



DOCUMENT

3bis

Dokument bezüglich der Auswirkungen auf die Umwelt, die mit dem Betrieb des Reaktors während der nächsten zehn Jahre verbunden sind.

Öffentliches
Anhörungsverfahren
über den Bericht der 4.
periodischen
Sicherheitsüberprüfung

Kernkraftwerk von Saint-Laurent
Reaktor Nr. 2

	Seiten
Einleitung	S.2
1. Der Betreiber des Kraftwerks von Saint-Laurent und der Hintergrund der periodischen Sicherheitsüberprüfung	S.3
1.1. Betreiber des Kraftwerks von Saint-Laurent	S.3
1.2. Hintergrund der periodischen Sicherheitsüberprüfung	S.4
2. Fortsetzung des Betriebs der Reaktoren von Saint-Laurent	S.8
2.1. Das Kernkraftwerk von Saint-Laurent	S.8
2.2. Betrieb des Kraftwerks	S.9
2.3. Die Fortsetzung des Betriebs	S.11
3. Öffentliches Anhörungsverfahren bezüglich der periodischen Sicherheitsüberprüfung	S.15
3.1. Regelungsverfahren in Frankreich	S.15
3.2. Internationale Konsultierung	S.16
3.3. Terminplan des Regelungsverfahrens	S.17
4. Nukleare Sicherheit des Kernkraftwerks	S.18
4.1. Strahlenschutz	S.18
4.2. Nukleare Sicherheit während des Betriebs	S.19
4.3. Begrenzung der Alterung und Obsoleszenz	S.26
4.4. Nukleare Sicherheit, Reaktor während der endgültigen Stilllegung	S.27
5. Bewertung der Auswirkungen des Betriebs auf die Umwelt	S.28
5.1. Vorgehensweise	S.28
5.2. Methode zur Bewertung der Auswirkungen	S.29
5.3. Unsicherheiten im Zusammenhang mit der Bewertung der Auswirkungen	S.32
5.4. Für die Bewertung verwendete Daten	S.32
5.5. Aktueller Zustand Umwelt	S.33
5.6. Wechselbeziehungen des Kraftwerks von Saint-Laurent mit der Umwelt	S.47
5.7. Prognose für die kommenden 10 Jahre hinsichtlich der Auswirkungen auf die Umwelt	S.59
6. Bewertung der grenzüberschreitenden Auswirkungen	S.75
6.1. Anforderungen hinsichtlich der radiologischen Folgen	S.76
6.2. Radiologische Folgen	S.78
6.3. Messung von Begrenzung der radiologischen Risiken	S.84
7. Überwachung der Umwelt	S.93
7.1. Überwachungsmaßnahmen für den Normalbetrieb	S.93
7.2. Überwachungsmaßnahmen hinsichtlich der radiologischen Risiken	S.97
8. Schlussfolgerungen	S.98
Glossar	



In Frankreich wird der Bau eines Kernreaktors durch eine Verordnung des für die nukleare Sicherheit zuständigen Ministers genehmigt. Diese Genehmigung enthält keine Betriebsdauerbegrenzung. Dennoch muss der Betreiber alle 10 Jahre eine periodische Sicherheitsüberprüfung durchführen, um die Situation der Anlage im Hinblick auf die für sie geltenden Vorschriften zu bewerten und die Prüfung der Risiken und Nachteile zu aktualisieren, die die Anlage für die öffentliche Sicherheit, Gesundheit und Hygiene oder den Natur- und Umweltschutz, d. h. die sogenannten „geschützten Interessen“ birgt.

In den zwei von Électricité de France (EDF, www.edf.fr) betriebenen 900 MWe-Druckwasserreaktoren des Kernkraftwerks von Saint-Laurent findet nun die 4. periodische Sicherheitsüberprüfung statt.

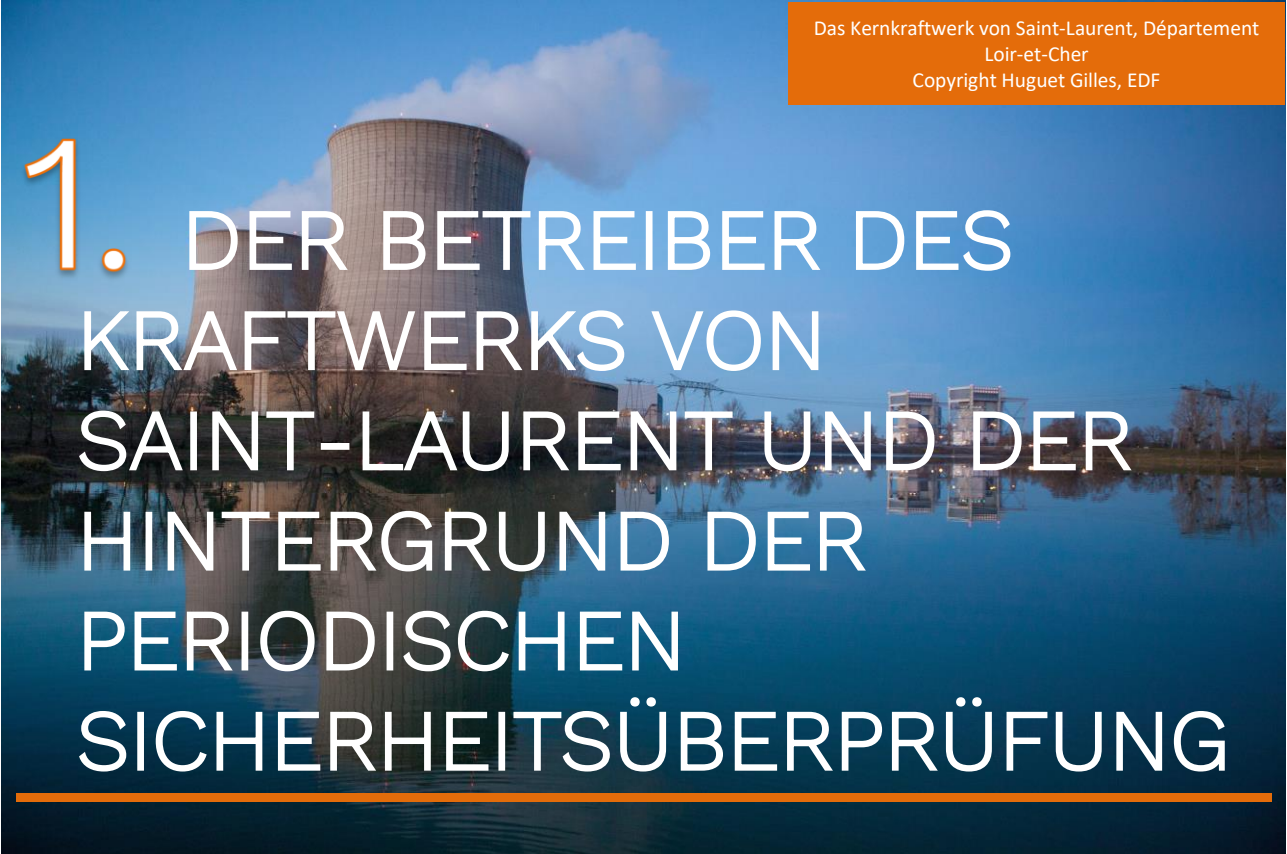
Nach Abschluss jeder einzelnen Sicherheitsüberprüfung erstellt EDF einen Abschlussbericht über die Sicherheitsüberprüfung (RCR – Rapport de réexamen), der die Schlussfolgerungen der Sicherheitsüberprüfung und die für den verbesserten Schutz der geschützten Interessen in Betracht gezogenen Maßnahmen darlegt. Die Berichte für die Reaktoren Nr. 1 und 2 des Kraftwerks von Saint-Laurent wurden der Regierung und der Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR – Behörde für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz, www.asnr.fr) jeweils am 12. Dezember 2025 und 22. Januar 2024 vorgelegt.

Nach dem 35. Betriebsjahr findet ein öffentliches Anhörungsverfahren bezüglich des Abschlussberichts über die Sicherheitsüberprüfung statt.

Das vorliegende Dokument ist Teil der Unterlagen des öffentlichen Anhörungsverfahrens, das im Rahmen der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung der Reaktoren von Saint-Laurent durchgeführt wird. Es betrifft beide Reaktoren des Standorts von Saint-Laurent.

Es bezieht sich auf die mit dem Betrieb dieser Reaktoren während der zehn Jahre nach der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung verbundenen Auswirkungen auf die Umwelt, einschließlich der radiologischen oder sonstigen Folgen eventueller Störfälle oder Unfälle. Es beschreibt in diesem Zusammenhang auch die eventuellen grenzüberschreitenden Folgen, da es ggf. im Rahmen einer Konsultierung einem Nachbarland, einem Mitgliedsstaat der Europäischen Union oder einem Land vorgelegt wird, das Vertragspartei des am 25. Februar 1991 in Espoo unterzeichneten Übereinkommens über die Bewertung der Umweltfolgen in einem grenzüberschreitenden Rahmen ist.

Die ASNR berücksichtigt die Ergebnisse des öffentlichen Anhörungsverfahrens, einschließlich derjenigen, die in diesem Dokument, seiner Analyse des Abschlussberichts über die Sicherheitsüberprüfung und den eventuellen Maßnahmen hinsichtlich der Reaktoren des Standorts von Saint-Laurent beschriebenen Umweltauswirkungen betreffen.



1. DER BETREIBER DES KRAFTWERKS VON SAINT-LAURENT UND DER HINTERGRUND DER PERIODISCHEN SICHERHEITSÜBERPRÜFUNG

1.1. Betreiber des Kraftwerks von Saint-Laurent

Als Betreiber des Kraftwerks von Saint-Laurent ist EDF verantwortlich für die 4. periodische Sicherheitsüberprüfung ihrer Reaktoren.

EDF ist eine Aktiengesellschaft, deren Anteile zu 100 % dem französischen Staat gehören. Sie beschäftigt weltweit fast 180.000 Mitarbeiter, darunter mehr als 100.000 allein in Frankreich. Als wichtige Akteurin der Energiewende ist EDF ein umfassender Energieversorger, der in allen Bereichen tätig ist: Energieerzeugung und -transport, Energiehandel, Energieservices und Energieverkauf. EDF hat einen vielseitigen Energieerzeugungsmix entwickelt, der hauptsächlich auf Kernkraft und erneuerbaren Energien, insbesondere der Wasserkraft beruht.

Mit einer installierten Gesamtkapazität von 117 GW für das Jahr 2024 ist EDF Europas wichtigster Energieversorger. Mehr als 94 % der von EDF erzeugten Energie ist emissionsfrei. Daher gehört ihre Kohlenstoffintensität bei 33 gCO₂/kWh zu den niedrigsten weltweit, weit unter dem europäischen Durchschnitt von 230 gCO₂/kWh. 2024 lag die Energieerzeugung der EDF-Unternehmensgruppe bei ca. 520 TWh, von denen 78 % von den Kernkraftwerken beigesteuert werden.

Mit einer installierten Kapazität von 63 GWe ist EDF weltweit der wichtigste Kernkraftwerksbetreiber. EDF betreibt 57 Kernreaktoren, die auf 18 Standorte in Frankreich verteilt sind.

2024 hat das Kernkraftwerk von Saint Laurent fast 11,1 Milliarden kWh CO₂-freie Energie erzeugt. Das entspricht dem Stromverbrauch von fast 2,5 Millionen französischen Haushalten und 3 % der französischen Energieerzeugung aus Kernkraft. Das Kernkraftwerk von Saint-Laurent trägt zur Verwirklichung der Klimaziele von Frankreich und der Europäischen Union sowie zur Stromversorgungssicherheit bei.

Das Kernkraftwerk von Saint-Laurent ist ein wichtiger Wirtschaftsakteur der Region Haut-de-France. Es ist einer der wichtigsten Industriearbeitgeber der Region und beschäftigt am Standort durchschnittlich 1.150 Mitarbeiter, von denen 350 seinen Partnerunternehmen angehören. Es bringt sich stark in die Ausbildung junger Menschen ein und hat 2024 mehr als 60 Auszubildende und 60 Praktikanten am Standort beschäftigt. Es ist Teil des Lebens in der Region und unterstützt zahlreiche Initiativen und Vereine zugunsten der Umwelt und biologischen Vielfalt, des Sports und der Eingliederung junger Menschen.

1.2. Hintergrund der periodischen Sicherheitsüberprüfung

1.2.1. Verfahren der periodischen Sicherheitsüberprüfung

Das Kernkraftwerk von Saint-Laurent besteht aus zwei Druckwasserreaktoren (REP – Réacteur à eau pressurisée) mit einer elektrischen Leistung von jeweils 900 MWe, die im sogenannten „geschlossenen Kreislauf“ gekühlt werden. Diese Reaktoren wurden 1981 in Betrieb genommen. Sie tragen seit über 40 Jahren zuverlässig zur Erzeugung CO₂-freier Energie bei. EDF führt die 4. periodische Sicherheitsüberprüfung dieser zwei einzelnen Reaktoren durch, die am Standort von Saint-Laurent in Betrieb sind.

Ende 2013 hat EDF die Unterlagen über die Ausrichtung der Sicherheitsüberprüfung (DOR – Dossier d’orientation du réexamen) vorgelegt, in denen die angesprochenen Themen und die dazugehörigen Verbesserungsziele dargelegt wurden, um die im Rahmen dieser Sicherheitsüberprüfungen zu implementierenden Verbesserungen zu ermitteln. Diese Unterlagen über die Ausrichtung der Sicherheitsüberprüfung wurden von der ASN geprüft, die vor ihrer Stellungnahme zuerst ihre technischen Sachverständigen und ständige Sachverständigengremien (GPE – Groupe permanent d’experts)¹ und anschließend die Öffentlichkeit hinzugezogen hat. Die Prüfung des Teils „Ausrichtung“ der Sicherheitsüberprüfung endete im April 2016 mit einer Stellungnahme der ASN und Anforderungen an EDF² als Betreiber.

Für die 4. periodische Sicherheitsüberprüfung der 900 MWe-Kraftwerke hat sich EDF hinsichtlich der allgemeinen Ausrichtung für die Angleichung an die nuklearen Sicherheitsziele der Reaktoren der neuesten Generation wie dem Bezugsreaktor von EDF „EPR Flamanville 3“ entschieden.

Bei der periodischen Sicherheitsüberprüfung werden die Verbesserungen hinsichtlich der Umweltauswirkungen der Anlagen auf zwei Ebenen geprüft:

- Eine **Risiken-Ebene** bezüglich der Vorbeugung von Störfall- oder Unfallereignissen und der Begrenzung ihrer potentiellen radiologischen (radioaktive Emissionen) oder nicht radiologischen (Schäden aufgrund von Wärmeentwicklung, Giftstoffen oder Überdruck) Folgen. Hier werden zwei Risikogruppen unterschieden:
 1. Die **radiologischen Risiken** aufgrund von vorhandenen radioaktiven Stoffen,
 2. Die **konventionellen Risiken**³, die z. B. mit der Lagerung und Verwendung von brennbaren Produkten, Chemikalien oder schwach radioaktiven Stoffen im Innern der konventionellen Anlagen verbunden sind.
- Eine **Nachteil-Ebene** bezüglich des Umgangs mit den Auswirkungen auf die Gesundheit und die Umwelt, die die Anlage während ihres normalen Betriebs aufgrund der Wasserentnahme und des Schadstoffausstoßes verursacht, sowie mit den Beeinträchtigungen, die sie verursachen kann (Freisetzung pathogener Mikroorganismen, Lärm und Vibrationen, Gerüche oder Staubaufkommen). Der Umgang mit Abfällen gehört zur Nachteil-Ebene.

¹ Zur Vorbereitung der wichtigsten Entscheidungen hinsichtlich der Herausforderungen der nuklearen Sicherheit oder des Strahlenschutzes stützt sich die ASN auf die Ansichten und Empfehlungen von ständigen Sachverständigengremien.

² ASN – Orientations génériques du RP4 900 – CODEP – DCN-2016-007286 vom 20. April 2016.

³ Siehe Glossar

Jede Ebene ist in zwei Teile unterteilt:

- **Prüfung der Konformität** der Anlage im Hinblick auf die für sie geltenden Regeln.
- **Neubewertung der Prüfung der mit der Anlage verbundenen Risiken oder Nachteile** mit dem Ziel, den Schutz der im Art. L. 593-1 des Umweltgesetzbuch genannten Interessen – die öffentliche Sicherheit, Gesundheit und Hygiene oder den Natur- und Umweltschutz – soweit wie möglich zu verbessern.

Die 4. periodische Sicherheitsüberprüfung umfasst eine dritte Ebene, die sich auf die „Fortsetzung des Betriebs über den Zeitraum von 40 Jahren hinweg“ bezieht und den **Umgang mit der Alterung** der Anlagen und die **Aufrechterhaltung der Qualifikation** der Anlagen für Unfallbedingungen behandelt.

Die 4. periodische Sicherheitsüberprüfung der Reaktoren von Saint-Laurent bestand aus zwei Phasen:

- Eine erste „allgemeine“ Phase in der die Themen betrachtet werden, die alle Reaktoren der gleichen Machart des französischen Kernkraftparks betreffen, so wie es die französischen Vorschriften zulassen. Die Reaktoren von Saint-Laurent gehören zu den 900 MWe-Reaktoren dieses Anlagenparks. Diese allgemeine Phase endete am 23. Februar 2021 mit der Veröffentlichung des Beschlusses Nr. 2021-DC-0706 der ASN⁴ bezüglich der allgemeinen Phase der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung der 900 MWe-Reaktoren, einschließlich allgemeiner Vorgaben, die Gegenstand eines vorhergehenden öffentlichen Anhörungsverfahrens waren.
- Eine zweite Phase, die jeden Reaktor von Saint-Laurent einzeln betrachtet.

Im Anschluss an die Sicherheitsüberprüfung⁵ legt EDF den Abschlussbericht über die Sicherheitsprüfung der 2 einzelnen Reaktoren von Saint-Laurent dem für die nukleare Sicherheit zuständigen Minister und der ASN vor. Dieser Bericht erläutert die Schlussfolgerungen der Sicherheitsüberprüfung hinsichtlich ihrer Ziele, eine Zusammenfassung der angewandten Methoden und die wichtigsten Ergebnisse. Er zählt die von EDF in Betracht gezogenen Maßnahmen zur Verbesserung der nuklearen Sicherheit und für den Schutz der Gesundheit und Umwelt auf.

Die Erstellung dieses Berichts, dessen Vorlagefrist von den Vorschriften geregelt wird, erfolgt üblicherweise nach der zehnjährlichen Sicherheitsüberprüfung des jeweiligen Reaktors, bei der Prüf- und Wartungsmaßnahmen sowie Anpassungen an die Ziele der Sicherheitsüberprüfung vorgenommen werden. Sämtliche mit der Sicherheitsüberprüfung verbundenen Maßnahmen werden im Rahmen eines Industrieprogramms anlässlich der zehnjährlichen Sicherheitsüberprüfung und der nachfolgenden Revisionen während des Reaktorbetriebs implementiert (siehe Art. 3.3).

Bei dieser 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung der Reaktoren von Saint-Laurent findet ein öffentliches Anhörungsverfahren über den Abschlussbericht der Sicherheitsprüfung statt.

Die ASN berücksichtigt die Schlussfolgerungen des öffentlichen Anhörungsverfahrens und die Ergebnisse der Konsultierung der Nachbarstaaten in ihrer Analyse des Berichts und ggf. in den neuen Vorgaben, die die Fortsetzung des Betriebs der Reaktoren von Saint-Laurent regeln.

Nach Abschluss der Sicherheitsüberprüfung trägt die Fortsetzung des Betriebs von Saint-Laurent in den kommenden zehn Jahren zur Stromversorgungssicherheit des Landes gemäß den Klimazielen von Frankreich und der Europäischen Union bei.

⁴ Dieser Beschluss wurde am 19. Dezember 2023 durch den Beschluss 2023-DC-0774 geändert.

⁵ Der Artikel R. 593-62 des französischen Umweltgesetzbuchs bestimmt, dass „die Verpflichtung der periodischen Sicherheitsüberprüfung als erfüllt gilt, sobald der Betreiber dem für die nukleare Sicherheit zuständigen Minister und der Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASN – Behörde für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz) seinen Bericht über diese Sicherheitsüberprüfung vorlegt“.

1.2.2. Zusammenhang mit dem Verfahren zur endgültigen Stilllegung eines Reaktors

Wenn die im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfungen neu bewerteten Bedingungen zur Fortsetzung des Betriebs eines Reaktors nicht erfüllt sind, würde EDF seine endgültige Stilllegung in Betracht ziehen und seinen Rückbau vornehmen müssen. In diesem Fall legt der Betreiber dem für die nukleare Sicherheit zuständiger Minister und der ASNR mindestens 2 Jahre vor dem geplanten Datum seine Absichtserklärung zur endgültigen Stilllegung seiner Anlage vor. Er übergibt der Regierung seine Rückbauunterlagen, die insbesondere die geplanten Rückbaumaßnahmen und die Maßnahmen zur Minimierung der Auswirkungen auf die Bevölkerung und die Umwelt erläutern. Der Rückbau der Anlage wird anschließend nach einer Stellungnahme der ASNR durch die sogenannte Rückbauverordnung angeordnet. Der Rückbau erfolgt gemäß den folgenden Phasen:

Vorbereitungsphase: Maßnahmen zur Vorbereitung des Rückbaus

Diese Phase beginnt sofort nach der Stilllegung und dient folgenden Zwecken:

- Verringerung der Risiken am Standort: Abtransport der verbrauchten und neuen Brennelemente, Abfälle und Ausflüsse, Ablassen der Leitungen, Dekontaminierung bestimmter Leitungssysteme. Während dieser Phase wird der Großteil der radioaktiven Stoffe beseitigt;
- Vorbereitung der Anlage für die Rückbaumaßnahmen: Planung der Zufahrten und Verkehrsbereiche, Anpassung der Unterstützungsfunktionen, insbesondere Lüftung und Handling, Abtransport bestimmter Gerätschaften;
- Genauere Untersuchung des Anlagenzustands: Inventur der Betriebs- und Gefahrstoffe, Prüfung auf Asbest, Probenentnahmen für Strahlenanalysen.

1. Phase: der elektromagnetische Rückbau

Diese Phase wird durch das Inkrafttreten der Rückbauverordnung bedingt und umfasst die Demontage und Zerkleinerung aller vorhandenen Gerätschaften und deren Verarbeitung zu Abfällen. Vor Ort verbleiben nur die Gerätschaften, die für die Durchführung der Sanierung während der 2. Phase erforderlich sind. In jedem Gebäude werden die elektromechanischen Rückbaumaßnahmen in große Teilbereiche unterteilt. Betroffen sind:

- Das Reaktorgebäude (BR – Bâtiment réacteur) – Zerlegung und Abtransport der sperrigen Komponenten sowie Rückbau der Primärkreisleitungen, der Beckeninneneinrichtungen, des Beckens und der weiteren Leitungssysteme und Unterstützungsfunktionen;
- Das Brennelementlager (BK – Bâtiment combustible) – Rückbau der Reaktorbeckenkammern, der verschiedenen Gerätschaften und der Unterstützungsfunktionen;
- Das Hilfsnuklearanlagegebäude (BAN – Bâtiment des auxiliaires nucléaires) – Zerlegung und Abtransport der sperrigen Komponenten und Rückbau der Gerätschaften in zwei Schritten, beginnend mit den Funktionen, die für den Rückbau nicht erforderlich sind, bis zu den letzten vorhandenen Gerätschaften.

2. Phase: die Sanierung der Anlagen

Hier sind nur die nuklearen Räumlichkeiten betroffen. Die eventuell an den Wänden der Räumlichkeiten vorhandene Radioaktivität (Aktivierung, Ablagerung oder Migration der Kontamination) wird beseitigt. Die Arbeiten zur Sanierung von Räumlichkeiten können sofort nach Abschluss der elektromechanischen Rückbauphase dieser Räumlichkeiten und nach Vereinbarung der Sanierungsmethode mit der ASNR beginnen.

Nach den Sanierungsmaßnahmen und den Überprüfungsmessungen werden der ASNR die Dokumente der Außerbetriebsetzungserklärung der betreffenden Bereiche vorgelegt. Sobald ein Räumlichkeitenbereich fertig saniert wurde, gelten die verbleibenden Gerätschaften als konventionelle Abfälle.

3. Phase: der Abriss der Gebäude

Bei abzureißenden konventionellen Gebäuden kann der Abriss beginnen, sobald sie für den Rückbau nicht mehr benötigt werden. Dieser klassische Abriss erfordert nicht zwingend eine spezielle Phase für die Entsorgung der Gerätschaften in den Gebäuden.

Bei Nukleargebäuden erfolgt der Abriss nach Übersendung der gebäudespezifischen Dokumente der Außerbetriebsetzungserklärung an die ASNR. Bereiche, die im Innern der Nukleargebäude eventuell nicht saniert wurden, können Gegenstand eines vorherigen Abrisses der Gebäude sein.

4. Phase: Die Sanierung des Anlagenstandorts

Sie sorgt dafür, dass der Zustand der Böden für die zukünftige Nutzung geeignet ist. Bereiche, die ggf. chemisch bzw. strahlentechnisch belastet sind, sind Gegenstand angepasster Begrenzungsmaßnahmen. Nach Abschluss der Sanierungsphase des Anlagenstandorts wird der ASNR ein Außerbetriebsetzungsantrag zur Entscheidung vorgelegt.

2. FORTSETZUNG DES BETRIEBS DER REAKTOREN VON SAINT-LAURENT

Das Kernkraftwerk von Saint-Laurent,
Département Loir-et-Cher
Copyright Huguet Gilles, EDF

2.1. Das Kernkraftwerk von Saint-Laurent

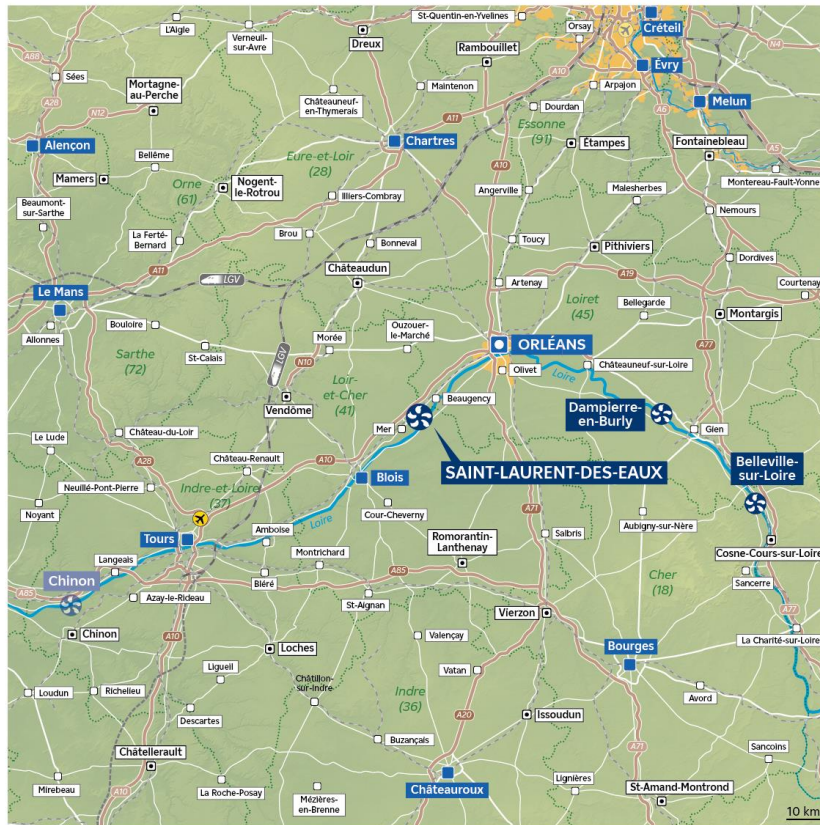
Das Kernkraftwerk von EDF steht in der Gemeinde Saint-Laurent-Nouan im Département Loir-et-Cher. Es erstreckt sich entlang der Loire, auf halber Strecke zwischen Orléans und Blois.

Die wichtigsten Städte in der Nachbarschaft des Kraftwerks sind Orléans (32 km im Nordosten) und Blois (24 km im Südwesten).

Es liegt im Umkreis eines „Parc Naturel Régional“, zweier Naturschutzgebiete, mehrerer NATURA 2000-Gebiete und Schutzgebiete, die dem „Conversatoire des Espaces Naturels“ angehören.

Das Kernkraftwerk von Saint-Laurent besteht aus vier Reaktoren: zwei Druckwasserreaktoren (REP – Réacteur à eau pressurisée), die 1981 in Betrieb genommen wurden und daher von der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung betroffen sind, sowie zwei weiteren UNGG-Reaktoren (Natururan-Graphit-Gas). Die erste Inbetriebnahme der Stromerzeugungseinheit Nr. A1 Saint-Laurent A-UNGG erfolgte 1969.

KERNKRAFTWERK VON SAINT-LAURENT-DES-EAUX (DÉPARTEMENT LOIR-ET-CHER)



Wichtigste Städte und Kommunikationswege



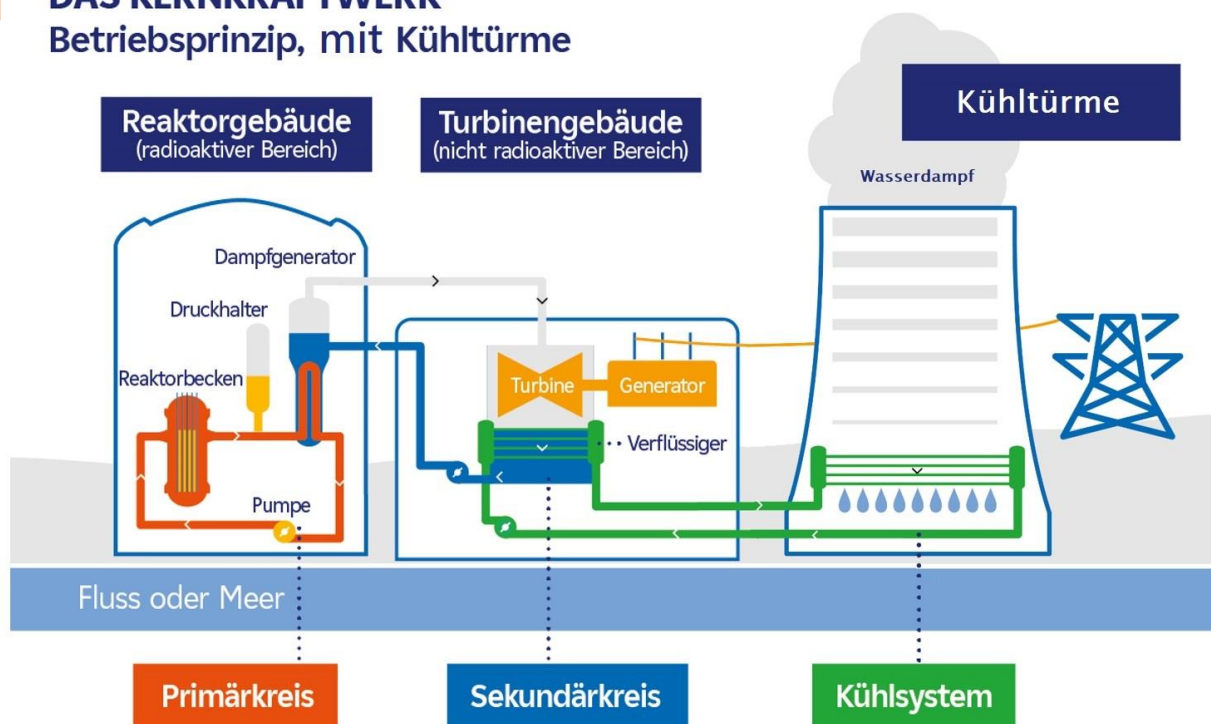
- Verwaltungszentrum der Region
- Verwaltungszentrum des Départements
- Verwaltungszentrum des Distrikts
- Sonstige Städte

2.2. Betrieb des Kraftwerks

In einem konventionellen oder nuklearen Wärmekraftwerk wird die elektrische Energie auf die gleiche Weise erzeugt: ein Brennstoff erzeugt Wärme, die Wasser bis zum Verdampfen erhitzt. Der Dampf treibt eine Turbine und einen Wechselrichter zur Stromerzeugung an. In einem konventionellen Kraftwerk stammt die Wärme aus der Verbrennung eines fossilen Brennstoffs (Kohle, Heizöl...). In einem Kernkraftwerk entsteht die Wärme bei der Spaltung von Uranatomen.

Das Kernkraftwerk von Saint-Laurent besteht aus zwei Druckwasserreaktoren mit einer elektrischen Leistung von jeweils 900 MWe, die im sogenannten „geschlossenen Kreislauf“ gekühlt werden. Der Betrieb eines Druckwasserreaktors beruht auf drei getrennten und gegeneinander abgedichteten Leitungssystemen (siehe nachfolgende Abbildung).

DAS KERNKRAFTWERK Betriebsprinzip, mit Kühltürme



1. Der **Primärkreis**: Die Spaltung der Uranatome im Reaktor erzeugt eine große Wärmemenge, die das um die Brennelementbündel zirkulierende Wasser auf 320 °C erhitzt. Das Wasser wird druckbeaufschlagt, damit es nicht kocht. Es überträgt seine Wärme an das Wasser eines zweiten geschlossenen Kreislaufs.
2. Der **Sekundärkreis**: Der Wärmeaustausch zwischen dem Wasser im Primärkreis und dem Wasser im Sekundärkreis erfolgt mittels Dampferzeuger, in denen das Wasser des Sekundärkreises sich in Dampf verwandelt. Dieser Dampfdruck dreht die Turbine, die ihrerseits einen Wechselrichter antreibt. Der Wechselrichter erzeugt einen Wechselstrom. Ein Transformator hebt die Spannung des erzeugten Stroms an, damit er leichter mittels Hochspannungsleitungen über große Entfernungen befördert werden kann.
3. Der **Kühlkreis**: Am Turbinenauslauf wird der Dampf des Sekundärkreises in einem Kondensator zurück in Wasser verwandelt. Das zur Kühlung im Kondensator verwendete Wasser wird aus dem Meer oder einem Wasserlauf entnommen. Dieses dritte Leitungssystem wird als Kühlkreis bezeichnet. Im Kraftwerk von Saint-Laurent stammt das Wasser dieses 3. Kühlkreises aus der Loire.

2024 hat das Kernkraftwerk von Saint-Laurent fast 11,1 Milliarden kWh CO₂-freie Energie erzeugt. Das entspricht dem Stromverbrauch von ca. 2,5 Millionen Haushalten und 3 % der französischen Energieerzeugung aus Kernkraft.

2.3. Die Fortsetzung des Betriebs

EDF versteht sich als treibende Kraft für „eine CO₂-freie Energieversorgung der Zukunft, die den Schutz unseres Planeten, Wohlbefinden und Entwicklung in Einklang bringt und auf einer innovativen Stromerzeugung und Servicelösungen beruht“. Sie trägt zu den von der Europäischen Union festgelegten Zielen für das Erreichen der Klimaneutralität bis 2050 bei, die in die französische Strategie für Energie und Klima eingeflossen sind. Diesbezüglich spielen die Kernkraftwerke von EDF eine zentrale Rolle bei der Bereitstellung von CO₂-freier, steuerbarer und konkurrenzfähiger elektrischer Energie.

EDF plant, den Betrieb ihrer Reaktoren fortzusetzen und dazu die für die Beachtung der geltenden Anforderungen an die nukleare Sicherheit nötigen Maßnahmen zu implementieren.

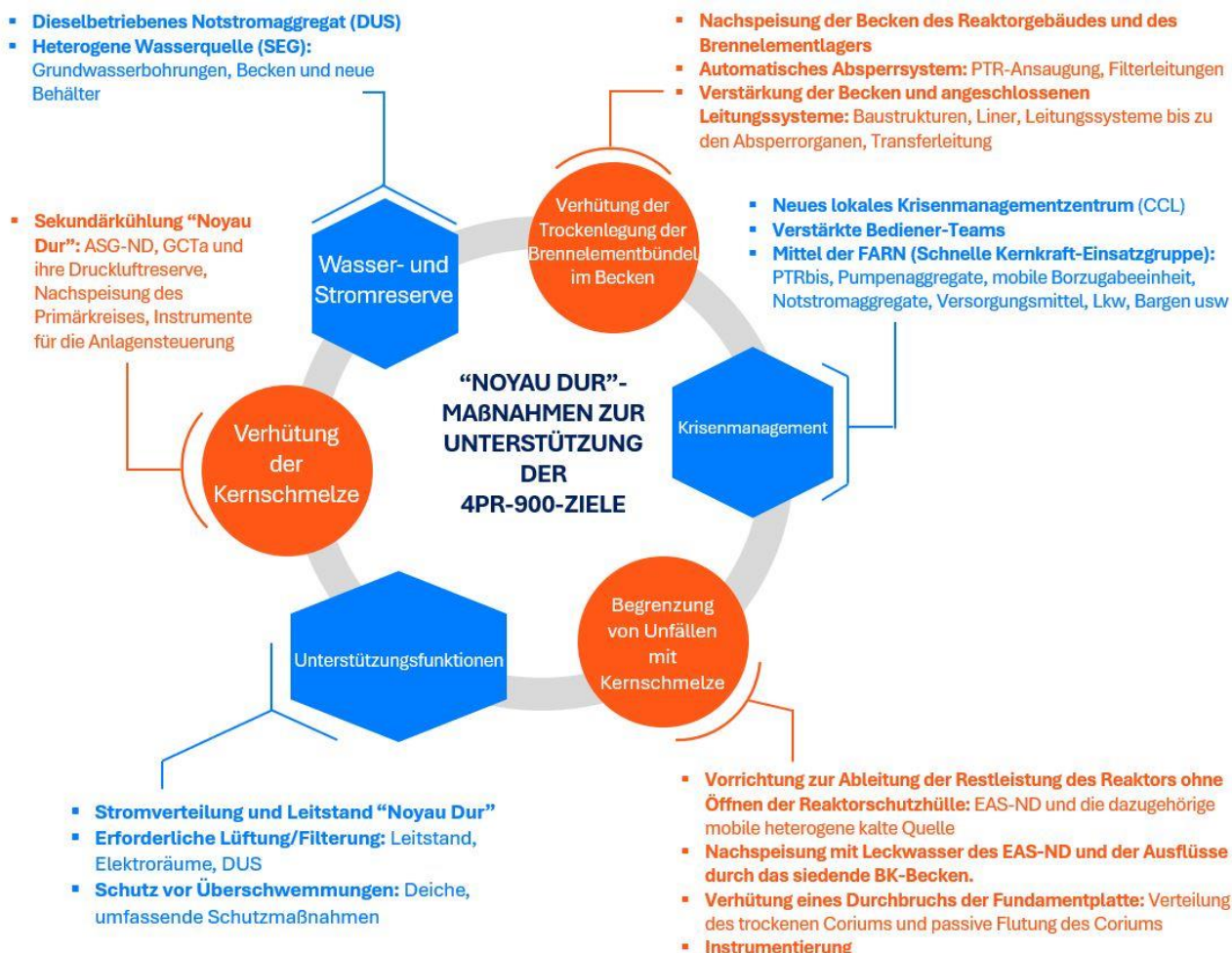
2.3.1. Vorgeschlagene Maßnahmen

Im Hinblick auf die Verbesserungsziele, die für die 4. periodische Sicherheitsüberprüfung der 900 MWe-Reaktoren festgelegt wurden, ist die Fortsetzung des Betriebs für 10 weitere Jahre mit der Implementierung der von EDF im Abschlussbericht über die Sicherheitsprüfung vorgeschlagenen Maßnahmen verbunden, vervollständigt durch die Vorgaben der ASNR, die die Bedingungen für die Fortsetzung des Betriebs festschreiben.

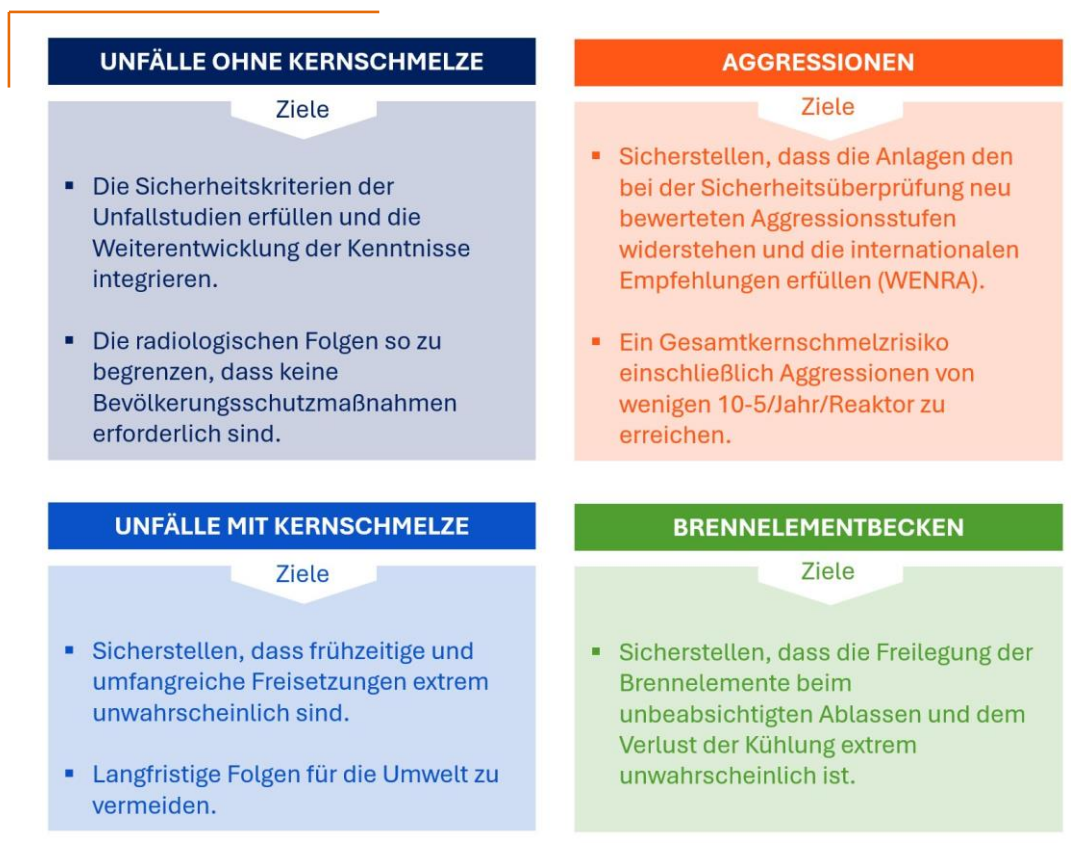
Die Verbesserungsmaßnahmen bestehen teils aus der Berücksichtigung der für die Einbeziehung der Erfahrungen aus dem Unfall des Kernkraftwerks von Fukushima Daiichi im März 2011 implementierten Mittel bei der Bestätigung der nuklearen Sicherheit der Reaktoren. Dabei werden diese Mittel im Anschluss an die Sicherheitsüberprüfung zu einem Maßnahmenprogramm mit der Bezeichnung „Noyau Dur“ („Harter Kern“) verstärkt.

Der „Noyau Dur“ besteht aus fest verankerten und widerstandsfähigen Hardware-Mitteln, vervollständigt durch mobile Mittel zur Vermeidung massiver radioaktiver Schadstoffausstöße und langfristiger Auswirkungen auf die Umwelt in Situationen, die sich aus extremen externen Naturereignissen ergeben können. Dabei geht es vor allem um Erdbeben, externe Überschwemmungen und ähnlicher Ereignisse (Blitzschlag, Hagel, Sturm, Starkregen) oder auch Wirbelstürme.

Wichtigste „Noyau Dur“-Maßnahmen (ND) nach Hauptthemen der nuklearen Sicherheit



Des Weiteren entsprechen die sonstigen Verbesserungsmaßnahmen der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung von Saint-Laurent der allgemeinen Ausrichtung dieser Sicherheitsüberprüfung für die Angleichung an die nuklearen Sicherheitsziele der Reaktoren der neuesten Generation, deren EDF-Bezugsreaktor der Standort „EPR Flamanville 3“ ist. Diese Verbesserungsmaßnahmen werden in vier Themen unterteilt:



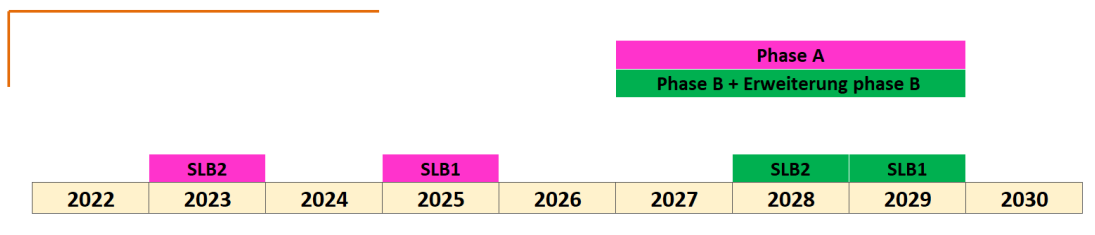
2.3.2. Industrieprogramm aus der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung

Das Industrieprogramm der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung der 900er Klasse besteht aus drei Phasen, unter Berücksichtigung des Umfangs der Maßnahmen und Auswirkungen für Menschen und Unternehmen, die an den Kernkraftstandorten tätig sind⁶:

- Die **Phase A** entspricht den Maßnahmen, die während des Betriebs des Blocks oder während der Stillsetzung im Rahmen der zehnjährlichen Sicherheitsüberprüfung stattfinden. Diese Maßnahmen beinhalten auch die Aktualisierung der Betriebsunterlagen;
- Die **Phase B** entspricht den Maßnahmen, die während des Betriebs des Blocks oder während der Reaktorrevisionen spätestens 6 Jahre nach der Vorlage des Abschlussberichts über die Sicherheitsprüfung durchgeführt werden.
- Der **Zusatz Phase B** umfasst die Umsetzung bestimmter Tätigkeiten aus der Prüfung der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung durch die ASN, die aufgrund ihrer Eigenschaften (z. B. die Erfordernis zur Qualifizierung neuer Gerätschaften für sehr anspruchsvolle Umweltbedingungen) eine Prüfungsfrist von ca. 5 Jahren erfordern. Sie werden während des Betriebs des Blocks oder während der Reaktorrevisionen spätestens 8 Jahre nach der Vorlage des Abschlussberichts über die Sicherheitsprüfung durchgeführt.

⁶Zur Erstellung des Terminplans berücksichtigt EDF auch die in Frankreich sehr hohe Auftragslage der Industrie angesichts der zehnjährlichen Sicherheitsüberprüfungen, die auch für die anderen Klassen durchzuführen sind. Zu diesem Zweck hat EDF sich zur Erstellung eines Projekts entschieden, um die Sicherheitsüberprüfung im Rahmen des sogenannten „Grand Carénage“-Programms durchzuführen.

