rückholung des Endlagergebildes in die übertägige Anlage erfolgt nach dem umgekehrten Verfahren wie bei der Einlagerung von HA-Endlagergebilden. Wenn keine weiteren Entnahmen oder Einlagerungen geplant sind, wird die Einlagerungsstrecke wieder in den normalen Betriebszustand versetzt.

([30], Kap. 2.2.3)

Einlagerung nicht kontaminierter HA-Endlagergebilde in eine andere HA-Einlagerungsstrecke

Dieses Szenario kann mit einer Reorganisation der Endlagergebilde verbunden sein, sofern dies vom Betreiber als sinnvoll erachtet wird. Es umfasst alle Tätigkeiten, die im Rahmen der Umlagerung von HA-Endlagergebilden in eine andere, bereits errichtete HA-Einlagerungsstrecke durchzuführen sind. Diese andere HA-Einlagerungsstrecke kann der endgültigen Endlagerung oder nur als „vorübergehender Puffer“ dienen, bis die Gebilde in ihre ursprüngliche Einlagerungsstrecke oder in ein anderes für ihre Endlagerung geeignetes Bauwerk umgelagert werden.

Die Umsetzung dieses Szenarios erfordert den Einsatz des Entnahmeroboters in der Zugangsstrecke in Ergänzung zum Schieberoboter. Für die im Betrieb befindliche „Entnahmestrecke“ sind keine vorherigen Maßnahmen erforderlich. Für die „Aufnahmestrecke“ entspricht der angenommene Fall einer noch nicht geöffneten und betriebenen Einlagerungsstrecke. Die Abfolge der Umlagerung ist identisch mit der für die Einlagerung vorgesehenen. Eine einzige Transferhaube ist für alle Umlagerungsvorgänge der HA-Endlagergebilde von einer Einlagerungsstrecke zur anderen erforderlich.

([30], Kap. 2.2.4).

Anhang 7f – Pièce 7 Partie II Volume 6

Version préliminaire du rapport de sûreté

Description de l'INB, de son environnement et de son fonctionnement et évolution du système de stockage après fermeture

L'organisation de l'Andra en tant qu'exploitant de l'INB Cigéo

Vorläufiger Sicherheitsbericht

Beschreibung der kerntechnischen Anlage, ihrer Umgebung und ihrer Funktionsweise sowie Entwicklung des Endlagersystems nach der Stilllegung

Die Organisation von ANDRA als Betreiber der kerntechnischen Anlage Cigéo

Kurzzusammenfassung:

Diese Unterlage stellt die Organisationsprinzipien vor, die von ANDRA als Betreiber der kerntechnischen Anlage Cigéo in deren verschiedenen Phasen (Bauvorbereitung, erste Bauphase, Betrieb sowie Rückbau, Stilllegung und Überwachung) umgesetzt wurden.

Zusammenfassung:

Es wird das von ANDRA implementierte IMS in Verbindung mit der Politik des Interessenschutzes (*politique de protection des intérêts*) vorgestellt, das der Erfüllung der Anforderungen an das Management der zu schützenden Interessen dient. Für die kerntechnische Anlage werden die wichtigsten Bestimmungen des IMS in Bezug auf die Steuerung der Personalressourcen, die Steuerung der für den Schutz der Interessen wichtigen Tätigkeiten, das Änderungsmanagement, den Umgang mit Abweichungen sowie die Steuerung der Konformität mit den Anforderungen präzisiert. Außerdem werden die organisatorischen Grundsätze zur Berücksichtigung organisatorischer und menschlicher Aspekte in den verschiedenen Phasen der Anlage erläutert ([31], Kap. 2).

Es werden die organisatorischen Grundsätze für den Betrieb der kerntechnischen Anlage beschrieben. Es werden die wichtigsten Bestimmungen zur Steuerung des Betriebs und der damit verbundenen Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen erläutert. Zusätzlich werden auch die Elemente zur Steuerung der bei der Inbetriebnahme der kerntechnischen Anlage durchgeführten Versuche sowie gleichzeitig durchgeführter Arbeiten (Bau der untertägigen Anlagen und Abraumanagement) erläutert. Außerdem werden die wichtigsten Bestimmungen zur Archivierung von Dokumenten und zur Erhaltung des nuklearen Gedächtnisses erläutert ([31], Kap. 3).

Es werden die wichtigsten Elemente der Organisation von Überwachungstätigkeiten der Anlage und der Umwelt entwickelt. Unter frühestmöglicher Einbeziehung der Überwachungsgrundsätze

hinsichtlich der Reversibilität sowie den Sicherheitsbedingungen nach der Stilllegung zielt diese Organisation auf eine kontinuierliche Kontrolle des Zustands der ASK, ihrer Betriebs- und Sicherheitsbedingungen sowie auf die Kontrolle der potenziellen Auswirkungen auf die Umwelt während der verschiedenen Phasen der Anlage ab ([31], Kap. 4).

Anhang 7g – Pièce 7 Partie II Volume 7

Version préliminaire du rapport de sûreté

Description de l'INB, de son environnement et de son fonctionnement et évolution du système de stockage après fermeture

L'évolution phénoménologique du système de stockage après sa fermeture

Vorläufiger Sicherheitsbericht

Beschreibung der kerntechnischen Anlage, ihrer Umgebung und ihrer Funktionsweise sowie Entwicklung des Endlagersystems nach der Stilllegung

Die phänomenologische Entwicklung des Endlagersystems nach seiner Stilllegung

Kurzzusammenfassung:

In dieser Unterlage werden die Langzeitentwicklung der natürlichen und technischen Komponenten, die das Endlagersystem bilden, sowie ihre möglichen Wechselwirkungen untereinander dargestellt.

Er nennt die wichtigsten Determinanten und Tendenzen der phänomenologischen Prozesse und beschreibt die phänomenologische Entwicklung des Endlagersystems nach seiner Stilllegung unter Berücksichtigung des Standes von Wissenschaft und Technik.

Zusammenfassung:

Die phänomenologischen Prozesse, die sich auf das Endlagersystem (geologisches Milieu, Grubengebäude und Endlagergebäude) auswirken, entwickeln sich über verschiedene Zeiträume und Raumskalen, bevor die meisten von ihnen einen Gleichgewichtszustand oder eine sehr langsame Weiterentwicklung erreichen (siehe Tabelle A7g - 1).

Tabelle A7g - 1: Beispiele für verschiedene Zeiträume und Raumskalen der phänomenologischen Prozesse ([32], Kap. 1.5)

Prozesse	Zeitraum	Raumskala
Geodynamische Prozesse	≥ 1 Million Jahre	Kontinentalplatten, Erde
Prozesse innerhalb des Endlagers		
Wärmebelastung	mehrere tausend Jahre (Höhepunkte nach wenigen Jahrzehnten)	hunderte Meter
hydraulische Prozesse (gekoppelt mit Gasproduktion)	einige hunderttausend Jahre	
geomechanische Prozesse (große Betonbauwerke)	einige tausend Jahre	
mechanische Schädigung (Wirtsgesteins)	Auswirkung auf die Durchlässigkeit des Wirtsgesteins lässt aufgrund der Selbstheilung schnell nach	mehrere Meter
Chemische Prozesse (Ausnahme Rückhaltung)	zehntausende bis eine Million Jahre	wenige Meter

Geologische Entwicklung am Standort der untertägigen Anlage während der nächsten eine Million Jahre

Die geologische Entwicklung des Wirtsgesteins wird langfristig hauptsächlich durch interne (Hebungen oder Senkungen) und externe (klimatische Entwicklung) geodynamische Phänomene gesteuert, die die Oberflächengeomorphologie und damit das (vertikale) Spannungsfeld und die hydrogeologischen Fließwege beeinflussen ([32], Kap. 2.1.1).

Aufgrund der Pufferwirkung des Wirtsgesteins (geringe Permeabilität, geringer Diffusionskoeffizient, große Mächtigkeit etc.), der Auslegungsbestimmungen (insbesondere Abdichtung bei der Durchörterung von Oberflächengrundwasserleitern und Maximaltemperatur der HA-Endlagergebinde von 90 °C) sowie der Art der Beeinträchtigung wird die geologische Entwicklung von Deck- und Nebengebirge durch das Endlager nicht oder nur geringfügig beeinflusst ([32], Kap. 2.1.2).

Zusammenfassend lässt sich also feststellen, dass die geologische Entwicklung am Standort der untertägigen Anlage als unabhängig von der untertägigen Anlage betrachtet werden kann ([32], Kap. 2.1). Stattdessen wird sie durch natürliche Phänomene gesteuert, die mit der inneren und äußeren Geodynamik zusammenhängen ([32], Kap. 2.1.2):

Innere geodynamische Phänomene

In Hinblick auf die inneren geodynamischen Phänomene befindet sich der Standort im östlichen Teil des Pariser Beckens in der Region Großostfrankreich, die in den letzten 25 Millionen Jahren kaum von tektonischen Bewegungen betroffen war und in der es keine Hinweise auf neuere tektonische Aktivitäten gibt. Die tektonische Hebung am Standort beträgt etwa 25 m pro 1 Million Jahre und kann selbst unter den konservativsten Annahmen 65 m pro Million Jahre nicht überschreiten. Des Weiteren

zeichnet sich der Standort durch einen praktisch aseismischen Charakter aus, dessen Deformationsrate vernachlässigbar gering ist. ([32], Kap. 2.2.1) Für den Standort ist somit lediglich die relative Aufwärtsbewegung in nordwestliche Richtung (in einer Größenordnung von 100 m pro Million Jahre und eine Entfernung von 90 km) von Bedeutung, die das Abtauchen der Schichten in nordwestliche Richtung kontinuierlich reduziert.

Äußere geodynamische Phänomene

Die klimatische Entwicklung, als wesentliches äußeres geodynamisches Phänomen, beeinflusst, zusammen mit der Tektonik, im Wesentlichen

- Erosions- und Ablagerungsprozesse,
- Verwitterungsprozesse,
- Thermische und hydrogeologische Bedingungen sowie unterirdische Strömungen und
- die Entwicklung natürlicher und anthropogener Ökosysteme.

In den letzten eine Million Jahren war das Klima am Standort Schwankungen unterworfen, die sich durch den Wechsel zwischen Eis- und Warmzeiten sowie Variabilität auf allen Zeitskalen (von säkularen Schwankungen bis hin zu verschachtelten Zyklen von 20 000 Jahren bis 400 000 Jahren) auszeichnen. In der Zukunft kommen zu den natürlichen Ursachen, die die klimatische Entwicklung in der Vergangenheit bestimmt haben, die möglichen Folgen anthropogener Aktivitäten (insbesondere durch die Freisetzung von Treibhausgasen) hinzu. Dabei können die prognostizierten Entwicklungen sehr unterschiedlich ausfallen. Sie variieren zwischen

- i. einer Fortsetzung der 100 000 Jahre andauernden Eiszeit-Zwischeneiszeit-Zyklen, wie sie vor etwa 850 000 Jahren einsetzten (natürliche klimatische Entwicklung) und
- ii. einer globalen Erwärmung des Klimas, wobei die Rückkehr zu den natürlichen Bedingungen je nach zugrunde gelegten Annahmen mehr oder weniger weit in die Zukunft verschoben wird (durch anthropogene Entwicklung gestörte klimatische Entwicklung).

Dieser Ungewissheit wird durch die Berücksichtigung von zwei Klimaszenarien Rechnung getragen. ([32], Kap. 2.2.2)

Unabhängig vom betrachteten Klimaszenario werden Erosions-, Sedimentations- und Verwitterungsprozesse in den nächsten eine Million Jahren zu geomorphologischen Veränderungen am Standort führen ([32], Kap. 2.2.2):

Im Szenario der natürlichen klimatischen Entwicklung werden die derzeitigen Bedingungen (unveränderte Landschaft, gemäßigtes Klima mit ozeanischer Tendenz) noch etwa 50 000 Jahre andauern. Danach wird die geomorphologische Entwicklung für die unterschiedlichen Landschaftsformen unterschiedlich ausgeprägt sein (Abtrag der Hochebenen, Einschneiden der Täler, Erosion der Hänge). ([32], Kap. 2.2.2.1)

Das Szenario der durch anthropogene Entwicklung gestörten klimatischen Entwicklung führt zu einem viel wärmeren und feuchteren Klima, das sich in den nächsten 600 000 bis 800 000 Jahren nur sehr langsam mit der allmählichen Rückkehr zum heutigen natürlichen Klima abschwächt. Dieses Szenario zeichnet sich im Wesentlichen durch einen verstärkten Abtrag der Hochebenen, eine Anhebung der Talsohlen und ein geringeres Einschneiden der Täler aus, in dessen Folge das Oxfordium viel später freigelegt werden würde, als im Szenario der natürlichen klimatischen Entwicklung ([32], Kap. 2.2.2.2).

Entwicklung des hydraulischen Systems infolge der geodynamischen Phänomene

Das heutige hydraulische System besteht aus Schichten mit geringer Durchlässigkeit (Wirtsgestein sowie Mergel des Kimmeridgium) und den wasserführenden Schichten (Dogger und Oxfordium), die das Wirtsgestein und den oberflächennahen Karstgrundwasserleiter *Calcaires du Barrois*, der auf den Mergeln des Kimmeridgiums ruht, einrahmen. Dieses System wird durch verschiedene entwässernde Störungen (z. B. *Marne*-Störung) beeinflusst. Außerdem befindet sich südlich des Standorts und des *Saulx*-Tals die sogenannte DFZ, die sich durch geringfügige Rissbildung (*fracturation*) auszeichnet. ([32], Kap. 2.3.1)

Durch die Folgen der inneren und äußeren geodynamischen Phänomene (Veränderung des Schichtgefälles, Reduzierung der Mächtigkeit, Veränderung der topografischen Oberfläche bis zum etwaigen Verschwinden von Oberflächenschichten) wird die Funktionsweise des heutigen hydraulischen Systems beeinflusst. Um den möglichen Bereich (Richtung, Zeit) der Fließwege im Oxfordium und Dogger und der damit verbundenen natürlichen Entnahmestellen abzudecken, werden zwei geodynamische Entwicklungsmodelle betrachtet, i.e.

- ein realistisches geodynamisches Modell („phänomenologisches“ Modell) und
- ein konservatives geodynamisches Modell („maximalistisches“ Modell).

Die ermittelten Fließwege im Oxfordium sind für beide geodynamischen Modelle nach Nordwesten gerichtet und weisen mittlere Geschwindigkeiten in der Größenordnung von 0,01 m/a bis 0,04 m/a (in Abhängigkeit von der kinematischen Porosität) auf. Die mittleren Transportgeschwindigkeiten werden von der inneren und äußeren geodynamischen Entwicklung relativ wenig beeinflusst und nehmen mit der Zeit der Freisetzung ab. Im Fall des phänomenologischen Modells erreichen die freigesetzten Partikel die *Marne*-Störung nicht und die Fließwege bleiben regional. Im Fall des maximalistischen Modells sind die Merkmale der regionalen Fließwege im Großen und Ganzen identisch. Allerdings führt die Freilegung des *Oxfordien carbonaté* im *Ornain*-Tal dazu, dass ein Teil der Partikel aus dem Oxfordium (in den Fluss *Ornain*) abfließt und die Porengeschwindigkeiten in der Nähe der *Ornain*-Austrittsstelle ansteigen. ([32], Kap. 2.3.2.1.1)

Die ermittelten Fließwege im Dogger sind für beide geodynamischen Modelle zunächst nach Nordwesten gerichtet, bevor sie nach Süden abgelenkt werden, wenn sie die *Marne*-Störung erreichen. Die ermittelten Fließwege weisen auf zwei Austrittsstellen südlich der ZIRA hin: das *Marne*-Tal und das *Rognon*-Tal. Die mittleren Geschwindigkeiten variieren bei niedriger kinematischer Porosität je nach Zeitpunkt der Freisetzung zwischen 0,09 m/a und 0,16 m/a. ([32], Kap. 2.3.2.1.1)

Die hydraulische Entwicklung in Oxfordium und Dogger führt dazu, dass sich der vertikal aufsteigende hydraulische Gradient im Wirtsgestein, der Motor des konvektiven Stofftransports innerhalb der Komponenten des Grubengebäudes, verändert. Die Umkehrlinie des vertikalen hydraulischen Gradienten, die sich zum jetzigen Zeitpunkt im südöstlichen Drittel der ZIRA befindet, verschiebt sich im Fall des phänomenologischen Modells zunächst um einige hundert Meter nach Nordwesten, bis sie sich nach etwa 400 000 Jahre wieder in Richtung des aktuellen Standorts bewegt und diesen nach einer Million Jahre wieder erreicht. Im Fall des maximalistischen Modells ist die Umkehrlinie des vertikalen hydraulischen Gradienten zunächst stabil und nach Südwesten verschoben. Nach etwa 600 000 Jahren verschiebt sie sich dann immer weiter nach Süden, sodass nach 800 000 Jahren die gesamte ZIRA einen aufsteigenden vertikalen hydraulischen Gradienten aufweist. ([32], Kap. 2.3.2.1.2)

Entwicklung des Endlagersystems

Im Folgenden werden die thermische, hydraulische, chemische sowie mechanische Entwicklung im Grubengebäude und dem Wirtsgestein bzw. der geologischen Umwelt zusammenfassend dargestellt.

Thermische Entwicklung

Die thermische Entwicklung der HA-Endlagerbinde (und in geringerem Maße auch einiger LL-IL-Endlagergebände) führt zu einem allmählichen, temporären Temperaturanstieg im Grubengebäude und dem Wirtsgestein. Nach Erreichen des thermischen Maximums, das durch die Auslegungsbestimmungen auf 100 °C begrenzt ist, nimmt die Temperatur dann bis zum Erreichen der natürlichen geothermischen Temperatur ab. Die Dauer der Rückkehr zur Ausgangstemperatur (mit einer Genauigkeit von 5 °C) liegt in der Größenordnung von einigen tausend (HA-Einlagerungsbereich), etwa 500 (HA-Pilotlager) bzw. einigen hundert (LL-IL-Einlagerungsbereich) Jahren. Die Intensität des thermischen Maximums ist umso geringer und wird umso später erreicht, je weiter man sich von der Wärmequelle (d. h. den wärmeentwickelnden Abfällen) entfernt. Dies bedeutet, dass die thermische Entwicklung des Endlagers auf zwei verschiedenen Raumskalen betrachtet werden muss, nämlich

- in den Einlagerungsstrecken und auf den ersten Metern des Wirtsgesteins (Nahfeld), wo die thermische Beeinträchtigung am stärksten ist und
- global auf der Ebene der geologischen Formationen (Fernfeld)

([32], Kap. 3.1.2 & 3.1.3)

Die thermische Belastung (*charge thermique*) breitet sich durch Wärmeleitung im Wirtsgestein und dem Deck- und Nebengebirge aus. Dabei findet fast die gesamte Wärmeübertragung vertikal statt und der größte Teil der Wärme wird in Richtung der Oberfläche abgeführt. Im Bereich des HA-Einlagerungsbereichs liegt der maximale Temperaturanstieg an der Ober- und Unterkante des Wirtsgesteins in der Größenordnung von 15 °C (nach 1 000 Jahren) und an der Grenze zwischen Oxfordium und Kimmeridgium (Deckgebirge) bei etwa 7 °C (nach etwa 2 000 Jahren). Im Bereich des LL-IL-Einlagerungsbereichs (CSD-C-Abfälle) erreicht die Temperatur an der Ober- und Unterkante des Wirtsgesteins 30 °C bis 35 °C (nach 1 000 Jahren). ([32], Kap. 3.1.3 & 3.1.5.1)

Die Wärmeausbreitung aus den HA-Endlagergebänden in das Wirtsgestein erfolgt angesichts des hohen Verhältnisses zwischen Länge und Durchmesser der Einlagerungsstrecken im Wesentlichen in radialer Richtung. Aufgrund der relativ homogenen Energieverteilung in den HA-Einlagerungsbereichen sind die Temperaturentwicklungen innerhalb der verschiedenen Bereiche (mit Ausnahme des HA-Pilotlagers) miteinander vergleichbar. ([32], Kap. 3.1.4)

Aufgrund der Heterogenität der LL-IL-Endlagergebände ist die Verteilung der Wärmeleistung im LL-IL-Einlagerungsbereich ungleichmäßig: Die Einlagerungsstrecken mit nicht wärmeentwickelnden Abfällen entwickeln sich unter isothermen Bedingungen, während die schwach wärmeentwickelnden Abfälle eine thermische Phase durchlaufen. Dabei erfolgt die Wärmeausbreitung aus den schwach wärmeentwickelnden LL-IL-Endlagergebänden in das Wirtsgestein angesichts des hohen Verhältnisses zwischen Länge und Durchmesser der Einlagerungsstrecken im Wesentlichen in radialer Richtung. ([32], Kap. 3.1.5)

In einer Entfernung von einigen hundert Metern von den Einlagerungsstrecken mit wärmeentwickelnden Abfällen liegen die maximalen Temperaturanstiege im Bereich von einigen Grad Celsius. In einer Entfernung von mehr als 500 m betragen sie nicht mehr als 1 °C ([32], Kap. 3.1.6).

Hydraulische Entwicklung

Durch das Auffahren des Grubengebäudes in der Bauphase stellt sich eine radial konvergierende Strömung aus dem Gebirge in das Grubengebäude ein. Im Gebirge führt dieser Wasserverlust zu einem Druckabfall, der sich vom Rand des Grubengebäudes in das Gebirge ausbreitet. ([32], Kap. 3.2.1.1)

In der Betriebsphase kann ein Anstieg der Luftfeuchtigkeit im Grubengebäude (mit Ausnahme der HA-Einlagerungsstecken) durch die Bewetterung des Grubengebäudes verhindert werden, sodass die untertägigen Bauwerke des Endlagers insgesamt trockenen Umgebungsbedingungen ausgesetzt sind. Dies führt dazu, dass sich die Bauwerke (sowie das Wirtsgestein im Nahfeld) in dieser Phase in einem ungesättigten Zustand befinden. ([32], Kap. 3.2.1.2)

Nach der Stilllegung des Endlagers ist die phänomenologische Entwicklung durch einen Phasenübergang (Wasser – Gas) geprägt, bevor das Endlager vollständig mit Wasser aus dem Wirtsgestein gesättigt ist. Dieser Phasenübergang ist mit der Wasserstoffproduktion (durch Metallkorrosion und untergeordnet Radiolyse) verbunden und erfolgt langsam. In den ersten hundert Jahren nach der Stilllegung wird die Sättigung der untertägigen Anlage durch die sehr geringe Wasserzufuhr aus dem Wirtsgestein gesteuert und es bildet sich eine Wasserstoffgasphase aus. Bis hunderttausend Jahre nach der Stilllegung verbleibt der gasförmige Wasserstoff im Endlager und wandert durch die verfüllten Strecken und die Verschlussbauwerke zu den LSF. Dabei variiert die Wassersättigung der verschiedenen Materialien/Komponenten entsprechend ihrer zweiphasigen Eigenschaften und der Wasserstoffgasdruck erreicht (nach einigen zehntausend Jahren) einen Höchstwert in der Größenordnung von 7 MPa bis 7,5 MPa. Hunderttausend Jahre nach der Stilllegung nimmt die Wasserstoffproduktion stark ab und die vollständige Sättigung des Endlagers beginnt und wird einige hunderttausend Jahre nach der Stilllegung erreicht. Nach einer Million Jahre sind etwa 30 % des produzierten Wasserstoffs gasförmig durch das Grubengebäude in das *Oxfordien carbonaté* migriert, während ein Großteil der restlichen 70 % des produzierten Wasserstoffs in gelöster Form durch das Wirtsgestein bis in den Dogger und das *Oxfordien carbonaté* diffundiert ist. Der Wasserstoff, der das *Oxfordien carbonaté* und den Dogger erreicht hat, wanderte durch Diffusion und Konvektion in deren wasserführenden Schichten und verdünnt sich im Laufe der Zeit. ([32], Kap. 3.2.2)

Nach der vollständigen Sättigung des Endlagers stellt sich (nach weiteren zehntausend Jahren) ein hydraulisches Gleichgewicht ein. Da die untertägigen Bauwerke eine höhere Durchlässigkeit als das Wirtsgestein aufweisen, kommt es zu einer Drainage des Wassers des Wirtsgesteins, welches dann durch die untertägigen Bauwerke fließt. Dieser Prozess wird jedoch durch den Sackgassencharakter des Grubengebäudes und die Verschlussbauwerke stark eingeschränkt:

- Es treten nur einige dutzend Liter pro Jahr aus den LSF-Verschlussbauwerken aus (wobei der wichtigste hydraulische Beitrag aus dem LL-IL-Einlagerungsbereich stammt).
- Die Fließgeschwindigkeiten in den verfüllten Strecken sind auf höchstens einige 0,1 mm/a begrenzt (dadurch ist der konvektive Stofftransport gegenüber dem diffusiven Stofftransport vernachlässigbar).
- Beim Durchströmen der Verschlussbauwerke werden Druckverluste in der Größenordnung von einigen Zentimetern pro Meter erreicht.

([32], Kap. 3.2.3)

Chemische Entwicklung

Vor dem Bau des Endlagers befindet sich das geologische Milieu (und insbesondere das Wirtsgestein) im chemischen Gleichgewicht. In Folge der Errichtung des Endlagers ist die chemische Entwicklung im Wesentlichen das Ergebnis der Grenzflächenbildung zwischen den verschiedenen eingesetzten Materialien (d. h. zementhaltige Materialien, Metalle, tonhaltige Materialien und Abfälle) und ihren Bestandteilen (Flüssigkeiten und Feststoffe) und hängt von den Umweltbedingungen, insbesondere der Verfügbarkeit von Wasser sowie Luft und der Temperatur, ab. Während in der Betriebsphase also die Bewetterung (Zufuhr von Sauerstoff) die Hauptantriebskraft der chemischen Prozesse ist, sind in der Nachbetriebsphase (in Abwesenheit von Sauerstoff) die Art der eingebrachten Materialien sowie die zuvor beschriebenen thermischen und hydraulischen Entwicklungen maßgeblich. ([32], Kap. 3.3)

Die hydraulischen und chemischen Eigenschaften des Wirtsgesteins begrenzen die Beeinträchtigungen, die durch die Endlagerung verursacht werden, sodass sich die relevanten chemischen Beeinträchtigungen⁵⁸ auf die Grenzflächen zwischen den (geo-)technischen Bauwerken und dem Wirtsgestein beschränken. Hierbei handelt es sich um

- alkalische Beeinträchtigungen (durch den Abbau von zementhaltigen Materialien) von Tongestein im Kontakt mit Betonbauwerken, wobei zwischen
 - der (durch Zementwasser) remineralisierten Zone und
 - der schwach beeinträchtigte Zoneunterschieden wird,
- Eisen-Ton-Beeinträchtigungen (durch die Korrosion von Metallkomponenten) an der Grenzfläche zwischen metallischen Komponenten und dem Wirtsgestein,
- oxidative Beeinträchtigungen (hauptsächlich durch die Oxidation von Pyrit und organischem Material in der Bauphase), die zu mineralogischen Umwandlungen führt,
- organische Beeinträchtigungen (durch den Abbau organischer Materialien durch Hydrolyse und/oder Radiolyse), die zur Freisetzung von Komplexbildnern führt, und
- thermische Beeinträchtigungen, die zu mineralogischen Umwandlungen führen können.

Insgesamt beschränken sich die durch die Endlagerung verursachten chemischen Beeinträchtigungen des Wirtsgesteins auf eine Dicke von weniger als einem Meter oder einigen Metern. Dies ist im Vergleich zur Mindestmächtigkeit des intakten Wirtsgesteins von 50 m von geringer Bedeutung. ([32], Kap. 3.3.1)

Der Ausbau der (LL-IL-Einlagerungs-)Strecken besteht im Wesentlichen aus zementhaltigen Materialien mit metallischen Komponenten (z. B. Bewehrung), die atmosphärischer Karbonatisierung in Kombination mit Stahlkorrosion sowie Beeinträchtigungen durch Abbauprodukte der potenziell aggressiven LL-IL-Abfälle (insbesondere Salze und organische Abfälle) ausgesetzt sind. Insgesamt beschränken sich diese chemischen Beeinträchtigungen aber auf das Nahfeld der Strecken. ([32], Kap. 3.3.2)

Die Korrosion des unlegierten Stahls des Streckenausbaus der HA-Einlagerungsstrecken sowie der HA-Endlagerbehälter (ebenfalls aus unlegiertem Stahl) führt zu einem relativ homogenen Material-

⁵⁸ Die Begriffe, die im Zusammenhang mit den Beeinträchtigungen (*perturbation*) des Wirtsgesteins gewählt wurden, orientieren sich am französischen Original. So wird beispielsweise „*perturbation alcaline*“ mit „alkalische Beeinträchtigung“ übersetzt. Gemeint ist damit eine Beeinträchtigung des Wirtsgesteins durch chemische Reaktionen, die durch das alkalische Milieu hervorgerufen werden.

verlust an der Metalloberfläche mit Bildung von Korrosionsprodukten, die eine Schutzwirkung erlangen können, die zu sehr niedrigen und abnehmenden Korrosionsgeschwindigkeiten führt. Folglich versagt der Endlagerbehälter frühestens nach einigen tausend Jahren. Aufgrund seiner geringen Dicke ist ein mechanisches Versagen des Primärbehälters kurz nach Versagen des Endlagerbehälters nicht auszuschließen. ([32], Kap. 3.3.3)

Mechanische Entwicklung

Vor dem Bau des Endlagers befindet sich das Wirtsgestein und die gesamte geologische Umgebung im mechanischen Gleichgewicht. Die mechanische Entwicklung setzt infolge der Auffahrung des Grubengebäudes (Entstehung einer EDZ) und der im Endlager und geologischen Umgebung ablaufenden thermischen, hydraulischen und chemischen Prozesse ein. ([32], Kap. 3.4)

Die thermische Belastung des Endlagers (i. W. im Bereich der HA-Einlagerungsstrecken) führt zu einer vorübergehenden thermo-hydromechanischen Reaktion der geologischen Umgebung (insbesondere des Wirtsgesteins und des Deck- und Nebengebirges). Während Wirtsgestein sowie Deck- und Nebengebirge im Fernfeld der Einlagerungsstrecken im elastischen Bereich bleiben (und somit keine Schädigungen (*endommagement*) auftreten), kann sich die auffahrungsbedingte EDZ im Nahfeld der Einlagerungsstrecken durch die thermo-hydromechanische Beanspruchung weiter ausdehnen. ([32], Kap. 3.4.1)

Die Wärmeausdehnung des Wirtsgesteins im HA-Einlagerungsbereich infolge der thermischen Belastung führt zu einer überwiegend vertikalen Deformation (höchstens 0,1 % bis 0,2 % des Wirtsgesteins) und damit zu einer Hebung des Deckgebirges. Die Hebung der Oberfläche erfolgt schnell (in der Größenordnung von mm/a) und erreicht ihr Maximum (von etwa 20 cm) mehrere Jahrhunderte nach der Einlagerung. Die Senkung erfolgt langsamer (in der Größenordnung von einigen Dutzend $\mu\text{m/a}$), sodass es mehrere zehntausend Jahre dauert, bis die Oberfläche ihre ursprüngliche Position angenommen hat. Da diese Hebung der Oberfläche relativ homogen verläuft, betragen die maximalen Schiefstellung der Oberfläche an den Enden der HA-Einlagerungsbereiche nur wenige Hundertstelprozent. ([32], Kap. 3.4.1)

Hinsichtlich der mechanischen Entwicklung wird zwischen drei Bauwerkstypen unterschieden:

- **LL-IL-Einlagerungsstrecken, Strecken und LSF** (Komponenten aus Beton, Verfüll- und Verschlussmaterial, keine bzw. geringe thermische Belastung, Bewitterung in der Betriebsphase, ungesättigter Zustand über mehrere hunderttausend Jahre)
- **HA-Einlagerungsstrecken** (metallische Komponenten, hohe thermische Belastung, keine Bewitterung, ungesättigter Zustand über mehrere hunderttausend Jahre)
- **Verfüllung und Verschlussbauwerke** (Komponenten aus (quellfähigem) Ton, Tongestein und Beton, keine bzw. geringe thermische Belastung)

Das Auffahren von **LL-IL-Einlagerungsstrecken, Strecken und LSF** führt zu einer Umverteilung von Spannungen, die zur Ausbildung einer EDZ in der unmittelbaren Umgebung dieser Bauwerke führt. In der tonhaltigen Einheit (*unité argileuse*, UA) des Wirtsgesteins zeichnet sich diese EDZ durch das Auftreten von Rissen, die mehr oder weniger miteinander verbunden sind und deren Häufigkeit mit zunehmender Entfernung zum Bauwerk abnimmt, aus. In der Kalkstein-Schluffstein-Einheit (*unité Silto-Carbonatée*, USC) des Wirtsgesteins zeichnet sich die EDZ durch eine heterogene Struktur aus. Das bedeutet das die auftretenden Risse teils miteinander verbunden und teils nicht miteinander verbunden sind. ([32], Kap. 3.4.2.1.1)

In der Betriebsphase wird die mechanische Entwicklung der LL-IL-Einlagerungsstrecken, Strecken und LSF hauptsächlich durch die Wechselwirkungen zwischen Gebirge und Bauwerk gesteuert, die

sich aus der mechanischen Entlastung und der Konvergenz der Tongesteine infolge der Änderung des Spannungszustandes ergeben. Da die Kriechgeschwindigkeit der Tongesteine jedoch mit der Zeit abnimmt, ist die Belastung des Ausbaus durch die Konvergenz der Tongesteine über mehrere Jahrhunderte von geringem Ausmaß. Da der Ausbau mechanisch so konzipiert und dimensioniert ist, dass er Verformungen aufnehmen und der auf ihn einwirkenden mechanischen Belastung standhalten kann, ist die Verformung des Ausbaus *de facto* gering. ([32], Kap. 3.4.2.1.2)

In der Nachbetriebsphase wird die mechanische Entwicklung der LL-IL-Einlagerungsstrecken durch das langfristige Verhalten des Wirtsgesteins (insbesondere der EDZ) und den mechanischen Abbau des Betons in Verbindung mit der Korrosion der Bewehrung sowie dem chemischen Abbau im Kontext des Phasenübergangs (Wasser – Gas) gesteuert. Die langsame Zunahme der mechanischen Belastung (*chargement mécanique*) des Ausbaus führt zu einer Verschlechterung ihrer mechanischen Eigenschaften und schließlich zu ihrem, zunächst lokalen, dann allgemeinen, Versagen. Das Versagen des Ausbaus führt dann zur mechanischen Belastung der LL-IL-Endlagergebände, das in Verbindung mit der mechanischen Beschädigung (*dégradation mécanique*) der Endlagerbehälter durch Korrosion zu einer allmählichen vollständigen Belastung der Einlagerungsstrecke führt. ([32], Kap. 3.4.2.1.2)

Durch das Versagen des Ausbaus kommt es im Nahfeld der Einlagerungsstrecken außerdem zu erneuten Entlastungen des Gesteins, die aber von geringerem Ausmaß sind, als die auffahrungsbedingten Entlastungen und nicht zu einer signifikanten Ausdehnung der EDZ führen. Des Weiteren führt die fortschreitende Konvergenz des Tongesteins zu einer Verformung der geologischen Umgebung, die zur „Selbstabdichtung“ der verbundenen EDZ beiträgt. ([32], Kap. 3.4.2.1.2)

Schlussendlich kommt es langfristig nicht zu einem Versagen der Einlagerungsstrecken, sondern zu einem Zustand, in dem ein mechanisches Gleichgewicht erreicht wird, das dem natürlichen mechanischen Zustand ähnelt ([32], Kap. 3.4.2.1.2).

