



DOKUMENT

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 Gravelines
Reaktor Nr. 2

	Seiten
Einleitung	S.3
1. Der Betreiber des Kraftwerks von Gravelines und der Hintergrund der periodischen Sicherheitsüberprüfung	S.4
1.1. Betreiber des Kraftwerks von Gravelines	S.4
1.2. Hintergrund der periodischen Sicherheitsüberprüfung	S.5
2. Fortsetzung des Betriebs der Reaktoren von Gravelines	S.9
2.1. Das Kernkraftwerk von Gravelines	S.9
2.2. Betrieb des Kraftwerks	S.10
2.3. Die Fortsetzung des Betriebs	S.12
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 Gravelines mit der Umwelt	S.41
5.7. Prognose für die kommenden 10 Jahre hinsichtlich der Auswirkungen auf die Umwelt	S.51
6. Bewertung der grenz-überschreitenden Auswirkungen	S.65
6.1. Anforderungen hinsichtlich der radiologischen Folgen	S.66
6.2. Radiologische Folgen	S.68
6.3. Messung von Begrenzung der radiologischen Risiken	S.74
7. Überwachung der Umwelt	S.84
7.1. Überwachungsmaßnahmen für den Normalbetrieb	S.84
7.2. Überwachungsmaßnahmen hinsichtlich der radiologischen Risiken	S.87
8. Schlussfolgerungen	S.88
Glossar	S.90

EINLEITUNG



Luftbild des Kernkraftwerks von Gravelines,
Département Nord
Copyright Burnod Jean-Louis, Happy Day

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 sechs von Électricité de France (EDF, www.edf.fr) betriebenen 900 MWe-Druckwasserreaktoren des Kernkraftwerks von Gravelines 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 – 4 des Kraftwerks von Gravelines wurden der Regierung und der Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR – Behörde für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz, www.asnr.fr) jeweils am 10. September 2022, 18. April 2023, 16. März 2024 und 14. Dezember 2024 vorgelegt. Zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Dokuments sind die Berichte der Reaktoren Nr. 5 und 6 noch nicht abgeschlossen.

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 Gravelines durchgeführt wird. Es betrifft alle sechs Reaktoren des Standorts von Gravelines.

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 Mitgliedstaat 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 Gravelines beschriebenen Umweltauswirkungen betreffen.



Luftbild des Kernkraftwerks von Gravelines,
Departement Nord
Copyright Burnod Jean-Louis, Happy Day

1. DER BETREIBER DES KRAFTWERKS VON GRAVELINES UND DER HINTERGRUND DER PERIODISCHEN SICHERHEITS- ÜBERPRÜFUNG

1.1. Betreiber des Kraftwerks von Gravelines

Als Betreiber des Kraftwerks von Gravelines 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 Gravelines fast 32,7 Milliarden kWh CO₂-freie Energie erzeugt. Das entspricht dem Stromverbrauch von fast 6,5 Millionen französischen Haushalten und 9 % der französischen Energieerzeugung aus Kernkraft. Das Kernkraftwerk von Gravelines unterstützt die Klimaziele von Frankreich und der Europäischen Union sowie die Stromversorgungssicherheit.

Das Kernkraftwerk von Gravelines ist ein wichtiger Wirtschaftsakteur der Region Haut-de-France. Es ist einer der wichtigsten Industriearbeitgeber der Region und beschäftigt am Standort durchschnittlich 3 800 Mitarbeiter. Es bringt sich stark in die Ausbildung junger Menschen ein und hat 2024 mehr als 90 Auszubildende und 190 Praktikanten 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 Gravelines besteht aus sechs Druckwasserreaktoren (REP – Réacteur à eau pressurisée) mit einer elektrischen Leistung von jeweils 900 MWe, die im sogenannten „offenen Kreislauf“ gekühlt werden. Diese Reaktoren wurden zwischen 1980 und 1985 in Betrieb genommen. Sie tragen seit über 40 Jahren zuverlässig zur Erzeugung CO₂-freier Energie bei. EDF führt die 4. periodische Sicherheitsüberprüfung dieser sechs einzelnen Reaktoren durch, die am Standort von Gravelines 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 ASNR 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 ASNR 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 ASNR auf die Ansichten und Empfehlungen von ständigen Sachverständigengremien.

² ASNR – Orientations générales 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 Gravelines 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 Gravelines 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 ASNR⁴ 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 Gravelines einzeln betrachtet.

Im Anschluss an die Sicherheitsüberprüfung⁵ legt EDF den Abschlussbericht über die Sicherheitsprüfung der 6 einzelnen Reaktoren von Gravelines dem für die nukleare Sicherheit zuständigen Minister und der ASNR 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 Gravelines findet ein öffentliches Anhörungsverfahren über den Abschlussbericht der Sicherheitsprüfung statt.

Die ASNR 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 Gravelines regeln.

Nach Abschluss der Sicherheitsüberprüfung trägt die Fortsetzung des Betriebs von Gravelines 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 (ASNR – 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 ASN 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 ASN durch die sogenannte Rückbauverordnung (DEM – Décret de démantèlement) angeordnet. Der Rückbau erfolgt gemäß den folgenden Phasen:

Vorbereitungsphase: Maßnahmen zur Vorbereitung des Rückbaus (PDEM – Préparation du démantèlement)

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 Kontaminierung) 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 Räumlichkeitsbereich 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.



2.1. Das Kernkraftwerk von Gravelines

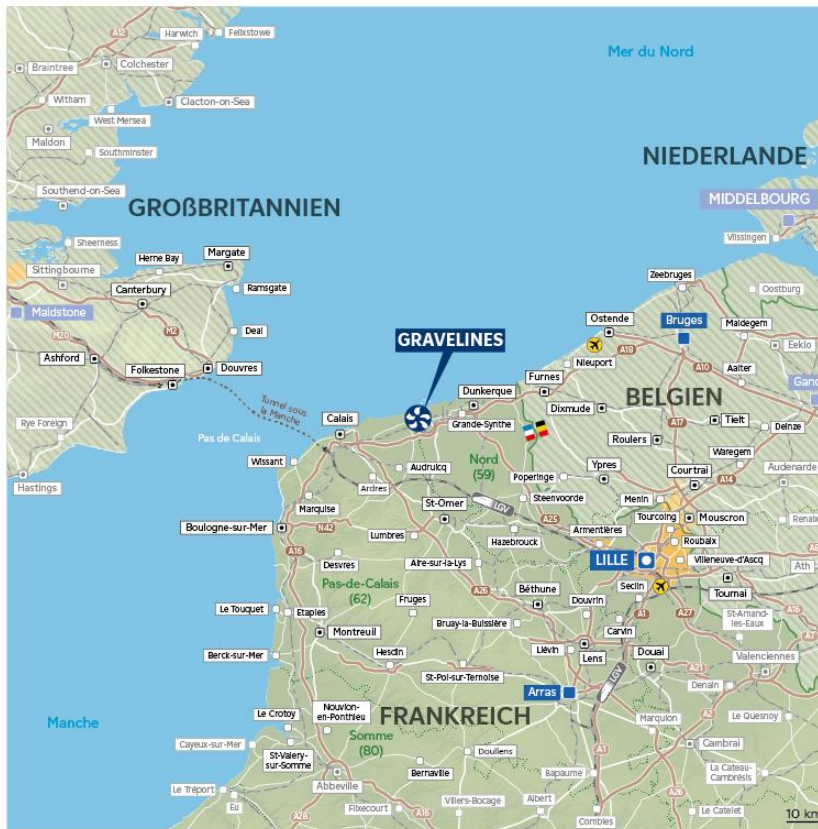
Das Kernkraftwerk von EDF befindet sich in der Gemeinde Gravelines, im Département „Nord“ an der Grenze zum Département „Pas-de-Calais“, die beide zur Region „Hauts-de-France“ gehören. Es liegt an der Nordseeküste auf halber Strecke zwischen Dunkerque und Calais, inmitten einer stark vernetzten Industrieregion.

Die wichtigsten Städte in der Nachbarschaft des Kraftwerks sind Dunkerque (17 km), Calais (21 km) und Boulognes-sur-Mer (47 km).

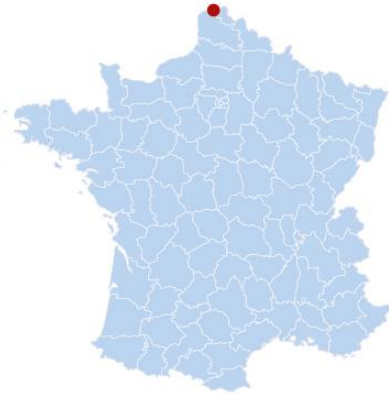
Es liegt im Umkreis eines „Parc Naturel Régional“, zweier Naturschutzgebiete, mehreren NATURA 2000-Gebieten und Küstenschutzgebieten, die dem „Conversatoire du Littoral“ angehören.