Die folgende Grafik zeigt den Jahresterminplan der aus der 4. Sicherheitsüberprüfung der Reaktoren von Saint-Laurent hervorgehenden Änderungen:





3.1. Regelungsverfahren in Frankreich

Gemäß Art. L. 593-18 des französischen Umweltgesetzbuchs führt EDF alle zehn Jahre eine periodische Sicherheitsüberprüfung durch, mit dem Zweck „der Einschätzung der Situation der Anlagen im Hinblick auf die für sie geltenden Regeln und der Aktualisierung der Einschätzung der Risiken oder Nachteile der Anlage für die in Art. L. 593-1 aufgeführten Interessen, unter Berücksichtigung des Zustands der Anlage, der im Rahmen des Betriebs gesammelten Erfahrung, der Weiterentwicklung der Kenntnisse, unter anderem über den Klimawandel und seine Auswirkungen, sowie der für gleichwertige Anlagen geltenden Regeln. *Diese Bewertung der Risiken berücksichtigt die Folgen des Klimawandels auf externe Beanspruchungen, die im Rahmen derselben zu beachten sind.*“

Der Artikel R. 593-62 des französischen Umweltgesetzbuchs bestimmt, dass „*die Verpflichtung der periodischen Sicherheitsüberprüfung als erfüllt gilt, sobald der Betreiber dem für die nukleare Sicherheit zuständigen Minister und der ASN seinen Bericht über diese Sicherheitsüberprüfung vorlegt.*“

Dieser Bericht enthält „*die Schlussfolgerungen der in Art. L. 593-18 geforderten Prüfung und ggf. die Maßnahmen, die darin vorgeschlagen werden, um die festgestellten Störungen zu beheben oder den Schutz der in Art. L. 593-1 genannten Interessen zu verbessern*“ (Art. L. 593-19 des französischen Umweltgesetzbuchs)

Gemäß Art. L. 593-19 gilt, dass „*bei Sicherheitsüberprüfungen nach dem fünfunddreißigsten Betriebsjahr eines Kernreaktors, der im ersten Absatz des vorliegenden Artikels genannte Bericht Gegenstand eines öffentlichen Anhörungsverfahrens ist.*“

In diesem Zusammenhang erläutern die Artikel R. 593-62-2 bis R. 593-62-9 des französischen Umweltgesetzbuchs das für dieses öffentliche Anhörungsverfahren geltende Verfahren.

3.2. Internationale Konsultierung

Im Rahmen dieses öffentlichen Anhörungsverfahrens hinsichtlich des Abschlussberichts über die Sicherheitsprüfung (RCR), sieht Art. R. 593-62-6 des französischen Umweltgesetzbuchs ein Verfahren zur Konsultierung der Nachbarländer vor. Wenn ein Teil des Staatsgebiets eines Nachbarlandes an den von diesem öffentlichen Anhörungsverfahren betroffenen Umkreis angrenzt oder wenn die Grenzbedingung zwar nicht erfüllt ist, der Präfekt jedoch auf eigene Initiative oder auf Anfrage der Behörden eines anderen Mitgliedsstaats der Europäischen Union oder einer Vertragspartei des am 25. Februar 1991 in Espoo unterzeichneten Übereinkommens über die Bewertung der Umweltfolgen in einem grenzüberschreitenden Rahmen der Ansicht ist, dass der Betrieb des Reaktors maßgebliche Auswirkungen auf die Umwelt in diesem Staat haben könnte, auch wenn im Konsultationsumkreis keine gemeinsame Grenze vorhanden ist:

- Der Präfekt informiert diesen Staat über die Verordnung zur Einleitung des öffentlichen Anhörungsverfahrens und legt ihm insbesondere eine Ausfertigung der Anhörungsunterlagen vor.
- Die Mitteilung über die Verordnung zur Einleitung des öffentlichen Anhörungsverfahrens legt die Fristen fest, innerhalb derer die Behörden dieses Landes ihre Absicht zur Teilnahme an dem öffentlichen Anhörungsverfahren äußern können. Das öffentliche Anhörungsverfahren kann erst nach Ablauf dieser Frist beginnen.
- Der Präfekt übermittelt die Unterlagen an den Außenminister.

Die folgende Karte zeigt die geografische Lage des Kraftwerks von Saint-Laurent und den Abstand zu den Nachbarländern der Französischen Republik, zumindest über die ersten 1.000 Kilometer.

KERNKRAFTWERK VON SAINT-LAURENT-DES-EAUX (DÉPARTEMENT LOIR-ET-CHER)

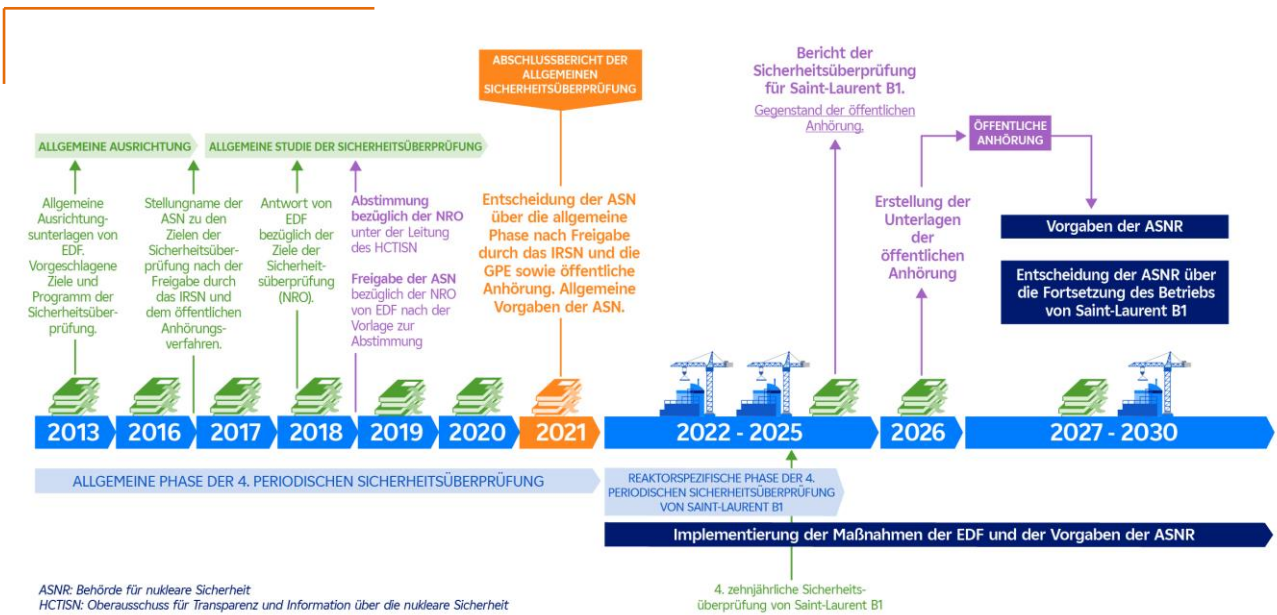


Geografische Lage des Kraftwerks von Saint-Laurent im Verhältnis zu den Nachbarländern

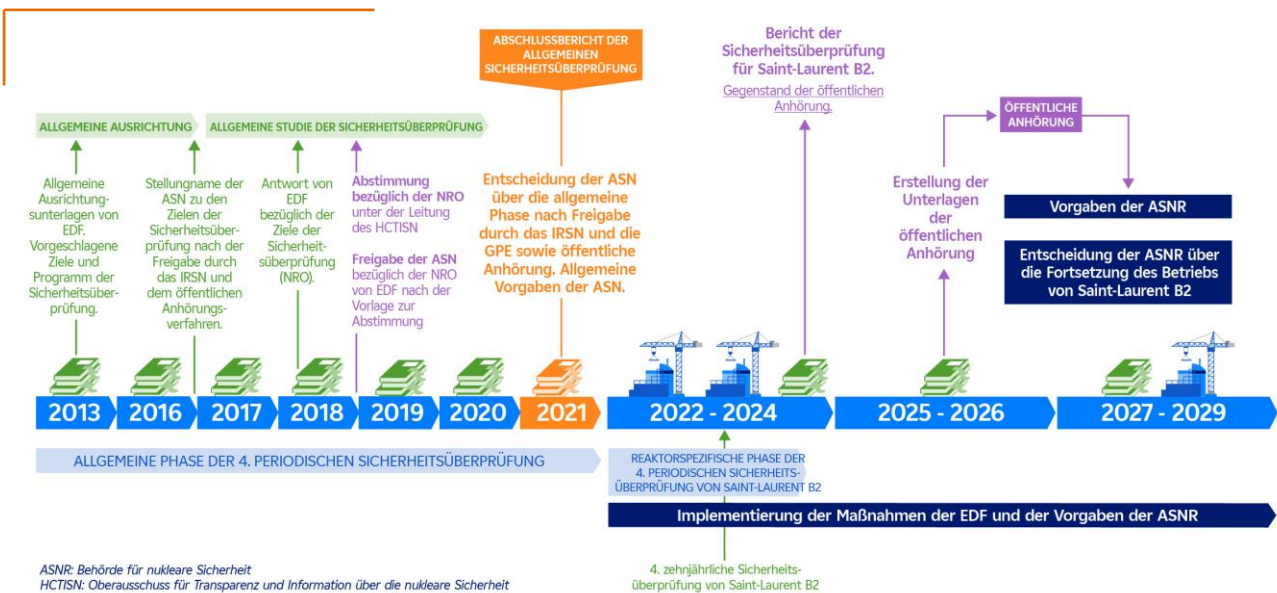
3.3. Terminplan des Regelungsverfahrens

Der Präfekt des Départements Loir-et-Cher legt unter anderem das Datum zur Eröffnung des Anhörungsverfahrens und seine Dauer fest (Art. R 123-9 des französischen Umweltgesetzbuchs).

Die Vorgehensweise für die periodische Sicherheitsüberprüfung wird im Folgenden am Beispiel des Reaktors Nr. 1 von Saint-Laurent beschrieben.



Die Vorgehensweise für die periodische Sicherheitsüberprüfung wird im Folgenden am Beispiel des Reaktors Nr. 2 von Saint-Laurent beschrieben.



Zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Dokuments könnten die öffentlichen Anhörungsverfahren für die Reaktoren Nr. 1 und 2 Ende 2026 stattfinden.

4. NUKLEARE SICHERHEIT DES KERNKRAFTWERKS



Das Kernkraftwerk von Saint-Laurent, Département Loir-et-Cher
Copyright Beaucardet William, Parker Wayne Philips (PWP)

4.1. Strahlenschutz

Der **Strahlenschutz** umfasst alle Regeln, Verfahren und Mittel zur Vorbeugung und Überwachung mit dem Ziel, die direkten oder indirekten schädlichen Auswirkungen ionisierender Strahlung auf Personen zu verhindern oder zu verringern, einschließlich derjenigen, die durch Umweltschäden verursacht werden. Er beruht auf drei wichtigen Prinzipien: Begründung, Optimierung und Begrenzung der Strahlendosis.

- **Begründung:** Alle menschlichen Tätigkeiten, die zu einer Ionenstrahlungsexposition bei Menschen führen können, müssen durch die daraus erwachsenden Vorteile begründet werden. Die Vorteile müssen gegenüber den Nachteilen überwiegen.
- **Optimierung:** Für eine gegebene Quelle ist das allgemeine Ziel die Beibehaltung der individuellen und kollektiven Dosiswerte auf dem niedrigsten Stand, der vertretbarerweise unter Berücksichtigung des Stands der Technik und der sozioökonomischen Faktoren erreichbar ist. Dieses Prinzip trägt die Bezeichnung ALARA (As Low As Reasonably Achievable⁷).
- **Begrenzung der Strahlendosis:** Die Ionenstrahlungsexposition einer Person aufgrund einer „nuklearen Tätigkeit“ darf nicht dazu führen, dass die Summe der erhaltenen Dosen die von den Vorschriften festgelegten Grenzwerte überschreitet, es sei denn, diese Person wird der Strahlung zu medizinischen Zwecken oder im Rahmen der biomedizinischen Forschung ausgesetzt.

Im weiteren Verlauf des Dokuments beziehen sich die Informationen bezüglich radioaktiver Strahlungen, ihrer Auswirkungen und ihrer Überwachung auf den normalen Betrieb der Reaktoren oder auf Unfallsituationen.

⁷ So niedrig wie vertretbarerweise möglich.

4.2. Nukleare Sicherheit während des Betriebs

Als Industrieanlage beinhaltet ein Kernkraftwerk von Natur aus Risiken, die die Gesundheit und Umwelt beeinträchtigen können. Der Kernreaktor enthält radioaktive Stoffe; die Anlage enthält Gefahrstoffe (z. B. Gasflaschen, brennbare Stoffe oder Chemikalien), die für den Betrieb erforderlich sind.

Das Konzept und der Betrieb der Kernkraftwerke sollen die Beherrschung sämtlicher Risiken sicherstellen, indem sie einerseits durch Vorbeugungsmaßnahmen die Wahrscheinlichkeit verringern, dass Störungen der Anlage auftreten, und andererseits durch Schutzmaßnahmen die Folgen dieser Störungen außerhalb des Standorts minimieren. Je größer die festgestellten Folgen sein können, umso geringer muss die Wahrscheinlichkeit des auslösenden Ereignisses sein, damit das Risikolevel unter angemessenen wirtschaftlichen Bedingungen so niedrig wie vertretbarerweise möglich bleibt.

Die Beherrschung der Risiken wird in den nuklearen Sicherheitsansatz aufgenommen, der für die gesamte Lebensdauer der nuklearen Anlagen gilt; sie besteht aus aufeinander folgenden Sicherheitsmaßnahmen, die für ein hohes Kontrollniveau sorgen.

Die Ermittlung der Risiken berücksichtigt Störungen im kernkrafttechnischen Teil der Anlage, aber auch weiterer Gerätschaften, die für den ordnungsgemäßen Betrieb erforderlich sind. Für jedes Risiko werden die folgenden Punkte definiert:

- Auslösende Ereignisse: Fehlfunktion einer Vorrichtung oder interne (z. B. Leitungsbruch) bzw. externe (z. B. Erdbeben) Ursache.
- Mögliche Folgen außerhalb des Standorts und auf den Betrieb der Anlage selbst.

Alle diese Risiken sind Gegenstand von Entwicklungs- und Betriebsmaßnahmen im Rahmen der nuklearen Sicherheit und des Umweltschutzes, die durch aufeinander folgende Schutzmaßnahmen:

- das Auftreten von Störfällen und Unfällen an der Anlage verringern können,
- Die Anlage überwachen und ihren sicheren Zustand aufrecht erhalten,
- Die Folgen von Störfällen und Unfällen für die Anlage und die Umwelt begrenzen.

Hier werden aufgrund ihrer Besonderheiten zwei Risikogruppen unterschieden:

1. Die **radiologischen Risiken** aufgrund von vorhandenen radioaktiven Stoffen,
2. Die **konventionellen Risiken**, die z. B. mit der Lagerung und Verwendung von brennbaren Produkten, Chemikalien oder schwach radioaktiven Stoffen verbunden sind.

Radiologische Risiken werden in zwei Typen unterteilt:

- Die direkte Strahlenexposition, die als externe Exposition bezeichnet wird,
- Die Strahlenexposition durch Verschlucken bzw. Einatmen radioaktiver Stoffe, die als interne Exposition bezeichnet wird.

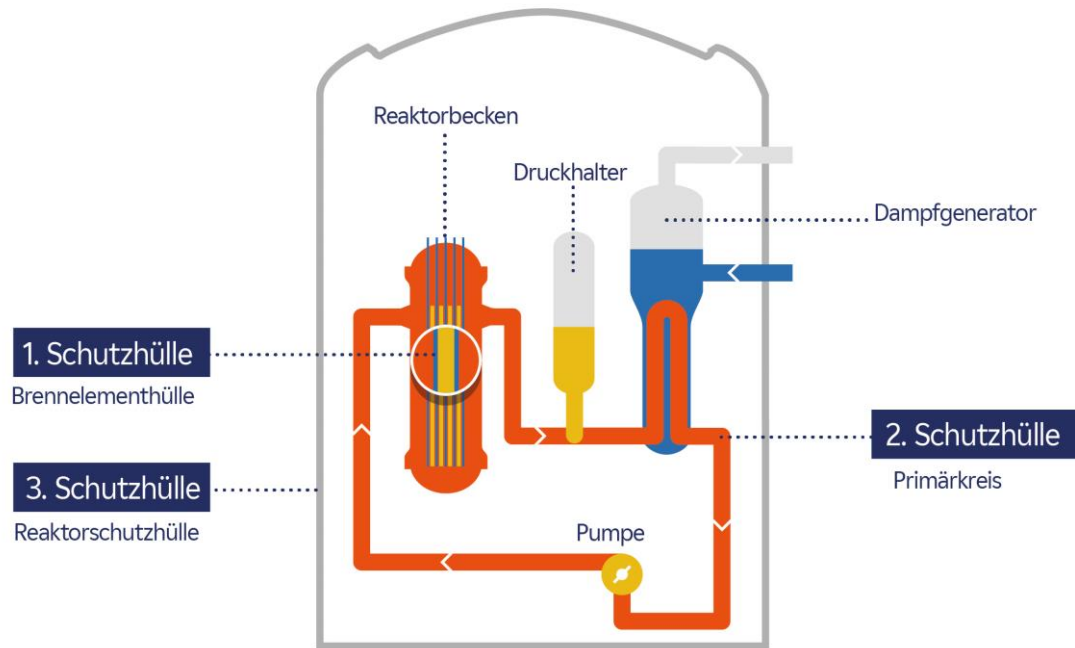
4.2.1. Begrenzung der radiologischen Risiken

Radioaktive Stoffe werden in hermetisch geschlossenen Einhausungen aufbewahrt, die mit strahlenschutzgeeigneten Schutzbeschichtungen (oder „biologischen Schutzmaßnahmen“) versehen sind, um radiologischen Risiken durch Exposition oder Ausbreitung vorzubeugen. Die Grenzen dieser Einhausungen werden als Reaktorschutzhüllen bezeichnet. Diese Schutzhüllen liegen nach dem Schachtelpuppenprinzip übereinander. Die undurchlässigen, robusten und voneinander unabhängigen Schutzhüllen trennen eine nach der anderen die Brennelemente von der Umwelt.

Auf diese Weise wirken drei voneinander unabhängige physische, robuste und undurchlässige Schutzhüllen zur Einschließung der Radioaktivität zusammen:

- Die Hülle der Brennstäbe,
- Die Hülle um den Primärkreis,
- Die Reaktorschutzhülle.

DIE DREI SCHUTZHÜLLEN



Die Methode zur Analyse der Risiken umfasst die Ermittlung der möglichen Ursachen für die Freisetzung radioaktiver Stoffe außerhalb der Schutzhüllen und die Festlegung der Maßnahmen zur größtmöglichen Minimierung der Häufigkeit und des Umfangs der Folgen solcher Ereignisse.

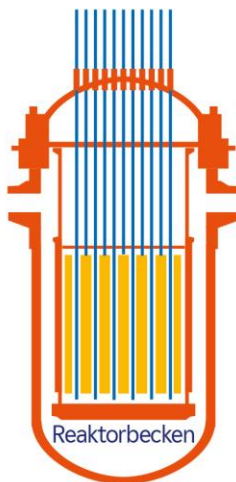
Zur dauerhaften und situationsunabhängigen Aufrechterhaltung der Schutzhüllen wurden Gerätschaften und Systeme entwickelt, die die permanente Wirksamkeit der drei „Sicherheitsfunktionen“ gewährleisten.

DIE DREI SICHERHEITSFUNKTIONEN

1

Steuerung der Kettenreaktion

- Position der Steuerbündel
- Borkonzentration des Wassers

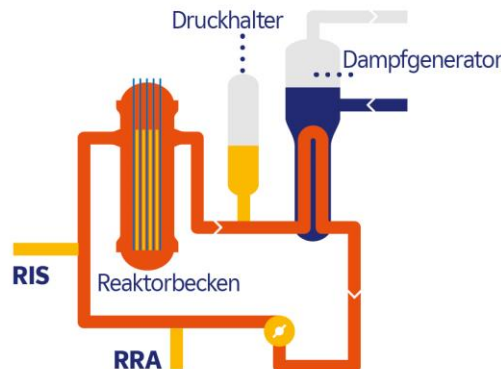


2

Kühlung der Brennelemente

Ableitung der Wärme:

- Im Normalbetrieb über die Dampfgeneratoren
- Bei Reaktorstilllegung über den Kühlkreis (RRA)
- Über die Notkühlsysteme (RIS)

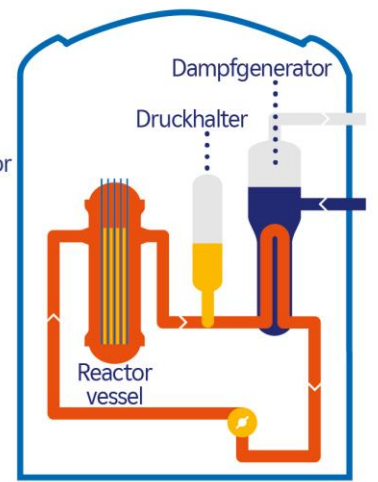


3

Einschließung der Radioaktivität

Anhand der drei Schutzhüllen:

- Brennelementhülle
- Primärkreis
- Reaktorschutzhülle



Die implementierten Maßnahmen zur Gewährleistung dieser drei grundlegenden Funktionen der nuklearen Sicherheit sorgen für den Schutz der Bevölkerung und der Umwelt vor ionisierenden Strahlungen und somit für die Umsetzung dieser vierten Sicherheitsfunktion, die durch die geänderte Verordnung vom 7. Februar 2012 über die Festlegung der allgemeinen Regeln für Basis-Nuklearanlagen – der sogenannten „INB-Verordnung“ – eingeführt wurde.

Der „sichere“ Zustand eines Reaktors zeichnet sich durch die Gewährleistung der drei Sicherheitsfunktionen aus:

- Kontrolle über die nukleare Kettenreaktion im Reaktor,
- Kühlung der Brennelemente,
- Einschließung der radioaktiven Stoffe

sowie die ordnungsgemäße Funktion der Systeme, die die Aufrechterhaltung dieser Bedingungen sicherstellen.

Um ein hohes Sicherheitsniveau des Kraftwerks zu gewährleisten, beruhen Entwicklung und Betrieb der Reaktoren auf der Anwendung eines in die Tiefe gehenden Abwehrkonzepts, das zur Einplanung zusätzlicher Mittel zum Schutz dieser Schutzhüllen und Begrenzung der Folgen von Unfällen auf ein für die Bevölkerung und Umwelt akzeptables Maß führt. Aufeinander folgenden Abwehrstufen, die so weit wie möglich zuverlässig und voneinander unabhängig sind, werden anhand der Umsetzung von zusätzlichen technischen, menschlichen und organisatorischen Mitteln vorgesehen, um solche Unfälle zu verhindern oder deren Folgen zu begrenzen.

Sowohl bei der Entwicklung als auch im Betrieb gliedert sich die Tiefenabwehr in fünf Stufen:

1. **Vorbeugung (1. Stufe):** Das Eintreten der Störung verhindern;
2. **Überwachung oder Erkennung (2. Stufe):** Dem Eintreten der Störung durch Kontrollen oder Prüfungen vorgreifen, oder die Störung unmittelbar nach ihrem Eintreten erkennen, um die normale Betriebssituation wieder herzustellen;
3. **Handlungsmittel (3. Stufe):** Eindämmung der Folgen der Störung oder ggf. Begrenzung ihrer Verschlimmerung durch Wiederaufnahme der Anlagensteuerung (Verfahrensweisungen für Störfälle und Unfälle);
4. **Abschwächung (4. Stufe):** Situationsmanagement zur Begrenzung der radiologischen Folgen für die Umwelt und die Bevölkerung (Abschließende Verfahrensweisungen);
5. **Bevölkerungsschutz (5. Stufe):** Die 5. Stufe der Tiefenabwehr obliegt den Behörden und entspricht der Umsetzung des speziellen Einsatzplans (PPI – Plan particulier d'intervention) (in Sicherheit bringen, Jodtabletten verabreichen, Evakuierung...).

Der in den jeweiligen Kernsicherheitsbericht der einzelnen Reaktoren von Saint-Laurent übernommene Nachweis der Begrenzung der radiologischen Risiken erfolgt durch die Prüfung der Beachtung der allgemeinen nuklearen Sicherheitsziele bei allen störfall- oder unfallbedingten Abläufen. Zu diesem Zweck wurden zahlreiche Störfall- und Unfallszenarien betrachtet und nach der Häufigkeit ihres Auftretens in Kategorien eingestuft. Das Konzept der Anlagen muss auch einen geeigneten Schutz gegen Szenarien gewährleisten, die durch kumulierte Störungen oder interne bzw. externe Ursachen ausgelöst werden, und die grundlegenden Kernsicherheitsfunktionen beeinträchtigen. Anlässlich der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung erhalten die Reaktoren von Saint-Laurent in ihren Referenzunterlagen ein robustes Konzept für Unfälle mit Kernschmelze. Die betrachteten Szenarien führen zur Implementierung von Maßnahmen⁸ zur Begrenzung der Folgen dieser Unfälle, ohne die Unversehrtheit der 3. Schutzhülle zu beeinträchtigen.

Studien über die nukleare Sicherheit werden mit einem konservativen Ansatz – d. h. mit Herabstufung einflussreicher Hypothesen oder Parameter – hinsichtlich des Zustands und der Funktion der Systeme sowie der mit den Szenarien verbundenen physikalischen Ereignisse durchgeführt. Bei Bedarf wird auf Entkopplungshypothesen zurückgegriffen, um Unsicherheiten zu berücksichtigen. Somit können Entwicklungsmargen für gefürchtete Situationen gewährleistet werden. Dadurch wird verhindert, dass erkannte Wissenslücken die Schlussfolgerungen dieser Studien in Frage stellen.

Die Untersuchung der radiologischen Folgen all dieser Szenarien dient der Prüfung der Stichhaltigkeit der bei der Entwicklung und im Betrieb ergriffenen Maßnahmen zur Gewährleistung der Unversehrtheit der Schutzhüllen zur Einschließung der radioaktiven Stoffe (Brennstabhüllen, Primärkreishülle und Reaktorgebäudehülle). Sie dient auch der Prüfung auf Austritt radioaktiver Stoffe aus dem Kraftwerk infolge solcher Störfälle/Unfälle, die zu begrenzten Folgen für Bevölkerung und Umwelt führen.

Dabei werden unterschieden:

- Die radiologischen Folgen der Bemessungsstörfälle und -unfälle (die bei der Entwicklung betrachtet wurden),
- Die radiologischen Folgen der sogenannten zusätzlichen Unfälle, die ursprünglich bei der Entwicklung nicht berücksichtigt wurden und Szenarien mit kumulierten Störungen entsprechen. Diese Unfälle werden untersucht, um die anlagenbedingten Risiken durch zusätzliche, in die Anforderungs-Referenzunterlagen integrierte Maßnahmen zu verringern. Dies gilt insbesondere für den Unfall aufgrund eines Dampfrohrbruchs (RTV – Rupture de tuyauterie vapeur), begleitet von multiplen Dampferzeugerrohrbrüchen (RTGV – Rupture de tube de générateur de vapeur),
- die radiologischen Folgen möglicher Unfälle mit Kernschmelze.

⁸ Einige Verbesserungen gelten für die 900 MWe-Klasse und können daher in diesem Dokument erwähnt werden.

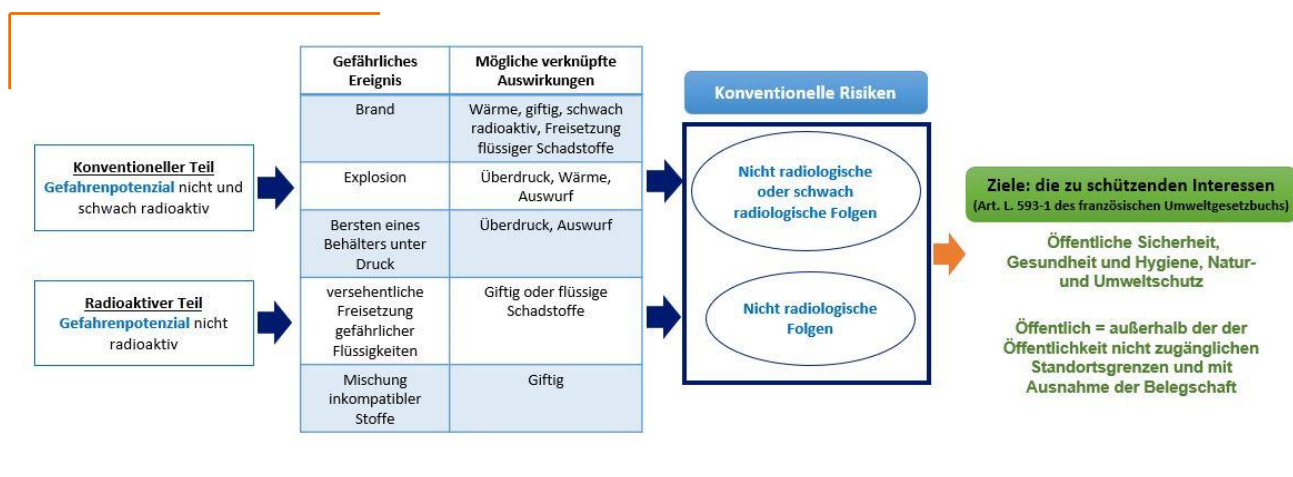
4.2.2. Begrenzung der konventionellen Risiken

4.2.2.1. Methodik zur Analyse der Risiken

Konventionelle Risiken sind z. B. mit der Lagerung und Verwendung von brennbaren Produkten, Chemikalien oder schwach radioaktiven Stoffen im Innern der konventionellen Anlagen verbunden.

Der Nachweis der konventionellen Sicherheit soll belegen, dass diese konventionellen Risiken im Hinblick auf die zu schützenden Interessen akzeptabel sind:

- Die Bevölkerung: Der Analyseumfang berücksichtigt alle der Öffentlichkeit zugänglichen Bereiche außerhalb der Standortgrenzen;
- Die Umwelt und Natur:



Folgende ggf. außerhalb des Standorts durch diese konventionellen Risiken nicht oder nur schwach radiologischer Art verursachten Auswirkungen sind möglich:

- Auswirkungen über die Luft:
 - Schäden durch Wärmeentwicklung aufgrund von Brand, Stichflammen und Explosion,
 - Schäden durch Giftstoffe aufgrund der Freisetzung von Brandgasen, der Verdunstung von Giftstoffen, des Austritts giftiger Gase oder der Mischung unverträglicher Stoffe,
 - Schäden durch Überdruck aufgrund einer Explosion oder berstender Anlagen,
 - Geringe radiologische Schäden durch Dispersion von Radionukliden aufgrund des Brands einer leicht radioaktiven Anlage,
 - Schäden durch Ausschleudern von Projektilen aus drehenden Maschinen aufgrund einer Explosion oder dem Bersten einer Anlage,
- Schäden durch flüssige Medien: Schäden durch die Freisetzung von flüssigen Gefahrstoffen oder schwach radioaktiven Stoffen in die Umwelt.

Gefahrenpotenziale werden anhand ihrer möglichen Auswirkungen auf die zu schützenden Interessen ermittelt und definiert. Die ermittelten Gefahrenpotenziale umfassen die mit den verwendeten oder gelagerten Produkten verbundenen Gefahrenpotenziale sowie die mit den Tätigkeiten verknüpften Gefahrenpotenziale.

Die Begrenzung der konventionellen Unfälle wird durch die Anwendung des Prinzips der Tiefenabwehr erreicht, aber auch durch die Beherrschung der folgenden Kernsicherheitsfunktionen:

- Die Einschließung gefährlicher oder schwach radioaktiver Stoffe,
- Den Schutz der Bevölkerung und der Umwelt vor den Schäden durch Giften, Überdruck, Wärmeentwicklung und Ausschleudern von Projektilen.

Die Analyse wird iterativ anhand folgender Ansätze bis zum Nachweis der Zumutbarkeit des Risikos durchgeführt:

- Verringerung des Risikos an der Quelle: ermitteln, inwiefern die Mengen der Stoffe verringert oder Ersatzprodukte verwendet werden können, wenn die Betriebsvorgaben dies zulassen,
- Ermittlung und Valorisierung der Maßnahmen zur Begrenzung der organisationsrelevanten und technischen Risiken (Vorbeugung, Überwachung, Abschwächung), um das Auftreten bzw. die Folgen der Unfallszenarien zu verringern.

Alle Anlagen, die Tätigkeiten mit Gefahrenpotenzial umfassen oder für die Gefahrstoffe gelagert werden, unterliegen periodischen Prüfungen. Vorbeugende Wartungsmaßnahmen werden in Übereinstimmung mit den Vorgaben der Hersteller oder gemäß den an den Gerätschaften ermittelten Erfahrungswerten durchgeführt. Festgestellte Abweichungen werden durch fehlerbehebende Instandsetzungsmaßnahmen beseitigt.

Brandrisiken werden gesondert behandelt (Brandaktionsplan und Projekt Brandrisikobegrenzung) und sind Gegenstand einer aufgrund von Erfahrungswerten aktualisierten Analyse im Rahmen der ständigen Verbesserungsmaßnahmen. Die Begrenzung der Brandrisiken stützt sich auf die Vorbeugung und schnelle Erkennung von Bränden sowie auf deren Löschung bzw. die Begrenzung der Eskalierung und Ausbreitung von Bränden.

Hinsichtlich der Schäden durch Flüssigkeiten aufgrund der unbeabsichtigten Freisetzung von gefährlichen oder schwach radioaktiven Flüssigkeiten beruht die Begrenzung der Risiken auf der Einrichtung von Vorrichtungen zur Einschließung der ausgetretenen Stoffe. Manche dieser Vorrichtungen sind die letzte Maßnahme zum Schutz der Umwelt und gelten als wichtige Komponenten für den Schutz der Interessen (EIP – Élément important pour la protection des intérêts) und unterliegen entsprechenden Anforderungen für ihre ordnungsgemäße Funktion. **Die Beachtung dieser Anforderungen durch den Betreiber ist Gegenstand besonderer Bestimmungen (Überwachung, Prüfung, Wartung), die die Begrenzung der Risiken gewährleisten.**

Hinsichtlich der Auswirkungen über die Luft erfolgt eine erste Analyse zur Ermittlung der die Hülle betreffenden Unfallszenarien, die Schäden außerhalb des Standorts verursachen können, sowie der Maßnahmen, die zur Begrenzung dieser Risiken ergriffen werden. Für jedes dieser Unfallszenarien wird eine vertiefte Risikoanalyse durchgeführt, um die Wahrscheinlichkeit eines solchen Unfalls und den Umfang der Folgen zu ermitteln. Die zum Nachweis der Begrenzung der konventionellen Risiken ermittelten Maßnahmen gelten dann als wichtige Tätigkeiten oder Komponenten für den Schutz der Interessen (AIP – Activité importante pour la protection des intérêts und EIP – Élément important pour la protection des intérêts), einschließlich der dazugehörigen Anforderungen für die ordnungsgemäße Funktion, deren Beachtung durch den Betreiber Gegenstand besonderer Bestimmungen (Überwachung, Prüfung, Wartung) ist.

Diese Maßnahmen werden im Rahmen der Betriebsnachverfolgung überwacht.

4.2.2.2. Zusammenfassung für Saint-Laurent

■ **Risiken über die Luft**

Die Risiken über die Luft der betrachteten Unfallszenarien bergen keine Auswirkungen außerhalb der Standortgrenzen, mit Ausnahme der im Folgenden beschriebenen Szenarien. Die für das Kraftwerk von Saint-Laurent durchgeführte Risikoanalyse hat zwei konventionelle Unfallszenarien ausgewiesen, die die zu schützenden Interessen beeinträchtigen können:

- Im Zapfbereich⁹ der Entsalzungsstation, in dem verschiedenen Produkte von den Tanklastwagen abgezapft werden, kann ein Szenario mit Freisetzung einer giftigen Chlorwolke nach Erzeugung eines inkompatiblen Gemischs innerhalb der Anlage während eines Zapfvorgangs auftreten;
- Wenn ein Tankfahrzeug bei der Lieferung die Zapfbereiche der Entsalzungsstation, die Anlagen zur Monochloraminbehandlung und die Abwasseraufbereitungsanlage verwechselt, kann sich zwischen den Anlagen eine inkompatible Mischung von Gefahrstoffen bilden und zur Dispersion einer giftigen Chlorwolke über die Luft führen.

⁹ Beim Zapfen handelt es sich um das Entladen eines Lastwagens, dessen Behälter flüssige oder gasförmige Medien enthält.

Die vielfältigen vorhandenen Vorbeugungsmaßnahmen verhindern das Auftreten solcher Unfälle: Schulung der zuständigen Personen, Erstellung detaillierter Verfahrensanweisungen, Implementierung von optischen Signalen und Unverwechselbarkeitsvorrichtungen zur Begrenzung der Risiken durch Anschlussfehler, Einrichtung von Maßnahmen zur Steigerung der Zuverlässigkeit der Mitarbeiter bei diesen Vorgängen usw.

Für die beiden Szenarien inkompatibler Gemische werden besondere Vorbeugungsmaßnahmen ergriffen, um die Wahrscheinlichkeit des Eintretens zu verringern. Diese Maßnahmen zur Risikobegrenzung werden als wichtige Tätigkeiten für den Schutz der Interessen (AIP) ergriffen und speziell an jedes Szenario angepasst. Diese Vorbeugungsmaßnahmen müssen vor dem Zapfen stattfinden und gestalten sich wie folgt:

- Die Lastwagen werden systematisch vom Standorteingang bis zu den Zapfbereichen begleitet, wo sie erwartet werden, um so die Wahrscheinlichkeit einer Verwechslung des Zapfbereichs zu begrenzen;
- Der Anschluss des Schlauchs am Einfüllstutzen, der dem zu zapfenden Produkt entspricht, wird geprüft;
- Das gelieferte Produkt wird anhand einer Probenentnahme kontrolliert, um sicherzustellen, dass das gelieferte Produkt die erwarteten Spezifikationen erfüllt.

In Anbetracht der ergriffenen Maßnahmen ist die Wahrscheinlichkeit des Eintretens von Szenarien mit inkompatiblen Gemischen ein sehr unwahrscheinliches Ereignis (weniger als 1 mal alle 10.000 Jahre).

Nach Abschluss der Maßnahmen zur Tiefenabwehr und der Ermittlung mehrerer Ansatzpunkte zur Begrenzung der Risiken gelten alle Unfallszenarien hinsichtlich der zu schützenden Interessen als kontrolliert.

■ **Risiken durch Flüssigkeiten**

Im Hinblick auf die Risiken durch Flüssigkeiten wird die Einschließung der freigesetzten Flüssigkeiten durch die Einrichtung geeigneter Vorrichtungen gewährleistet, um so die versehentliche Freisetzung von Gefahrstoffen oder schwach radioaktiver Stoffe in die Umwelt zu verhindern. Die Szenarien, bei denen Flüssigkeiten freigesetzt werden, haben somit keine Auswirkungen auf die Umwelt.

Die konventionellen Risiken des Kraftwerks von Saint-Laurent für die zu schützenden Interessen sind somit begrenzt.

4.3. Begrenzung der Alterung und Obsoleszenz

Der Ansatz zur Begrenzung der Alterung und zum Umgang mit Obsoleszenz beruht bei den von EDF betriebenen Kraftwerken auf:

- Der Begrenzung der Alterung der Systeme, Strukturen und Komponenten,
- Der Wartung,
- Dem Umgang mit der Obsoleszenz der Gerätschaften und Ersatzteile.

Die wichtigsten Maßnahmen, die vom Betreiber in diesem Bereich ergriffen oder vorgeschlagen werden, betreffen zwei Ziele:

- Nachweisen, dass die nicht ersetzbaren Gerätschaften in der Lage sind, ihre Funktion auch nach 40 Jahren zu erfüllen:
 - In Bezug auf das Becken der Reaktoren von Saint-Laurent,
 - wird die Druckprüfung im Rahmen der zehnjährlichen Sicherheitsüberprüfung zur umfassenden Neueinstufung des Hauptprimärkreises (CPP – Circuit primaire principal) durchgeführt;
 - werden zusammenfassende Unterlagen erstellt, um die Aufrechterhaltung des Betriebs gemäß eines konservativen deterministischen Ansatzes (Neutronentechnik, Werkstoffe, Mechanik...) nachzuweisen; Sie behandeln einerseits die theoretische Untersuchung der umfangreichsten hypothetischen und nicht erfassbaren allgemeinen Störung (für alle Becken der 900 MWe-Kraftwerke) und beckenspezifische Untersuchungen für jedes einzelne Becken anhand der Befunde der Prüfungen, die im Rahmen der 4. zehnjährlichen Sicherheitsüberprüfung (VD4 – 4^e visite décennale) durchgeführt wurden;
 - Die Einführung von Hafnium, einer neutronenabsorbierenden Substanz, in die Brennelementbündel der Reaktoren von Saint-Laurent gegenüber von den am stärksten durch Neutronen bestrahlten Beckenbereichen verringert die Neutronenfluenz (in die Betriebsdauer des Reaktors integrierter Neutronenfluss) im Becken.
 - Der mechanische Leistungszustand der Reaktorschutzhüllen wird kontinuierlich mittels Abhorchvorrichtungen überwacht (z. B. Verformungsmessungen) und die Schutzhülle bei jeder zehnjährlichen Sicherheitsüberprüfung einer Druckprüfung unterzogen.
- Nachweisen, dass die ersetzbaren Gerätschaften in der Lage sind, ihre Funktion auch nach 40 Jahren zu erfüllen, oder sie entweder ersetzen oder aufbereiten.

Für Komponenten, deren Leistung wahrscheinlich aufgrund ihrer Alterung abnimmt und deren Ausfall Auswirkungen auf die nukleare Sicherheit haben kann, erfolgt eine Überwachung, die dokumentiert und regelmäßig aktualisiert wird: Alterungsanalyse für jede einzelne Vorrichtung und zusammenfassende Unterlagen über die Eignung zur Fortsetzung des Betriebs für jeden Reaktor. Diesbezüglich werden im Rahmen der VD4 der Reaktoren von Saint-Laurent Inspektionen sowie Prüfungen und Wartungsmaßnahmen an den folgenden Systemen, Strukturen und Komponenten vorgenommen: Bauwerksstrukturen, Leitstand, für nukleare Umfelder zugelassene Kabel, Kabeldurchführungen, mechanische und elektromechanische Vorrichtungen, elektrische Anlagen und Instrumentenausrüstung.

4.4. Nukleare Sicherheit, Reaktor während der endgültigen Stilllegung

Für jede Rückbauphase sind Kernsicherheits-Bezugsunterlagen für die Durchführung der phasenspezifischen Maßnahmen vorhanden.

Solange Brennelemente in der Anlage vorhanden sind, gelten bestimmte nukleare Sicherheitsziele, die in den Kernsicherheits-Bezugsunterlagen für den Betrieb der Anlage beschrieben sind, insbesondere bezüglich des Reaktorbeckens im Brennelementlager:

- Die Überwachung der Reaktivität der verbrauchten Brennelementbündel wird durch Lagergestelle gewährleistet, die die Unterkritikalität der Brennelemente anhand von Einlagen aus neutronenabsorbierenden Substanzen und Borwasser sicherstellen.
- Wenn die Kühlung der Reaktorbecken unterbrochen ist, wird die Ableitung der Restleistung der Brennelemente aufgrund der sehr geringen Restwärmeleistung der Brennelemente und der großen Wassermenge in den Reaktorbecken kurzfristig nicht beeinträchtigt. Obwohl die Wiederherstellung der Kühlung das Hauptziel ist, könnte die Restwärme auch dadurch abgeleitet werden, dass man das Wasser kochen lässt und die Reaktorbecken mit Frischwasser versorgt. Das Einleiten von Frischwasser in das Reaktorbecken kann über verschiedene Systeme des Kraftwerks erfolgen, unter Anderem durch neue Maßnahmen, die nach dem Unfall in Fukushima Daiichi eingeführt und anschließend in die Kernsicherheits-Bezugsunterlagen der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung aufgenommen wurden.

Nach der Beseitigung der Brennelemente beruht die nukleare Sicherheit auf der Begrenzung der Risiken einer Ausbreitung gefährlicher Stoffe und Substanzen (Feststoffe, Flüssigkeiten oder Gase) und der Exposition durch gefährliche Ereignisse (Giftexposition aufgrund der Ausbreitung durch Flüssigkeiten bzw. Luft, Wärmeentwicklung, Überdruck, Ausschleudern von Projektilen, schwache Strahlenexposition).

Die Wahl sollte auf die technischen Möglichkeiten fallen, die das Prinzip der Tiefenabwehr anwenden und jede umfangreiche Ausbreitung radioaktiver Stoffe außerhalb des Standorts verhindern und die Exposition der Bevölkerung begrenzen. Sie werden in der Studie zur Begrenzung der Risiken aufgeführt, die mit den von Art. R. 593-67 des französischen Umweltgesetzbuchs geforderten Rückbauunterlagen vorzulegen sind.



5.1. Vorgehensweise

Abschnitt 5 beschreibt die Bewertung der Auswirkungen des Betriebs des Kraftwerks von Saint-Laurent auf die Umwelt im aktuellen Zustand und für die kommenden 10 Jahre.

Die ersten Unterabschnitte beschreiben die folgenden Punkte:

- Die Methoden, die für die Bewertung der Auswirkungen auf die Umwelt gewählt wurden (§ 5.2);
- Die Unsicherheiten im Zusammenhang mit der Bewertung der Auswirkungen (§ 5.3);
- Die für die Bewertung verwendeten Daten (§ 5.4);
- Der aktuelle Zustand der Umwelt (§ 5.5).

Der Unterabschnitt 5.6 beschreibt die Wechselbeziehungen des Betriebs des Kraftwerks von Saint-Laurent mit der Umwelt zum aktuellen Zeitpunkt und für die kommenden 10 Jahre.

Der Unterabschnitt 5.7 beschreibt die Auswirkungen des Betriebs des Kraftwerks von Saint-Laurent auf die Umwelt zum aktuellen Zeitpunkt und für die kommenden 10 Jahre. Die Auswirkungen der endgültigen Stilllegung des Kraftwerks sind in Abschnitt 5.7.10 dargelegt.

5.2. Methode zur Bewertung der Auswirkungen

Die Methoden zur Bewertung der Auswirkungen werden nach Bereichen beschrieben und sollen die Folgen des Betriebs des Kraftwerks von Saint-Laurent auf die Gesundheit und Umwelt bewerten sowie nachweisen, dass sie akzeptabel sind.

■ **Luft und Klimafaktoren**

Die Analyse der Auswirkungen des Betriebs des Kraftwerks von Saint-Laurent auf das Klima stützt sich auf die Analyse des kernkraftwerkzeugten kWh-Lebenszyklus (ACV – Analyse du cycle de vie) für den derzeit von EDF betriebenen Kraftwerkspark. Sie wurde von EDF gemäß einer Standardmethode durchgeführt und von einer unabhängigen Sachverständigenkommission geprüft. Sie beruht auf der Inventur der Stoff- und Energieflüsse während der verschiedenen Phasen des Produktlebenszyklus, vom Abbau der Rohstoffe bis zum Abfallmanagement.

Die Analyse der Auswirkungen auf die Luftqualität stützt sich auf einen Vergleich der Konzentration der freigesetzten Stoffe mit den im französischen Umweltgesetzbuch festgelegten Luftqualitätsnormen (R. 221-1).