Die mechanische Entwicklung der **HA-Einlagerungsstrecken** wird durch die mechanische Belastung des Wirtsgesteins und die Festigkeit der Metallkomponenten, die im Laufe der Zeit infolge der Stahlkorrosion abnimmt, gesteuert. Insgesamt ist das mechanische Verhalten der HA-Einlagerungsstrecken mit dem der Strecken vergleichbar. Folglich wird das mechanische Verhalten des Ausbaus (insbesondere hinsichtlich der Anisotropie) durch die EDZ gesteuert. ([32], Kap. 3.4.2.2)

Die radiale Biegebeanspruchung, die sich aus der anisotropen Belastung ergibt, erzeugt eine Ovalisierung des Streckenausbaus. Dabei wird erwartet, dass die über 100 Jahre erwartete maximale Ovalisierung weniger als 10 mm im Durchmesser beträgt, sodass der Handhabungsraum, um die Endlagergebände herum, erhalten bleibt. Die zunehmende Stahlkorrosion des Ausbaus senkt den kritischen Knickdruck, während die Belastung durch das Wirtsgestein zunimmt. Wenn die Belastung schließlich über den kritischen Knickdruck steigt, knickt der Streckenausbau radial ab, was zu dessen plötzlichen und lokalen Verformung führt. Auf Basis eines Berechnungsmodells und unter Annahme einer durchschnittlichen Korrosionsgeschwindigkeit von 10 µm/a wird das Abknicken nach mehreren hundert Jahren auftreten. Unter Berücksichtigung einer geschätzten Absenkung von 35 % an den Verbindungsstellen (Schwachpunkte) wird der Zeitpunkt des Abknickens auf mehr als 300 Jahre nach dem Einbau des Streckenausbaus geschätzt. ([32], Kap. 3.4.2.2)

Das Abknicken des Streckenausbaus kann dazu führen, dass dieser mit dem Endlagerbehälter in Kontakt kommt. Folglich wird die mechanische Belastung zunächst über die Kontaktfläche mit dem Ausbau und, nach dessen vollständigen Korrosion, direkt über das Gestein und Füllmaterial auf den Endlagerbehälter übertragen. Diese lokale Belastung führt dazu, dass der Endlagerbehälter in den

plastischen Zustand übergeht. Da der Stahl (P285NH) des Endlagerbehälters großen plastischen Verformungen ohne Rissbildung standhalten kann, behält dieser seine Dichtheit, bis fast die gesamte Dicke des Endlagerbehälters durch Korrosion verbraucht wurde. Es wird erwartet, dass die duktile Rissbildung im Endlagerbehälter frühestens nach 3 800 Jahren (bzw. 500 Jahren für den dünneren AVM-Endlagerbehälter) einsetzt. ([32], Kap. 3.4.2.2)

Langfristig korrodieren alle Metallkomponenten der HA-Einlagerungsstrecken vollständig, sodass die verglasten Abfälle über eine Grenzfläche aus Füllmaterial und Korrosionsprodukten vollständig vom Wirtsgestein belastet werden. Die Reaktivierung der Verformung des Wirtsgesteins infolge des Versagens der Einlagerungsstrecke führt zu einer Verfüllung der verbleibenden Hohlräume, einer Verdichtung der Komponenten und einer Schließung der verbleibenden Risse in der EDZ bis wieder ein Zustand des mechanischen Gleichgewichts erreicht wird. ([32], Kap. 3.4.2.2)

In den **verfüllten Strecken** führt die Konvergenz des Tongesteins zu einer Erhöhung der auf den Ausbau ausgeübten Spannungen, was je nach Ausrichtung der Strecke, Zeitpunkt des Einbaus und Material nach einigen hundert bis nach einigen tausend Jahren zu deren Versagen führt. Das Versagen, das hauptsächlich an der Sohle auftritt, führt zu einem lokalen Durchstoß der Verfüllung, die aufgrund ihrer Eigenschaften und Einbaumethoden die Setzungseffekte begrenzt und folglich die Entlastung der geologischen Umgebung verhindert oder zumindest sehr stark begrenzt. Aufgrund dieser langsamen mechanischen Entwicklung wird erwartet, dass es nicht zu einer Ausweitung der ursprünglichen EDZ kommt. ([32], Kap. 3.4.3.1)

Langfristig (einige hunderttausend Jahre) setzt sich die lokale und begrenzte mechanische Entwicklung fort, bis allmählich ein mechanisches Gleichgewicht erreicht und der ursprüngliche Spannungszustand der geologischen Umgebung wiederhergestellt wird ([32], Kap. 3.4.3.1).

Die mechanische Entwicklung der **Verschlussbauwerke** ist Teil einer spezifischen hydraulischen Entwicklung, die qualitativ mit der des restlichen Endlagers übereinstimmt, aber quantitativ – aufgrund der zweiphasigen Eigenschaften des quellenden Tons und der gasdurchlässigen Auslegung des Tonkerns – anderen Zeiten unterliegt. So sättigen sich die quellfähigen Tone viel schneller (in der Größenordnung von tausend Jahren für die Verschlussbauwerke der Strecken und in der Größenordnung von einigen Jahrzehnten für die LSF-Verschlussbauwerke) auf als das restliche Endlager. Des Weiteren handelt es sich bei dem Abbau der Betonkomponenten und der alkalischen Beeinträchtigung von Kern und Wirtsgesteins um sehr langsam ablaufende Prozesse, die die Kernzone nicht wesentlich beeinträchtigen. ([32], Kap. 3.4.3.2)

In diesem Sinne ist für die hydromechanische Entwicklung der Verschlussbauwerke Folgendes zu erwarten:

- Während des Einbaus der Verschlussbauwerke führt die teilweise bzw. vollständige Entfernung des Ausbaus nicht zu einer signifikanten hydromechanischen Entwicklung des Tongesteins.
- In der Sättigungsphase wird die hydromechanische Entwicklung nicht durch die Anwesenheit von Wasserstoff beeinflusst.
- Die hydromechanische Belastung des Bentonitkerns infolge der Sättigung erfolgt radial und zentripetal.
- Im Fall von Rissbildung erfolgt die hydromechanische Belastung des die Risse füllenden Bentonits bevorzugt vom Ende des Risses zum Kern hin. An der Grenzfläche zum Kern werden keine Scherspannungen in das Tongestein eingebracht, sodass es nicht zu einer Überschädigung kommt.

- Nach 100 000 Jahren gleichen sich die Verschlussbauwerke an die Kinetik der langsamen, verzögerten Verformungen des Tongesteins an. Die chemischen Beeinträchtigungen des Ausbaus und die damit verbundene alkalische Beeinträchtigung des Tongesteins führen zu einer Veränderung der Reibung, die durch die Zunahme von radialen Spannungen ausgeglichen wird. Es kann zu begrenzten Längsverschiebungen kommen, ohne dass dies zu einem Versagen der Verschlussbauwerke führt.

([32], Kap. 3.4.3.2)

Freisetzung und Transport von Radionukliden

Freisetzung von Radionukliden aus HA-Gebinden

Die Verwitterung der verglasten R7/T7-Abfälle erfolgt in drei aufeinanderfolgenden Hauptphasen:

- Zeitraum bis zum Versagen von Endlager- und Primärbehälter (Entwicklung der Glasmatrix in Abwesenheit von Wasser)
- Zeitraum, in dem die Hohlräume innerhalb der HA-Einlagerungsstrecken entsättigt sind (Veränderung der Glasmatrix durch Wasserdampf)
- Zeitraum, der durch die Sättigung der Einlagerungsstrecke eingeleitet wird (Verwitterung der Glasmatrix in Anwesenheit von Wasser)

In Abwesenheit von Wasser können nur Kristallisation und Selbstbestrahlung zu Veränderungen in der Glasmatrix führen. Beide Prozesse können jedoch durch ein qualitätsgesicherte Produktionsverfahren bzw. durchgeführte Studien ausgeschlossen werden, sodass sich in dieser Phase keine nennenswerten Veränderungen der Glasmatrix ergeben. ([32], Kap. 4.1.1.1)

Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von mehr als 50 % bildet sich auf der Glasoberfläche ein dünner Wasserfilm, der den Hydratationsprozess einleitet. Dabei verwittern Gläser, die zuvor mit Wasserdampf hydratisiert wurden, in Anwesenheit von Wasser schneller als Gläser, die nicht hydratisiert wurden. ([32], Kap. 4.1.1.2)

Die Verwitterung von Glas in Anwesenheit von Wasser erfolgt in drei Geschwindigkeitsregimen:

- Anfangsgeschwindigkeit (i. W. gesteuert durch die Hydrolyse des silikatischen Glasnetzwerks)
- Übergangsgeschwindigkeit (resultiert aus der Abnahme der Affinität zwischen Glas und Umgebung sowie der Bildung einer reaktiven passiven Interphase, die eine Diffusionsbarriere zwischen Glas und Umgebung darstellt)
- Restgeschwindigkeit (resultiert aus einem Gleichgewicht zwischen der Begrenzung der Reaktionsaffinität und des Siliziumtransports innerhalb des Verwitterungsfilms des Glases und der Ausfällung von mehr oder weniger kristallisierten sekundären Phyllosilikat-Phasen)

([32], Kap. 4.1.1.3.1)

Die Menge an verwittertem Glas hängt nicht nur von der Verwitterungsgeschwindigkeit, sondern auch von der nutzbaren Rissrate des Glases ab, wobei die Rissrate dem Verhältnis zwischen der Gesamtoberfläche des Glases und seiner Außenoberfläche entspricht ([32], Kap. 4.1.1.3.3).

Zur Freisetzung von Radionukliden kommt es erst dann, wenn das Glas mit flüssigem Wasser in Kontakt kommt. Dabei wird die Freisetzung von Radionukliden im Allgemeinen als kongruent mit der Verwitterung des Glases angesehen, auch wenn dies nicht für alle Radionuklide (z. B. Aktinide, Seltene Erden, Cäsium und Nickel) gilt, da einige in den Verwitterungsprodukten oder im Gel sorbiert werden. ([32], Kap. 4.1.1.4).

Freisetzung von Radionukliden aus LL-IL-Gebinden

Die Freisetzung von Radionukliden aus den LL-IL-Gebinden hängt von der Abfallart und der Lokalisierung der Radionuklide ab:

- Radionuklide an der Oberfläche des Abfalls (Kontamination): Schnelle Freisetzung (ggf. begrenzt durch die Löslichkeit)
- Aktivierte Radionuklide in Metallkomponenten: Freisetzung gesteuert durch die Metallkorrosion
- in Salzen unlösliche Radionuklide innerhalb einer Bitumenmatrix: Freisetzung gesteuert durch die Transporteigenschaften des Bitumens und die Löslichkeit der Salze
- in Salzen unlösliche Radionuklide (außer bitumenhaltige Abfälle): Freisetzung gesteuert durch Löslichkeit der Salze
- Radionuklide in einer Zement- oder Zement/Bitumen-Matrix: Freisetzung gesteuert durch Transporteigenschaften innerhalb dieser Matrix (Diffusionskoeffizient, Retention und Löslichkeit)
- Aktivierte Radionuklide in Graphitabfällen: Freisetzung abhängig von der Art des Graphits, der Lokalisierung, den Betriebsbedingungen im Reaktor und den Stilllegungsbedingungen
- Radionuklide in einer Glasmatrix: Freisetzung gesteuert durch Verwitterung der Glasmatrix

Zusätzlich hängt die Freisetzung von Radionukliden auch von den Umgebungsbedingungen ab. ([32], Kap. 4.1.2)

Radionuklidtransport durch das Grubengebäude während der Übergangsphasen

Die thermische und thermo-hydromechanische Entwicklung in den HA-Einlagerungsbereichen beeinflusst die Freisetzung und den Transport von Radionukliden nur in sehr geringem Maße ([32], Kap. 4.2.1.1.1). Des Weiteren ist der maximale Fluss gelöster Radionuklide, die aus den LSF austreten, bei expliziter Betrachtung des Phasenübergangs (Wasser – Gas) sehr gering und um mehrere Größenordnungen geringer als der, der über das Wirtsgestein austritt. Der Vergleich mit hydraulisch gesättigten Bedingungen zum Zeitpunkt der Stilllegung des Endlagers (wie sie üblicherweise in Sicherheitsbetrachtungen zugrunde gelegt werden) zeigt, dass der Fluss gelöster Stoffe, die aus den LSF austreten, unter ungesättigten Bedingungen zwei- bis dreimal geringer (und um 300 000 Jahre versetzt) ist. ([32], Kap. 4.2.1.1.2).

Durch die Wasserstoffproduktion kommt es zur Ausbildung einer Gasphase und einem Druckanstieg im Endlager. So können Radionuklide mit geringer Löslichkeit gasförmig entlang der verschiedenen Bauwerke migrieren. Aufgrund der langen Transportzeiten kann aber nur C-14 (und auch hier nur wenige Prozent der eingelagerten C-14-Menge) bis zu den LSF gelangen, das sich dann beim Kontakt mit dem Oxfordium schnell auflöst. ([32], Kap. 4.2.1.1.3)

Mit Ausnahme von salzhaltigen (verstärkte Diffusion von Anionen) und organischen (Veränderung der Rückhaltung durch Komplexbilder) Beeinträchtigungen haben die meisten chemischen Beeinträchtigungen keinen Einfluss auf die Migration von Radionukliden durch das Wirtsgestein oder die (geo-)technischen Komponenten ([32], Kap. 4.2.1.1.4).

Radionuklidtransport durch das Grubengebäude nach Rückkehr zum hydraulischen Gleichgewicht (Sättigung)

Der Radionuklidtransport durch das Grubengebäude (bzw. die (geo-)technischen Komponenten) erfolgt aufgrund der sehr geringen Strömungen diffusiv. Nur die mobilen Radionuklide migrieren aus

den Einlagerungsbereichen heraus und erreichen die LSF. Die anderen Radionuklide werden in den (geo-)technischen Komponenten und im Wirtsgestein sorbiert. ([32], Kap. 4.2.1.2)

Kritikalitätsrisiko nach der Stilllegung

Das Kritikalitätsrisiko wird durch die Kontrolle der in den PG enthaltenen Menge an Spaltstoffen in Verbindung mit Auslegungsvorschriften für die Anordnung und die Geometrie der Endlagergebäude kontrolliert. Langfristig wird die Akkumulation in Verbindung mit einer fortschreitenden Verschlechterung der (geo-)technischen Komponenten und dem Versagen der Gebäude nicht als plausibel betrachtet. Auch in den Sonderfällen der CSD-C-Abfälle (LL-IL-Einlagerungsstrecken) bzw. den HA-Einlagerungsstrecken ist eine Akkumulation der gesamten Spaltmasse nicht zu erwarten. ([32], Kap. 4.2.1.3)

Radionuklidtransport im Wirtsgestein

Der Radionuklidtransport im Wirtsgestein zeichnet sich durch folgende Merkmale aus:

- Die geringe Permeabilität des Wirtsgesteins und sein geringer vertikaler hydraulischer Gradient führen zu einem diffusiven Radionuklidtransport in die darüber- und darunterliegenden Schichten.
- Fast alle Radionuklide (Ausnahmen: I-129, Cl-36, Se-79, K-40, Ca-41 und Rb-87) und chemo-toxische Stoffe (Ausnahmen: Selen und Zyanid) bleiben über die nächsten eine Million Jahre im Endlager und dem Wirtsgestein eingeschlossen.
- Die Transportzeiten durch Diffusion in den darüber- und darunterliegenden Schichten betragen für langlebige mobile Radionuklide mindestens mehrere hunderttausend Jahre (*best estimate*), sodass sie für die meisten Radionuklide einen signifikanten radioaktiven Zerfall ermöglichen.

([32], Kap. 4.2.2)

Radionuklidtransport im Deck- und Nebengebirge

Die gelösten Stoffe (Radionuklide und chemo-toxische Stoffe), die die Grenzen des Wirtsgesteins erreicht haben, migrieren durch die darüber- und darunterliegenden Schichten bis zu den natürlichen Austrittsstellen ([32], Kap. 4.2.3).

Verbleibende Ungewissheiten

Um die möglichen Variationsspannen der phänomenologischen Entwicklung zu präzisieren, werden bei der Beschreibung der untertägigen Anlage und der geologischen Umgebung die verbleibenden Ungewissheiten und natürlichen Spannbreiten berücksichtigt. Im Folgenden werden einige Standortmerkmale und phänomenologische Entwicklungsprozesse als repräsentative Beispiele für die Analyse der verbleibenden Ungewissheiten zusammenfassend dargestellt. ([32], Kap. 5)

Standortmerkmale

Die verbleibenden Ungewissheiten hinsichtlich

- der Permeabilität des Wirtsgesteins sind gering, wenn man die Transportbedingungen für gelöste Stoffe und insbesondere den dominierenden Charakter der Diffusion betrachtet ([32], Kap. 5.1.1).
- der Rückhalteeigenschaften des Wirtsgesteins betreffen vor allem die Speziation und die damit verbundenen Auswirkungen auf die Mobilität von Selen und Uran ([32], Kap. 5.1.2).

- der Permeabilität und des Porenwasserüberdrucks des Wirtsgesteins haben keine signifikanten Auswirkungen auf die Gesamtheit der physikalisch-chemischen Prozesse der Entwicklung des Endlagers und der geologischen Umgebung ([32], Kap. 5.1.3).
- der geodynamischen Entwicklung betreffen einige Parameter (z. B. Dauer der Erosionsphase zu Beginn der Eiszeit), sind aber nicht so groß, dass sie die wichtigsten Determinanten der geodynamischen Entwicklung und ihre möglichen Auswirkungen auf die Grundwasserströmung in den nächsten eine Million Jahren grundlegend verändern würden ([32], Kap. 5.1.4).

Phänomenologische Entwicklungsprozesse

Die verbleibenden Ungewissheiten hinsichtlich

- der thermischen Entwicklung beziehen sich auf eine genaue Beschreibung der (geo-)technischen Komponenten und insbesondere der Kopplungen innerhalb dieser Komponenten. Letztendlich wird die Beschreibung der thermischen Entwicklung, die auf den Ergebnissen von numerischen Simulationen beruht, aber kaum von den verbleibenden Ungewissheiten beeinflusst. ([32], Kap. 5.2.1)
- des Phasenübergangs (Wasser – Gas) sind begrenzt und betreffen hauptsächlich den Wasserstoffverbrauch und die Migration des ausgepressten Gases an den Grenzflächen zwischen Komponenten/Materialien, insbesondere zwischen dem bentonithaltigen Kern der Verschlussbauwerke und dem Wirtsgestein ([32], Kap. 5.2.2).
- der Korrosionskinetik von Metallkomponenten (insbesondere in den HA-Einlagerungsstrecken) betrifft den Einfluss der Sauerstoffkonzentration und des Sauerstoffflusses von der Strecke (*galerie*) zur Einlagerungsstrecke während der Betriebsphase. Diese Faktoren beeinflussen das Redoxpotential und das freie Korrosionspotential des Stahls und bestimmen damit die Bedingungen für eine stabile Passivität oder das Auftreten lokaler oder herteogener Korrosion. Dieser Prozess ist allerdings nur unterhalb eines pH-Wertes von 11 von Bedeutung. ([32], Kap. 5.2.3.1)
- der oxidativen Beeinträchtigung betreffen deren genaue Quantifizierung für bestimmte Komponenten (z. B. die HA-Einlagerungsstrecken) während der Betriebsphase. Allerdings enthält die Auslegung der untertägigen Anlage bestimmte Vorkehrungen, um den Einfluss dieser Beeinträchtigung bei der Wiederaufsättigung zu begrenzen. ([32], Kap. 5.2.3.2)
- der chemischen Entwicklung von Beton betreffen die detaillierten Definitionen der mineralogischen Zusammenstellungen, die je nach Art der in Betracht gezogenen Bindemittel mehr oder weniger umfangreich sind. Diese Ungewissheiten stellen die wichtigsten Prozesse des chemischen Abbaus von zementhaltigen Materialien mit dem Porenwasser des Wirtsgesteins aber nicht in Frage. ([32], Kap. 5.2.3.3)
- der Auswirkungen chemischer Beeinträchtigungen auf das mechanische Verhalten von Beton betreffen die Fähigkeit zur gekoppelten Modellierung der chemischen und mechanischen Prozesse sowie der Transportprozesse der gelösten Stoffe. Angesichts der vom Wirtsgestein vorgegebenen Randbedingungen sind die Auswirkungen dieser Ungewissheiten sehr begrenzt und stellen das Schema der zeitlichen und räumlichen chemischen Entwicklung der Betonkomponenten nicht in Frage. ([32], Kap. 5.2.3.3)
- des Reaktionsmodells der alkalischen Beeinträchtigung sind begrenzt und haben keine Auswirkung auf die Funktionen der Tonkomponenten der untertägigen Anlage ([32], Kap. 5.2.3.4).

- der mechanischen Schädigung der UA des Wirtsgesteins werden als gering bis nicht vorhanden angesehen, wobei die größte verbleibende Ungewissheit die Auswirkungen der Auffahrgeschwindigkeit auf die EDZ betrifft ([32], Kap. 5.2.4.1.1).
- der mechanischen Schädigung der USC des Wirtsgesteins betrifft die genaue räumliche Darstellung der Beziehung zwischen Schädigung und dem Wechsel von mehr oder weniger karbonatischen Bereichen, stellt jedoch das konzeptionelle Darstellungsschema der EDZ in der USC nicht in Frage ([32], Kap. 5.2.4.2).
- der Selbstabdichtung in der UA des Wirtsgesteins betreffen die Auswirkungen der alkalischen Beeinträchtigung auf das Quellpotential. Aufgrund der geringen Ausdehnung der alkalischen Beeinträchtigung bleiben die Auswirkungen aber lokal begrenzt und beeinträchtigen die Selbstabdichtung im Großen nicht. ([32], Kap. 5.2.4.3.1)
- der Selbstabdichtung in der USC des Wirtsgesteins betrifft ihre räumliche Darstellung in Verbindung mit der räumlichen Darstellung der Variabilität des Karbonatgehalts. Diese verbleibende Ungewissheit stellt aber nicht in Frage, dass es in der USC keine EDZ (insbesondere mit Längskontinuität der Risse) wie in der UA gibt. ([32], Kap. 5.2.4.3.2)
- der langfristigen Entwicklung der EDZ beziehen sich auf eine sehr genaue Beschreibung dieser Entwicklung. Makroskopisch sind die verbleibenden Ungewissheiten aufgrund einer Reihe korrelierter Faktoren begrenzt ([32], Kap. 5.2.4.4).
- der hydrogeologischen Bedingungen sind ausreichend gering, um das hydraulische Verhalten des Endlagers und das diffusive Transportregime der gelösten Stoffe innerhalb des Grubengebäudes und des Wirtsgesteins nicht zu verändern ([32], Kap. 5.2.4.5).
- der verschiedenen physikalisch-chemischen Prozesse ändern nichts an den Hauptkenntnissen und ihr Einfluss bleibt sehr lokal begrenzt ([32], Kap. 5.2.4.5).
- der Diffusions- und Rückhalteeigenschaften sind gering, sodass die Robustheit des Endlagersystems gegenüber der Auslegung, die auch hinsichtlich der Auswirkungen auf den Radionuklidtransport untersucht wurde, nicht in Frage gestellt wird ([32], Kap. 5.2.4.5).

Anhang 7h – Pièce 7 Partie III Volume 8

Version préliminaire du rapport de sûreté

Démonstration de sûreté

La démonstration de sûreté après fermeture

Vorläufiger Sicherheitsbericht

Sicherheitsnachweis

Der Sicherheitsnachweis für die Nachbetriebsphase

Kurzzusammenfassung:

Diese Unterlage enthält die Bewertung der Langzeitsicherheit nach der Stilllegung, die auf einer „illustrativen“ Projektion dessen beruht, wie die untertägige Anlage nach ihrer endgültigen Stilllegung aussehen würde.

Angesichts der sehr langen Betriebsphase und zur Berücksichtigung möglicher Entwicklungen (aufgrund von Fortschritten bei der Auslegung, Rückmeldungen aus der Überwachung, neuen Abfallkonditionierungen) werden hier auch Sensitivitätsstudien vorgestellt.

Zusammenfassung:

Der Sicherheitsnachweis für die Nachbetriebsphase soll sicherstellen, dass das Endlagersystems den Schutz von Mensch und Umwelt langfristig gewährleistet. Zu diesem Zweck werden verschiedene Leistungsindikatoren bewertet und die radiologischen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit in Form einer jährlichen Gesamtdosis, der eine Referenzperson ausgesetzt sein könnte, berechnet. Der Sicherheitsnachweis soll außerdem zeigen, dass die in den Abfällen enthaltenden chemo-toxischen Stoffe keine Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt haben. ([33], S. 13-16)

Sicherheitsansatz zur Bewertung der Sicherheit in der Nachbetriebsphase

Der gewählte Ansatz zur Bewertung der Sicherheit in der Nachbetriebsphase stützt sich auf nationale Vorschriften und internationale Standards, insbesondere auf den Sicherheitsleitfaden der ASN [59]. Er wurde in mehr als 30 Jahren in zahlreichen Iterationen weiterentwickelt, in mehreren Dossiers (z. B. [1, 2]) dokumentiert und von der ASN sowie internationalen *Peer-Reviews* (z. B. [75]) bewertet. ([33], S. 14)

Der Sicherheitsnachweis für die Nachbetriebsphase basiert auf der Kenntnis und der Analyse des Verhaltens der verschiedenen Komponenten des Endlagersystems über die Zeit sowie der Prozesse, Eigenschaften und Phänomene, die in den verschiedenen Phasen des Endlagersystems ablaufen und auf einer Reihe von Entwicklungsszenarien. Diese Entwicklungsszenarien werden auf Basis der gewonnenen wissenschaftlichen und technologischen Erkenntnisse definiert, um die Leistung des Endlagersystems, seine Robustheit gegenüber den verbleibenden Ungewissheiten (siehe [33], Kap. 2 bzw. 3.1) und die Einhaltung der Schutzziele bewerten zu können. ([33], S. 30)

Sicherheitstechnisch relevante Komponenten

Die sicherheitstechnisch relevanten Komponenten (oder wesentlichen Barrieren) werden in Abschnitt 6.1.2 beschrieben.

Betrachtete Entwicklungsszenarien

Bezüglich der betrachteten Entwicklungsszenarien werden grundsätzlich zwei Arten von Entwicklungen unterschieden:

- SEN (siehe [33], Kap. 5), auf deren Grundlage die erwartete Leistung des Endlagersystems in seiner derzeitigen Form und die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit in der Nachbetriebsphase bewertet werden sollen. Das SEN umfasst
 - die Referenzsituation des SEN (siehe [33], Kap. 5.2), die die wahrscheinlichsten Ereignisse umfasst und auf dem besten verfügbaren SWT beruht (aber dennoch einige konservative Annahmen beinhaltet), und
 - die abdeckende Situation des SEN (siehe [33], Kap. 5.3), die auf den geltenden Anforderungen beruht und konservative Parameterwerte und Annahmen beinhaltet.
- SEA, WIS und SIHI, die dazu dienen, die Robustheit des Endlagersystems unter Einbeziehung der verbleibenden Ungewissheiten oder dem postulierten Versagen verschiedener Komponenten des Endlagersystems zu demonstrieren und zu überprüfen, ob die Langzeitsicherheit noch beherrscht wird. Konkret sind dies
 - für die SEA (siehe [33], Kap. 8)
 - drei Szenarien „Versagen der Verschlussbauwerke an der Grenzfläche“ (siehe [33], Kap. 8.1.1):
 - Versagen der Verschlussbauwerke der LSF an der Grenzfläche
 - Versagen der Verschlussbauwerke der Verbindungsstrecken an der Grenzfläche
 - Versagen aller Verschlussbauwerke an der Grenzfläche
 - zwei Szenarien „Versagen der HA-Endlagerbehälter“ (siehe [33], Kap. 8.2.1):
 - Szenario HA0: Versagen aller Endlagerbehälter für HA0-Abfallgebinde im Pilotlager
 - Szenario HA1/HA2: Versagen eines Endlagerbehälters für HA1 oder HA2-Abfallgebinde pro HA-Einlagerungsstrecke im HA-Einlagerungsbereich
 - für die WIS (siehe [33], Kap. 9)
 - drei Szenarien „Versagen der Verschlussbauwerke im Tonkern und an der Grenzfläche“ (siehe [33], Kap. 9.1.1):
 - Versagen der Verschlussbauwerke der LSF im Tonkern und an der Grenzfläche
 - Versagen der Verschlussbauwerke der Verbindungsstrecken im Tonkern und an der Grenzfläche
 - Versagen aller Verschlussbauwerke im Tonkern und an der Grenzfläche
 - ein Szenario „Versagen aller HA-Endlagerbehälter“ (siehe [33], Kap. 9.2.1)
 - zwei Szenarien „Postulierte unentdeckte Störung im Wirtsgestein“ (siehe [33], Kap. 9.3.1):
 - Postulierte unentdeckte Störung im Wirtsgestein, die auf die untere Hälfte des Wirtsgesteins beschränkt ist

- Postulierte unentdeckte Störung im Wirtsgestein, die sich durch die gesamte Schicht des Wirtsgesteins zieht
- folgende vier SIHI (siehe [33], Kap. 10):
 - Bohrung mit Kernentnahme (siehe [33], Kap. 10.1.1)
 - geothermische Explorationsbohrung der Trias, die in der Tiefe des Endlagers aufgegeben wurde (siehe [33], Kap. 10.2.1)
 - Explorationsbohrung im Dogger, die bei ihrer prognostizierten Tiefe aufgegeben wurde (siehe [33], Kap. 10.3.1)
 - Explorationsbohrung, die eine LL-IL-Einlagerungsstrecke während des Phasenübergangs (Wasser – Gas) trifft (siehe [33], Kap. 10.4.1)

Ergebnisse der Bewertung der Sicherheit in der Nachbetriebsphase

Für das SEN werden die Ergebnisse der Bewertung der Sicherheit in der Nachbetriebsphase in den beiden nachfolgenden Tabellen zusammenfassend dargestellt.

Tabelle A7h - 1: Ergebnisse für die Referenzsituation des SEN ([33], Kap. 6.2, 7.1.2 und 12.3.1)

Wichtigste Komponenten	<ul style="list-style-type: none"> • Wirtsgestein • Auslegung des Endlagers
Radiologische Hauptmerkmale	
Radionuklide, die bis zu Ober- und Unterkante des Wirtsgesteins gelangen (nur für Radionuklide mit molarer Fließrate $> 10^{-10}$ mol/a; ggf. Anteil des ursprünglichen Inventars, der innerhalb des Bewertungszeitraums dorthin gelangt)	<ul style="list-style-type: none"> • mobile langlebige Anionen: I-129, Cl-36 und Se-79 • langlebige Kationen: K-40, Rb-87 und Ca-41
Bevorzugte(r) Transportpfad(e) (Transportart)	<ul style="list-style-type: none"> • Wirtsgestein (Diffusion)
Transportzeiten (bis zu Ober- und Unterkante des Wirtsgesteins)	<ul style="list-style-type: none"> • mobile langlebige Anionen: 400 000 a – 800 000 a • langlebige Kationen: um oder über 1 Mio. Jahre
Maximal erreichte Dosis (zum Zeitpunkt)	0,0015 mSv/a (600 000 Jahre) \ll 0,25 mSv/a
Chemische Hauptmerkmale	
Chemo-toxische Stoffe, die bis zu den Entnahmestellen gelangen	<ul style="list-style-type: none"> • mobile chemo-toxische Stoffe (z. B. Selen)
Maximale Konzentration	\ll gesetzliche Umweltqualitätsnormen
Schlussfolgerung	<ul style="list-style-type: none"> • Sicherheit des Endlagersystems • Gesundheitsauswirkungen liegen weit unter den in [59] festgelegten Grenzwerten

Tabelle A7h - 2: Ergebnisse für die abdeckende Situation des SEN ([33], Kap. 6, 7.1.3 und 12.3.2.1)

Wichtigste Komponenten	<ul style="list-style-type: none"> • Wirtsgestein • Auslegung des Endlagers
Radiologische Hauptmerkmale	
Radionuklide, die bis zu Ober- und Unterkante des Wirtsgesteins gelangen (nur für Radionuklide mit molarer Fließrate $> 10^{-10}$ mol/a; ggf. Anteil des ursprünglichen Inventars, der innerhalb des Bewertungszeitraums dorthin gelangt)	<ul style="list-style-type: none"> • mobile langlebige Anionen z. B. I-129, Cl-36 und Se-79 • langlebige Kationen: K-40, Rb-87 und Ca-41 • mittellebige Radionuklide mit hohem Inventar: C-14 und Mo-93 • Cs-135 • Uran- und Thoriumisotope • Mn-53 und Fe-60
Bevorzugte(r) Transportpfad(e) (Transportart)	Wirtsgestein (Diffusion)
Transportzeit (bis zu Ober- und Unterkante des Wirtsgesteins)	<ul style="list-style-type: none"> • nicht sorbierende Anionen: 100 000 a – 200 000 a
Maximal erreichte Dosis (Zeitpunkt)	Fall 1: 0,063 mSv/a (570 000 Jahre) Fall 2: 0,25 mSv/a (600 000 Jahre) Fall 3: 0,096 mSv/a (370 000 Jahre)
Chemische Hauptmerkmale	
Chemo-toxische Stoffe, die bis zu den Entnahmestellen gelangen	<ul style="list-style-type: none"> • mobile chemo-toxische Stoffe (insbesondere Selen und Bor)
Maximale Konzentration	<< gesetzliche Umweltqualitätsnormen
Schlussfolgerung	<ul style="list-style-type: none"> • Robustheit des Endlagersystems gegenüber den verbleibenden Ungewissheiten • Gesundheitsauswirkungen liegen weit unter den in [59] festgelegten Grenzwerten

Die Sicherheitsbewertungen wurden für verschiedene Referenzgruppen (Multi-Aktivitäten, Multi-Aktivitäten Dorfgärtner, Multi-Aktivitäten Rinderzüchter, Multi-Aktivitäten Jäger und Fischer), Altersgruppen (Erwachsene, zehnjähriges Kind und einjähriges Kind), Biosphären (gemäßigte, subtropisch feuchte und kalte Biosphäre borealen Typs) und Entnahmestellen (*Barrois*, *Dogger*, *Oxfordium* und *Ornain*) durchgeführt.