Das Kernkraftwerk von Gravelines besteht aus sechs Druckwasserreaktoren (REP – Réacteur à eau pressurisée), die zwischen 1980 und 1985 in Betrieb genommen wurden und von der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung betroffen sind.

KERNKRAFTWERK VON GRAVELINES (DEPARTEMENT „NORD“)



Wichtigste Städte und Kommunikationswege



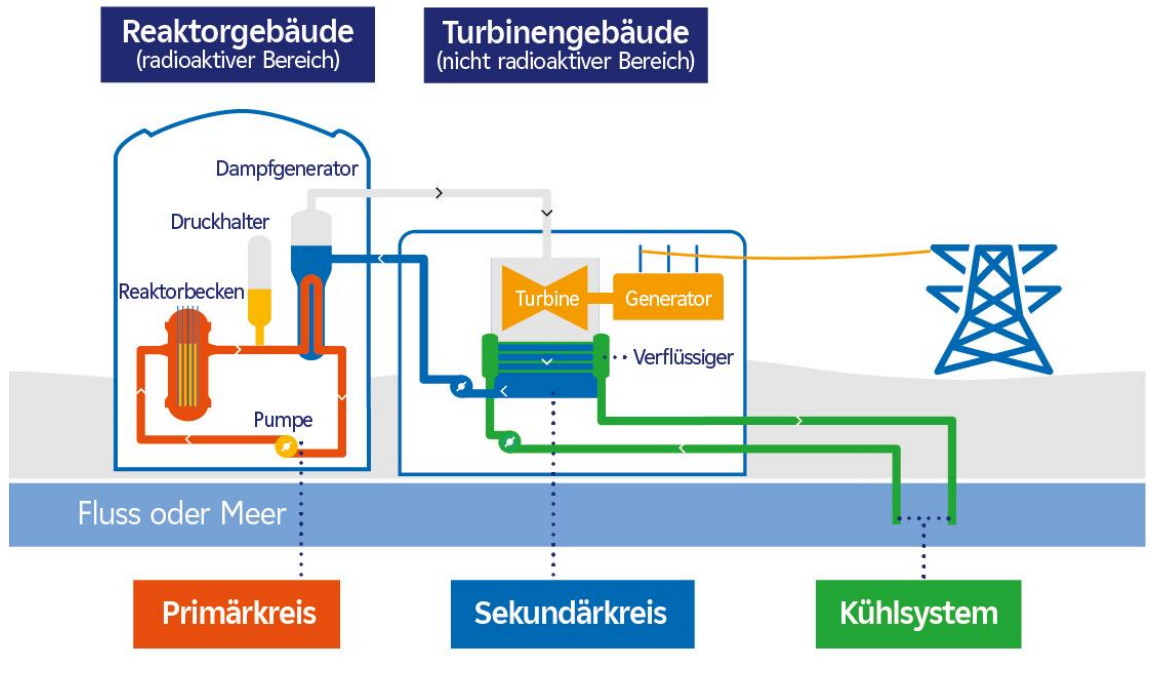
- Préfecture de région (Verwaltungszentrum der Region)
- Préfecture départementale (Verwaltungszentrum des Departments) (BELGIEN: Verwaltungssitz der Provinz / NIEDERLANDE: Verwaltungssitz der Provinz / GROßBRITANNIEN: Verwaltungssitz der Grafschaft)
- Sous-Préfecture (Verwaltungszentrum des Distrikts) (BELGIEN: Verwaltungssitz des Bezirks / GROßBRITANNIEN: Verwaltungssitz 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 Gravelines besteht aus sechs Druckwasserreaktoren mit einer elektrischen Leistung von jeweils 900 MWe, die im sogenannten „offenen Kreislauf“ gekühlt werden. Der Betrieb eines Druckwasserreaktors beruht auf drei getrennten und gegeneinander abgedichteten Leitungssystemen (siehe nachfolgende Abbildung).

DAS KERNKRAFTWERK Betriebsprinzip, ohne 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 Dampfgeneratoren, 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 Gravelines stammt das Wasser dieses 3. Kühlkreises aus der Nordsee.

2024 hat das Kernkraftwerk von Gravelines fast 32,7 Milliarden kWh CO₂-freie Energie erzeugt. Das entspricht dem Stromverbrauch von ca. 6,5 Millionen Haushalten und 9 % 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.

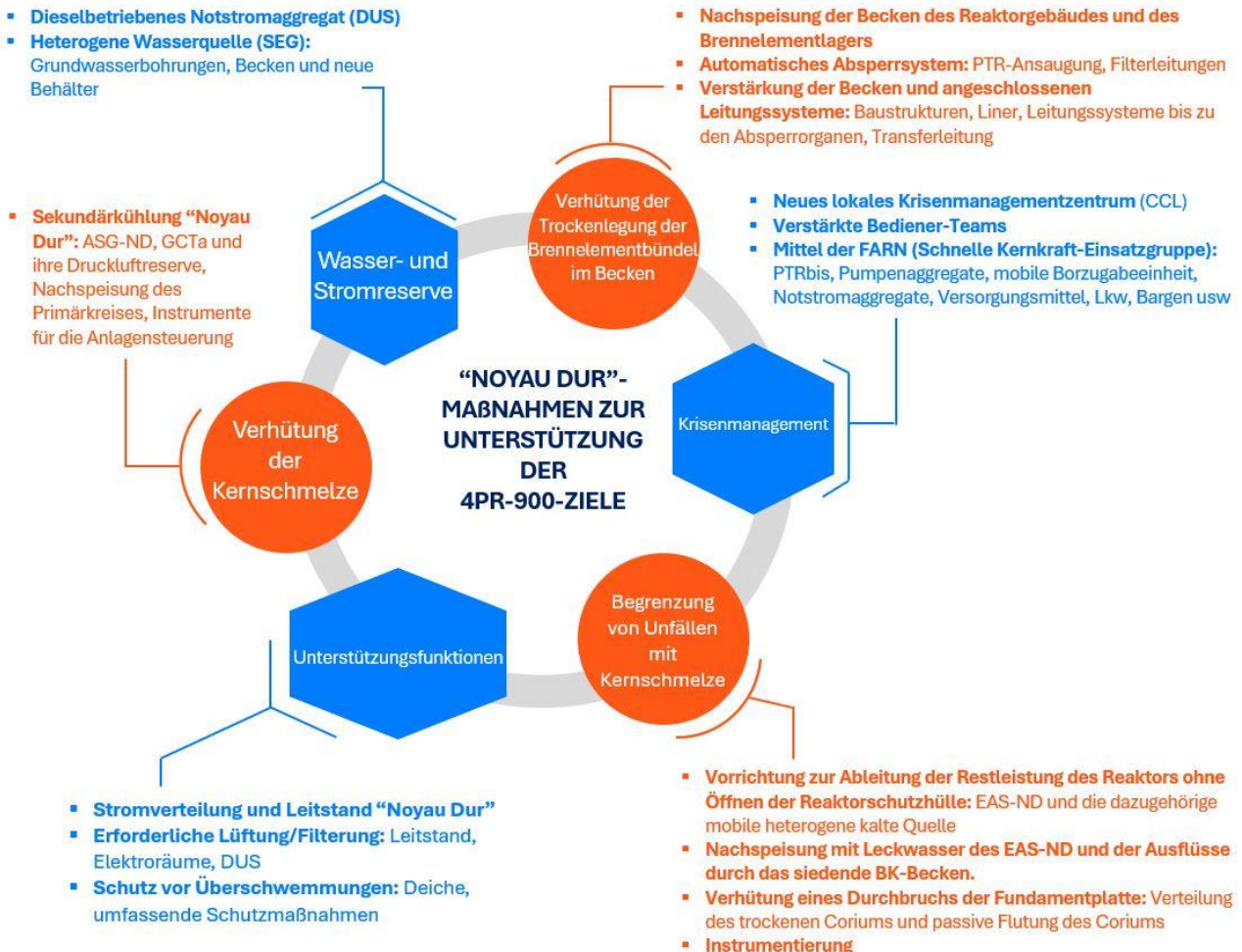
2.3.1. Vorgeschlagene Maßnahmen

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 ASN, die die Bedingungen für die Fortsetzung des Betriebs überwacht.