■ **Oberflächengewässer**

Die Bewertung der Auswirkungen der Freisetzung von flüssigen chemischen Schadstoffen auf die Qualität der Oberflächengewässer beruht auf:

- Einer rückblickenden Analyse der Auswirkungen vergangener und aktueller Freisetzungen von flüssigen Chemikalien mittels Daten aus der chemischen und gewässerökologischen Überwachung, die oberhalb und unterhalb des Standorts durchgeführt wird;
- Einer quantitativen Bewertung der Auswirkungen der Freisetzung flüssiger Chemikalien für jeden einzelnen Stoff auf der Grundlage des Vergleichs der berechneten Konzentrationen in der Umwelt mit Referenzwerten (Grenzwerte, Leitwerte, ökotoxikologische Daten...).

■ **Böden und Grundwasser**

Die Bewertung der Auswirkungen auf die Böden und das Grundwasser beruht auf:

- Der Durchführung einer Bestandsaufnahme der Böden und des Grundwassers des Kraftwerks auf der Grundlage einer Analyse der historischen Daten und der Ergebnisse der Pegelüberwachung des Standorts, vervollständigt durch Messkampagnen;
- Dem Vergleich mit Referenzdaten für die Böden: Daten über die Qualität der umliegenden Böden (außerhalb der Bereiche, die potentiell durch die Anlage beeinflusst werden), Daten aus speziellen Studien oder nationalen Programmen;
- Dem Vergleich mit Wasserqualitätsgrenzwerten für das Grundwasser (Verordnung vom 11. Januar 2007 über Grenzwerte und Referenzen zur Qualität von Rohwasser und Wasser für den menschlichen Verzehr, Verordnung vom 17. Dezember 2008 zur Festlegung der Kriterien für die Bewertung und die Modalitäten für die Bestimmung des Zustand des Grundwassers, OMS-Richtlinien über die Qualität des Trinkwassers von 2017 und Richtlinie 2013/59/EURATOM vom 5. Dezember 2013, die die Grundnormen über den Gesundheitsschutz gegen Risiken aufgrund der Exposition durch ionisierende Strahlungen festlegen).

■ **Radioökologie**

Die Bewertung der Auswirkungen der Freisetzung von flüssigen und atmosphärischen radioaktiven Schadstoffen auf die Umwelt beruht auf:

- Einer rückblickenden Analyse der Auswirkungen der bis zum heutigen Datum ausgestoßenen Schadstoffe unter Berücksichtigung der Ergebnisse des ursprünglichen Referenzzustands, der zehnjährlichen Bestandsaufnahmen und der jährlichen Überwachung;
- Einer prospektiven Analyse, die mit dem europäischen ERICA-Tool (Environmental Risks from Ionising Contaminants : Assessment and management) zur Bewertung der radiologischen Risiken für Ökosysteme an Land und im Wasser aufgrund der Freisetzung von radioaktiven Schadstoffen am Standort von Saint-Laurent, unter Berücksichtigung der zulässigen Schadstoffgrenzwerte.

Das Prinzip dieser Bewertung beruht auf einem Vergleich der durch radioaktive Schadstoffe verursachten Dosisrate mit einem auswirkungsfreien Dosisratenwert für jeden einzelnen Referenzorganismus. Dieser Vergleich führt zur Berechnung eines Risiko-Index. Liegt der Risiko-Index unter 1 kann daraus geschlossen werden, dass das Risiko vernachlässigbar ist.

■ **Artenvielfalt**

Die Analyse der Auswirkungen des Betriebs des Kraftwerks von Saint-Laurent auf die biologische Vielfalt beruht auf:

- Der Untersuchung der Naturgebiete, Lebensräume, Fauna, Flora und ökologischen Funktionen im Bereich der Untersuchungsfläche (Literaturstudien und Untersuchungen vor Ort);
- Der Analyse der Folgen der einzelnen Wechselwirkungen zwischen dem Kraftwerk von Saint-Laurent und den Naturgebieten, der Fauna, Flora und den ökologischen Funktionen.

■ **Bevölkerung und deren Gesundheit**

Die dosisbedingten Auswirkungen der Freisetzung radioaktiver Schadstoffe berücksichtigen die interne und externe Exposition durch Freisetzung flüssiger radioaktiver Schadstoffe und durch die Atmosphäre.

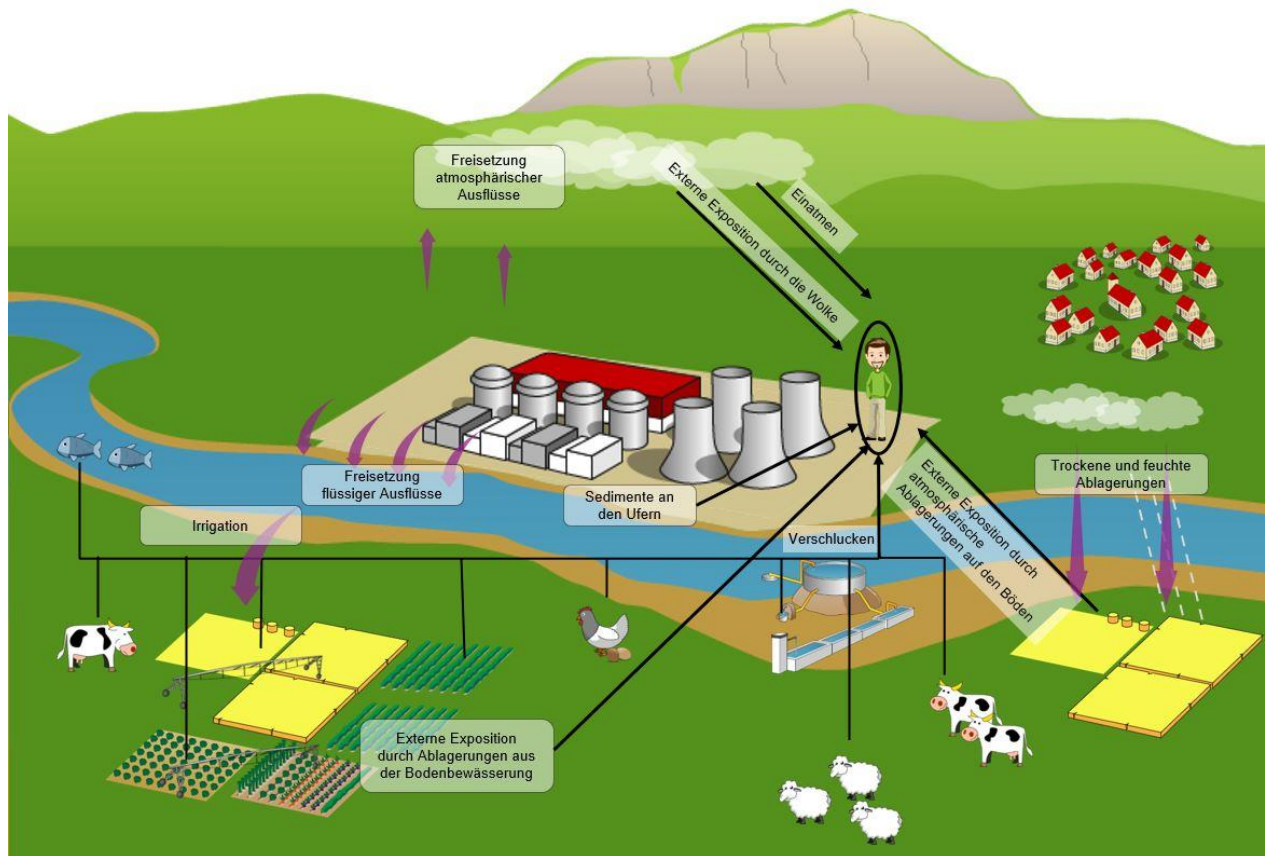
Folgende Expositionswege werden berücksichtigt (siehe nachfolgende Abbildung):

- Externe Exposition durch radioaktive atmosphärische Schadstoffe, radioaktive atmosphärische Ablagerungen am Boden, Ablagerungen durch Bodenbewässerung, Ufersedimente;
- Interne Exposition durch Einatmen, Verzehr von Nahrungsmitteln.

Zur Bewertung der dosisbedingten Auswirkungen auf die Bevölkerung durch freigesetzte radioaktive Schadstoffe aus dem Kernkraftwerksbetrieb verfügt EDF über ein Tool, das vom Institut für Strahlenschutz und nukleare Sicherheit (IRNS – Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire) (der heutigen Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection – ASNR) entwickelt wurde.

Die Bewertung umfasst die folgenden Schritte:

- Beschreibung der freigesetzten radioaktiven Schadstoffe;
- Beschreibung der Umwelt im Bereich des Kraftwerks;
- Bewertung der Übertragung der Radionuklide, die in den verschiedenen Umweltstufen bis zum Menschen freigesetzt werden: in der Luft, im Wasserlaufsystem, in der Landwirtschaft (Pflanzen, Tiere, Böden);
- Bewertung der Exposition der benachbarten Bevölkerung;
- Vorlage der Ergebnisse, einschließlich der Vergleiche der von der Referenzperson empfangenen Gesamtwirkdosis mit dem vorgeschriebenen Grenzwert von 1 mSv/Jahr.



Wege der Exposition durch freigesetzte radioaktive Schadstoffe ©EDF

Zur **Bewertung der sanitären Risiken** durch freigesetzte flüssige Chemikalien wird eine an den Methodenleitfaden „Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires“ (Bewertung des Zustands der Umwelt und der Gesundheitsrisiken) des nationalen Instituts für Umwelt und Risiken (Institut national de l'environnement et des risques – INERIS) angelehnte Methode angewandt. Die Bewertung erfolgt in zwei Schritten:

- Die Auslegung des Zustands der Umwelt (IEM – Interprétation de l'état des milieux) auf der Grundlage besonderer Überwachungs- und Messdaten;
- Die prospektive Bewertung der Gesundheitsrisiken (EPRS – Évaluation prospective des risques sanitaires) auf der Grundlage der Modellierung der Schadstofffreisetzungen, die dem Standort von Saint-Laurent zuzuordnen sind. Die EPRS besteht aus fünf Schritten:
 - Aufstellung der freigesetzten Stoffe,
 - Bestandsaufnahme der Problematik und der Expositionswege,
 - Ermittlung der Gefahren, Bewertung des Verhältnisses zwischen Dosis und Ergebnis sowie Ermittlung der Indikatoren der Gesundheitsrisiken,
 - Bewertung der Exposition der Bevölkerung,
 - Beschreibung der Risiken.

Aufgrund der geringen Mengen der in die Atmosphäre gelangenden chemischen Schadstoffe, ihrer geringen Dauer, ihres seltenen Auftretens oder dem Fehlen toxikologischer Referenzwerte (VTR – Valeur toxicologique de référence) werden die Gesundheitsrisiken durch freigesetzte Chemikalien in der Atmosphäre qualitativ bewertet.

Die Bewertung der **Lärmbelastung** durch das Kraftwerk von Saint-Laurent beruht auf wiederholten Akustikmessungen in der Umwelt im Bereich der Zonen mit reglementiertem Aufkommen und im Grenzbereich des Standorts. Die Methode dieser Messkampagnen entstammt der Norm NF S 31-010 bezüglich der Beschreibung und Messung von Umweltgeräuschen.

■ **Menschliche Aktivitäten**

Die Bewertung der Auswirkungen auf menschliche Aktivitäten erfolgt im Zusammenhang mit den Umweltsachverhalten:

- Auf der Grundlage öffentlicher und bestätigter Daten (z. B. Daten zum Straßenverkehr, zur Bodennutzung, zur Wassernutzung);
- Auf der Grundlage von Bewertungen der Auswirkungen der vom Kraftwerk freigesetzten Schadstoffe auf die Gesundheit.

■ **Abfallmanagement**

Die Auswirkungen der erzeugten Abfälle beruht hauptsächlich auf der Analyse der Maßnahmen, die hinsichtlich der Abfallzonenbestimmung, Beschreibung, Sortierung, Aufbereitung, Verpackung und Überwachung implementiert wurden, sowie auf der Analyse der Erfahrungswerte des Kraftwerks.

Die Berechnung der erzeugten Abfallmengen und die Schätzung der voraussichtlich in den kommenden Jahren zu erzeugenden Abfallmengen beruhen auf Daten aus den vom Kraftwerk erstellten Jahresbilanzen des Abfallmanagements. Diese Bilanzen liefern quantitative und qualitative Daten zu den vom Kraftwerk erzeugten Abfällen, einschließlich der Sektoren, an die die Abfälle weitergeleitet wurden.

5.3. Unsicherheiten im Zusammenhang mit der Bewertung der Auswirkungen

Die im obigen Absatz beschriebenen Methoden zur Bewertung der Auswirkungen entsprechen dem aktuellen Stand der Technik und wurden auf der Grundlage der verfügbaren wissenschaftlichen Ergebnisse erstellt.

Die Fortschritte der Wissenschaft werden schrittweise in die Überwachung der Umwelt und die Entwicklung von Hypothesen und Berechnungs-Tools integriert.

In die Bewertungen der Auswirkungen werden konservative Ansätze aufgenommen. Als wichtigster konservativer Ansatz gilt die Betrachtung der Wechselbeziehungen mit der Umwelt im angemessenen Vergleich mit den tatsächlich beobachteten Wechselwirkungen. Weitere konservative Ansätze werden in die diversen Bewertungen aufgenommen, insbesondere in die Expositionsszenarien. So wird beispielsweise beobachtet, dass die benachbarten Bevölkerungsgruppen nur Trinkwasser aus der nächstgelegenen Quelle verbrauchen, ohne Berücksichtigung der Schadstoffersetzung.

5.4. Für die Bewertung verwendete Daten

Für die Bewertung der Auswirkungen des Betriebs des Kraftwerks von Saint-Laurent werden die folgenden Daten herangezogen:

- Daten zu den Wechselbeziehungen zwischen Kraftwerk und Umwelt, die in Absatz 5.6 dargelegt werden;
- Daten zum aktuellen Zustand der Umwelt, die hauptsächlich aus Umweltstudien des Kraftwerks von Saint-Laurent stammen. Diese Daten werden im Absatz 5.5 beschrieben und betreffen:
 - Die Luftqualität;
 - Die Wetterkunde;
 - Die Qualität der Oberflächengewässer;
 - Den Zustand der Böden und Grundwasser;
 - Den radiologischen Zustand der Umwelt;
 - Die Artenvielfalt;
 - Die Bevölkerung und menschlichen Tätigkeiten.

Das Kraftwerk von Saint-Laurent veröffentlicht regelmäßig Daten über die Überwachung seiner Schadstoffe und der Umwelt:

- Die Ergebnisse der Überwachung der Umwelt im Umkreis des Kraftwerks werden an das nationale Netz für die Strahlenmessung in der Umwelt weitergeleitet, das unter der Schirmherrschaft der ASNR entwickelt wurde. Die Daten stehen auf der Webseite des nationalen Netzes für die Strahlenmessung zur Verfügung (<https://www.mesure-radioactivite.fr/>).
- Das Kraftwerk veröffentlicht jeden Monat [auf seiner Webseite](#) die Daten über die Überwachung der Schadstoffe und der Umwelt.
- Außerdem wird auf der [Webseite](#) ein Jahresbericht über die Überwachung der Umwelt bereitgestellt.

Weitere Informationen stehen im Leitfaden „[Kernkraftwerke und Umwelt](#)“ zur Verfügung, der die Wechselwirkungen zwischen den Kernkraftwerken und der Umwelt sowie die dazugehörigen Überwachungsmodalitäten vorstellt.

5.5. Aktueller Zustand Umwelt

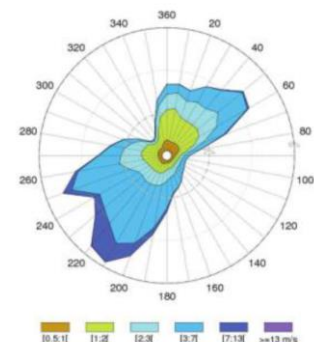
5.5.1. Luft und Klimafaktoren

■ **Klima**

Die Region, in dem sich der Standort von Saint-Laurent befindet, verfügt über ein gemäßigtes Klima mit regelmäßigen Hitzewellen im Sommer und häufigem Frost im Winter. Die lokalen Winde wehen hauptsächlich aus zwei Richtungen und sind meistens mit ozeanischen Wetterfronten und Hochdruckbedingungen verbunden. Die orographischen Auswirkungen des Loire-Tals sind bei der Windkonfiguration jedoch auch zu berücksichtigen. Im Zeitraum von 2011 bis 2020 liegt die Durchschnittstemperatur in Saint-Laurent bei ca. 11,8 °C. Es regnet im Durchschnitt 185 Tage im Jahr. Die vorherrschenden Winde wehen aus dem Südwesten und Nordosten.

■ **Luftqualität**

Die Qualität der Luft im Bereich des Standorts von Saint-Laurent ist generell durchschnittlich, hauptsächlich aufgrund des Ozonaufkommens im Sommer und der Rußpartikel im Winter, die durch private Heizungssysteme erzeugt werden. Bei den verfügbaren Daten werden die Luftqualitätsnormen eingehalten.

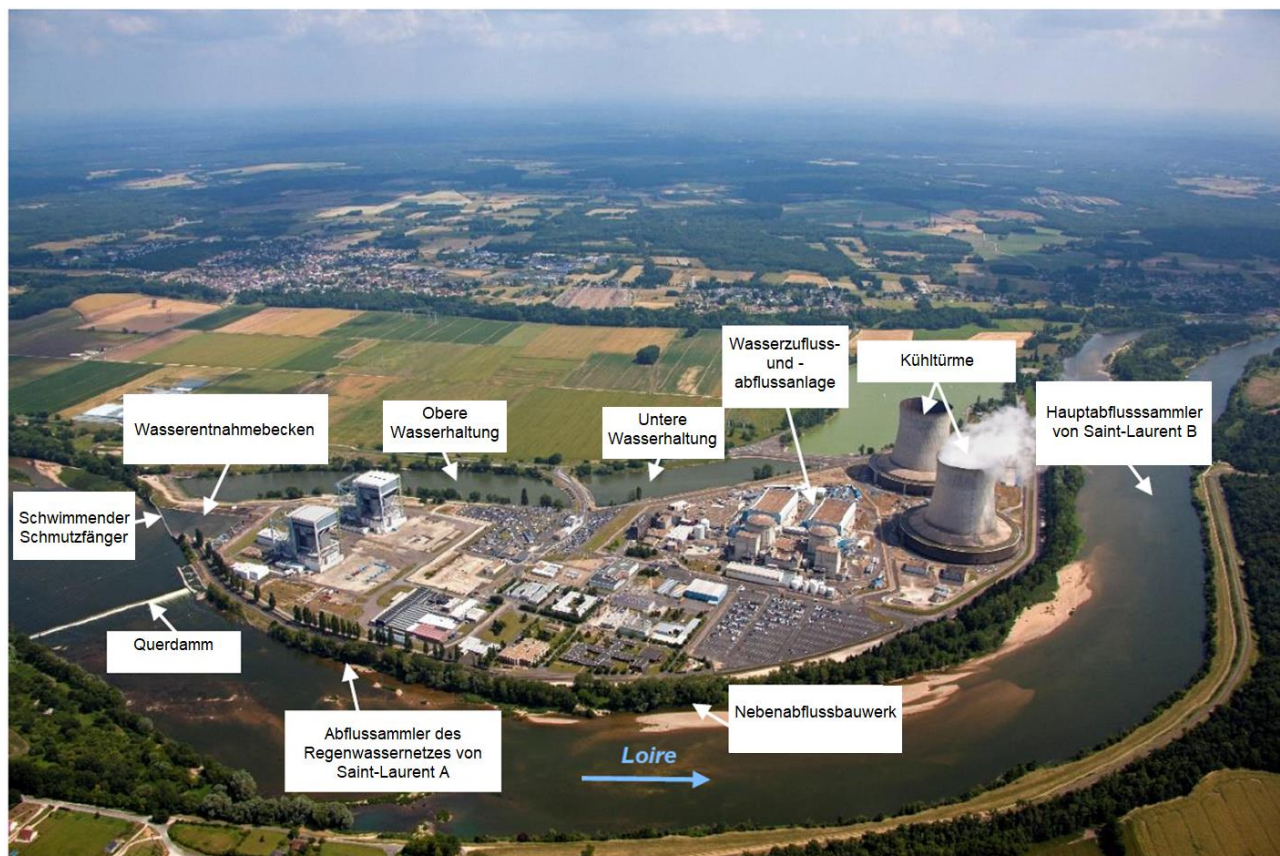


Grafik der in 10 m Höhe gemessenen Winde, Wetterstation des Standorts von Saint-Laurent, Zeitraum 2011-2020.

5.5.2. Oberflächengewässer

■ Hydrologie

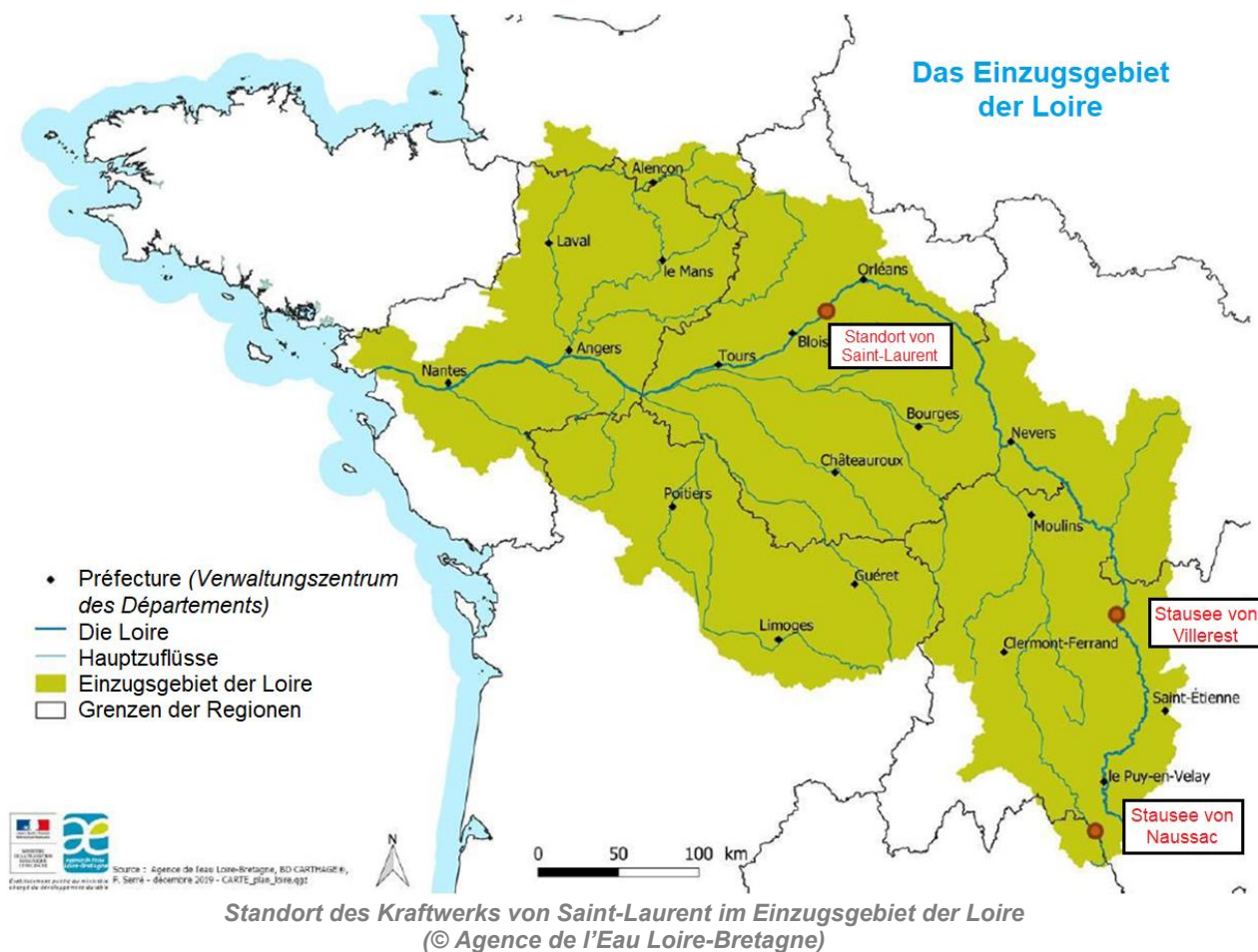
Das Kraftwerk von Saint-Laurent liegt am linken Loire-Ufer in der Gemeinde Saint-Laurent-Nouan, ca. 30 km flussabwärts von Orléans (Département Loiret) und etwa 28 km flussaufwärts von Blois. Das Kraftwerk wird von der Loire mit Wasser versorgt. Sie fließt durch das am linken Loire-Ufer gelegene Wasserentnahmebecken, in dem sich einerseits die frühere Wasserentnahmestation von Saint-Laurent A und andererseits ein Durchfluss in den Zulaufkanal befindet. Der Zulaufkanal besteht aus der oberen und unteren Wasserhaltung, die durch Rohre miteinander verbunden sind, die unter der Zufahrtsstraße zum Standort verlaufen. In der unteren Wasserhaltung befindet sich die Pumpstation des Kraftwerks von Saint-Laurent B. Unterhalb des Wasserentnahmebeckens verläuft über die gesamte Flussbreite ein Wehr, um jederzeit eine ausreichende Wasserversorgung am Entnahmepunkt sicherzustellen.



*Luftbild des Standorts von Saint-Laurent
© DIDIER MARC*

Der Wasserhaushalt der Loire wird von ozeanischen Niederschlägen bestimmt. Er ist starken Schwankungen unterworfen, mit ausgeprägten Niedrig- und Hochwasserepisoden, wobei letztere von starken Regenfällen im Oberlauf, ozeanischen Einflüssen oder beidem verursacht werden. Die rechtsseitigen Zuflüsse (Lignon du Velay, Arroux, Cisse und Maine) haben einen großen Einfluss auf die Durchflussmenge, insbesondere bei Hochwasser. Die Durchflussmenge hängt auch von den Wasserbauwerken oberhalb des Standorts ab.

Für den Zeitraum von 1986 bis 2020 beträgt die durchschnittliche jahresübergreifende Durchflussmenge der Loire im Bereich des Kraftwerks von Saint-Laurent 325 m³/Sek. Von November bis Mai ist die Durchflussmenge höher. Niedrigwasserstände treten im Sommer häufiger auf, insbesondere im August.



■ **Wärmehaushalt**

Die Analyse des Wärmehaushalts der Loire oberhalb des Kraftwerks von Saint-Laurent beruht auf den Messungen der Loire-Temperatur oberhalb des Kraftwerks aus den Jahren 1976 bis 2021.

Aus dieser Analyse ergeben sich folgende Erkenntnisse:

- Die Temperaturschwankungen innerhalb eines Tages sind im Sommer stärker und betragen ca. 1,7 °C. Im Winter liegen die durchschnittlichen Schwankungen bei ca. 0,7 °C.
- Die jahreszeitlich bedingten Temperaturschwankungen sind deutlich und werden hauptsächlich durch die ebenfalls jahreszeitenbedingten Wasserhaushaltsbedingungen beeinflusst. Die Temperaturen der Loire oberhalb des Kraftwerks von Saint-Laurent liegen bei 5,4 °C im minimalen Monatsdurchschnitt für Januar und bei 21,9 °C im maximalen Monatsdurchschnitt für Juli.
- Oberhalb des Standorts liegt die Temperatur im Juli 10 % der Zeit über 25 °C und im August 5 % der Zeit über diesem Wert. Zwischen 1976 und 2021 ist die Temperatur oberhalb des Standorts sechs mal über 28 °C gestiegen. Die am 27. Juni und 25. Juli 2019 gemessene maximale Tagestemperatur betrug 28,3 °C.
- Die Untersuchung der seit den 1970er Jahren beobachteten jahresübergreifenden Schwankungen zeigt eine steigende Tendenz. Die festgestellte durchschnittliche Entwicklung liegt bei ca. +0,4 °C pro Jahrzehnt für den Zeitraum von 1976 bis 2021.

■ **Physikalisch-chemische und biologische Qualität**

Im Kraftwerk von Saint-Laurent erfolgen Wasserentnahme und flüssige Freisetzen in der Oberflächen-Wassermasse „FRGR007c“. Die natürliche Wassermasse entspricht dem Abschnitt der Loire zwischen Saint-Denis-en-Val und dem Zusammenfluss mit dem Cher.

Die Bewertung des ökologischen und chemischen Zustands, die 2019 von der Wasserbehörde des Einzugsgebiets Loire/Bretagne für diese Wassermasse vorgenommen wurde, ergibt einen guten **ökologischen Zustand** und einen guten chemischen Zustand, ohne Ubiquisten* (wobei jedoch der unter Berücksichtigung der Ubiquisten bewertete chemische Zustand schlecht ist).

*: die herabstufenden ubiquistischen Substanzen, d. h. Benzo(a)pyren, PerfluoroOctaneSulfonat, Quecksilber und seine Gemische sowie bromierte Diphenylether, werden nicht vom Kraftwerk von Saint-Laurent freigesetzt.

Die Befunde der gewässerökologischen und chemischen Überwachung während des Zeitraums 2012-2021 ergeben eine zufriedenstellende Qualität der Gewässer, sowohl hinsichtlich der chemischen Parameter als auch der physikalisch-chemischen Daten oder biologischen Kennzahlen.

Auf der Grundlage der 2017 vorgenommenen Analysen erfüllt die Qualität der Sedimente des Wasserentnahmebeckens und der oberen Wasserhaltung des Standorts von Saint-Laurent generell die Kriterien der Vorschriften bezüglich ihrer Granulometrie und chemischen Kriterien, die ihre Freisetzung in die Umwelt zulassen. Außerdem ist die Qualität der Sedimente im Zulaufkanal vergleichbar mit der Qualität der Sedimente in der Loire.

Der ökologische Zustand einer Oberflächengewässermasse im Sinne der Rahmenrichtlinie Wasser (DCE – Directive cadre sur l'eau) wird aus den folgenden gesammelten Kriterien ermittelt: allgemeine physikalisch-chemische Elemente zur Unterstützung der Biologie, spezielle Schadstoffe, Elemente zur Hydromorphologie und Elemente aus der Biologie (biologische Kennzahlen für Makro-Wirbellose, Fische, Makrophyten und Diatomeen).

Der chemische Zustand einer Oberflächengewässermasse wird anhand der Konzentration bestimmter Schadstoffe (Chemikalien) in verschiedenen Matrixen (Wasser, Biota bzw. Sedimente) im Vergleich zu den Umweltqualitätsnormen (NQE – Normes de qualité environnementale) ermittelt.

Die **Ubiquisten** sind persistente, bioakkumulierbare und giftige Stoffe (PBT), die früher oft durch menschliche Aktivitäten in die Umwelt gelangten (Brandhemmer, Pflanzenschutzmittel...) und in den Gewässern weiterhin in Konzentrationen auftreten, die oft weit über den Werten der Umweltqualitätsnormen liegen. Daher beeinträchtigen sie regelmäßig den Zustand der Wassermassen und verdecken die Fortschritte, die anderweitig verzeichnet werden. Daher erlaubt die Richtlinie 2013/39/EU den Mitgliedstaaten, die Auswirkungen auf den chemischen Zustand der ubiquitären Stoffe getrennt darzulegen, um nicht die Verbesserung der Wasserqualität zu verbergen, die für die anderen Stoffe erreicht wurden.

5.5.3. Böden und Grundwasser

■ **Geologie**

Das Kraftwerk von Saint-Laurent liegt am südöstlichen Rand des Pariser Beckens in der Schwemmlandebene der Loire, etwa 30 km flussabwärts von Orléans am linken Ufer.

Unter dem Kraftwerk von Saint-Laurent besteht der Boden aus den folgenden geologischen Schichten (von oben nach unten): Aufschüttungen aus Schwemmboden, alte Schwemmbodenschichten der Loire aus dem Quartär, ein heterogener Sockel aus Kalkmergel, Kalkstein und Mergel aus dem Paläogen, feuersteinhaltige Lehm Böden aus der Übergangszeit zwischen unterem Eozän und oberer Kreidezeit, und schließlich Kreideböden aus der oberen Kreidezeit.

■ **Hydrogeologie**

Im Bereich des Kraftwerks von Saint-Laurent sind drei grundwasserführende Schichten vorhanden:

- Die Schwemmböden;
- Die komplexe Grundwasserschicht der Beauce, zu der die Formation von Étampes und die Binnenmeer-Formation aus dem mittleren und oberen Eozän (Kalkmergel des Paläogen) gehören;
- Die Kreideböden aus feuersteinhaltigen Lehm Böden, eluvialen Kreidefazien und Kreidefelsen.

Der Bau des Kraftwerks hat zur Anpassung der Böden an die Betriebsbedürfnisse und zur lokalen Änderung der unterirdischen Strömungen geführt (Baugruben, Bauwerke, geotechnische Einfriedungen¹⁰, Bau eines Zulaufkanals und eines Abflusskanals usw.).

Im Bereich des Standorts von Saint-Laurent liegen auch die folgenden zwei Wassermassen:

- Die Grundwassermasse der 1. Stufe „FRGG108 – Schwemmböden der mittleren Loire flussaufwärts von Blois“. Laut dem Leitfaden Wasserordnung und -haushalt (SDAGE – Schéma Directeur d’Aménagement et de Gestion des Eaux) 2022-2027 des Einzugsgebiets Loire-Bretagne, gilt für diese Wassermasse die Aufrechterhaltung des guten quantitativen und qualitativen Zustands – ein Ziel, das jeweils 2015 und 2021 erreicht wurde.
- Die Grundwassermasse der 4. Stufe „FRGG089 – Unter der Beauce und der Sologne eingeschlossene Kreideböden des Seno-Turoniums“, die das Kraftwerk direkt für seinen Trinkwasserbedarf und die letzte Notversorgung nutzt. Laut dem SDAGE 2022-2027 des Einzugsgebiets Loire-Bretagne, gilt für diese Wassermasse die Aufrechterhaltung des guten quantitativen und qualitativen Zustands – ein Ziel, das 2015 erreicht wurde.

Außerdem wurde die Gemeinde Saint-Laurent-Nouan hinsichtlich des grundwasserführenden Systems des Cenomaniums als Wasserverteilungszone (ZRE – Zone de répartition des eaux) eingestuft. Im Bereich der Gemeinde liegt die in der Verordnung angegebene offizielle Oberkante des Cenomanium-Grundwassers bei -150 m NN (NGF – Nivellement général de France).

■ **Zustand der Böden**

Der Ausgangszustand der Böden unter dem Kraftwerk wird anhand nationaler Datenbanken, der im Bereich des Kraftwerks – jedoch außerhalb des Bereichs potenzieller, durch den Kraftwerksbetrieb verursachten Belastungen – durchgeführten Probebohrungen sowie mittels radioökologischer Messungen in der Umwelt bestimmt.

In Bezug auf Radionuklide findet eine jährliche radioökologische Überwachung statt. Sie beinhaltet die Entnahme von Proben aus den oberflächennahen Schichten der Böden in der Nähe des Kraftwerks und die Analyse dieser Proben auf die wichtigsten Radionuklide künstlichen Ursprungs in den am Kraftwerk in die Atmosphäre freigesetzten Schadstoffen. Ohne Einfluss des Kraftwerks auf die Böden der Umgebung entsprechen die Ergebnisse dieser Überwachung dem lokalen radiologischen Rauschen.

Der Betrieb des Kraftwerks von Saint-Laurent kann bei Störfällen in den Anlagen zu zeitweiligen Auswirkungen auf die Böden und das Grundwasser führen. Falls dennoch eine Schadstoffbelastung festzustellen sein sollte, werden entsprechende Maßnahmen ergriffen, um die eventuellen Auswirkungen zu verringern und die Konzentrationswerte in den Böden und dem Grundwasser auf ein Maß zurückzubringen, das keine Risiken für die Gesundheit und Umwelt birgt.

¹⁰ Diese geotechnischen Einfriedungen dienen dazu, den Unterboden der INB vom restlichen Talebenen-Grundwasser abzukoppeln.

5.5.4. Radioökologie

In der Nähe des Kraftwerks von Saint-Laurent wurde die Umwelt radioökologischen Untersuchungen unterzogen, um einerseits die wichtigsten Radionuklide zu ermitteln, die in den verschiedenen Matrizen an Land und in den Gewässern vor dem Betrieb des Kraftwerks vorhanden waren, und andererseits langfristig zu bewerten, in welchem Maße die vom Kraftwerk freigesetzten Schadstoffe im Verhältnis zu den anderen ermittelten Quellen zur Einbringung der Radioaktivität in die Umwelt beitragen.

■ *Ursprung der in der Umwelt vorhandenen Radioaktivität*

Zur Auswertung der Radioaktivitätsmessungen sind die natürlich in der Umwelt erzeugten Radionuklide (kosmischen und tellurischen Ursprungs) von den künstlich bei Kernspaltungs- oder -aktivierungsreaktionen erzeugten (atmosphärische Nuklearversuche, Reaktorunfälle, Freisetzung radioaktiver Schadstoffe aus Industrie und Krankenhäusern) zu unterscheiden.

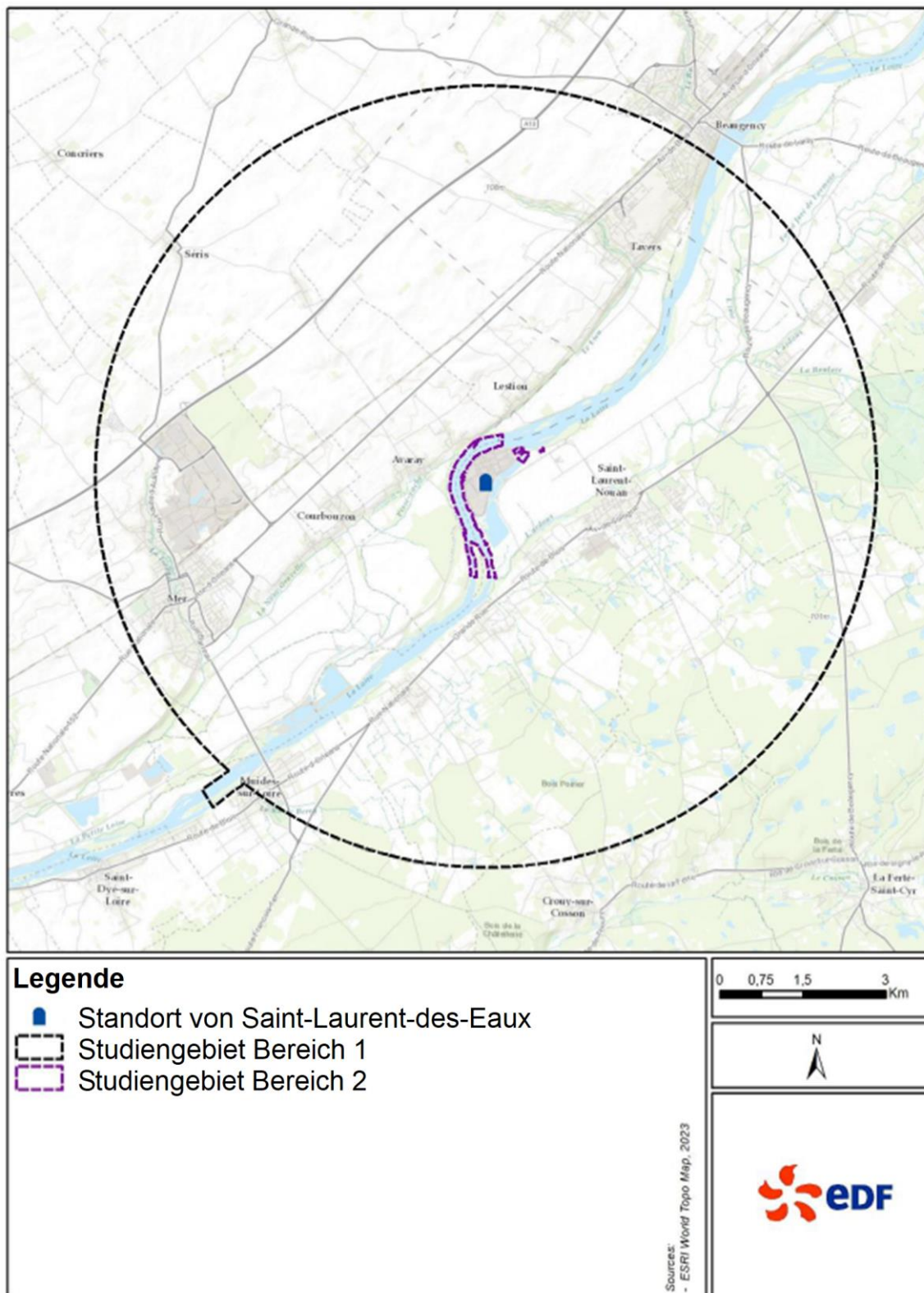
■ *Radiologischer Zustand der Umwelt*

Die Analyse der Ergebnisse der von 2012 bis 2021 im Umfeld des Kraftwerks von Saint-Laurent durchgeführten radiologischen Überwachung ergab, dass die Radioaktivität hauptsächlich natürlichen Ursprungs ist. Hinzu kommt ein vom Menschen verursachter Anteil aus atmosphärischen Niederschlägen als Folge von Kernkraftversuchen in der Atmosphäre und des Unfalls von Tschernobyl, sowie der Freisetzungen radioaktiver atmosphärischer und flüssiger Ausflüsse des Kraftwerks von Saint-Laurent und der weiteren Kraftwerke flussaufwärts an der Loire (Dampierre-en-Burly und Belleville-sur-Loire).

5.5.5. Artenvielfalt

Die Analyse der ökologischen Sachverhalte im Umfeld des Kraftwerks von Saint-Laurent wurde wie folgt durchgeführt:

- Zuerst wurden die beachtenswerte Naturgebiete und ökologischen Funktionen in einem Umkreis von 10 km um das Kraftwerk beschrieben;
- Anschließend folgte eine Untersuchung der Auswirkungen in 2 Bereichen innerhalb dieses Umkreises:
- Der 1. Bereich entspricht dem potentiellen Einflussbereich des allgemeinen Kraftwerksbetriebs auf Land- und Wasserbiotope. Er besteht grundsätzlich aus einem Kreis von 7 km Durchmesser, in dessen Mittelpunkt sich das Kraftwerk befindet, und entspricht dem Einflussbereich auf Landbiotope, sowie aus einem Abschnitt der Loire von dem am weitesten flussaufwärts gelegenen Freisetzungspunkt bis zur letzten, in einer Entfernung von ca. 7,5 km flussabwärts vom Kraftwerk gelegenen hydroökologischen Überwachungsstation, der dem potentiellen Einflussbereich auf Wasserbiotope entspricht;
- Der 2. Bereich entspricht dem potentiellen Einflussbereich auf Land- und Wasserbiotope durch Wartungsmaßnahmen an den Bauwerken zur Wasserentnahme (insbesondere der Baggerarbeiten).



Studienbereich, der für die Analyse der Sachverhalte um das Kraftwerk von Saint-Laurent berücksichtigt wird
1. Bereich und 2. Bereich

■ **Beachtenswerte Naturgebiete**

Folgende beachtenswerte Naturgebiete wurden in einem Umkreis von 10 km um das Kraftwerk von Saint-Laurent erfasst:

- Acht Standorte „Natura 2000;
- Sieben Naturgebiete mit besonderer Bedeutung bezüglich der Umwelt, Fauna und Flora (ZNIEFF – Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique) vom Typ I und drei vom Typ II.
- Drei Standorte, die vom Conservatoire des Espaces Naturels (CEN) verwaltet werden;
- Ein nationales Jagdsperrgebiet zum Schutz der Wildtiere (hauptsächlich Zugvögel);
- Zwei Verordnungen für den Schutz von Biotopen (APB – Arrêté de protection de biotope).

Die sogenannten **Naturgebiete mit besonderer Bedeutung bezüglich der Umwelt, Fauna und Flora (ZNIEFF)**, entsprechen Bereichen der Region, die aufgrund einer schützenswerten Artenvielfalt eine besondere Bedeutung für die Umwelt aufweisen: Sie sind ein Wissens-Tool hinsichtlich der Naturgebiete.

■ **Natürliche Lebensräume**

Im Studiengebiet sind mehrere Biotope erfasst, die zwei großen Komplexen angehören:

- Der 1. Bereich besteht hauptsächlich aus landwirtschaftlich genutzten bzw. vom Menschen gestalteten Flächen. Hier befinden sich auch viele kleine Waldflächen und Feuchtwiesen. In diesem Bereich sind die Problematiken je nach Zone mehr oder weniger ausgeprägt: stärker im Süden und Osten sowie entlang der Loire, und geringer im Westen und Norden des 1. Bereichs;
- Der 2. Sektor umfasst sieben Biotope, die in vier Biotoptypen zusammengefasst werden können: Gewässer- und Feuchtbiopte, Waldflächen, landwirtschaftlich genutzte und bebaute Flächen sowie vom Menschen gestaltete Flächen. In diesem Bereich sind die Herausforderungen im Umfeld der Loire und der Auenwälder hoch. Der Rest des 2. Bereichs weist nur geringe oder keine Problematiken auf, da er aus vom Menschen gestalteten Flächen besteht.

■ **Pflanzenwelt**

Etwa 650 Land- und Sumpfpflanzen wurden im 1. Bereich nachgewiesen. 53 davon gelten aufgrund ihres geschützten und/oder schützenswerten Status als bemerkenswert (bedrohte oder potentiell gefährdete Arten der nationalen und regionalen roten Listen oder Arten, die für die ZNIEFF-Schutzgebiete der Region Centre-Val-de-Loire bestimmend sind). Sechzehn Arten gelten als invasive Exoten. Aufgrund der Vielfalt der vorhandenen Lebensräume und der dazugehörigen Pflanzenarten werden die Herausforderungen im 1. Bereich generell als hoch angesehen.

Im 2. Bereich wurden 415 Land- und Sumpfpflanzen nachgewiesen, die hauptsächlich in den vom Menschen gestalteten Lebensräumen anzutreffen sind (am Industriestandort sowie um die obere Wasserhaltung). Hier wurde keine als bemerkenswert geltende Art nachgewiesen. Unmittelbar am Rand des 2. Bereichs wurden jedoch zwei geschützte Arten festgestellt (eine Sumpfpflanze und eine Landpflanze). Eine schützenswerte, jedoch nicht geschützte Art wurde ebenfalls innerhalb des Studienbereichs nachgewiesen. Von den im 2. Bereich nachgewiesenen Pflanzenarten gelten zwei als invasive Exoten. In Anbetracht dieser Feststellungen gelten die Land- und Sumpfpflanzenarten im 2. Bereich hinsichtlich ihrer ökologischen Herausforderungen als unproblematisch.



Kleines Flohkraut (Pulicaria vulgaris Gaertn)

© EDF



Berg-Haarstrang (Peucedanum oreoselinum)

© EDF

Fotos geschützter Pflanzenarten, die im 2. Bereich nachgewiesen wurden

■ Tierwelt

Im 1. Bereich haben Litteraturrecherchen und Felduntersuchungen ein mögliches Vorhandensein von ca. zweihundertvierzig Arten ergeben, die aufgrund ihres Schutzstatus bemerkenswert sind. Es wurden auch fünf invasive Arten festgestellt.