Auch die Ergebnisse für die Fehlfunktionsszenarien (SEA, WIS und SIHI) bestätigen die Robustheit des Endlagersystems gegenüber den verbleibenden Ungewissheiten. In den meisten Szenarien bleibt das Wirtsgestein mit seiner geringen hydraulischen Leitfähigkeit der bevorzugte Transportpfad, sodass der Transport von Radionukliden und chemo-toxischen Stoffen stark begrenzt wird und die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit unterhalb der in [26] festgelegten Grenzwerten liegen. ([33], Kap. 12.3.2.2)

Bereits ab der Errichtung des Endlagers werden Überwachungsmaßnahmen durchgeführt, um sicherzustellen, dass die Komponenten des Endlagersystems ihre Sicherheitsfunktionen erfüllen werden. Diese Überwachungsmaßnahmen betreffen insbesondere das Wirtsgestein und die HA-Endlagergebäude ([33], Kap. 12.5)

Anhang 7i – Pièce 7 Partie III Volume 9

Version préliminaire du rapport de sûreté

Démonstration de sûreté

La démonstration de sûreté en exploitation

Vorläufiger Sicherheitsbericht

Sicherheitsnachweis

Der Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase

Kurzzusammenfassung:

Diese Unterlage enthält die Sicherheitsbewertung der kerntechnischen Anlage während der Betriebsphase.

Sie gibt insbesondere die Vorsorge- und Schutzmaßnahmen wieder, die mit der Beherrschung von störfall- oder unfallbedingten Risiken verbunden sind, die den Schutz der Interessen beeinträchtigen könnten, sowie die Bewertung ihrer radiologischen oder nicht-radiologischen Folgen.

Zusammenfassung:

Der Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase soll darlegen, wie der Schutz des Personals und der Bevölkerung während des Betriebs des Endlagers gewährleistet ist. In diesem Sinne, werden Maßnahmen zur Vorsorge, Überwachung und Begrenzung der Folgen entwickelt, die mit allen für den Betrieb identifizierten Risiken verbunden sind.

Der Sicherheitsnachweis bezieht sich auf die gesamte Anlage und die gesamte Betriebsdauer.

In diesem Zusammenhang gelten die charakteristischen Größen, die als Eingangsdaten für die Auslegungs- und Sicherheitsanalysen für die Betriebsphase herangezogen werden, für das gesamte Referenzinventar, d. h. sowohl für die während der PhiPil eingelagerten Abfälle als auch für die Abfälle, die im regulären Betrieb des Cigéo eingelagert werden.

Die Risikoanalysen stützen sich auf den SWT, die besten verfügbaren Techniken für jedes der untersuchten Risiken und insbesondere auf die Leitfäden der ASN [59] und die Sicherheitsrichtlinien, die speziell für das Endlager (sowohl übertägige als auch untertägige) Cigéo entwickelt wurden.

Sicherheitsansatz zur Bewertung der Betriebsphase

Der gewählte Ansatz zur Bewertung der Sicherheit in der Betriebsphase wird in [27] vorgestellt und in Anhang 7b zusammengefasst.

Risikoanalyse

Die Risikoanalyse verfolgt das Ziel

- die Gesamtheit der unerwünschten Ereignisse (einschließlich Kombinationen von unerwünschten Ereignissen) zu identifizieren, die dazu führen können, dass die Anlage den Normalbetrieb verlässt und eine Sicherheitsfunktion gefährden können (dies umfasst Ausfälle

von ASK, Prozessabweichungen sowie interne und externe Angriffe, die direkt oder indirekt zu Schäden an ASK führen können, die zur Erfüllung der Schutzfunktionen erforderlich sind),

- die zugehörigen Szenarien zu beschreiben und
- die materiellen oder menschlichen Vorkehrungen zur Beherrschung jedes Szenaries festzulegen.

([34], Kap. 1.2.1)

Vorgehensweise bei der Risikoanalyse

Die Risikoanalyse besteht aus einem beschreibenden und einem demonstrierenden Teil.

Der beschreibende Teil dient der Identifizierung der Elemente der Anlage bzw. des Systems, die es ermöglichen, die Ereignisse die zum Verlassen des Normalbetriebs führen sowie die Vorkehrungen zur Risikobeherrschung festzulegen. Er gliedert sich in die Beschreibung

- der Anlage bzw. des Systems,
- der betrieblichen Abläufe und
- der Sicherheitsfunktionen.

Der demonstrierende Teil hat zum Ziel, die verschiedenen Szenarien, die zu einem unerwünschten Ereignis führen, in Abhängigkeit von den verschiedenen Möglichkeiten des Versagens oder des Angriffs und den damit verbundenen technischen, menschlichen und organisatorischen Mitteln zur Bewältigung zu definieren.

([34], Kap. 1.2.2)

Betrachtete Risiken

Die Identifizierung der Risiken ist der erste Schritt der Risikoanalyse. In der kerntechnischen Anlage Cigéo sind die wichtigsten Gefahrenquellen für den sicheren Betrieb

- die Radionuklide und chemo-toxischen Stoffe in den radioaktiven Abfallbinden sowie
- giftige, entzündliche und/oder explosive Stoffe, die bei Baumaßnahmen verwendet werden.

([34], Kap. 1.2.3)

Die Risiken werden darüber hinaus nach ihrer Art und ihrem Ursprung in folgende Hauptkategorien eingeteilt und in dem entsprechenden Kapitel der Antragsunterlage beschrieben:

- die sogenannten „inneren kerntechnischen Risiken“. Dies sind die Risiken, die mit dem Vorhandensein von Radionukliden innerhalb der Abfallgebände verbunden sind:
 - Risiken im Zusammenhang mit der Freisetzung radioaktiver Stoffe ([34], Kap. 2.1)
 - Expositionsrisiken durch ionisierende Strahlung ([34], Kap. 2.2)
 - Kritikalitätsrisiken ([34], Kap. 2.3)
 - Risiken im Zusammenhang mit der Temperatur von Abfallbinden ([34], Kap. 2.4)
 - Gefahren im Zusammenhang mit entzündlichen Gasen, die durch Radiolyse und Korrosion entstehen ([34], Kap. 2.5)
- die sogenannten „Risiken durch innere Angriffe“. Dies sind die nicht-kerntechnischen Risiken, die mit den Baumaßnahmen und dem Betrieb der kerntechnischen Anlage verbunden sind. Konkret handelt es sich hierbei um Risiken im Zusammenhang mit
 - dem betrieblichen Transport und der Handhabung ([34], Kap. 3.1),
 - Bränden ([34], Kap. 3.2),
 - Explosionen ([34], Kap. 3.3),
 - Stromausfall ([34], Kap. 3.4),

- Fluidverlust ([34], Kap. 3.5),
 - dem Ausfall der Belüftung/Bewetterung ([34], Kap. 3.6),
 - dem Ausfall der Überwachung ([34], Kap. 3.7),
 - dem Ausfall der Leittechnik ([34], Kap. 3.8),
 - internen Überschwemmungen ([34], Kap. 3.9),
 - nicht-radioaktive Gefahrstoffen ([34], Kap. 3.10),
 - Projektile ([34], Kap. 3.11),
 - Druckgeräten ([34], Kap. 3.12) und
 - der Alterung von ASK und Bauwerken ([34], Kap. 3.13).
- sogenannte „Risiken durch äußere Angriffe“. Dies sind nicht-kerntechnische, natürliche oder anthropogene Risiken, die außerhalb der kerntechnischen Anlage auftreten. Konkret handelt es sich hierbei um Risiken im Zusammenhang mit
 - einem Flugzeug- oder Hubschrauberabsturz ([34], Kap. 4.1),
 - der industriellen Umgebung, Verkehrswegen und Versorgungsnetzen ([34], Kap. 4.2),
 - Erdbeben ([34], Kap. 4.3),
 - externer Überschwemmung ([34], Kap. 4.4),
 - extremen Wetter- oder Klimaereignisse ([34], Kap. 4.5),
 - Blitzschlag und elektromagnetische Interferenzen ([34], Kap. 4.6) und
 - externen Bränden ([34], Kap. 4.7)

Zu diesen Hauptkategorien wird die Untersuchung der folgenden spezifischen Risiken hinzugefügt:

- konventionelle Risiken im Zusammenhang mit Baumaßnahmen, Prüfungen vor der Inbetriebnahme und der Verwendung von nicht radioaktiven Gefahrstoffen ([34], Kap. 5)
- Risiken im Zusammenhang mit der zeitgleichen Durchführung von Auffahrungen und Betrieb (Koaktivität; [34], Kap. 6)
- Risiken im Zusammenhang mit organisatorischen und menschlichen Faktoren ([34], Kap. 7)
- Untersuchung von Unfallsituationen, die durch böswillige Handlungen entstanden sind ([34], Kap. 12)

Vorkehrungen zur Beherrschung der Risiken

Die Risikoanalyse beinhaltet nicht nur die Identifizierung von Ausfällen, Fehlern oder Angriffen, die auftreten können, sondern identifiziert auch Vorkehrungen, um diese zu reduzieren oder zu begrenzen.

Diese Vorkehrungen können technischer, personeller oder organisatorischer Art sein. Im Einklang mit dem Prinzip der *defense-in-depth* können sie

- Risiken vorbeugen bzw. die Eintrittswahrscheinlichkeit eines unerwünschten Ereignisses verringern,
- das Auftreten eines unerwünschten Ereignisses beherrschen, das Ereignis erkennen und die Anlage in den Normalbetrieb zurückführen sowie
- Auswirkungen begrenzen – also die Auswirkungen unerwünschter Ereignisse so gering wie möglich halten oder sogar beseitigen.

Die Identifizierung dieser Vorkehrungen, die, soweit erforderlich, über die verschiedenen Ebenen der *defense-in-depth* verteilt sind, ermöglicht es, die Risiken zu analysieren und zu beherrschen.

Unter den technischen Vorkehrungen zur Beherrschung der Risiken gibt es einige, die die Schutzfunktionen der Anlage gewährleisten oder zu ihrer Aufrechterhaltung beitragen. In diesem

Zusammenhang können sie als EIP eingestuft werden und es werden definierte Anforderungen an sie gestellt, um ihre Leistung zu gewährleisten

([34], Kap. 1.2.4)

Ergebnisse der Risikoanalyse

Für die sogenannten „inneren kerntechnischen Risiken“

- werden die verbleibenden Auswirkungen von Risiken im Zusammenhang mit der Freisetzung radioaktiver Stoffe im Rahmen der Analyse von Betriebssituationen dargestellt (siehe auch ([34], Kap. 8.3 und Abschnitt 7.1.1)
- wird das Expositionsrisiko durch ionisierende Strahlung für der Arbeitnehmer dadurch begrenzt, dass die meisten Tätigkeiten im kerntechnischen Betrieb fernhantiert durchgeführt werden und Strahlenschutzmaßnahmen so festgelegt werden, dass die jährliche individuelle Dosimetriebilanz so niedrig wie vernünftigerweise möglich ist.
 - Im Normalbetrieb und anomalen Betrieb führen nur in der Nähe von Transportbehältern durchgeführte Tätigkeiten, die Behandlung bzw. Entsorgung von Betriebsabfällen und bestimmte Wartungsarbeiten zu einer externen Exposition. Die interne Exposition (radioaktive Gase und Aerosole) ist vernachlässigbar.
 - In Stör- oder Unfallsituationen ist das Risiko einer externen Exposition aufgrund der Robustheit der eingesetzten Schutzbarrieren sehr gering und die interne Exposition (radioaktive Gase und Aerosole) bleibt unterhalb der von ANDRA für diese Situationen festgelegten Schutzziele.

([34], Kap. 2.2);

- wird das Kritikalitätsrisiko als qualitativ sehr gering eingeschätzt (insbesondere aufgrund der relativ geringen Höchstmengen an spaltbarem Material in den meisten Abfallgebänden; [34], Kap. 2.3). Dennoch wird ein quantitativer Nachweis geführt, der zeigt, dass in der gesamten Anlage kein Kritikalitätsrisiko besteht (siehe [34], Kap. 2.3.5).
- wird die Beherrschung des thermischen Risikos durch die Abfallgebände
 - im EP1 im Normalbetrieb und anomalen Betrieb durch die Einhaltung der Temperaturkriterien für ASK gewährleistet ([34], Kap. 2.4.3),
 - in den Transferhauben (während des Transports der Endlagergebände nach unter Tage und zu den Einlagerungsstrecken) im Normalbetrieb und anomalen Betrieb (sowie in Blockadesituationen) durch die Unterschreitung der sicherheitsrelevanten Temperaturkriterien gewährleistet ([34], Kap. 2.4.4),
 - für alle LL-IL-Einlagerungsstrecken (Ausnahme solche die C1PGSP und CSD-C enthalten) und HA-Einlagerungsstrecken passiv (d. h. durch die Begrenzung der Wärmeleistung der PG und die Anzahl der Gebände pro Streckenabschnitt) gewährleistet, sodass im Normalbetrieb alle thermischen Kriterien einhalten werden ([34], Kap. 2.4.5) und
 - für die LL-Einlagerungsstrecken, die C1PGSP und CSD-C enthalten, durch die Überprüfung der Unterschreitung der thermischen Kriterien im Normalbetrieb und anomalen Betrieb, gewährleistet. Diese Überprüfung erfolgt anhand einer Auswertung der Bewitterung und des thermischen Abfalls der Gebände während der Beladezeit ([34], Kap. 2.4.5).
- sind die Gefahren in Zusammenhang mit entzündlichen Gasen, die durch Radiolyse und Korrosion entstehen können

- im EP1 durch die Begrenzung des von den PG erzeugten Wasserstoffs an der Quelle und durch die die Verdünnung der Konzentration des in die Umgebungsluft emittierten Wasserstoffs (Zellen mit großen Volumina) beherrschbar ([34], Kap. 2.5.4),
- in den Transferhauben
 - im Normalbetrieb und anomalen Betrieb vernachlässigbar, da die Verweilzeiten innerhalb der Transferhaube nicht ausreichend sind, um zur Entstehung einer explosiven Atmosphäre zu führen und
 - in Unfallsituationen durch die Vorrichtung zur Spülung der inneren Atmosphäre der Transferhaube beherrschbar ([34], Kap. 2.5.5),
- in den HA-Einlagerungsstrecken durch verschiedene Vorkehrungen, die darin bestehen, die Sauerstoffkonzentration an der Innenseite der Einlagerungsstrecken zu kontrollieren, beherrschbar ([34], Kap. 2.5.6) und
- in den LL-IL-Einlagerungsstrecken durch das kerntechnische Belüftungssystem beherrschbar ([34], Kap. 2.5.7).

Für die sogenannten „Risiken durch innere Angriffe“

- werden zur Beherrschung der Risiken im Zusammenhang mit dem betrieblichen Transport und der Handhabung für Förderbrücken, Aufzüge, schienengebundene Transportmittel, Brücken und Fahrzeuge, Schiebe- und Ziehroboter verschiedene Vorkehrungen zur Riskobeherrschung umgesetzt (z. B. kontrollierte und begrenzte Fahr- und Hubgeschwindigkeiten, Parameterüberwachung und geringe Handhabungshöhen; [34], Kap. 3.1.2.13)
- werden zur Beherrschung der Risiken im Zusammenhang mit Bränden verschiedene Vorkehrungen getroffen, um
 - Brandausbrüche zu verhindern (z. B. durch Begrenzung der Brandlast),
 - Brände zu erkennen und zu bekämpfen (z. B. durch Brandmelder und Alarmketten) sowie
 - die Brandausbreitung zu verhindern und Folgen zu begrenzen (z. B. durch Festlegung von Brandabschnitten und Brandschutzeinrichtungen) und

somit zu gewährleisten, dass die Sicherheitsfunktionen erhalten bleiben. So führen Brände auch nicht dazu, dass die innere Aktivität von Gebinden mit radioaktiven Abfällen freigesetzt wird ([34], Kap. 3.2.10).

- werden zur Beherrschung der Risiken im Zusammenhang mit Explosionen verschiedene Vorsorge- und Überwachungsmaßnahmen (z. B. Einsatz von auslaufsicheren Batterien mit geringer H₂-Freisetzung, Verwendung von Ladegeräten mit Schnellladung, Belüftung, Schulung des Personals, Überwachung der Wasserstoffkonzentration) sowie Bestimmungen zur Begrenzung der Folgen (z. B. Abstand zwischen Gefahrenquellen und Sicherheitszielen) umgesetzt ([34], Kap. 3.3).
- werden Risiken im Zusammenhang mit einem Stromausfall durch eine robuste elektrische Architektur, die den geltenden Normen entspricht und das Steuerungs- und Kontrollnetz der Elektrotechnik mit Überwachung der elektrischen Netzfehler beherrscht. Um die Folgen eines Stromausfalls zu begrenzen, wird die Stromversorgung sicherheitsrelevanter elektrischer Verbraucher redundant ausgelegt und deren unterbrechungsfreie Stromversorgung durch eine Notstromversorgung mit Generatoren sichergestellt ([34], Kap. 3.4).

- werden Risiken im Zusammenhang mit Fluidverlust von Kühl-, Heiz-, Druckluftsystemen sowie Löschwassernetzen, gasbetriebenen Feuerlöschsystemen und des Stickstoffinertisierungsnetzes durch verschiedene Vorsorge-, Überwachungs- und Begrenzungsmaßnahmen beherrscht ([34], Kap. 3.5).
- werden Risiken im Zusammenhang mit dem Ausfall der Belüftung/Bewetterung, die verschiedene Sicherheitsfunktionen gewährleistet (z. B. Einschluss radioaktiver Stoffe, Beherrschung von Bränden, Abfuhr von Wärme und Radiolysegasen) durch verschiedene Vorsorge-, Überwachungs- und Begrenzungsmaßnahmen (z. B. Auslegung gemäß der geltenden Normen und dem Stand der Technik, Durchführung vorbeugender Wartungsarbeiten, Vorhalten von Reservelüftern und Herstellen des sicheren Anlagenzustands bei Ausfall von Belüftungs-/Bewetterungssystemen) beherrscht ([34], Kap. 3.6).
- werden für Risiken im Zusammenhang mit dem Ausfall der Überwachung von Radionukliden, Gasen und Abwässern sowie mit dem Ausfall von Brandmeldeanlagen Vorkehrungen zu deren Beherrschung getroffen (z. B. Auslegung der Kontroll- und Messgeräte entsprechend der geltenden Normen, Weiterleitung der Ausfallmeldung und redundante Auslegung der Mess- und Verarbeitungswege für die Luftüberwachung an den Auslässen der C2- und C2/C4**-Netze; [34], Kap. 3.7).
- können Risiken im Zusammenhang mit dem Ausfall der Leittechnik (für kerntechnische sowie andere Prozesse) zum Ausfall von ASK führen, die für die Beherrschung sicherheitsrelevanter Funktionen (z. B. Einschluss radioaktiver Stoffe und Schutz von Personen vor der Exposition gegenüber ionisierender Strahlung) erforderlich sind, und damit die Beherrschung dieser Funktionen in Frage stellen. Vorkehrungen zur Beherrschung dieses Risikos umfassen u. a. eine bewährte Auslegung von Netzen und Geräten entsprechend den geltenden Normen, die Einrichtung eines Sicherheitssystems mit „fail-safe-Design“, das bei Ausfall der Leittechnik das automatische sichere Abschalten der Prozessausrüstung ermöglicht, und die Herstellung des sicheren Anlagenzustands ([34], Kap. 3.8).
- werden Risiken im Zusammenhang mit internen Überschwemmungen durch verschiedene Vorsorge-, Überwachungs- und Begrenzungsmaßnahmen (z. B. konstruktive und planerische Vorkehrungen wie Auslegung entsprechend geltender Normen und erhöhte Lagerung elektrischer ASK sowie Installation von Flüssigkeitsdetektoren, Videoüberwachung und manueller Absperrventile) beherrscht ([34], Kap. 3.9).
- werden Risiken im Zusammenhang mit nicht-radioaktiven Gefahrstoffen (im Wesentlichen Aceton und Zusatzmittel, das zur Herstellung des Bindemittels für das Verkeilen bestimmter Endlagerbehälter verwendet wird) durch verschiedene Vorsorgemaßnahmen sowie Maßnahmen zur Erkennung, Überwachung und zur Herstellung des sicheren Anlagenzustands (z. B. Schulung des Personals, kontinuierliche Messung des Dichtungsdrucks, vorbeugende Wartung und Bereitstellung von Interventionskits mit absorbierendem Material) beherrscht ([34], Kap. 3.10).
- betreffen Risiken im Zusammenhang mit Projektilen in Bewegung gesetzte Teile (Blätter/Schaufeln der Zu- und Abluftlüfter), die eine sicherheitsrelevante ASK (kerntechnisches Belüftungs-/Bewetterungssystem) beschädigen können. Dieses Risiko wird durch verschiedene Vorsorgemaßnahmen sowie Maßnahmen zur Erkennung, Überwachung und zur Herstellung des sicheren Anlagenzustands beherrscht. Insgesamt hat der Ausfall eines Lüfters, der zum Ausstoß eines Projektils und zur Beschädigung einer anderen ASK des kerntechnischen Belüftungs-/Bewetterungssystems führt, keine Auswirkungen auf das kerntechnische Belüftungs-/Bewetterungssystem und die damit

verbundene Sicherheitsfunktion (vgl. Trennung der verschiedenen Belüftungs-/Bewetterungssysteme und deren Redundanz; [34], Kap. 3.11).

- werden Risiken im Zusammenhang mit Druckgeräten durch verschiedene Vorsorgemaßnahmen (z. B. Auslegung gemäß den geltenden Herstellungsstandards und Normen sowie regelmäßige Inspektion) sowie Drucküberwachung und korrektive Wartungsarbeiten beherrscht ([34], Kap. 3.12).
- werden alterungsbedingte Risiken z. B. durch Materialauswahl, ein auf die ASK zugeschnittenes Wartungs- und Überwachungsprogramm (vorbeugende Instandhaltung), systematische Überwachung des Verschleißes bestimmter ASK und redundante Systeme beherrscht ([34], Kap. 3.13).

Für die sogenannten „Risiken durch äußere Angriffe“

- können Risiken durch Flugzeug- und Hubschrauberabstürze nicht ausgeschlossen werden. Daher sind konstruktive Vorkehrungen zu treffen, um zu verhindern, dass die Sicherheitsfunktionen von Gebäuden und ASK durch den direkten oder indirekten Aufprall eines abstürzenden Flugzeugs oder Hubschraubers beeinträchtigt werden. Es werden auch bauliche und betriebliche Vorkehrungen wie etwa ein Abstand zwischen möglichen Zielen (Gebäuden oder Konvois mit Transportverpackungen) getroffen ([34], Kap. 4.1).
- können Risiken im Zusammenhang mit der industriellen Umgebung, Verkehrswegen und Versorgungsnetzen in den meisten Fällen ausgeschlossen werden, da die Gefahrenquellen sich weit weg von den als Sicherheitszielen identifizierten Anlagen und Bauwerken befinden. Risiken, die nicht ausgeschlossen werden können, werden bei der Auslegung der übertägigen Anlagen und Bauwerke berücksichtigt([34], Kap. 4.2).
- werden die Folgen von Erdbeben durch eine entsprechende Auslegung von Komponenten (z. B. Handhabungs- und Transfereinrichtungen), die die Aufrechterhaltung von Sicherheits- und Unterstützungsfunktionen gefährden könnten und organisatorische Vorkehrungen minimiert ([34], Kap. 4.3).
- werden Risiken in Zusammenhang mit externen Überschwemmungen durch das Wassermanagement von Regen-, Gruben und Abwasser (z. B. Sammelbecken, Schutzbauwerk gegen aufsteigendes Grundwasser, Dichtungs- und Drainagesysteme) beherrscht ([34], Kap. 4.4);
- werden Risiken in Zusammenhang mit extremen Wetter- oder Klimabedingungen (extreme Temperaturen, starke Winde und starke Regen- oder Schneefälle) durch verschiedene Vorkehrungen (beispielsweise durch das Anhalten des Einlagerungsprozesses, die Auslegung von Bauwerken, Belüftungsanlagen und Überwachungseinrichtungen sowie spezifische Betriebsbestimmungen) beherrscht ([34], Kap. 4.5);
- werden Risiken in Zusammenhang mit Blitzschlag und elektromagnetischen Interferenzen durch Blitzschutzanlagen (z. B. Blitzableiter und Überspannungsableiter), die Auslegung der elektrischen Ausrüstung entsprechend den Regeln der Norm NF EN IEC 61000-6-1 und Sicherheitsvorkehrungen gegen deren Folgen (z. B. Brand, Stromausfall, Ausfall der Leittechnik und der Anlagenüberwachung sowie Versagen von Brandmelde- und Feuerlöscheinrichtungen) beherrscht ([34], Kap. 4.6).
- werden Risiken in Zusammenhang mit externen Bränden durch Vorsorge- und Begrenzungsmaßnahmen (z. B. freier Abstand von mindestens 50 m um Gebäude für die keine Brandschutzmaßnahmen vorgesehen sind, vegetationsfreier Abstand von mindestens 80 m beidseits des Anlagenzauns auf dem Betriebsgelände „Rampen“ und Verbot der

Lagerung von brennbaren Stoffen in der Nähe der kerntechnischen Anlage) beherrscht ([34], Kap. 4.7).

Die Verwendung von nicht radioaktiven Gefahrstoffen kann folgende Konsequenzen haben:

- Die Explosion einer Gasflasche würde eine thermische Auswirkung innerhalb eines relativ begrenzten Raums (in Abhängigkeit der Masse und dem Druck der Flasche) haben und zu keinen Auswirkungen auf die Bevölkerung oder die Umwelt führen ([34], Kap. 5.3.4.1).
- Die Auswirkung einer Fehlfunktion oder eines Berstens eines Druckgerätes innerhalb der kerntechnischen Anlage ist ebenfalls räumlich stark begrenzt und führt zu keinen Auswirkungen auf die Bevölkerung oder die Umwelt ([34], Kap. 5.3.4.2).
- Auf Grund der Entfernung führen Wasserstoffexplosionen innerhalb der kerntechnischen Anlage zu keinen Auswirkungen auf die Bevölkerung oder die Umwelt ([34], Kap. 5.3.4.3).
- Das Austreten von Treibstoff hat unterschiedlichen Folge für die Umwelt. Die kerntechnische Anlage ist so ausgelegt, dass verschmutztes Regenwasser oder Feuerlöschwasser nicht direkt in die umliegenden Gewässer eingeleitet wird und nicht unkontrolliert in den Boden versickert. Dazu dienen mobile Mittel zur situativen Eindämmung wie Sandsäcke oder Adsorptionsmittel, Abdichtungen von Parkplätzen und Straßen, wasserdichte Lagerflächen, Sammlung und Behandlung von Abwässern und verschmutztem Regenwasser. Letzteres wird zunächst in ein wasserdichtes Becken geleitet ([34], Kap. 5.3.4.4).
- Im Falle einer Bodenverschmutzung besteht die Maßnahme darin, Mittel einzusetzen, um das Eindringen der Schadstoffe zu begrenzen oder die Verschmutzung/Kontamination einzudämmen. So verbleibt die Kontamination innerhalb der Grenzen der kerntechnischen Anlage ([34], Kap. 5.3.4.4).

Risiken im Zusammenhang mit der Koaktivität von Auffahrungen und dem kerntechnischen Betrieb können durch Vorsorgemaßnahmen, also etwa technischer und organisatorischer Vorkehrungen in den Betriebs- und Auffahrungsbereichen, minimiert werden ([34], Kap. 6).

Für die Beherrschung von Risiken im Zusammenhang mit organisatorischen und menschlichen Faktoren wird bereits bei der Planung von Anlagen und ASK besonders darauf geachtet, dass menschliche Tätigkeiten zuverlässig ausgeführt werden können, indem ihre Nutzung und Wartung sowie der Umgang mit einer möglichen Unfallsituation erleichtert werden. Die Auslegung der ASK und Arbeitsbereiche gewährleistet ihre Zugänglichkeit, Nutzbarkeit und Wartbarkeit. Darüber hinaus wurden basierend auf der Identifizierung und Analyse der sensiblen Tätigkeiten besondere technische und organisatorische Bestimmungen zur Beherrschung der Risiken festgelegt, die in den für jede Tätigkeit (Betrieb, Wartung usw.) typischen Arbeitssituationen vorhanden sind. Weitere allgemeine organisatorische Vorkehrungen sind z. B. die Erstellung von Betriebs- und Wartungsdokumenten, die Ausbildung des Personals, die Anleitung von Ersthelfern und die Einführung von Vorgehensweisen zur Erhöhung der Zuverlässigkeit. All diese Bestimmungen werden für die Inbetriebnahme der Anlage präzisiert werden, und zwar sobald die sensiblen Tätigkeiten in einem fortgeschrittenen Detaillierungsgrad festgelegt sind. ([34], Kap. 7.6)

Analyse von Betriebssituationen

In diesem Schritt werden Situationen ermittelt und untersucht, die dazu führen können, dass die Anlage den Normalbetrieb bzw. anomalen Betrieb verlässt und eine Sicherheitsfunktion gefährdet wird.

Die Ziele der Analysen von Betriebssituationen sind

- die verschiedenen Szenarien, die zu einem unerwünschten Ereignis führen, in Abhängigkeit von den verschiedenen Möglichkeiten des Versagens oder des Angriffs und den damit verbundenen technischen, personellen und organisatorischen Mitteln zur Bewältigung zu identifizieren. Zu diesem Zweck wird analysiert,
 - unter welchen Bedingungen die Anlage oder das System den Normalbetrieb oder den anomalen Betrieb verlässt, indem die Fehler- und Angriffsarten identifiziert werden, die auf das System und seinen Prozess zutreffen können,
 - welche(s) Ziel(e) dieses Ereignis voraussichtlich betreffen wird und
 - welche Vorkehrungen bestehen und getroffen werden, um das Risiko zu beherrschen und wie die Schutzfunktionen beeinträchtigt werden können,
- ähnlich geartete unerwünschte Ereignisse nach ihrer Wahrscheinlichkeit in einer begrenzten Anzahl von sogenannten Betriebssituationen zu gruppieren,
- die sogenannten abdeckenden unerwünschten Ereignisse innerhalb jeder Betriebssituation zu identifizieren, um ihre potenziellen Auswirkungen auf Menschen und Umwelt zu bewerten,
- die Einhaltung der Schutzziele für jedes abdeckende Szenario zu überprüfen,
- zu zeigen, dass es für jedes abdeckende Szenario ausreichende Sicherheitsmargen gibt und
- zu überprüfen, ob die technischen, personellen und organisatorischen Mittel, die die Beherrschung der Sicherheit der Anlage gewährleisten sollen, richtig bemessen sind.

Darüber hinaus zielt die Analyse von Betriebssituationen darauf ab, nach möglichen gemeinsamen Vorgehensweisen zu suchen und zusätzliche Vorkehrungen zur Risikobeherrschung zu identifizieren.

([34], Kap. 1.3)

Die Betriebssituationen umfassen:

- Normalbetrieb und anomalen Betrieb ([34], Kap. 8.1, siehe auch Abschnitt 7.1.1.1);
- Auslegungsstö- und -unfälle ([34], Kap. 8.3, siehe auch Abschnitt 7.1.1.2);
- Auslegungsüberschreitende Unfälle (Kap. 8.4, siehe auch Abschnitt 7.1.1.3);
- Ausgeschlossene Situationen ([34], Kap. 8.5, siehe auch Abschnitt 7.1.1).

Der Ansatz zur Bewertung der radiologischen und chemischen Auswirkungen für die verschiedenen Betriebssituationen und die verschiedenen damit verbundenen Annahmen werden in Kapitel 8.2 der Antragsunter [34] dargestellt.

Bewältigung von Unfall- und Nachunfallsituationen

Die Bewältigung von Unfallsituationen erfordert die Ermittlung sicherer Anlagenzustände. Dies ist ein Zustand, in dem alle notwendigen Funktionen zum Schutz der Interessen gewährleistet sind, um das Personal, die Anlage, die Bevölkerung und die Umwelt zu schützen.

Der sichere Anlagenzustand wird unter den folgenden Bedingungen erreicht:

- die radioaktiven Abfälle liegen auf dem Boden oder auf Beförderungsmitteln, werden in einer sicheren Position gehalten oder befinden sich in einer Position, die zu keiner Verschlechterung der Situation führt;
- die Sicherheitsfunktionen der Anlage sind gewährleistet;

- die Überwachung der Anlage ist gewährleistet (Strahlenschutz, Brand, Radiolyse usw.);
- die radiologischen und nicht radiologischen Freisetzungen sind unter Kontrolle; sie dürfen die Einhaltung der Schutzziele im Normalbetrieb und anomalen Betrieb nicht gefährden.

([34], Kap. 9.1)

Dimensionierung des PUI

Bei Auftreten einer als schwerwiegend eingestuften Unfallsituation werden im Rahmen des PUI Vorkehrungen für das Krisenmanagement getroffen, um rechtzeitig geeignete Notfallmittel (technisch, organisatorisch und personell) einzusetzen, um die Krise zu bewältigen und ihre Folgen zu begrenzen.

Die Ziele eines PUI sind:

- Bewältigung der Notfälle, um die Folgen zu verhindern und/oder zu begrenzen
- Alarmieren und Informieren der zuständigen staatlichen Behörden und externen Dienste
- Zusammenarbeiten, um die Folgen des Notfalls zu verhindern und/oder zu begrenzen
- Personal alarmieren und schützen, Opfern Hilfe leisten
- ggf. Charakterisierung des radiologischen Zustands des Standorts sowie dessen Umgebung
- Information der lokalen Stakeholder und der Medien in Verbindung mit den Behörden

([34], Kap. 11)

Anhang 7j – Pièce 7 Partie IV Volume 10

Version préliminaire du rapport de sûreté

Volumes complémentaires répondant au III de l'article R.593-16 du code de l'environnement

La progressivité de la construction

Vorläufiger Sicherheitsbericht

Zusätzliche Bände gemäß Artikel R.593-16 III des Umweltgesetzes

Die schrittweise Errichtung der Anlage

Kurzzusammenfassung:

Diese Unterlage stellt die schrittweise Entwicklung der Errichtung der kerntechnischen Anlage dar. Die schrittweise Errichtung bietet künftigen Generationen die Möglichkeit, durch aufeinanderfolgende Inbetriebnahmen von Teilen der kerntechnischen Anlage in der Betriebsphase, sowohl die Errichtung als auch den späteren Betrieb zu beschleunigen, zu verzögern oder anzupassen.