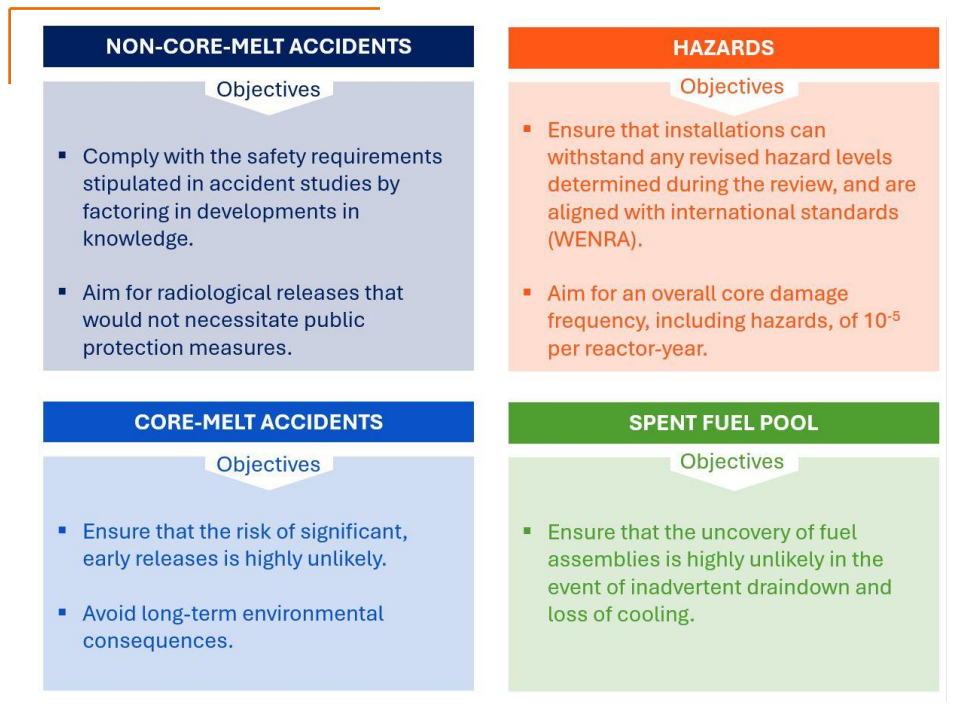
Die Verbesserungsmaßnahmen bestehen teils aus der Berücksichtigung der für die Einbeziehung der Erfahrungen aus dem Unfall des Kernkraftwerks von Fukushima Daiichi im März 2011 implementierten Mittel bei der Bestätigung der nuklearen Sicherheit der Reaktoren. Dabei werden diese Mittel im Anschluss an 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 Gravelines 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 Stillstands 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.

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



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.



Das Kernkraftwerk von Gravelines,
Département „Nord“,
Copyright EDF

3. ÖFFENTLICHES ANHÖRUNGSVERFAHREN BEZÜGLICH DER PERIODISCHEN SICHERHEITSÜBERPRÜFUNG

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.

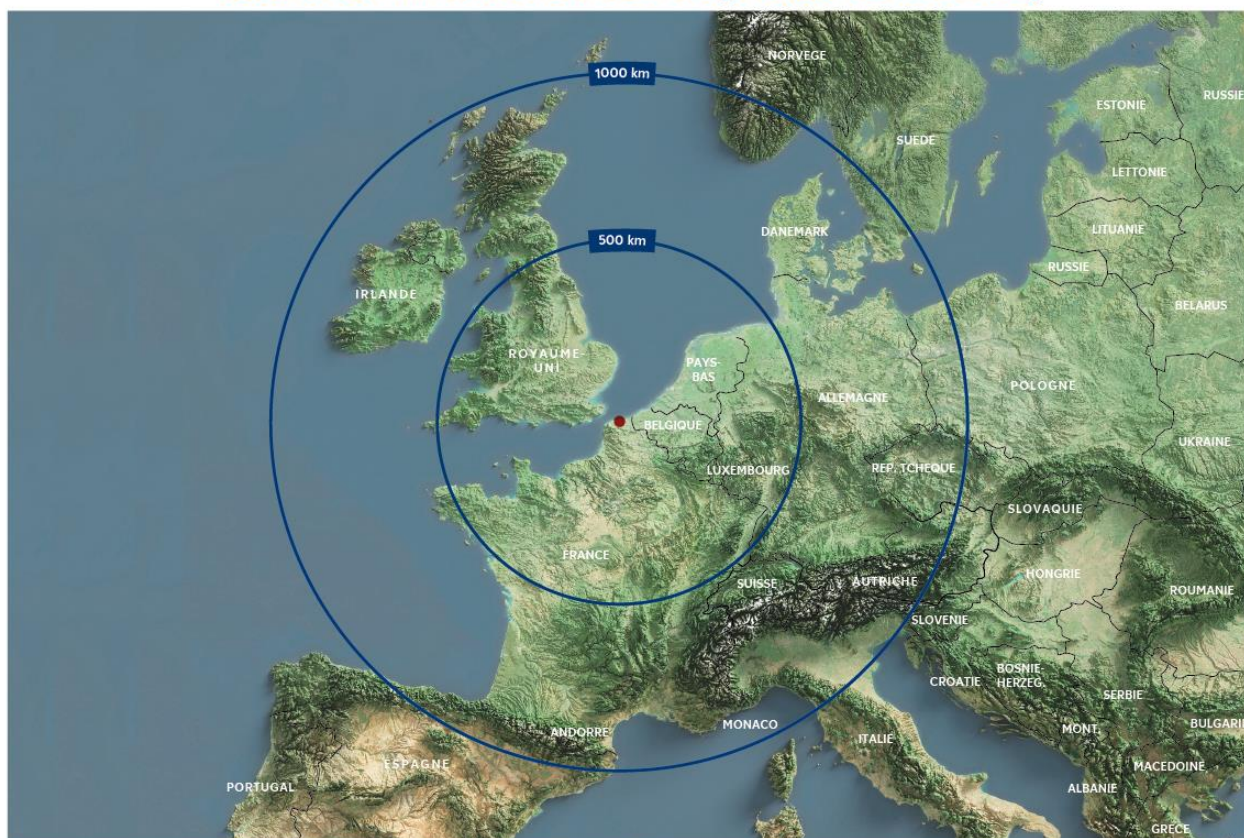
3.2. Internationale Konsultierung

Im Rahmen dieses öffentliches Anhörungsverfahren 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 Gravelines und den Abstand zu den Nachbarländern der Französischen Republik, zumindest über die ersten 1.000 Kilometer.

KERNKRAFTWERK GRAVELINES (NORDFRANKREICH)

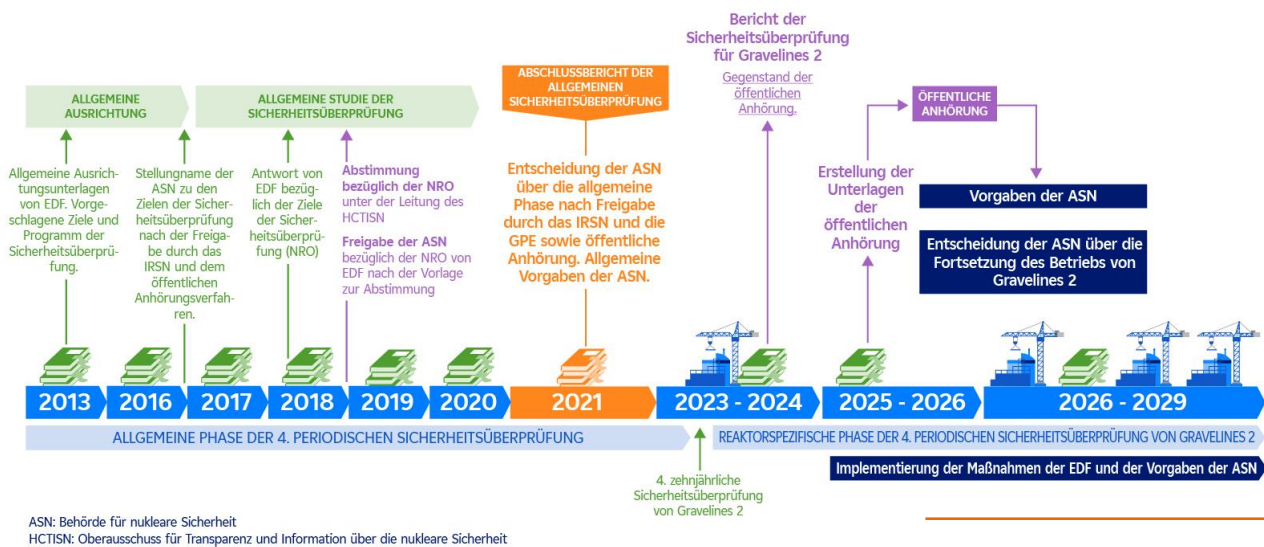


Geografische Lage des Kraftwerks von Gravelines im Verhältnis zu den Nachbarländern

3.3. Terminplan des Regelungsverfahrens

Der Präfekt des Departements Nord 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. 2 von Gravelines beschrieben.



Nach dem aktuellen Stand könnte das öffentliche Anhörungsverfahren der Reaktoren Nr. 2 und 4 zwischen Ende 2025 und bis Mitte 2026, und das der Reaktoren Nr. 5 und 6 von Gravelines zwischen 2030 und 2031 stattfinden.

4. NUKLEARE SICHERHEIT DES KERNKRAFTWERKS

Das Kernkraftwerk von Gravelines, Departement
„Nord“,
Copyright EDF

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.