Im 2. Bereich haben die Litteraturrecherchen und Felduntersuchungen ein mögliches Vorhandensein von etwa neunundfünfzig Arten ergeben, die aufgrund ihres Schutzstatus bemerkenswert sind. Es wurden auch drei invasive Arten festgestellt.



Alpenbock (Rosalia Alpina)

© THEMA Environnement – 2020



Langfühlerige Schmetterlingshaft (Libelloides Longicornis)

© THEMA Environnement 2020

Fotografische Abbildungen bemerkenswerter Arten

■ **Ökologische Funktionen**

In einem Umkreis von 10 km um das Kraftwerk herum können die wichtigsten Grundlagen für die ökologische Funktion des Umfelds wie folgt zusammengefasst werden:

- Drei **Artenvielfalt-Reservate** wurden im Studiengebiet festgestellt. Das erste Artenvielfalt-Reservoir aus Sicht des SRCE¹¹ ist die Loire, das zweite besteht aus den Wiesen der „Arrachis“; außerdem werden zwei Trockenrasenbereiche auf Kalksandböden bei der „Goupillière“ als Mikroreservate betrachtet.
- Vier **Grüne Korridore** wurden nachgewiesen, die für die ordnungsgemäße ökologische Funktion des Bereichs unerlässlich sind: ein erster mit Wiesenbiotopen, ein zweiter mit Waldbereichen, ein dritter mit trockenen Kalkböden und ein vierter, der sich über das gesamte Loire-Tal erstreckt, mit sauren Heideböden.
- Drei diffuse Korridore mit Wiesenbiotopen, trockenen Kalkböden und sauren Heideböden wurden nachgewiesen.

Artenvielfalt-Reservate sind Gebiete, in denen die Artenvielfalt am höchsten und vielfältigsten ist und in denen Arten ihren ganzen oder einen Teil ihres Lebenszyklus verbringen. Sie schützen Populationsvorkommen, aus denen heraus sich einzelne Tiere und Pflanzen ausbreiten können, oder eignen sich für die Ansiedlung neuer Artenpopulationen.

Grüne Korridore gewährleisten die Verbindung zwischen den Artenvielfalt-Reservaten und bieten den Arten günstige Bedingungen für ihre Wanderungen und ihren Lebenszyklus.

Hier ist auch das Wehr in der Loire am Standort von Saint-Laurent zu berücksichtigen, dass die Rohwasserversorgung des CNPE sicherstellt. Das Wehr ist mit einer Fischtreppe ausgestattet, damit die verschiedenen Arten das Wehr überwinden können.

■ **Natura 2000-Standorte**

Im Studienbereich zur Bewertung der Auswirkungen im Rahmen der Natura 2000 Maßnahmen wurden sechs Natura 2000-Standorte nachgewiesen. Dieser Studienbereich entspricht dem Überlappungsbereich der Zonen mit einem potentiellen Einfluss auf die Land- und Wasserbiotope.

Drei sind **besondere Schutzgebiete vom Typ Europäisches Vogelschutzgebiet (ZPS – Zone de protection spéciale)** und drei weitere **besondere Schutzgebiete vom Typ FFH-Gebiet (ZSC – Zone spéciale de conservation)**:

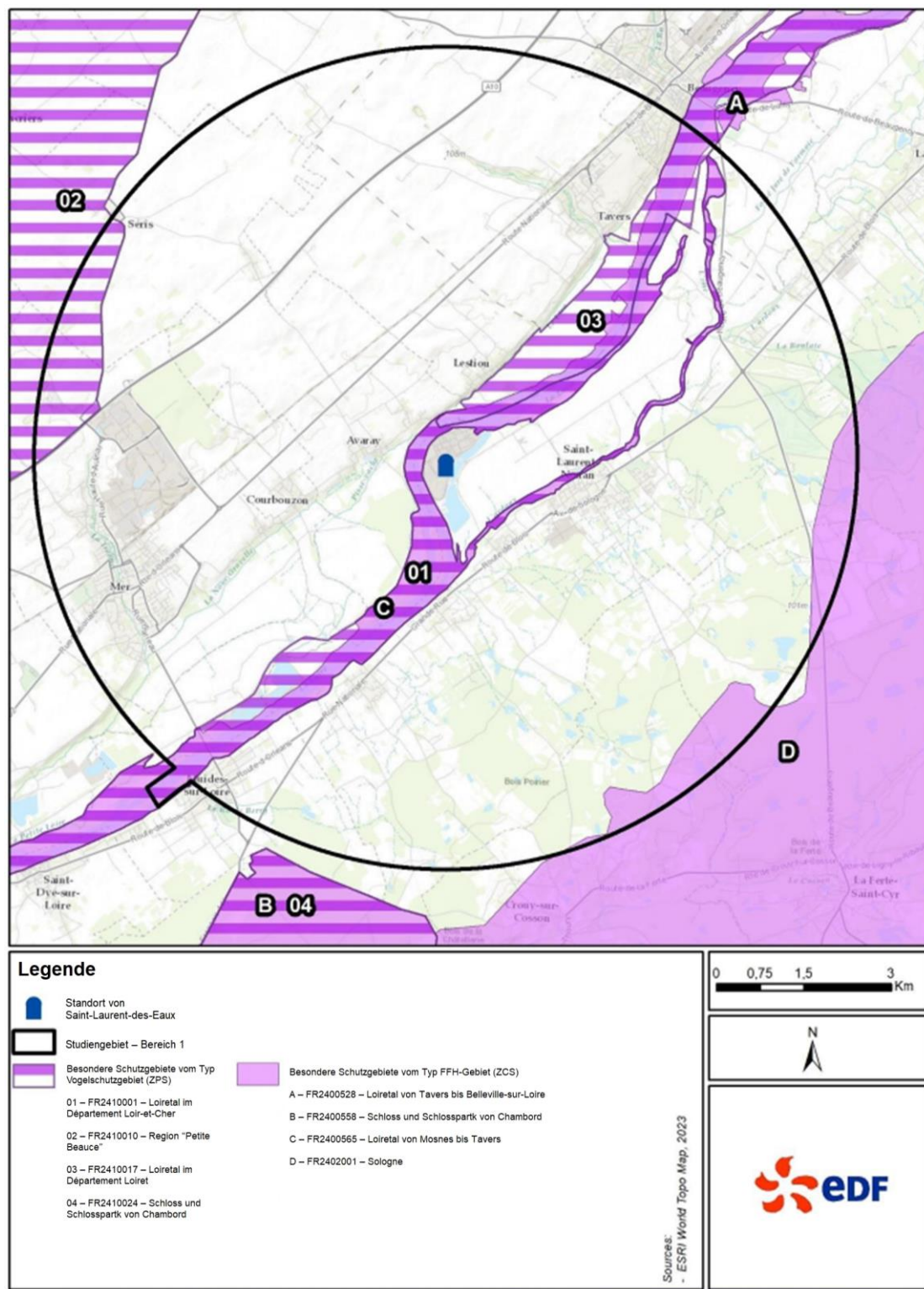
- ZPS FR2410001 – Tal der Loire im Département Loir-et-Cher;
- ZPS FR2410010 – „Petite Beauce“;
- ZPS FR2410017 – Tal der Loire im Département Loiret;
- ZSC FR2400528 – Tal der Loire von Tavers bis Belleville-sur-Loire;
- ZSC FR2400565 – Tal der Loire von Mosnes bis Tavers;
- ZSC FR2402001 – Sologne.

Natura 2000 ist ein europäisches Umweltschutznetzwerk aus naturnahen Standorten, die sich durch die Seltenheit oder Empfindlichkeit der Wildtier- oder Wildpflanzenarten und deren Lebensräumen auszeichnen.

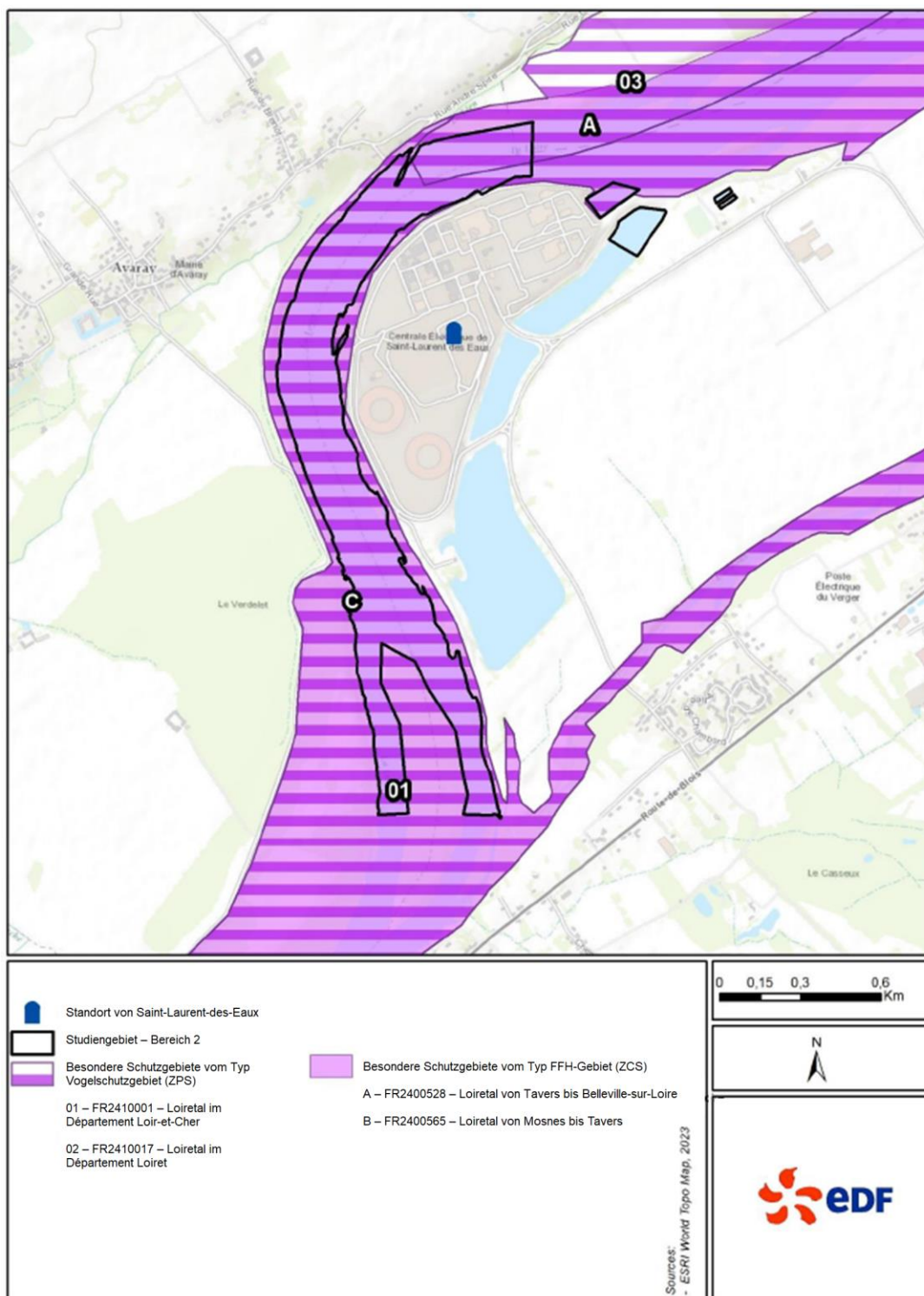
Das Netzwerk besteht aus:

- Besonderen Schutzgebieten vom Typ Europäisches Vogelschutzgebiet (ZPS), die zum Schutz von Wildvogelarten eingerichtet wurden;
- Besonderen Schutzgebiete vom Typ FFH-Gebiet (ZSC) zum Schutz der naturnahen Gebiete und der schützenswerten Fauna und Flora.

¹¹ SRCE: Regionalplan für ökologische Zusammenhänge (Schéma régional de cohérence écologique).



Natura 2000-Standorte im 1. Bereich



Natura 2000-Standorte im 2. Bereich

5.5.6. Bevölkerung und deren Gesundheit

■ Bevölkerung

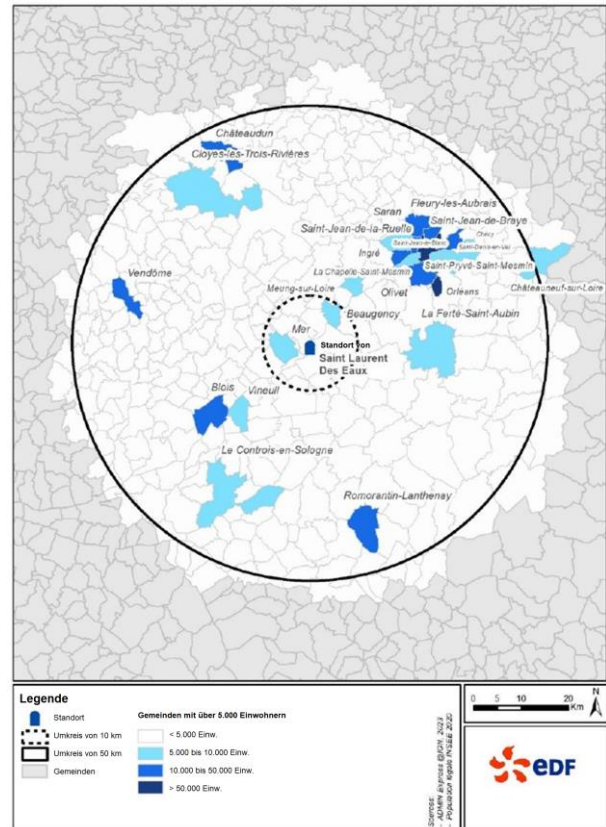
Die Erweiterung des Studienumfangs auf 50 km soll die lokale Verteilung der Bevölkerung im Umfeld des Kraftwerks von Saint-Laurent darlegen, wohingegen der Studienumfang von 10 km der Ermittlung von bedeutsamen Bevölkerungsgruppen dient.

In einem Umkreis von 50 km beträgt die durchschnittliche Bevölkerungsdichte ca. 84 Einwohner/km², jedoch nur 67 Einwohner/km² im Umkreis von 10 km. In beiden Bereichen liegt der Wert unter dem französischen Durchschnitt von ca. 119 Einwohnern/km² (mit Ausnahme der Überseegebiete) (Volkszählung 2020).

Wichtigste Gemeinden im Umkreis von 50 km: Orléans (116.269 Einw.), Blois (45.898 Einw.) und Olivet (22.386 Einw.). Im begrenzten Studiengebiet von 10 km zählen nur die Gemeinden Beaugency (7.339 Einw.) und Mer (6.171 Einw.) mehr als 5.000 Einwohner.

Die nächstgelegenen gefährdeten Bevölkerungsgruppen (Schulen, Kindertagesstätten, Krankenhäuser und Altenheime) liegen ca. 900 m nordwestlich der Grundstücksgrenzen des Kraftwerks.

Die nächstgelegenen Wohnstätten liegen in einer Entfernung von weniger als einem Kilometer im Nordwesten des Standorts in der Gemeinde Avaray.



Gemeinden mit über 5.000 Einwohnern in einem Umkreis von 50 km um das Kraftwerk von Saint-Laurent, Stand 2020

■ Lärm- und Lichtbelastung

2022 wurde am Kraftwerk von Saint-Laurent eine Akustikmesskampagne durchgeführt. Aus dieser Kampagne geht hervor, dass die Schallpegel des Kraftwerks die von den Vorschriften festgelegten Ziele erreichen.

Die Lichtemissionen im Umkreis des Kraftwerks von Saint-Laurent werden hauptsächlich von der Straßenbeleuchtung der benachbarten Gemeinden wie Avaray, Mer und Beaugency verursacht.

5.5.7. Menschliche Aktivitäten

■ Flächennutzung

In einem Umkreis von 10 Kilometern um das Kraftwerk von Saint-Laurent dienen die Flächen hauptsächlich zwei Zwecken: 67 % des Studienbereichs werden landwirtschaftlich genutzt und 23 % tragen einen Waldbestand. Die verbleibenden Flächen des Studiengebiets sind größtenteils verbaute Bereiche (ca. 8 %) und Wasserflächen (ca. 2 %).

■ Landschaft und Kulturerbe

In einem Studienbereich von 10 km um das Kraftwerk von Saint-Laurent wurden sieben Landschaftskomplexe nachgewiesen:

- die Beauce;
- die „Grande Sologne“;
- der schützenswerte Bereich der Loire von Mer bis Blois;
- die Loire in Saint-Laurent-Nouan;

- das „Val Ouest“;
- das Plateau der Sologne bei Orléans;
- die „Petite Beauce“.

Im Umkreis von 10 km um das Kraftwerk liegen mehrere geschützte Standorte und historische Sehenswürdigkeiten. Nächstgelegene historische Standorte und Sehenswürdigkeiten im Umkreis des Standorts:

- Das Schloss von Avaray ist der nächstgelegene historische Standort und liegt ca. 1 km westlich des Kraftwerks;
- Die unter Denkmalschutz stehende Kirche von Saint-Aignan d’Herbilly liegt 2 Kilometer westlich des Standorts;
- Die Quelle „Eaux bleues“ und die Ufer des Fontenils-Bachs sind die nächstgelegenen unter Naturschutz stehenden Standorte und liegen etwa 5 km nordöstlich des Kraftwerks;
- Der Park des Landsitzes des Colonel Therel ist der nächstgelegene als schützenswert eingetragene Natur-Standort und liegt ca. 8 km nordöstlich des Kraftwerks.

Die nächstgelegenen archäologischen Standorte sind die „Angelières“ und die „Cent planches“ in Mer und liegen in einer Entfernung von etwa 5 km west-nordwestlich vom Kraftwerk. Weitere archäologische Ausgrabungsorte sind vorhanden, haben jedoch nicht zu Entdeckungen geführt.

■ **Wassernutzung**

In den im Umkreis von 10 km um den Standort von Saint-Laurent gelegenen Gemeinden dienen die Wasserentnahmen drei Nutzungsarten:

- Trinkwasser: Im Abstrom des Standorts sind im Studienbereich keine Entnahmepunkte für die Trinkwasserversorgung vorhanden. Der nächstgelegene AEP-Entnahmepunkt im Abstrom des Standorts von Saint-Laurent liegt in einer Entfernung von ca. 23 km in der Gemeinde Blois (Département Loir-et-Cher). Es handelt sich dabei um einen Oberflächen-Entnahmepunkt.
- Bewässerungswasser: der erste Entnahmepunkt für Bewässerungswasser liegt im Abstrom des Standorts in einer Entfernung von ca. 2 km in der Gemeinde Avaray. Dieser Entnahmepunkt ist unterirdisch.
- Industrierwasser: der erste Entnahmepunkt für Industrierwasser liegt im Abstrom des Standorts von Saint-Laurent in einer Entfernung von ca. 5 km in der Gemeinde Courbouzon. Dieser Entnahmepunkt ist unterirdisch.

■ **Infrastrukturen und Kommunikationswege**

In einem Umkreis von 10 km um den Standort von Saint-Laurent befinden sich:

- Die Kreisstraße RD951, die ca. 1 km südlich am Standort vorbei führt, sowie die Kreisstraße RD2152 ca. 2 km nordwestlich und die Autobahn A10 ca. 4 km nordwestlich vom Kraftwerk;
- Die einzige Eisenbahnstrecke verläuft etwa 2 km nordwestlich des Standorts und verbindet Paris mit Bordeaux. Sie führt über die Bahnhöfe von Mer, ca. 5 km südwestlich des Standorts, und Beaugency, etwa 7 km nordöstlich des Kraftwerks;
- Schiffbare Wasserläufe sind im Studienbereich von 10 km um den Standort von Saint-Laurent herum keine vorhanden.

■ **Industrieumfeld**

In einem Umkreis von 10 km um den Standort von Saint-Laurent herum wurden 27 umweltschutzkritische Anlagen (ICPE – Installations classées pour la protection de l’environnement) ermittelt (13 genehmigungspflichtige und 14 registrierungspflichtige), von denen eine der **SEVESO**-Stufe entspricht.

Im Studiengebiet befinden sich auch drei Industrie- und Gewerbegebiete.

Seit 2015 fordert die Seveso 3-Richtlinie 2012/18/EU vom 4. Juli 2012 von den Mitgliedstaaten der Europäischen Union die Kennzeichnung sogenannter „**SEVESO**-Industriestandorte“ mit Gefahrenpotenzial für schwere Unfälle sowie die Einrichtung umfassender Vorbeugungsmaßnahmen zu ihrem Schutz.

■ **Freizeitanlagen und -aktivitäten**

Um den Standort von Saint-Laurent herum sind die Jagd und der Angelsport zugelassen. Ein Angelsperrgebiet erstreckt sich von 50 m aufwärts des Wehrs des Standorts von Saint-Laurent bis 300 m unterhalb des Wehrs, am linken Ufer in der Gemeinde Saint-Laurent und am rechten Ufer in der Gemeinde Avaray.

Sport- und Freizeitaktivitäten wie Wandern, Radfahren, Reiten, Golf und Kanufahren auf der Loire werden überall in den Départements Loire-et-Cher und Loiret angeboten. Die nächstgelegenen Freizeit-Standorte sind Wassersportvereine, die in einer Entfernung von weniger als einem Kilometer im Süden des Kraftwerks liegen. Im Umkreis von 10 km um den Standort von Saint-Laurent befindet sich jedoch kein einziger Badebereich.

Im Umkreis von 10 km um den Standort von Saint-Laurent sind ebenfalls keine Süßwasser-Fischzuchtunternehmen angesiedelt.

■ **Energieverbrauch**

2022 hat das Kernkraftwerk von Saint-Laurent 9,4 Milliarden Kilowattstunden CO₂-armen Strom erzeugt. Die jährliche Stromerzeugung des Kraftwerks von Saint-Laurent deckt seinen eigenen Energieverbrauch sowie 100 % des Haushaltsstrombedarfs der Region Centre-Val-de-Loire.

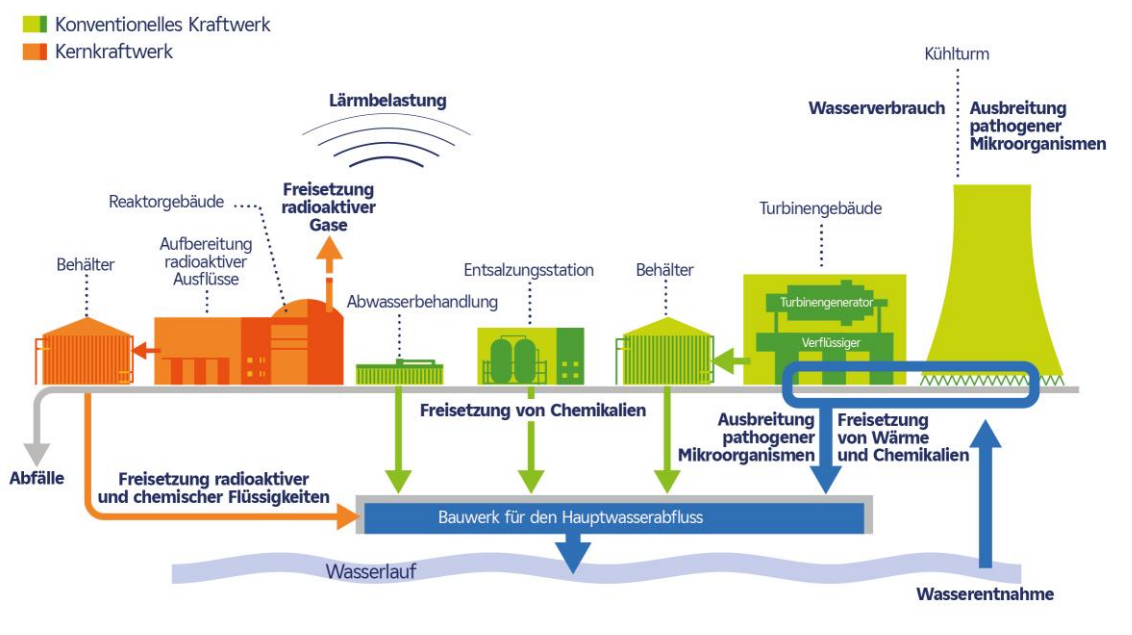
5.6. Wechselbeziehungen des Kraftwerks von Saint-Laurent mit der Umwelt

Dieser Unterabschnitt 5.6 beschreibt die Wechselbeziehungen des Betriebs des Kraftwerks von Saint-Laurent mit der Umwelt zum aktuellen Zeitpunkt und für die kommenden 10 Jahre. Diese Wechselbeziehungen werden in der nachfolgenden Abbildung grafisch dargestellt.

Der Ausgangspunkt dieser Wechselbeziehungen und ihre Eigenschaften werden in den Unterabschnitten 5.6.1 bis 5.6.9 beschrieben.

Der Unterabschnitt 5.6.10 erläutert die Entwicklung dieser Wechselbeziehungen in den kommenden 10 Jahren.

DARSTELLUNG DER AUSWIRKUNGEN NACH ANLAGENBEREICHEN **Kalte Quelle im "geschlossenen" Kreislauf**



5.6.1. Wasserentnahme und -verbrauch

Der unterschiedliche Wasserbedarf des Kraftwerks von Saint-Laurent (Kühlwasser, entsalztes Wasser und Industrierwasser) werden durch die Entnahmepunkte in der Loire, im Tiefengrundwasser der Kreideschicht und im Schwemmlandgrundwasser der Loire gedeckt:

- Die Entnahme aus der Loire versorgt die für den Anlagenbetrieb erforderlichen Kühlsysteme, die Entsalzungsanlage und das Feuerlöschsystem.
- Das Wasser aus dem Tiefengrundwasser der Kreideschicht deckt den Trinkwasserbedarf des Standorts und den Bedarf für den Betrieb der Pumpenanlagen der letzten Wasserversorgung.
- Das Wasser aus dem Schwemmlandgrundwasser der Loire kann für die Anpassung des Schwemmlandgrundwasserpegels innerhalb der geotechnischen Einfriedungen des Standorts verwendet werden. Bisher bestand für das Kraftwerk von Saint-Laurent kein Bedarf, aus diesem Bereich Wasser zu entnehmen.

Die Grenzwerte für die Wasserentnahme werden durch Vorschriften der Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR – Behörde für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz) festgelegt. Diese Grenzwerte sind Höchstwerte, die nicht überschritten werden dürfen und auch im Falle einiger Betriebsstörungen den normalen Betrieb des Kraftwerks gewährleisten sollen, ohne dabei den Umweltschutz zu beeinträchtigen.

Die tatsächlich vorgenommenen Entnahmen liegen daher unter den vorgeschriebenen Grenzwerten (Beschluss 2015-DC-0499¹²).

Die folgende Tabelle zeigt die Grenzwerte der Wasserentnahme sowie die Entnahmebilanz über zehn Jahre.

Für die kommenden zehn Jahre sind keine Änderungen der Wasserentnahmen vorgesehen und es steht kein Antrag zur Änderung der unten aufgeführten vorgeschriebenen Grenzwerte an.

Entnahmequelle	Nutzung	Maximales Volumen	
		Vorgeschriebener Grenzwert	Jährliches Durchschnittsvolumen 2012 – 2021
Loire	Kühlwasser	127 Millionen m ³	94.121.000 m ³
Loire	Industrierwasser (vollentsalztes Wasser, Löschwasser)		228.733 m ³
Tiefengrundwasser in der Kreideschicht	Trinkwasser	Trinkwasser: 145.000 m ³	58.354 m ³
	Letzte Wasserversorgung	Letzte Wasserversorgung: 3.000 m ³ (kann bei Probeläufen oder bei Arbeiten an der Pumpenanlage der letzten Wasserversorgung einen Wert von bis zu 23.000 m ³ erreichen)	2.212 m ³ (*)

(*): Im Jahr 2021 gemessener Wert (Durchführung von Versuchen)

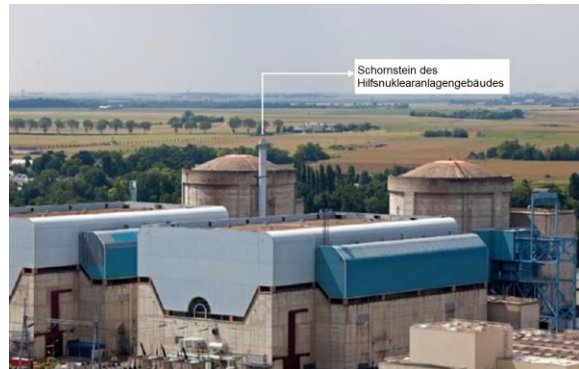
Tabelle 1: Vorgeschriebene Grenzwerte und Wasserentnahmebilanz am Standort von Saint-Laurent

¹² Beschluss Nr. 2015-DC-0499 der Autorité de sûreté nucléaire (ASN – Behörde für nukleare Sicherheit) vom 19. Februar 2015 zur Festlegung der Vorgaben bezüglich der Modalitäten zu Wasserentnahme und -verbrauch, zu flüssigen und gasförmigen Schadstofffreisetzungen in die Umwelt und zur Überwachung der Umwelt im Bereich der Basis-Nuklearanlagen Nr. 46, Nr. 74 und Nr. 100, die von Électricité de France – Société Anonyme (EDF-SA) in der Gemeinde Saint-Laurent-Nouan betrieben werden.

5.6.2. Freisetzung flüssiger und gasförmiger radioaktiver Schadstoffe

Im Kernreaktor bilden sich radioaktive Stoffe (Radionuklide), von denen ein winziger Bruchteil in die Ausflüsse gerät. Diese Ausflüsse werden zuerst selektiv gesammelt, bevor sie in geeignete Aufbereitungs- bzw. Lagersysteme geleitet werden.

Die Freisetzung flüssiger radioaktiver Schadstoffe des Kraftwerks erfolgen über die Hauptsammler in die Loire. Freisetzungen atmosphärischer radioaktiver Schadstoffe erfolgen über die Schornsteine, die sich auf dem Hilfsnuklearanlagegebäude (BAN) des Kraftwerks befinden.



© EDF

Schornstein eines Hilfsnuklearanlagegebäudes des Kraftwerks

Das Kraftwerk setzt Radionuklide fünf verschiedener Kategorien frei:

- Radiokohlenstoff C^{14} entsteht hauptsächlich durch die **Neutronenaktivierung** von Sauerstoff-17 und Stickstoff-14 aus dem Primärkreiswasser und von Sauerstoff-17 aus den Brennelementen. Nur ein geringer Anteil des Radiokohlenstoffs C^{14} gelangt in die freigesetzten flüssigen Ausflüssen; der Hauptanteil wird von den Aufbereitungssystemen ausgefiltert. Der als Gas ausgestoßene Radiokohlenstoff C^{14} stammt hauptsächlich aus dem Entgasen des Primärkreiswassers.
- Tritium entsteht durch Spaltung in den Brennstäben und durch Neutronenaktivierung des Bor-10 und Lithium-6, die aufgrund der Aufbereitung des Wassers mit Borsäure und Lithin im Primärkreiswasser vorhanden sind. Das Tritium verbleibt fast vollständig in den Brennstäben. Dennoch kann bei Undichtigkeiten der Brennstabhülle eine geringe Menge in das Primärkreiswasser gelangen. Die Verwendung von mit Lithium-7 angereichertem Lithium verringert die Tritumbildung durch Neutronenaktivierung des Lithium-6. Derzeitig sind keine technisch und wirtschaftlich vertretbaren industriellen Mittel zur Beseitigung des in den Ausflüssen vorhandenen Tritiums verfügbar.
- Jode entstehen durch Uranspaltung und verbleiben weitestgehend in den Brennstäben. Dennoch kann bei Undichtigkeiten der Brennstabhüllen eine geringe Menge in das Primärkreiswasser gelangen. Die in den flüssigen radioaktiven Ausflüssen vorhandenen Jode werden von den Aufbereitungssystemen ausgefiltert. Aufgrund ihrer kurzen Halbwertszeit verschwinden sie bald.
- Die sonstigen Spaltungs- oder Aktivierungsprodukte („autres PF/PA“ – autres produits de fission ou d’activation) entstehen durch Spaltung, z. B. Cesium-134 und -137, die in den Brennstäben verbleiben, aber aus den oben genannten Gründen auch entweichen können, oder durch Aktivierung, z. B. Kobalt-58 und -60, Mangan-54 und Antimon-124. Diese sonstigen Spaltungs- oder Aktivierungsprodukte, die als Aerosole in

Die **Neutronenaktivierung** ist der Vorgang, der eines oder mehrere der Elemente eines Stoffs durch Bestrahlung mit einem Neutronenfluss radioaktiv macht.

Die Grenzwerte für die Freisetzung radioaktiver Ausflüsse im Kraftwerk von Saint-Laurent werden von der Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) (Beschluss Nr. 2015-DC-0498¹³) vorgeschrieben.

¹³ Beschluss Nr. 2015-DC-0498 der Autorité de sûreté nucléaire (ASN – Behörde für nukleare Sicherheit) vom 19. Februar 2015 zur Festlegung der Grenzwerte für flüssige und gasförmige Schadstofffreisetzungen in die Umwelt durch die Basis-Nuklearanlagen Nr. 46, Nr. 74 und Nr. 100, die von Électricité de France – Société Anonyme (EDF-SA) in der Gemeinde Saint-Laurent betrieben werden.

den gasförmigen Ausflüssen auftreten, werden durch radioaktiven Abbau in Lagerbehältern aufbereitet bzw. in Jobabscheidern (Aktivkohle) und Hochleistungsfiltern ausgefiltert. In den flüssigen Ausflüssen werden die sonstigen Spaltungs- oder Aktivierungsprodukte weitgehend von den Aufbereitungssystemen (Filter oder Harze) des kontinuierlichen Primärkreiswasserdekontaminationssystems und des Ausflusssaufbereitungssystems abgefangen.

- Edelgase entstehen durch Uranspaltung und verbleiben weitestgehend in den Brennstäben. Dennoch kann aus den vorgenannten Gründen eine geringe Menge in das Primärkreiswasser und von dort in die gasförmigen radioaktiven Ausflüsse gelangen. Diese Ausflüsse werden nach radioaktivem Abbau in Lagerbehältern in die Atmosphäre freigesetzt.

↘ FREISETZUNGSGRENZWERTE UND TATSÄCHLICHE FREISETZUNGEN

Die Freisetzungsgrenzwerte werden so festgelegt, dass die Auswirkungen der Freisetzungen auf die Umwelt auf der Grundlage der besten, derzeit verfügbaren Techniken unter annehmbaren technischen und wirtschaftlichen Bedingungen akzeptabel sind, wobei die Eigenschaften der Anlage, ihre geografische Lage und die lokalen Umweltbedingungen zu berücksichtigen sind. Sie sind Höchstwerte, die nicht überschritten werden dürfen. Außerdem erstellt der Betreiber jedes Jahr eine hinsichtlich der programmierten Maßnahmen optimierte Freisetzungsprognose und prüft, inwiefern die tatsächlichen Freisetzungen mit diesen Leistungszielen vereinbar sind. Er ermittelt daraus die Erfahrungswerte für die kontinuierliche Verbesserung.

Die auf der Grundlage der vorgeschriebenen Grenzwerte vorgenommene Bewertung der Auswirkungen der freigesetzten Schadstoffe gilt als Referenzwert für die tatsächlichen Schadstofffreisetzungen des Standorts.

Die für den Betrieb des Kraftwerks von Saint-Laurent prognostizierten Schadstofffreisetzungen für die kommenden zehn Jahre liegen in der gleichen Größenordnung wie die der vergangenen zehn Jahre und auf jeden Fall unter den Freisetzungsgrenzwerten.

Die folgenden Tabellen beschreiben die Ableitungsbilanz radioaktiver Stoffe, die vom Kraftwerk von Saint-Laurent während eines Zeitraums von 10 Jahren freigesetzt werden (durchschnittliche Schadstofffreisetzungen von 2012 bis 2021).

■ Ableitungsbilanz flüssiger radioaktiver Stoffe von 2012 bis 2021

	Jährliche Grenzwerte (GBq/Jahr)	Durchschnittliche, jährlich freigesetzte Radioaktivität GBq/Jahr
Tritium	45.000	22.200
Radiokohlenstoff C ¹⁴	130	14,9
Jod	0,2	0,0075
Sonstige Spaltungs- und Aktivierungsprodukte	20	0,319

■ Ableitungsbilanz gasförmiger radioaktiver Stoffe von 2012 bis 2021

	Jährliche Grenzwerte (GBq/Jahr)	Durchschnittliche, jährlich freigesetzte Radioaktivität GBq/Jahr
Tritium	4.000	685
Radiokohlenstoff C ¹⁴	1.100	258
Edelgase	30.000	835
Jod	0,6	0,015
Sonstige Spaltungs- und Aktivierungsprodukte	0,4	0,002

5.6.3. Freisetzung flüssiger und gasförmiger chemischer Schadstoffe

Der Betrieb eines Atomstromkraftwerks erfordert die Verwendung von Chemikalien und verursacht die Freisetzung von flüssigen chemischen Schadstoffen (aus Substanzen zur Aufbereitung der Leitungssysteme, der Entsalzungsanlage, der Abwasseraufbereitungsanlage und der **Kesselstein- und Biozidbehandlung**) sowie, in geringerem Maße, Freisetzungen in die Atmosphäre (aus dem Betrieb der Leitungssysteme und Anlagen).

Die sogenannten „geschlossenen“ Kühlsysteme mit Kühltürmen wie die des Kraftwerks von Saint-Laurent-des-Eaux erfordern Aufbereitungsmaßnahmen, insbesondere:

- Um das Verschmutzen der Leitungssysteme durch das naturgemäß mit Schwebstoffen und Mineralsalzen belastete Loire-Wasser durch Zugabe eines dispergierenden Polymers und einer **Kesselsteinbehandlung**;
- Um das Risiko der Verbreitung von pathogenen Mikroorganismen (Legionellen und Amöben) durch die vorbeugende Wartung des Kühlsystems und die Umsetzung einer **Biozidbehandlung** durch Zugabe von Monochloramin oder Natriumhypochlorit zu begrenzen. Diese Chemikalien werden auch in Aquaparks eingesetzt.

■ Flüssige Chemikalienausflüsse

Flüssige Chemikalienausflüsse aus den Primär- und Sekundärkreisen werden selektiv und nach Ursprung und Zusammensetzung gesammelt, gefiltert und ggf. aufbereitet, und schließlich kontrolliert, bevor sie in die Umwelt freigesetzt werden.

In flüssigem Zustand werden hauptsächlich die folgenden Chemikalien freigesetzt:

- Borsäure und Lithin, die für die Aufbereitung des Primärkreises verwendet werden, um sowohl die Kernreaktion zu steuern als auch die Korrosion der Werkstoffe zu begrenzen.
- Hydrazin, das den Primär- und Sekundärwasserkreisen zugegeben wird, um den im Systemwasser gelösten Sauerstoff zu begrenzen und so die Korrosion der Metallteile zu minimieren.
- Morpholin¹⁴, Ethanolamin und Ammoniak, die bei der Aufbereitung des Sekundärkreiswassers entstehen.
- Natrium, Chloride, Ammonium, Nitrate, Nitrite, auf Aktivkohle adsorbierbare Organohalogene (AOX), Gesamtrestchlor, Trihalomethane und Sulfate aus den Biozid- und Kesselsteinbehandlungen der Kühlsysteme.
- Metalle als Korrosionsprodukte aus den Primär- und Sekundärkreisen (Aluminium, Chrom, Kupfer, Eisen, Magnan, Nickel, Blei und Zink).
- Natriumphosphate (Na_3PO_4) aus der Aufbereitung der Zwischenkühlkreise und den Ausflüssen der Abwasseraufbereitungsanlage.
- Reinigungsmittel ohne Phosphate und chelatbildende Produkte wie EDTA (Ethylendiamintetraessigsäure), die beim Waschen der in radioaktiven Bereichen benutzten Arbeitskleidung verwendet werden
- Schwebstoffe (MES – Matières en suspension) und der chemische Sauerstoffbedarf (DCO – Demande chimique en oxygène) aus den T-, S- und Ex-Behältern.
- Eisen, Natrium, Chlorate, Sulfate und MES aus der Entsalzungsstation.
- Phosphate, Phosphor, MES, Stickstoff, Ammonium, Nitrate, DCO und biochemischer Sauerstoffbedarf (DBO_5 – Demande biochimique en oxygène) aus der Abwasseraufbereitungsanlage.

Wie bei den radioaktiven Schadstoffen gelten auch für die Freisetzung von chemischen Schadstoffen Höchstwerte, um ihre Auswirkungen auf die Umwelt auf der Grundlage der besten, derzeit verfügbaren Techniken für den Betrieb des

¹⁴ Im Rahmen der kontinuierlichen Verbesserung wurden ab 2016 beide Reaktoren des Kraftwerks von Saint-Laurent-des-Eaux von Morpholin auf Ethanolamin umgestellt.

Kraftwerks in zumutbaren Grenzen zu halten. Die auf der Grundlage dieser Höchstwerte vorgenommene Bewertung der Auswirkungen der freigesetzten Schadstoffe gilt als Referenzwert für die tatsächlichen Schadstofffreisetzungen des Standorts.

Die zukünftigen Schadstofffreisetzungen sollte in der gleichen Größenordnung liegen, wie in der Vergangenheit, aber auf jeden Fall unter den Freisetzungsgrenzwerten. Die Ergebnisse der Bewertung der Auswirkungen der Freisetzungen, die in diesem Dokument beschrieben werden, gelten somit für die kommenden zehn Jahre.

Die folgende Tabelle zeigt die Höchstwerte für die Freisetzung¹⁵ in die Loire (aus den aktuell gültigen Grenzwertbeschlüssen und Modalitäten, oder die auf der Grundlage zusätzlicher Beschreibungen aus REX- oder Entwicklungsdaten ermittelt wurden) sowie eine Schadstoffbilanz der vergangenen kritischen Stoffe über einen Zeitraum von 10 Jahren.

Stoff	Jahresfluss (kg)	
	Freisetzungshöchstwerte	Freigesetzte Menge (Durchschnitt 2012-2021)
Borsäure Behälter T, S	10.000	2320
Morpholin* Behälter T, S und Ex SEO-Leitungssystem	500	246
Ethanolamin** Behälter T, S und Ex SEO-Leitungssystem	400	21
Hydrazin Behälter T, S und Ex	16	1,4
Gesamtstickstoff (Ammonium, Nitrite, Nitrate) Behälter T, S und Ex	6.000	1.110
Ammonium Aufbereitung mit Monochloramin	70 kg/Tag, d. h. 25.550 kg***	229
Nitrate Aufbereitung mit Monochloramin	1.470 kg/Tag, d. h. 536.550 kg***	50.000
Nitrite Aufbereitung mit Monochloramin	70 kg/Tag, d. h. 25.550 kg***	1.390
Phosphate Behälter T, S und Ex SEO-Leitungssystem	710	164
Gesamtrestchlor (CRT) Aufbereitung mit Monochloramin, massive Chlorzugabe	4.500	813
AOX	1.000	233

* bis 2016 verwendetes Morpholin (Durchschnitt über 5 Jahre)

** seit 2016 verwendetes Ethanolamin (Durchschnitt über 6 Jahre)

*** Der Beschluss Nr. 2015-DC-0498 legt keine Grenzwerte für die Freisetzung dieser Stoffe fest. Daher wurde dieser Grenzwert durch Multiplikation des Tagesgrenzwerts mit 365 extrapoliert.

¹⁵ Die hier vorgelegten 'Grenzwerte entstammen dem Beschluss Nr. 2015-DC-0498 der Autorité de sûreté nucléaire (ASN) vom 19. Februar 2015 zur Festlegung der Grenzwerte für flüssige und gasförmige Schadstofffreisetzungen in die Umwelt durch die Basis-Nuklearanlagen Nr. 46, Nr. 74 und Nr. 100, die von Électricité de France – Société Anonyme (EDF-SA) in der Gemeinde Saint-Laurent betrieben werden.

■ **In die Atmosphäre freigesetzte Chemikalienausflüsse**

In die Atmosphäre werden hauptsächlich die folgenden Chemikalien freigesetzt:

- Abgase aus den periodischen Prüfungen der Notstromaggregate, die hauptsächlich Schwefeloxide, Stickoxide und Kohlenmonoxide enthalten;
- Formol- und Kohlenmonoxiddämpfe, die von neuen Isolierungen aus Glaswolle während der ersten Temperaturanstiege freigesetzt werden;
- Vom Turbinenbypass freigesetztes Ammoniak aus dem Hilfsspeisewasser der Dampferzeuger und der Wärmezersetzung des Hydrazins aus der Dampferzeuger-Konservierungslösung während der Wiederanlaufphase des Reaktors;
- Morpholin- und Ethanolaminausflüsse;
- Ammoniak aus dem Abführungssystem der nicht kondensierbaren Stoffe im Sekundärkreis während der Aufrechterhaltung des Unterdrucks im Verflüssiger, das durch den Schornstein des Hilfsnuklearanlagegebäudes freigesetzt wird;
- Freisetzen von Gesamtrestchlor (CRT), Ammoniak, Hypochlorsäure (HOCl) und Trihalomethanen (THM) aus den Kühltürmen bei der Durchführung von Biozidbehandlungen;
- Abgase der Baumaschinen und Lkw zum Abtransport der Abfälle und Waren- oder Materialtransporten (An- und Auslieferungen). Aufgrund der Verkehrsbegrenzungen am Standort und der Überwachung ihrer Wartung sind die jährlichen Abgasmengen gering;
- Diffuse Emissionen von Kältemitteln und SF₆, die jeweils in den Kühlaggregaten (zur Sicherstellung der Eiswassererzeugung und zur Kühlung der Technik- und Verwaltungsgebäude) und den Umspannwerken zur Ableitung der Kraftwerksenergie verwendet werden. Diese Emissionen werden bei den Wartungsmaßnahmen an diesen Anlagen quantifiziert;
- Atmosphärische Stauffreisetzen aus den Werkstätten, die ebenfalls vernachlässigbar sind.

5.6.4. Wärmeemissionen

In einem Kernkraftwerk wird etwa ein Drittel der vom Reaktor erzeugten Wärmeenergie nach dem thermodynamischen Prinzip von Carnot in elektrische Energie umgewandelt. Der Rest, ca. zwei Drittel, wird als Wärme über den Verflüssiger an eine kalte Quelle übertragen, bei der es sich entweder um ein Gewässer (kalte Quelle im „offenen“ Kreislauf) oder um die Atmosphäre (über Kühltürme, kalte Quelle im „geschlossenen“ Kreislauf) handeln kann. Somit wird Wärme in die Umwelt freigesetzt.

Die Kühlung der Verflüssiger des Kraftwerks von Saint-Laurent erfolgt in einem „geschlossene“ Kreislauf: Das Rohwasser in den Kühlleitungen erwärmt sich in den Verflüssigern, bevor es beim Durchlauf durch die Austauschkörper der Kühltürme abkühlt. Die Wärmeenergie wird weitestgehend durch Verdunstung und Konvektion an die Atmosphäre abgegeben. Die Wärmeemissionen in die Loire entstehen beim laufenden Ablassen der Kaltwasserbecken der Kühltürme zur Verdünnung.

Die Wärmeemissionen unterliegen den Vorschriften, die die Erwärmung des Wassers zwischen der Entnahme und der Rückleitung regeln.