Zusammenfassung:

In Verbindung mit dem Betriebsplan (*plan directeur de l'exploitation*, PDE) [48] entspricht die schrittweise Errichtung des Endlagers einer umsichtigen Abfolge von Baumaßnahmen und aufeinanderfolgenden Inbetriebnahmen von Teilen (kerntechnische Oberflächenanlagen, untertägige Anlagen) des Endlagers über die gesamte Betriebsdauer. Die aufeinanderfolgenden Bauabschnitte führen schrittweise zur vollständigen Errichtung der Anlage, insbesondere der untertägigen Anlagen. Dabei kann die Planung der Tätigkeiten überarbeitet werden, um die Errichtung und die Inbetriebnahme der aufeinanderfolgenden Bauabschnitte zu ändern. Diese Entwicklungen werden in den späteren Versionen des PDE [48] nachvollzogen. Die schrittweise Errichtung und die aufeinanderfolgenden Inbetriebnahmen erlauben

- die Entwicklung von Endlagerungsmethoden für bestimmte Abfallgebinde zu berücksichtigen, etwa direkte Endlagerung anstelle der Endlagerung in Endlagerbehältern unter der Voraussetzung, dass die Annahmekriterien eingehalten werden und
- die Abfallentsorgungsstrategien zu verbessern, insbesondere für bituminierte Abfälle, für die derzeit zwei Entsorgungswege in Betracht gezogen werden.

In Verbindung mit der Anpassungsfähigkeit der Auslegung des Endlagers bietet der Grundsatz der schrittweisen Errichtung den nachfolgenden Generationen, die die Anlage errichten und betreiben werden, auch die Möglichkeit, die Bauwerke an mögliche Änderungen des Abfallinventars (z. B. die direkte Endlagerung bestrahlter Brennelemente) anzupassen. Außerdem begünstigt die schrittweise Errichtung die Einbeziehung aller Optimierungsmöglichkeiten, die durch den wissenschaftlichen und technischen Fortschritt möglich werden. Sobald eine bessere technische Lösung entwickelt wurde und einen ausreichenden Grad an technologischer Reife erreicht hat, kann sie vorbehaltlich ihrer Genehmigung in die zu errichtenden Bauwerke integriert werden.

In dieser Hinsicht liefern die Errichtung und der Betrieb des HA-Pilotlagers ab der PhiPil wertvolle Erfahrungen für die technische Planung, die Errichtung und den Betrieb des HA-Einlagerungsbereichs, der bis zum Jahr 2080 realisiert werden soll. Ebenso werden sich die während der gesamten Betriebsdauer durchzuführende technisch-wirtschaftliche Optimierung der Auslegung sowie die ständige Optimierung der Sicherheitsvorkehrungen zumindest auf eine wissenschaftliche und technologische Überwachung oder sogar auf die Durchführung von Studien und Forschungen zur Entwicklung der Endlagerung durch ANDRA stützen. Weiterentwicklungen der Auslegung können auch aus den von der ASN anlässlich der periodischen Sicherheitsüberprüfungen formulierten Vorgaben resultieren.

Schrittweise Errichtung des Endlagers Cigéo

Die schrittweise Errichtung des Endlagers erfolgt durch die Errichtung von aufeinanderfolgenden Bauabschnitten:

- Der T1 wird in der ersten Bauphase errichtet (siehe auch [30] und Anhang 7e) und umfasst gemäß [35] insbesondere
 - die Oberflächenanlage „EP1“, in der die Abfallgebinde angenommen, kontrolliert und vorbereitet werden sollen, sowie die Gebäude und Bauwerke, die für dessen Betrieb ab der ersten Inbetriebnahme erforderlich sind,
 - die Gebindeabfahrts- und Servicerampe sowie die fünf Schächte,
 - das HA-Pilotlager,
 - die ersten vier LL-IL-Einlagerungsstrecken im LL-IL-Einlagerungsbereich und
 - die beiden Bereiche für die logistische Unterstützung der untertägigen Anlage (ZSLE und ZSLT).
- Die PhiPil konkretisiert das schrittweise Vorgehen bei der Errichtung und der Inbetriebnahme der untertägigen Anlage. Aus technischer Sicht dient sie dem Zweck
 - Daten, die für die Auslegung und den Sicherheitsnachweis verwendet wurden, *in situ* unter den tatsächlichen Umwelt-, Bau- und industriellen Betriebsbedingungen des Endlagers zu bestätigen,
 - schrittweise den Betrieb zu übernehmen und
 - Versuche zur Rückholbarkeit von Endlagergebinden durchzuführen.

Vorbehaltlich der DAC wird die Errichtung des Cigéo, wie die jeder anderen kerntechnischen Anlage auch, Gegenstand von Ausführungskontrollen und Inbetriebnahmeprüfungen sein, die von ANDRA durchgeführt und von der ASN kontrolliert werden. Nach Abschluss der Errichtung und der Versuche im inaktiven Zustand, d. h. unter Verwendung von „Dummies“ (Abfallgebinde ohne radioaktive Abfälle), werden alle ASK und Funktionen des Endlagers, die für die Einlagerung von Abfallgebänden mit radioaktiven Abfällen erforderlich sind, betriebsbereit sein und die zugehörigen Betriebsabläufe genau festgelegt worden sein. Folglich, wird ANDRA, gemäß den Vorschriften, einen Antrag auf Genehmigung der Inbetriebnahme des Cigéo stellen. Dieser Antrag wird von der ASN geprüft, um festzustellen, ob die Anlage den Sicherheitsvorschriften und -zielen entspricht. Nach der Genehmigung wird die Inbetriebnahme gemäß dem Umweltgesetz (Artikel L. 542-10-1) zunächst auf die PhiPil beschränkt sein. ([35], Kap. 1.1.3)

- In den weiteren Bauabschnitten wird die Errichtung der untertägigen Anlage mit der Erweiterung und dem Betrieb des LL-IL-Einlagerungsbereich fortgesetzt. In den 100 Jahren, die für den Betrieb vorgesehenen sind, wird die untertägige Anlage dann stetig erweitert, um die Aufnahme aller Abfallgebände zu ermöglichen. Der Zeitplan sieht die Annahme der HA1/HA2-Abfallgebände im Jahr 2080 vor. Dieser Zeitplan berücksichtigt die hohe Wärmeleistung in Zusammenhang mit den thermischen Anforderungen, insbesondere die Einhaltung einer Temperatur von weniger als 100 °C in den Abfallgebänden und im Wirtsgestein. ([35])

Die schrittweise Errichtung der untertägigen Anlage in aufeinanderfolgenden Bauabschnitten wird somit entsprechend dem künftigen Bedarf und der Erteilung der damit verbundenen Genehmigungen organisiert. Aus Sicherheitsgründen sind die kerntechnischen betrieblichen Tätigkeiten stets physisch von den Auffahrungsbereichen getrennt. So können Auffahrungen ohne Auswirkungen auf den weiteren Einlagerungsbetrieb durchgeführt werden. Nach dem Betrieb werden die Einlagerungsbereiche gemäß der im Rückbau-, Stilllegungs- und Überwachungsplan (siehe auch [44] bzw. Anhang 13) gewählten Strategie stillgelegt.

Trennungsbereiche

Die fortschreitende Errichtung der Einlagerungsbereiche erfordert das Management der gleichzeitig stattfindenden Tätigkeiten (d. h. der Auffahrungen, der Installation von ASK, der Durchführung von Versuchen und des kerntechnischen Betriebs). Ziel ist es dabei, negative Auswirkungen auf das Personal und die Anlage zu verhindern, die durch die gleichzeitige Durchführung von Tätigkeiten in diesen beiden Bereichen verursacht werden. Um diese Ziele zu erreichen werden folgende Leitprinzipien umgesetzt ([35], Kap. 2.4.3.1):

- Die in der ersten Bauphase errichteten Verbindungstrecken ermöglichen es, ZSLE und ZSLT auf beiden Seiten zu verbinden.
- Für das HA-Pilotlager werden alle Strecken vor Beginn des kerntechnischen Betriebs aufgeföhren. Demzufolge ist keine physische Trennung erforderlich.
- Die frühestmögliche Bereitstellung der Verbindungsbauwerke und die Realisierung einer Schleifenarchitektur ermöglichen die Organisation der Trennung der baulichen und betrieblichen Tätigkeiten, insbesondere im LL-IL-Einlagerungsbereich. Ein „Zweig“ der LL-IL-Schleife ist mit dem ZSLT und der andere mit dem ZSLE verbunden.
- Um zu vermeiden, dass sich die Strecken, in denen verschiedene Tätigkeiten von den logistischen Infrastrukturbereichen aus durchgeführt werden, kreuzen, wird der ZSLT nördlich des ZSLE angesiedelt und der LL-IL-Einlagerungsbereich von Süden nach Norden aufgeföhren.
- Die physische Trennung zwischen dem Auffahrungsbereich und dem Betriebsbereich in den Einlagerungsbereichen wird an deren Schnittstellen durch Schleusen gewährleistet, die so ausgelegt sind, dass sie die erwarteten Leistungen in jeder Situation erbringen. Der Trennungsgrundsatz wird in dem Maße dynamisch angewendet, wie sich kerntechnische und bauliche Tätigkeiten in den errichteten Bauwerken entfalten:
 - Nach der ersten Bauphase wird ein Teil der Anlage in den Bereich für den kerntechnischen Betrieb überföhrt, während die Auffahrungen für die weitere untertägige Anlage fortgesetzt werden. Weitere Überföhren erfolgen dann während der Betriebsphase.

- Bei der schrittweisen Errichtung werden die physischen Trennungen mit dem Fortschreiten der Auffahrungen und des kerntechnischen Betriebs verlagert. Während der Bauphase und des Übergangs werden ebenfalls besondere Vorkehrungen getroffen, um die in beiden Bereichen gleichzeitig stattfindenden Tätigkeiten zu steuern und die damit verbundenen Risiken zu beherrschen. Hierzu zählen
 - die physische Trennung des Stromnetzes beide Bereiche,
 - die Sicherstellung eines 5 m-Abstands für die eingesetzten Maschinen im Auffahrungsbereich mittels eines Hinweisschildes auf der Schleuse und im Boden verankerten Stahlbetonblöcken und
 - die angepasste Bewetterung und der Einsatz einer Entstaubungsanlage bei staubverursachenden Tätigkeiten. ([35], Kap. 2.4.3.2.2)

Anhang 7k – Pièce 7 Partie IV Volume 11

Version préliminaire du rapport de sûreté

Volumes complémentaires répondant au III de l'article R.593-16 du code de l'environnement

La flexibilité de l'exploitation de l'INB

Vorläufiger Sicherheitsbericht

Zusätzliche Bände gemäß Artikel R.593-16 III des Umweltgesetzes

Die Flexibilität des Betriebs der kerntechnischen Anlage

Kurzzusammenfassung:

Diese Unterlage stellt die Flexibilität des Betriebs der kerntechnischen Anlage und ihre Fähigkeit, sich im Laufe der Zeit an verschiedene Entwicklungen (z. B. mögliche Variationen von Zeitplänen oder Abläufen der Gebindeannahme, ihrer Lagerungsart oder sogar der Verpackung von PG) anzupassen, dar.

Insbesondere werden die beiden möglichen Entsorgungswege für bitumenhaltige Abfallgebände vorgestellt.

Zusammenfassung:

Die Auslegung des Endlagers Cigéo umfasst den Aspekt der Flexibilität, der einen Teil der in Artikel L. 542-10-1 des Umweltgesetzes definierten Reversibilität darstellt. Das Ziel dieser Unterlage besteht daher darin, zu zeigen, dass das Cigéo derart ausgelegt ist, dass unter Einhaltung des geforderten Sicherheitsnachweises flexibel auf betriebliche sowie sonstige Änderungen reagiert werden kann.

Angesichts der verbleibenden Ungewissheiten hinsichtlich der Art der Konditionierung der bituminierten Abfälle sieht die Auslegung des Endlagers derzeit die folgenden beiden Entsorgungswege vor:

- Einschluss von bituminierten Abfallgebänden in feuerfesten Betonbehältern (ohne Vorbehandlung)
- Endlagerung von behandelten bituminierten Abfallgebänden

Diese beiden Entsorgungswege werden im Rahmen der Flexibilität behandelt.

Flexibilität und Sicherheit in der Betriebsphase

Die wichtigsten Auslegungsbestimmungen für untertägige Bauwerke, die insbesondere zur Flexibilität beitragen, sind im Folgenden zusammengefasst ([36], Kap. 2):

- Designbestimmungen:
 - Ein Grubenzuschnitt, der auf die logistischen Infrastrukturbereiche zentriert ist und die Auffahrung verschiedener Einlagerungsbereiche ermöglicht
 - eine dynamische und physische Trennung der Auffahrungen und des kerntechnischen Betriebs, die die gleichzeitige Ausführung beider Tätigkeiten ermöglicht

- eine bedarfsoptimierte Auffahrung der Einlagerungsstrecken, die an die Anlieferungen der PG angepasst werden kann
- Vorhaltung weiterer Grubenfelder für die Erschließung weiterer HA- und LL-IL-Einlagerungsbereiche.
- Bestimmungen für den LL-IL-Einlagerungsbereich:
 - eine Schleife, die den Bau von 26 Einlagerungsstrecken, einschließlich der Einlagerungsstrecken für die Einlagerung aller bituminierten Abfallgebinde im unveränderten Zustand und einer zusätzlichen Einlagerungsstrecke, ermöglicht
 - eine mögliche Erweiterung des LL-IL-Einlagerungsbereichs in Richtung Osten
 - die unterschiedlichen LL-IL-Einlagerungsstrecken, die an die jeweiligen Geometrien der verschiedenen Endlagergebinde angepasst sind
- Bestimmungen für den HA-Einlagerungsbereich:
 - Vorhaltung weiterer Grubenfelder im Norden des HA-Einlagerungsbereichs, die es ermöglichen, die Länge und Anzahl der Einlagerungsstrecken zu erweitern.

Die vorgestellten Flexibilitäten haben keine signifikanten Auswirkungen auf die Betriebssicherheit und ermöglichen die Berücksichtigung von Entwicklungen bspw. in folgenden Bereichen:

- Konditionierungsverfahren: Diese Entwicklungen äußern sich hauptsächlich in möglichen Änderungen des radiologischen Inventars, der Geometrie oder der Masse der PG im Vergleich zu den in [28] (siehe auch Anhang 7c) dargestellten Daten. Diese Entwicklungen werden auch durch die vorläufige Fassung der Gebinde-Annahmekriterien [51] (siehe auch Anhang 19) geregelt. ([36], Kap. 3.2.1);
- Anlieferung von PG: Die Entwicklungen der Anlieferungsreihenfolge erfordern eine Analyse der Auswirkungen auf die für den Betriebssicherheitsnachweis getroffenen Annahmen und die gewählten betrieblichen Anforderungen. Diese Analyse ist Teil des Änderungsmanagementprozesses, der in [31] vorgestellt wird ([36], Kap. 3.2.2);
- Änderungen der Einlagerungsart: Diese Flexibilität gilt für die LL-IL-Endlagergebinde. Eine Änderung der Einlagerungsart gegenüber der im Sicherheitsnachweis vorgesehenen, ist möglich, wenn die (vorläufigen) Gebinde-Annahmekriterien (siehe [51] bzw. Anhang 19), die sich ebenfalls ändern können, eingehalten werden ([36], Kap. 3.2.3);
- schwankende Anzahl von Endlagergebänden und Einlagerungsstrecken. Entwicklungen im Zusammenhang mit der Anzahl der LL-IL-Einlagerungsbereiche oder -strecken sind akzeptabel, sofern die Parameter eingehalten werden, die für den dargelegten Sicherheitsnachweis ([34], siehe auch Anhang 7i) gewählt wurden. Alle potenziellen Änderungen sind im Rahmen des Änderungsmanagementprozesses (siehe auch [31]) dargestellt ([36], Kap. 3.2.4);
- Änderungen der Stilllegungsstrategie. Der Sicherheitsnachweis inkludiert die Möglichkeit, Änderungen der Stilllegungsstrategie zu berücksichtigen, da diese nicht starr ist (siehe auch [44] bzw. Anhang 13). Die Aspekte im Zusammenhang mit Parallelität von Betriebstätigkeit und Stilllegungsarbeiten sind bereits im aktuellen Sicherheitsnachweis ([34], siehe auch Anhang 7i) integriert. Diese Flexibilität hat keine Auswirkungen auf den Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase ([36], Kap. 3.2.5).

Flexibilität und Sicherheit in der Nachbetriebsphase

Das Endlager Cigéo weist in Bezug auf die Sicherheit in der Nachbetriebsphase Flexibilität auf:

- Art der Endlagerung von Gebänden für die direkte Endlagerung, d. h. bestimmte PG der Typen CSD-C, C1PGsp, 870L, 500L und CBF C'2. In den Gebinde-Annahmekriterien [51] (siehe

auch Anhang 19) ist bereits vorgesehen, dass alle ursprünglich für die direkte Endlagerung bestimmten Gebinde ebenfalls in Endlagerbehältern endgelagert werden können;

- Anzahl der Einlagerungsstrecken und Anzahl an Gebinden. Die Berücksichtigung einer Verdichtung des Endlagers durch Verringerung der LL-IL-Einlagerungsstrecken (durch direkte Endlagerung) hat im SEN keine Auswirkungen auf die langfristigen Leistungs- und Sicherheitsindikatoren: Der Radionuklidfluss an der Ober- und Unterkante des Wirtsgesteins (Hauptwegsamkeiten) ist direkt proportional zum mobilisierten Inventar, unabhängig von seiner Verteilung innerhalb des Einlagerungsbereichs (direkte Endlagerung oder in Endlagerbehältern). Die (begrenzten) Auswirkungen auf die Radionuklidkonzentration im Einlagerungsbereich, die bei der direkten Endlagerung größer sind, werden in den das Wirtsgestein umgebenden Formationen reduziert und haben keine Auswirkungen auf die Konzentration an den Entnahme- und Austrittsstellen.

Die Verteilung des radiologischen Inventars im Sicherheitsnachweis für die Nachbetriebsphase ist abdeckend für die Ungewissheiten in Bezug auf die Anlieferungsreihenfolge während der Betriebsphase. Schließlich muss jede geplante Änderung der Abfallkonditionierung gegenüber der angenommenen Konditionierung (insbesondere in Hinblick auf den Salzgehalt, komplexbildende und organische Substanzen, die Wärmeleistung und die maximale Spaltstoffmasse pro PG) vor ihrer Umsetzung im Hinblick auf mögliche Beeinträchtigungen des Wirtsgesteins und das Kritikalitätsrisiko analysiert werden. ([36], Kap. 3.1)

Flexibilität für die Endlagerung bituminierter Abfälle

Der Antrag auf DAC des Endlagers Cigéo unterstellt einen vergleichbaren Weg zur Entsorgung von bituminierten Abfällen, wie für andere radioaktive Abfälle. Da die Entscheidung für die Einlagerung der bituminierten Abfälle im unkonditionierten Zustand nicht bedeutet, dass es keine konditionierten Abfälle geben wird, muss die Planung im Sinne der Flexibilität beide möglichen Wege berücksichtigen. Um dies zu erreichen, wird die Anlage in Abhängigkeit vom untersuchten Szenario grundsätzlich auf Grundlage des ungünstigsten Falls ausgelegt.

Die beiden in Betracht gezogenen Entsorgungswege unterscheiden sich zum einen durch die Art der PG (Abfälle und Behälter) und zum anderen durch die Anzahl der für ihre Aufnahme erforderlichen LL-IL-Einlagerungsstrecken. Die Auswirkungen von Änderungen der Anzahl an Einlagerungsstrecken sind kein spezifisches Thema für bituminierte Abfälle und werden von der Flexibilität bei der Änderung der Einlagerungsstrecken im Allgemeinen abgedeckt.

Die Flexibilität hinsichtlich der Art der Abfallgebinde und folglich der für die bituminierten Abfälle gewählten Konditionierung wird gesondert behandelt. Die Art der Abfallgebinde und die Konditionierung, die in den Studien berücksichtigt werden, sind derzeit:

- Rückstände aus der Behandlung von bituminierten Abfällen, die in Form von Glasmatrizen vorliegen und in Primärbehältern des Typs „CSD“ verpackt sind, werden in LL-IL-Endlagerbehälter des Typs CS2 eingebracht ([36], Kap. 4.2.2).
- bituminierte Abfälle, die in Metallfässern verpackt sind (Endlagerung im unveränderten Zustand), werden in feuerfeste LL-IL-Endlagerbehälter des Typs CS4.1 und CS4.2 eingebracht.

Anhang 71 – Pièce 7 Partie IV Volume 12

Version préliminaire du rapport de sûreté

Volumes complémentaires répondant au III de l'article R.593-16 du code de l'environnement

L'adaptabilité de l'INB à l'inventaire de réserve

Vorläufiger Sicherheitsbericht

Zusätzliche Bände gemäß Artikel R.593-16 III des Umweltgesetzes

Die Anpassungsfähigkeit der kerntechnischen Anlage an das Reserveinventar

Kurzzusammenfassung:

Diese Unterlage gibt die Studien wieder, die zur Anpassungsfähigkeit der kerntechnischen Anlage Cigéo an mögliche Änderungen des auslegungsbestimmenden Referenzinventars durchgeführt wurden. Diese Änderungen des Abfallinventars werden als Reserveinventar bezeichnet, das langlebige schwach radioaktive (*long-lived low-level, LL-LL*) Abfälle und bestrahlte Kernbrennstoffe umfasst.

Zusammenfassung

Die Reversibilität eines Endlagers wird in Artikel L. 542.10-1 des französischen Umweltgesetzes definiert als „die Möglichkeit nachfolgender Generationen, den Bau und den Betrieb aufeinanderfolgender Abschnitte eines Endlagers entweder fortzusetzen oder die zuvor getroffenen Entscheidungen neu zu bewerten und die Entsorgungslösungen weiterzuentwickeln“ (siehe auch Anhang 7m). Die in dieser Unterlage beschriebene Anpassungsfähigkeit an das Reserveinventar ist eine der vier Komponenten der Reversibilität, die im französischen Umweltgesetz definiert sind.

Dabei besteht die Anpassungsfähigkeit darin, die Ungewissheiten hinsichtlich Anzahl und Art der Gebinde, die „insbesondere mit der Entstehung neuer Entsorgungswege für Abfälle oder mit Entwicklungen in der Energiepolitik zusammenhängen“, durch die Überprüfung der Durchführbarkeit der Endlagerung von Gebinden aus dem Reserveinventar und die Ermittlung von Änderungen in der Auslegung und/oder von Sicherheitsvorkehrungen, die bereits in der ersten Bauphase zu treffen sind, abzudecken. ([37] Kap. 1.1 & 1.3)

Im Rahmen dieser Unterlage wird die Anpassungsfähigkeit der kerntechnischen Anlage Cigéo anhand von Vorstudien zu Auslegung und Sicherheit, die in der Entwurfsphase durchgeführt wurden, beschrieben und identifiziert die notwendigen Bestimmungen, um diese Anpassungsfähigkeit zu ermöglichen.

Das Reserveinventar

Primärgebinde

Die PG des Reserveinventars werden in Abschnitt 6.1.1.2.1 beschrieben.

Endlagergebinde

Um die Durchführbarkeit der Endlagerung von Gebinden des Reserveinventars zu überprüfen, werden im Rahmen der Anpassungsfähigkeitsstudien Endlagerungsarten postuliert. Dies bedeutet aber nicht, dass die Gebinde zwangsläufig auf diese Weise endgelagert werden, sollte die Entscheidung zu deren Endlagerung im Cigéo getroffen werden. ([37] Kap. 2.2.2)

Die Endlagergebinde des Reserveinventars werden in Abschnitt 6.1.1.2.2 beschrieben.

Radioaktives und chemo-toxisches Inventar in den Abfallgebinden des Reserveinventars

Radiologisches Inventar

Die Methoden zur Erstellung des radiologischen Inventars der Abfallgebinde des Reserveinventars für die Sicherheitsbewertung der Nachbetriebsphase sowie zur Dimensionierung der Strahlenschutz-ausrüstung und für die Sicherheitsbewertung der Betriebsphase sind identisch mit denjenigen, die für die Abfallgebinde des Referenzinventars verwendet werden ([37] Kap. 2.2.3.1.1 & 2.2.3.1.2, siehe auch Anhang 7c).

Im Fall einer längeren Betriebsdauer des Kernkraftwerksparks (SR1) sind fast 93 % bzw. 46 % der HA- bzw. LL-IL-Primärgebinde gut charakterisiert (Level 2 und 3; [37] Kap. 2.2.3.1.1).

Für den Fall, dass die Wiederaufbereitung aller abgebrannten Brennelemente vorzeitig beendet wird und gleichzeitig die Betriebsdauer des Kernkraftwerksparks verlängert wird (abdeckendes SNR) sind fast 90 % der HA-Primärgebinde und 38 % der LL-IL-Primärgebinde gut charakterisiert (Level 2 und 3; [37] Kap. 2.2.3.1.1).

Im Fall einer Endlagerung von LL-LL-Abfallgebinden sind nur 21 % der Abfallgebinde gut charakterisiert ([37] Kap. 2.2.3.1.1).

Das radiologische Inventar des Reserveinventars wird in Abschnitt 6.1.1.2.3 beschrieben.

Chemo-toxisches Inventar

Das chemo-toxische Inventar des Reserveinventars wird in Abschnitt 6.1.1.2.4 beschrieben.

Charakteristische Größen der Abfallgebinde des Reserveinventars

Auch die charakteristischen Größen der Abfallgebinde des Reserveinventars werden nach demselben Ansatz wie für die Gebinde des Referenzinventars festgelegt. Da die HA- und LL-LL-Abfallgebinde, die durch die Verlängerung der Betriebsdauer des Kernkraftwerksparks verursacht werden und im Reserveinventar enthalten sind, mit denen des Referenzinventars identisch sind, werden die für diese Familien ermittelten charakteristischen Größen übernommen. ([37] Kap. 2.2.4, siehe auch Anhang 7c)

Aufgrund grundlegend unterschiedlicher Eigenschaften haben nicht wiederaufbereitete Brennelemente eigene charakteristische Größen. Da sich die Eigenschaften der LL-LL-Abfallgebinde geringfügig von denen der im Referenzinventar vorhandenen LL-IL-Abfallgebinde unterscheiden, besteht der gewählte Ansatz darin, die charakteristischen Größen in Analogie zu den für die Abfallgebinde des Referenzinventars definierten Größen und sofern erforderlich zusätzliche spezifische charakteristische Größen festzulegen. ([37] Kap. 2.2.4)

Auslegung der kerntechnischen Anlage in Hinblick auf die Endlagerung der Gebinde des Reserveinventars

Im Rahmen der Bewertung der Anpassungsfähigkeit des Cigéo in Bezug auf die Endlagerung der Gebinde des Reserveinventars sind etwaige Änderungen der Hilfseinrichtungen (z. B. Rampen, Zugangsstrecken, Oberflächenanlagen, Belüftung) oder vorsorgliche Maßnahmen zu identifizieren, die die Endlagerung dieser Gebinde ermöglichen würden. Dabei wird die gleiche Vorgehensweise verfolgt, wie bei der Auslegung der für die Endlagerung des Referenzinventars vorgesehenen kerntechnischen Anlage. ([37] Kap. 3.1)

Von der Anpassungsfähigkeit betroffene Teile der kerntechnischen Anlage

Oberflächenanlagen

Für die im Reserveinventar enthaltenen neuen Gebindetypen wird angenommen, dass sie in der ersten Bauphase – vorbehaltlich eventueller Anpassungen – in den Gebäuden und Bauwerken gehandhabt werden, die für die Annahme von Abfallgebinden des Referenzinventars vorgesehen sind, ([37] Kap. 3.2.1.1). Diese Anpassungen betreffen das EP1 und den Portalbereich der Rampe (siehe Tabelle 3-1 in [37]).

Auch in den späteren Bauphasen wird davon ausgegangen, dass die Gebinde des Reserveinventars unter Berücksichtigung von Anpassungen in den für das Referenzinventar geplanten Gebäuden und Bauwerken gehandhabt werden können. Diese Anpassungen betreffen das Entnahmebauwerk für ETH und das EP2 (siehe Tabelle 3-2 in [37]).

Untertägige Anlagen

Es wird angenommen, dass die zusätzlichen Gebindetypen des Reserveinventars in den Endlagerbereichen endgelagert werden, die auch für das Referenzinventar vorgesehen sind:

- nicht wiederaufbereitete Brennelemente werden im HA-Einlagerungsbereich in einem eigenen Bereich, dem so genannten „Einlagerungsbereich für nicht wiederaufbereitete Brennelemente“, eingelagert, der sich nördlich und östlich des HA-Einlagerungsbereichs befindet.
- LL-LL-Gebinde werden im LL-LL-Endlagerbereich in einem eigenen Einlagerungsbereich, dem sogenannten „LL-LL-Einlagerungsbereich“ eingelagert, der sich östlich des LL-IL-Einlagerungsbereichs befindet.

([37] Kap. 3.2.2)

Die Rampe und die Verbindungsstrecken dienen während der gesamten Betriebsdauer der kerntechnischen Anlage dem Transfer aller Gebinde. Somit sind diese Teile der untertägigen Anlage auch von der Annahme von Gebinden des Reserveinventars betroffen. In der ersten Bauphase ist zusätzlich nur die LL-IL-Schleife in Hinblick auf Gebinde des Reserveinventars betroffen ([37] Kap. 3.2.2.1 und Tabelle 3-3 in [37]). In den späteren Bauphasen ist sowohl der HA- als auch der LL-IL-Einlagerungsbereich von Anpassungen in Verbindung mit dem Reserveinventar betroffen ([37] Kap. 3.2.2.2 und Tabelle 3-4 in [37]).

Vorkehrungen für die Aufnahme von Gebinden aus dem Reserveinventar in die kerntechnische Anlage

Endlagerung von HA- und LL-IL-Abfallgebinden, die durch eine Verlängerung der Betriebsdauer des Kernkraftwerksparks verursacht werden (SR1)

Die Auslegung der Endlagerung von HA- und LL-IL-Abfallgebinden, die in diesem Stadium für das Referenzinventar gewählt wurde, ermöglicht die Endlagerung der zusätzlichen HA- und LL-IL-Abfallgebinde ohne dass dafür anfängliche Sicherungsmaßnahmen beim Bau umgesetzt werden müssen ([37] Kap. 3.3).

Endlagerung von Gebinden mit nicht wiederaufbereiteten Brennelementen

Die Analyse der Endlagerung von HA-Abfallgebinden und Gebinden mit nicht wiederaufbereiteten Brennelementen hat Folgendes ergeben:

- Die Endlagerung von HA-Abfallgebinden und Gebinden mit nicht wiederaufbereiteten Brennelementen ist durchführbar und mit den Auslegungsgrundsätzen für die Endlagerung von Abfallgebinden aus dem Referenzinventar vereinbar.
- Bei den Oberflächenanlagen besteht in der ersten Bauphase die Notwendigkeit, bei der Auslegung der Sicherungswand am Portalbereich der Rampe vorsorgliche Maßnahmen zu ergreifen, um den Durchgang der Transferhaube für nicht wiederaufbereitete Brennelemente zu ermöglichen und so wesentliche Änderungen der Anlage zu vermeiden.
- Bei den untertägigen Anlagen ermöglicht die Dimensionierung der Rampe, der seilgeführten Flurförderanlage und der Verbindungsstrecken die Endlagerung dieser Gebinde, ohne dass vorsorgliche Maßnahmen oder wesentliche Änderungen umgesetzt werden müssen.
- In den späteren Bauphasen, müssen für die Inbetriebnahme eines Endlagers für nicht wiederaufbereitete Brennelemente insbesondere im Bereich des künftigen übertägigen EP2 und der (größeren) Einlagerungsbereiche Anpassungen und zusätzliche Ausrüstungen eingerichtet werden. Dabei werden die gleichen Auslegungsgrundsätze wie bei der Endlagerung von HA-Gebinden angewandt.

([37] Kap. 3.4)

Endlagerung von LL-LL-Gebinden

Die Analyse der Endlagerung von LL-LL-Gebinden hat Folgendes ergeben:

- Die Endlagerung von LL-LL-Gebinden ist durchführbar und mit den Auslegungsgrundsätzen für die Endlagerung von Abfallgebinden aus dem Referenzinventar vereinbar.
- Bei den Oberflächenanlagen besteht in der ersten Bauphase die Notwendigkeit, bei der Auslegung des EP1 (einschließlich Ausrüstung) vorsorgliche Maßnahmen für die Veränderungen zu ergreifen, die durch die Endlagergebinde CS4-Graphit und CBFK-B hervorgerufen werden.
- Bei den untertägigen Anlagen werden bei der Auslegung der LL-IL-Schleife vorsorgliche Maßnahmen in Form einer Änderung von zwei T-förmigen-Kreuzungen zu X-förmigen-Kreuzungen ergriffen.
- In den späteren Bauphasen müssen Anpassungen vorgenommen und zusätzliche Ausrüstungen eingerichtet werden, um die etwaige Inbetriebnahme eines LL-LL-Einlagerungsbereichs zu erleichtern. Dies betrifft insbesondere den Bereich des Entnahmebauwerks für ETH und den LL-IL-Einlagerungsbereich, der um den LL-LL-Einlagerungsbereich erweitert wird. Dabei werden die gleichen Auslegungsgrundsätze wie bei der Endlagerung von LL-IL-

Gebinden angewandt und die säkulare Betriebsdauer der kerntechnischen Anlage berücksichtigt.

([37] Kap. 3.5)

Sicherheit der kerntechnischen Anlage in Hinblick auf die Endlagerung der Gebinde des Reserveinventars

Die Sicherheit der kerntechnischen Anlage, die im Falle der Endlagerung von Abfallgebinden aus dem Referenzinventar während des Betriebs- und der Nachbetriebsphase gewährleistet ist, muss gegenüber den spezifischen Risiken, die mit der Endlagerung von Abfallgebinden aus dem Reserveinventar verbunden sind, gewahrt bleiben ([37] Kap. 4.1).