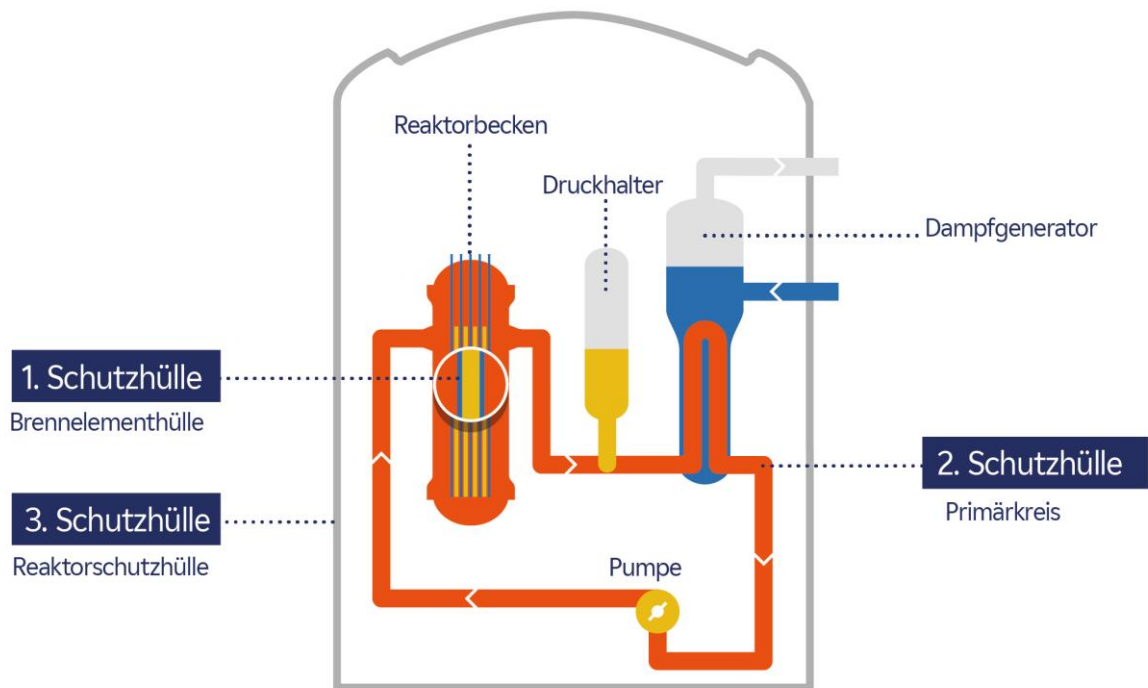
4.2.1. Begrenzung der radiologischen Risiken

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



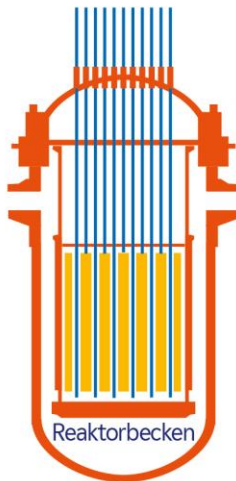
Die Methode zur Analyse der Risiken umfasst die Ermittlung der möglichen Ursachen für die Freisetzung radioaktiver Stoffe außerhalb der Schutzhüllen und die Festlegung der Maßnahmen zur größtmöglichen Minimierung der Häufigkeit und des Umfangs der Folgen solcher Ereignisse.

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

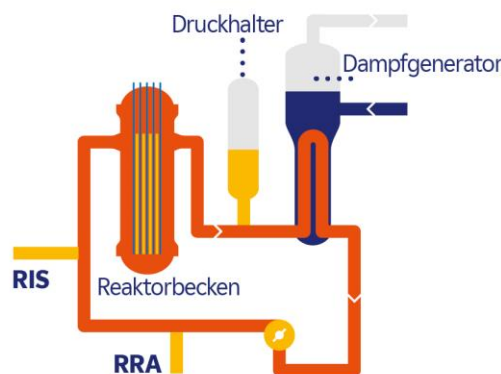
- Position der Steuerbündel
- Borkonzentration des Wassers



2 Kühlung der Brennelemente

Ableitung der Wärme:

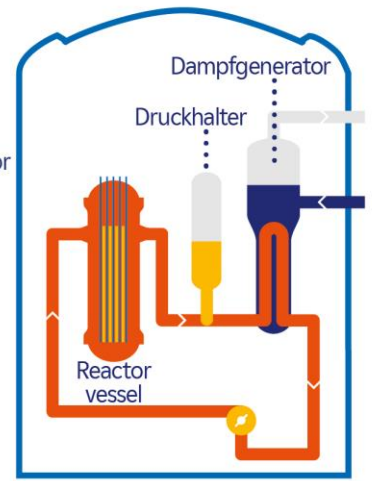
- Im Normalbetrieb über die Dampfgeneratoren
- Bei Reaktorstilllegung über den Kühlkreis (RRA)
- Über die Notkühlsysteme (RIS)



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 vorgehen, 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 (Verfahrensanweisungen für Störfälle und Unfälle);
- 4. Abschwächung (4. Stufe):** Situationsmanagement zur Begrenzung der radiologischen Folgen für die Umwelt und die Bevölkerung (Abschließende Verfahrensanweisungen);
- 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 Gravelines 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 Gravelines 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 Dampfgeneratorrohrbrüchen (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.

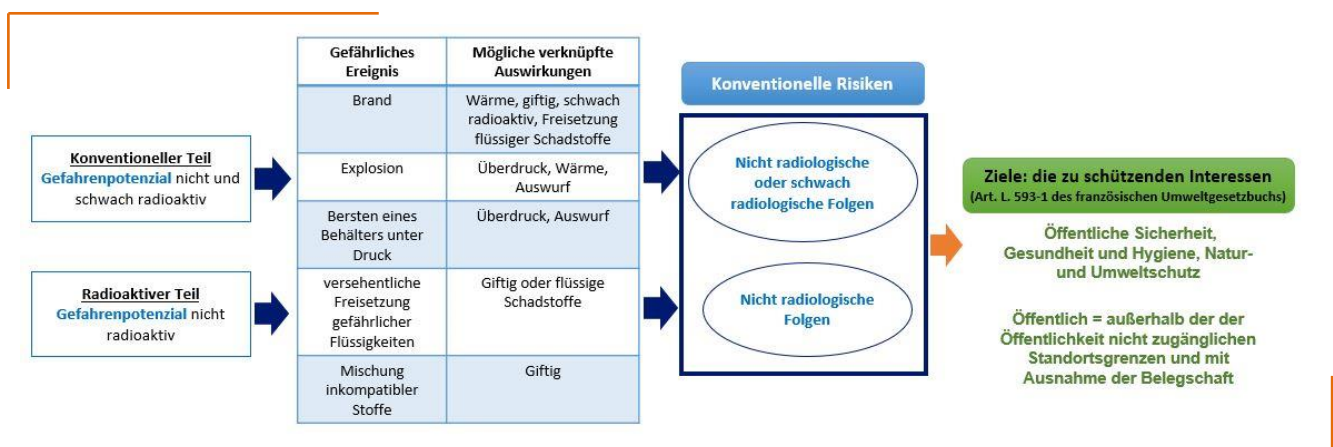
4.2.2. Begrenzung der konventionellen Risiken

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 nuklearen 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 Radionukleiden 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 der Risiken 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 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 Analyse 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 (EIP – Élément important pour la protection des intérêts und AIP – Activité importante 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 Gravelines

■ **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 Gravelines durchgeführte Risikoanalyse hat fünf konventionelle Unfallszenarien ausgewiesen, die die zu schützenden Interessen beeinträchtigen können:

- Im Lagerbereich für sehr schwach radioaktive Abfälle (TFA – Très faiblement actif) könnte ein Brandszenario, in das alle in dieser Anlage vorhandenen Gefahrenpotenziale einfließen, Wärmeentwicklung verursachen;
- Im GNU-Gasbereich kann ein Szenario mit Bersten einer unter Druck stehenden Stickstoffflasche aufgrund eines Lecks zu Überdruckauswirkungen führen;
- An der Elektrochlorierungsstation kann das Versagen der Schutzhülle eines Chlorwasserstoffsäurebehälters

im Zapfbereich zur Freisetzung von giftiger Chlorwasserstoffsäure führen;

- Im Zapfbereich⁹ der Entkarbonisierungsstation, 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 den Zapfbereich der Entkarbonisierungsstation, der Anlagen zur Elektrochlorierung und der Entsalzungsstation verwechselt, kann sich ebenfalls zwischen den Anlagen ein inkompatibles Gemisch von Gefahrstoffen bilden und zur atmosphärischen Freisetzung einer giftigen Chlorwolke führen.

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.

Die Risikostufe des Szenarios eines Brands im Lagerbereich der sehr schwach radioaktiven Abfälle ist akzeptabel. Die Wahrscheinlichkeit seines Eintretens entspricht der eines sehr unwahrscheinlichen Ereignisses (weniger als 1 mal alle 10.000 Jahre).