Grenzwerte der Wärmeemissionen des Kraftwerks von Saint-Laurent-des-Eaux

Bedingungen	Durchschnittliche Tageserwärmung (°C)
Normalbedingungen	≤ 1 °C
Besondere Bedingungen: Durchflussmenge der Loire unter 100 m ³ /s und T _{Loire} Vorlauf < 15 °C	< 1,5 °C

Die vom Kraftwerk zwischen der Wasserentnahme und der Freisetzung verursachte Erwärmung beträgt im Durchschnitt 0,09 °C für den Zeitraum von 2012 bis 2021 bei einem gemessenen Höchstwert von 0,47 °C.

5.6.5. Sedimente-Management im Zusammenhang mit den Wartungsmaßnahmen am Untergraben und Zulaufkanal

Um die Rohwasserversorgung der Anlagen und damit ihre nukleare Sicherheit zu gewährleisten, muss das Kraftwerk von Saint-Laurent im Bereich des schwimmenden Schmutzfängers, der oberen Wasserhaltung und dem Schlammbecken der oberen Wasserhaltung Ausbaggerarbeiten vornehmen lassen. Dabei werden die abgelagerten Sedimente von einem mit einer leistungs- und durchflussstarken Saugpumpe und Filtern ausgestatteten Bagger ausgehoben.

Die geförderten Sedimente werden in Abhängigkeit ihrer Eigenschaften und in Übereinstimmung mit den Vorgaben der jeweils für zehn Jahre geltenden Zulassungsverordnung zurück in das Flussbett befördert. Sedimente, die nicht zurück in den Fluss geleitet werden können, werden gemäß den geltenden Vorschriften behandelt.

Falls die Sedimente nicht zurück in die Loire geleitet werden können, aber zwingend ausgehoben werden müssen, werden die Sedimente mit einem Schaufelbagger ausgehoben. Die Sedimente werden anschließend in den beiden Schlammbecken des Kraftwerks gelagert, bis sie entweder gemäß den für die Rückleitung in die Loire geltenden Kriterien zurückgeleitet oder von einem geeigneten Abfallbeseitigungsunternehmen aufbereitet werden können.

5.6.6. Abfallerzeugung

Der Betrieb des Kraftwerks von Saint-Laurent erzeugt radioaktive und konventionelle Abfälle.

Die **radioaktiven Abfälle** entstammen insbesondere der Aufbereitung radioaktiver Ausflüsse (Filter, Aktivkohle, Verdampfungskonzentrate, Ionenaustauscherharze, Schlamm...), normalen Wartungsmaßnahmen (radioaktive Ausschussteile aus der Mechanik, Stoffabfälle...), Wartungsmaßnahmen an den Brennelementen (Bündel, Stabhüllen, Brennelementgestelle...) und den Rückbaumaßnahmen an den Anlagen von Saint-Laurent A.

Die **konventionellen Abfälle** sind Abfälle, die in den Bereichen ohne radioaktive Stoffe erzeugt werden. Sie bestehen aus inerten Abfällen (Schutt, Erde...), ungefährlichen Abfällen (Holz, Verpackungen, Papier, Karton, Glas, Kunststoff, Metalle...) und gefährlichen Abfällen (explosionsgefährdet, brandfördernd, entzündlich, reizend, krankheitserregend, mutagen, ökotoxisch...).

Kategorien radioaktiver Abfälle und zugehörige Sektoren für das Abfallmanagement

Radioaktivität**	Halbzeitwert*	Sehr kurzer Halbzeitwert (VTC) (Zeitraum < 100 Tage)	Hauptsächlich kurzer Halbzeitwert (VC) (Zeitraum ≤ 31 Jahre)	Hauptsächlich langer Halbzeitwert (VL) (Zeitraum > 31 Jahre)
Sehr schwach radioaktiv (TFA) < 100 Bq/g			Oberflächenlagerung (CIRES – Industriestandort zum Sammeln, Zwischenlagern und Lagern)	
Schwach radioaktiv (FA) von einigen Hundert Bq/g bis eine Million Bq/g				Lagerung in geringer Tiefe, Studienphase
Mäßig radioaktiv (MA) von einer Million Bq/g bis eine Milliarde Bq/g	Management durch Zerfall der Radioaktivität		Oberflächenlagerung (Lagerstandort Centre de l'Aube and Centre de la Manche)	Geologische Tiefenlagerung, Projektphase (Cigéo)
Stark radioaktiv (HA) mehrere Milliarden Bq/g	Nicht zutreffend		Geologische Tiefenlagerung, Projektphase (Cigéo)	

* Zeitraum, in dem die radioaktiven Stoffe (Radionuklide) im Abfall radioaktiv sind.

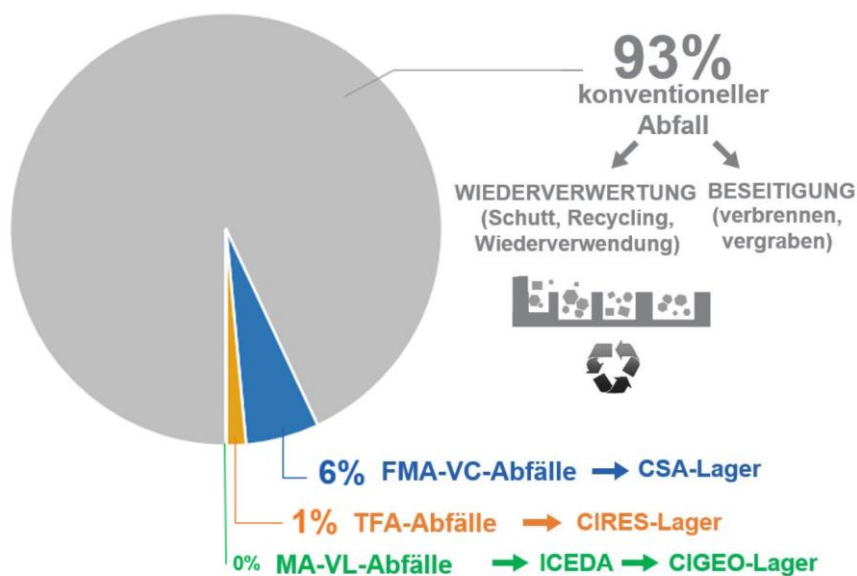
** Radioaktivitätslevel der radioaktiven Abfälle.

Manchmal kann Abfall in eine gegebene Kategorie eingestuft, jedoch aufgrund anderer Eigenschaften (z. B. seiner chemischen Zusammensetzung oder seiner physikalischen Eigenschaften) in einem anderen Sektor verwaltet werden

In Frankreich erfolgt die Einstufung radioaktiver Abfälle nach zwei Kriterien:

- Dem Radioaktivitätsniveau: Hohe Radioaktivität (HA – haute activité), mittlere Radioaktivität (MA – moyenne activité), schwache Radioaktivität (FA – faible activité) und sehr schwache Radioaktivität (TFA – très faible activité),
- Der Halbwertszeit, nach der die Radioaktivität um die Hälfte gesunken ist: sehr kurze Halbwertszeit (vtc – vie très courte), kurze Halbwertszeit (vc – vie courte) und lange Halbwertszeit (vl – vie longue).

Die Maßnahmen im Zusammenhang mit dem Betrieb des Kraftwerks von Saint-Laurent erzeugen konventionelle Abfälle (93 % der erzeugten Abfälle) und radioaktive Abfälle (7 % der erzeugten Abfälle).



Relative Anteile der Abfälle und der entsprechenden Freisetzungen aus dem Betrieb des Kraftwerks von Saint-Laurent

Die folgende Tabelle zeigt die Bilanz der innerhalb eines Zeitraums von 10 Jahren im Kraftwerk von Saint-Laurent erzeugten radioaktiven Abfälle sowie eine Prognose für die kommenden Jahre.

Insgesamt liegt die Menge der in den kommenden 10 Jahren vom Kernkraftwerk von Saint-Laurent erzeugten radioaktiven Abfälle in der gleichen Größenordnung wie die Abfallmenge, die während des Referenzzeitraums erzeugt wurde. Für bestimmte Abfalltypen wurden dennoch bereits die im Zusammenhang mit den zehnjährlichen Sicherheitsüberprüfungen festgestellten Abweichungen erfasst. Hinsichtlich der Art der erzeugten Abfälle oder ihres Abfallmanagements sind keine maßgeblichen Änderungen geplant.

Radioaktive Abfälle	Durchschnittliches Jahresvolumen Packstücke (m ³) (Durchschnitt von 2012 bis 2021)	Voraussichtliches durchschnittliches Jahresvolumen Packstücke (m ³) (Durchschnitt von 2025 bis 2028)
Feste TFA-Abfälle zur Lagerung im CIRE [*]	65	71
Feste MA-VC-Abfälle zur Lagerung im CSA ^{**}	180	130
Feste FA-VC-Abfälle zur direkten Lagerung im CSA	63	30
Feste FA-VC-Abfälle zur Aufbereitung (Einschmelzen)	142 ¹⁶	63
Feste FA-VC-Abfälle zur Aufbereitung (Verbrennen)	165	180
Flüssige FA-VC-Abfälle zur Aufbereitung (Verbrennen)	130 ¹⁷	2

5.6.7. Lärm- und Vibrationsbelastung

Im Kraftwerk von Saint-Laurent finden alle zehn Jahre Messkampagnen zur Erfassung der Lärmbelastung statt. Die 2022 durchgeführte Messkampagne zur Erfassung der Lärmbelastungspegel zeigt, dass die Lärmpegel den in den Vorschriften festgelegten Zielen entsprechen.

Das Kraftwerk von Saint-Laurent kann aufgrund seiner Industrietätigkeiten (laufende Maschinen, Baumaschinen, Transporte...) Vibrationen verursachen. Die Vibrationen können innerhalb der Anlagen des Standorts wahrgenommen werden, jedoch aufgrund der Bauwerkskonzepte und Bodenbeschaffenheit nicht außerhalb der Anlagen.

Manche Rückbaumaßnahmen können zu zeitweiligen Vibrationen führen, die durch Baumaschinen verursacht werden, insbesondere während des Abrisses von Gebäuden. Diese Arbeiten finden nur tagsüber statt.

¹⁶ Der Unterschied zwischen den jährlichen Durchschnittsvolumen der durch Verbrennung aufzubereitenden Feststoffabfälle (2012 bis 2021) und den geplanten Mengen (2025 bis 2028) ergibt sich aus der Einbeziehung der Abfälle aus den Räumungen der Abfalllagerbereiche in die historischen Daten. Diese Maßnahme diente dazu, im Vorlauf des „Grand Carénage“ Lagerkapazitäten frei zu machen. Zu diesem Zweck wurden externe „Base chaude“- oder CENTRACO-Standorten mit dem Rückbau der Inhalte von Abfallcontainern beauftragt. Ohne diese speziellen Mengen beträgt das jährliche Durchschnittsvolumen dieser Abfälle etwa 55 m³ im Zeitraum 2012 bis 2021.

¹⁷ Der Unterschied zwischen den jährlichen Durchschnittsvolumen (2012 bis 2021) und den geplanten Mengen (2025 bis 2028) ergibt sich aus der Einbeziehung der Ausflüsse aus vorbeugenden Reinigungsmaßnahmen an den Dampferzeugern in die historischen Daten. Unter Ausschluss dieser zeitlich begrenzten Ausflüsse beträgt das jährliche Durchschnittsvolumen für den Zeitraum 2012 bis 2021 ca. 3,5 m³. Außerdem ist bis 2030 keine solche Maßnahme mehr geplant.

5.6.8. Flächennutzung

Das Kraftwerk von Saint-Laurent erstreckt sich über eine Fläche von 60 Hektar und umfasst verschiedene Industriebetriebe. Diese Fläche ist mehrheitlich bebaut (Gebäude, Fahrbahnen, gepflegte Grünanlagen). Für die kommenden zehn Jahre ist keine Änderung der für den Betrieb der 2 Reaktoren des Kraftwerks von Saint-Laurent erforderlichen Grundfläche geplant.

5.6.9. Sonstige Wechselbeziehungen

Sonstige untersuchte Wechselbeziehungen des Kraftwerks von Saint-Laurent mit seiner Umwelt: Geruchsbelästigung, Lichtemissionen, Straßen- und Schienenverkehr, Energieverbrauch, Wärme und Strahlung. Für die kommenden zehn Jahre sind keine Änderungen dieser Wechselbeziehungen geplant.

5.6.10. Prognose über 10 Jahre hinsichtlich der Wechselbeziehungen des Kraftwerks von Saint-Laurent mit der Umwelt

Die vergangenen und aktuellen Wechselbeziehungen des Betriebs des Kraftwerks von Saint-Laurent mit der Umwelt wurden in den vorstehenden Abschnitten 5.6.1 bis 5.6.9 beschrieben. Wie in der folgenden Tabelle angegeben bleiben die Wechselbeziehungen des Betriebs des Kraftwerks von Saint-Laurent mit der Umwelt in den kommenden zehn Jahren auf dem gleichen Niveau wie während des vorherigen Jahrzehnts.

Wechselbeziehungen mit der Umwelt	Vergangener Betrieb	Prognose für die kommenden 10 Jahre
Wasserentnahme und -verbrauch	Der jeweilige Wasserbedarf des Kraftwerks von Saint-Laurent wird von Entnahmen aus der Loire oder dem Grundwasser gedeckt. Die reglementierten Wasserentnahmen (Oberflächengewässer und Grundwasser) liegen immer schon unter den vorgeschriebenen Grenzwerten (Beschluss Nr. 2015-DC-0499).	Hinsichtlich der Wasserversorgungsmodalitäten sind keine Änderungen geplant. Die für den Betrieb des Kraftwerks von Saint-Laurent geplanten Entnahmenvolumen für die kommenden 10 Jahre bleiben in der gleichen Größenordnung wie die der vergangenen zehn Jahre und liegen auf jeden Fall unter den vorgeschriebenen Grenzwerten.
Freisetzung flüssiger radioaktiver Schadstoffe	Die Rückleitung der flüssigen radioaktiven Ausflüsse in die Loire erfolgt über die Hauptsammler. Die Freisetzungen unterliegen den Vorgaben des Beschlusses Nr. 2015-DC-0498.	Hinsichtlich der Anordnung der Rückleitungspunkte in die Loire sind keine Änderungen geplant. Die für den Betrieb des Kraftwerks von Saint-Laurent geplanten Freisetzungen für die kommenden 10 Jahre bleiben in der gleichen Größenordnung wie die der vergangenen zehn Jahre und liegen auf jeden Fall unter den vorgeschriebenen Grenzwerten.

Wechselbeziehungen mit der Umwelt	Vergangener Betrieb	Prognose für die kommenden 10 Jahre
Freisetzung radioaktiver Schadstoffe in die Atmosphäre	Die atmosphärischen radioaktiven Schadstoffe werden über den Schornstein des Hilfsnuklearanlagegebäudes freigesetzt. Die Freisetzen unterliegen den Vorgaben der Beschlüsse Nr. 2015-DC-0498 und Nr. 2015-DC-0499.	Hinsichtlich der Freisetzungspunkte in die Atmosphäre sind keine Änderungen geplant. Die für den Betrieb des Kraftwerks von Saint-Laurent geplanten Freisetzen für die kommenden 10 Jahre bleiben in der gleichen Größenordnung wie die der vergangenen zehn Jahre und liegen auf jeden Fall unter den vorgeschriebenen Grenzwerten.
Freisetzung chemischer Schadstoffe	Die Freisetzen flüssiger chemischer Schadstoffausflüsse unterliegen den Vorgaben der Beschlüsse Nr. 2015-DC-0498 und Nr. 2015-DC-0499.	Die für den Betrieb des Kraftwerks von Saint-Laurent geplanten Freisetzen flüssiger chemischer Schadstoffe für die kommenden 10 Jahre bleiben in der gleichen Größenordnung wie die der vergangenen zehn Jahre und liegen auf jeden Fall unter den vorgeschriebenen Grenzwerten.
Wärmeemissionen	Die Wärmeemissionen unterliegen den Vorschriften, die die Erwärmung des Wassers zwischen der Entnahme und der Rückleitung regeln.	Für die Wärmeemissionen sind keine Änderungen geplant, da sie die vorgeschriebenen Grenzwerte beachten werden.
Erzeugung radioaktiver Abfälle	Jahresabfallvolumen (m³) Sehr schwache Radioaktivität: 65 Schwache Radioaktivität: 500 Mittlere Radioaktivität: 180	Generell werden die in den folgenden zehn Jahren erzeugten radioaktiven Abfallvolumen vergleichbar mit denen des Referenzzeitraums sein. Die festgestellten Unterschiede ergeben sich hauptsächlich aus zeitlich begrenzten Maßnahmen wie der Räumung der Abfalllagerbereiche oder der vorbeugenden Reinigung der Dampferzeuger, die während dieses Zeitraums stattgefunden haben.
Lärmbelastung	Im Kraftwerk von Saint-Laurent finden alle zehn Jahre Messkampagnen zur Erfassung der Lärmbelastung statt. Die letzte Messkampagne zeigt, dass die Lärmpegel den in den Vorschriften festgelegten Zielen entsprechen.	Keine maßgeblichen Änderungen, jedoch können zeitweise Lärm und Vibrationen auftreten, die von eventuellen Änderungen und Bauarbeiten verursacht werden.
Flächennutzung	Das Kraftwerk von Saint-Laurent erstreckt sich über 60 Hektar	Für die kommenden zehn Jahre ist keine Änderung der für den Betrieb der 2 Reaktoren des Kraftwerks von Saint-Laurent erforderlichen Grundfläche geplant.
Sonstige Wechselbeziehungen	Sonstige Wechselbeziehungen mit der Umwelt: Geruchsbelästigung, Lichtemissionen, Straßen- und Schienenverkehr, Energieverbrauch, Wärme und Strahlung	Für die kommenden zehn Jahre sind keine Änderungen dieser Wechselbeziehungen geplant.

5.7. Prognose für die kommenden 10 Jahre hinsichtlich der Auswirkungen auf die Umwelt

Dieser Abschnitt behandelt die tatsächlichen und potentiellen Auswirkungen des Normalbetriebs des Kernkraftwerks von Saint-Laurent auf die Gesundheit und die Umwelt während der kommenden zehn Jahre aufgrund von Wasserentnahme, Freisetzungen und Abfällen, sowie der Belastungen, die dies verursachen kann (Freisetzung pathogener Mikroorganismen, Lärm, Lichtemissionen, Energieverbrauch, Wärme- und Strahlenemissionen, Straßen- und Schienenverkehr, Vibrationen, Gerüche oder Staubaufkommen). Die Analyse betrachtet auch die Maßnahmen, die für den besseren Schutz der Interessen im Rahmen der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung ergriffen wurden. Wie im Abschnitt 5.6 angegeben, bleiben die Wechselbeziehungen des Betriebs des Kraftwerks von Saint-Laurent mit der Umwelt in den kommenden zehn Jahren auf dem gleichen Niveau wie während des vorherigen Jahrzehnts.

Die Auswirkungen des Kraftwerkbetriebs von Saint-Laurent auf die Umwelt werden nach Bereich (Unterabschnitte 5.7.1 bis 5.7.8) dargestellt; es handelt sich um lokale Auswirkungen, die vor allem das jeweilige Umfeld des Kraftwerks entsprechend dem Studienumfang gemäß Abschnitt 5.5.5 betreffen. Der normale Betrieb des Kraftwerks verursacht keine grenzüberschreitenden Auswirkungen (siehe Abschnitt bezüglich der grenzüberschreitenden Auswirkungen von Unfällen). Die vergleichswisen Auswirkungen auf den Klimawandel durch die Fortsetzung des Betriebs oder die endgültige Stilllegung werden im Abschnitt 5.7.10 beschrieben.

5.7.1. Luft und Klimafaktoren

■ Auswirkungen auf das Klima

Die Stromerzeugung aus Kernenergie führt nur zu einer sehr geringen Kohlendioxidbildung (CO₂), dem wichtigsten **Treibhausgas**.

Gemäß der Studie der F&E von EDF setzt jedes kWh, das der Kernkraftpark von EDF in Frankreich erzeugt, das Äquivalent von **4 Gramm CO₂** frei. Dieser Wert bestätigt die sehr geringen Kohlenstofffreisetzungen dieser Energiequelle: [Analyse des Lebenszyklus \(ACV – Analyse du cycle de vie\) pro kWh aus Kernkraft](#).

Die freigesetzten Gase aus dem Betrieb des Kraftwerks von Saint-Laurent wirken sich also nicht auf die aktuelle Klimasituation aus.

Die Analyse der Empfindlichkeit gegenüber dem Klimawandel (siehe folgende Seite) bestätigt, dass die Klimaauswirkungen der freigesetzten Gase aus dem Kraftwerksbetrieb auch während der kommenden 10 Jahre als vernachlässigbar betrachtet werden können.

Die vom Menschen erzeugten **Treibhausgase** verursachen die Verstärkung des Treibhauseffekts.

Diese natürliche Entwicklung wird durch vorhandene Treibhausgase verstärkt, die einen Teil der von der Erde abgegebenen Wärme in der unteren Atmosphäre zurückhalten.

■ Auswirkungen auf die Luftqualität

Das französische Umweltgesetzbuch legt die Normen für die Luftqualität fest, die darauf abzielen, einen wirksamen Schutz für die menschliche Gesundheit und die gesamte Umwelt zu gewährleisten. Diese Normen betreffen in der Außenluft vorhandene atmosphärische Stoffe, die die Qualität der Luft beeinträchtigen können: Schwefel- und Stickoxide, Ozon, Kohlenstoffmonoxid, Rußpartikel, Blei, Phenylwasserstoff und Schwermetalle. Diese Stoffe treten aufgrund des Straßenverkehrs und sonstiger menschlicher Tätigkeiten (Heizung, Industrieschadstoffe) hauptsächlich in den Ballungsgebieten auf.

Unter den vom Kraftwerk von Saint-Laurent während des Normalbetriebs in die Atmosphäre freigesetzten Chemikalien unterliegen nur die freigesetzten Stick- und Schwefeloxide sowie die Kohlenstoffmonoxid-Gase einer Luftqualitätsnorm. Die Bewertung der Auswirkungen dieser Schadstoffe auf die Luftqualität zeigt keine Auswirkungen des Kraftwerks auf die Luftqualität auf.

Hinsichtlich der Stoffe, die keiner Luftqualitätsnorm unterliegen (z. B. Formol, Ammoniak, Ethanolamin, Kältemittel, SF₆, unterchlorige Säure und THM) gelten die Konzentrationen in der Umwelt, die dem Kraftwerk von Saint-Laurent zuzuschreiben sind, nicht als wahrscheinliche Ursache für eine mögliche Beeinträchtigung der Luftqualität.

Das Kraftwerk von Saint-Laurent ist nicht von einem Atmosphärensicherungsplan (PPA – Plan de protection de l'atmosphère) betroffen.

PLAN ZUM SCHUTZ DER ATMOSPHERE (PPA – PLAN DE PROTECTION DE L'ATMOSPHERE)

Die Pläne zum Schutz der Atmosphäre (PPA) wurden durch das Gesetz Nr. 96-1236 vom 30. Dezember 1996 in seiner am 14. Juni 2006 geänderten Version bezüglich der Luft und rationellen Nutzung der Energie (das sogenannte „LAURE“-Gesetz) eingeführt. Sie sind in den folgenden drei Fällen aufzustellen:

- Die Grenzwerte bzw. Zielwerte für die Luftqualität werden im betreffenden Gebiet überschritten;
- Überschreitungen sind in dem betreffenden Gebiet wahrscheinlich;
- Das Gebiet umfasst ein oder mehrere Ballungsgebiete mit über 250.000 Einwohnern.

Die PPA sollen Maßnahmen festlegen, die für die Beachtung der Grenzwerte zu ergreifen sind, sowie Notmaßnahmen, die im Falle einer möglichen Überschreitung der Warngrenzwerte umgesetzt werden müssen. Sie müssen mit den regionalen Zielen für die Luftqualität (SRADDET) vereinbar sein.

REGIONALER FLÄCHENNUTZUNGSPLAN ZUR NACHHALTIGEN ENTWICKLUNG UND GLEICHBERECHTIGUNG DER GEBIETE (SRADDET – SCHÉMA RÉGIONAL D'AMÉNAGEMENT, DE DÉVELOPPEMENT DURABLE ET D'ÉGALITÉ DES TERRITOIRES)

Das „NOTRE“-Gesetz vom 7. August 2015 über die Neuverteilung der Verwaltungsregionen der Französischen Republik begründet ein neues Planungsschema, dessen Erstellung den Regionen anvertraut wird: der regionale Flächennutzungsplan zur nachhaltigen Entwicklung und Gleichberechtigung der Gebiete (SRADDET – Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires).

Dieser Plan unterliegt den allgemeinen behördlichen Flächennutzungs- und Städteplanungsregeln sowie den gemeinnützigen Auflagen zur Nutzung der Flächen. Er muss mit den Leitkonzepten für die Wassernutzung und -verwaltung (SDAGE – Schémas directeurs d'aménagement et de gestion de l'eau) sowie mit den Managementplänen für Überschwemmungsrisiken (PGRI – Plans de gestion des risques d'inondation) vereinbar sein. Er muss gemeinnützige Projekte, eine ausgewogene Nutzung der Wasserressourcen, projektierte Infrastrukturen und Anlagen sowie wirtschaftliche Tätigkeiten, die Satzungen der Nationalparks und die Waldentwicklungspläne berücksichtigen. Er ersetzt die bestehenden Pläne wie z. B. den Regionalplan für Klima, Luft und Energie (SRCAE – Schéma régional climat air énergie), den Regionalplan für intermodalen Verkehr (Schéma régional de l'intermodalité), den Regionalplan zur Vorbeugung und Verwaltung von Abfällen (PRPGD – Plan régional de prévention et de gestion des déchets) und den Regionalplan für ökologische Zusammenhänge (SRCE – Schéma régional de cohérence écologique).

Der SRADDET der Region Centre-Val-de-Loire wurde am 19. Dezember 2019 vom Conseil régional verabschiedet und am 4. Februar 2020 vom Préfekten der Region bestätigt. Der SRADDET der Region Centre-Val-de-Loire umfasst 4 strategische Ausrichtungen, die sich in 20 strukturierte Ziele gliedern, auf denen die Zielsetzungen und Regeln des SRADDET beruhen.

Empfindlichkeit gegenüber dem Klimawandel

Die von Météo-France erstellten lokalen Prognosen der wichtigsten Klimafaktoren bestätigen eine Tendenz zu höheren Jahresmittelwerten der Lufttemperaturen, die je nach Klimaszenario bis 2035 in der Größenordnung von +0,9 °C bis +1,2 °C (Zeitraum 2020 – 2025) im Verhältnis zum betrachteten historischen Zeitraum (1986 – 2016) liegen. Mit Ausnahme eines leichten Anstiegs des Kühlbedarfs der Tertiär- und Industriegebäude, haben die obigen Klimaentwicklungen wahrscheinlich keine Auswirkungen auf die Analyse bezüglich der Folgen der vom Kraftwerk von Saint-Laurent in die Atmosphäre freigesetzten Schadstoffe auf die Luftqualität und das Klima.

5.7.2. Oberflächengewässer

Auswirkungen auf den Wasserhaushalt

Das in der Loire entnommene Wasser wird fast zur Gänze wieder in den Fluss zurückgeführt, da das Kraftwerk mit einem geschlossenen Kühlsystem ausgestattet ist. Ein Teil des entnommenen Wassers verdunstet jedoch in den Kühltürmen. Im Normalbetrieb beträgt die im Durchschnitt vom Kraftwerk von Saint-Laurent verdunsteten Durchflussmenge 1,6 m³/s für beide Reaktoren. Dies entspricht etwa 0,4 % der durchschnittlichen Durchflussmenge

der Loire und ca. 2,2 % der durchschnittlichen Mindestdurchflussmenge der Loire an drei aufeinander folgenden Tagen. Im Vergleich zur durchschnittlichen Durchflussmenge der Loire sind die verdunsteten Mengen gering und beeinträchtigen nicht die Aufrechterhaltung der Wassernutzung am Fluss.

Für das Kraftwerk wurden in der Loire zwei Bauwerke errichtet, die den Abfluss direkt beeinflussen können (das Wehr in der Loire und das Wehr im Wasserentnahmebecken). Nur das Wehr in der Loire kann deren Abfluss beeinflussen. Das Bauwerk ist jedoch am linken Ende des Wehrs mit einer seitlichen Fischtreppe versehen, die den Fortbestand der Fischbestände gewährleistet.

Zur Sicherstellung der Rohwasserversorgung der Anlagen werden im Wasserentnahmebecken direkt oberhalb und Loire-seitig des schwimmenden Schmutzfängers sowie im nördlichen Teil der oberen Wasserhaltung Ausbaggermaßnahmen durchgeführt.

Die Bauwerke, die Ausbaggerarbeiten und die mit dem Betrieb des Standorts von Saint-Laurent verbundenen Wasserentnahmen haben keinen Einfluss auf den Wasserhaushalt der Loire.

■ **Auswirkungen auf die Temperatur der Oberflächengewässer**

Die durch die Freisetzungen des Kraftwerks von Saint-Laurent verursachten Schwankungen der Oberflächentemperatur wurden anhand von Infrarot-Thermographiemessungen und eines digitalen Modells untersucht.

Auf lokaler Ebene zeigen die durchgeführten Wassertemperaturmessungen, dass das erwärmte Wasser 5 km flussabwärts der Freisetzungen bereits vollkommen mit dem Loire-Wasser vermischt ist, und zwar unabhängig von der Durchflussmenge. Auf regionaler Ebene ist die Resterwärmung durch den Betrieb des Kraftwerks von Saint-Laurent aufgrund der Genauigkeit der Temperaturmessungen und der natürlichen Temperaturschwankungen der Loire nach kurzer Zeit nicht mehr wahrnehmbar.

■ **Auswirkungen auf die Qualität der Oberflächengewässer**

Die Analyse der Ergebnisse der Überwachung der Chemikalienbelastung und des Wasserhaushalts der Umwelt konnte belegen, dass die physikalisch-chemischen, chemischen und biologischen Entwicklungen des oberhalb und unterhalb des Kraftwerks von Saint-Laurent beobachteten Umfelds nicht durch die vergangenen und aktuellen Schadstofffreisetzungen des Kraftwerks verursacht wurden.

Die stoffspezifische Bewertung dieser Auswirkungen der flüssigen chemischen Schadstofffreisetzungen auf die Durchschnitts- und Höchstwerte zeigt für Aluminium, Chrom, Mangan, Nickel, Titan, Zink, Chloride, den biochemischen (DBO₅) und chemischen Sauerstoffbedarf (DCO), Lithin, MES, Natrium, Ammonium, Nitrite, Nitrate, Phosphate, Sulfate, Kupfer, Eisen, Borsäure, Ethanolamin, Methylamin, Ethylamin, Azetate, Formiate, Glykolate, Oxalate, Chlorate und Chloroform keine Auswirkungen auf das Ökosystem der Loire unterhalb des Standorts von Saint-Laurent.

Außerdem zeigen die Erfahrungswerte aus den in den letzten Jahren durchgeführten Ausbaggerarbeiten, dass die Zurückleitung der im Zuleitungskanal ausgebagerten Sedimente in die Loire keine maßgeblichen Auswirkungen auf die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Loire-Wassers aufweist.

Anmerkung: Die Bewertung der Auswirkungen radioaktiver Schadstofffreisetzungen wird im Abschnitt 5.7.4 behandelt.

■ **Auswirkungen auf die Morphologie der Sedimente**

Während der Ausbaggerarbeiten verursacht die Zurückleitung der Sedimente in die Loire – am linken Ufer unterhalb des Standort-Wehrs – die potentiell größten Auswirkungen.

Die jährliche Höchstmenge der während der Baggerarbeiten zurückgeleiteten Sedimente (6.000 m³) würde in etwa 1 % der natürlichen Feststoffverlagerung im Jahr entsprechen.

Außerdem finden die Baggerarbeiten von November bis März statt, in einem Zeitraum, in dem die durchschnittliche Durchflussmenge über dem Loire-Modul liegt. So wird sichergestellt, dass die zurückgeleiteten Sedimente vom Wasser mitgerissen werden. Falls der Zustand des Wasserhaushalts der Loire die direkte Zurückleitung der Sedimente in die Umwelt nicht zulässt, werden sie in den zwei Schwämmbecken zwischengelagert. Der Einfluss der Zurückleitung der ausgehobenen Sedimente auf den Wasserhaushalt und die Morphologie der Loire gilt daher als gering und zeitlich begrenzt.

■ **Empfindlichkeit gegenüber dem Klimawandel**

Die durch den Klimawandel verursachten Veränderungen, die die Ergebnisse der vorliegenden Studie beeinflussen könnten, betreffen den Anstieg der Wassertemperatur und die Entwicklung der Durchflussmengen der Loire. Die Untersuchung der lokalen Auswirkungen des Klimawandels ist Gegenstand zahlreicher laufender Forschungsprojekte bezüglich der Entwicklung von Methoden zur Erstellung von Klimaprognosen auf lokaler Ebene, in denen insbesondere die Wassertemperatur und die Durchflussmengen der Wasserläufe berücksichtigt werden.

Unter den verschiedenen Klimavariablen, die die Entwicklung der Gewässer beeinflussen können, sind die Wassertemperaturen eine der Variablen für die Tendenzen belegt sind, die, insbesondere im Sommer, an die Schwankungen der Lufttemperaturen gebunden sind.

Die seit dem Ende der 1970er Jahre durchgeführten Messungen zeigen, dass die allgemeine Erwärmung der Loire von verschiedenen Statistikparametern bestätigt wird.

Außerdem belegen die von EDF erstellten Prognosen bezüglich des zukünftigen Klimas die Tendenz zu höheren Jahresmittelwerten der Loire-Temperaturen, wobei die Entwicklungen im Zeitraum von 2020 bis 2050 durchschnittlich in der Größenordnung von +0,8 °C bis +0,9 °C im Verhältnis zum betrachteten historischen Zeitraum (1986 – 2016) liegen.

Aufgrund vergangener Beobachtungen und der Prognosen über einen Zeitraum von 30 Jahren wird der von der Klimaentwicklung verursachten Anstieg der jährlichen Durchschnittstemperatur des Loire-Wassers auf +0,3 °C pro Jahrzehnt geschätzt.

Unter Berücksichtigung der in der vorliegenden Studie verwendeten Szenarien (die Wassertemperatur wird nicht direkt in die Berechnungen der Auswirkungen auf den Gewässerlebensraum einbezogen) und der geringfügigen Zunahme im Laufe eines Jahrzehnts (im Verhältnis zu den jahresübergreifenden Schwankungen), wird jedoch davon ausgegangen, dass diese Entwicklung die Schlussfolgerungen der vorliegenden Studie nicht beeinflusst.

Hinsichtlich der Durchflussmenge der Loire sind auch die längerfristigen Tendenzen weniger markant als die der Temperaturen, da die Modellierung des Wasserhaushaltszyklus in einem Einzugsgebiet zu stärkeren Unsicherheiten führt.

Die von EDF erstellten Prognosen für das Klima der Zukunft zeigen, dass die durchschnittlichen Jahresdurchflussmengen der Loire sich im Verhältnis zum betrachteten Referenzzeitraum 1986 – 2016 im Zeitraum 2020 – 2050 um ca. 8 bis 10 % verringern würden. Die jahreszeitlichen Schwankungen der Durchflussmengen würden sich voraussichtlich verstärken (etwas höher im Winter und etwas geringer im Sommer).

Diese Ergebnisse weisen hohe, modellierungskettenbezogene Unsicherheiten auf, insbesondere aufgrund der Streuung der Ergebnisse der weltweiten Klimamodelle, aber auch der Komplexität der Durchflussmengenmodellierung des Einzugsgebiets der Loire. Diese Ergebnisse sind daher lediglich als Tendenzen zu betrachten, auch wenn sie auf dem aktuellen Stand der Technik beruhen. Es wird davon ausgegangen, dass die potentielle Verringerung der Durchflussmengen während des Studienzeitraums (10 Jahre) im Verhältnis zu den bereits beobachteten jahreszeitlichen und jahresübergreifenden Schwankungen der Loire recht gering ist.

➤ **STUDIE ÜBER DIE KUMULIERTEN AUSWIRKUNGEN DER KRAFTWERKE AN DER LOIRE**

2023 hat EDF eine Studie über die kumulierten Auswirkungen der Kernkraftwerke an der Loire durchgeführt. Für die Studie wurden zwei sich ergänzende Ansätze verwendet:

- Ein qualitativer Ansatz, der sich auf die Daten der Überwachung der Umwelt flussaufwärts und flussabwärts der Standorte stützt, um eventuelle Entwicklungen am Fluss zu ermitteln;
- Ein quantitativer Ansatz der Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit, der auf der Modellberechnung einer Kumulierung der tatsächlichen Schadstofffreisetzung der Anlagen und der tatsächlichen Durchflussmenge in den Jahren 2016 und 2018 beruht, die jeweils einem durchschnittlichen Jahr und einem Jahr mit einem deutlichen Niedrigwasser entsprechen.

Der qualitative Ansatz zeigt, dass die flüssigen Chemikalienfreisetzungen keinen wesentlichen Einfluss auf die Chemie, physikalische Chemie und Biologie haben. Der quantitative Ansatz zeigt keine wesentlichen Auswirkungen auf das Ökosystem der Loire bezüglich der vier untersuchten Bewertungspunkte. Diese vier Punkte wurden über die Länge des Flusslaufs verteilt, um die bis zur Loire-Mündung erhobenen Werte zu kumulieren.

5.7.3. Böden und Grundwasser

■ **Auswirkungen auf die Böden**

Die Entwicklung des Kraftwerks hat die Topografie und Geologie des Standorts verändert und seine gesamte Fläche an die Betriebsbedürfnisse angepasst.

Die Analyse der historischen und umwelttechnischen Daten des CNPE von Saint-Laurent B sowie der Standorte von Saint-Laurent A und der Silos bildet die Grundlage für eine Auflistung der historischen und aktuellen Tätigkeiten, die Lokalisierung dieser Tätigkeiten und die Bewertung der daraus entstehenden Risiken für die Boden- und Grundwasser-Ökosysteme.

In Bezug auf das Kraftwerk Saint-Laurent B hat nur die TEL-Anlage eine bestätigte Schadstoffbelastung des Bodens verursacht. Sie geht auf historische Undichtigkeiten an den Behältern zur Lagerung flüssiger radioaktiver Ausflüsse aus den Anlagen von Saint-Laurent A sowie auf Zwischenfälle bei Zapfvorgängen zurück. Im Anschluss an Arbeiten, die im Jahr 2000 durchgeführt wurden, ist der gesamte belastete Bereich dennoch saniert worden (Rest-Gamma-Aktivität unter 10 Bq/kg und keine Alphateilchen emittierende Radionuklide künstlichen Ursprungs über den Erfassungsgrenzwerten des Labors).

Außerdem wurden 2019 bei den Bohrarbeiten eines Bohrlochs der letzten Wasserversorgung auf einem Parkplatz am Nordwestrand des nuklearen Teils ab 5 m Tiefe Baumaterialien (Beton, Stahlseile, Bleche, Holz, Kunststoffreste usw.) im Boden gefunden.

Um den Befund über den Zustand der Böden in den zwei oben genannten Bereichen sowie unter bestimmten Bereichen – bzw. bei Betriebsgebäuden unmittelbar daneben – bei denen laut der Untersuchung der historischen und umweltrelevanten Daten Gefahr besteht, dass die Böden belastet sind, zu vervollständigen, wurden zwischen November 2019 und Januar 2020 diverse Bodenuntersuchungen vorgenommen. Die Ergebnisse von vier weiteren Bodenuntersuchungskampagnen, die zwischen 2017 und 2022 im Rahmen von Bauvorhaben im CNPE durchgeführt wurden, sowie die 2022 im Bereich der Bohrung der letzten Wasserversorgung vorgenommenen zusätzlichen Untersuchungen konnten ebenfalls betrachtet werden.

Außer im Bereich der Bohrung der letzten Wasserversorgung haben die Analysen sämtlicher Untersuchungskampagnen keine chemischen und radiologischen Belastungen im Zusammenhang mit dem Betrieb des Standorts ergeben, mit Ausnahme von gelegentlichen anormalen Ionenwerten und Metallspurenelementen aus dem Rauschen der Aufschüttungen und vorhandenen Schwemmböden, die keine Begrenzungsmaßnahmen erfordern. Im Bereich der Bohrung der letzten Wasserversorgung wurden bis zu einer Tiefe von maximal 8 m unter dem Plattformniveau Baumaterialien erfasst, wobei deren horizontale Ausbreitung aufgrund der vorhandenen Betriebsanlagen nicht feststellbar ist. In den Böden dieses Bereichs wurden außerdem Kohlenwasserstoffe, PCB¹⁸ und Metallspurenelemente erfasst, deren Gehalt die betrachteten Vergleichswerte übersteigt. Für diesen Bereich wird ein Maßnahmenplan erstellt, der der ASNR zur Prüfung vorgelegt wird.

■ **Auswirkungen auf das Grundwasser**

Der Bau von Anlagen und Bauwerken hat den Verlauf des Grundwassers vor Ort geändert (tiefe Fundamente, geotechnische Einfriedungen, Wasserbauwerke usw.).

Zusätzlich führen die Nutzung des Grundwassers für die Trinkwasserversorgung des Standorts sowie die Probeläufe und die Wartung der letzten Wasserversorgung zur Wasserentnahme aus dem Tiefengrundwasser in der Kreideschicht, die in Anbetracht der vorhandenen Wassermenge als gering zu bewerten ist.

Außerdem erfolgt im Kraftwerk von Saint-Laurent eine qualitative Überwachung der Grundwasserschicht im Bereich des Kraftwerks. Die von Juni 2015 bis Dezember 2021 erhobenen Daten dieser Überwachung wurden geprüft. Mit Ausnahme von zeitlich begrenzten Überschreitungen der für die Überwachung des Grundwassers unterhalb der Kernkraftstandorte geltenden Referenzgrenzwerte, für die die – zur Begrenzung oder Beseitigung der aus diesen Überschreitungen hervorgehenden Umweltfolgen – erforderlichen Maßnahmen implementiert wurden, bestätigen

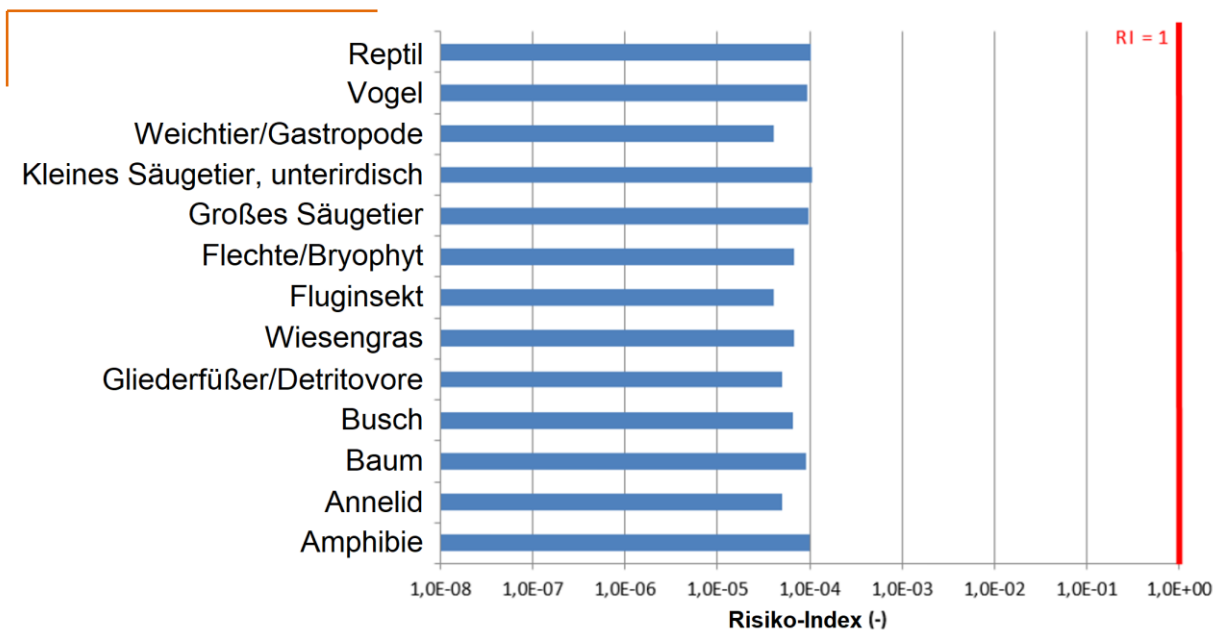
¹⁸ PCB: Polychlorobiphenyl

die Ergebnisse dieser Überprüfung, dass die Qualität des Grundwassers am Standort von Saint-Laurent und in seinem Abstrom keine gesundheits- und umweltrelevanten Problematiken aufwirft.

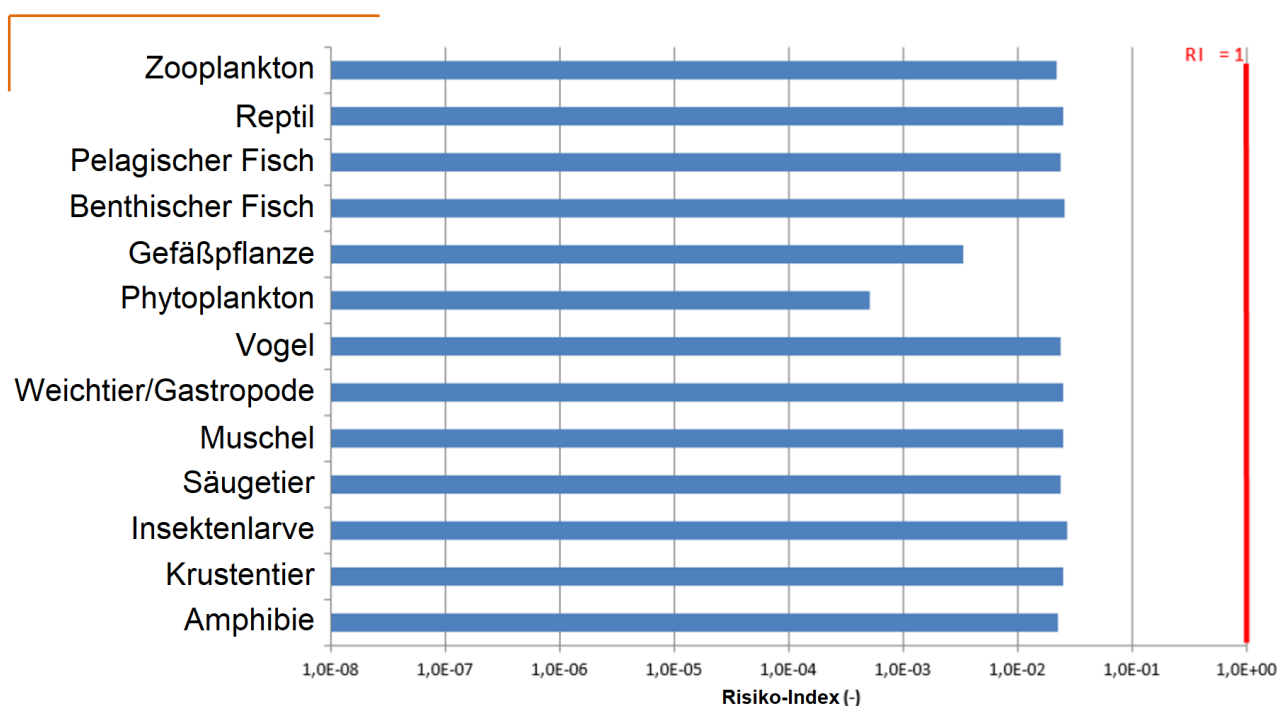
5.7.4. Radioökologie

Wie bereits im Abschnitt 5.2 dargelegt, beruht die Bewertung der Auswirkungen der radioaktiven Schadstoffe auf die Umwelt auf einem Vergleich der durch radioaktive Schadstoffe verursachten Dosisrate mit einem auswirkungsfreien Dosisratenwert für jeden einzelnen Referenzorganismus. Dieser Vergleich führt zur Berechnung eines Risiko-Index. Liegt der Risiko-Index unter 1 kann daraus geschlossen werden, dass das Risiko vernachlässigbar ist.