Besonderheiten der Endlagerung von Gebinden des Reserveinventars

Die Gebinde des Reserveinventars und ihre Endlagerung im Cigéo weisen eine Reihe von Besonderheiten auf, die entweder mit der größeren Gebindeanzahl und/oder den spezifischen Eigenschaften bestimmter Gebinde oder mit den Anpassungen der Auslegung der Anlagen/Bauwerke für ihre Einlagerung zusammenhängen ([37] Kap. 4.2):

Intrinsische Eigenschaften der HA- und LL-IL-Abfallgebinde

Die HA- und LL-IL-Abfallgebinde des Reserveinventars weisen die gleichen Eigenschaften auf wie die Abfallgebinde des Referenzinventars. Die Berücksichtigung der gewählten Inventarszenarien führt zu einer veränderten Anzahl von HA- und LL-IL-Einlagerungsstrecken. ([37] Kap. 4.2.1.1.1)

Intrinsische Eigenschaften der Gebinde mit nicht wiederaufbereiteten Brennelementen

Die wichtigsten intrinsischen Eigenschaften von Gebinden mit nicht wiederaufbereiteten Brennelementen, die sich von denen von HA-Abfallgebinden unterscheiden und deren Auswirkungen auf den Sicherheitsnachweis analysiert wurden, sind:

- die unterschiedliche Beschaffenheit der inneren Komponenten nicht wiederaufbereiteter Brennelemente (Matrix und Strukturstähle) in Bezug auf die Freisetzung von Radionukliden
- das Vorhandensein größerer Mengen bestimmter kurzlebiger und langlebiger Radionuklide in Hinblick auf
 - die Analyse des Expositionsriskos durch ionisierende Strahlung und damit der Auswirkungen auf die Dimensionierung bestimmter Ausrüstungen (z. B. Dicke der Transferhaube für die Endlagergebinde der nicht wiederaufbereiteten Brennelemente oder des Strahlenschutzstopfens für die Einlagerungsstrecken mit nicht wiederaufbereiteten Brennelementen)
 - die Analyse des Kritikalitätsrisikos unter Berücksichtigung des höheren Anteils an spaltbarem Material, insbesondere U-235 und Pu-239
 - die Bewertung der Auswirkungen auf den Menschen für langlebige mobile Radionuklide, insbesondere I-129
- die Länge der Gebinde mit nicht wiederaufbereiteten Brennelementen und damit die Dimensionierung der Transferhaube und damit möglicherweise auch der Ausrüstungen und Anlagen der kerntechnischen Anlage in Verbindung mit der damit verbundenen Betriebssicherheit

([37] Kap. 4.2.1.1.2)

Intrinsische Eigenschaften der LL-LL-Gebinde

Das Vorhandensein von Graphitabfällen stellt in Bezug auf die intrinsischen Eigenschaften von LL-LL-Abfällen und die Sicherheit gegenüber internen Gefahren (insbesondere hinsichtlich der

Brandgefahr) in der Betriebsphase und gegenüber der Freisetzung in der Nachbetriebsphase eine Besonderheit dar ([37] Kap. 4.2.1.1.3).

Was die betrachteten Endlagerbehälter betrifft, so sind die Endlagerbehälter CBF-C2K und CBFK-B zwar spezifische Behälter für LL-LL-Gebinde, aber ihre Eigenschaften werden von denen der LL-IL-Behälter abgedeckt. Die anderen Behälter sind identisch mit denen, die für die LL-IL-Gebinde im Referenzinventar angenommen wurden. ([37] Kap. 4.2.1.1.3).

Auswirkungen der Schutzbestimmungen oder Anpassungen der Auslegung der kerntechnischen Anlage auf die Betriebs- bzw. Nachbetriebssicherheit

Die bereits in der ersten Bauphase umgesetzten Schutzbestimmungen haben keine Auswirkungen auf die Nachbetriebssicherheit, da die einzige in der untertägigen Anlage umgesetzte Anpassung keine Komponenten betrifft, die die Sicherheitsfunktionen nach der Stilllegung gewährleisten ([37] Kap. 4.2.2.1).

Die Erweiterungen der Einlagerungsbereiche werden für die Nachbetriebssicherheit der kerntechnischen Anlage im Hinblick auf bestimmte Annahmen berücksichtigt. Vor allem das hydrogeologische Standortmodell für die Gegenwart und die nächste Million Jahre bleibt gültig, da es unabhängig von Auslegungsänderungen ist. ([37] Kap. 4.2.2.2)

Was die Betriebsphase betrifft, so haben die für das EP1 geplanten Schutzbestimmungen sowie die für den LL-IL-Einlagerungsbereich identifizierten Maßnahmen ebenfalls keine Auswirkungen auf die Sicherheit. Die Maßnahmen, die den Portalbereich der Rampe betreffen, stehen in direktem Zusammenhang mit der Dimensionierung der Transferhauben für nicht wiederaufbereitete Brennelemente, deren Abmessungen es ermöglichen, die Schutzziele hinsichtlich des Risikos der Exposition gegenüber ionisierenden Strahlen einzuhalten. Die Betriebssicherheit ist somit bereits in den für diese Ausrüstung festgelegten vorsorglichen Maßnahmen berücksichtigt. ([37] Kap. 4.2.2.1)

Die Auswirkungen der in den späteren Bauphasen umgesetzten vorsorglichen Maßnahmen auf die Betriebssicherheit werden in Zusammenhang mit der schrittweisen Errichtung der Anlage analysiert. Die Möglichkeit der Endlagerung von Gebinden des Reserveinventars und damit die Berücksichtigung der damit verbundenen Sicherheitsrisiken, insbesondere in Bezug auf die Risiken der Koaktivität, werden stets als Input für Auslegungsänderungen einbezogen. ([37] Kap. 4.2.2.2)

Vorläufige Sicherheitsanalyse für die Nachbetriebsphase

Das Fehlen eines Elements, das in Bezug auf die mit der Auslegung der Anlage verbundene Sicherheit gegen die Endlagerung der Abfälle des Reserveinventars spricht, wird durch die Durchführung einer vorläufigen Sicherheitsanalyse für die Nachbetriebsphase überprüft ([37] Kap. 4.1).

Analyse der phänomenologischen Entwicklung des Endlagersystems

Unter Beibehaltung der gleichen Auslegungsgrundsätze und der günstigen Eigenschaften des Wirtsgesteins weist das Endlagersystem für Gebinde des Reserveinventars, unabhängig von den betrachteten Gesamtarchitekturen, eine ähnliche phänomenologische Funktionsweise auf wie das Endlagersystem für Gebinde des Referenzinventars. Dies gilt auch für das Verhalten von Radionukliden und chemo-toxischen Stoffen. ([37] Kap. 4.3.1.4).

Analyse der Leistung des Endlagersystems

Wie bei der mit dem Referenzinventar verbundenen Endlagerarchitektur bleibt die Leistung des Endlagersystems in Bezug auf die drei Sicherheitsfunktionen

- Begrenzung der Wasserzirkulation innerhalb des Endlagers,
- Begrenzung der Freisetzung der Radionuklide und chemo-toxischen Stoffe und deren Immobilisierung in den Einlagerungsstrecken sowie
- Migration von Radionukliden und chemo-toxischen Stoffen verzögern und begrenzen

aufgrund der günstigen Eigenschaften des Wirtsgesteins und der gemeinsamen Grundprinzipien der Auslegung unabhängig vom jeweiligen Inventar auch in Bezug auf das Reserveinventar gewährleistet. ([37] Kap. 4.3.1.5)

In Bezug auf die (Teil-)Funktion „**Begrenzung der Wasserzirkulation innerhalb des Endlagers**“ verändern die wenigen Anpassungen der untertägigen Bauwerke nicht das Wasserregime und die Bedingungen für den Transport von Radionukliden und chemo-toxischen Stoffen in die untertägigen Bauwerke, die weiterhin überwiegend diffusiv sind. Der Großteil des Wassers, das zu den LSF gelangt, stammt aus den LL-IL-Einlagerungsbereichen. Wie bei der HA-Endlagerung ist der hydraulische Beitrag des Einlagerungsbereichs für nicht wiederaufbereitete Brennelemente vernachlässigbar, da sie sich in der „hydraulischen Abwärtsrichtung“ der horizontalen Strömungen im Oxfordium befindet. ([37] Kap. 4.3.1.5.1)

In Bezug auf die (Teil-)Funktion „**Begrenzung der Freisetzung der Radionuklide und chemo-toxischen Stoffe und deren Immobilisierung in den Einlagerungsstrecken**“ sind die Flüsse langlebiger mobiler Radionuklide, die die Grenzen des Wirtsgesteins erreichen, wie beim Referenzinventar insgesamt proportional zu den gespeicherten radiologischen Inventaren ([37] Kap. 4.3.1.5.2).

In Bezug auf die (Teil-)Funktion „**Migration von Radionukliden und chemo-toxischen Stoffen verzögern und begrenzen**“ ist der Haupttransportpfad wie beim Referenzinventar das Wirtsgestein. Die Transportzeiten durch Diffusion aus den Einlagerungsstrecken sind identisch mit denen des Referenzinventars für das SEN und liegen in der Größenordnung von 100 000 bis 200 000 Jahren für die abdeckende Situation und von 700 000 bis 800 000 Jahren für die Referenzsituation. In einer Million Jahren bleibt der Anteil des ursprünglichen Gesamtinventars an langlebigen mobilen Radionukliden, der die Entnahmestellen erreicht hat, unter einigen wenigen Prozent für die Referenzsituation und 30 % für die abdeckende Situation, unabhängig vom jeweiligen Radionuklid. ([37] Kap. 4.3.1.5.3)

Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit

Für das **SR1 + LL-LL-Gebinde** liegen die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit in der Referenzsituation des SEN in der Größenordnung von einem Mikrosievert pro Jahr. In der abdeckenden Situation des SEN bleibt sie gering und in der gleichen Größenordnung wie diejenige, die bei der Endlagerung von Abfallgebinden des Referenzinventars für diese Situation ermittelt wurde und erreicht ihr Maximum nach mehr als 500 000 Jahren. ([37] Kap. 4.3.1.6.1)

Für das abdeckende **SNR + LL-LL-Gebinde** erreichen die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit in der Referenzsituation des SEN maximal 25 μ Sv/a und liegen damit etwa eine Größenordnung unter dem Referenzwert von 0,25 mSv/a. Diese Dosis wird hauptsächlich durch das I-129 aus den nicht wiederaufbereiteten Brennelementen gesteuert. In der abdeckenden Situation des SEN werden die radiologischen Auswirkungen hauptsächlich durch Se-79 aus den HA-Gebinden und in geringerem Maße durch I-129 aus den nicht wiederaufbereiteten Brennelementen gesteuert. Die

größte Auswirkung erfolgt an der Entnahmestelle (DFZ und/oder *Marne*-Störung im *Oxfordien*) und liegt in der Größenordnung von **0,2 mSv/a bis 0,4 mSv/a** (je nach betrachteter Altersklasse und Biosphäre). Diese Werte stellen aufgrund der konservativen Annahmen (z. B. instantane Freisetzung, Transport- und Rückhalteparameter) der abdeckenden Situation eine obere Grenze für die kumulativen Auswirkungen der verbleibenden Wissensungleichheiten beim SEN dar. ([37] Kap. 4.3.1.6.2)

Vorläufige Sicherheitsanalyse für die Betriebsphase

Analog zur Nachbetriebsphase wird das Fehlen eines Elements, das in Bezug auf die mit der Auslegung der Anlage verbundene Sicherheit gegen die Endlagerung der Abfälle des Reserveinventars spricht, durch die Durchführung einer vorläufigen Sicherheitsanalyse für die Betriebsphase überprüft ([37] Kap. 4.1).

Da die Eigenschaften der HA- und LL-IL-Gebinde des Reserveinventars identisch mit denen der gleichen Gebinde des Referenzinventars sind, deckt die für letztere durchgeführte Betriebssicherheitsanalyse die HA- und LL-IL-Gebinde des Reserveinventars ab. Um dem Ziel der Anpassungsfähigkeit gerecht zu werden, wird die Betriebssicherheitsanalyse für nicht wiederaufbereitete Brennelemente und LL-LL-Gebinde wie folgt umgesetzt:

- Analyse der Eigenschaften dieser Gebinde (basierend auf den charakteristischen Größen, die für die Auslegung relevant sind) um festzustellen, ob sie zu einem höheren Risikoniveau oder zu neuen Risiken im Vergleich zu den Abfällen des Referenzinventars führen.
- Wenn die Eigenschaften dieser Gebinde nicht durch die Eigenschaften der Gebinde des Referenzinventars abgedeckt sind, wird eine dedizierte Sicherheitsanalyse in den folgenden drei Schritten durchgeführt:
 - Risikoanalyse
 - Analyse nach Betriebssituationen
 - Bewertung der radiologischen und nicht-radiologischen Auswirkungen verschiedener Betriebssituationen, um insbesondere die Einhaltung der Schutzziele zu überprüfen.

([37] Kap. 4.3.2.1)

Auswirkung der Endlagerung von nicht wiederaufbereiteten Brennelementen

Im Falle der Endlagerung von nicht wiederaufbereiteten Brennelementen in der kerntechnischen Anlage Cigéo sind in der ersten Bauphase keine zusätzlichen Vorkehrungen erforderlich, um die Schutzfunktionen der kerntechnischen Anlage zu erfüllen. Die zu berücksichtigenden spezifischen Dimensionierungen, die im Wesentlichen die Oberflächenanlagen betreffen, sind folgende:

- In der ersten Bauphase: Anpassung des Portalbereichs der Rampe an die Abmessungen der Transferhaube für nicht wiederaufbereitete Brennelemente
- In späteren Bauphasen: Auslegung des gemeinsam genutzten EP2 in Verbindung mit den Risiken, die durch die spezifischen Eigenschaften der Gebinde mit nicht wiederaufbereiteten Brennelementen entstehen

([37] Kap. 4.3.2.2.4)

Die radiologischen Auswirkungen auf den Menschen liegen in allen Anlagenzuständen (Normalbetrieb, anomaler Betrieb, Störfälle und Unfallsituationen) weit unter den von ANDRA festgelegten Schutzzielen:

- im Normalbetrieb und im anomalen Betrieb $< 2 \cdot 10^{-6}$ mSv/a und
- bei Störfällen und Unfallsituationen maximal in der Größenordnung von einigen μ Sv.

([37] Kap. 4.3.2.2.4)

Auswirkung der Endlagerung von LL-LL-Gebinden

Im Falle der Endlagerung von LL-LL-Gebinden in der kerntechnischen Anlage Cigéo werden die Schutzfunktionen der kerntechnischen Anlage für die an die Aufnahme dieser Gebinde angepassten Anlagen, die in der ersten Bauphase gebaut werden, erfüllt ([37] Kap. 4.3.2.3.4).

In den späteren Bauphasen ist die Anpassung der Bewetterungskapazitäten der untertägigen Anlage im Hinblick auf die Erhöhung der Anzahl der Einlagerungsstrecken im LL-IL-Einlagerungsbereich zu berücksichtigen, um das Risiko der Freisetzung radioaktiver Stoffe zu beherrschen. Darüber hinaus sind die Bestimmungen zur Risikobeherrschung und die radiologischen Auswirkungen auf den Menschen bei der Endlagerung von LL-LL-Gebinden durch die Bestimmungen für die Endlagerung von LL-IL-Gebinden abgedeckt. ([37] Kap. 4.3.2.3.4)

Schlussfolgerung über die Eignung der kerntechnischen Anlage für die Endlagerung der Gebinde des Reserveinventars

Die Anpassungsfähigkeitsstudien zeigen, dass die gewählte Auslegung der kerntechnischen Anlage die technische Möglichkeit der Aufnahme von Abfällen aus dem Reserveinventar bewahrt. Des Weiteren zeigt die Untersuchung der potenziellen Auswirkungen auf den Sicherheitsnachweis, dass die Entscheidung, die wichtigsten Auslegungsgrundsätze für das Reserveinventar beizubehalten, die konservativen Anpassungen der Auslegung und die Besonderheit der Gebinde die Sicherheit der kerntechnischen Anlage Cigéo nicht in Frage stellen. ([37] Kap. 5)

Anhang 7m – Pièce 7 Partie IV Volume 13

Version préliminaire du rapport de sûreté

Volumes complémentaires répondant au III de l'article R.593-16 du code de l'environnement

La récupérabilité des colis de déchets stockés

Vorläufiger Sicherheitsbericht

Zusätzliche Bände gemäß Artikel R.593-16 III des Umweltgesetzes

Die Rückholbarkeit von eingelagerten Abfallgebinden

Kurzzusammenfassung:

Während die Rückholmaßnahmen für eine begrenzte Anzahl von Gebinden während des Betriebs (im Normalbetrieb oder nach einem Unfall) in [30] bzw. Anhang 7e und [34] behandelt werden, behandelt diese Unterlage die sogenannten hypothetischen Rückholmaßnahmen. Es werden die wichtigsten Sicherungsmaßnahmen dargestellt, die bereits bei der Errichtung umgesetzt werden, um die Rückholmaßnahmen zu erleichtern, die der hypothetischen Rückholung einer großen Anzahl von Gebinden genügen. Weiterhin werden die vorgesehenen Mittel und die damit verbundenen betrieblichen Vorkehrungen skizziert.

Zusammenfassung:

Die Reversibilität wird in Artikel L. 542.10-1 des französischen Umweltgesetzes definiert als „*die Möglichkeit nachfolgender Generationen, den Bau und den Betrieb aufeinanderfolgender Abschnitte eines Endlagers entweder fortzusetzen oder die zuvor getroffenen Entscheidungen neu zu bewerten und die Entsorgungslösungen weiterzuentwickeln*“.

Die Reversibilität wird durch die schrittweise Errichtung, die Anpassungsfähigkeit der Auslegung und die Flexibilität des Betriebs des Endlagers für radioaktive Abfälle erreicht. Dies ermöglicht es, den technologischen Fortschritt zu integrieren und sich an mögliche Entwicklungen des Abfallinventars, insbesondere infolge von Änderungen in der Energiepolitik, anzupassen.

Reversibilität schließt die Möglichkeit ein, bereits eingelagerte Abfallgebinde zurückzuholen.

Die von ANDRA vorgesehenen Vorkehrungen zur Gewährleistung der Reversibilität des Endlagers entsprechen somit den folgenden vier Aspekten:

- i. inkrementelle Entwicklung der Auslegung und Fortschritt des Baus
- ii. Flexibilität des Betriebs
- iii. Anpassungsfähigkeit der Anlagen
- iv. Rückholbarkeit

Diese Unterlage konzentriert sich auf die sogenannten hypothetischen Rückholmaßnahmen. Es werden die wichtigsten Sicherungsmaßnahmen dargestellt, die bereits bei der Errichtung umgesetzt werden, um die Rückholmaßnahmen zu erleichtern, die der hypothetischen Rückholung einer großen Anzahl von Gebinden genügen.

Rückholbarkeitsskala

Die Kernenergieagentur (*Nuclear Energy Agency*, NEA) hat eine internationale Skala für die Rückholbarkeit von Abfallgebinden vorgeschlagen, die sich an den verschiedenen Phasen der Einlagerung in geologischen Formationen (Anfangsphase bis Nachbetrieb) orientiert. Diese Skala wird in Stufen der Rückholbarkeit ausgedrückt, die von 1 bis 6 reichen. Diese Unterlage behandelt nur die Rückholung von Endlagergebinden über den säkularen Zeitraum des Betriebs des Cigéo, d. h. bis zur Stufe 4 der NEA-Skala. ([38], Kap. 1.1.3).

- Stufe 1: Die Abfallgebinde befinden sich in der Oberflächenanlage oder werden für Versuche in den untertägigen Anlagen verwendet. Der Übergang von Stufe 1 zu Stufe 2 erfolgt, wenn die Endlagergebinde zur Endlagerung in eine Einlagerungsstrecke eingebracht werden. Die Einlagerungsstrecke wird in Stufe 2 überführt, sobald die erste Einlagerung erfolgt ist.
- Stufe 2: Die Einlagerungsbauwerke werden verfüllt:
 - für die LL-IL-Einlagerungsstrecke endet diese Stufe zum Ende der Einlagerung der LL-IL-Endlagergebinde, mit der Errichtung der Strahlenschutzwand des Betriebsendes, wobei die Bewetterungsvorrichtung nicht abgeschaltet wird.
 - für die HA-Einlagerungsstrecke endet diese Stufe zum Ende der Einlagerung der HA-Endlagergebinde, mit der Errichtung des Verschluss- und Strahlenschutzstopfens des Betriebsendes, wobei die Vorrichtungen zur Ableitung von Fluiden (Wasser, Gas) am Kopf der Einlagerungsstrecke nicht verschlossen werden.

Dieses Niveau der Rückholbarkeit kann vom Betreiber in Erwartung einer Stilllegungsentscheidung über mehrere Jahrzehnte aufrechterhalten werden.

- Stufe 3: Die Ableitung von Fluiden aus den HA-Einlagerungsstrecken und die Bewetterung der LL-IL-Einlagerungsstrecken werden eingestellt. Danach werden die Verschlussbauwerke errichtet; darunter fallen die Verfüllung der Zugangsstrecken zu den HA-Einlagerungsstrecken, die Verfüllung der Zugangsstrecken und der Abwetterverbindungsstrecke der LL-IL-Einlagerungsstrecken. Die Stufe 3 endet, wenn die Verfüllung des betreffenden Einlagerungsbereichs beginnt.
- Stufe 4: Der betreffende Einlagerungsbereich oder alle Einlagerungsbereiche werden verfüllt, wobei die für die untertägigen Bauwerke (einschließlich der LSF) geeigneten Verschlussbauwerke errichtet werden.

Rückholszenarien

Es werden folgende Rückholszenarien untersucht:

- Rückholung während des Betriebs: HA- und LL-IL-Einlagerungsstrecken werden gerade befüllt (entspricht Stufe 2 der Rückholbarkeitsskala); Rückholung eines
 - nicht kontaminierten LL-IL-Endlagergebindes, das zurück an die Oberfläche gebracht wird ([38], Kap. 4.1.1);

- nicht kontaminierten LL-IL-Endlagergebundes; Verbringen in eine andere LL-IL-Einlagerungsstrecke ([44], Kap. 4.1.2);
 - nicht kontaminierten HA-Endlagergebundes, das zurück an die Oberfläche gebracht wird ([38], Kap. 4.1.3);
 - nicht kontaminierten HA-Endlagergebundes, das in eine andere HA-Einlagerungsstrecke gebracht wird ([38], Kap. 4.1.4) (siehe auch [30]).
- Hypothetische Rückholszenarien:
 - LL-IL-Einlagerungsstrecke auf Stufe 2, vollständige Rückholung aller nicht kontaminierten Endlagergebünde nach über Tage ([38], Kap. 4.2.1);
 - Keine Fortsetzung des Projekts nach Abschluss der PhiPil, Rückholung aller nicht kontaminierten Endlagergebünde ([38], Kap. 4.2.2);
 - LL-IL-Einlagerungsbereich auf Stufe 4 (verschlossener LL-IL-Einlagerungsbereich), Wiedereröffnung von Strecken und Einlagerungsstrecken, Rückholung einer nicht-kontaminierten Abfallfamilie von LL-IL-Endlagergebünden ([38], Kap. 4.2.3);
 - HA-Einlagerungsbereich auf Stufe 2, vollständige Rückholung aller Endlagergebünde aus dem HA-Pilotlager, die mit Stahlaktivierungsprodukten kontaminiert sind, nach über Tage ([38], Kap. 4.2.4);
 - Stufe 4 (verschlossener Einlagerungsbereich), Wiedereröffnung der Strecken und Einlagerungsstrecken des HA-Pilotlagers, Rückholung aller mit Stahlaktivierungsprodukten kontaminierten Endlagergebünde nach über Tage ([38], Kap. 4.2.5);
 - Hypothetische Rückholszenarien nach einem Störfall
 - Rückholung eines kontaminierten „handhabbaren“ LL-IL-Endlagergebundes nach Fixierung der Kontamination ([38], Kap. 4.3.1): Die Möglichkeit einer Kontamination eines Endlagergebundes wird als unwahrscheinlich angesehen und im Hinblick auf die Robustheit der Anlage untersucht. Es handelt sich um einen Störfall mit Mehrfachversagen von Sicherheitseinrichtungen, für den mehrere Managementoptionen in Betracht gezogen werden:
 - Neukonfiguration des zweiten Einschlusssystems (Einbau zusätzlicher HEPA-Filter (am Eingang und Ausgang der Einlagerungsstrecke) und Fortsetzung der Einlagerung;
 - Durchführung von Maßnahmen zum vorzeitigen Verschluss der Einlagerungsstrecke;
 - Rückholung des fehlerhaften Endlagergebundes aus der Einlagerungsstrecke (siehe auch [30]);
 - Rückholung eines „handhabbaren“ HA-Endlagergebundes, das infolge einer lokal begrenzten Veränderung oder durch den Integritätsverlust eines benachbarten Endlagergebundes kontaminiert wurde ([38], Kap. 4.3.2).

Anhang 8 – Pièce 8

Etude de maîtrise de risques

Risikomanagementstudie

Kurzzusammenfassung:

Wie bei jeder kerntechnischen Anlage in Frankreich basiert die Risikomanagementstudie (*Étude de maîtrise des risques*, EMR) auf Artikel R. 593-16 I. 8° des französischen Umweltgesetzes. Ihr Inhalt ist in Artikel R. 593-19 festgelegt und wird für die kerntechnische Anlage Cigéo durch Artikel R. 593-16, III. ergänzt. Die vorliegende EMR umfasst daher auch eine Darstellung der Vorkehrungen, die vorgesehen sind, um die Reversibilität des Endlagers zu gewährleisten, wie es in Artikel L. 542-10-1 vorgeschrieben ist.

Die Unterlage enthält eine Bestandsaufnahme der Risiken, die von der geplanten Anlage ausgehen, sowie die technischen Bestimmungen und menschlichen und organisatorischen Maßnahmen, die eingesetzt werden, um

- den Schutz der Interessen, d. h. die öffentliche Sicherheit, Gesundheit und Gesundheitsfürsorge sowie den Natur- und Umweltschutz, auch in der langfristigen Nachbetriebsphase zu gewährleisten und
- nachfolgenden Generationen die Möglichkeit zu geben, entweder die Errichtung und den Betrieb aufeinanderfolgender Abschnitte des Endlagers fortzusetzen oder frühere Entscheidungen neu zu bewerten und die Entsorgungslösungen weiterzuentwickeln, indem die Errichtung schrittweise erfolgt, der Betrieb flexibel ist, die kerntechnische Anlage anpassungsfähig ist und die Gebinde rückholbar sind.

Die Unterlage enthält außerdem eine allgemeinverständliche Zusammenfassung der EMR, um der Öffentlichkeit die Kenntnisnahme der darin enthaltenen Informationen zu erleichtern.

Zusammenfassung:

Die EMR bündelt im Wesentlichen verschiedene Aspekte, die in verschiedenen Antragsunterlagen dargelegt werden. Um Wiederholungen zu vermeiden, wird an dieser Stelle auf eine eigenständige Zusammenfassung der EMR verzichtet und lediglich auf die entsprechenden Abschnitte im Hauptteil bzw. Anhänge verwiesen.

- kerntechnische Anlage Cigéo (siehe Abschnitt 6.1)
- Sicherheitsansatz (siehe Anhang 7b)
- Risikobeherrschung nach der Stilllegung (siehe Anhang 7h)
- Risikobeherrschung während des Betriebs (siehe Anhang 7i)
- Reversibilität der Endlagerung
 - schrittweise Errichtung der Anlage (siehe Anhang 7j)
 - Flexibilität des Betriebs der kerntechnischen (siehe Anhang 7k)
 - Anpassungsfähigkeit an das Reserveinventar (siehe Anhang 7l)
 - Rückholbarkeit von eingelagerten Abfallgebinden (siehe Anhang 7m)

Anhang 9 – Pièce 9

Capacités techniques de l'exploitant

Technische Kapazitäten des Betreibers

Kurzzusammenfassung:

In Anwendung der Artikel L. 542-1, L. 593-7 III. und R. 593-16, I. 9° des französischen Umweltgesetzes beschreibt diese Unterlage die von ANDRA (Betreiber) im Laufe der Zeit vorgesehenen technischen und personellen Ressourcen sowie die bestehende und geplante Organisation zur Steuerung der Tätigkeiten innerhalb der kerntechnischen Anlage Cigéo, wobei insbesondere die Erfahrungen aus Errichtung und Betrieb seiner anderen Endlager herangezogen werden.

Zusammenfassung:

-

Anhang 10 – Pièce 10

Capacités financières de l'exploitant

Finanzielle Ausstattung des Betreibers

Kurzzusammenfassung:

In Anwendung der Artikel L. 593-7, III. und R. 593-16, I. 10° des französischen Umweltgesetzes soll diese Unterlage den Nachweis erbringen, dass der Betreiber der kerntechnischen Anlage Cigéo unter Beachtung des Schutzes der Interessen und des Grundsatzes der Vorgorge und der Begrenzung der Lasten, die von künftigen Generationen getragen werden, über ausreichende finanzielle Kapazitäten für das Projekt (Planung, Errichtung und Betrieb) und die Übernahme aller Kosten für Rückbau, Stilllegung, Schließung, Wartung und Überwachung verfügt.

Zusammenfassung:

-

Anhang 11– Pièce 11

Justification de la maîtrise foncière des terrains

Zustimmungserklärung für die Nutzung der Grundstücke

Kurzzusammenfassung:

In einem Antrag auf DAC gemäß Artikel L. 593-7, III. und Artikel R. 593-16, I. 11° des französischen Umweltgesetzes hat diese Unterlage normalerweise den Zweck, für den Fall, dass der Betreiber nicht Eigentümer der künftigen kerntechnischen Anlage oder des Grundstücks ist, auf dem die kerntechnische Anlage errichtet wird, ein vom Eigentümer ausgestelltes Dokument vorzulegen, das bestätigt, dass er dem Betrieb der Anlage oder der Nutzung seines Grundstücks zugestimmt hat und dass er über die Verpflichtungen, die ihm auferlegt werden können, informiert ist.

Für die kerntechnische Anlage Cigéo sieht Artikel R. 593-16, III. vor, dass dieses Dokument in der Genehmigungsphase für die Errichtung gemäß dem neunten Absatz von Artikel L. 542-10-1 desselben Gesetzes nicht erforderlich ist.

Zur ordnungsgemäßen Information der Öffentlichkeit beschränkt sich diese Unterlage daher darauf, auf diese Besonderheit hinzuweisen und diese kurz zu erklären.

Zusammenfassung:

-

Anhang 12 – Pièce 12

Servitudes et demande de périmètres de protection et de droit exclusif *Dienstbarkeiten und Antrag von Schutzzonen und Exklusivrechten*

Kurzzusammenfassung:

Die kerntechnische Anlage Cigéo kann zwei Kategorien von Dienstbarkeiten oder Rechten in Form von Begrenzungen unterliegen, die unter zwei verschiedene Rechtssysteme fallen:

- ein obligatorisches System, das in Artikel L. 542-10-1 des französischen Umweltgesetzes genannt wird und besagt, dass das Dekret zur Genehmigung des Endlagers die Festlegung
 - einer Schutzzone (innerhalb dessen die Verwaltungsbehörde Arbeiten oder Aktivitäten verbieten oder reglementieren kann) und
 - eines Bereichs mit Exklusivrecht (innerhalb dessen ANDRA das Recht hat, Arbeiten durchzuführen, ohne Eigentümer des Grundstücks zu sein)

beinhalten muss;

- ein fakultatives System (Artikel L. 593-5 des französischen Umweltgesetzes), das es ANDRA ermöglicht, um die kerntechnische Anlage Cigéo herum die Einrichtung von Dienstbarkeiten zu beantragen, die die Nutzung des Geländes durch Dritte regeln sollen (Art der erlaubten Aktivitäten, Arbeiten oder Bauten). Diese als SUP bezeichneten Dienstbarkeiten sollen die Anwohner und die Umwelt im Falle des Eintretens eines Risikos schützen.

Diese Unterlage stellt somit die gesetzlichen Grenzen vor, die von Artikel L. 542-10-1 des französischen Umweltgesetzes im Rahmen der Vorschriften zur nachhaltigen Entsorgung radioaktiver Stoffe und Abfälle aufgerufen werden, und erklärt die Gründe, warum es ANDRA nicht notwendig erscheint, die Einrichtung von SUP ab der Errichtung der kerntechnischen Anlage Cigéo gemäß Artikel R. 593-16, I. 12° des französischen Umweltgesetzes zu beantragen.

Zusammenfassung:

-

Anhang 13 – Pièce 13

Plan de démantèlement, de fermeture et de surveillance

Rückbau-, Stilllegungs- und Überwachungsplan

Kurzzusammenfassung:

Gemäß Artikel R. 593-16, II. des französischen Umweltgesetzes ist dem Antrag für die DAC der kerntechnischen Anlage Cigéo ein Rückbau-, Stilllegungs- und Überwachungsplan beizufügen.

In dieser Unterlage werden die vorgeschlagenen allgemeinen Grundsätze und die geplanten Schritte für den Rückbau, die Stilllegung und die Überwachung nach der endgültigen Stilllegung der kerntechnischen Anlage Cigéo dargelegt.

Zusammenfassung:

In dieser Unterlage werden die allgemeinen Grundsätze und die geplanten Schritte und Fristen für den Rückbau, die Stilllegung und die Überwachung nach der endgültigen Stilllegung der kerntechnischen Anlage Cigéo dargelegt:

- Rückbau von Teilen der Anlage, die für den Betrieb nicht mehr erforderlich sind
- Stilllegung der untertägigen Anlage
- Überwachung der Anlage nach der Stilllegung

Der Rückbau-, Stilllegungs-, und Überwachungsplan wird in verschiedenen Projektphasen aktualisiert:

- bei der Inbetriebnahme der Anlage
- bei jeder Änderung des Genehmigungsantrags
- ggf. bei den regelmäßigen Überprüfungen während der Betriebsphase
- bei der Erklärung der endgültigen Stilllegung (am Ende der Betriebsphase der kerntechnischen Anlage Cigéo)

Zeitplan für Rückbau- und Stilllegung

Die geplante Zeitplanung für die Rückbau- und Stilllegungsmaßnahmen sieht zum jetzigen Zeitpunkt wie folgt aus ([44], Kap. 2.4.2):

- 2080: Verschluss des HA-Pilotlagers;
- 2100-2150: Betriebsende des EP1 nachdem die Verfüllarbeiten der LL-IL-Einlagerungsbereiche abgeschlossen wurden. Der Rückbau der mit dem Betrieb verbundenen Anlagen/Bauwerke wird dann gemäß den Empfehlungen des ASN-Leitfadens Nr. 6 [103] eingeleitet. Der Rückbau des EP1 erfolgt parallel zum Rückbau des EP2 (siehe auch [10] bzw. Anhang 2);
- Bis zum Jahr 2130: nach Auffahrung des letzten HA-Einlagerungsbereichs erfolgt der Rückbau der mit den Auffahrungsarbeiten verbundenen Bauwerke;
- 2150: nach der Verfüllung des HA-Einlagerungsbereichs erfolgt seine Stilllegung;
- bis zum Jahr 2150:

- Rückbau der Bauwerke und Ausrüstungen, die mit dem Betrieb verbunden sind und für die späteren Rückbauphasen als nicht notwendig erachtet werden.
- das EP2 wird zurückgebaut und stillgelegt. Die mit seinem Betrieb verbundenen Anlagen (Wachposten, Zäune, zugehörige elektrische Umspannstation) werden ebenfalls zurückgebaut;
- am Ende der Stilllegung des letzten HA-Einlagerungsbereichs wird mit dem Rückbau der Bauwerke begonnen, die mit der Stilllegung der Einlagerungsstrecken verbunden sind;
- Wenn die Stilllegung der untertägigen Anlagen bis zu den LSF abgeschlossen ist, werden die mit den Stilllegungsmaßnahmen verbundenen übertägigen Anlagen zurückgebaut;
- anschließend wird mit dem Rückbau der letzten Bauwerke (einige Versorgungsbauwerke) begonnen.