Die Risikostufe des Szenarios mit Bersten einer druckbeaufschlagten Stickstoffflasche im GNU-Gasbereich ist akzeptabel. Die Wahrscheinlichkeit seines Eintretens entspricht der eines unwahrscheinlichen Ereignisses (weniger als 1 mal alle 1.000 Jahre).

Für das Szenario mit Freisetzung von giftiger Chlorwasserstoffsäure 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 – Activité importante pour la protection des intérêts) ergriffen und speziell an jedes Szenario angepasst. Diese Vorbeugungsmaßnahmen müssen vor dem Zapfen stattfinden und gestalten sich wie folgt:

- Ein Mitarbeiter von EDF ist anwesend, um den Zapfvorgang zu genehmigen und insbesondere vor der Zapffreigabe sicherzustellen, dass kein Produkt austritt und der Schlauch ordnungsgemäß angeschlossen ist;
- Ein Not-Aus-Schalter am Lastwagen oder an den Pumpvorrichtungen, der vom Fahrer betätigt wird, um den Zapfvorgang abzubrechen.

In Anbetracht der ergriffenen Maßnahmen ist die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Szenarios mit Freisetzung von giftiger Chlorwasserstoffsäure ein sehr unwahrscheinliches Ereignis (weniger als 1 mal alle 10.000 Jahre).

Außerdem werden für das Szenario mit Freisetzung von giftiger Chlorwasserstoffsäure 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 ordnungsgemäße Anschluss des Schlauchs/Ladearms an den Anschlusskupplungen wird vom für das Zapfen verantwortlichen Mitarbeiter geprüft, der auch sicherstellt, dass das Zapfen unterbunden werden kann (Lastwagen gestoppt/gesperrt, kein Leck, Kupplungen ordnungsgemäß verriegelt/verschraubt);
- Das gelieferte Produkt wird anhand einer Probenentnahme kontrolliert, um sicherzustellen, dass das gelieferte Produkt die erwarteten Spezifikationen erfüllt;

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

- Eine dritte Person führt eine Prüfung durch, um anhand einer physischen Handlung sicherzustellen, dass die Zapfreigabe erteilt ist (z. B. Entriegelung des Ventils).

In Anbetracht der ergriffenen Maßnahmen ist die Wahrscheinlichkeit des Eintretens von Szenarien mit inkompatiblen Gemischen ein extrem unwahrscheinliches Ereignis (weniger als 1 mal alle 100.000 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 Gravelines 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 Gravelines,
 - 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 Gravelines 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 Abhorrchvorrichtungen 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 Gravelines 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 Daishi 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. BEWERTUNG DER AUSWIRKUNGEN DES BETRIEBS AUF DIE UMWELT

Luftbild des Kernkraftwerks von Gravelines,
Departement Nord
Copyright Burnod Jean-Louis, Happy Day

5.1. Vorgehensweise

Abschnitt 5 beschreibt die Bewertung der Auswirkungen des Betriebs des Kraftwerks von Gravelines 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 Gravelines mit der Umwelt zum aktuellen Zeitpunkt und für die kommenden 10 Jahre.

Der Unterabschnitt 5.7 beschreibt die Auswirkungen des Betriebs des Kraftwerks von Gravelines 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 Gravelines auf die Gesundheit und Umwelt bewerten sowie nachweisen, dass sie akzeptabel sind.

▪ **Luft und Klimafaktoren**

Die Analyse der Auswirkungen des Betriebs des Kraftwerks von Gravelines auf das Klima stützen sich auf die Analyse des Lebenszyklus (ACV – Analyse du cycle de vie) des kWh der Kernenergie 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, erstellt 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 Gravelines,

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 Gravelines 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 Gravelines und den Naturgebieten, der Fauna, Flora und den ökologischen Funktionen.

■ **Bevölkerung und deren Gesundheit**

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

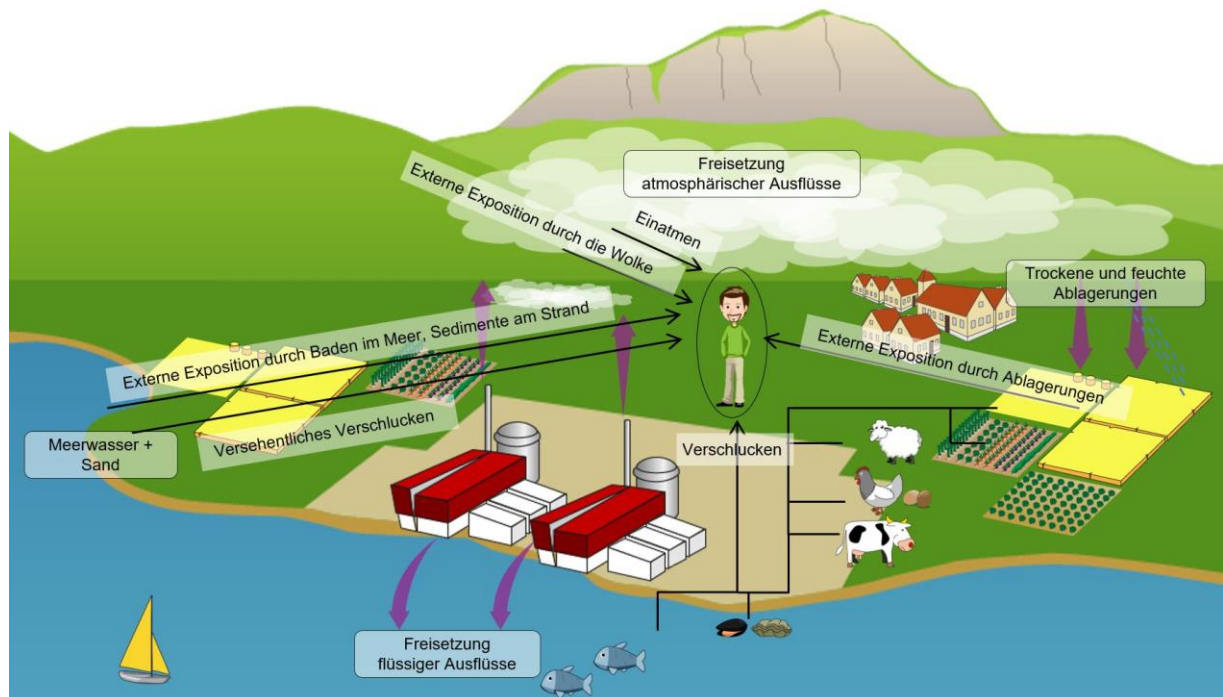
Folgende Expositionswege werden berücksichtigt (siehe nachfolgende Abbildung):

- 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 Radionukleide, 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 Gravelines 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 Gravelines 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. Datum 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.

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 Schadstoffzersetzung.

5.4. Für die Bewertung verwendete Daten

Für die Bewertung der Auswirkungen des Betriebs des Kraftwerks von Gravelines 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 Gravelines 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 Gravelines 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

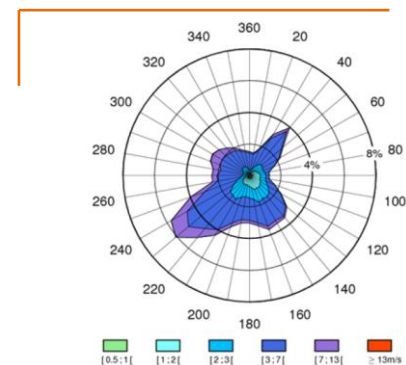
■ **Klima**

Die Region des Standorts von Gravelines wird von einem deutlich ozeanischen Klima beeinflusst. Hitze- und Kältewellen sind selten, während Frostperioden im Winter regelmäßig auftreten. Die Region ist das ganze Jahr über sehr windig, was zu sehr instabilem Wetter führt.

Im Zeitraum von 2010 bis 2019 liegen die durchschnittlichen Monatstemperaturen in Gravelines zwischen 4,9 °C (Februar) und 18 °C (Juli und August). Es regnet im Durchschnitt 190,5 Tage im Jahr. Die vorherrschenden Winde wehen aus dem Südwesten.

■ **Luftqualität**

Die Luftqualität am Standort von Gravelines gilt generell als gut, trotz einiger Überschreitungen der Ozonwerte.



Grafik der in 10 m Höhe gemessenen Winde, Wetterstation des Standorts von Gravelines, Zeitraum von 2010 bis 2019

5.5.2. Oberflächengewässer

■ **Hydrologie**

Das Kraftwerk von Gravelines liegt westlich von der Nordsee in unmittelbarer Nähe der Straße von Calais (Straße von Dover). Diese Lage, in Verbindung mit der geringen Wassertiefe, führt zu einer starken Hydrodynamik. Der Gezeitenzyklus findet zwei mal täglich statt. Die Gezeitenströmungen verlaufen parallel zur Küste, jeweils in abwechselnder Richtung.