Die nachfolgenden Grafiken zeigen den für die Referenzorganismen festgelegten Risiko-Index in den Land- und Wassersegmenten.



Für die Referenzorganismen der Ökosysteme an Land berechneter Risiko-Index



Für die Referenzorganismen der Ökosysteme im Wasser berechneter Risiko-Index

Bei einem Index, der grundsätzlich unter einer Einheit liegt, ist das mit den flüssigen und atmosphärischen Freisetzungen radioaktiver Stoffe aus dem Standort von Saint-Laurent verknüpfte Umweltrisiko aktuell und für die kommenden 10 Jahre vernachlässigbar.

STUDIE ÜBER DIE KUMULIERTEN AUSWIRKUNGEN DER KRAFTWERKE AN DER LOIRE

2023 hat EDF eine Studie über die kumulierten Auswirkungen der Kernkraftwerke an der Loire durchgeführt. Für die Studie wurden zwei sich ergänzende Ansätze verwendet:

- Ein qualitativer Ansatz, der sich auf die Daten der Überwachung der Umwelt flussaufwärts und flussabwärts der Standorte stützt, um eventuelle Entwicklungen am Fluss zu ermitteln;
- Ein quantitativer Ansatz der Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit, der auf der Modellberechnung einer Kumulierung der tatsächlichen Schadstofffreisetzungen der Anlagen und der tatsächlichen Durchflussmenge in den Jahren 2016 und 2018 beruht, die jeweils einem durchschnittlichen Jahr und einem Jahr mit einem deutlichen Niedrigwasser entsprechen.

Der qualitative Ansatz belegt, dass die in der Loire vorhandene Radioaktivität hauptsächlich natürlichen Ursprungs ist. In einigen Gewässermatrizen ist ein gewisser Einfluss durch flüssige radioaktive Schadstoffe festzustellen, hauptsächlich unmittelbar nach den Einleitungspunkten. Für Tritium und Radiokohlenstoff C^{14} zeigt sich eine schrittweise Zunahme der Radioaktivitätslevel in bestimmten Matrizen von Belleville-sur-Loire bis unterhalb von Dampierre-en-Burly, die sich dann aber stabilisiert. Ursache dieser Feststellung sind kumulierte Freisetzungen flüssiger radioaktiver Schadstoffe in den verschiedenen Standorten an der Loire, die nicht vollständig durch die Verwässerung durch die Nebenflüsse der Loire kompensiert werden. Der quantitative Ansatz zeigt, dass der Risiko-Index für die Referenzorganismen weit unter dem Referenzwert liegen und dass das Umweltrisiko durch die Freisetzung flüssiger radioaktiver Schadstoffe somit vernachlässigbar ist.

5.7.5. Artenvielfalt

Die bereits vorgestellte Analyse der Auswirkungen des Betriebs des Standorts von Saint-Laurent auf die Luft und die Klimafaktoren, die Oberflächengewässer und den strahlentechnischen Zustand der Umwelt zeigt keine maßgeblichen Auswirkungen des Standorts von Saint-Laurent auf die ökologischen Eigenschaften der Umwelt auf, die für die Entfaltung der biologischen Vielfalt im Studienbereich relevant sind.

Daher hat der Betrieb des Kraftwerks von Saint-Laurent keine maßgeblichen Auswirkungen auf die schützenswerten Naturgebiete und beeinträchtigt weder die volle Entfaltung der biologischen Zyklen der Pflanzen- (Wasser-, Sumpf- und Landpflanzen) und Tierarten (Wirbellose, Fische, Amphibien, Reptilien, Vögel, Säugetiere), noch die ökologischen Funktionen der Lebensräume im Studiengebiet.

Außerdem hat der Kraftwerksbetrieb keine Auswirkungen auf die Arten, die in der Lage sind, innerhalb des Studienbereichs den Standort zu wechseln (Zug- oder Brutvögel, Fledermäuse usw.).

Unter den Lebensräumen und Arten, die zur Einrichtung der sechs „Natura 2000“-Gebiete im Studiengebiet geführt haben, sind folgende Lebensräume und Arten potentiell auf direkte oder indirekte Weise, vorübergehend oder dauerhaft vom Kraftwerk von Saint-Laurent betroffen: vierzehn Lebensräume, sieben Insektenarten, sechs Säugetierarten, fünf Fischarten und siebenunddreißig Vogelarten.

Die Analyse der Auswirkungen der Entnahmen, Ausflüsse und Belastungen, die in den vorstehenden Abschnitten beschrieben wurden, zeigt keine maßgeblichen Auswirkungen des Kraftwerksbetriebs und der Wartungsarbeiten an den Wasserentnahmeanlagen auf die Umwelt auf. Die ökologischen Eigenschaften der Umwelt, die den ökologischen Reichtum der untersuchten Lebensräume bestimmen, werden nicht beeinträchtigt.

Auch die Umweltparameter der Luft und der Gewässer, die die ökologischen Eigenschaften der Lebensräume der untersuchten Arten bestimmen, werden vom Kraftwerksbetrieb nicht beeinträchtigt.

Somit ergeben sich für die Analyse der direkten und indirekten, vorübergehenden oder dauerhaften Auswirkungen des Betriebs im Kraftwerk von Saint-Laurent und der Ausbaggerarbeiten keine Beeinträchtigungen des Erhaltungszustands der vorrangigen oder schützenswerten Lebensräume und Arten, die zur Einrichtung der „Natura 2000“-Gebiete im Studiengebiet geführt haben.

Außerdem beeinträchtigt der Betrieb des Standorts von Saint-Laurent weder die in den DOCOB festgelegten Überwachungsziele der „Natura 2000“-Standorte, noch hat er Auswirkungen auf die Gesamtheit der „Natura 2000“-Gebiete.

5.7.6. Bevölkerung und deren Gesundheit

■ **Bewertung der dosisbedingten Auswirkungen auf den Menschen**

Die Gesamtauswirkungen der Freisetzung radioaktiver Schadstoffe durch das Kraftwerk von Saint-Laurent berücksichtigen die interne und externe Exposition durch Freisetzung flüssiger Schadstoffe und durch die Atmosphäre. Sie werden für die Referenzpersonen bestimmt, d. h. die Personen in einem Umkreis von 5 km um das Kraftwerk, bei denen die Exposition potentiell am wahrscheinlichsten ist.

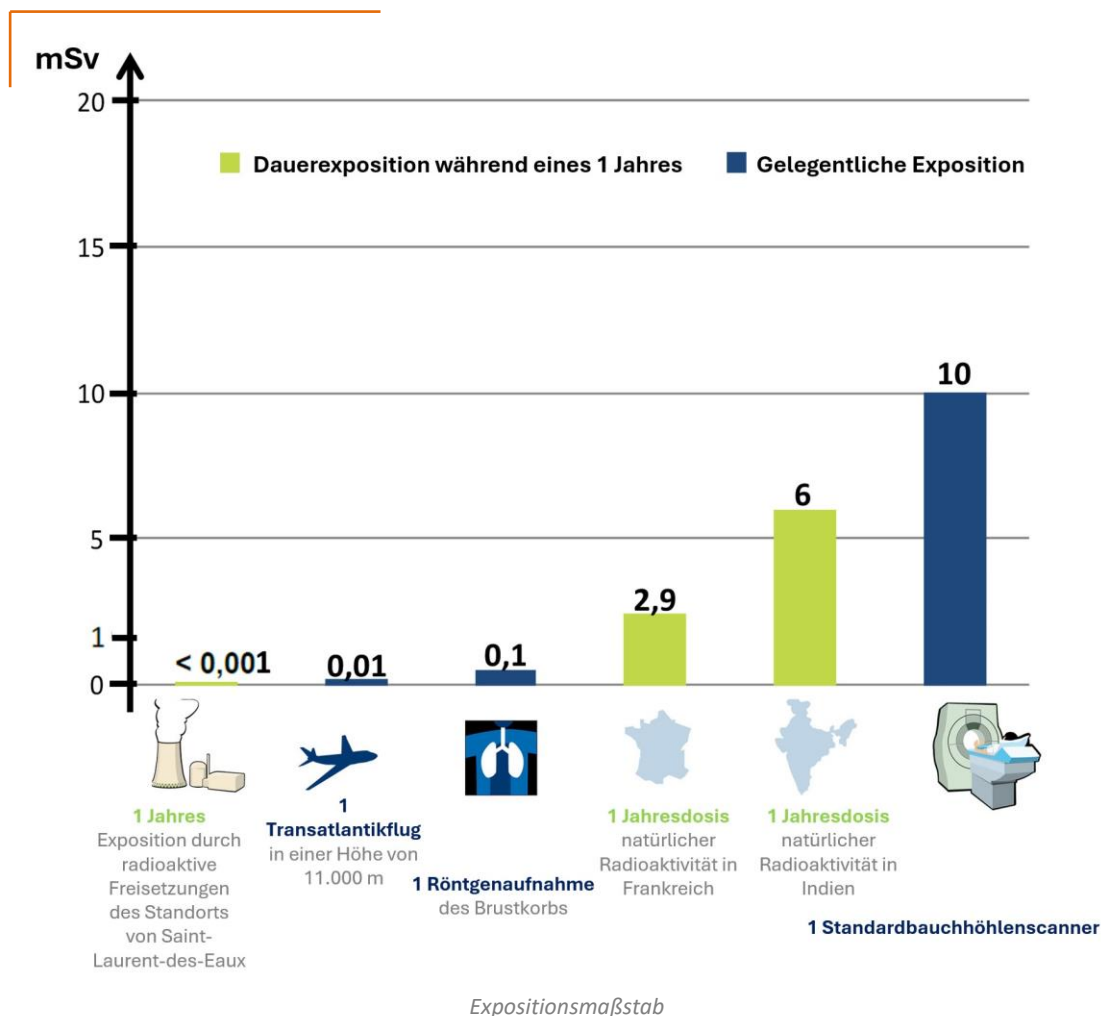
Die jährliche **Gesamtwirkdosis** durch die interne und externe Exposition durch die freigesetzten flüssigen radioaktiven Schadstoffe des Standorts wird geschätzt:

- für Erwachsene auf $9,7 \cdot 10^{-7}$ Sv/Jahr, d. h. weniger als 1 μ Sv/Jahr;
- für zehnjährige Kinder auf $6,4 \cdot 10^{-7}$ Sv/Jahr, d. h. weniger als 1 μ Sv/Jahr;
- für einjährige Kinder auf $7,0 \cdot 10^{-7}$ Sv/Jahr, d. h. weniger als 1 μ Sv/Jahr.

Die **Wirkdosis** misst die biologischen Auswirkungen der Radioaktivität. Sie wird in Sievert (Sv) bzw. meistens in Millisievert (mSv) oder Mikrosievert (μ Sv) angegeben.

Diese Dosen betragen weniger als 1/1.000 des jährlichen Expositionsgrenzwerts eines Einwohners, der vom Art. R. 1333-11 des französischen Sozialgesetzbuchs auf 1 mSv festgelegt wird.

Um diese Dosen mit anderen Expositionsarten zu vergleichen, zeigt die folgende Abbildung die Größenordnungen der in normalen Situationen empfangenen Dosen.



■ **Bewertung der Gesundheitsrisiken durch Chemikalienfreisetzungen**

Es wurde nachgewiesen, dass die aktuellen Freisetzungen des Kraftwerks von Saint-Laurent keinen Einfluss auf den chemischen Zustand der Loire haben.

Die prospektive Bewertung der Gesundheitsrisiken (ERPS – Évaluation prospective des risques sanitaires, siehe Abschnitt 5.2) ergab keine Gesundheitsrisiken, weder aufgrund flüssiger Chemikalienfreisetzungen, die dem Kraftwerk von Saint-Laurent zuzuschreiben wären, auf die benachbarten Bevölkerungsgruppen, die potentiell durch den Verbrauch des Loire-Wassers, durch an Land erzeugte Lebensmittel (Pflanzen, Fleisch und Milch) und in der Loire unterhalb des Kraftwerks gefischter Fische exponiert wären.

Desgleichen weist die Studie auch keine Gesundheitsrisiken durch atmosphärische Freisetzungen von Chemikalienausflüssen im Rahmen des Betriebs des Kraftwerks von Saint-Laurent für die benachbarten Bevölkerungsgruppen auf, die potentiell die Substanzen einatmen könnten.

▮ **STUDIE ÜBER DIE KUMULIERTEN AUSWIRKUNGEN DER KRAFTWERKE AN DER LOIRE**

2023 hat EDF eine Studie über die kumulierten Auswirkungen der Kernkraftwerke an der Loire durchgeführt. Für die Studie wurden zwei sich ergänzende Ansätze verwendet:

- Ein qualitativer Ansatz, der sich auf die Daten der Überwachung der Umwelt flussaufwärts und flussabwärts der Standorte stützt, um eventuelle Entwicklungen am Fluss zu ermitteln;
- Ein quantitativer Ansatz der Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit, der auf der Modellberechnung einer Kumulierung der tatsächlichen Schadstofffreisetzungen der Anlagen und der tatsächlichen Durchflussmenge in den Jahren 2016 und 2018 beruht, die jeweils einem durchschnittlichen Jahr und einem Jahr mit einem deutlichen Niedrigwasser entsprechen.

Radiologische Auswirkungen auf die Bevölkerung: die Gesamtwirkdosen aufgrund der Kumulierung flüssiger radioaktiver Schadstofffreisetzungen betragen weniger als 0,1 % des für die Bevölkerung vorgeschriebenen Dosisgrenzwerts von 1 mSv/Jahr.

Gesundheitliche Auswirkungen auf die Bevölkerung: der Auslegungsansatz für den Zustand der Umwelt schließt, dass die kumulierten Ausflüsse in die Loire keinen Einfluss auf die chemische Zusammensetzung des Flusses hat und somit die Kompatibilität des Wassers mit den ermittelten Nutzungsarten nicht beeinträchtigt ist. Die quantitative Bewertung der Gesundheitsrisiken ergibt keine Gesundheitsrisiken durch die flüssigen Chemikalienfreisetzungen, die den Kernkraftwerken entlang der Loire und der Vienne zuzuschreiben sind, für die benachbarten Bevölkerungsgruppen, die potentiell durch die Stoffe exponiert sind.

■ **Nachweis der Begrenzung der mikrobiologischen Risiken**

Die Maßnahmen zur Vorbeugung, Überwachung und Einschränkung der Vermehrung und Verbreitung von Amöben und Legionellen, die vom Kraftwerk von Saint-Laurent implementiert wurden, erfüllen die Anforderungen der Vorschriften.

Die Überwachung der Amöben- und Legionellenkonzentration zeigt, dass das Kraftwerk von Saint-Laurent durch seine vorbeugende Strategie zur Aufbereitung des Wassers in der Lage ist, die mikrobiologischen Gesundheitsrisiken zu begrenzen.

■ **Bewertung der Auswirkungen der Lärm- und Vibrationsbelastung**

2022 wurde am Kraftwerk von Saint-Laurent eine Messkampagne zur Ermittlung der Lärmbelastung durchgeführt. Die Ergebnisse der Analysen zeigen, dass die Lärmpegel des Standorts den in den Vorschriften festgelegten Zielen entsprechen.

Außerdem sind die von dem Betrieb der Anlagen (hauptsächlich von laufenden Maschinen) erzeugten Vibrationen aufgrund der Gebäudekonzepte und der Bodenbeschaffenheit nur im Innern der Anlagen zu spüren. Die eventuellen Bau-, Straßen- und Leitungsnetzarbeiten (VRD – Straßen- und Leitungsnetze), die Vibrationen verursachen, befinden sich innerhalb der Grundstücksgrenzen des Standorts, sind zeitlich begrenzt und beschränken sich auf die normalen Arbeitszeiten an Werktagen. Dadurch ist die mögliche Vibrationsbelastung begrenzt.

Für die benachbarten Bevölkerungsgruppen besteht somit keinerlei Risiko von Emissionen durch die bestehenden Anlagen.

■ **Bewertung der Auswirkungen der Lichtemissionen**

Die derzeitigen Lichtemissionen am Standort entstehen hauptsächlich durch die Sicherheitsbeleuchtung des Standorts (Schutz gegen unerlaubtes Eindringen, Warnung für Flugzeuge...). Die Auswirkungen der Lichtemissionen sind vernachlässigbar.

5.7.7. Menschliche Aktivitäten

■ **Analyse der Auswirkungen auf die Flächennutzung**

Die Bewertung der gesundheitlichen Auswirkungen der radioaktiven und chemischen Ausflüsse des Kraftwerks von Saint-Laurent zeigt keine dem Standort zuzuschreibende Gesundheitsrisiken für die potentiell exponierten benachbarten Bevölkerungsgruppen auf.

Die Bewertung der umweltseitigen Exposition der Menschen durch radioaktive und chemische Schadstofffreisetzungen des Kraftwerks von Saint-Laurent führt zu dem Schluss, dass keine maßgeblichen Auswirkungen auf die Bodennutzung und insbesondere die Nutzung der landwirtschaftlichen Flächen und Sachwerte (Wohnhäuser, Industriegebiete usw.) vorhanden sind.

■ **Analyse der Auswirkungen auf die Landschaft und das Kulturerbe**

Das Kraftwerk von Saint-Laurent wurde zwischen 1963 und 1980 errichtet und besteht aus drei Basisnuklearanlagen (INB – Installations nucléaires de base). Die Anlagen des Standorts bestehen seit etwa vierzig Jahren und sind nun Teil der Landschaft. Ihr Betrieb hat keine Auswirkungen auf die Landschaft und das Kulturerbe.

Wie bereits im Abschnitt 5.6 angegeben, sind keine Weiterentwicklungen des Kraftwerks geplant, die diese Schlussfolgerungen für die kommenden 10 Jahre in Frage stellen könnten.

■ **Analyse der Auswirkungen auf die Wassernutzung**

Der Betrieb des Standorts von Saint-Laurent verursacht diverse Wasserversorgungsbedürfnisse, wobei der Hauptwasserverbrauch der Kühlung der Verflüssiger dient. Die beiden Reaktoren sind mit sogenannten „geschlossenen“ Verflüssigerkühlkreisen mit Kühlturm ausgestattet. Anhand der Kühltürme kann die in der Loire zur Kühlung der Verflüssiger entnommene Wassermenge begrenzt werden. Mit Ausnahme der Mengen, die in den Reaktorkühltürmen der Reaktoren Nr. 1 und Nr. 2 verdunsten, wird das in der Loire entnommene Wasser auch wieder dorthin zurückgeleitet.

Die Bewertung der gesundheitlichen Auswirkungen der radioaktiven und nicht radioaktiven Ausflüsse (durch den Wasserkonsum und den Verzehr von Nahrungsmitteln, insbesondere der Aufnahme im Zusammenhang mit der Bewässerung, einschließlich der beim Baden und dem Verzehr von Fischereiprodukten aufgenommenen Mengen) zeigt keine Gesundheitsrisiken für die potentiell exponierten benachbarten Bevölkerungsgruppen auf, die dem Kraftwerk von Saint-Laurent zuzuschreiben wären.

Somit hat der Betrieb des Standorts von Saint-Laurent keine Auswirkungen auf die Verfügbarkeit der Wasserressource und die Art der Ausflüsse stellt die Nutzung des Wassers in der Nähe des Standorts von Saint-Laurent nicht in Frage.

■ **Analyse der Auswirkungen auf die Infrastrukturen und Kommunikationswege**

Der Betrieb des Standorts von Saint-Laurent verursacht ein tägliches Verkehrsaufkommen von etwa 2.000 Personen- und Lastkraftwagen, das hauptsächlich aus den Fahrzeugen der Mitarbeiter besteht. Das Gesamtverkehrsaufkommen durch den Standort beträgt jeweils 36 %, 31 % und 6 % des Gesamtverkehrs auf den Kreisstraßen RD951 (5.591 Fahrzeuge), RD2152 (6.451 Fahrzeuge) und der Autobahn A10 (33.171 Fahrzeuge). Im Vergleich zum Verkehr auf dem benachbarten Straßennetz kann das vom Standort von Saint-Laurent verursachte Verkehrsaufkommen als gering betrachtet werden.

Das Kraftwerk von Saint-Laurent besitzt keinen Anschluss an das Schienennetz für die Zu- und Ablieferung der Brennelemente. Diese Transporte erfolgen über das Straßennetz ab einem Bahnhof, der sich in einer Entfernung von einigen Kilometern befindet. Das Kraftwerk von Saint-Laurent beeinflusst somit nicht den Schienenverkehr.

Das Kraftwerk verursacht keine Flussschifffahrt. Vier Ausbaggermaßnahmen wurden in den Jahren 2014, 2015, 2016 und 2020 durchgeführt. Dabei ist festzustellen, dass das Ausbaggern den Abfluss des Flusses verbessert.

Das Kraftwerk hat nur geringe Auswirkungen auf die Infrastrukturen und Kommunikationswege.

■ **Analyse der Auswirkungen auf das Industrieumfeld**

EDF hat mit den Gemüsebauern im Umkreis des Standorts von Saint-Laurent eine Vereinbarung über die Warmwasser-Bereitstellung zum Heizen der Gewächshäuser abgeschlossen.

Der Betrieb des Standorts von Saint-Laurent führt zu keinen Wechselbeziehungen mit den anderen Industrieanlagen des Studiengiets.

Der Betrieb des Standorts von Saint-Laurent hat somit im Hinblick auf die vorgenannten Infrastrukturen einen positiven Einfluss auf das Industrieumfeld.

■ **Analyse der Auswirkungen auf Freizeitanlagen und -aktivitäten**

Die Bewertung der gesundheitlichen Auswirkungen der radioaktiven und nicht radioaktiven Ausflüsse (einschließlich durch den Wasserkonsum, den Verzehr von Nahrungsmitteln, den Angelsport, Badeaktivitäten usw.) des Kraftwerks von Saint-Laurent zeigt keine Gesundheitsrisiken für die potentiell exponierten benachbarten Bevölkerungsgruppen auf, die dem Kraftwerk von Saint-Laurent zuzuschreiben wären.

Daher hat der Betrieb des Standorts von Saint-Laurent keine Auswirkungen auf Freizeitanlagen und -aktivitäten.

■ **Analyse der Auswirkungen auf den Energieverbrauch**

Das Kraftwerk von Saint-Laurent deckt seinen eigenen Energieverbrauch sowie 100 % des Haushaltsstrombedarfs der Region Centre-Val-de-Loire (9,4 Milliarden kWh für das Jahr 2022).

Der Stromverbrauch des Kraftwerks beträgt jeweils 84 GWh, 73 GWh und 108 GWh für die Jahre 2019, 2020 und 2021, was demnach 0,8 %, 0,6 % et 1,2 % der vom Kraftwerk erzeugten elektrischen Energie entspricht.

Das Kraftwerk von Saint-Laurent verfügt auch über Diesel-Notstromaggregate. Deren ordnungsgemäße Funktion wird durch periodische Probeläufe gewährleistet. Der mit diesen Probeläufen verbundene durchschnittliche jährliche Kraftstoffverbrauch beträgt im Durchschnitt etwa 55 m³ Offroad-Diesel („roter“ Diesel).

Der Kraftwerksbetrieb hat somit keine Auswirkungen auf den Energieverbrauch.

5.7.8. Abfallmanagement

5.7.8.1. Erzeugte Abfälle

Für seine Tätigkeiten zur Stromerzeugung, Anlagenwartung, Lagerung der Abfälle und Logistik erzeugt der Betrieb des Kraftwerks von Saint-Laurent zwei Arten von Abfällen: radioaktive Abfälle und konventionelle Abfälle.

- Radioaktive Abfälle werden entsprechend ihrer Radioaktivitätsklasse und der Halbwertszeit der enthaltenen Radionuklide eingestuft. Sie stammen aus:
 - Der Aufbereitung radioaktiver Ausflüsse: Filter, Aktivkohle, Verdampfungskonzentrate, Wasserfilter, Ionentauscherharze, Schlamm...;
 - Den Maßnahmen zum Handling der Brennelemente: Bündel, Stabhüllen, Brennelementgestelle...;
 - Den normalen Wartungsmaßnahmen: radioaktive Ausschussteile aus der Mechanik, Werkzeug, Stoffabfälle...;
- Die konventionellen Abfälle sind Abfälle, die in den Bereichen ohne radioaktive Stoffe erzeugt werden. Sie bestehen aus inerten Abfällen (Schutt, Erde...), nicht inerten ungefährlichen Abfällen (Holz, Verpackungen, Papier, Karton, Glas, Kunststoff, Metalle...) , und gefährlichen Abfällen (Lacke, Kohlenwasserstoffabfälle, Asbest...).

WEITERE INFORMATIONEN ÜBER ... DEN ZYKLUS DER Brennelemente IN FRANKREICH

Der Hauptbrennstoff, der in Kernreaktoren verwendet wird, ist Uran, eine natürliche Ressource. Der „Brennelementezyklus“ bezeichnet sämtliche Industrieschritte, die die Brennelemente betreffen, vom Abbau des Erzes bis zur Lagerung der radioaktiven Abfälle aus den verbrauchten Brennstäben.

Der Brennelementezyklus besteht aus drei Schritten:

- Erste Phase des Zyklus: das Uran wird abgebaut, mittels eines chemischen Verfahrens in einen gasförmigen Zustand umgewandelt und angereichert. Dieses Material wird als Kernbrennstofftablette in hermetisch verschlossene Metallrohre eingesetzt, die zu Brennelementbündeln aus angereichertem Natururan (UNE – Uranium naturel enrichi) zusammengebaut werden.
- Zentrale Phase des Zyklus: diese Brennelementbündel werden in die Reaktoren geladen und vier bis fünf Jahre lang verwendet, um elektrischen Strom zu erzeugen.
- Letzte Phase des Zyklus: Nach diesem Zeitraum werden die Brennelementbündel ausgebaut und während einer ersten Phase zum Abbau der Wärme und Radioaktivität im Abklingbecken des Brennelementelagers des Kraftwerks zwischengelagert. Anschließend werden die Brennelementbündel nach der Aufbereitung in einem „geschlossenen Zyklus“ recycelt, wobei die recyclebaren Energieträger der verbrauchten Brennelemente (Plutonium und Uran) extrahiert und nur die Abfälle als solche betrachtet werden, die nicht wiederverwertbar sind.

Aufgrund der Entscheidung der französischen Regierung für ein Recycling im „geschlossenen Zyklus“ können Ressourcen gespart und das erzeugte Abfallvolumen reduziert werden.



5.7.8.2. Modalitäten und Sektoren für das Abfallmanagement

Die verschiedenen Schritte für das Abfallmanagement sollen die Zumutbarkeit der Abfälle durch den oder die Sektoren gewährleisten, für die sie bestimmt sind, und die jeweiligen Auswirkungen verringern, insbesondere bei radioaktiven Abfällen, die für die Lagerstandorte des Amts für die Verwaltung radioaktiver Abfälle (ANDRA – Agence pour la gestion des déchets radioactifs) und Cyclife France (Gesellschaft, der CENTRACO gehört) bestimmt sind. Die Schritte des Abfallmanagements: Sortierung vor Ort, Sammeln, Prüfen, Verpackung und Abtransport.

■ **Radioaktive Abfälle**

Die radioaktiven Abfälle werden vor Ort nach Ortsdosisleistung (DeD – Débit d'équivalent de dose) – unter oder über 2 mSv/h bei Kontakt –, ihrem physikalischen Zustand (Feststoff oder Flüssigkeit), ihrer physikalischen Art und ihrem Produktionsort sortiert.

Sie werden an verschiedenen Stellen gesammelt, geprüft und verpackt, damit sie die Anforderungen der Spezifikationen des Sektors erfüllen, für den sie bestimmt sind (z. B. Verpackung in Betonverschalungen, Metallfässern oder Kunststoffbehältern für technologische, nur schwach radioaktive Abfälle, im Big-Bag oder Kisten für technologische, nur sehr schwach radioaktive Abfälle).

Die Zwischenlagerbereiche und -anlagen sowie die Zwischenlager-Referenzdauern von radioaktiven Abfällen berücksichtigen die Art und Radioaktivität der Abfälle sowie die Eigenschaften der Anlagen und Bereiche für die dazugehörigen Zwischenlageranlagen und Bereiche.

Nach der Zwischenlagerung werden die Abfälle des Standorts entsprechend ihrer Eigenschaften den jeweiligen Sektoren der nationalen Behörde für die Verwaltung radioaktiver Abfälle (ANDRA – Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs) und von Cyclife France (CENTRACO) zugeführt:

- Der Verbrennungssektor von Cyclife France (**CENTRACO**) zur Aufbereitung sogenannter „technologischer“ Abfälle (Vinyl, Papier, Lappen...), Ionentauscherharze, wässrige Ausflüsse, borhaltige Konzentrate, Öle und Lösemittel;
- Der Verbrennungssektor von Cyclife France (CENTRACO) zur Aufbereitung eisenhaltiger Metallabfälle und gemischter Abfälle sowie bestimmter massiver Teile, unter der Voraussetzung der Annahme der Anfrage;
- Der Lagerungssektor der ANDRA mit der Lagerstätte im Departement Aube (CSA – Centre de stockage de l'Aube) oder des Industriezentrums mit Sammelzwischenlager- und -lagerstätte (CIRES – Centre industriel de regroupement d'entrepotage et de stockage) sammeln, bereiten ggf. auf und lagern Abfälle mit sehr schwacher bis mittlerer Radioaktivität.

Das Aufbereitungs- und Verpackungszentrum **CENTRACO** (CENTre de TRAitement et de COnditionnement) ist eine Industrieanlage zur Aufbereitung von sehr schwach bis mäßig radioaktiven Abfällen mit kurzer Halbwertszeit.



©EDF

CENTRACO-Lebenszyklus – Trennen mit dem Schneidbrenner vor dem Einschmelzen

■ **Konventionelle Abfälle**

Konventionelle Abfälle werden in einer minimalen Entfernung vom Ort ihrer Erzeugung gesammelt. Bestimmte Abfälle werden im Überführungslager für konventionelle Abfälle am Standort gesammelt und zwischengelagert, bevor sie nach einer Kontrolle an den C3-Fahrzeugportalen (Strahlenschutzprüfgerät zur Gewährleistung, dass am Standortausgang keine Kontamination vorhanden ist) weitergeleitet werden.

Die vom Kraftwerk von Saint-Laurent für konventionelle Abfälle eingesetzten Sektoren werden in zwei Arten unterteilt: der Abfallbeseitigungssektor und der Wiederverwertungssektor.

Die Wahl des Sektors wird von den drei folgenden Prinzipien bestimmt:

- Der Hierarchie der Abfallaufbereitungsmethoden, die vorzugsweise in der folgenden Reihenfolge zur Anwendung kommen: Wiederverwendung, Recycling, sonstige Wiederverwertungen (insbesondere für die Wärmegewinnung) und Abfallbeseitigung;
- Dem Prinzip der Standortnähe;
- Der Eignung der lokalen/regionalen/nationalen Vorbeugungs- und Abfallmanagementpläne.

5.7.9. Maßnahmen zur Vermeidung und Minimierung der Auswirkungen und Kompensierungsmaßnahmen

↳ ERC-MESSUNGEN

Die Reihenfolge „Vermeiden, verringern, kompensieren“ (ERC – Éviter, réduire, compenser) soll Umweltschäden vermeiden, diejenigen verringern, die nicht hinreichend vermieden wurden, und nach Möglichkeit die maßgeblichen Auswirkungen kompensieren, die weder vermieden noch hinreichend verringert werden konnten.

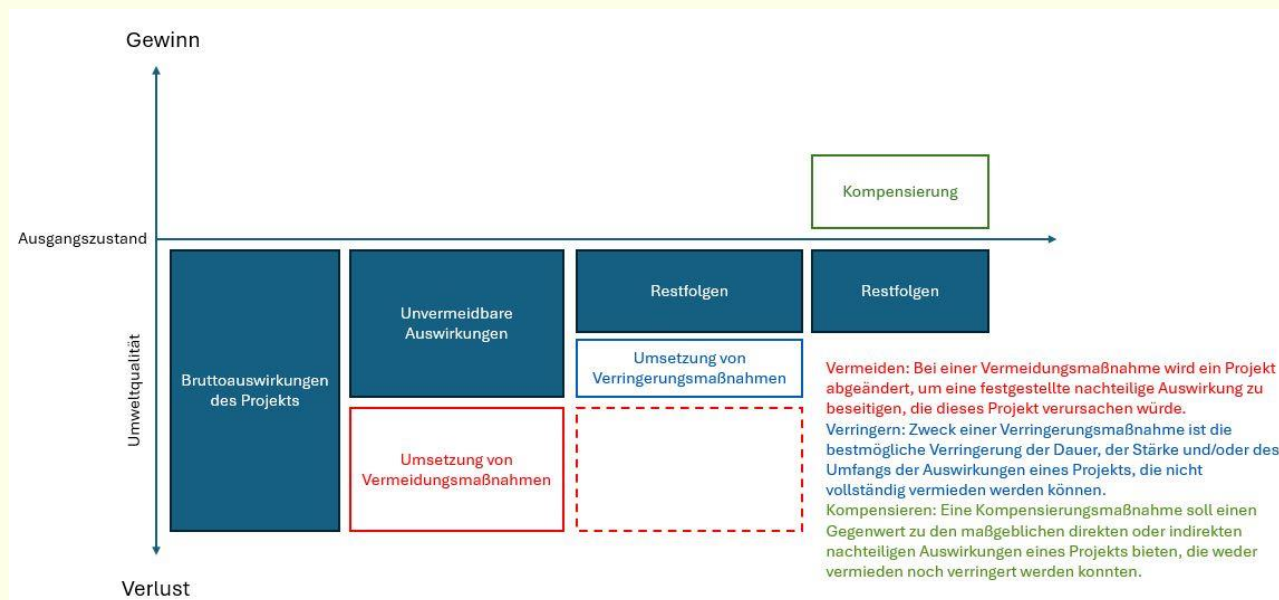


Abbildung der ERC-Sequenz in der französischen Rechtsprechung (Quelle: environnement.gouv.fr)

■ Luft und Klimafaktoren

Das Kraftwerk von Saint-Laurent hat mehrere Maßnahmen ergriffen, um Gasemissionen zu verhindern und zu verringern:

- Ein Aktionsplan zur Begrenzung der Treibhausgasemissionen (SF₆-Freisetzungen);
- Implementierung von Maßnahmen zur Verringerung von Schwefeloxid- und Stickoxidemissionen;
- Für den Transport der Mitarbeiter im Kraftwerk von Saint-Laurent (CO₂-Emissionen):
 - Die Dienstfahrzeuge werden durch Elektro- oder Hybridfahrzeuge ersetzt;
 - Ladesäulen für Elektrofahrzeuge werden innerhalb der Standortgrenzen und außerhalb derselben für Fahrzeuge mit einem hohen Nutzungsgrad aufgestellt;
 - Bereitstellung von Buslinien für den kollektiven Personenverkehr.

■ Oberflächengewässer

Das Kraftwerk von Saint-Laurent verfügt über eine Organisation, die einen optimierten Umgang mit der Freisetzung seiner konventionellen Ausflüsse in die Oberflächengewässern gewährleistet, und zwar:

- Verringerung der erzeugten flüssigen Ausflussvolumen an der Quelle und Verringerung ihrer Toxizität (zum Beispiel der Chemikalienkonzentration in diesen Ausflüssen);
- Selektives Sammeln der Ausflüsse, um jeden individuell so effizient wie möglich aufzubereiten oder ggf. sogar wiederzuverwenden;
- Sicherstellung der Leistungsfähigkeit der Ausflussaufbereitungsanlagen;

- Optimierung der Aufbereitung der Leitungssysteme, um die Freisetzungen von Chemikalien auf das absolute Minimum zu reduzieren, zum Beispiel durch Verwendung von Stoffen, die weniger umweltschädlich sind, ohne jedoch die Wirksamkeit dieser Aufbereitungen zu beeinträchtigen.

Außerdem implementiert das Kraftwerk von Saint-Laurent Maßnahmen zur Verringerung seines Wasserverbrauchs und damit auch seiner Wasserentnahmen aus der Loire.

■ **Böden und Grundwasser**

Die wichtigsten, vom Kraftwerk von Saint-Laurent ergriffenen Maßnahmen zur Vermeidung und Verringerung der Auswirkungen auf die Böden und das Grundwasser sollen der Begrenzung der Überbauung der Böden und der Wiederverwendung der Erdaushübe im Kraftwerksbereich dienen.

Die Untersuchung der Auswirkungen auf die Böden und das Grundwasser weist keine maßgeblichen negativen Folgen auf die Böden und das Grundwasser aus, so dass keine weiteren Kompensierungsmaßnahmen vorgeschlagen werden.

■ **Radioökologie**

Die implementierten Entwicklungs- und Betriebsmaßnahmen dienen der Begrenzung der Freisetzungen radiologischer Ausflüsse:

- Durch die Verringerung der Ausflüsse an ihrem Entstehungspunkt (verbesserte Abdichtung der Brennstabhüllen und der Leitungssysteme zur Förderung radioaktiver Gase, Einrichtung von kontinuierlichen Primärkreisdekontaminationssystemen, die die in der Primärflüssigkeit vorhandenen Aktivierungsprodukte möglichst nahe am Entstehungspunkt ausfiltern...);
- Durch **Filterung** oder eine spezielle Aufbereitung vor der Freisetzung (z. B. Ionentauscherharz);
- Durch Optimierung der Aktivitätskonzentration der in den Ausflüssen vorhandenen Radionuklide anhand des **radioaktiven Zerfalls** dieser Radionuklide;
- Durch Steuerung der Freisetzungen.

Die **Filterung** dient dazu, den Großteil der Radionuklide vor ihrer Freisetzung auszufiltern. Die Kernkraftwerke von EDF sind mit hochwirksamen Filtern (THE – Très haute efficacité) ausgestattet.

Der **radioaktive Zerfall** bezeichnet die Verringerung der Radioaktivität eines radioaktiven Stoffs durch spontane Zersetzung im Laufe der Zeit.

■ **Artenvielfalt**

Zusätzlich zu den bereits erläuterten Maßnahmen werden spezielle Maßnahmen zugunsten der Fauna und Flora im Rahmen der Wartungsarbeiten an den Wasserentnahmebauwerken vorgeschlagen.

Das Ausbaggern der Wasserentnahmebauwerke erfolgt während des zulässigen Zeitraums von Oktober bis Februar. Damit werden die für die Arten kritischen Perioden vermieden.

■ **Bevölkerung und deren Gesundheit**

Die Maßnahmen zur Vermeidung und Reduzierung der Auswirkungen der Freisetzungen in die Atmosphäre und die Oberflächengewässer wurden bereits erläutert.

In Bezug auf die Lärmbelastung werden bereits während der Entwicklungen Maßnahmen zur Verringerung der Lärmbelastungsquellen ergriffen. An bestimmten Gerätschaften und Anlagen werden entsprechend den Vorschriften Messkampagnen durchgeführt. Es werden auch Maßnahmen zur Begrenzung der potentiellen Lärmbelastung durch temporäre Anlagen oder Versuche ergriffen (Wahl der am wenigsten störenden Zeitfenster, Durchführungsorte, Wahl der Verfahren oder Gerätschaften, Einrichtung von Lärmschutzvorrichtungen).

Hinsichtlich der Lichtemissionen werden Maßnahmen zur Verringerung der potentiellen Belästigung ergriffen (Ausrichtung der Leuchten zum Standort hin und auf den Boden, Begrenzung der Beleuchtung auf das für die Sicherheit des Standortbereichs nötige Minimum außerhalb der Arbeitszeiten).

■ **Menschliche Aktivitäten**

Die vorher durchgeführte Analyse der Auswirkungen auf die menschlichen Tätigkeiten weist keine maßgeblichen negativen Folgen aus. Daher werden keine Maßnahmen zur Vermeidung, Verringerung oder Kompensierung maßgeblicher negativer Folgen vorgeschlagen.

■ **Abfallmanagement**

Das Konzept des Kraftwerks von Saint-Laurent ermöglicht ein optimiertes Abfallmanagement, das auf folgenden Punkten beruht:

- Der Verringerung der Menge und Schädlichkeit der Abfälle an der Quelle;
- Der Sortierung und selektiven Sammlung der Abfälle;
- Die Einrichtung von leistungsstarken Aufbereitungsverfahren, die die Annahmespezifikation des oder der Sektoren erfüllen, für die diese Abfälle bestimmt sind.
- Diese Analyse ergibt keine maßgeblichen Auswirkungen, so dass keine zusätzlichen Maßnahmen zur Vermeidung, Verringerung oder Kompensierung maßgeblicher negativer Folgen vorgeschlagen werden.

5.7.10. Auswirkungen der Stilllegung des Kraftwerks auf den Klimawandel

Im Falle einer hypothetischen endgültigen Stilllegung des Kraftwerks verringern sich die Auswirkungen auf die Umwelt unter anderem aufgrund der geringeren Wasserentnahme- und Freisetzungsmengen. Wie bereits erläutert, sorgen das Konzept, die ständigen Verbesserungen, die während des 40jährigen Betriebs implementiert wurden, die Maßnahmen für die Artenvielfalt, die Kontrolle des Betriebs dafür, dass der normale Betrieb des Kraftwerks keine maßgeblichen negativen Auswirkungen auf seine Umwelt verursacht. Seine Stilllegung würde keine nennenswerten Vorteile für die Umwelt bieten. Andererseits würde die Stilllegung des Kraftwerks zu einer deutlichen Zunahme der Treibhausgasfreisetzungen führen,

da die Erzeugung von Strom durch Kernenergie nur sehr wenig Treibhausgase freisetzt. 4 Gramm CO₂-Äquivalent pro kWh gemäß der [Lebenszyklusanalyse \(ACV\) pro kWh aus Kernkraft](https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-du-climat-2025/fr/livre) für den gesamten Lebenszyklus des aktuellen französischen Kraftwerksparks, im Verhältnis zu einem Durchschnittswert von 224 g CO₂/kWh für den europäischen Energiemix (<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-du-climat-2025/fr/livre>).

Das Kraftwerk von Saint-Laurent erzeugt durchschnittlich ca. 12,2 TWh/Jahr Strom, wobei weniger als 38.000 Tonnen CO₂ freigesetzt werden.

Im Falle einer endgültigen Stilllegung des Kernkraftwerks von Saint-Laurent würde der CO₂-Ausstoß zur Erzeugung der gleichen Menge Strom aus dem europäischen Energiemix um mehr als 2 Millionen Tonnen CO₂¹⁹ ansteigen.

¹⁹Ausgehend von der CO₂-Absorptionskapazität von ca. 4 T CO₂/ha/Jahr eines Laubwaldes müssten fast 500.000 Hektar (50 km x 100 km) Wald gepflanzt werden, um die Freisetzung dieser zusätzlichen CO₂-Menge in die Atmosphäre zu kompensieren.



Das Kernkraftwerk von Saint-Laurent,
Département Loir-et-Cher
Copyright Marc Didier, Parker Wayne Philips (PWP)

6. BEWERTUNG DER GRENZÜBERSCHREITEND EN AUSWIRKUNGEN

Im Falle eines Kernreaktorunfalls können potentiell gesundheitsschädliche radioaktive Stoffe in die Umwelt entweichen.

Dieses Kapitel beschreibt die Auswirkungen auf den Menschen und die Umwelt aufgrund eventueller radiologischer Störfälle und Unfälle. Zur Prüfung des Konzepts von Kernkraftanlagen gelten in Frankreich Höchstwerte für die radiologischen Folgen oder Maximaldosiswerte, die unter Berücksichtigung der Häufigkeit von Unfällen festgelegt werden. So gelten zum Beispiel für Störfälle mit mäßiger Häufigkeit (ein Unfall in über 100 Betriebsjahren) Dosen, die durch das französische Sozialgesetzbuch festgelegt sind. Auch zum Beispiel bei sehr hypothetischen schwereren Unfällen mit Kernschmelze müssen die Folgen räumlich und zeitlich begrenzt bleiben und mit dem Management der Situation durch die Behörden kompatibel sein, um die Bevölkerung zu schützen. Daher wurden die Störfälle und Unfälle, auch solche mit Kernschmelze, bei der Entwicklung und dem Betrieb des Kraftwerks berücksichtigt, damit ihre Folgen verringert und eingeschränkt werden können.

Grenzüberschreitende Auswirkungen sind nur bei Unfällen mit Kernschmelze wahrscheinlich. Während des normalen Betriebs oder sonstiger Unfälle sind diese Auswirkungen tatsächlich vernachlässigbar. Ein solcher Unfall mit Kernschmelze ist ein sehr unwahrscheinliches extremes Ereignis, das nur bei einem Ausfall mehrerer Schutzsysteme und Steuerungssysteme des Reaktors auftreten kann. Die Auswirkung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe in einem Umkreis von bis zu 1.000 km um das Kraftwerk im Falle eines Unfalls mit Kernschmelze wurde gemäß dem Prinzip des „Worst Case“ untersucht.

Nach der endgültigen Stilllegung des Reaktors werden die verbrauchten Brennelemente während der Rückbauvorbereitungsphase aus dem Reaktor in das Lagerbecken überführt. Danach ist die Möglichkeit eines Unfalls mit Kernschmelze nicht mehr gegeben (siehe § 4.4).

6.1. Anforderungen hinsichtlich der radiologischen Folgen

6.1.1. Ansatz zur Bewertung der radiologischen Folgen

Um zu prüfen, dass die (in 4 Kategorien eingestuft) zusätzlichen oder Bemessungsstörfälle und -unfälle, oder die Unfälle mit Kernschmelze – auch in einem grenzüberschreitenden Kontext – nur begrenzte radiologische Folgen für die Bevölkerung haben, werden die Ergebnisse der Dosisberechnungen mit den an die untersuchte Situation angepassten Dosisgrenzwerten verglichen. Da die für eine Kernkraftanlage möglichen Auslöser nicht die gleichen Wahrscheinlichkeiten eines Auftretens aufweisen, müssen die erlittenen radiologischen Folgen umso geringer sein, je höher die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls ist.

Außerdem werden diese Dosisgrenzwerte auch hinsichtlich des zu betrachtenden Zeitraums untersucht:

- Die Dosis für die kurzfristige Phase des Unfalls, die auf 24 Stunden und auf 7 Tage berechnet wird,
- Und die langfristige Dosis, die für die strahlenempfindlichste Bevölkerung auf 50 Tage berechnet wird.