Ablauf der Stilllegung der kerntechnischen Anlage Cigéo

Verfüllung und Verschluss der LL-IL-Einlagerungsstrecken und -bereiche

Zu Verfüllung und Stilllegung der LL-IL-Einlagerungsstrecken und -bereiche gehören folgende vorbereitende Maßnahmen ([44], Kap. 4.1.1):

- Anbringen der Elemente der Strahlenschutzwand
- Kontaminationstest der Wartungszelle
- Einkapselung der Ausrüstung der Einlagerungsstrecke

Die anschließenden Stilllegungsmaßnahmen werden in folgenden Schritten durchgeführt ([44], Kap. 4.1.3):

- Schritt 1: Verschluss einer LL-IL-Einlagerungsstrecke
 - Kontaminationstest
 - Rückbau der Ausrüstung der Wartungszelle
 - Einsatz einer Sonderbewetterung und Einstellung der betrieblichen Bewetterung der Einlagerungsstrecke
 - Anbringen der Verschlüsse zur Einlagerungsstrecke an der T-Kreuzung und der biologischen Schrauben der Rückwand zur Einlagerungsstrecke mit Hilfe von wasserdichten Tapes
 - Rückbau der Ausrüstung für die Handhabung von Endlagergebinden und der Wartungszelle
- Schritt 2: Verschluss der Zugangsstrecke und der Verbindung zur Abwetterung aus der LL-IL-Einlagerungsstrecke
 - Rückbau der Betriebsausrüstung der Zugangsstrecke einschließlich des Andockbereichs
 - Einbau von Haldenmaterial (Tongestein) in die Wartungszelle und die Zugangsstrecke
 - Parallel dazu wird die Ausrüstung abgebaut und in der Abwetterverbindungsstrecke Verfüllmaterial aus der Halde eingebracht
- Schritt 3: Verschluss der Verbindungsstrecken
 - Rückbau der gesamten Bau- und Betriebsausrüstung
 - Verfüllung der Strecken des LL-IL-Einlagerungsbereichs mit tonhaltigem Aushub (von der Halde) in aufeinanderfolgenden Abschnitten
 - Errichtung der Verschlussbauwerke

Verfüllung und Verschluss der HA-Einlagerungsstrecken und -bereiche

Zu Verfüllung und Verschluss der HA-Einlagerungsstrecken und -bereiche gehören folgende vorbereitende Maßnahmen ([44], Kap. 4.2.1):

- Aufstellen von Verschlussbehältern
- Wiederanlegen des Betriebsflansches (*bride d'exploitation*)

Ungeachtet der Tatsache, dass das HA-Pilotlager und der HA-Einlagerungsbereich zu unterschiedlichen Zeiten gebaut und verschlossen werden, folgen ihre Stilllegungen der gleichen Reihenfolge: ([44], Kap. 4.2.3):

- Schritt 1: Verschluss der HA-Einlagerungsstrecken:
 - Beendigung des Wasser- und Atmosphärenmanagements
 - in Position Haltung des Flansches
- Schritt 2: Verschluss der HA-Zugangsstrecke und der Querschläge:
 - Rückbau der gesamten Ausrüstung in der Zugangsstrecke
 - Einbau von Haldenmaterial (Tongestein), welches ggf. zur Anpassung seiner Eigenschaften, zur Erleichterung der Herstellung oder des Einbaus mit Zusatzmaterialien versetzt wurde, um das Volumen der verschiedenen Zugangsstrecken und Querschläge vollständig aufzufüllen
 - Anbringen einer Schutzplatte am Kopf der HA-Einlagerungsstrecke in Hinblick auf eine mögliche Reversibilität
- Schritt 3: Verschluss der Verbindungstrecken:
 - Rückbau der gesamten Ausrüstung in den Verbindungstrecken
 - Einbau von Aushub (Tongestein), welches ggf. zur Anpassung seiner Eigenschaften, zur Erleichterung der Herstellung oder des Einbaus mit Zusatzmaterialien versetzt wurde, um das Volumen der verschiedenen Zugangsstrecken und Querschläge vollständig aufzufüllen
 - Errichtung der Verschlussbauwerke (Versiegelung) der Verbindungstrecken

Verfüllung der logistischen Infrastrukturbereiche

Wenn alle Strecken in den LL-IL- und HA-Einlagerungsbereichen verfüllt sind und die verschiedenen Verschlussbauwerke errichtet wurden, werden ZSLE und ZSLT vollständig verfüllt. Die Lüftungsplenen, die für den Transfer der in den Betriebsbereich ein- und ausströmenden Luft bestimmt sind, werden ebenfalls verfüllt. Die Verfüllung erfolgt mit ähnlichen Techniken und identischen Materialien wie die Verfüllung der Strecken in den verschiedenen Einlagerungsbereichen. Vor dem Verfüllen dieser Strecken werden zur Minimierung von Hohlräumen etwaige in der Bodenplatte verbliebene Hohlräume verschlossen. ([44], Kap. 4.3).

Verfüllung und Verschluss der LSF

Die Rampen und Schächte werden mit einem Verschlussbauwerk aus quellfähigem Ton (Bentonit, ggf. mit Zusatzmaterialien zur Anpassung seiner Eigenschaften, zur Erleichterung der Herstellung oder des Einbaus) verschlossen. Die Versiegelung wird im verfügbaren Bereich der karbonatreichsten geologischen Einheit, der USC, und der Übergangseinheit (*unité de transition*, UT) eingebracht (Abbildung A13 - 1 und Abbildung A13 - 2). Um einen direkten Kontakt zwischen dem quellfähigen Ton und des Wirtsgesteins zu gewährleisten, wird der Ausbau der Schächte und Rampen zum Zeitpunkt des Einbaus des Dichtungskerns entfernt. Nach der Entfernung des Ausbaus wird anstehendes Wirtsgestein, das gerissen oder verwittert erscheint, nachgeschnitten oder bereinigt. ([44], Kap. 4.4):

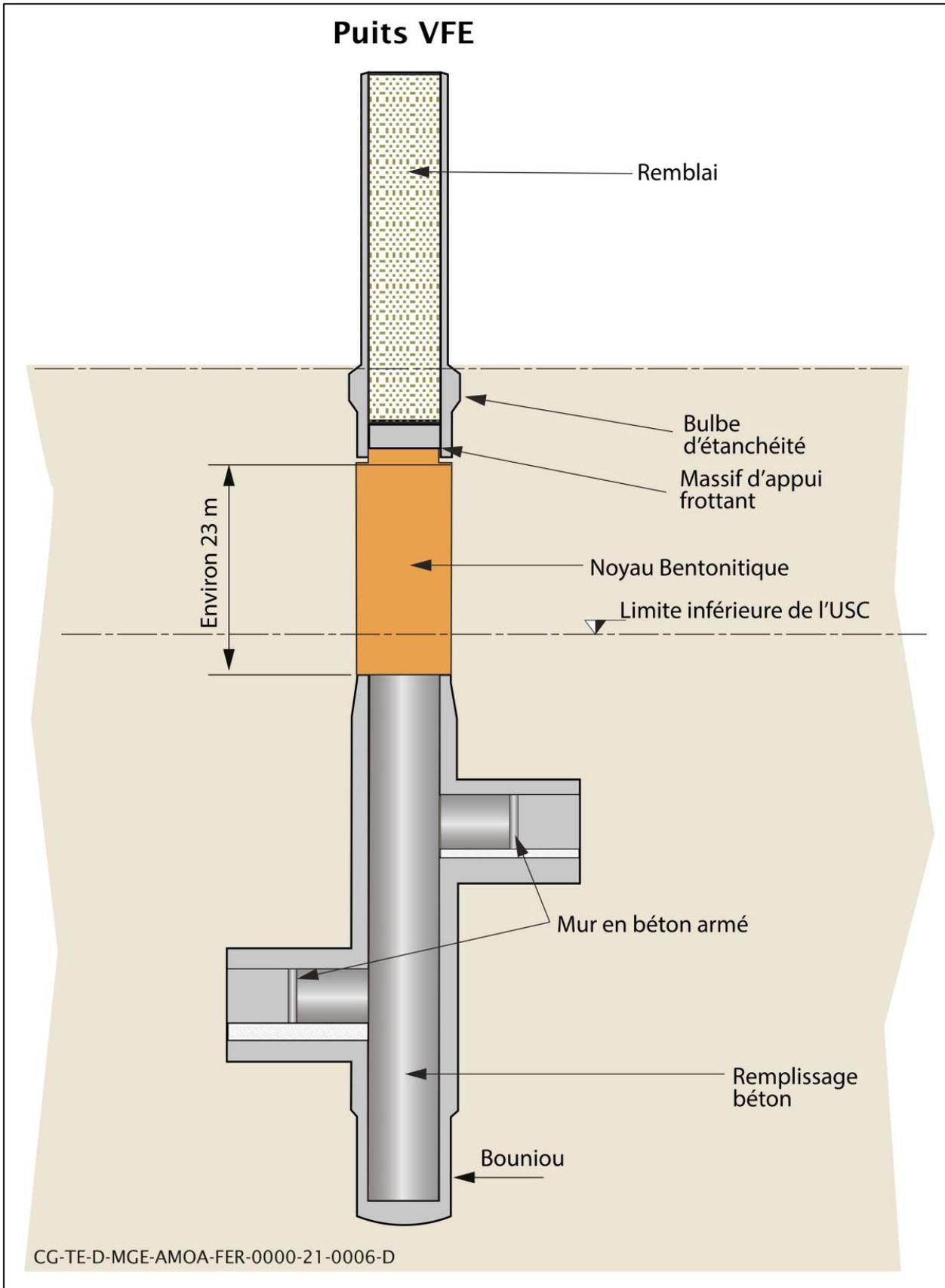


Abbildung A13 - 1: Skizze eines Schachtverschlussbauwerks ([44], Kap. 4.4)

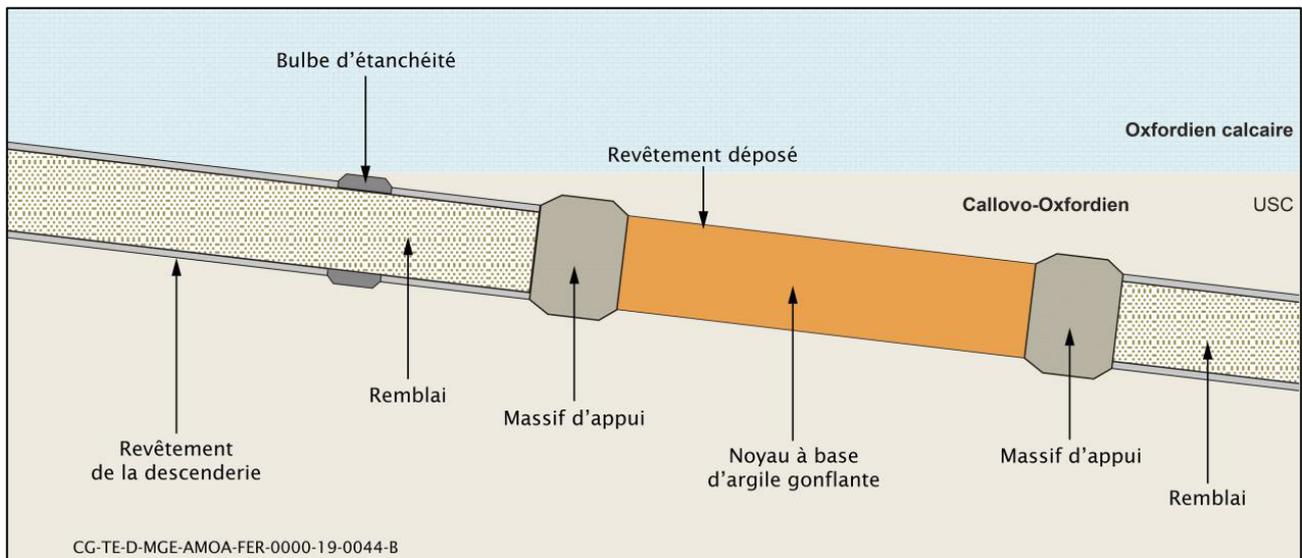


Abbildung A13 - 2: Skizze eines Rampenverschlussbauwerks ([44], Kap. 4.4)

Überwachungsphase

In Verbindung mit dem grundlegenden Ziel des Schutzes von Mensch und Umwelt und aufbauend auf den günstigen Eigenschaften des Wirtsgesteins (Callovo-Oxfordium) sollen die Umweltüberwachungsmaßnahmen die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen im Sinne des Schutzes der Interessen verifizieren.

Die für die kerntechnische Anlage Cigéo gewählte Überwachungsstrategie sieht vor, bereits beim Bau Überwachungsmaßnahmen zu treffen. Das Ziel dieser Maßnahmen ist die Überprüfung des Erhalts der Eigenschaften des Wirtsgesteins, damit das Wirtsgestein seine zentrale Rolle in Hinblick auf die Langzeitsicherheit erfüllen kann.

Zum jetzigen Zeitpunkt werden mehrere Wege in Betracht gezogen:

- nicht-invasive Techniken an der Oberfläche, die auf der Überwachung der Oberflächen-gewässer (siehe [20], Kap. 6.3.1.1), der Luft (siehe [20], Kap. 6.3.1.2) und der Halde (siehe [20], Kap. 6.3.1.3) basieren;
- Messungen in instrumentierten Bohrlöchern von der Oberfläche bis zum *Oxfordien calcaire*, der über dem Wirtsgestein liegenden Schicht (siehe [20], Kap. 6.3.2);
- Vorrichtungen, die bereits vor der endgültigen Stilllegung errichtet werden und bei Bedarf auch nach der Stilllegung beibehalten werden. Sie können Messungen entsprechen, die von Instrumenten stammen, die im Untergrund belassen werden, um die Entwicklung des Verhaltens bestimmter Bauwerke zu verfolgen (siehe [20], Kap. 6.3.3).

Nukleares Gedächtnis

Der Erhalt des nuklearen Gedächtnisses für ein geologisches Endlager stützt sich in erste Linie auf die Zusammenstellung und Organisation der das Endlager beschreibenden Unterlagen, die in verschiedenen Detaillierungsgraden vorgesehen sind. In zweiter Linie stützt sie sich auf deren Erhalt und Bereitstellung für nachfolgende Generationen. Dieser Ansatz soll von ANDRA umgesetzt und entsprechend den jeweiligen Besonderheiten angepasst werden. Da die Wirksamkeit einer langfristigen Weitergabe nicht nachgewiesen werden kann, wird eine kombinierte „systematische“ Strategie verfolgt. Sie zielt darauf ab, die Verbindungen zwischen den verschiedenen Erinnerungsträgern zu vervielfachen, um ihr die maximale Robustheit zu verleihen. ([44], Kap. 7.2)

Laut NEA kann das nukleare Gedächtnis für ein Endlager für radioaktive Abfälle in drei Zeitskalen unterteilt werden:

- „kurzfristig“: Diese Phase erstreckt sich bis zur Stilllegung des Endlagers und hat eine Dauer von etwa einem Jahrhundert.
- „mittelfristig“: Diese Phase beginnt mit der Stilllegung des Endlagers und dauert so lange, wie die Gesellschaft eine „kontinuierliche und institutionelle“ Aufsicht über den Standort ausübt. Im Sicherheitsleitfaden Nr. 1 der ASN [59] heißt es: *„Der Verlust der Erinnerung an die Existenz des Endlagers kann vernünftigerweise auf mehr als 500 Jahre angesetzt werden. Dieser Wert von 500 Jahren wird als Mindestdatum für das menschliche Eindringen in das Endlager gewählt“*. Demzufolge ist eine institutionelle Überwachung des Endlagers für mindestens fünf Jahrhunderte vorgesehen.
- „langfristig“: Diese Phase beginnt zu dem Zeitpunkt, an dem die Kontinuität der institutionellen Aufsicht nicht mehr gewährleistet ist.

([20], Kap. 7.1)

Anhang 14 – Pièce 14

Bilan de la participation du public à l'élaboration du projet de centre de stockage Cigéo

Bilanz der Öffentlichkeitsbeteiligung an der Projektentwicklung vom Endlager Cigéo

Kurzzusammenfassung:

Diese Unterlage wird in Artikel R. 593-16, I. 14° des französischen Umweltgesetzes gefordert und stellt zusammenfassend alle Maßnahmen dar, die seit der Entstehung des Projekts zur Information, Konsultation und Abstimmung mit der interessierten Öffentlichkeit über das geplante Endlager Cigéo durchgeführt wurden. Es geht insbesondere auf die Modalitäten, Inhalte und Lehren der öffentlichen Debatte von 2013 und der im Nachgang durchgeführten Konzertierung ein, die auf Antrag von ANDRA unter der Aufsicht der von der Nationalen Kommission für die öffentliche Debatte (*Commission nationale du débat public*, CNDP) ernannten Gewährsleute stattfand.

Die Unterlage enthält auch eine Darstellung der Vorabkonsultationen, die von den anderen Bauherren zum Cigéo-Gesamtprojekt durchgeführt wurden.

Zusammenfassung:

Entwicklung der projektbezogenen Öffentlichkeitsinformation und -beteiligung

Das Endlagerprojekt Cigéo beruht auf fast 30 Jahren Austausch, Studien und politischen Entscheidungen, die sich auch wechselseitig beeinflusst haben. Die zunehmende Bedeutung des Umweldialogs in der Gesellschaft und in den Gesetzestexten hat sich auch in der Art und Weise niedergeschlagen, wie der Staat und ANDRA die Öffentlichkeitsbeteiligung und insbesondere die Erörterung des Endlagerprojekts Cigéo durchgeführt haben. ([45], Kap. 2.2)

Die Diskussion über das Projekt eines geologischen Endlagers seit 1991

Nach den Schwierigkeiten, die bei den ersten Erkundungen in den 1980er Jahren aufgetreten waren, wurde der Standort *Meuse/Haute-Marne* nach und nach im Rahmen eines Prozesses festgelegt, der auch den Austausch mit Betroffenen (z. B. Anwohner und Abgeordnete) umfasste, der ab der Einführung des sogenannten *Bataille*-Gesetz von 1991 stattfand ([45], Kap. 3.1, 3.2 & 3.3).

In ähnlicher Weise wurde eine lokale Konzertierung durchgeführt, um nicht-geologische Kriterien zu ermitteln, die bei der Einrichtung der untertägigen und übertägigen Anlagen des Endlagers berücksichtigt werden sollten. Die von den Teilnehmern der Konzertierung formulierten Kriterien wurden berücksichtigt, um mehrere Szenarien für die Einrichtung des Gebiets der ZIRA vorzuschlagen. Der Standortvorschlag für die ZIRA wurde 2010 von der Regierung bestätigt und die Wahl der Gebiete für Oberflächenanlagen (*zones d'implantations de surface*) des Endlagers Cigéo wurde am 4. Februar 2013 offiziell bestätigt. ([45], Kap. 3.5)

Öffentliche Debatte über das Endlager Cigéo im Jahr 2013

All diese Jahre des Dialogs und der Konzertierung erlaubten es, die Möglichkeit der Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Schichten in dem Maße zu diskutieren, wie die Forschung

über die Optionen für die Entsorgung radioaktiver Abfälle voranschritt und die verschiedenen Meinungen der Öffentlichkeit zu diesem Thema zum Ausdruck kamen.

Obwohl die Endlagerung in tiefen geologischen Schichten 2006 im Anschluss an die öffentliche Debatte 2005 vom Parlament als Referenzlösung für die radioaktiven HA- und LL-IL-Abfälle beschlossen wurde, war sie das Hauptthema der öffentlichen Debatte des Cigéo-Projekts im Jahr 2013. Die Folgemaßnahmen der öffentlichen Debatte von 2013 verdeutlichen den Willen von ANDRA, alle möglichen Bedingungen zu schaffen, damit die Gesellschaft einen Dialog führen und über die zu treffenden Entscheidungen diskutieren kann.

Mit dem Gesetz über die Modalitäten zur Umsetzung des Projekts des Endlagers Cigéo von 2016 wurden einige Bestimmungen des Gesetzes von 2006 aktualisiert und einige Aspekte des Projekts (Reversibilität, PhiPil, Zeitplan) präzisiert, um den Folgen der öffentlichen Debatte von 2013 Rechnung zu tragen. ([45], Kap. 4)

Öffentlichkeitsinformation und -beteiligung seit der öffentlichen Debatte im Jahr 2013

Die Konzertierung bot auch die Gelegenheit, einen Dialog über ethische und gesellschaftliche Fragen zu führen. ANDRA hat im Anschluss an die öffentliche Debatte von 2013 den Ausschuss für Ethik und Gesellschaft (*Comité éthique et Société*; CES) gegründet. CES informiert, fördert, berät und bewertet ANDRA zu Themen wie Beziehungen und Verantwortung zwischen den Generationen, Beteiligung und Einbeziehung der Gesellschaft in die von ANDRA durchgeführten Aktivitäten und Projekte, Governance ihrer Projekte sowie Umwelt- und Gebietsethik. ([45], Kap. 5.1.2)

Als Fortsetzung der Dialog- und Informationsmaßnahmen mit der Region wurde ein Ablaufplan für die Konzertierung nach deren öffentlichen Auftakt 2013 festgelegt und unter der Leitung von Personen, die von der CNDP ernannt wurden, umgesetzt, nachdem ANDRA 2017 freiwillig darum gebeten hatte. Dieser Ablaufplan zielte darauf ab, eine dauerhaftere und besser nachvollziehbare Organisation des Konzertierungssystems bis zur öffentlichen Anhörung vor der DUP des Cigéo-Projekts und der öffentlichen Anhörung zum Antrag auf DAC und darüber hinaus zu gewährleisten. Die erste Konzertierungsphase (2017-2022) ermöglichte es, neue Konzertierungsmodalitäten vorzuschlagen, die der Meinungsäußerung einer möglichst großen Zahl von Menschen auf nationaler und lokaler Ebene des Projekts förderlich sind. Die verschiedenen Erkenntnisse, die aus dem Projekt gewonnen wurden, ermöglichten es, das Projekt in Bezug auf seinen Ablauf und seine Eingliederung in das Gebiet und die Gesellschaft weiterzuentwickeln. ([45], Kap. 5.1.2)

Hinsichtlich der PhiPil, die einer Projektentwicklung entspricht, die nach der öffentlichen Debatte des Cigéo-Projekts im Jahr 2013 beschlossen wurde, und der Governance des Endlagers Cigéo hat die 2021/2022 durchgeführte Konzertierung die ursprünglichen Vorschläge von ANDRA zu diesen beiden Themen in Frage gestellt. Die Äußerungen der Öffentlichkeit und die Zusagen, die im Anschluss an die durchgeführten Konzertierungen gemacht wurden, betreffen auch andere Themen, die das Interesse der Teilnehmer der Konzertierungen geweckt haben (Schutz der Arbeiter und Anwohner, Nutzen für das Gebiet, Information und Beteiligung der Öffentlichkeit, Reversibilität, Inventar der eingelagerten Abfälle, wirtschaftliche Perspektiven des Projekts, nukleares Gedächtnis). Mehrere Änderungen am Projekt, die sich aus dieser Konzertierungsphase ergaben, wurden bereits in die 1. Ausgabe des PDE [48] aufgenommen. Die Konzertierung zur PhiPil und Governance des Endlagers Cigéo wird während der Prüfung des Antrags auf DAC und darüber hinaus fortgesetzt. ([45], Kap. 5.3.1 & 5.3.2)

Laufende und zukünftige Öffentlichkeitsinformation und -beteiligung

Die Realisierung des Projekts und einige seiner Merkmale wurden und werden weiterhin durch einen Dialog mit der Region zu vier spezifischen Themenbereichen konkretisiert und untersetzt:

- Raumplanung und Lebensumfeld
- Energieversorgung
- Wasserkreislauf
- Verkehr

Die Themen wurden hauptsächlich ab der öffentlichen Debatte 2013 und im Rahmen der sich daran anschließenden Konzertierungsphase angesprochen, diskutiert und in einem Dialog, der sich nach und nach ausweitete, entschieden. Diese von ANDRA und den beteiligten Bauherren geführten Konzertierungen betrafen eine Vielzahl von Themen im Zusammenhang mit der ökologischen und räumlichen Eingliederung des Projekts, wie z. B. den Energiebedarf, die Stromversorgung oder auch die Ableitung der Abwässer. Die regulatorischen Unterlagen enthalten die mit der Region gemeinsam getroffenen Entscheidungen zu diesen Aspekten.

Für die Zukunft hat ANDRA sich verpflichtet, bereits angesprochene Themen wieder aufzugreifen und Aspekte, bei denen Entscheidungen noch ausstehen oder zu verfeinern sind, in die Erörterung einzubringen, insbesondere in Bezug auf die Raumplanung und das Lebensumfeld ([45], Kap. 5 & 6.2). Die Fortsetzung der Erörterung soll insbesondere dazu dienen, das Thema der Auswirkungen der Baustelle des Endlagers Cigéo auf lokaler Ebene zu vertiefen ([45], Kap. 6.2).

Zusammenfassung

Die Konzertierung war ein wesentlicher und kontinuierlicher Beitrag zum Cigéo-Gesamtprojekt, welcher sich aus Überlegungen zu gesellschaftlichen Entscheidungen, Sicherheitsgrundsätzen für das Endlager Cigéo sowie lokalen Erwartungen zusammensetzte. Die Konzertierung bezog und bezieht eine Vielzahl von institutionellen und nicht-institutionellen Interessengruppen ein, aber auch Bürger, allen voran die benachbarten Anwohner der Anlagen der ANDRA in *Meuse/Haute-Marne*. ([45], Kap. 7)

Viele Entwicklungen des Projekts resultieren aus den Erkenntnissen der vorangegangenen Konzertierungsphasen. Zunächst konzentrierte sich die Konzertierung auf die Gründe für das Projekt (insbesondere durch die öffentliche Debatte 2005 und die öffentliche Debatte 2013), wurde aber nach und nach auf ein breites Spektrum an Umweltthemen und zahlreiche gesellschaftliche Entscheidungen ausgeweitet. ([45], Kap. 7)

Der Dialog mit der Gesellschaft ist heute voll und ganz in die Governance und Arbeitsweise von ANDRA, in die Projektleitung und im weiteren Sinne in die Vorgehensweisen aller lokalen oder nationalen Akteure, die von dem Cigéo-Gesamtprojekt betroffen sind, integriert ([45], Kap. 7).

Anhang 15 – Pièce 15

Émission de gaz à effet de serre

Emission von Treibhausgasen

Kurzzusammenfassung:

Diese Unterlage ist gemäß Artikel R. 593-16 und Abschnitt 15 „Besondere Kategorien von kerntechnischen Anlagen“ von Kapitel III, Titel IX, Buch V des französischen Umweltgesetzes (Artikel R. 593-89 bis R. 593-111), die die Anforderungen an jeden Genehmigungsantrag zur Errichtung einer kerntechnischen Anlage festlegen, Teil der Antragsunterlagen für die DAC der kerntechnischen Anlage Cigéo.

Gemäß Artikel R. 593-90 des französischen Umweltgesetzes, der die in Artikel 5 der Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rates geforderten Elemente übernimmt, enthält die Unterlage eine Beschreibung

- der Quellen von Treibhausgasemissionen,
- der Roh- und Brennstoffe, deren Verwendung wahrscheinlich zu Treibhausgasemissionen führt, und
- der Überwachungsmaßnahmen, die gemäß Artikel L. 229-6 des französischen Umweltgesetzes ergriffen wurden,

und eine allgemeinverständliche Zusammenfassung dieser Informationen.

Zusammenfassung:

Von den genehmigungspflichtigen Aktivitäten zur Emission von Treibhausgasen (Anhang zu Artikel R. 229-5) betrifft nur die „Verbrennung von Brennstoffen in Anlagen mit einer Feuerungsleistung von mehr als 20 MW“ das Endlager Cigéo. Das emittierte Treibhausgas ist Kohlendioxid. Die betroffenen Anlagen sind

- die Notstromzentralen, die sich innerhalb der kerntechnischen Anlage Cigéo befinden, und
- die Heizungsanlagen, die sich außerhalb der kerntechnischen Anlage Cigéo befinden aber aufgrund ihrer Nähe und Zugehörigkeit zum Cigéo berücksichtigt werden

Die gesamte thermische Leistung dieser Feuerungsanlagen beträgt mehr als 20 MW (Schwellenwert der Genehmigung von Treibhausgasemissionen). ([47], Kap. 1.1)

Notstromzentralen

Die zwei Notstromzentralen haben die Aufgabe, die Stromversorgung der ASK zu gewährleisten, deren Verfügbarkeit bei einem Ausfall der Stromversorgung aufrechterhalten werden muss. Eine Notstromzentrale befindet sich auf dem Betriebsgelände „Rampen“ und die andere auf dem Betriebsgelände „Schächte“. Sie umfassen eine Reihe von Generatoren, die je nach Bedarf gleichzeitig oder nicht gleichzeitig eingesetzt werden können. Die geschätzte thermische Gesamtleistung dieser beiden Notstromzentralen liegt bei 40 MW, um den Bedarf in der Zeit mit dem größten Notstrombedarf zu decken. ([47], Kap. 2.1.1)

Die Notstromaggregate verwenden Heizöl und emittieren Treibhausgase, wenn ihr Betrieb notwendig ist (schätzungsweise einige Tage pro Jahr), und auch während der regelmäßigen Tests, um ihre Einsatzbereitschaft zu überprüfen (einige Stunden pro Jahr). Der Heizölverbrauch wird durch regelmäßig überprüfte Zähler erfasst. ([47], Kap. 2.1.1)

Heizungsanlagen

Die zwei Heizungsanlagen sind für den Betrieb der kerntechnischen Anlage nicht erforderlich. Ihre Hauptfunktion ist die Aufbereitung der Luft (Temperatur und Luftfeuchtigkeit) in den Anlagen des Endlagers. Außerdem sorgen sie für die Erzeugung von Warmwasser. Eine Heizungsanlage befindet sich auf dem Betriebsgelände „Rampen“ und eine zweite auf dem Betriebsgelände „Schächte“. Beide Heizungsanlagen bestehen aus einem mit Biomasse betriebenen Hauptkessel (der gemäß den Vorschriften nicht berücksichtigt wird) und Gaskesseln, die in den kältesten Perioden als Zusatzkessel dienen. ([47], Kap. 2.1.2)

Die maximal erforderliche Gesamtleistung der gasbefeuerten Zusatzkessel wird auf 3,3 MW für das Betriebsgelände „Rampen“ und auf 2,4 MW für das Betriebsgelände „Schächte“ geschätzt. Der Gasverbrauch wird über regelmäßig kontrollierte Zähler überwacht. ([47], Kap. 2.1.2)

Überwachungsplan

Gemäß den Vorschriften erstellt der Betreiber einen Überwachungsplan, in dem die Überwachungsmethode detailliert, umfassend und transparent beschrieben wird. Die Überwachung der Emissionen erfolgt über die Verfolgung der Brennstoffströme. Die Schätzung der Treibhausgasemissionen erfolgt, indem der eingesetzten Brennstoffmenge ein Emissionsfaktor zugewiesen wird. Der Emissionsfaktor wird durch die OMINEA-Datenbank vorgegeben. ([47], Kap. 2.3)

Die Treibhausgasemissionen werden gemäß den geltenden gesetzlichen Anforderungen in einem Emissionsbericht festgehalten. ([47], Kap. 2.3)

Anhang 16 – Pièce 16

Plan directeur de l'exploitation

Betriebsplan

Kurzzusammenfassung:

Der PDE des Endlagers Cigéo ist ein „Abbild“ vom Projekt Cigéo, seiner Führung (*Governance*) und seinen Entwicklungsperspektiven zu einem bestimmten Zeitpunkt. Er ist ein strategisches und synthetisches Dokument, das auf eine gemeinsame Auseinandersetzung mit den Herausforderungen des Endlagers Cigéo abzielt. So ist der PDE ein konkretes Informations- und Überwachungsinstrument für die Bürger zur Unterstützung der Projektleitung des Endlagers Cigéo.

Die Erstellung des PDE durch ANDRA und seine regelmäßige Aktualisierung sind im französischen Umweltgesetz (Artikel L. 542-10-1) festgeschrieben. Die Aufnahme des PDE in die Antragsunterlagen für die DAC der kerntechnischen Anlage Cigéo ist ebenfalls im französischen Umweltgesetz (Artikel R.593-16, Absatz III) vorgesehen.

Zusammenfassung:

Der vorliegende PDE wurde auf Grundlage

- der Auslegungsstudien erstellt, die zur Unterstützung der Ausarbeitung der Unterlagen für die DAC der kerntechnischen Anlage Cigéo durchgeführt wurden sowie
- des Austauschs mit der Öffentlichkeit und den Interessengruppen, den ANDRA seit der öffentlichen Debatte über das Projekt Cigéo im Jahr 2013 und insbesondere durch die in den Jahren 2021 und 2022 durchgeführte Konzertierungssequenz ([48], Kap. 1.4) geführt hat,

erstellt.

Die technischen Elemente in Bezug auf die Risiken und Umweltauswirkungen, die durch das Endlager Cigéo entstehen, werden im PDE nicht dargestellt. Diese Themen sind Gegenstand spezifischer Dokumente (UVS des Cigéo-Gesamtprojekts [5–7, 14–24] (siehe auch Anhang 6b bis Anhang 6h), ihre allgemeinverständliche Zusammenfassung [25] (siehe auch Anhang 6i) und Risikomanagementstudie [39] (siehe auch Anhang 8)). Zur Information der Öffentlichkeit werden diese Dokumente auf der Website von ANDRA veröffentlicht.

In diesem PDE werden Vorschläge von ANDRA zur Steuerung des Endlagers Cigéo, zur PhiPil und zur Reversibilität formuliert, wie sie in der fünften Ausgabe des PNGMDR gefordert werden. Gleichzeitig werden die Vorschläge der ANDRA in die Arbeiten des PNGMDR einfließen. Gemäß Artikel 8 der Entscheidung der Ministerin für den ökologischen und solidarischen Übergang und des Vorsitzenden der ASN, die im Anschluss an die öffentliche Debatte im Rahmen der Vorbereitung der fünften Ausgabe des PNGMDR getroffen wurde, werden die künftigen Entscheidungen über die Governance, die Entscheidungsmeilensteine und die Reversibilität des Endlagers zu gegebener Zeit in den aufeinanderfolgenden Ausgaben des PNGMDR festgelegt.