Der dem Kraftwerk am nächsten gelegene Festlandzufluss ist die Aa, ein kleiner Küstenfluss der das Hinterland der Küstenebene entwässert. Aufgrund der sehr geringen Höhe dieser Ebene über dem Meeresspiegel wird der Ablauf ins Meer mittels Schleusen geregelt. Dies gilt auch für die beiden anderen Wasserläufe der Region: Dunkerque

▪ **Physikalisch-chemische und biologische Qualität**

Von der Wasserentnahme und den Freisetzungen flüssiger Chemikalien durch das Kraftwerk von Gravelines sind die folgenden zwei Wassermassen betroffen: FRAT04 (Übergangswassermasse „Hafen von Dunkerque“) und FRAC02 (Küstenwassermasse „Von Malo bis Gris Nez“). Die Bewertung des ökologischen und chemischen Zustands dieser Wassermassen wurde 2019 von der Wasserbehörde „Agence de l’Eau du bassin Artois-Picardie“ vorgenommen. Die Wassermasse FRAC02 weist einen mäßigen ökologischen Zustand und einen guten chemischen Zustand auf. Die Wassermasse FRAT04 gilt als gutes ökologisches Potenzial und hat 2019 einen guten chemischen Zustand erreicht. Die Befunde der gewässerökologischen und chemischen Überwachung während des Zeitraums 2011-2020 ergeben eine zufriedenstellende Qualität der Gewässer, sowohl hinsichtlich der physikalisch-chemischen Parameter als auch der biologischen Kennzahlen.

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.

5.5.3. Böden und Grundwasser

▪ **Geologie**

Das Kraftwerk von Gravelines wurde auf jungen Quartätsedimenten errichtet, unter anderem:

- Quartätsande und -schluffe in einer Schichtdicke von ca. dreißig Metern;
- Tertiärtone in einer Schichtdicke von über hundert Metern.

Die Erdarbeiten des Kraftwerks haben zum Bau einer allgemeinen Plattform geführt, die mittels Wasserversatz aus dem im Außenhafen von Dunkerque ausgehobenen Sands errichtet wurde. Unterhalb der nuklearen Anlagenteile und der Maschinenräume wurde der Sand fast vollständig durch eine Verteilerplatte aus Beton ersetzt, um das Setzen der Böden zu begrenzen.

Die wichtigsten Anlagen des Kraftwerks befinden sich innerhalb von geotechnischen Einfriedungen (eine Einfriedung pro Reaktorpaar), die den Abfluss des Grundwassers verhindern.

▪ **Hydrogeologie**

Unterhalb des Kraftwerks von Gravelines liegen als wichtigste grundwasserführende Schicht die Quartärsande und -schluffe. Sie weisen eine Schichtstruktur auf, die die grundwasserführende Schicht in drei sandigen Lagen in mehrere getrennte Grundwasserschichten unterteilt zwischen denen recht undurchlässige Schluffe liegen. Der Ablauf erfolgt in Richtung des Außenhafens von Dunkerque, zuerst von Südwest nach Nordost entlang der südöstlichen Seite der Anlagen, dann von Süden nach Norden in der Nähe des Außenhafens.

Das Verhalten des Grundwassers außerhalb der geotechnischen Einfriedungen unterscheidet sich von dem innerhalb dieser Einfriedungen. Die im Tonsockel verankerten geotechnischen Einfriedungen isolieren die Bauwerke der nuklearen Anlagenteile und die letzten siebenhundert Meter der Zu- und Abflusskanäle verhindern den Abfluss direkt ins Meer. Im Innern der Einfriedungen sind der Zulaufstrom (aus dem äußeren Grundwasser) und der Ablaufstrom (über den Zuflusskanal) begrenzt.

Nach dem SDAGE Artois-Picardie (2022-2027) gilt für die Grundwassermasse unterhalb des Standorts (FREAG314 „Sables du Landénien des Flandres“ – Sande des Landénien) die Aufrechterhaltung des guten chemischen und quantitativen Zustands, der 2015 erreicht wurde.

■ **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.

5.5.4. Radioökologie

In der Nähe des Standorts wurde die Umwelt radiologischen 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 Standort 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 durch den Betreiber im Umfeld des Kraftwerks von Gravelines durchgeführten radioökologischen Überwachung belegt, dass die radioaktive Komponente hauptsächlich natürlichen Ursprungs ist. Die Radioaktivität künstlichen Ursprungs stammt hauptsächlich aus der Remanenz der atmosphärischen Niederschläge der atmosphärischen Nuklearversuche, dem Unfall von Tchernobyl und, in geringerem Maße, dem von Fukushima, sowie aus den am Kraftwerk von Gravelines und den weiteren Kernkraftstandorten der Küste (Aufbereitungsstandort von Den Haag und sonstigen Kernkraftwerken) freigesetzten Schadstoffen.

5.5.5. Artenvielfalt

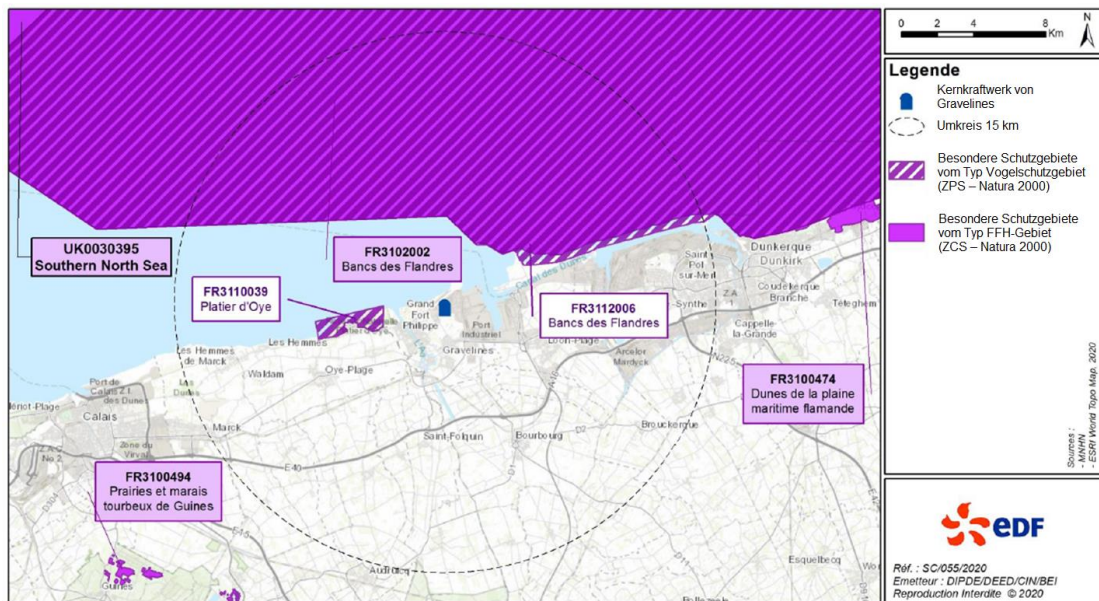
Die Analyse der ökologischen Sachverhalte im Umfeld des Kraftwerks von Gravelines wurde wie folgt durchgeführt:

- Zuerst wurden die beachtenswerten Naturgebiete und ökologischen Funktionen in einem Umkreis von 15 km um das Kraftwerk beschrieben;
- Anschließend wurden die Auswirkungen auf den **Studienbereich** – definiert als Überlagerung eines Einflussbereichs des Kraftwerks auf die kontinentale Umwelt (Umkreis von 6 km) und eines Einflussbereichs auf die maritime Umwelt (Hüllbereich der Erwärmung um 1 °C und Umkreis von 6 km) – untersucht.

■ **Beachtenswerte Naturgebiete**

Folgende beachtenswerte Naturgebiete wurden in einem Umkreis von 15 km um das Kraftwerk von Gravelines erfasst:

- Drei Standorte „Natura 2000“: 2 besondere Schutzgebiete vom Typ Europäisches Vogelschutzgebiet (ZPS FR3110039 – Platier d’Oye und ZPS FR3112006 – Bancs des Flandres) und 1 besonderes Schutzgebiet vom Typ FFH-Gebiet (ZSC FR3102002 – Bancs des Flandres). Hinweis: Die Gebiete Natura 2000 ZPS und ZSC „Bancs des Flandres“ sind ebenfalls Gegenstand einer Ausweisung als Meeresschutzgebiet unter der OSPAR-Vereinbarung;



Die in einem Umkreis von 15 km um das Kraftwerk von Gravelines erfassten „Natura 2000“-Gebiete

- Ein Nationales Naturschutzgebiet (RNN – Réserve naturelle nationale) und ein Regionales Naturschutzgebiet (RNR – Réserve naturelle régionale);
- Ein Parc Naturel Regional (PNR);
- Drei Küstenschutzgebiete, die dem „Conservatoire du Littoral“ gehören;
- Eine Verordnung für den Schutz von Biotopen (APB – Arrêté de protection de biotope);
- Acht schützenswerte Naturgebiete (ENS – Espace naturel sensible);
- Zehn Naturgebiete mit besonderer Bedeutung bezüglich der Umwelt, Fauna und Flora (ZNIEFF – Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique) vom Typ I und eines vom Typ II.