Diese Dosen werden für die Entfernung berechnet, in der sich bei den Kraftwerken der 900 MWe-Klasse oder den konventionellen Kraftwerken die nächstgelegenen Wohnstätten befinden (650 m bzw. 2, 5 und 10 km). Bei den Reaktoren von Saint-Laurent liegen die nächstgelegenen Wohnstätten in einer Entfernung von 650 m.

Die Bewertung der radiologischen Folgen von Unfällen beruht auf einer annehmbar pessimistischen Bewertung der Freisetzungen in die Umwelt, unter Berücksichtigung aller Übertragungswege von den Brennelementen bis zu den Grenzen der Anlagen. Die Dosen aufgrund der freigesetzten radioaktiven Stoffe werden dann auf der Grundlage realistischer Szenarien bewertet, ohne dabei eventuelle Schutzmaßnahmen zu berücksichtigen. Dies betrifft insbesondere die folgenden Dosen:

- Die kurz- oder langfristige Gesamtwirkdosis (oder Gesamtkörperdosis)
- Die für die kurzfristige Phase geschätzte schilddrüsenäquivalente Dosis.

Die Bewertung der Wirkdosen berücksichtigt alle internen und externen Expositionswege (Wolke, Ablagerungen, Einatmen und Verschlucken).

Um die Auswirkungen der freigesetzten Radioaktivität auf den Menschen und die Umwelt möglichst umfassend beurteilen zu können, wird die Messung der Dosen durch eine Bewertung des Abstands vervollständigt, unter dem die Kontamination der Nahrungsmittel (insbesondere bei Milch und Pflanzen) die in der Europäischen Union geltenden Grenzwerte für die Vermarktung überschreitet (maximal zulässige Level (NMA – Niveaux maximaux admissibles)).

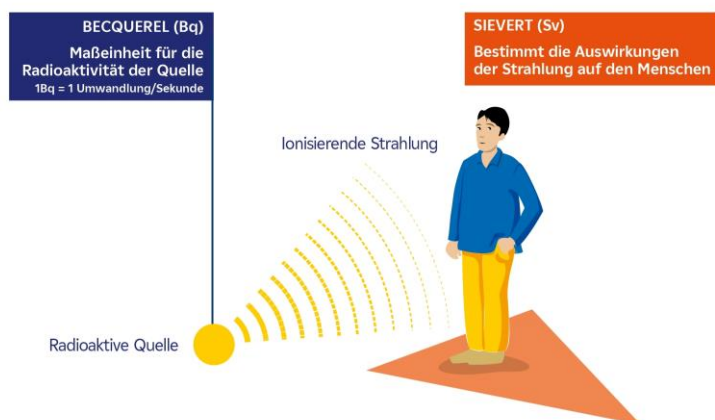
Alle diese Dosimetriebewertungen berücksichtigen die Unsicherheiten aufgrund mangelnder Kenntnisse. Es wurden keine Kenntnislücken festgestellt, die eine aussagekräftige Bestimmung dieser Dosen verhindern könnten, deren Ergebnisse im Folgenden näher beschrieben werden.

6.1.2. Anforderungen an die Ergebnisse

Bezugswerte der maximalen radiologischen Folgen:

- 1. Kategorie – Normalbetrieb: Einhaltung der vom französischen Sozialgesetzbuch festgelegten Dosisgrenzwerte; die Beachtung dieser Werte wird durch die Einhaltung der in den Beschlüssen der Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR – Behörde für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz) festgelegten Freisetzungsgrenzwerten für radioaktive Stoffe gewährleistet.
- 2. Kategorie – Mäßig häufige Störfälle: Beachtung der dem Kraftwerk zugestandenen jährlichen Freisetzungen für jeden Störfall der 2. Kategorie. Die Auswirkungen dieser Freisetzungen übersteigen an der Standortgrenze nicht den Wert von 1 mSv/Jahr.
- 3. Kategorie – Sehr selten auftretende Unfälle: kurzfristige Wirkdosis < 10 mSv.
- 4. Kategorie – Hypothetische Unfälle: kurzfristige Wirkdosis < 50 mSv.
- Zusätzliche Ereignisse und Unfälle: kurzfristige Wirkdosis < 50 mSv.

MAßEINHEITEN DER RADIOAKTIVITÄT



Diese Beschreibung beschränkt sich auf die am häufigsten verwendete Einheiten:

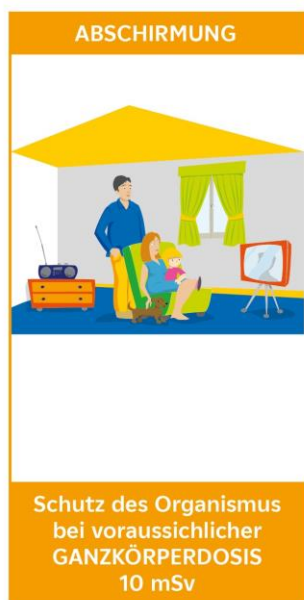
- Das **Becquerel (Bq)** misst die Radioaktivität der Quelle, d. h. die Anzahl Kernumwandlungen pro Sekunde. Diese Einheit ist extrem klein: Die Radioaktivität von Granit beispielsweise beträgt 1.000 Bq/kg.

- Das **Sievert (Sv)** gibt die Auswirkungen der Strahlung auf den Menschen an. Die Exposition wird im Allgemeinen in Millisievert (mSv) oder Mikrosievert (µSv) angegeben.

Beispiel: in Frankreich liegt die Exposition einer Person durch natürliche Radioaktivität im Durchschnitt bei 3 mSv pro Jahr.

Im Hinblick auf die **kontinuierliche Verbesserung** zielt die 4. periodische Sicherheitsüberprüfung darauf ab, möglichst bei allen Bemessungsunfällen oder zusätzlichen Ereignissen oder Unfällen auf die Implementierung von Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung (Abschirmung, Evakuierung, Verabreichung von stabilem Jod) verzichten zu können. Die Ergebnisse werden mit Bezugswerten verglichen, die den Einsatzleveln bei radiologischen Notstandssituationen entsprechen:

- Eine Wirkdosis von 10 mSv für die Abschirmung,
- Eine Wirkdosis von 50 mSv für die Evakuierung,
- Eine schilddrüsenäquivalente Dosis von 50 mSv für die Verabreichung von stabilem Jod.

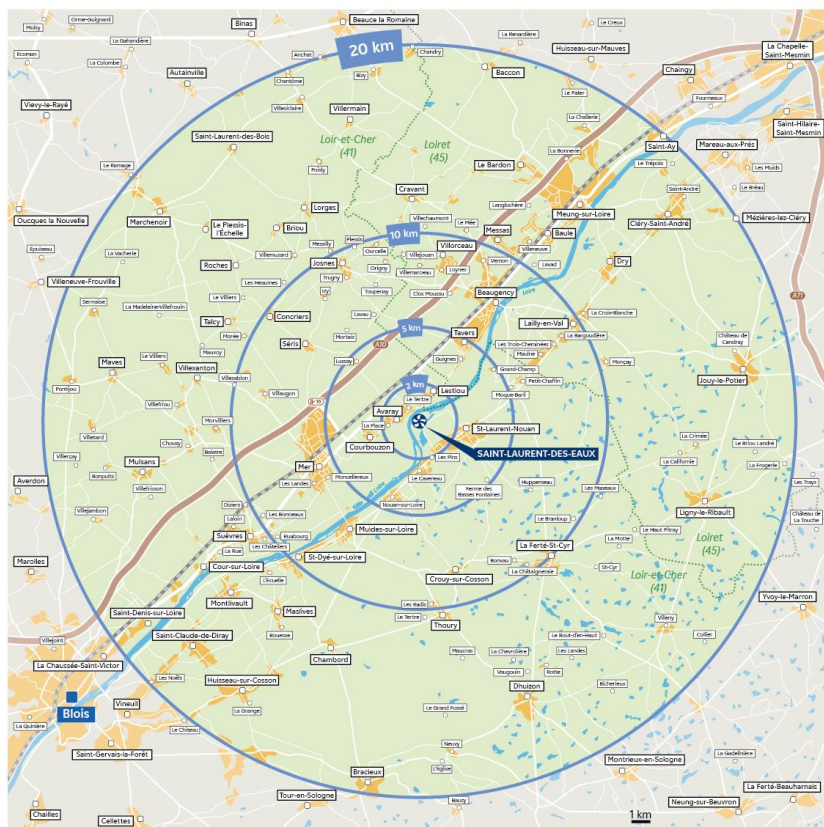


Bei den **langfristigen Gesamtwirkdosen** aus Unfällen entspricht der festgelegte Referenzwert dem Dosisgrenzwert aus dem französischen Arbeitsgesetzbuch, d. h. 1 Sv (Grenzwert im Verhältnis zu der von einem Arbeitnehmer für die Gesamtlebensdauer erhaltene Gesamtwirkdosis bei radiologischen Notstandssituationen, Artikel R. 4451-9).

6.2. Radiologische Folgen

Die folgende Karte zeigt die Bereiche, die von den in diesem Abschnitt genannten Abständen betroffen sind.

KERNKRAFTWERK VON SAINT-LAURENT-DES-EAUX (DÉPARTEMENT LOIR-ET-CHER)



Gemeinden innerhalb
eines Umkreises von 20 km



- Verwaltungszentrum
des Départements
- Gemeinde
- Weiler

6.2.1. Radiologische Folgen der Bemessungsunfälle

Ergebnisse für Störfälle der 2. Kategorie

Die Störfälle der 2. Kategorie entsprechen auslösenden Ereignissen mit einem mäßigen jährlichen Aufkommen im Laufe der Lebensdauer des Kraftwerks (ein Störfall für maximal 100 Betriebsjahre), die zur Implementierung eines Schutzsystems führen. In diesen Szenarien ist die Integrität der Schutzhüllen gewährleistet.

Die Werte der Gesamtwirkdosen und kurzfristigen schilddrüsenäquivalenten Dosen für die strahlenempfindlichsten Bevölkerungsgruppen liegen in einem Abstand von 650 m (erste Wohnstätten bei sämtlichen Kraftwerken der 900 MWe-Klasse) in der Größenordnung einiger Dutzend μSv und damit weit unter dem Bezugswert der 2. Kategorie. Die kurzfristigen Ergebnisse der Studien über die radiologischen Folgen von Unfällen der 2. Kategorie werden nachfolgend für die in dieser Kategorie beschriebenen Szenarien zusammengefasst:

Bezugswerte	Kurzfristige Gesamtwirkdosis (mSv)
Verlust aller externen Stromversorgungen	1 mSv
Unbeabsichtigtes Öffnen eines Ventils im Sekundärkreis (OISS) oder Bruch einer Dampfleitung	$5,0 \cdot 10^{-4}$ mSv
	$1,5 \cdot 10^{-3}$ mSv

Bei Störfällen der 2. Kategorie ist die Gesamtwirkdosis im Bereich der ersten Wohnstätten für alle Kraftwerke der 900 MWe-Klasse auf $5,3 \cdot 10^{-2}$ mSv/Jahr begrenzt.

Ergebnisse für Unfälle der 3. Kategorie

Die Unfälle der 3. Kategorie entsprechen auslösenden Ereignissen mit einem geringen jährlichen Aufkommen im Laufe der Lebensdauer des Kraftwerks (ein Unfall für 100 bis 10.000 Betriebsjahre), die zu begrenzten Sachschäden an einem geringen Prozentsatz der Brennelementbündel führen können. Die geometrische Struktur des Reaktorkerns bleibt bestehen, so dass seine Kühlung weiterhin gewährleistet ist. Die Integrität der Reaktorschutzhülle bleibt bestehen, der Bruch einer Leitung des Dampferzeugers führt lediglich zur Umgehung der 3. Schutzhülle.

Folgende kurzfristige radiologische Folgen solcher Unfälle der 3. Kategorie für die strahlenempfindlichsten Bevölkerungsgruppen in einem Abstand von 650 m (erste Wohnstätten bei sämtlichen Kraftwerken der 900 MWe-Klasse) sind möglich:

	Gesamtwirkdosis (mSv)	Schilddrüsenäquivalente Dosis (mSv)
Bezugswerte	10 mSv	50 mSv
Verlust des Kältemittels im Primärkreis (kleiner Riss mit einem Durchmesser von max. 25 mm)	$5,7 \cdot 10^{-3}$ mSv	$1,0 \cdot 10^{-1}$ mSv
Entnahme eines einzigen Bündels zur Leistungsregelung	$9,1 \cdot 10^{-1}$ mSv	6,9 mSv
Bruch des Behälters zur Volumen- und Chemikalienprüfung	$3,1 \cdot 10^{-2}$ mSv	$3,0 \cdot 10^{-4}$ mSv
Bruch des Behälters zur Lagerung gasförmiger Ausflüsse	$1,9 \cdot 10^{-1}$ mSv	$2,0 \cdot 10^{-2}$ mSv
Bruch einer Leitung des Dampferzeugers (RTGV – Rupture de tube de générateur de vapeur)	$8,9 \cdot 10^{-1}$ mSv	7,9 mSv

Die langfristigen radiologischen Folgen werden für Erwachsene in einer Entfernung von 2 km vom Freisetzungspunkt über eine Dauer von 50 Jahren nach dem Unfall bewertet. Die für einen „Worst Case“-Unfall der 3. Kategorie gemessenen Dosen liegen innerhalb der Grenzen der Bezugswerte: Beim Bruch einer Leitung des Dampferzeugers der 3. Kategorie liegt die Gesamtwirkdosis bei ca. 4 mSv.

Ergebnisse für Unfälle der 4. Kategorie

Die Unfälle der 4. Kategorie entsprechen hypothetischen auslösenden Ereignissen (ein Unfall für 10.000 bis 1.000.000 Betriebsjahre). Diese Unfälle betreffen die Reaktorschutzhülle und können zur Beschädigung der Brennelementbündel führen. Die geometrische Struktur des Reaktorkerns wird dennoch nicht beschädigt, so dass die Reaktorkernkühlung hinreichend gewährleistet ist und die Systeme verfügbar bleiben, die die Folgen des Unfalls einschränken sollen.

Folgende kurzfristige radiologische Folgen solcher Unfälle für die strahlenempfindlichsten Bevölkerungsgruppen in einem Abstand von 650 m (erste Wohnstätten bei sämtlichen Kraftwerken der 900 MWe-Klasse) sind möglich:

	Gesamtwirkdosis (mSv)	Schilddrüsenäquivalente Dosis (mSv)
Bezugswerte	50 mSv	50 mSv
Unfall beim Handling der Brennelemente	2,6 mSv	1,3 mSv
Umfangreicher Bruch einer Dampfleitung	$2,0 \cdot 10^{-2}$ mSv	$1,4 \cdot 10^{-1}$ mSv
Blockieren des Rotors einer Primärkreispumpe	$4,0 \cdot 10^{-1}$ mSv	3,6 mSv
Auswurf eines Bündels zur Leistungsregelung	1,2 mSv	10 mSv
Bruch einer Leitung des Dampferzeugers, zusammen mit dem Blockieren eines Ventils in geöffneter Stellung (RTGV Kategorie IV)	7,2 mSv	100 mSv
Unfall mit Verlust von Primärkreiskältemittel (APRP – Accident de perte réfrigérant primaire)	3,5 mSv	35 mSv

Ein Unfall mit Bruch einer Leitung des Dampferzeugers führt zu einer schilddrüsenäquivalenten Dosis von weniger als 50 mSv in einer Entfernung von mehr als 1 km. Um das Überschreiten des Bezugswerts der schilddrüsenäquivalenten

Dosis einzuschränken, wurden Maßnahmen zur Risiken-Begrenzung ergriffen. Dabei handelt es sich insbesondere um die Verringerung des Radioaktivitätsgrenzwerts des Primärkreiswassers und die Änderung der von einem solchen Unfall betroffenen Leitung (siehe Abs. 6.3.1).

Die langfristigen radiologischen Folgen werden für Erwachsene in einer Entfernung von 2 km vom Freisetzungspunkt über eine Dauer von 50 Jahren nach dem Unfall bewertet. Die für einen „Worst Case“-Unfall der 4. Kategorie gemessenen Dosen liegen innerhalb der Grenzen der Bezugswerte: Beim Bruch einer Leitung des Dampferzeugers (RTGV) der 4. Kategorie liegt die Gesamtwirkdosis unter 30 mSv für den kompletten Organismus.

Schlussfolgerungen für den Bemessungsbereich

Bei Unfällen der 2. Kategorie sind die radiologischen Folgen im Bereich der ersten Wohnstätten gering (kurzfristige Wirkdosis weit unter 1 mSv).

Bei Unfällen der 2. Kategorie überschreitet die Kontaminierung der Nahrungsmittel für den menschlichen Verzehr in einer Entfernung von mehr als 1 km nicht die Vermarktungsgrenzwerte und liegt nach einem Jahr unter diesem Grenzwert.

Die Ziele hinsichtlich der radiologischen Folgen der Unfälle der 3. und 4. Kategorie werden erreicht. Im Anschluss an die für dieses Szenario festgestellte Überschreitung des Bezugswerts für die Schilddrüsenäquivalente Dosis in einer Entfernung von weniger als 1 km von den Reaktoren wurden die Ergebnisse des Bruchs einer Leitung des Dampferzeugers (RTGV) der 4. Kategorie durch Maßnahmen zur Begrenzung der Risiken verbessert. Die Maßnahmen zur Risikobegrenzung werden im Abs. 6.3.1 beschrieben.

Bei den Situationen der 3. und 4. Kategorie führt nur das Szenario des Bruchs einer Leitung des Dampferzeugers (RTGV) der 4. Kategorie zu einer Kontaminierung der Nahrungsmittel, aufgrund der die Vermarktungswerte in einer Entfernung von 10 km nach 7 Tagen überschritten werden. Diese Situation wäre zeitlich begrenzt: Unabhängig von dem betrachteten Unfall liegen nach 2 Jahren die maximal zulässigen Level (NMA – Niveaux maximaux admissibles) unter den jeweiligen Grenzwerten.

■ **Grenzüberschreitende Auswirkungen der Bemessungsunfälle**

In Anbetracht der jeweiligen Entfernungen für die nachfolgend geschätzten Auswirkungen werden im Falle eines Bemessungsunfalls keine besonderen Auswirkungen auf die Nachbarstaaten erwartet, weder kurzfristig, noch auf lange Sicht infolge der Schadstoffkumulierung.

6.2.2. Radiologische Folgen der zusätzlichen Unfälle

Untersuchungen der zusätzlichen Unfälle waren zum Zeitpunkt der ursprünglichen Entwicklung der Kernreaktoren von Saint-Laurent nicht vorgesehen. Diese Untersuchungen behandeln Kumulierungsszenarien, die von den als plausibel betrachteten Störungen unabhängig sind, obgleich sie nur sehr selten auftreten (mindestens ein Unfall alle ca. 5.000.000 Betriebsjahre). Die Szenarien zeichnen sich durch die Häufigkeit ihres Auftretens aus, die im Rahmen von Wahrscheinlichkeitsstudien zur nuklearen Sicherheit (EPS – Étude probabiliste de sûreté) ermittelt wurden. Anschließend wird zur Absicherung dieser Situationen aus kumulierten Störungen eine zusätzliche Maßnahme festgelegt und durch Anforderungen an die nukleare Sicherheit vervollständigt, um die funktionale Verfügbarkeit zu gewährleisten und so die Häufigkeit dieses Szenarios zu verringern. Diese Vorgehensweise hat zur Ermittlung von über 30 bei der Entwicklung nicht geplanten Verbesserungsmaßnahmen geführt.

Die Untersuchungen zu den radiologischen Folgen der zusätzlichen Unfälle dient dazu, die nukleare Sicherheit der Anlage nachzuweisen und sicherzustellen, dass ihre radiologischen Folgen aufgrund der Häufigkeit ihres Auftretens die Bezugswerte der 4. Kategorie der Bemessungsunfälle erfüllen.

Ziel der Berechnung der radiologischen Folgen der zusätzlichen Unfälle ist der Nachweis, dass die Freisetzungen von radioaktiven Stoffen außerhalb des Kraftwerks aufgrund der Implementierung der festgelegten zusätzlichen Maßnahmen nur begrenzte Folgen für die Bevölkerung und die Umwelt aufweisen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen der radiologischen Folgen der zusätzlichen Unfälle werden im Folgenden zusammengefasst. Bei den nicht genannten Unfällen wurden die radiologischen Folgen in die bereits beschriebenen aufgenommen.

Folgende kurzfristige radiologische Folgen solcher Unfälle für die strahlenempfindlichsten Bevölkerungsgruppen in einem Abstand von 650 m (erste Wohnstätten bei sämtlichen Kraftwerken der 900 MWe-Klasse) sind möglich:

	Gesamtwirkdosis (mSv)	Schilddrüsenäquivalente Dosis (mSv)
Bezugswerte	50 mSv	50 mSv
Unfall mit Verlust des Kühlsystem des stillgelegten Reaktors (RRA – Refroidissement du réacteur à l'arrêt)	$2,3 \cdot 10^{-1}$ mSv	3,8 mSv
Verlust der Kühlung des Beckens im Brennelementelager	$8,5 \cdot 10^{-3}$ mSv	$1,5 \cdot 10^{-1}$ mSv
Unfall mit Verlust aller externer Stromversorgungen (PTAE – Perte totale des alimentations électriques)	$3,6 \cdot 10^{-2}$ mSv	$2,2 \cdot 10^{-1}$ mSv

Die langfristigen radiologischen Folgen werden für Erwachsene in einer Entfernung von 2 km vom Freisetzungspunkt über eine Dauer von 50 Jahren nach dem Unfall bewertet. Die für einen „Worst Case“-Zusatzunfall gemessenen Dosen liegen innerhalb der Grenzen der Bezugswerte: Beim Verlust des Kühlsystem des stillgelegten Reaktors (RRA – Refroidissement du réacteur à l'arrêt) liegt die Gesamtwirkdosis unter 1,0 mSv für den kompletten Organismus.

Die ermittelten Dosen liegen innerhalb der Bezugswerte für zusätzliche Unfälle; für die Bevölkerung sind keine Schutzmaßnahmen erforderlich.

Bei zusätzlichen Situationen überschreitet die Kontaminierung der Nahrungsmittel für den menschlichen Verzehr in einer Entfernung von mehr als 5 km nach 7 Tagen nicht die Vermarktungsgrenzwerte; nach einem Jahr beträgt diese Entfernung nicht einmal mehr 1 km.

■ **Grenzüberschreitende Auswirkungen der zusätzlichen Unfälle**

In Anbetracht der jeweiligen Entfernungen für die nachfolgend geschätzten Auswirkungen werden im Falle eines zusätzlichen Unfalls keine besonderen Auswirkungen auf die Nachbarstaaten erwartet, weder kurzfristig, noch auf lange Sicht infolge der Schadstoffkumulierung.

6.2.3. Radiologische Folgen möglicher Unfälle mit Kernschmelze

Aufgrund der Maßnahmen, die bei der ursprünglichen Entwicklung des Reaktors ergriffen wurden, sowie derjenigen, die während des Betriebs implementiert werden, insbesondere im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfungen (siehe Abs. 6.3.4), ist das Auftreten eines Unfalls mit Reaktorkernschmelze sehr unwahrscheinlich, da dies das Scheitern der implementierten Vorbeugungsmaßnahmen voraussetzt. Dennoch wurden die Folgen eines solchen „hypothetischen Unfalls mit Reaktorkernschmelze“ für die Level 4 und 5 des Tiefenabwehrkonzepts untersucht (siehe Abs. 4.2.1). Für diese Studien wird von einem Unfall mit Reaktorkernschmelze ausgegangen, d. h., dass eine Ereignisfolge zur mindestens teilweisen Schmelze des Reaktorkerns geführt hat, und dass außer dem Verlust der ersten Schutzhülle (Brennstäbe) auch der Verlust der zweiten Schutzhülle (Primärkreis einschließlich Becken) möglich ist.

Kernschmelzebedingte Ereignisse in Verbindung mit dem Verlust der zwei ersten Schutzhüllen

Der langanhaltende Verlust der Reaktorkernkühlung kann zu Unfällen mit Brennelementschmelze führen, wenn das Becken kein Wasser mehr enthält. Dann können die Brennelemente im Becken Temperaturen erreichen, die nicht nur zum Schmelzen des Metalls der Brennelemente (Brennstofftabletten und Hüllen) führen, sondern auch der sonstigen benachbarten Metallteile (Bündel oder Strukturen) bis zum Durchbruch des Beckenbodens.

Das dickflüssige Metallagglomerat aus diesem Prozess wird als **Corium** bezeichnet.

Unfälle mit Reaktorkernschmelze stoßen komplexe physikalische Vorgänge an und können zur Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umwelt führen. Bestimmte physikalische Vorgänge können in diesen Situationen insbesondere zum Ausfall der dritten Schutzhülle führen, wenn keine geeigneten Maßnahmen vorhanden sind.

Freisetzungen als mögliche Folgen eines solchen Unfalls mit Reaktorkernschmelze hängen von zahlreichen Parametern ab, unter anderem die Bestückung des Reaktorkerns mit Spaltungsprodukten, die Kinetik der Freisetzung von Radionukliden innerhalb der Hülle, ihr Typ (Gase oder Aerosole), ihr Verhalten innerhalb der Hülle (Anhäufung, chemische Reaktion, Ablagerung), die Freisetzungsmengen, die in die Umwelt gelangen. Zur Bewertung der bei einem Unfall mit Kernschmelze freigesetzten Radioaktivität werden verschiedene Parameter betrachtet, die die Freisetzungen in die Umwelt erhöhen, sowie die komplette Schmelze des Reaktorkerns. Daher werden Margen angesetzt, um eine nachteilige Berechnung sicherzustellen.

Die folgenden **kurzfristigen** radiologischen Folgen (7 Tage) dieser Unfälle betreffen die strahlungsempfindlichsten Bevölkerungsgruppen:

Gesamtwirkdosis in 2 km (mSv)	Gesamtwirkdosis in 5 km (mSv)	Schilddrüsenäquivalente Dosis in 10 km (mSv)
28,5 mSv	4,7 mSv	13,4 mSv

Unter Berücksichtigung der mit den Bevölkerungsschutzmaßnahmen verknüpften Grenzwerte (siehe Abs. 6.1.2) zeigen diese Ergebnisse, dass bei einem solchen Unfall mit Kernschmelze nach 7 Tagen in einem Umkreis von über 2 km keine Evakuierungsmaßnahmen erforderlich sind und dass die Abschirmung in einem Umkreis von über 5 km bzw. die Verabreichung von stabilem Jod in einem Umkreis von über 10 km ebenfalls nicht nötig ist.

Außerdem beträgt der Wert der **langfristigen** radiologischen Folgen für Erwachsene in einer Entfernung von 10 km vom Freisetzungspunkt über eine Dauer von 50 Jahren nach dem Unfall 18,7 mSv.

Abschließend belegen die Bewertungen einer extremen Unfallsituation mit Kernschmelze, dass die bei der Entwicklung zur Verringerung der Folgen auf die Umwelt ergriffenen Maßnahmen (siehe Abs. 6.3.4) die Kontaminierung der landwirtschaftlichen Flächen räumlich und zeitlich begrenzen (Umkreis von weniger als 20 km nach einem Jahr).

■ **Grenzüberschreitende Auswirkungen der Unfälle mit Kernschmelze**

Die grenzüberschreitenden Auswirkungen durch die atmosphärische Ausbreitung radioaktiver Stoffe sollten im Hinblick auf die länderspezifischen radiologischen Konsequenzen betrachtet werden, die als langfristige (50 Jahre) Gesamtwirkdosis (oder Gesamtkörperdosis) für Kinder und Erwachsene ausgedrückt wird. Die folgende Tabelle zeigt diese Auswirkungen für die Länder bis zu einem Umkreis von 1.000 km um das Kraftwerk von Saint-Laurent, einschließlich der „Worst Case“-Ergebnisse, die für jedes Land festgestellt werden.

Die Berechnungen zur Langstreckenausbreitung der Emissionen des Kraftwerks von Saint-Laurent in der Atmosphäre werden auf der Grundlage der atmosphärischen Übertragungskoeffizienten geschätzt, die aus meteorologischen Beobachtungen während eines Zeitraums von 5 Jahren stammen. Diese Koeffizienten berücksichtigen die Topographie, die Wetterbedingungen (hauptsächlich den Wind) und den zunehmenden Abbau der Konzentrationen durch Ablagerungsprozesse je weiter sich die Emissionen von der Quelle entfernen.

Land	Mindestentfernung zur Quelle (km)	Langfristige Gesamtwirkdosis, Hüllwert (mSv)			
		Kleinkinder [1 Jahr bis 2 Jahre]	Kinder [2 Jahre bis 7 Jahre]	Ältere Kinder [7 Jahre bis 12 Jahre]	Erwachsene [17 Jahre und mehr]
Belgien	310	0,21	0,22	0,20	0,20
Vereinigtes Königreich	345	0,10	0,10	0,09	0,08
Schweiz	365	0,16	0,16	0,14	0,14
Luxemburg	370	0,18	0,19	0,17	0,19
Deutschland	440	0,09	0,09	0,08	0,08
Niederlande	450	0,13	0,13	0,12	0,12
Italien	450	0,04	0,04	0,04	0,03
Spanien	545	0,04	0,04	0,04	0,04
Liechtenstein ²⁰	595	0,05	0,05	0,04	0,04
Österreich	600	0,05	0,05	0,05	0,05
Irland	750	0,05	0,05	0,04	0,04
Tschechische Republik	815	0,03	0,04	0,03	0,03
Slowenien	905	0,02	0,02	0,02	0,02
Portugal	915	0,01	0,01	0,01	0,01
Kroatien	940	0,01	0,01	0,01	0,01
Dänemark	950	0,04	0,04	0,04	0,04

Vergleichsweise liegt in Frankreich die Exposition einer Person durch natürliche Radioaktivität im Durchschnitt bei 3 mSv pro Jahr. Der europäische Durchschnitt beträgt 3,2 mSv pro Jahr; er schwankt je nach Land zwischen 1,5 und 6,2 mSv pro Jahr.

Der Dosishüllwert wird für Belgien ermittelt und beträgt ca. 0,22 mSv über 50 Jahre für Kleinkinder und Kinder. Vergleichsweise beträgt die natürliche Radioaktivität in Belgien 2,7 mSv pro Jahr.

Da die radiologischen Dosen mit zunehmender Entfernung abnehmen, sind die radiologischen Folgen geringer in Ländern, die weiter entfernt als die bereits genannten liegen.

Aufgrund der oben aufgeführten Ergebnisse wären die grenzüberschreitenden Auswirkungen durch die atmosphärische Ausbreitung radioaktiver Stoffe sowohl kurzfristig, als auch langfristig durch Kumulierung im Falle eines Unfalls mit Kernschmelze in einem der zwei 900 MWe-Reaktoren des Standorts von Saint-Laurent sehr begrenzt oder sogar vernachlässigbar.

²⁰ Die Schätzungen für Liechtenstein werden aus den Ergebnissen für die Schweiz und Österreich berechnet.

6.3. Messung von Begrenzung der radiologischen Risiken

Angesichts des im Abs. 4.2.1 erläuterten nuklearen Sicherheitsansatzes, wurden bei der Entwicklung der Anlage zahlreiche Maßnahmen implementiert, um die Risiken zu verringern, die aus den radiologischen Folgen hervorgehen. Diese Entwicklungsmaßnahmen wurden durch zusätzliche Maßnahmen vervollständigt, um das Risiko bestimmter Unfälle zu verringern, die durch die Kumulierung von Störungen entstehen. Die Reaktoren von Saint-Laurent waren bereits mehrfach Gegenstand von periodischen Sicherheitsüberprüfungen, Erfahrungsrückflüssen und Ergebnissen kontinuierlicher Verbesserungen, die diese Vorkehrungen mit dem Ziel ergänzen, den sicheren Zustand des Reaktors zu gewährleisten.

In Anbetracht der ehrgeizigen Ziele von EDF, die von der ASN während der Vorbereitung dieser Ziele festgelegt wurden (siehe Abs. 1.2 und 2.3.1), waren zahlreiche Maßnahmen zur Begrenzung der radiologischen Risiken im Rahmen der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung erforderlich.

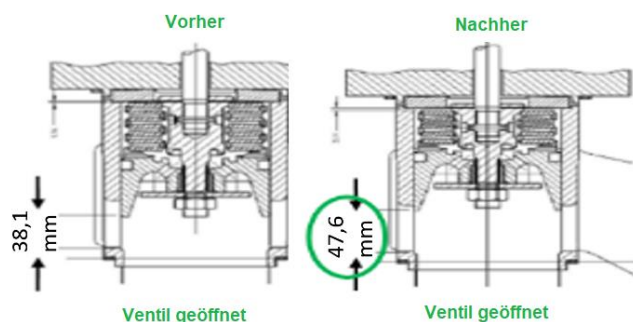
6.3.1. Wichtigste Maßnahmen bezüglich der Unfälle ohne Kernschmelze

Im Folgenden sind die wichtigsten Betriebs- und/oder Entwicklungsmaßnahmen im Rahmen der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung von Saint-Laurent aufgeführt, die dazu beitragen, die radiologischen Folgen der Unfälle ohne Kernschmelze zu verringern:

- Steigerung der Durchflussmengen der Ventile für den Dampfabblass

Beschreibung der Maßnahme

Bei einer Unfallsituation wird die Kapazität der Ventile des GCTa-Leitungssystems zur Dampffreisetzung in die Atmosphäre gesteigert, damit der Reaktor schneller gekühlt und die Dauer des Unfalls und die damit einhergehenden eventuellen radioaktiven Freisetzungen begrenzt werden kann. Dazu wurde der innere Aufbau des GCTa-Ventils geändert.



Pädagogikhinweise

Das sogenannte GCTa-Leitungssystem dient der Freisetzung des von den Dampferzeuger erzeugten Dampfs direkt in die Atmosphäre. Es steuert die Kühlung des Reaktors durch die Dampferzeuger wenn der erzeugte Dampf nicht reicht, um die Turbine anzutreiben oder die Turbine nicht verfügbar ist. Es wird bei jeder Stillsetzung und bei jedem Hochfahren verwendet. Es wird auch bei Störfällen oder Unfällen zur Kühlung des Reaktors eingesetzt.

- Senkung des Radioaktivitätsgrenzwerts des Wassers im Primärkreis

Beschreibung der Maßnahme

Die Reaktoren von Saint-Laurent enthalten in ihren Betriebsspezifikationen die Senkung des Radioaktivitätsgrenzwerts des Primärkreises in Jod-131-Äquivalent bei den Leistungswechseln im Normalbetrieb von 150 auf 80 GBq/T. Ziel ist der Betrieb der Reaktoren mit einem gesteigerten radiologischen Reinheitslevel des Primärkreiswassers, um insbesondere die radiologischen Folgen eines Unfalls 4. Kategorie mit Dampferzeugerrohrbruch (RTGV – Rupture de tube de générateur de vapeur) zu verringern.

Mit dieser Maßnahme können die Radioaktivität eventuell freigesetzter radioaktiver Stoffe und deren radiologische Folgen (Wirkdosis und kurzfristiges Schilddrüsenäquivalent sowie mittelfristige und langfristige Wirkdosis) bei allen Unfällen ohne Bruch der Brennelementhülle verringert werden, einschließlich des „Worst Case“-Unfalls mit Dampferzeugerrohrbruch.

- Änderung der Steuerung eines Unfalls mit Dampferzeugerrohrbruch (RTGV 4.)

Beschreibung der Maßnahme

EDF hat zur Verbesserung der Stilllegungsbedingungen des Notkühlsystems eine Weiterentwicklung der Steuerung des Übergangs bei Dampferzeugerrohrbruch RTGV 4. in die Wege geleitet. Diese Weiterentwicklung, die aufgrund der Schlussfolgerungen der allgemeinen Phase der 4. Sicherheitsüberprüfung auch von der ASN gefordert wird, verringert in der RTGV 4.-Studie des Kernsicherheitsbericht die Freisetzung von Flüssigkeiten um mehrere Dutzend Kubikmeter. Außerdem wurden bereits Maßnahmen zur Begrenzung der Flüssigkeitsfreisetzungsmengen implementiert:

- Automatische Absperrung der Wassernachspeisung des gestörten Dampferzeugers durch das Notspeisesystem der Dampferzeuger (ASG – Alimentation de secours des générateurs), um das Risiko von Flüssigkeitsfreisetzungen zu verringern.
- Entleeren des gestörten Dampferzeugers durch den Bediener anhand des Ablasssystems der Dampferzeuger (APG).

- Verwendung des EAS-ND-Systems als Ersatz für die RIS/EAS-Systeme

Beschreibung der Maßnahme

Bei einer Störung der RIS/EAS-Systeme zur Verwaltung eines Unfalls mit Verlust von Primärkreiskältemittel (APRP – Accident de perte réfrigérant primaire) kann die Verwendung des Notspeisesystems EAS-ND den Wasserbestand im Primärkreis aufrechterhalten und so die Freisetzung von Schadstoffen verhindern, die durch einen Unfall mit Kernschmelze entstehen. Die radiologischen Folgen der sogenannten „H4“-Situation (Unfall mit Verlust von Primärkreiskältemittel bei gleichzeitiger Störung des RIS oder EAS im Umlaufbetrieb) verbessern sich, wobei sie sich dem den APRP auslösenden Störfall annähern, so wie er im Bemessungsbereich untersucht worden war (siehe Abs. 6.2).

Die Betriebsanforderungen werden angepasst, um diese zusätzliche Maßnahme aufzuwerten

Pädagogikhinweise

Das Primärkreiswasser ist nur schwach radioaktiv. Die Radioaktivität ist durch die technischen Entwicklungsgrenzen der Brennelementhüllen bedingt. Die Anforderungen hinsichtlich der radiologischen Reinheit des Primärkreises gewährleisten auch die Überwachung der Unversehrtheit der Brennelementbündel.

Pädagogikhinweise

Das Notkühlsystem ist ein Nachspeisesystem des Primärkreises zur Kompensierung von Wasserverlusten in Unfallsituationen mit Bruch des Primärkreises oder der Leitungen eines Dampferzeugers. Es startet in den meisten Fällen automatisch. Das Ausschalten erfolgt durch eine Handlung des Bedieners, die durch Kriterien bezüglich der ordnungsgemäßen Steuerung des vorhandenen Primärkreiswassers bedingt ist.

Pädagogikhinweise

Das EAS-ND-System ist Teil einer Gruppe neuer Systeme zur Verwaltung von extremen externen Angriffsszenarien vom Typ „Noyau Dur“ (siehe Abs. 6.3.2)

6.3.2. Wichtigste Maßnahmen im Hinblick auf Aggressionen

Die betrachteten Aggressionen sind diejenigen, die in den Vorschriften aufgeführt werden (französische INB-Verordnung):

- Interne Aggressionen: Brand, Explosion, Überschwemmung, Ausfall von Druckgeräten, Zusammenstoß und Absturz von Lasten, elektromagnetische Störungen, Freisetzung von Gefahrstoffen, böswillige Handlungen,
- Externe Aggressionen (natürlichen oder menschlichen Ursprungs): Erdbeben, extreme Wetter- oder Klimabedingungen (Überschwemmung, Schnee, Hitzewellen, Kältewellen, starke Winde, Wirbelstürme), Aggressionen durch Gewässer oder das Meer (Eisnadeln, Zufrieren, Zusetzung, Kohlenwasserstoffe auf der Wasseroberfläche, Versandung, Niedrigwasser, Hochwasser), Blitzschlag und elektromagnetische Störungen, Brand, Gefährdung durch benachbarte Industrieanlagen (Explosion, Gefahrstoffe), Flugzeugabsturz, böswillige Handlungen.

Die Betriebs- und/oder Entwicklungsmaßnahmen der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung des Standorts von Saint-Laurent, die zur angestrebten Verringerung der radiologischen Folgen der Unfälle aufgrund von Aggressionen beitragen, sollen sicherstellen, dass die Systeme zur Gewährleistung der drei nuklearen Sicherheitsfunktionen (Steuerung der nuklearen Kettenreaktion im Reaktor, Kühlung der Brennelemente, Einschließen der radioaktiven Stoffe) verfügbar bleiben, um die Aufrechterhaltung des sicheren Zustands des Reaktors im Falle einer Aggression zu garantieren. Es handelt sich also hauptsächlich um Schutzmaßnahmen oder Maßnahmen zur Widerstandsfähigkeit der Systeme gegen Aggressionen. Somit tragen diese Maßnahmen hauptsächlich zur Verringerung der mit den Folgen einer Kernschmelze verbundenen Risiken bei, deren Auswirkungen auf die Umwelt im Abs. 6.2.3 beschrieben sind.

Als Beispiel werden nachfolgend die Maßnahmen in Bezug auf Brandgefahren erläutert, die hier das wichtigste industrielle Risiko sind.

Brand

Die Maßnahmen in Bezug auf Brandgefahren sollen die Feuerfestigkeit der Brandbereichseinteilungsvorrichtungen verbessern:

Beschreibung der Maßnahme

Die in Betracht gezogenen Maßnahmen dienen der Verbesserung der Feuerfestigkeit bestimmter Komponenten (Brandschutztüren, Brandbereichseinteilungsvorrichtungen, Brandschutz der elektrischen Kabel...) oder der Verringerung des Ausmaßes oder der Heftigkeit eines eventuellen Brands. Diese Maßnahmen bestehen unter anderem darin, die Brandbereichseinteilungsvorrichtungen (z. B. Brandschutztüren) durch Komponenten mit einer besseren Feuerfestigkeit zu ersetzen. Sie bestehen auch darin, die Kabel mit feuerfestem Band zu umwickeln oder die Wärmelast zu verringern. Auf diese Weise tragen diese Ausrüstungen dazu bei, die Reaktorkernschmelze und die potenziell mit bestimmten Bränden verbundenen Freisetzungen zu vermeiden.

Pädagogikhinweise

Die **Brandbereichseinteilung** besteht darin, Bereiche festzulegen, in denen die Ausbreitung des Brands das Prinzip der Redundanz der nuklearen Sicherheitsfunktionen nicht beeinträchtigt und sicherzustellen, dass ein in einem Bereich entstandener Brand nicht auf andere Bereiche übergreift.

Extreme externe Aggressionssituationen

Außerdem dient die Umsetzung des „Noyau Dur“ im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfung des Kraftwerks von Saint-Laurent dazu, extrem heftige, anlagenexterne, natürliche Aggressionen zu bekämpfen, die zum Zweck des Nachweises der nuklearen Sicherheit über die Anforderungslevel hinausgehen, die bisher angewandt wurden.

Der „**Noyau Dur**“ besteht aus fest verankerten und widerstandsfähigen Hardware-Mitteln, vervollständigt durch mobile Mittel zur Vermeidung massiver radioaktiver Schadstofffreisetzungen und langfristiger Auswirkungen auf die Umwelt in Situationen, die sich aus extremen externen Naturereignissen ergeben können. Dabei geht es vor allem um Erdbeben, externe Überschwemmungen und ähnliche Ereignisse (Blitzschlag, Hagel, Sturm, Starkregen) oder auch Wirbelstürme.

Um diesen extremen Situationen standzuhalten wurden an jedem Reaktor von Saint-Laurent widerstandsfähige, von den bestehenden Anlagen unabhängige und vielfältige Vorrichtungen zur Wasser- und Stromversorgung angebracht:

- Eine zusätzliche Notstromquelle: **Das dieselbetriebene letzte Notstromaggregat** (DUS – Diesel d’ultime secours),
- Eine heterogene Wasserquelle (SEG – Source d’eau diversifiée).



Dieselbetriebene letzte Notstromaggregate (DUS) von 3 MWe

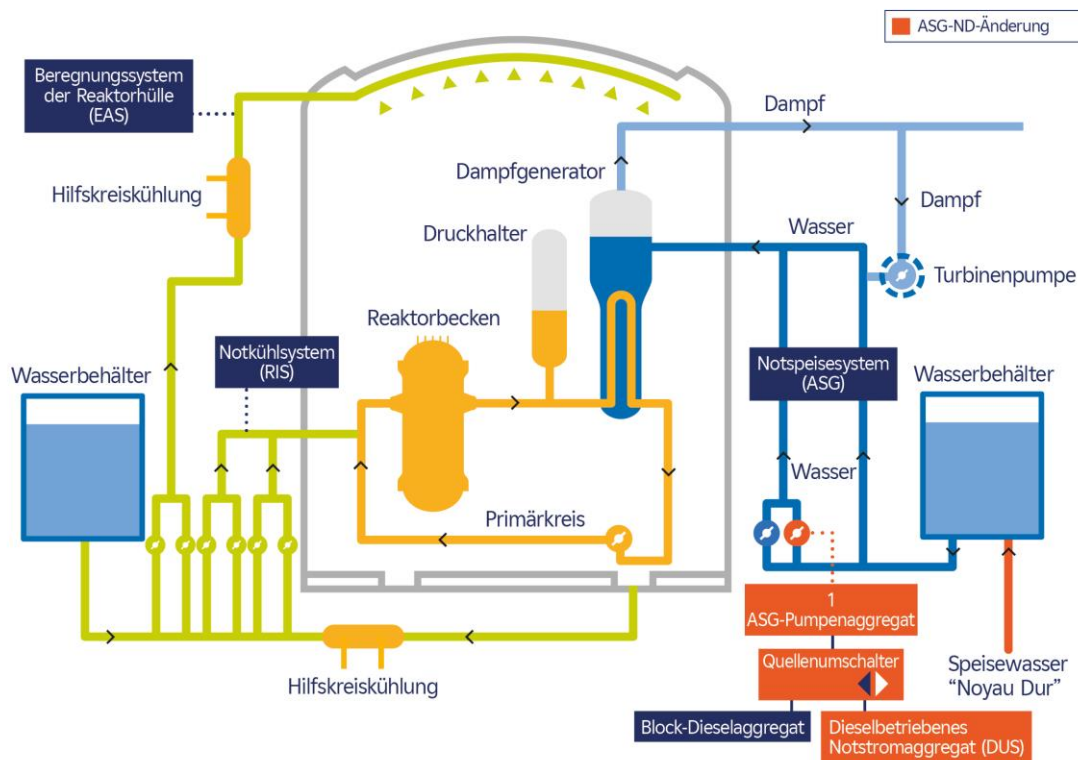


Heterogene Wasserquelle (SEG)

Reaktorseitig können diese extremen Situationen zu Funktionsverlusten bestimmter Gerätschaften führen, z. B. solche, die die Stromversorgungen bzw. die Kühlsysteme der kalten Quelle (Loire) betreffen.

In einem solchen Fall übernehmen die Vorrichtungen des „Noyau Dur“ die Funktionen der nuklearen Sicherheit: ein Teil der Notspeisung der Dampferzeuger ist für die Folgen dieser extremen Situationen qualifiziert und robust genug, um die Funktion der **Sekundärkreiskühlung des „Noyau Dur“ (ASG-ND)** zu übernehmen. Die Stromversorgung wird von einem **dieselbetriebenen Notstromaggregat (DUS – Diesel d’ultime secours)** sichergestellt, das an einer speziellen, im Rahmen der Maßnahme installierten Umschalttafel betätigt wird, zusammen mit der **heterogenen Wasserquelle (SEG – Source d’eau diversifiée)**, die dann die Funktion der kalten Quelle übernimmt.

Alle diese Gerätschaften tragen dazu bei, die Reaktorkernschmelze und die potenziell mit diesen extremen Situationen verbundenen Freisetzungen zu vermeiden.