Die Vorschläge von ANDRA werden auch in die Maßnahmen zur Information und Beteiligung der Öffentlichkeit und der Interessengruppen einfließen, die ANDRA während der Prüfung des Antrags der DAC der kerntechnischen Anlage Cigéo durchführt. ANDRA wird die Schlussfolgerungen aus

diesen Maßnahmen nutzen, um die zweite Ausgabe des PDE zu erstellen, die sie vor Durchführung der gemäß Artikel L. 593-8 des französischen Umweltgesetzes vorgesehenen öffentlichen Anhörung veröffentlichen wird.

([48], Kap. 1.3)

Beschreibung des Endlagers Cigéo, dessen kerntechnischer Anlagen und der Projektphasen

Das Endlagervorhaben wird in Anhang 2 beschrieben.

Governance des Endlagers Cigéo

Hier werden sowohl der Ansatz als auch die gemachten Vorschläge der ANDRA im Hinblick auf die Steuerung des Endlagers Cigéo, d. h. die Art und Weise, wie die in den Zuständigkeitsbereich von ANDRA fallenden Entscheidungen über die Errichtung und den Betrieb des Endlagers Cigéo vorbereitet, getroffen und überwacht werden, vorgestellt.

Bestehender Rechtsrahmen für den zukünftigen Austausch mit der Gesellschaft über das Endlager Cigéo

Das allgemeine Prinzip der Beteiligung der Öffentlichkeit an öffentlichen Entscheidungen, die Auswirkungen auf die Umwelt haben, ist im französischen Umweltgesetz festgelegt. Diesem Grundsatz zufolge *„wird jede Person über Entwürfe für öffentliche Entscheidungen, die Auswirkungen auf die Umwelt haben, unter Bedingungen informiert, die es ihr ermöglichen, ihre Bemerkungen abzugeben, welche von der zuständigen Behörde berücksichtigt werden“* (Artikel L. 110-1 Absatz II 5°).

Die Öffentlichkeitsbeteiligung erfolgt dabei unter Wahrung der Interessen der nationalen Verteidigung und der öffentlichen Sicherheit sowie aller gesetzlich geschützten Geheimnisse. Somit können der Ablauf der Öffentlichkeitsbeteiligung sowie die Modalitäten ihrer Durchführung entsprechend angepasst werden (Artikel L. 120-1 des französischen Umweltgesetzes).

Das französische Umweltgesetz enthält spezielle Bestimmungen für kerntechnische Anlagen, um das Recht der Öffentlichkeit auf zuverlässige und zugängliche Informationen über die kerntechnische Sicherheit zu gewährleisten und legt die Bedingungen für diese Transparenz fest (Artikel L. 125-12 bis 16-1).

Für die Betreiber kerntechnischer Anlagen sieht das französische Umweltgesetz (Artikel L. 125-15) u. a. die Veröffentlichung eines Jahresberichts vor, der

- die Vorkehrungen, die im Bereich der kerntechnischen Sicherheit und des Strahlenschutzes getroffen wurden,
- Vorfälle und Unfälle im Bereich der kerntechnischen Sicherheit und des Strahlenschutzes sowie die Maßnahmen, die zur Begrenzung ihrer Entwicklung und ihrer Folgen für die menschliche Gesundheit und die Umwelt ergriffen wurden,
- Art und Ergebnisse der Messungen der radioaktiven und nicht radioaktiven Ableitungen aus der Anlage in die Umwelt sowie
- Art und Menge der in der Anlage vorhandenen radioaktiven Abfälle sowie die Maßnahmen, die zur Begrenzung ihres Umfangs und ihrer Auswirkungen auf die Gesundheit und die Umwelt, insbesondere auf Boden und Wasser, getroffen wurden,

umfasst.

Im Falle eines Endlagers sind die in der Anlage vorhandenen radioaktiven Abfälle einerseits die zur Endlagerung angenommenen Gebinde mit radioaktiven Abfällen und andererseits die (während des

Endlagerbetriebs anfallenden) radioaktiven Betriebsabfälle. Die in Artikel L. 125-15 des französischen Umweltgesetzes genannten Maßnahmen zur Volumenreduzierung, die dem Betreiber des Endlagers auferlegt werden, beziehen sich ausschließlich auf die letztgenannte Kategorie.

Für das Endlager Cigéo wird ANDRA daher jährlich den im französischen Umweltgesetz vorgesehenen Bericht veröffentlichen, wie sie ihn auch für ihre in Betrieb befindlichen Anlagen veröffentlicht.

Darüber hinaus überträgt das französische Umweltgesetz ANDRA Aufgaben zur Information der Öffentlichkeit (Artikel L. 542-12). Es verlangt der Öffentlichkeit Informationen über die Entsorgung radioaktiver Abfälle zur Verfügung zu stellen und sich an der Verbreitung der wissenschaftlichen und technologischen Kultur in diesem Bereich zu beteiligen. Um diese Anforderung zu erfüllen wird ANDRA mit der künftigen CLI der kerntechnischen Anlage Cigéo interagieren und auf deren Anfragen reagieren.

Darüber hinaus sieht das französische Umweltgesetz spezielle Bestimmungen für den Austausch mit der Öffentlichkeit und den Interessenvertretern im Hinblick auf die Endlagerung in tiefen geologischen Schichten vor (Artikel L. 542-10-1):

- Die Prüfung des Antrags auf DAC umfasst die Einholung der Stellungnahme der lokalen und regionalen Gebietskörperschaften vor Durchführung der öffentlichen Anhörung gemäß Artikel L. 593-8 des französischen Umweltgesetzes.
- Die Aktualisierung des PDE für das Endlager ist in Absprache mit allen Beteiligten und der Öffentlichkeit alle fünf Jahre vorgesehen. In der fünften Ausgabe des PNGMDR wird gefordert, dass die nachfolgenden Ausgaben des PDE Bilanzen enthalten, die belegen, dass die im Plan festgelegten Grundsätze eingehalten wurden.
- Regelmäßige Überprüfungen der Reversibilität werden mindestens alle fünf Jahre organisiert.
- Die Ergebnisse der PhiPil, die in einem Bericht von ANDRA formalisiert werden, geben insbesondere Anlass zu einer Stellungnahme der Gebietskörperschaften und einer Bewertung durch das parlamentarische Amt für die Bewertung wissenschaftlicher und technologischer Entscheidungen (*Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques*, OPECST), das den zuständigen Ausschüssen der Nationalversammlung und des Senats über seine Arbeit berichtet.
- Die Regierung legt einen Gesetzentwurf zur Anpassung der Bedingungen für die Ausübung der Reversibilität vor.

In der fünften Ausgabe des PNGMDR heißt es: *„Das Parlament kann entweder den Betrieb des Endlagers fortsetzen und dabei möglicherweise seine Auslegung oder seine Betriebsmodalitäten anpassen oder auf die Endlagerung aller oder eines Teils der HA- und LL-IL-Abfälle verzichten, was dann die Festlegung einer neuen Entsorgungsstrategie erfordert, die auf einer überzeugenden Alternative zur Endlagerung beruht“*. In Anbetracht dieses Prozesses muss also das Parlament über die Bedingungen der weiteren Endlagerung entscheiden.

([48], Kap. 3.2)

Governance des Endlagers Cigéo: Definition, Rolle, Funktionen

Definition der Governance des Endlagers Cigéo

Der Begriff „Governance“, der hauptsächlich aus dem angelsächsischen Sprachgebrauch stammt, wird häufig in der Wirtschaft (Unternehmensführung) und im Kontext internationaler Beziehungen (Global Governance) verwendet. Er bezieht sich auf eine Art und Weise, Organisationen zu führen

oder zwischen Akteuren desselben Sektors zu interagieren. Governance bezieht sich häufig auf eine Art der Beziehungen, die unabhängig von hierarchischen Ordnungen oder Autoritätsverhältnissen ist.

In seinem Bericht von 2014 wies der Vorsitzende der besonderen Kommission für die öffentliche Debatte (*commission particulière du débat public*) zum Cigéo-Projekt darauf hin, dass die Verwendung des Wortes Governance eine Bewegung der „Dezentralisierung“ der Überlegungen, der Entscheidungsfindung und der Bewertung mit einer Vervielfachung der Orte und Akteure, die an der Entscheidung oder der Errichtung eines Projekts beteiligt sind, bezeichnet.

In verschiedenen Quellen und gängigen Glossaren hat ANDRA keine Definition von Governance identifiziert, die für den Kontext des Endlagers Cigéo geeignet ist. Um ein gemeinsames Vokabular zu nutzen, schlägt ANDRA daher eine Definition vor, die sie für die Umsetzung von Bestimmungen zur Stärkung der Information und Beteiligung der Öffentlichkeit und der Interessengruppen für geeignet hält. ANDRA schlägt vor, dass die Governance des Endlagers Cigéo der Art und Weise entspricht, wie die in den Zuständigkeitsbereich von ANDRA fallenden Entscheidungen über die Errichtung und den Betrieb des Endlagers Cigéo vorbereitet, getroffen und nachverfolgt werden.

Die von ANDRA vorgeschlagene Definition von Governance identifiziert drei verschiedene Phasen des Entscheidungsprozesses:

- Die vorgelagerte Phase, die sogenannte „Entscheidungsvorbereitung“ entspricht der Zeit für Studien, Analysen und Austausch, in der Daten und Argumente gesammelt werden, die geeignet sind, mögliche Entscheidungen zu identifizieren und zu lenken.
- Die zentrale Phase, die sogenannte „Entscheidungsfindung“ umfasst die Organisation und Durchführung der Entscheidung.
- Die nachgelagerte Phase, die sogenannte „Nachbereitung der Entscheidung“ integriert die Maßnahmen zur Entscheidungsumsetzung. Der Verlauf der Aktionen und ihre Auswirkungen können überprüft werden. Die Nachbereitung einer Entscheidung ermöglicht die Gewinnung von Erfahrungswerten für zukünftige Entscheidungen.

Jeder Schritt im Entscheidungsprozess hat einen Einfluss auf die folgenden. Insbesondere kann die Nachbereitung einen Einfluss auf die Vorbereitung nachfolgender Entscheidungen haben oder sogar die Vorbereitung neuer Entscheidungen generieren.

Die Governance, d. h. die Art und Weise, wie diese drei unterschiedlichen Phasen des Entscheidungsprozesses durchgeführt werden, kann je nach Entscheidung unterschiedlich sein, um den jeweiligen Besonderheiten gerecht zu werden, auch im Hinblick auf die Maßnahmen zur Information und Beteiligung der Öffentlichkeit und der Interessengruppen. Sie könnte zum Beispiel in den Schlüsselphasen des Projekts intensiver sein.

([48], Kap. 3.5.1)

„Beratender“ Charakter der Governance des Endlagers Cigéo

Die Organisation der Governance des Endlagers entbindet ANDRA nicht von seinen Pflichten und Verpflichtungen gegenüber seinen Vorgesetzten (Ministerien für Energie, Forschung und Umwelt), seinen Aufsichtsbehörden (z. B. ASN und Präfekte), den mit der Bewertung seiner Aktivitäten beauftragten Instanzen (z. B. CNE) und den Akteuren, die eine Rolle bei der Information und Beteiligung der Öffentlichkeit und der Betroffenen über das Endlagers Cigéo spielen, z. B. die zukünftige CLI der kerntechnischen Anlage und die Gebietskörperschaften.

Die Rolle der Interessenvertreter und der Öffentlichkeit in der Governance des Endlagers Cigéo ist eine beratende Rolle. Für die Interessenvertreter und die Öffentlichkeit bedeutet an der Governance des Endlagers teilzunehmen daher nicht, anstelle von ANDRA oder der Behörden die Entscheidung zu treffen. Es bedeutet auch nicht, das Projekt in dem Sinne zu regieren, dass man es lenkt, wie man ein Land regiert. Die Governance des Endlagers Cigéo soll es ihnen ermöglichen, umfassend und transparent informiert zu werden, Meinungen und Vorschläge zu äußern und ihre Wachsamkeit auszuüben, aber sie ersetzt nicht die Rollen und Verantwortlichkeiten von ANDRA, der öffentlichen Instanzen und der Aufsichtsbehörden.

([48], Kap. 3.5.2)

Funktionsprinzipien der Governance des Endlagers Cigéo

ANDRA gestaltet die Governance des Endlagers Cigéo mit dem Ziel einer aktiven und erneuten Beteiligung der Öffentlichkeit und der Interessengruppen. ANDRA strebt an, dass einerseits diejenigen, die sich üblicherweise an Austauschformaten beteiligen, auch weiterhin am Projekt teilnehmen, und sich andererseits neue Akteure einbringen können.

Daher wird ANDRA Grundsätze anwenden, die ihrer Ansicht nach geeignet sind, das Vertrauen der Öffentlichkeit und der Interessengruppen zu stärken, ihr Interesse zu wecken und langfristig zur Qualität des Austauschs in den Phasen der Vorbereitung und Nachbereitung der Entscheidungen beizutragen. Diese von ANDRA vorgeschlagenen Grundsätze können nach und nach in praktische Modalitäten und Funktionsregeln umgesetzt werden.

ANDRA verpflichtet sich, dass die Governance des Endlagers Cigéo Folgendes anstrebt:

- **Kontinuität:** Strukturierende Entscheidungen werden regelmäßig vorbereitet und im Rahmen eines stabilen und kontinuierlichen Prozesses verfolgt.
- **Informationstransparenz:** Informationen, die für die Vor- und Nachbereitung von Entscheidungen relevant sind, werden der Öffentlichkeit mittels allgemein zugänglicher Medien zur Verfügung gestellt.
- **Aufrichtigkeit:** Die Teilnehmer an der Governance werden aufgefordert, ihre Fragen und Positionen offen zu äußern, ohne darauf abzielen, die Diskussionen zu behindern oder zu blockieren.
- **Anerkennung von Wissen:** Alle Erfahrungen, empirisches Wissen und Kompetenzen werden willkommen geheißen. Die Akteure kommen unabhängig von ihrem wissenschaftlichen oder technischen Fachwissen zu Wort.
- **Inklusion:** Es werden aktive Schritte unternommen, um so weit wie möglich die Gruppen von Bürgern einzubeziehen, die weniger geneigt sind, sich an Projekten zu beteiligen (z. B. junge Erwachsene und Berufstätige).

([48], Kap. 3.5.8)

Inventar der endzulagernden HA- und LL-IL-Abfälle

Das Abfallinventar wird in Abschnitt 6.1.1 sowie Anhang 7c beschrieben.

Voraussichtliche Entwicklung des Endlagers Cigéo

Die strukturierenden Annahmen und die großen Zeitmarken, die die Projektmeilensteine und die bevorstehenden Entscheidungsschritte sichtbar machen, werden in Kapitel 6 und Anhang 2 beschrieben.

Industrielle Pilotphase

Ansatz und Vorschläge der ANDRA zu den Hauptprinzipien und Zielen der PhiPil werden in Anhang 7j beschrieben.

Möglichkeiten, die die Reversibilität bietet

Die Reversibilität der Endlagerung wird durch die schrittweise Errichtung, die Anpassungsfähigkeit der Auslegung und die Flexibilität des Betriebs des Endlagers für radioaktive Abfälle und die Rückholbarkeit von eingelagerten Abfallgebänden erreicht, die in Anhang 7j, Anhang 7k, Anhang 7l und Anhang 7m beschrieben werden.

Finanzierung und Kosten des Projekts

Die Aktivitäten von ANDRA werden wie folgt finanziert:

- Das Cigéo-Projekt wird von EDF, CEA und Orano finanziert.
- Der Transport und die Lagerung von Abfällen, der Betrieb, die Stilllegung und die Überwachung der anderen Lager, Dienstleistungen (Studien und Beratung) sowie die Nutzung des *Know-hows* auf internationaler Ebene werden durch kommerzielle Verträge finanziert.
- Aufgaben von öffentlichem Interesse und insbesondere die Erstellung und Veröffentlichung des Nationalinventars, die Sammlung und unterstützte Übernahme von radioaktiven Gegenständen für den Hausgebrauch und die Sanierung von historischen Altlasten werden durch öffentliche Gelder finanziert.

Der Jahresabschluss von ANDRA wird durch die Entscheidung eines Verwaltungsrats genehmigt und finalisiert. Die Genehmigung des Abschlusses erfolgt zunächst durch eine Anhörung des Finanzausschusses gemäß Artikel R. 542-13 des französischen Umweltgesetzes und basiert insbesondere auf dem Finanzbericht, der die jährliche Vermögenslage und den Jahresabschluss von ANDRA zusammenfasst sowie dem Bericht der zwei Rechnungsprüfer.

([48], Kap. 8.1)

Finanzierungsmodalitäten

Das Gesetz vom 28. Juni 2006 sieht einen Rahmen für die Finanzierung des geplanten Endlagers Cigéo vor, indem mehrere spezielle Fonds eingerichtet werden, die Studien, Forschung und Vorarbeiten sowie die Errichtung, den Betrieb und die Stilllegung des Endlagers Cigéo finanzieren sollen. Alle diese Ausgaben werden gemäß Artikel L. 110-1 II 3° und Artikel L. 542-1 des französischen Umweltgesetzes vollständig von den Abfallerzeugern finanziert. Die Finanzierung erfolgt konkret durch

- einen Fonds „zur Finanzierung von Studien, die für die Auslegung der von ANDRA zu errichtenden Endlager für HA- und LL-IL-Abfälle erforderlich sind, sowie der Maßnahmen und Arbeiten vor Beginn der Bauphase dieser Einrichtungen“ (Artikel L. 542-12-3 des französischen Umweltgesetzes) und
- einen Fonds „zur Finanzierung der Errichtung, des Betriebs, der Stilllegung, der Wartung und der Überwachung der von ANDRA errichteten oder betriebenen Anlagen zur Zwischen- oder Endlagerung von HA- und LL-IL-Abfällen“ (Artikel L. 542-12-2 des französischen Umweltgesetzes).

Studien und Forschungsarbeiten werden auch durch einen Fonds zur Finanzierung von Forschung und Studien zur Zwischen- und Endlagerung von radioaktiven Abfällen in tiefen geologischen

Schichten finanziert. Dieser Fonds finanziert insbesondere die wissenschaftlichen Studien sowie die Betriebskosten des Untertagelabors in *Meuse/Haute-Marne*.

([48], Kap. 8.2.1)

Sicherung der Finanzierung

Zusätzlich zu diesen Fonds integriert das Umweltgesetz ein System zur Sicherung der Verfügbarkeit von Finanzmitteln bei den Abfallerzeugern, das insbesondere Folgendes vorsieht:

- Die Betreiber von kerntechnischen Anlagen schätzen die Kosten für die Entsorgung ihrer bestrahlten Brennelemente und radioaktiven Abfälle vorsichtig ab.
- Die Betreiber bilden schrittweise die Rückstellungen für diese Kosten und stellen die notwendigen Mittel zur ausschließlichen Deckung dieser Kosten bereit. Diese Rückstellungen basieren auf den im Januar 2016 festgestellten Kosten.
- Die Betreiber verbuchen diese Vermögenswerte, die einen ausreichenden Grad an Sicherheit und Liquidität aufweisen müssen, um ihren Zweck zu erfüllen, gesondert. Ihr Veräußerungswert entspricht mindestens der Höhe der Rückstellungen.

Gemäß Artikel L. 594-4 des französischen Umweltgesetzes wurde ein Kontrollsystem eingeführt. Die Betreiber übermitteln der Verwaltungsbehörde alle drei Jahre einen Bericht, in dem die Bewertung der Kosten, die zur Berechnung der Rückstellungen für diese Kosten angewandten Methoden und die Entscheidungen hinsichtlich der Zusammensetzung und der Verwaltung der zur Deckung der Rückstellungen verwendeten Mittel beschrieben werden. Sie übermitteln der Verwaltungsbehörde jedes Jahr eine aktualisierte Fassung dieses Berichts und informieren sie unverzüglich über alle Ereignisse, die den Inhalt des Berichts verändern können.

Ende 2020 beliefen sich die von den Abfallverursachern gebildeten Rückstellungen für die Kosten der Endlagerung radioaktiver Abfälle (die sich überwiegend auf HA- und LL-IL-Abfälle beziehen) auf 17,2 Mrd. € (Barwerte). Diese Rückstellungen sind zu 103 % durch zweckgebundene Vermögenswerte abgesichert.

([48], Kap. 8.2.2)

Kosten der Endlagerung von HA- und LL-IL-Abfällen in tiefen geologischen Schichten

Die Schätzung der Kosten für die Endlagerung von HA- und LL-IL-Abfällen in tiefen geologischen Schichten ist eine iterative Arbeit, die von ANDRA während des gesamten Projektfortschritts durchgeführt wird. Die Schätzung umfasst Kosten für

- Errichtung und Inbetriebnahme des Cigéo,
- vorherige Studien, Forschung und technologische Entwicklung,
- den Betrieb des Cigéo,
- die schrittweise Einführung der Einrichtungen,
- Anschlüsse des Cigéo an externe Versorgungseinrichtungen und
- Rückbau, Stilllegung, Wartung und Überwachung.

Die Kostenschätzung bietet den Abfallerzeugern eine Referenz zur Bildung der Rückstellungen. Die Kosten für die Endlagerung von HA- und LL-IL-Abfällen in tiefen geologischen Schichten wurden von der für Energie zuständigen Ministerin im Januar 2016 auf 25 Mrd. € festgesetzt.

Gemäß Artikel D. 542-94 des französischen Umweltgesetzes werden diese Kosten von ANDRA regelmäßig aktualisiert (bei DAC, Inbetriebnahme, Ende der PhiPil und den regelmäßigen Sicherheitsüberprüfungen).

([48], Kap. 8.3)

Nukleares Gedächtnis

Die Herausforderungen im Hinblick auf das nukleare Gedächtnis (Aufrechterhalten der Erinnerung an das verschlossene Endlager Cigéo über viele Generationen hinweg) werden in Anhang 13 beschrieben.

Anhang 17 – Pièce 17

Informations juridiques et administratives

Rechtliche und administrative Informationen

Kurzzusammenfassung:

Diese Unterlage soll die Anforderungen der Artikel R. 123-8, 3° und 6° des französischen Umweltgesetzes erfüllen. Sie stellt den rechtlichen und administrativen Rahmen dar, in dem die öffentliche Anhörung zum Antrag auf Errichtung der kerntechnischen Anlage Cigéo stattfinden wird. Sie hat vor allem zum Ziel,

- den Gegenstand der öffentlichen Anhörung und ihre Einordnung in das Verwaltungsverfahren zur Beantragung der Errichtung der kerntechnischen Anlage,
- andere Verfahren, die für die Verwirklichung des Cigéo-Gesamtprojekts erforderlich sind, und
- die Liste der Texte, die die öffentliche Anhörung und den Inhalt der Antragsunterlagen zur Errichtung der kerntechnischen Anlage Cigéo regeln,

zu präsentieren.

Zusammenfassung:

Die vorliegende öffentliche Anhörung ist eine Etappe des Definitionsprozesses des Cigéo-Gesamtprojektes und Teil eines iterativen Prozesses der Auslegung, Öffentlichkeitsbeteiligung und schließlich der Entscheidungen bzw. Genehmigungen, der im Folgenden beschrieben wird.

Entscheidungen und Meilensteine, die der öffentlichen Anhörung vorausgingen

Gesetzliche Regelungen

Die folgenden Entscheidungen (Gesetze etc.), die vor der öffentlichen Anhörung getroffen wurden, haben die verschiedenen von ANDRA durchgeführten Studien und Abstimmungsprozesse (siehe [45] bzw. Anhang 14 und [16]) geprägt:

- Gesetz Nr. 91-1381 vom 30. Dezember 1991 (das so genannte „*Bataille*“-Gesetz), das die Grundzüge der Forschung zur Entsorgung von HA- und LL-IL-Abfällen sowie drei Forschungsschwerpunkte (Trennung und Transmutation, (CEA), Langzeitlagerung (CEA) und Endlagerung in tiefen geologischen Schichten (ANDRA)) festlegte.
- Gesetz Nr. 2006-739 vom 28. Juni 2006 über das Programm zur nachhaltigen Entsorgung radioaktiver Stoffe und Abfälle, das auf der öffentlichen Debatte von 2005 und den Forschungsbewertungen basiert. Dieses Gesetz bestätigte die Endlagerung in tiefen geologischen Schichten als einzige Lösung, die die langfristige Sicherheit radioaktiver Abfälle gewährleisten kann und stellte die Forderung nach einer Reversibilität von mindestens 100 Jahren auf. Außerdem beauftragt dieses Gesetz ANDRA mit der Planung und Errichtung eines reversiblen geologischen Endlagers.
- Im April 2016 übergab ANDRA der ASN gemäß Artikel R. 593-14 des französischen Umweltgesetzes ein Dossier zu den Sicherheitsoptionen des Cigéo ([1, 2]). Nach einer Prüfung, die zahlreiche Akteure einbezog und Gegenstand einer öffentlichen Anhörung war,

veröffentlichte die ASN am 11. Januar 2018 ihre endgültige Stellungnahme zu diesen Sicherheitsoptionen.

- Gesetz Nr. 2016-1015 vom 25. Juli 2016, das die Modalitäten für die Errichtung einer Anlage zur reversiblen Endlagerung von HA- und LL-IL-Abfällen in tiefen geologischen Schichten festlegt. Dieses Gesetz enthält wesentliche Präzisierungen für die Fortsetzung des Cigéo-Projekts im Hinblick auf Reversibilität, Pilotlager, den regulatorischen Prozess und den PDE.
- Am 3. August 2020 übergab ANDRA dem Ministerium für den ökologischen Übergang eine Unterlage zur öffentlichen Anhörung vor der DUP des Endlagers Cigéo. Am 10. Dezember 2021 gab die Untersuchungskommission eine positive Stellungnahme zur DUP ab, die fünf Empfehlungen (umsichtiger Zeitplan für die Vorarbeiten, harmonische landschaftliche Eingliederung, schrittweise Rodung des *Bois Lejuc*, Sichtschutz im südlichen Teil, Vervollständigung der Kommunikation mit der Öffentlichkeit) enthielt.
- Am 10. Dezember 2021 betrachtete die Untersuchungskommission die Anpassung der Stadtplanungsdokumente als gemeinnützig und gab eine positive Stellungnahme ab.
- Dekret Nr. 2022-993 vom 7. Juli 2022 zur DUP des geologischen Endlagers für HA- und LL-IL-Abfälle (Cigéo) und zur Herstellung der Vereinbarkeit des SCoT des *Pays Barrois* (Maas), des PLUi von *Haute-Saulx* (Maas) und des PLU von *Gondrecourt-le-Château* (Maas).
- Dekret Nr. 2022-992 vom 7. Juli 2022 zur Aufnahme des geologischen Endlagers für HA- und LL-IL-Abfälle (Cigéo) in die Liste der in Artikel R. 102-3 des Städtebaugesetzes genannten Maßnahmen von nationalem Interesse.

([49], Kap. 2.2)

Etappen der öffentlichen Debatte

Die aufeinanderfolgenden Etappen der öffentlichen Debatte werden in Anhang 14 zusammengefasst.

Öffentliche Anhörung

Rolle

Die Beteiligung der Öffentlichkeit an der Ausarbeitung öffentlicher Entscheidungen, die Auswirkungen auf die Umwelt haben, hat zum Ziel

- die Qualität der öffentlichen Entscheidungen zu verbessern und zu ihrer demokratischen Legitimität beizutragen,
- den Erhalt einer gesunden Umwelt für heutige und künftige Generationen zu gewährleisten,
- die Öffentlichkeit für den Umweltschutz zu sensibilisieren und zu erziehen und
- die Umweltinformationen zu verbessern und zu diversifizieren.

In diesem Sinne hat die Öffentlichkeit das Recht auf Zugang zu relevanten Informationen, die eine effektive Beteiligung ermöglichen. Die Öffentlichkeit muss über einen angemessenen Zeitraum verfügen, um Anmerkungen und Vorschläge zu machen. Sie muss darüber informiert werden, wie ihre Anmerkungen und Vorschläge in der Entscheidung über die Genehmigung oder Zulassung berücksichtigt wurden.

Neben den Verfahren der öffentlichen Debatte und der vorherigen Abstimmung stellt die öffentliche Anhörung eine besondere Form der Öffentlichkeitsbeteiligung dar, da sie im Hinblick auf eine Entscheidung, in diesem Fall das Dekret zur DAC einer kerntechnischen Anlage, stattfindet. Die öffentliche Anhörung hat die Aufgabe, die Information und Beteiligung der Öffentlichkeit sowie die Berücksichtigung der Interessen Dritter bei der Ausarbeitung von umweltrelevanten Entscheidungen

zu gewährleisten, insbesondere wenn die geplanten Arbeiten und Bauwerke einer Umweltprüfung unterzogen werden müssen.

([49], Kap. 3.1)

Rechtliche Grundlagen

Die öffentliche Anhörung wird für die kerntechnische Anlage Cigéo durch das französische Umweltgesetz und dort insbesondere durch

- die Artikel L. 123-1 ff. und R. 123-1 ff., die die Durchführung einer öffentlichen Anhörung für Projekte vorschreiben, die einer Umweltprüfung gemäß Artikel L. 122-1 ff. des französischen Umweltgesetzes unterliegen, und
- die Artikel L. 593-8, L. 593-9 und R. 593-22 bis R. 593-24, die die Erteilung einer DAC einer kerntechnischen Anlage von der Durchführung einer öffentlichen Anhörung abhängig machen,

gefordert ([49], Kap. 3.2).

Einbettung der öffentlichen Anhörung in das Verwaltungsverfahren

Die Einbettung der öffentlichen Anhörung in das Verwaltungsverfahren ist in Abbildung A17 - 1 dargestellt.

Vor der öffentlichen Anhörung

Die Errichtung der kerntechnischen Anlage Cigéo, in dem die radioaktiven Abfallgebinde angenommen, kontrolliert und gelagert werden, unterliegt in erster Linie den Bestimmungen der Artikel R. 593-15 ff. des französischen Umweltgesetzes und abweichend davon den spezifischen Bestimmungen des Artikels L. 542-10-1 desselben Gesetzes.

Die Genehmigung darf nur erteilt werden, wenn der künftige Betreiber unter Berücksichtigung der aktuellen wissenschaftlichen und technologischen Erkenntnisse nachweist, dass die technischen oder organisatorischen Vorkehrungen, die für die Planung, den Bau und den Betrieb getroffen oder geplant wurden, sowie die vorgeschlagenen allgemeinen Grundsätze für die Wartung und Überwachung der Anlage nach ihrer Stilllegung geeignet sind, die von der Anlage ausgehenden Gefahren oder Nachteile für die Sicherheit und die Gesundheit der Bevölkerung oder den Natur- und Umweltschutz zu vermeiden oder hinreichend zu begrenzen.

Die Auflagen, die eventuell als notwendig identifiziert wurden, um die kerntechnische Anlage Cigéo und ihre nähere Umgebung zu schützen, werden durch das Dekret zur DAC oder später durch eine Entscheidung des Präfekten nach Stellungnahme der ASN festgelegt.

([49], Kap. 4)

Ablauf der öffentlichen Anhörung

Das Verfahren der öffentlichen Anhörung ist in den Artikeln L. 123-1 ff. und R. 123-1 ff. des französischen Umweltgesetzes vorbehaltlich der besonderen Modalitäten für öffentliche Anhörungen zu Anträgen von DAC für kerntechnische Anlagen (Artikel L. 593-8, L. 593-9, R. 593-22 bis R. 593-24 des Umweltgesetzes) geregelt:

Artikel R. 123-3 sieht vor, dass die Anhörung vom Präfekten des Departements, auf dessen Gebiet das Projekt durchgeführt wird, eröffnet wird, wenn die Entscheidung von einer nationalen Staatsbehörde getroffen worden ist. Betrifft das Projekt das Gebiet mehrerer Gemeinden, Departements oder Regionen, kann die Anhörung durch eine gemeinsame Entscheidung der Behörden, die für die

Eröffnung und Organisation der Anhörung zuständig sind, eröffnet und organisiert werden. In diesem Fall wird in dem Beschluss die Behörde benannt, die für die Koordinierung der Organisation der Anhörung und die zentrale Erfassung der Ergebnisse zuständig ist. Diese Bestimmungen wurden in Artikel R. 593-21, I. übernommen und an den Fall eines Antrags auf DAC einer kerntechnischen Anlage angepasst.

Da sich die kerntechnische Anlage Cigéo in zwei Departements befindet, sind sowohl der Präfekt des Departements *Meuse* als auch der von *Haute-Marne* zuständig. Der Präfekt des Departements *Meuse* sollte zum Koordinator der öffentlichen Anhörung ernannt werden, um die Anhörung zu organisieren und die Ergebnisse zu zentralisieren.

Die DAC der kerntechnischen Anlage Cigéo, die mit dieser Unterlage beantragt wird und in deren Prüfung sich die vorliegende öffentliche Anhörung einfügt, wird gemäß den Bestimmungen von Artikel L. 542-10-1 und Artikel R. 593-27 des französischen Umweltgesetzes per Dekret des Staatsrats erteilt.

([49], Kap. 5.1)

Nach der öffentlichen Anhörung

Nach Abschluss der Untersuchung und unter Berücksichtigung der begründeten Schlussfolgerungen der Anhörungskommission kann die DAC für die kerntechnische Anlage Cigéo erteilt werden. Allerdings kann die DAC erst erteilt werden, wenn die Europäische Kommission ihre Stellungnahme gemäß Artikel 37 des Vertrags zur Gründung der Europäischen Atomgemeinschaft (Euratom) abgegeben hat oder wenn nach Ablauf von sechs Monaten nach der Befassung der Kommission keine solche Stellungnahme vorliegt.

Der für die kerntechnische Sicherheit zuständige Minister wird ANDRA einen Vorentwurf des Dekrets zukommen lassen, und ANDRA wird zwei Monate Zeit haben, um sich dazu zu äußern. Der Entwurf des Dekrets wird anschließend der ASN zur Stellungnahme vorgelegt.