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 Studienbereich wurden verschiedene Lebensräume erfasst, die zwei großen Komplexen angehören: die Küsten- und Meereslebensräume bestehen aus zahlreichen Landschaftstypen, die von der schwankenden Wasser- und Salzgehaltwerten beeinflusst werden, und die Landschaftstypen an Land, die aus landwirtschaftlich genutzten Ebenen bestehen, die von unzähligen Kanälen, Wasserläufen, Drainagegräben usw. durchzogen sind.

Die bemerkenswertesten Lebensräume befinden sich hauptsächlich in der nördlichen Hälfte des Studiengiebts, d. h. in den Küstenstreifen. Im Innern des Landes sind ebenfalls bemerkenswerte Lebensräume vorhanden, insbesondere die Feuchtgebiete wie Sümpfe, Torfmoore, Röhrichte usw.

■ **Pflanzenwelt**

Mehr als tausend Pflanzenarten wurden im Studienbereich erfasst, darunter ca. 250 bemerkenswerte Pflanzenarten und ca. fünfzig invasive Neophyten. Die vorgefundenen Meeresphytoplanktonpopulationen scheinen typisch für die im Ärmelkanal und in der Nordsee beobachteten Arten zu sein.



Echter Meerkohl (landesweit unter Schutz gestellt) – © Biotope – 2016

■ **Tierwelt**

Bibliographische Daten und Zählungen vor Ort belegen mögliche Vorkommen von ca. dreihundertfünfzig aufgrund ihres Schutz- bzw. Naturerbestatus anerkannten bemerkenswerten Arten im Studienbereich. Es wurden auch einige invasive Arten festgestellt.

Besonders hervorzuheben ist die Ansiedlung einer Brutkolonie der geschützten Flusseeeschwalbe im Norden des Kraftwerks von Gravelines.



© Seehund – Biotope – 2016



© Flusseeeschwalbe – Biotope – 2016

Fotografische Abbildungen bemerkenswerter Arten

■ **Ökologische Funktionen**

Das Kraftwerk von Gravelines liegt am Rand des Küstenstreifens in einem vom Menschen geschaffenen und eingezäunten Bereich. Es befindet sich jedoch auch in der Nähe von Gebieten, die im regionalen Flächennutzungsplan zur nachhaltigen Entwicklung und Gleichberechtigung der Gebiete (SRADDET – Schéma Régional d'Aménagement de Développement Durable et d'Égalité des Territoires) der Region Hauts-de-France als Artenvielfaltsreserven, ökologische Korridore oder zu renaturierende Flächen erfasst sind.

In Anbetracht der Bedeutung des ökologischen Fortbestands wurden die kanalisierte Aa in die Listen 1 und 2, und der Fluss Oye in die Liste 1 eingestuft (Art. L. 214-17 des französischen Umweltgesetzbuchs).

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 einzelne Tiere und Pflanzen sind ausbreiten 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.

5.5.6. Bevölkerung und deren Gesundheit

■ **Bevölkerung**

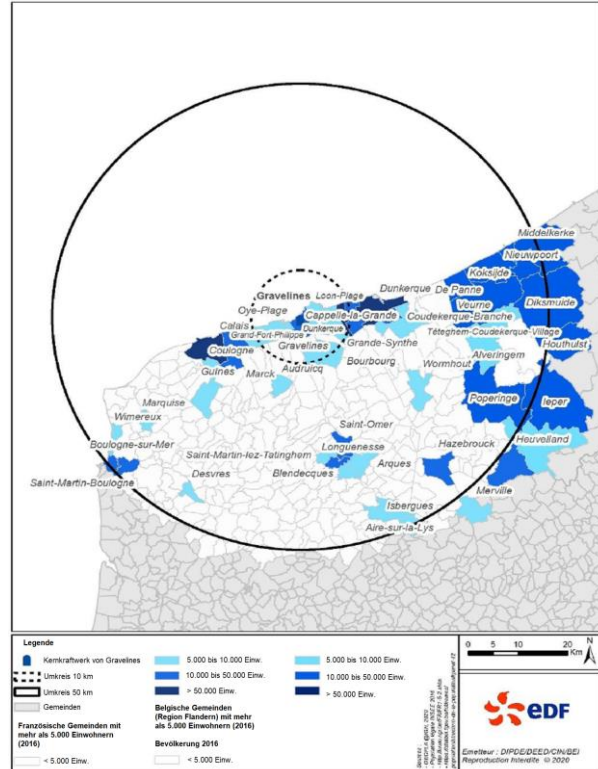
Die Erweiterung des Studienumfangs auf 50 km soll die lokale Verteilung der Bevölkerung im Umfeld des Standorts von Gravelines darlegen, wohingegen der Studienumfang von 10 km der Ermittlung von bedeutsamen Bevölkerungsgruppen dient.

In einem Umkreis von 50 km beträgt die durchschnittliche Bevölkerungsdichte ca. 210 Einwohner/km², jedoch 520 Einwohner/km² im Umkreis von 10 km. In beiden Bereichen liegt der Wert deutlich über dem französischen Durchschnitt von ca. 120 Einwohnern/km² (mit Ausnahme der Überseegebiete – Volkszählung 2016).

Wichtigste Gemeinden im Umkreis von 50 km: Dunkerque (88.108), Calais (74.978), Boulogne sur Mer (41.669).

Die nächstgelegenen gefährdeten Bevölkerungsgruppen (Schulen, Kindertagesstätten, Krankenhäuser und Altenheime) liegen ca. 1,2 km südwestlich der Grundstücksgrenzen des Kraftwerks.

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



Gemeinden mit mehr als 5.000 Einwohnern im Umkreis von 50 km um das Kernkraftwerk von Gravelines, 2016

■ **Lärm- und Lichtbelastung**

2015 wurde am Kraftwerk von Gravelines eine Messkampagne zur Ermittlung der Lärmbelastung durchgeführt.

Die Lichtbelastung im Umkreis des Standorts wird hauptsächlich von der Straßenbeleuchtung der Gemeinde Gravelines verursacht.

5.5.7. Menschliche Aktivitäten

■ **Flächennutzung**

In einem Umkreis von 10 km um das Kraftwerk von Gravelines werden die Flächen hauptsächlich landwirtschaftlich genutzt (ca. 63 % des Studiengebiets). An zweiter Position stehen mit 22 % die verbauten Flächen. Die verbleibenden Flächen des Studiengebiets sind größtenteils Feuchtgebiete (ca. 9 %) und Wälder (ca. 5 %).

■ **Landschaft und Kulturerbe**

Das Umfeld des Kraftwerks von Gravelines zeichnet sich durch drei Landschaftskomplexe aus:

- Der Industriehafen, der sich über 15 km von Dunkerque bis zum Kraftwerk von Gravelines erstreckt.
- Die Küstenebene von Blutland mit ihrer dreieckigen Deltaform, deren Basis in Watten und Spitze im Westen bei Sangatte liegen, während sich ihre östlichen Grenzen in Belgien befinden.
- Die Dünenlandschaft entlang der Nordsee, die aus Sand und vegetationsreichen, jedoch baumarmen Dünen mit einzelnen Gehöften und Häfen besteht.

Im Umkreis von 10 km um das Kraftwerk befinden sich zwei Sehenswürdigkeiten, die in künstlerischer, historischer, wissenschaftlicher, geschichtlicher und pittoresker Hinsicht interessant sind: Die Mühle „Moulin des Huttes“ (oder „Moulin Lebriez“) in der Gemeinde Gravelines, die seit 1986 unter Denkmalschutz steht, und der Glockenturm von Gravelines, der seit 1948 unter Denkmalschutz steht und 2005 in das UNESCO-Weltkulturerbe aufgenommen wurde.

■ **Wassernutzung**

In einem Umkreis von 10 km um das Kraftwerk von Gravelines sind keine Süßwasserquellen für die Trinkwasserversorgung oder die landwirtschaftliche Nutzung (Bewässerung) vorhanden. Die Wasserentnahmen für industrielle Nutzungen erfolgen entweder direkt durch die Unternehmen oder über Versorgungsunternehmen, die ein Brauchwassernetz für die Unternehmen im Umkreis (z. B. das Kraftwerk von Gravelines) betreiben. Das Wasser dazu stammt aus dem Kanal von Bourbourg.

■ **Infrastrukturen und Kommunikationswege**

Die Zufahrt zum Kraftwerk von Gravelines führt über die „Route des Enrochements“. Die wichtigsten Verkehrsachsen im Umkreis sind die A16, die D601 von Ghyvelde nach Gravelines, die D940 von Calais nach Gravelines, die D11 von Cassel nach Gravelines, die N316, die in einer Entfernung von 5 Kilometern im Südosten verläuft sowie die RD119 in einer Entfernung von ca. 3 Kilometern im Südwesten des Kernkraftwerks.