Prinzipdarstellung der ASG-ND-Anordnung

6.3.3. Wichtigste Maßnahmen bezüglich der Lagerung der Brennelementbündel

Im Folgenden sind die wichtigsten Betriebs- und/oder Entwicklungsmaßnahmen im Rahmen der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung des Kraftwerks von Saint-Laurent aufgeführt, die dazu beitragen, die radiologischen Folgen der Unfälle, die mit der Lagerung der Brennelementbündel verbunden sind, zu verringern:

Brand

Um bei einem Brand den Verlust beider Kühlsysteme zu vermeiden, hat EDF die Einrichtung einer zusätzlichen feuerabweisenden Vorrichtung geplant, die das Risiko der Ausbreitung des Brands einer Pumpe des Kühlsystems auf die andere Pumpe beseitigt.

Übertragung der Unfallsituationen im EPR FLA3 auf die Kraftwerke der 900 MWe-Klasse

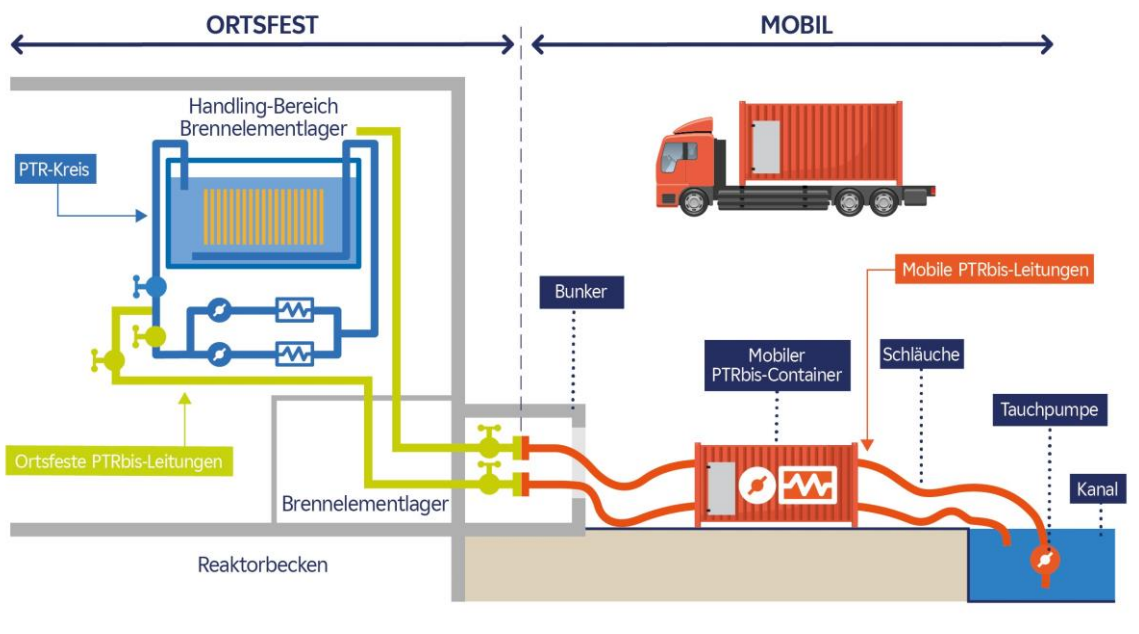
Die Bewertung des Verhaltens der Brennelementbecken in den 900 MWe-Kraftwerken, zu denen die Reaktoren von Saint-Laurent gehören, im Verhältnis zu den auf das EPR von Flamanville 3 angewandten Unfallszenarien, die nicht bei der ursprünglichen Entwicklung berücksichtigt wurden, hat deren derzeitigen robusten Zustand belegt. Zur weiteren Verbesserung wird die Verdoppelung der automatischen Absperrvorrichtung der Ansaugleitung des normalen Beckenkühlsystems vorgeschlagen.

Extreme externe Aggressionssituationen

Im Hinblick auf die Lagerung der Brennelemente können diese extremen Situationen zu Funktionsverlusten bei bestimmten Gerätschaften führen, die potenziell mit dem totalen Verlust der Kühlung verbunden sein können. In einem solchen Fall werden die nuklearen Sicherheitsfunktionen von den für die Folgen dieser extremen Situationen qualifizierten und robusten Anlagen des „Noyau Dur“ übernommen. In diesen extremen Situationen:

- Die **heterogene Wasserquelle (SEG – Source d'eau diversifiée)** vervollständigt die Möglichkeiten zur Nachspeisung der Becken im Reaktorgebäude und im Brennelementlager. Die Nachspeisung kompensiert die Verdampfung und gewährleistet die Kühlung der Brennelementbündel unter Wasser;
- Auf lange Sicht dient das **zusätzliche Kühlsystem (PTR-bis)** der Rückkehr zu einer ordnungsgemäßen Kühlung des Lagerbeckens im Brennelementlager und bringt dessen Temperatur wieder unter den Siedepunkt.

DAS PTRBIS-KÜHLSYSTEM



6.3.4. Wichtigste Maßnahmen bezüglich der Unfälle mit Kernschmelze

Die wichtigsten Betriebs- und/oder Entwicklungsmaßnahmen im Rahmen der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung von Saint-Laurent, die dazu beitragen, die radiologischen Folgen der Unfälle mit Kernschmelze zu verringern, sind das Ergebnis eines speziellen, auf die Unfälle zugeschnittenen Entwicklungsprozesses, der sich an die Entwicklung des EPR anlehnt. In dieser Situation gelten die zwei ersten Sicherheitshüllen als beschädigt. Ziel der nuklearen Sicherheit ist dann die Aufrechterhaltung der 3. Sicherheitshülle – d. h. der Reaktorschutzhülle – um zu verhindern, dass radioaktive Stoffe in die Umwelt gelangen.

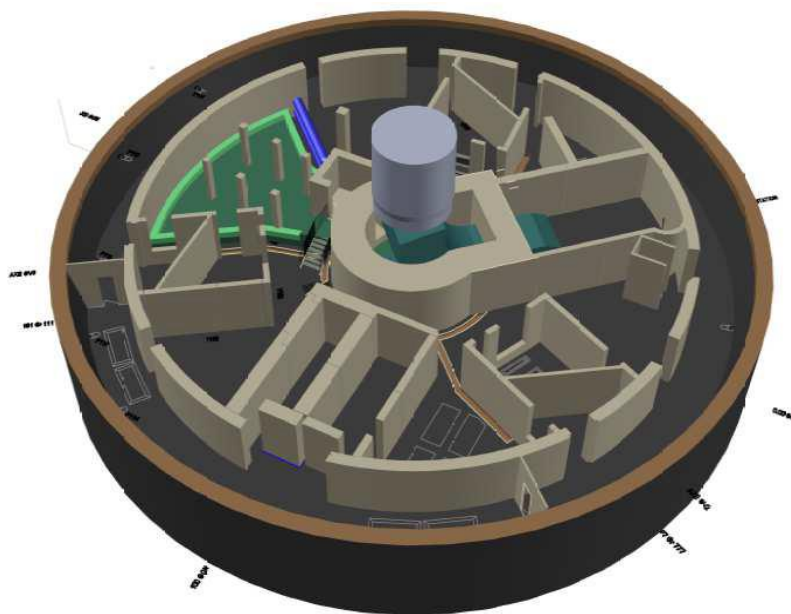
Ziel des Managements von Unfällen mit Kernschmelze ist die Ausbreitung des Coriums in „trockenem“ Zustand – d. h. ohne Wasser – am Boden des Reaktorgebäudes. Einmal verteilt bietet es eine große Austauschfläche und kann mit einer Zugabe von Borwasser stabilisiert werden. Das Borwasser kühlt das verteilte Corium und härtet es schlussendlich aus. Mit dieser Strategie kann:

- Sichergestellt werden, dass die Fundamentplatte des Reaktorgebäudes nicht durchbrochen wird. Unstabilisiert kann das Corium zur Erosion der Fundamentplatte führen.
- Der langsame Druckanstieg in der Hülle verhindert werden, damit das Filterventil der Hülle sich nicht zur Druckentlastung öffnet.
- Die Begrenzung der physikalischen Auswirkungen des Unfalls mit Kernschmelze (insbesondere die Entzündung des Wasserstoffs) erreicht werden.

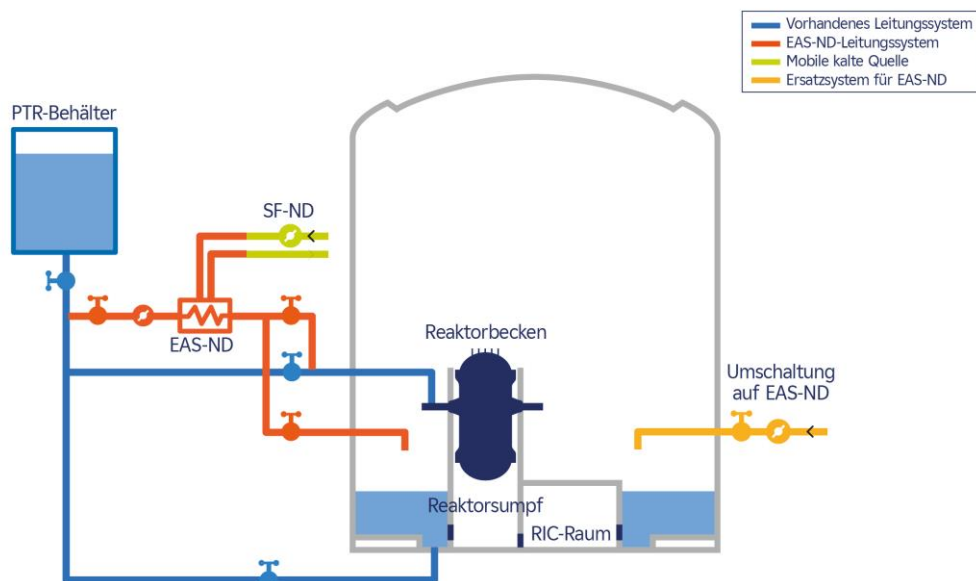
Folgende Maßnahmen werden im Fall eines Unfalls mit Kernschmelze in einem Reaktor von Saint-Laurent implementiert:

- **Die Einrichtung eines Bereichs zur „trockenen“ Ausbreitung des Coriums** innerhalb eines speziellen Sammelbereichs unter dem Reaktorbecken, dem sogenannten „Beckensumpf“, an den sich der Instrumentenraum des Reaktorkerns anschließt.
- **Die Implementierung des passiven Systems zur Flutung des Coriums**, das aus einer Reihe passiver Luken besteht, die das vorher durch das Beregnungssystem der EAS-Hülle – unterstützt durch die zwei Notstromgeneratoren – oder, bei extremen Aggressionen, durch die neue „Noyau Dur“-Maßnahme EAS-ND mit der Unterstützung des dieselbetriebenen Notstromaggregats (DUS) in die Sümpfe des Reaktorgebäudes gefüllte Wasser freigeben.
- **Die Einrichtung eines Coriumkühlsystems**, das mit dem EAS-ND-System verknüpft ist und die Restleistung des Coriums ableitet, ohne den Druckausgleichsfilter der Reaktorschutzhülle zu öffnen.
- Die Rückführung eventuell ausgetretener Wassermengen des EAS-ND in das Reaktorgebäude.
- **Die Dekontaminierung des Wassers im Reaktorgebäude** durch eine mobile Aufbereitungsanlage für kontaminiertes Wasser.

**Räumlichkeiten, die für die Verteilung des Coriums verwendet werden
(Beckensumpf und Instrumentenraum des Reaktorkerns)**



KÜHLUNG BEI EINEM UNFALL MIT KERNSCHMELZE

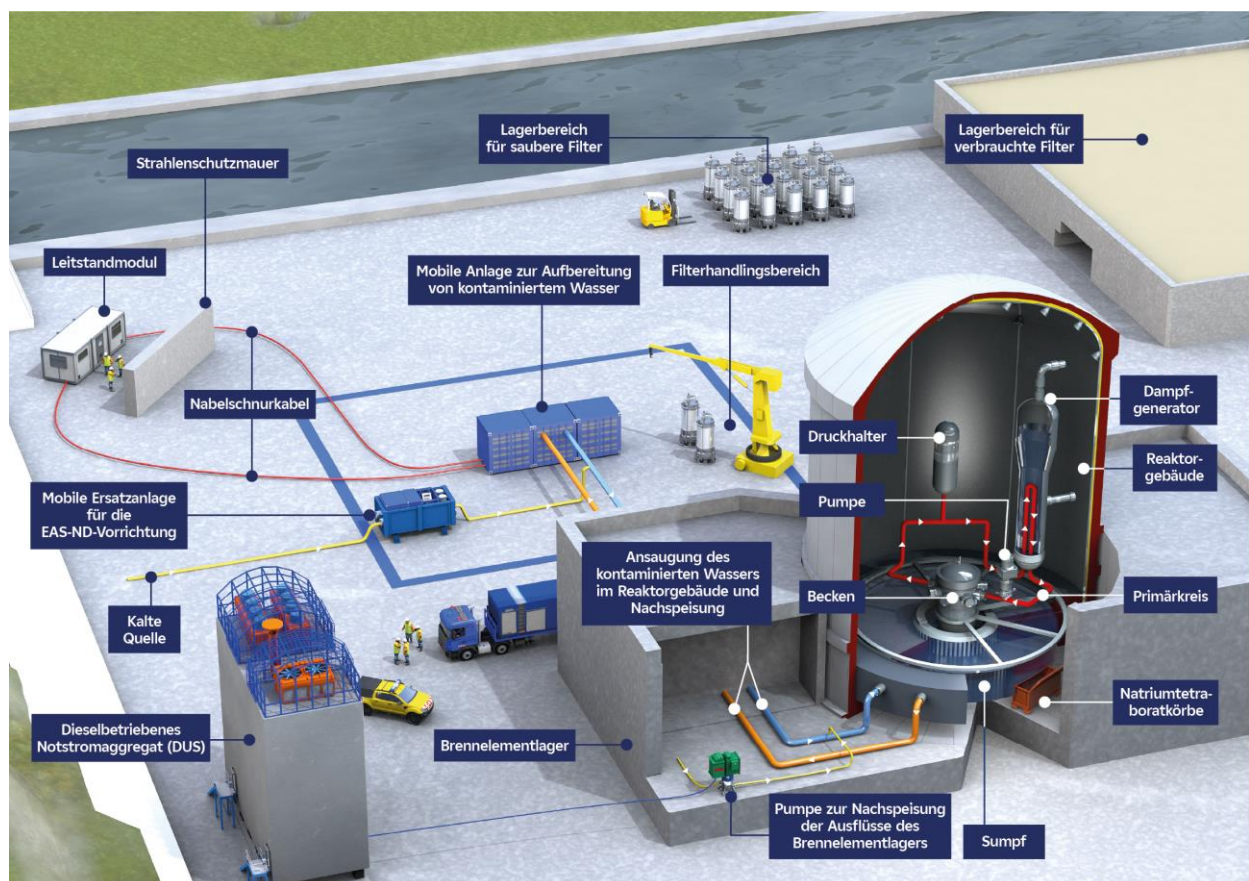
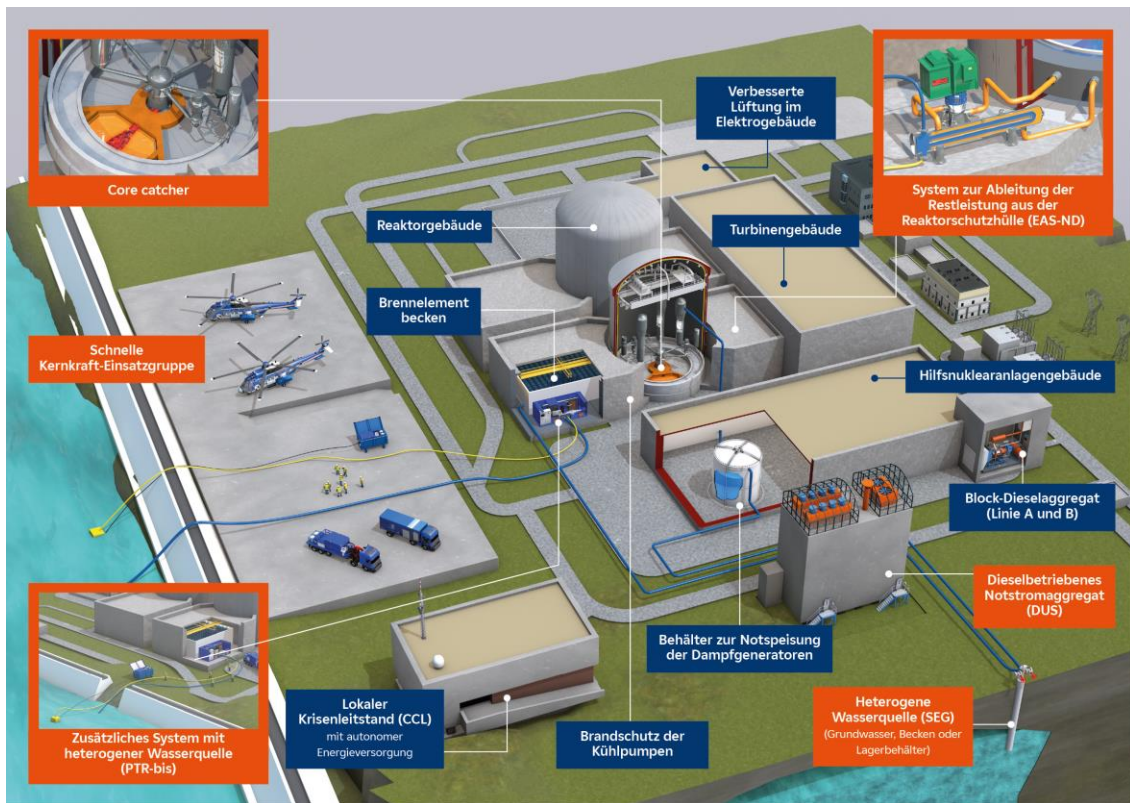


Die „EAS-ND“-Maßnahme beruht auf den folgenden Mitteln:

- Eine Pumpe (angetrieben vom dieselbetriebenen Notstromaggregat (DUS),
- Einen Wärmetauscher zur Ableitung der Wärme aus der Reaktorschutzhülle,
- Eine kalte Quelle „Noyau Dur“ (SF-ND), die aus einer mobilen Pumpvorrichtung besteht,

Die mobilen Gerätschaften der „Noyau Dur“-Systeme werden von der **Force d'action rapide du nucléaire (FARN – schnelle Kernkraft-Einsatzgruppe)** gehandhabt. Die FARN ist das Ergebnis der im Zusammenhang mit dem Unfall in Fukushima erworbenen Erfahrung und besteht aus 300 geschulten EDF-Mitarbeitern, die jederzeit bereitstehen, um an französischen Kernkraftwerken spätestens 24 Stunden nach Auslösen des Unfalls vor Ort einzugreifen.

Wichtigste Maßnahmen des „Noyau Dur“



Dekontaminierung des Wassers im Reaktorgebäude nach einem Unfall mit Kernschmelze



Das Kernkraftwerk von Saint-Laurent,
Département Loir-et-Cher
Copyright Huguet Gilles, EDF

7.1. Überwachungsmaßnahmen für den Normalbetrieb

EDF verfügt über verschiedene Programme zur Überwachung der Umwelt. In den kommenden zehn Jahren wird nicht mit einer maßgeblichen Entwicklung der Nachteile gerechnet, die das Kraftwerk von Saint-Laurent-des-Eaux für geschützte Interessen aufweist. Daher werden die Überwachungsprogramme unverändert fortgeführt. Die Überwachungsmaßnahmen werden im folgenden Abschnitt beschrieben.

■ **Luft und Klimafaktoren**

Die Freisetzung chemischer Schadstoffe in die Atmosphäre durch den Standort sind Gegenstand einer jährlichen Schätzung, die im Anhang des Umweltjahresberichts vorgelegt wird:

- Die Schwefeloxidfreisetzungen, die insbesondere auf der Grundlage des Kraftstoffverbrauchs der Notstromaggregate, der Art der verwendeten Kraftstoffe, der Art der Anlagen und der Betriebsbedingungen berechnet wird;
- Die Formol- und Kohlenstoffmonoxidfreisetzungen, die durch den Austausch der Isolierungen entstehen, berechnet auf der Grundlage der Isolierungsmengen, die bei den Reaktorrevisionen ersetzt werden;
- Die Freisetzungen flüchtiger Stoffe aus der Aufbereitung der Sekundärkreise (Ethanolamin, Ammoniak);
- Diffuse Emissionen von erfassten Kälteflüssigkeits- und SF₆-Mengen bei der Wartung dieser Anlagen.

Das Kraftwerk von Saint-Laurent überwacht auch das Wetter mithilfe einer automatischen Wetterstation (Temperatur- und Niederschlagsmessungen) und einem 10 m und einem 100 m hohen Wettermast zur Ermittlung der Windstärke und Windrichtung.



Beispiele von Gerätschaften zur Niederschlags-, Temperatur- und Windmessung ©EDF

■ **Oberflächengewässer**

Das Kraftwerk von Saint-Laurent ergreift die folgenden Maßnahmen:

- Die Überwachung seiner Wasserentnahmen und seines Wasserverbrauchs aus Oberflächengewässern;
- Die Überwachung seiner Freisetzungen flüssiger Chemikalienausflüsse;
- Die Überwachung seiner Wärmeemissionen;
- Die Überwachung des Wasserhaushalts;



© EDF – Überwachung der flüssigen Schadstoffe

- Die kontinuierliche physikalisch-chemische Überwachung der Oberflächengewässer, die anhand mehrerer autonomer Multiparameter-Messstationen vier physikalisch-chemische Parameter des Wassers überwacht: Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit und gelöster Sauerstoffgehalt;
- Die chemische, physikalisch-chemische und biologische Überwachung der Oberflächengewässer, die anhand chemischer und wasserhaushaltsrelevanter Daten erfolgt (Überwachung physikalisch-chemischer Parameter und hydrobiologischer Segmente):
 - Ziel der chemischen Überwachung ist die Feststellung der Konzentration der vom Kraftwerk freigesetzten Chemikalien im Wasser;
 - Ziel der hydroökologischen Überwachung ist die Erfassung der natürlichen Entwicklung im aufnehmenden Umweltbereich zur Feststellung anormaler Entwicklungen, die vom Standortbetrieb verursacht würden. Überwacht werden dabei physikalisch-chemische Parameter (Temperatur, pH-Wert, gelöster Sauerstoff, Leitfähigkeit, Eutrophierungs- und

Mineralisierungsparameter usw.) sowie biologische Parameter (Ichtyofauna, Phytoplankton, benthische Diatomeen, Zooplankton, Makrophyten und benthische Makrowirbellose);

- Die Überwachung der Gewässer im Rahmen der Ausbaggermaßnahmen.

■ **Böden und Grundwasser**

Das Kraftwerk von Saint-Laurent-des-Eaux hat ein Programm zur Überwachung der chemischen und radiologischen Grundwasserqualität eingerichtet, mit dem Ziel, eventuell vorhandene, durch das Kraftwerk verursachte Belastungen des Grundwassers festzustellen.

Das Kraftwerk besitzt ein Grundwasserüberwachungsnetz aus Piezometern, die im Innern und außerhalb der geotechnischen Einfriedungen angebracht sind. Die Probenentnahmen und Analysen des Grundwassers werden gemäß NF EN ISO/IEC 17025:2017 durchgeführt.

Es betreibt auch verschiedene Vorrichtungen zur Überwachung der entnommenen Wassermengen und zur Gewährleistung der zulässigen behördlichen Grenzwerte.

■ **Radioökologie**

Das Kraftwerk von Saint-Laurent implementiert ein Programm zur Überwachung der flüssigen und atmosphärischen radioaktiven Freisetzungen, um zu gewährleisten, dass die erwarteten Freisetzungen mit den überwachten Parametern übereinstimmen.

Die Überwachung der radioaktiven atmosphärischen Freisetzungen von Saint-Laurent B erfolgt an den folgenden Punkten:

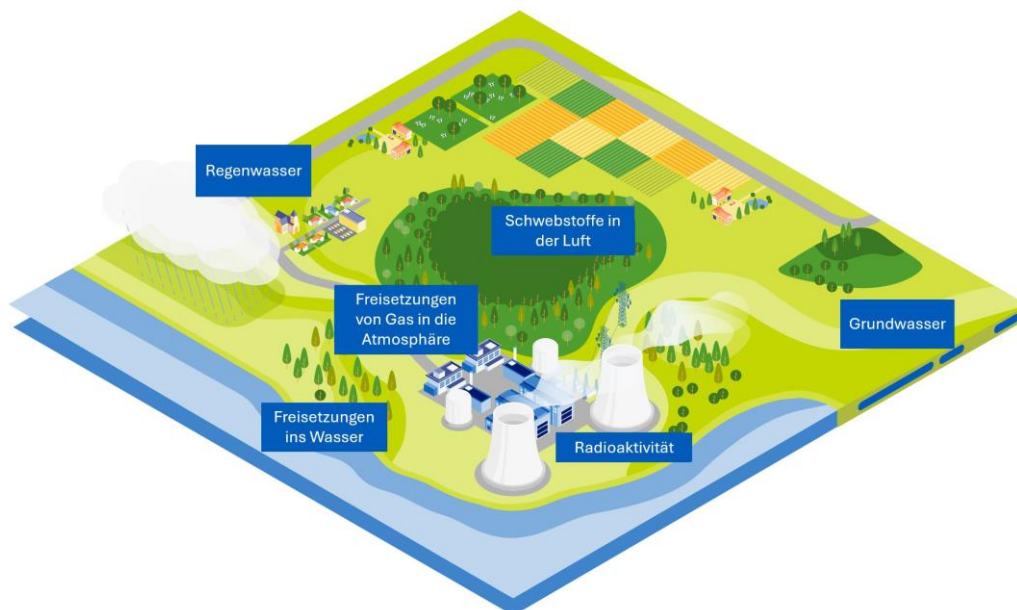
- Den Schornsteinen zur Freisetzung der atmosphärischen Schadstoffe;
- Den Lagerbehältern;
- Den Reaktorgebäuden;
- Den Schornsteinen der Hilfsaufbereitungsanlagengebäude;
- Der Waschküche;
- Der radioaktiven Werkstatt;
- Dem „Ausflüsse“-Labor;
- Dem „Nuklear-Betriebslabor“;
- Dem Sekundärkreis der Reaktoren;
- Den Zwischenlagerbehältern;
- Den Kühlwasserbehältern der Reaktorbecken.

Für die Überwachung der radioaktiven atmosphärischen Schadstofffreisetzungen von Saint-Laurent A werden die Proben an den vier Schornsteinen entnommen.

Die Überwachung der flüssigen radioaktiven Freisetzungen von Saint-Laurent B erfolgt an den folgenden Punkten:

- Den Zwischenlager- und Ausflusskontrollbehältern;
- Den Behältern des Maschinenraums;
- Den vier Probenentnahmepunkten für Regenwasser und für Ventil- und Abwasser.

Die Überwachung der flüssigen radioaktiven Freisetzungen von Saint-Laurent A erfolgt in den Anlagen von Saint-Laurent B.



© EDF

Prinzipdarstellung der radiologischen Überwachung der Umwelt

Die Radioaktivität in der Umwelt des Standorts von Saint-Laurent-des-Eaux wird im Rahmen der folgenden Maßnahmen überwacht:

- Ein behördlicher radiologischer Überwachungsplan, der vom Kraftwerk implementiert wird und insbesondere die folgenden Punkte überwacht:
 - Die Atmosphäre mit einer radiologischen Überwachung der Gammastrahlung in der Umwelt, des atmosphärischen Staubs, des Tritiums in der Luft und im Regenwasser;
 - Das Grundwasser;
 - Die Umwelt an Land mit Messungen der Milch und der Bodenpflanzen sowie der oberflächlichen Bodenschichten und landwirtschaftlichen Erzeugnisse;
 - Die Umwelt im Wasser mit Messungen der Oberflächengewässer, Sedimente, Wasserpflanzen und Wasserlebewesen (Fische).
- Radiologische Studien auf Veranlassung des Betreibers (Jahresbilanz, Zehnjahresbilanz, Sonderstudien);
- Ein radiologischer Überwachungsplan, den die Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR – Behörde für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz) systematisch auf eigene Kosten von seinen Abteilungen des „Gutachten“-Zentrums durchführen lässt.

■ Bevölkerung und deren Gesundheit

Die Überwachung der Auswirkungen des Standorts von Saint-Laurent-des-Eaux auf die Gesundheit der benachbarten Bevölkerung wird durch die Überwachung der Bereiche Atmosphäre, Gewässer und Radioökologie umgesetzt (siehe vorherige Abschnitte).

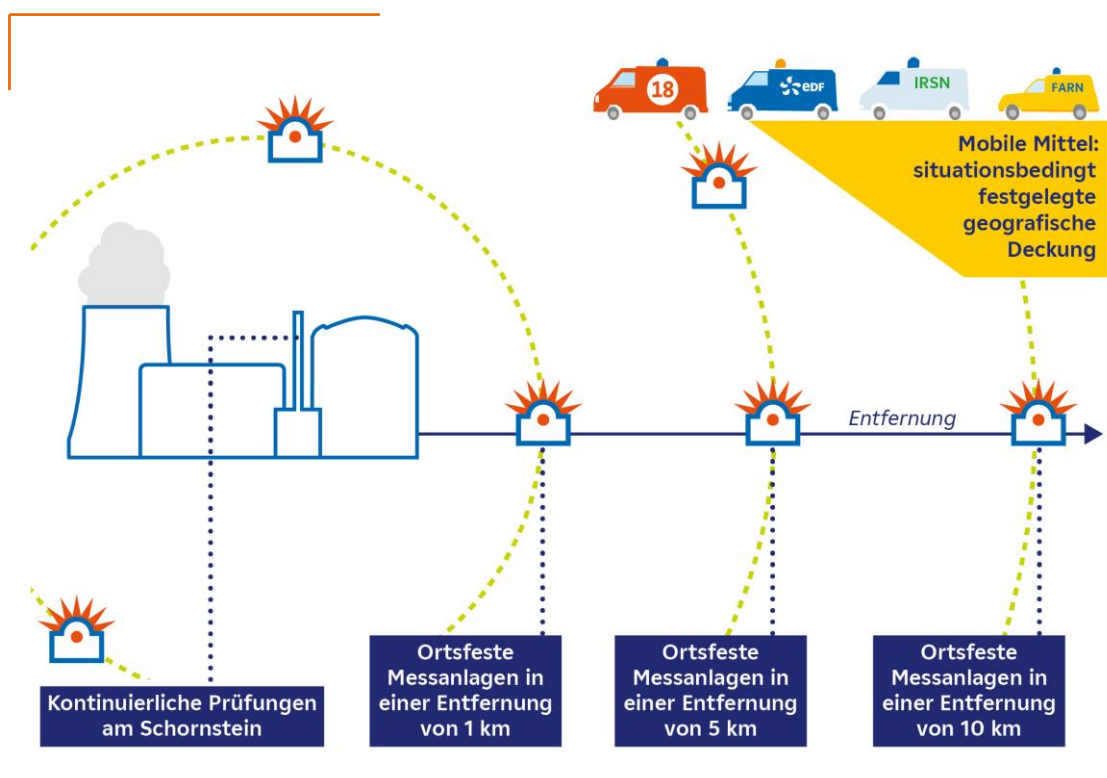
Die Lärmbelastung wird im Rahmen von periodischen Messkampagnen überwacht, die gewährleisten sollen, dass die Vorschriften beachtet werden.

Außerdem wird eine mikrobiologische Überwachung der Anlagen und Gewässer durchgeführt (Überwachung der Amöben *Naegleria fowleri* und der Legionellen *Legionella pneumophila*), um die mögliche Freisetzung pathogener Mikroorganismen über die Kühlkreise in der Umwelt zu unterbinden.

7.2. Überwachungsmaßnahmen hinsichtlich der radiologischen Risiken

In einer Unfallsituation dienen die feststehenden und mobilen Messmittel der Kontrolle/Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt. Die ortsfesten Messmittel sind **kontinuierlich betriebsbereit** und umfassen die Überwachung der Freisetzungen am Schornstein und die Messung der Radioaktivität in der Umgebungsluft durch Messanlagen, die in einer Entfernung von 1 km, 5 km und 10 km vom Standort aufgestellt sind.

Diese Messungen werden bei Unfällen durch mobile, auf den Fahrzeugen von EDF, dem Gutachtendienst der ASN und der Feuerwehr installierte Messanlagen verstärkt, die den Bereich um das Kraftwerk abfahren.





In Frankreich wird der Bau eines Kernkraftwerks von der französischen Regierung nach Freigabe durch die Behörde für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz (Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection – ASN) genehmigt. Diese Genehmigung enthält keine Betriebsdauerbegrenzung. Dennoch muss der Betreiber alle 10 Jahre eine vertiefte periodische Sicherheitsüberprüfung durchführen, um die Betriebsbedingungen der Anlage für die nächsten 10 Jahre zu bewerten. Er muss sicherstellen, dass der Betrieb der Anlage die für den Standort geltenden nuklearen Sicherheitsregeln erfüllt, und die Prüfung der Risiken und Nachteile aktualisieren, die die Anlage für die öffentliche Sicherheit, Gesundheit und Hygiene oder den Natur- und Umweltschutz, d. h. die sogenannten „geschützten Interessen“ birgt.

In den zwei von Électricité de France (EDF) betriebenen 900 MWe-Reaktoren des Kernkraftwerks von Saint-Laurent findet nun die 4. periodische Sicherheitsüberprüfung statt.

Nach Abschluss jeder einzelnen Sicherheitsüberprüfung erstellt EDF einen Bericht, der ihre Schlussfolgerungen und die für den verbesserten Schutz der geschützten Interessen in Betracht gezogenen Maßnahmen darlegt. Nach dem 35. Betriebsjahr findet ein öffentliches Anhörungsverfahren bezüglich dieses Abschlussberichts über die Sicherheitsüberprüfung statt.

Das vorliegende Dokument ist Teil der Unterlagen des öffentlichen Anhörungsverfahrens, das im Rahmen der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung der Reaktoren von Saint-Laurent durchgeführt wird. Es betrifft beide Reaktoren des Kraftwerks. Dieses Dokument bezieht sich auf die mit dem Betrieb dieser Reaktoren während der zehn Jahre nach der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung verbundenen Auswirkungen auf die Umwelt, einschließlich der radiologischen oder sonstigen Folgen eventueller Störfälle oder Unfälle.

Auswirkungen bei Normalbetrieb

Die Wechselbeziehungen zwischen dem normalen Kraftwerksbetrieb und der Umwelt, d. h. die Wasserentnahmen und die Ausflüsse, die Erzeugung von Abfällen, die Lärmbelästigung und die Flächennutzung bleiben in den kommenden zehn Jahren auf dem gleichen Niveau wie während des vergangenen Jahrzehnts.

Die Analyse der Auswirkungen dieser Wechselbeziehungen auf die verschiedenen Bereiche der Umwelt, d. h. die Luft und Klimafaktoren, Oberflächengewässer, Böden und Grundwasser, die Radioökologie, die Artenvielfalt, die Bevölkerung und deren Gesundheit und die menschlichen Aktivitäten belegt keine maßgeblichen Auswirkungen des Kraftwerksbetriebs im aktuellen Zustand und für die zehn Jahre nach der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung.

Grenzüberschreitende Auswirkungen werden nicht erwartet.

Auswirkungen bei Unfällen

Als allgemeine Ausrichtung der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung ihrer 900 MWe-Reaktoren hat EDF sich für die Angleichung an die nuklearen Sicherheitsziele der Reaktoren der 3. Generation wie EDFs Bezugsreaktor „EPR Flamanville 3“ (FLA3) entschieden.

Umfangreichen Maßnahmen zur Verbesserung der nuklearen Sicherheit, die zusammengefasst in diesem Dokument vorgestellt werden, wurden im Rahmen der 4. Sicherheitsüberprüfung in 4 Hauptthemenbereichen umgesetzt:

- **Unfälle ohne Kernschmelze:** Verringerung der radiologischen Folgen, bis sie unter den Grenzwerten für die Implementierung der Bevölkerungsschutzmaßnahmen liegen.
- **Aggressionen:** Berücksichtigung stärkerer Aggressionen – insbesondere Trockenheit, Hitzewellen, Überschwemmungen, Erdbeben – und Einrichtung der „Noyau Dur“-Vorrichtungen zur Verstärkung der Widerstandsfähigkeit der Anlagen gegen extreme Aggressionen wie Erdbeben, Wirbelstürme und Überschwemmungen.
- **Brennelementbecken:** Einrichtung zusätzlicher Mittel zur Kühlung, die von den bestehenden Vorrichtungen unabhängig sind.
- **Unfälle mit Kernschmelze:** Implementierung weiterer Maßnahmen, einschließlich der sogenannten „Noyau Dur“-Vorrichtungen, damit die vorzeitige und umfangreiche Freisetzung von Schadstoffen extrem unwahrscheinlich wird und nachhaltige Auswirkungen für die Umwelt vermieden werden.

Der für die nukleare Sicherheit bei dieser 4. Sicherheitsüberprüfung gewählte Ansatz – mit wichtigen Entwicklungen des Konzepts und des Betriebs der Reaktoren von Saint-Laurent – verringert deutlich die Auswirkungen auf die Umwelt im Zusammenhang mit den radiologischen Risiken.

Wie im Dokument vorgestellt, wären die radiologischen Folgen der hypothetischsten schwersten Unfälle mit Kernschmelze räumlich und zeitlich begrenzt und kompatibel mit den für den Bevölkerungsschutz festgelegten Maßnahmen. Die grenzüberschreitenden Auswirkungen durch die atmosphärische Ausbreitung radioaktiver Stoffe sind sowohl auf kurze Sicht als auch langfristig nach Kumulierung vernachlässigbar.

Aufgrund der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung setzt EDF den Betrieb ihrer Reaktoren von Saint-Laurent bis 50 Jahre fort und trägt so zur Aufrechterhaltung einer Stromerzeugung mit niedriger CO₂-Bilanz bei, deren CO₂-Freisetzung pro kW für den gesamten Lebenszyklus des Kraftwerks unter 4 g liegt.

Für die verschiedenen Umweltbereiche werden während der kommenden zehn Jahre keine wesentlichen negativen Auswirkungen durch den Normalbetrieb des Kraftwerks von Saint-Laurent erwartet. Seine Stilllegung würde keine nennenswerten Vorteile für die Umwelt bieten. Sie würde jedoch zu einem deutlichen Einbruch der CO₂-freien Stromerzeugung führen, die dem Verbrauch von mehr als 2,5 Millionen Haushalten entspricht. Die CO₂-Emissionen zur Erzeugung der entfallenen Produktion durch den europäischen Energiemix lägen bei über 2 Millionen Tonnen CO₂ im Jahr.

GLOSSAR



Abkürzungen	Bezeichnungen
Konventioneller Unfall	Der Begriff „konventioneller Unfall“ wird für einen Unfall verwendet, der nicht bzw. nur schwach radioaktive Folgen haben kann.
ACV	Analyse du cycle de vie – Analyse des Lebenszyklus
APRP	Accident de perte de réfrigérant primaire – Unfall mit Verlust von Primärkreislaufkältemittel
ASG-ND	Système de refroidissement secondaire « Noyau Dur » – System „Noyau Dur“ zur Sekundärkreislaufkühlung
ASNR	Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection – Behörde für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz
CENTRACO	CENTre de TRAitement et de CONditionnement – Aufbereitungszentrum
Potentielle Ziele	Die Bevölkerungsgruppen außerhalb der Standortgrenzen sowie die Umwelt, die den zu schützenden Interessen aus Artikel L. 593-1 des französischen Umweltgesetzbuchs entsprechen.
CIRES	Centre Industriel de Regroupement d'Entreposage et de Stockage de l'ANDRA – Industriezentrum mit Sammelzwischenlager- und -lagerstätte der ANDRA (nationale Behörde für die Verwaltung radioaktiver Abfälle)
CSA	Centre de Stockage de l'Aube – Lagerstätte im Département „Aube“
Gefahr	Der Begriff „Gefahr“ definiert eine inhärente Eigenschaft eines Stoffs (Butan, Chlor...), eines Techniksystems (Druckbeaufschlagung mit Gas...), einer Vorrichtung (Heben einer Last...), eines Organismus (Bakterie...), die zu Schäden an einem „empfindlichen Objekt“ führt. Der Begriff „Gefahr“ geht einher mit den Begriffen der Entzündbarkeit oder Explosionsfähigkeit, der Toxizität, der Infektiosität... und dem der verfügbaren Energie, die die Gefahr auszeichnet.
DCE	Directive Cadre sur l'Eau – Rahmenrichtlinie Wasser
DeD	Débit d'équivalent de Dose – Ortsdosisleistung
DOCOB	DOCUments d'OBJectifs – Zielsetzungsunterlagen

Abkürzungen	Bezeichnungen
DOR	Dossier d'Orientations du Réexamen périodique – Orientierungsunterlagen für die periodische Sicherheitsüberprüfung
DUS	Diesel d'Ultime Secours – dieselbetriebenes Notstromaggregat
EAS	Système d'aspersion d'eau dans l'enceinte de confinement – Beregnungssystem in der Reaktorschutzhülle
EAS-ND	Système d'évacuation de la puissance résiduelle de l'enceinte – System zur Ableitung der Restleistung aus der Reaktorhülle
EDF	Electricité de France – französische Energieversorgungsgesellschaft
EIP	Élément Important pour la Protection des intérêts – wichtige Komponenten für den Schutz der Interessen
EPR	European Pressurised Reactor (Réacteur à Eau Pressurisée) – europäischer Druckwasserreaktor. Gehört der 3. Generation Kernkraftwerke zur Stromerzeugung an
EPRS	Évaluation Prospective des Risques Sanitaires – prospektive Bewertung der Gesundheitsrisiken
EPS	Études Probabilistes de Sûreté – Wahrscheinlichkeitsstudien zur nuklearen Sicherheit
ERC	Eviter, Réduire, Compenser – Vermeiden, verringern, kompensieren
FA	Faible Activité – schwach radioaktiv
FARN	Force d'Action Rapide du Nucléaire – schnelle Kernkraft-Einsatzgruppe
FLA3	Kernkraftwerk Nr. 3 (EPR) des Standorts von Flamanville
GNU	Parc à gaz du magasin général servant à l'entreposage des bouteilles non utilisée – Gasbereich des Hauptlagers für die Zwischenlagerung nicht verwendeter Flaschen
GP/GPE	Groupe Permanent d'experts – ständiges Sachverständigengremium
GV	Générateur de Vapeur – Dampferzeuger
HA	Haute Activité – Stark radioaktiv
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement – umweltschutzkritische Anlage
IEM	Interprétation de l'État des Milieux – Auslegung des Zustands der Umwelt
INB	Installation Nucléaire de Base – Basiskernkraftanlage
INERIS	Institut National de l'Environnement et des RISques – nationales Institut für Umwelt und Risiken
IRSN	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire – Institut für Strahlenschutz und nukleare Sicherheit
MA	Moyenne Activité – mäßig radioaktiv
MES	Matières en Suspension – Schwebstoffe
ND	Noyau Dur
NQE	Normes de Qualité Environnementales – Umweltqualitätsnormen
NMA	Niveaux Maximaux Admissibles – maximal zulässige Level
OISS	Ouverture Intempestive d'une Soupape Secondaire à 0%Pn – unbeabsichtigtes Öffnen eines Ventils im Sekundärkreis bei 0 %Pn
OPEL	Ouvrage de Prise d'Eau en Loire – Bauwerk zur Wasserentnahme aus der Loire
PA	Produits d'Activation – Aktivierungsprodukte
PF	Produits de Fission – Spaltungsprodukte
Gefährliches Ereignis	Als gefährliches Ereignis gilt die teilweise oder umfassende Freisetzung von Energie oder Stoffen, deren Auswirkungen Schäden an potenziellen Zielen verursachen können.
Gefahren-Potenzial	Eine potenzielle Gefahrenquelle beschreibt einen Stoff, ein Technikersystem, eine Vorrichtung, einen Organismus..., die Schäden verursachen können, die empfindliche Objekte beeinträchtigen.
PTR-bis	Système de traitement et de refroidissement d'eau des piscines supplémentaire – zusätzliches System zur Aufbereitung und Kühlung des Beckenwassers
RCR	Rapport de Conclusion du Réexamen périodique – Abschlussbericht über die periodische Sicherheitsprüfung

Abkürzungen	Bezeichnungen
REP	Réacteur à Eau Pressurisée – Druckwasserreaktor
RIS	Système de sauvegarde et de protection du circuit primaire (injection de sécurité) – System für die Aufrechterhaltung und den Schutz des Primärkreises (Notkühlsystem)
Risiko	Jede menschliche Tätigkeit verursacht Risiken. Ein Risiko wird als Kombination der Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines schädlichen Ereignisses und dem Umfang seiner Auswirkungen definiert.
RP	Réexamen périodique – periodische Sicherheitsüberprüfung
RP4	4 ^e réexamen périodique – 4. periodische Sicherheitsüberprüfung
RP4 900	4 ^e Réexamen Périodique des réacteurs de 900 Mwe – 4. periodische Sicherheitsüberprüfung der 900 MWe-Reaktoren
RTGV	Rupture de tube de générateur de vapeur – Bruch einer Leitung des Dampferzeugers
RTGV4	Rupture d'un Tube de Générateur de Vapeur de catégorie 4 – Bruch einer Leitung des Dampferzeugers der 4. Kategorie
RTV	Rupture de Tuyauterie Vapeur – Bruch einer Dampfleitung
RTV + nRTGV	Rupture de Tuyauterie Vapeur cumulée à la Rupture multiple de Tubes de Générateurs de Vapeur – Bruch einer Dampfleitung kumuliert mit multiplen Dampferzeugerrohrbrüchen
SEG	Système Source d'Eau diversifiée – System mit heterogener Wasserquelle
SEI	Seuil des Effets Irréversibles – Schwellenwert der irreversiblen Auswirkungen
SF-ND	Source Froide Noyau Dur – Kalte Quelle „Noyau Dur“
Gefahrstoff	Stoff, Zubereitung oder Mischung, der die Kriterien physikalischer Gefahren, Gefahren für die Gesundheit oder Gefahren für die Umwelt gemäß der geänderten Verordnung vom 20. April 1994 erfüllt.
TFA	Très Faiblement Actif / Très Faible Activité – sehr schwach radioaktiv/sehr schwache Radioaktivität
THE	Très Haute Efficacité – Hocheffizient
THM	Trihalométhanes – Trihalomethane
VC	Vie Courte – kurze Halbwertszeit
VL	Vie Longue – lange Halbwertszeit
VTC	Vie Très Courte – sehr kurze Halbwertszeit
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association (Association des régulateurs nucléaires d'Europe occidentale) – Verband der nuklearen Aufsichtsbehörden für Westeuropa
ZER	Zone à Émergence Règlementée – Zone mit reglementiertem Aufkommen
ZNIEFF	Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique – Naturgebiete mit besonderer Bedeutung bezüglich der Umwelt, Fauna und Flora
ZPS	Zones de Protection Spéciales – besondere Schutzgebiete vom Typ Europäisches Vogelschutzgebiet
ZSC	Zones Spéciales de Conservation – besondere Schutzgebiete vom Typ FFH-Gebiet