Die DAC wird durch ein Dekret erteilt, das auf dem Bericht des für die kerntechnische Sicherheit zuständigen Ministers basiert. Da es sich um eine kerntechnische Anlage handelt, wird dieses Dekret außerdem Gegenstand einer Stellungnahme des Staatsrats sein. Das Dekret zur DAC der kerntechnischen Anlage Cigéo

- wird die Identität des Betreibers, die Art der Anlage und ihre maximale Kapazität angeben,
- wird den Umfang der Anlage festlegen,
- wird die Frist für die Inbetriebnahme der Anlage (beschränkt auf die PhiPil) bestimmen,
- wird die wesentlichen Elemente vorschreiben, die für den Schutz der in Artikel L. 593-1 genannten Interessen erforderlich sind,
- wird die Häufigkeit der in Artikel L. 593-18 genannten Überprüfungen festlegen, wenn es aufgrund der Besonderheiten der Anlage gerechtfertigt ist, dass diese Häufigkeit nicht zehn Jahre beträgt,
- kann die Durchführung bestimmter Maßnahmen in Anbetracht ihrer Auswirkungen auf die in Artikel L. 593-1 genannten Interessen von einer Genehmigung des für die kerntechnische Sicherheit zuständigen Ministers oder der ASN abhängig machen und
- wird speziell für die kerntechnische Anlage Cigéo die Mindestdauer (mindestens 100 Jahre) festlegen, während der als Vorsichtsmaßnahme die Reversibilität der Endlagerung gewährleistet sein muss.

Das Dekret für die DAC der kerntechnischen Anlage Cigéo wird zusammen mit der Stellungnahme der ASN im Amtsblatt veröffentlicht. Dieser Beschluss wird dem Betreiber (ANDRA) gestellt und zusammen mit den in Artikel L. 122-1-1 IV genannten Informationen an den koordinierenden Präfekten weitergeleitet. Der Präfekt übermittelt den Beschluss und die begleitenden Informationen den Gebietskörperschaften des Konsultationsbereichs, der CLI sowie ggf. den Behörden der ausländischen Staaten, die von der Konsultation betroffen sind, die gemäß der Espoo-Konvention (grenzüberschreitende UVP) durchgeführt wurde.

([49], Kap. 6.1.1)

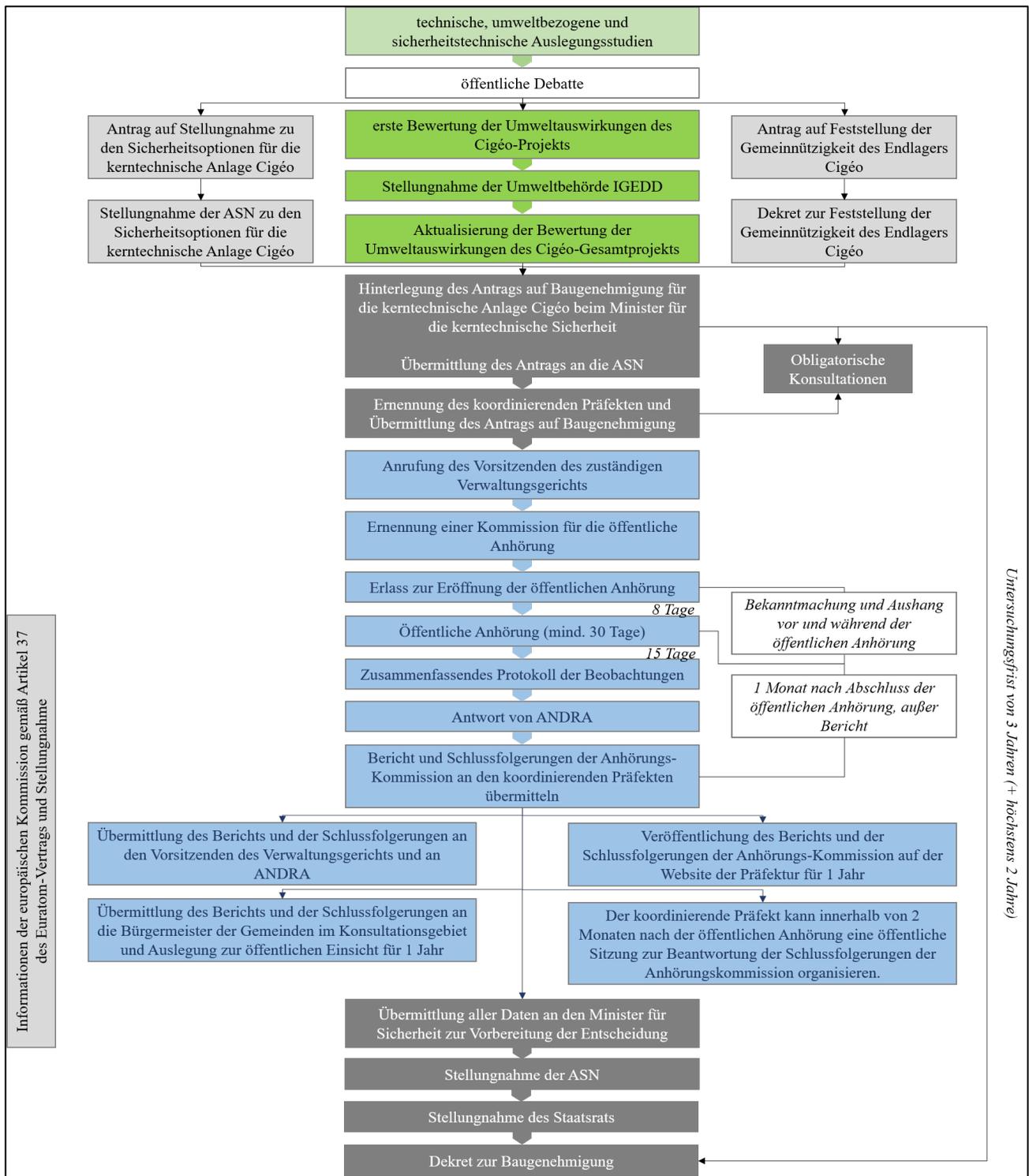


Abbildung A17 - 1: Einbettung der öffentlichen Anhörung in das Verwaltungsverfahren (nach Abbildung 4-1 in [49])

Anhang 18 – Pièce 18

Avis émis sur le projet

Stellungnahmen zum Vorhaben

Kurzzusammenfassung:

Gemäß der in Artikel R. 123-8, 4° des französischen Umweltgesetzes genannten Anforderungen gibt diese Unterlage die Liste der Stellungnahmen wieder, die zwischen der Einreichung des Genehmigungsantrags für die Errichtung der kerntechnischen Anlage Cigéo und der Eröffnung des Verfahrens der öffentlichen Anhörung erforderlich waren.

Ergänzend und zur Information der Öffentlichkeit werden die wichtigsten Stellungnahmen, die vor der Einreichung des vorliegenden Dossiers abgegeben wurden, ebenfalls in einem eigenen Kapitel dargestellt. Fehlende Stellungnahmen werden ergänzt sobald sie zu Verfügung stehen.

Zusammenfassung:

Stellungnahmen, die gemäß der Vorzuschriften für kerntechnische Anlagen und der Umweltprüfung des Antrags auf DAC gefordert werden

- Stellungnahme der ASN zu den Sicherheitsoptionen des Cigéo ([50], Kap. 2.1)
- Stellungnahme der Umweltbehörde zur UVS des Antrags auf DAC ([50], Kap. 2.2)
- Stellungnahmen der lokalen und regionalen Gebietskörperschaften zur UVS und dem Antrag auf DAC ([50], Kap. 2.3)

Sofern das Projekt einer kerntechnischen Anlage im Bereich eines genehmigten Wasserwirtschaftsplans (*schéma d'aménagement et de gestion des eaux*, SAGE) liegt oder wenn das Projekt Auswirkungen auf einen solchen Bereich hat, wird auch die Stellungnahme der lokalen Kommission der Wasserbehörde zum Antrag eingeholt. Da in den Untersuchungsgebieten des Cigéo-Gesamtprojekts derzeit kein SAGE existiert, wird diese Stellungnahme nicht erwartet. ([50], Kap. 1.2)

Stellungnahmen, die von den spezifischen Vorschriften der kerntechnischen Anlage Cigéo gefordert werden

- Bericht der nationalen Kommission für Forschung und Studien zur Entsorgung radioaktiver Stoffe und Abfälle (*commission nationale des recherches et études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs*, CNE2; [50], Kap. 3.1)
- Stellungnahme der ASN ([50], Kap. 3.2)
- Bewertung durch das OPECST ([50], Kap. 3.3)

Stellungnahmen, die vor der Einreichung des vorliegenden Dossiers abgegeben wurden

- Entscheidung der CNDP ([50], Kap. 4.1)
- nicht erschöpfende Liste der wichtigsten Stellungnahmen, die im Rahmen der öffentlichen Anhörung zum Antrag auf DAC der kerntechnischen Anlage Cigéo abgegeben wurden, aber nicht erforderlich sind ([50], Kap. 4.2). Hierbei handelt es sich um Stellungnahmen zu den Themen

- Durchführbarkeit der geologischen Tiefenlagerung und Projektskizze für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Schichten
 - Wahl der ZIRA
 - Reversibilität des Cigéo
 - Kosten der Entsorgung von HA- und LL-IL-Abfällen in tiefen geologischen Schichten
 - Sicherheitsoptionen des Cigéo
 - Entsorgung von radioaktiven Abfällen und bestrahlten Brennelementen in Frankreich
 - Umgang mit bituminierten Abfällen
 - Entsorgung von HA- und LL-IL-Abfällen
 - Antrag auf DUP
- Stellungnahme des Ministeriums für Ökologie vom 09. März 2010, in dem die Wahl der ZIRA bestätigt wird ([50], Kap. 4.3)

Anhang 19 – Pièce 19

Version préliminaire des spécifications d'acceptation des colis

Vorläufige Fassung der Gebinde-Annahmekriterien

Kurzzusammenfassung:

Die vorläufige Fassung der Gebinde-Annahmekriterien der kerntechnischen Anlage Cigéo wird von Artikel D. 542-88 gefordert und entspricht den Anforderungen von Artikel 4.2.2 der Entscheidung Nr. 2017-DC-0587 der ASN vom 23. März 2017 über die Konditionierung radioaktiver Abfälle und die Annahmebedingungen für Gebinde mit radioaktiven Abfällen in kerntechnischen Lagereinrichtungen.

In diesem Teil werden die Kriterien festgelegt, die ein Gebinde mit sogenannten „endgültigen“⁵⁹ radioaktiven Abfällen erfüllen muss, um in der kerntechnischen Anlage zur Einlagerung angenommen zu werden. Diese Kriterien beziehen sich insbesondere auf die radiologischen, physikalischen, mechanischen und chemischen Merkmale und Eigenschaften des Gebindes.

Zusammenfassung:

Die Gebinde-Annahmekriterien tragen dazu bei, die Sicherheit der kerntechnischen Anlage Cigéo ab der Inbetriebnahme und für alle späteren Phasen zu gewährleisten. Ziel dieser Unterlage ist es daher, die Kriterien festzulegen, die ein „endgültiges“ PG mit radioaktiven Abfällen erfüllen muss, um in der kerntechnischen Anlage Cigéo angenommen zu werden. ([51] Kap. 1.1)

Die hier benannten vorläufigen Gebinde-Annahmekriterien werden nach etwaigen Änderungen und Zustimmung der ASN, die frühestens mit der DAC erfolgen wird, die endgültigen Spezifikationen für die Annahme von Abfallgebinden darstellen. Die Annahmekriterien können sich im Zusammenhang mit der fortschreitenden Entwicklung der kerntechnischen Anlage ändern. Ihre Aktualisierung erfolgt nach dem für kerntechnische Anlagen typischen Verfahren des Änderungsmanagements und der Zehnjahresüberprüfungen. ([51] Kap. 1.1)

Um in der kerntechnischen Anlage angenommen zu werden, muss jedes PG die allgemeinen Gebinde-Annahmekriterien, die für alle PG gelten, sowie je nach bestimmungsgemäßem Einlagerungsbereich die entsprechenden spezifischen Gebinde-Annahmekriterien erfüllen. Dabei müssen die zugehörigen Grenzwerte einschließlich aller Ungewissheiten eingehalten werden. Jede Abweichung von den Gebinde-Annahmekriterien muss dokumentiert werden und bedarf der Zustimmung von ANDRA. ([51] Kap. 2.1)

Der Nachweis, dass ein PG die Gebinde-Annahmekriterien erfüllt, muss durch den Erzeuger erbracht werden. Dabei stehen ihm verschiedene Möglichkeiten (Messungen, Versuche, Modellierung, Berechnungen, Dokumentation, Prozessqualifikationen, Vorkehrungen für die Produktionskontrolle oder eine Kombination dieser Möglichkeiten) zur Verfügung. Darüber hinaus kann ein Erzeuger die Einhaltung der Annahmekriterien für ein PG auch auf Grundlage von Merkmalen nachweisen, die

⁵⁹ Für „endgültige“ Abfallgebinde sind vor der Einlagerung keine weiteren Konditionierungsmaßnahmen vorgesehen oder geplant. Ein endgültiges Abfallgebilde kann aber in einem sogenannten *Overpack* eingelagert werden.

auf Ebene einer gesamten Charge von PG derselben Abfallfamilie gewonnen wurden. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass der Erzeuger die Anwendbarkeit auf das PG nachweist. ([51] Kap. 2.2.1)

Der Erzeuger der radioaktiven Abfälle muss außerdem nachweisen, dass der Transport der PG die Einhaltung der Gebinde-Annahmekriterien nicht beeinträchtigt ([51] Kap. 2.2.2).

Allgemeine Primärgebinde-Annahmekriterien

Die vorläufigen Gebinde-Annahmekriterien beziehen sich auf die radiologischen, physikalischen, mechanischen und chemischen Eigenschaften der PG.

Radiologisches Inventar

Der Erzeuger muss für jedes PG das Radionuklidinventar (Becquerel) für die 144 festgelegten Radionuklide ausweisen. Dabei müssen die jeweiligen Deklarationsgrenzwerte für die spezifische Aktivität eingehalten werden. Für Radionuklide, deren Aktivität mit Null angegeben wird, ist zu begründen, dass diese Radionuklide im Abfall nicht vorhanden sind. ([51] Kap. 3.1)

Chemisches Inventar

Die folgenden Stoffe dürfen nicht in den PG enthalten sein:

- explosive Stoffe
- Gegenstände, die brennbare Stoffe enthalten
- Lithium, Natrium, Kalium und Kalzium in reiner metallischer Form oder als Hydrid
- Magnesium und seine Legierungen, die nicht in einer Zementmatrix, einem Geopolymer oder einem anderen Konditionierungsmittel, das eine gleichwertige Funktion erfüllt, eingebettet sind
- Infektiöse Stoffe
- freie organische oder wässrige Flüssigkeiten, die nicht von saugfähigen Abfällen zurückgehalten werden oder leicht austretende Flüssigkeiten, die von saugfähigen Abfällen zurückgehalten werden (jede Restflüssigkeit muss gesondert ausgewiesen werden)

([51] Kap. 3.2)

Die im folgenden aufgeführten Stoffe müssen quantitativ und, sofern nicht anders angegeben, auch auf Ebene der Abfallfamilie angegeben werden:

- chemo-toxische Stoffe: Uran, Blei, Quecksilber, Antimon, Cadmium, Selen, Arsen, Nickel, Chrom (einschließlich Cr-VI), Bor, Beryllium, CN-Radikal und Asbest
- Schwefelverbindungen: Sulfonate, Sulfatsalze (Na_2SO_4 oder CaSO_4)
- Stickstoffverbindungen unter Angabe der Art der Verbindung (z. B. NaNO_3 , NH_4NO_3)
- Carbonate, Cyanide und Halogenide
- organische Zellulose- und allgemein Glukoseverbindungen
- organische Verbindungen: EDTA, NTA, DTPA, TTHA, Oxalat, Ascorbat, Gluconat, Sulfamat, Phthalat
- Picolinsäure, TBP und Ethylendiamin
- alle anderen Chelatbildner, die zur Dekontaminierung von Anlagen verwendet werden
- Stoffe, die als krebserzeugend, erbgutverändernd und fortpflanzungsgefährdend eingestuft sind (z. B. Di-Butylphthalat und Asbest)
- Stoffe, die ihrer Natur nach potenziell pyrophor sind und nicht in einer Matrix gebunden sind

- nicht anderweitig verbotene reaktive Stoffe und Gemische, die entzündbare Stoffe freisetzen können (inkl. Schätzung der maximalen Menge an entzündbaren Gasen, die durch diese Reaktionen erzeugt werden)
- salzhaltige oder ionische Stoffe für STE2-Schlämme
- Art und Menge der nicht leicht austretenden Flüssigkeiten, die auf saugfähigen Abfällen zurückgehalten werden, wenn ihr Gesamtvolumen mehr als 1 % des Volumens des PG beträgt

([51] Kap. 3.2)

Angaben zum Langzeitverhalten

Die Angaben zum Langzeitverhalten hängen von der Abfallart ab. Der Erzeuger muss die ihm zur Verfügung stehenden Angaben (inkl. Datentyp z. B. Maximal- oder Mittelwert) auf Ebene der Abfallfamilien angeben.

- Verglaste Abfälle:
 - Zusammensetzung der Glasmatrix
 - Äußere Oberfläche der Glasmatrix
 - Kinetik der Glaskorrosion unter Endlagerbedingungen sowie die damit verbundenen Aktivierungsenergien und Rissbildungsraten
- Abfälle mit zementhaltigen Materialien
 - Intrinsische Porosität der zementhaltigen Materialien und verwendete Bestimmungsmethode
- Salzhaltige Abfälle mit Bitumenmatrix
 - Art des Bitumens
 - Anfängliches freies Volumen sowie Kinetik der Freiraumquellung des Bitumens durch Wasseraufnahme
 - Art und Gehalt der löslichen und unlöslichen Salze
 - Geometrie des Bitumens
- Salzhaltige Abfälle ohne Bitumenmatrix
 - Art und Gehalt der löslichen und unlöslichen Salze
- Aktivierte Metallabfälle
 - Art des Metalls oder der Legierung
 - Feinstanteile
 - Dicke der im Reaktor gebildeten Oxidschicht (bei Zirkoniumlegierungen)
 - Existenz von galvanischer Kopplung
 - Vorhandensein organischer Substanzen
 - Korrosionsgeschwindigkeiten des Metalls/der Legierung unter Endlagerbedingungen
 - Dicke der Metallteile
 - Radionuklidinventar der in den aktivierten Metallanfällen enthaltenden Aktivität
 - Schätzung der maximalen, nicht verdichtbaren Resthohlräume

([51] Kap. 3.3)

Oberflächenkontamination

Zum Zeitpunkt der Annahme in der kerntechnischen Anlage Cigéo muss die nicht festhaftende Oberflächenkontamination eines PG für β - und μ -Strahler unter dem Grenzwert von 4 Bq/cm² und für α -Strahler unter dem Grenzwert von 0,4 Bq/cm² liegen ([51] Kap. 3.4).

Hohlraumanteil

Für Abfallfamilien, deren Produktion zum Zeitpunkt der Übergabe dieses Dokuments noch nicht begonnen hat, ist zu begründen, dass der Hohlraumanteil des PG

- weniger als 25 % des Industrievolumens (siehe Anhang 4 von [51]) beträgt und
- im Hinblick auf den gewählten Konditionierungsprozess und die besten verfügbaren Techniken minimiert wurde.

Für alle anderen Abfallfamilien muss der Hohlraumanteil für jedes PG angegeben werden. ([51] Kap. 3.5)

Greifsnittstelle

Der Erzeuger muss sicherstellen, dass das PG bei Annahme über die gleiche Greifsnittstelle handhabbar ist, wie beim Versand ([51] Kap. 3.6).

Spezifische Annahmekriterien für Primärgebinde

Bei den spezifischen Annahmekriterien für PG wird zwischen

- LL-IL-Primärgebinden, die direkt endgelagert werden,
- LL-IL- Primärgebinden, die in Endlagerbehältern endgelagert werden,
- HA-Primärgebinden, die im HA-Pilotlager endgelagert werden und
- HA-Primärgebinden, die in den HA-Einlagerungsbereichen endgelagert werden

unterschieden.

Die jeweiligen Merkmale, die von den Erzeugern anzugeben, einzuhalten und/oder nachzuweisen sind, sind in Tabelle A19 - 1 aufgeführt.

Tabelle A19 - 1: Spezifische Annahmekriterien für LL-IL- und HA-Primärgebinde (DE: direkte Endlagerung, EnB: Endlagerbehälter, PL: Pilotlager, EB: Einlagerungsbereich)

Merkmal	LL-IL		HA		Kapitel in [51]
	DE	EnB	PL	EB	
Identifikationsnummer mindestens 100 Jahre lesbar	x	x	x	x	4.1.1, 4.2.1, 5.1.1, 5.2.1
maximale Masse (kg) in Abhängigkeit von der Art des PG	x	x	x	x	4.1.2, 4.2.2 5.1.1, 5.2.2
maximale geometrische Abmessungen (mm) sowie Mindestdicken (mm) in Abhängigkeit von der Art des PG	x	x	x	x	4.1.3, 4.2.3, 5.1.3, 5.2.3
maximale Äquivalenzdosisleistung (Sv/h) an der Oberfläche sowie im Abstand von einem Meter (bei An- nahme des PG) in Abhängigkeit von der Art des PG	x	x			4.1.4, 4.2.4

Merkmal	LL-IL		HA		Kapitel in [51]
	DE	EnB	PL	EB	
maximale Cs-137-Aktivität in Abhängigkeit von der Art des PG bzw. maximale Äquivalenzdosisleistung für bestimmte Abfallfamilien und PG bei denen die Dosisleistung nicht durch Cs-137 dominiert wird			x	x	5.1.4, 5.2.4
spezifischer Grenzwert für die Spaltstoffmasse sofern das PG <ul style="list-style-type: none"> • mehr als 5 g Spaltstoffe (LL-IL) bzw. • Spaltstoffe (HA) enthält in Abhängigkeit von der Art des PG	x	x	x	x	4.1.5, 4.2.5, 5.1.5, 5.2.5
maximaler Grenzwert für die Freisetzung entzündbarer Gase, die durch Radiolyse oder Korrosion des PG entstehen (bei Annahme der PG) in Abhängigkeit von der Art des PG	x	x			4.1.6, 4.2.6
Freisetzungsrates für die gasförmigen Radionuklide H-3, C-14 und Kr-85 sofern die Gesamtaktivität der Abfallfamilie die radionuklidspezifischen Grenzwerte überschreitet	x	x			4.1.7, 4.2.7
maximale über 150 Jahre kumulierte Heliumproduktion Außerdem muss der Erzeuger für jedes Produktion eines anderen Gases einen gesonderten Antrag stellen.			x	x	5.1.6, 5.2.6
maximale Wärmeleistung (bei Annahme des PG) und Angabe einer (bzw. im Fall von C1PG ^{SP} zwei) abdeckenden Zerfallskurve(n) auf Ebene der Abfallfamilie in Abhängigkeit von der Art des PG	x	x			4.1.8, 4.2.8
durchschnittliche Wärmeleistung pro Abfallfamilie und maximale Wärmeleistung pro PG (bei Annahme des PG) und Angabe einer abdeckenden Zerfallskurve auf Ebene der Abfallfamilie in Abhängigkeit von der Abfallfamilie			x	x	5.1.7, 5.2.7
				x	

Merkmal	LL-IL		HA		Kapitel in [51]
	DE	EnB	PL	EB	
Merkmale bezüglich des statischen Einschlusses <ul style="list-style-type: none"> • aerosolbegrenzende Eigenschaft (bei Annahme der Gebinde) • Aufrechterhaltung der Einschlusseigenschaften für einen Zeitraum von 100 Jahren 	x	x	x	x	4.1.9, 4.2.9, 5.1.8, 5.2.8
keine Freisetzung des radioaktiven Inhalts (einschließlich fester Partikel und Aerosole) des PG bei einem Sturz aus einer festgelegten Höhe (Außerdem muss der Erzeuger nachweisen, dass die nachgewiesene Sturzfestigkeit nicht durch die thermischen und hydraulischen Bedingungen während der Zwischenlagerung beeinträchtigt wird.)	x	x	x	x	4.1.10, 4.2.10, 5.1.9, 5.2.9
Aufrechterhaltung der Form des PG in einem Block (einschließlich der Nicht-Abtrennung des Deckels) sowie dessen Handhabbarkeit nachdem es für 30 Minuten einer Temperatur von 550 °C ausgesetzt ist (Außerdem muss der Erzeuger nachweisen, dass das nachgewiesene Verhalten bei thermischer Beanspruchung nicht durch die thermischen und hydraulischen Bedingungen während der Zwischenlagerung beeinträchtigt wird.)	x				4.1.11
Stapelfähigkeit in Abhängigkeit von der für das PG vorgesehenen Anzahl an Lagerebenen in den Einlagerungsstrecken	x				4.1.12

Anhang 20 – Pièce 20

Plan de développement de l'installation de stockage Cigéo

Entwicklungsplan des Endlagers Cigéo

Kurzzusammenfassung:

Die Erstellung eines Entwicklungsplans für das Endlager Cigéo ist nicht durch eine Anforderung des Umweltgesetzes erforderlich. Der Entwicklungsplan soll eine Forderung der ASN erfüllen, die diese 2018 in ihrer Stellungnahme zum von ANDRA vorgelegten Bericht über die Sicherheitsoptionen für das Projekt Cigéo zur Lagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Schichten verfasste.

Ziel dieser Unterlage ist die zusammenfassende Darstellung der Studien und Versuche, die schrittweise zur Unterstützung der technischen Entwicklung der kerntechnischen Anlage Cigéo, ihrer Errichtung und Betriebs, ihrer Stilllegung und ihres Sicherheitsnachweises sowie der Entscheidungsfindung, insbesondere im Falle eines Politikwechsels hinsichtlich nationaler Entsorgungsstrategie, durchgeführt werden sollen.

Zusammenfassung:

Diese Unterlage enthält eine dokumentierte Roadmap für Ingenieurstätigkeiten sowie wissenschaftliche und technologische Aktivitäten (Forschung und Entwicklung) von ANDRA zur Unterstützung der nächsten großen Entwicklungsschritte nach der Einreichung der DAC bis zur endgültigen Stilllegung der kerntechnischen Anlage Cigéo.

Dieses technische und planerische Dokument stellt in der Logik der detaillierten Entwicklung und der kontinuierlichen Verbesserung die Studien und Versuche vor, die nach Einreichung der DAC geplant sind. Es deckt somit sowohl klassische Aspekte der Entwicklung einer kerntechnischen Anlage bis zu ihrer Inbetriebnahme (z. B. Qualifikation) als auch spezifische Aspekte ihrer schrittweisen Errichtung ab.

Die in dieser Unterlage beschriebenen Studien und Versuche werden zur Unterstützung der technischen Entwicklung der kerntechnischen Anlage Cigéo, ihrer Errichtung und ihres schrittweisen Betriebs und Stilllegung durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Studien und Versuche werden insbesondere in die Überprüfungen des Sicherheitsnachweises der Anlage einfließen, und zwar in Verbindung mit den in den Vorschriften vorgesehenen aufeinanderfolgenden Genehmigungsmeilensteinen.

Es handelt sich um Studien und Versuche,

- die im Vorfeld des Baus in Verbindung mit der ursprünglichen betrieblichen Umsetzung,
- während der PhiPil, insbesondere bis zur Inbetriebnahme von T1, vor allem im Zusammenhang mit den Elementen, die den Sicherheitsnachweis untermauern sollen,
- im Zusammenhang mit der Auslegungsoptimierung, die für die spätere Inbetriebnahme von Einlagerungsstrecken im LL-IL-Einlagerungsbereich vorgesehen ist,
- im Zusammenhang mit der Auslegungsoptimierungen, die für die Inbetriebnahme von Einlagerungsstrecken des HA-Einlagerungsbereichs in den Jahren 2070-2080 vorgesehen sind,

- die im Zusammenhang mit dem geplanten Stilllegungskonzept der Anlage stehen, oder
- im Zusammenhang mit der Frage der Flexibilität (insbesondere bei bituminierten Abfällen) und der Anpassungsfähigkeit,

vorgesehen sind.

Die Erkenntnisse aus den Studien und Versuchen, die im Laufe der Entwicklung des Endlagers gewonnen werden, werden auf der Grundlage eines ständigen Erfahrungsrückflusses den Sicherheitsnachweis und die Auslegung der später zu errichtenden (und zu genehmigenden) Bauabschnitte untermauern.

Die Unterlage wird regelmäßig aktualisiert und steht in Verbindung mit

- Entscheidungsmeilensteinen (Dekret über die Genehmigung zur Errichtung und Inbetriebnahme der kerntechnischen Anlage während der PhiPil und den darauffolgenden Phasen,
- Dem Erfahrungsrückfluss während der schrittweisen Errichtung der kerntechnischen Anlage Cigéo, dem Betrieb und der Überwachung des HA-Pilotlagers und der ersten vier LL-IL-Einlagerungsstrecken und darauffolgenden Einlagerungsbereiche sowie
- technologischen Fortschritten, also dem Erfahrungsrückfluss aus den Tests im untertägigen Forschungslabor *Meuse/Haute-Marne*, Erfahrungsrückfluss aus den Demonstrationsversuchen, Fortschritten bei der Auslegung von Verschlussbauwerken wie auch Fortschritten bei den Studien zu bituminierten Abfallgebinden, die von ANDRA und den Abfallerzeugern durchgeführt werden.

Mögliche politische Entwicklungen im Bereich der Energieversorgung können sich ebenfalls auswirken und zu Entwicklungen in den nachfolgenden Auflagen dieser Unterlage führen, die mit den erforderlichen Genehmigungsprozessen zusammenhängen.

Der Entwicklungsplan beruht auf dem wissenschaftlichen und technologischen Kenntnisstand, einem Detaillierungsgrad der Beschreibung der kerntechnischen Anlage in Verbindung mit ihrer schrittweisen Errichtung und den Erkenntnissen aus dem dem Antrag auf DAC zugehörigen Sicherheitsnachweis. Er stellt die Studien aus über dreißig Jahren (Konsolidierung der wissenschaftlichen und technologischen Kenntnisse, Präzisierung und Optimierung der Auslegung, Stärkung der Sicherheit) im Hinblick auf die folgenden Ziele vor:

- Vorbereitung der Inbetriebnahme der kerntechnischen Anlage Cigéo während der PhiPil (siehe [52], Kap. 2)
- Vorbereitung der Inbetriebnahme der späteren Bauabschnitte für die Endlagerung von HA- und LL-IL-Abfällen, darunter die Inbetriebnahme der Einlagerungsstrecken für die Endlagerung von bituminierten Abfallgebinden und die vorherige Entscheidung über die gewählte Lagerungsart unter Einbeziehung möglicher Optimierungen (siehe [52], Kap. 3)
- Vorbereitung der Stilllegung der untertägigen Anlage (siehe [52], Kap. 4)
- potenzielle Entwicklung des Abfallinventars (siehe [52], Kap. 5)

Anhang 21 – Pièce 21

Guide de lecture du dossier

Leitfaden für die Lektüre des Dossiers

Kurzzusammenfassung:

Der vorliegende Leitfaden soll dem Leser das Verständnis des Aufbaus der Antragsunterlagen, die auch zur öffentlichen Anhörung vorgelegt werden, erleichtern. Er ermöglicht es dem Leser außerdem, sich an den für ihn interessantesten Unterlagen zu orientieren.

Zusammenfassung:

-

Anhang 22 – Pièce 22

Glossaire et acronymes

Glossar und Akronyme

Kurzzusammenfassung:

Diese Unterlage erläutert die Begriffe, die in den verschiedenen Antragsunterlagen der DAC des Cigéo verwendet werden.

Zusammenfassung:

-

Anhang 23 – Projektablaufplan

AP	Beschreibung	Projektzeit in Monaten														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Sichtung, Zusammenfassung und Klassifikation der Antragsunterlagen															
1.0	Kick-Off-Meeting (inklusive Vorbereitung)															
	Meilenstein: Kick-Off-Meeting	◇														
1.1	Sichtung der Unterlagen															
1.2	Klassifikation der Unterlagen															
1.3	Zusammenfassungen und Zwischenbericht 1															
	Meilenstein: Zwischenbericht 1 (Entwurf)		◇													
1.4	FG zum Abschluss des AP 1 (inklusive Vorbereitung und Reisezeit)															
	<i>Fachgespräch</i>			◇												
2	Endlagersicherheit															
2.1	Auswertung der relevanten Antragsunterlagen															
2.2	Fachliche Einschätzung der Betriebssicherheit															
2.3	Fachliche Einschätzung der Nachbetriebssicherheit															
2.4	Zwischenbericht 2															
	Meilenstein: Zwischenbericht 2 (Entwurf)						◇									
2.5	FG zum Abschluss des AP 2 (inklusive Vorbereitung und Reisezeit)															
	<i>Fachgespräch</i>							◇								
3	Potentielle, erhebliche Umweltauswirkungen auf Deutschland															
3.1	Auswertung der relevanten Antragsunterlagen															
3.2	Einschätzung möglicher, erheblicher Umweltauswirkungen auf Deutschland															
3.3	Grenzüberschreitende Beteiligung Deutschlands															
3.4	Zwischenbericht 3															
	Meilenstein: Ergebnisbericht 3 (Entwurf)											◇				
3.5	FG zum Abschluss des AP 3 (inklusive Vorbereitung und Reisezeit)															
	<i>Fachgespräch</i>												◇			
4	Berichterstellung															
4.1	Abschlussbericht															
	Meilenstein: Abschlussbericht (Entwurf)													◇		
4.2	Literaturdatenbank															
4.3	FG zum Abschluss des Vorhabens (inklusive Vorbereitung und Reisezeit)															
	<i>Abschlussgespräch</i>															◇
4.4	Schlussbericht nach § 12 Abs. 1 ABFE/BMUV															
4.5	Ergebnis nach § 13 ABFE-BMUV															
4.6	Abschlusspräsentation (inklusive Vorbereitung und Reisezeit)															
	Meilenstein: Abschlusspräsentation															◇

Bearbeitung Teil-AP
 Bearbeitung AP
 FG
 Abgabe von Berichten (Entwurf)

Anhang 24 – Erfolgskontrollbericht

Die wissenschaftlich-technischen Ergebnisse des Projekts (fachliche Einschätzung der französischen Antragsunterlagen im Hinblick auf Endlagersicherheit und Umweltauswirkungen auf Deutschland sowie Beteiligungsmöglichkeiten für Deutschland) werden in den Kapitel 8 und 9.2.2 dieses Schlussberichts zu § 12 Abs. 3 ABFE-BMUV dargestellt. Die Nebenergebnisse (Beschreibung des Cigéo-Gesamtprojekts und Einschätzungen der ANDRA im Hinblick auf Endlagersicherheit und Umweltauswirkungen) werden in den Kapiteln 6 und 7 dargestellt. Der mit den Ergebnissen für das BASE verbundene Nutzen wird in Abschnitt 4.2 wiedergegeben.

Die Kostenbudgets und die Zeitplanung (15 Monate; siehe auch Anhang 23) wurden eingehalten.