Die wichtigste Eisenbahnverbindung ist die Linie von Calais nach Dunkerque, die täglich von 7 Zügen befahren wird. Zwei Güterzuggleise werden täglich von ca. 5 Zügen befahren. Diese Strecken werden vom Seehafen von Dunkerque verwaltet. Das Kraftwerk verfügt ebenfalls über eine Bahnanbindung für den Abtransport der verbrauchten Brennelemente.

Zusätzlich zum intensiven Seeverkehr in der Nordsee befinden sich zwei weitere Wasserstraßen in einem Umkreis von 10 km um das Kraftwerk von Gravelines: Der Kanal von Mardyck und der Kanal von Bourbourg.

■ **Industrieumfeld**

Das Industriegefüge ist stark entwickelt: In einem Umkreis von 10 km befinden sich etwa fünfzig umweltschutzkritische Anlagen, von denen ein Viertel als **SEVESO** eingestuft sind. Die wichtigsten Industriebereiche dieser Unternehmen sind die Nahrungsmittelindustrie, die Chemie und Petrochemie, das Bauwesen und die Schwerindustrie. Das Kraftwerk versorgt sowohl das zwischen dem Standort und der Nordsee befindliche Aquakulturunternehmen (siehe unten), als auch den Methanterminal auf der gegenüberliegenden Seite des westlichen Außenhafens von Dunkerque mit lauwarmem Wasser.

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 Gefahrenpotential für schwere Unfälle sowie die Einrichtung umfassender Vorbeugungsmaßnahmen zu ihrem Schutz.

■ **Freizeitanlagen und -aktivitäten**

Um das Kraftwerk von Gravelines herum sind die Jagd und der Angelsport zugelassen. Hier wird hauptsächlich Klein- und Hochwild gejagt. Im Süßwasser fischen die Angler vor allem Hechte, Zander, atlantische Forellen, Regenbogenforellen und Forellenbarsche. An der Küste werden auch Möglichkeiten zum Angeln vom Boot oder vom Strand aus angeboten.

Die Region um das Kraftwerk von Gravelines bietet auch vielfältige kulturelle und touristische Aktivitäten (Museen, Naturschutzgebiete...) sowie Sport- und Freizeitaktivitäten wie Wandern, Wasserwandern, Schwimmen, Baumklettern, Reiten oder Golfspielen. Mehrere Badebereiche befinden sich im Umkreis von 10 km um das Kraftwerk (Strände, PAarc des Rives de l'Aa, Parc Galamé).

■ **Sonstige Nutzungen**

Zwei Aquakulturunternehmen (Aquanord Ictus und Écloserie Marine de Gravelines Ictus) liegen im Umkreis von 10 km um das Kraftwerk. Zwischen dem Kraftwerk von Gravelines und Aquanord Ictus besteht ein Vertrag zur Bereitstellung von lauwarmem Wasser aus den Kühlkreisläufen des Kraftwerks für das Aquakulturunternehmen.

Die gewerbliche Fischerei ist eine wesentliche Tätigkeit für die Region. In den Schiffsregistern von Boulogne-sur-Mer und Dunkerque sind etwa 160 Fischerboote eingetragen, deren Anzahl jedoch von Jahr zu Jahr schwankt.

■ **Energieverbrauch**

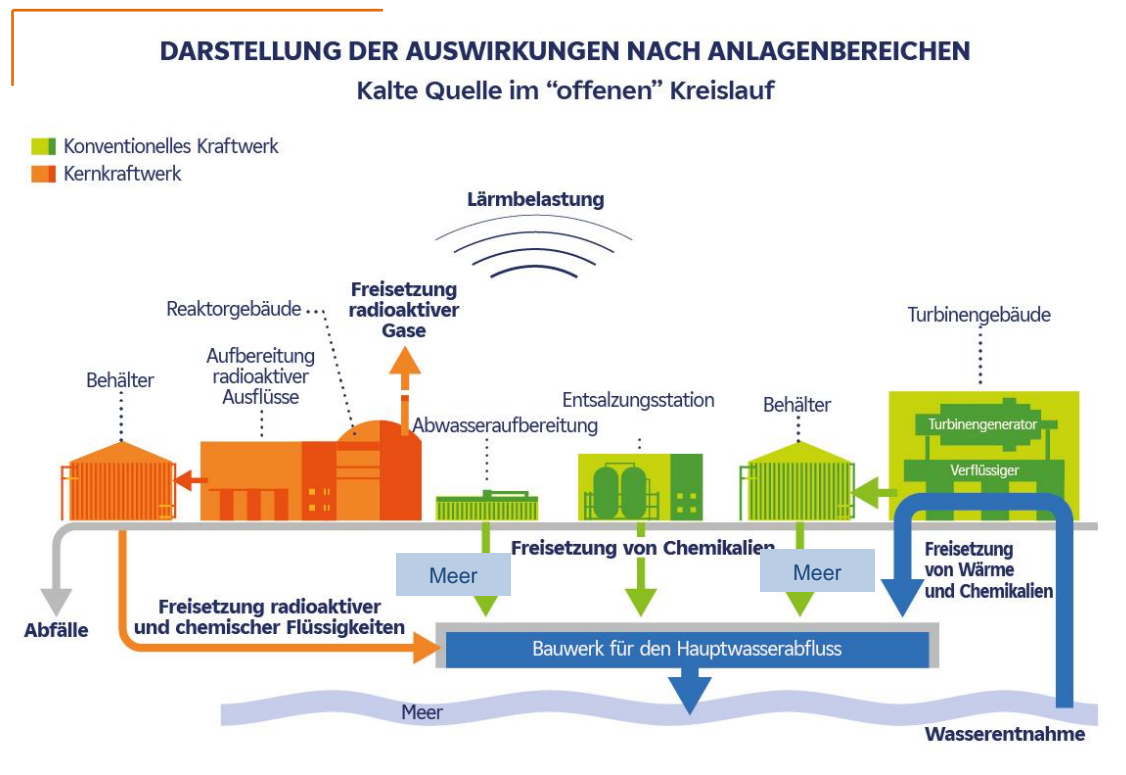
2024 hat das Kernkraftwerk von Gravelines 32,7 Milliarden Kilowattstunden CO₂-armen Strom erzeugt. Die jährliche Stromerzeugung des Kraftwerks von Gravelines deckt seinen eigenen Energieverbrauch sowie 60 bis 70 % des Strombedarfs der Region Hauts-de-France.

5.6. Wechselbeziehungen des Kraftwerks von Gravelines mit der Umwelt

Dieser Unterabschnitt 5.6 beschreibt die Wechselbeziehungen des Betriebs des Kraftwerks von Gravelines 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 5.6.8 beschrieben.

Der Unterabschnitt 5.6.9 erläutert die Entwicklung dieser Wechselbeziehungen in den kommenden 10 Jahren.



5.6.1. Wasserentnahme und -verbrauch

Der jeweilige Wasserbedarf des Kraftwerks von Gravelines wird durch die Entnahme von Meerwasser, Grundwasser oder Leitungswasser der Wasserwirtschaft von Dunkerque (SED – Syndicat des eaux du Dunkerquois) gedeckt.

Die Wasserentnahme aus der Nordsee dient der Kühlung der Verflüssiger der Turbogeneratorsätze und der Hilfskreise. Diese Systeme werden im „offenen Kreislauf“ betrieben und das Wasser wird vollumfänglich zurück ins Meer geleitet. Das Grundwasser wird für die folgenden Zwecke entnommen:

- Versorgung der Anlagen der letzten Wasserversorgung bei den Probeläufen im Rahmen der periodischen Wartung;
- Entwässern eines Bereichs, in dem Bauarbeiten oder Straßen- und Netzarbeiten unter dem Grundwasserniveau durchgeführt werden, einschließlich der eventuellen Reinigung des Grundwassers.

Das von der SED bereitgestellte Wasser deckt im gesamten Kraftwerksbereich den Bedarf nach Trink- und Industrierwasser für die Erzeugung von vollentsalztem Wasser sowie den Löschwasserbedarf.

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. Hinweis: Nur die Grundwasserentnahme ist durch Entnahmegrenzwerte eingeschränkt.

Die tatsächlich vorgenommenen Entnahmen liegen unter den vorgeschriebenen Grenzwerten (Beschluss 2018-DC-0647¹⁰).

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.

Entnahmekategorie	Nutzung	Maximales Volumen	
		Vorgeschriebener Grenzwert	Jährliches Durchschnittsvolumen 2013 – 2022
Meer	Kühlwasser	/	6.388 Millionen m ³
Syndicat des eaux du Dunkerquois (Kanal von Bourbourg)	Industriewasser (vollentsalztes Wasser, Löschwasser)	/	842 Tausend m ³
Grundwasser	Letzte Wasserversorgung	8.100 m ³ (kann bei Probeläufen oder bei Arbeiten an der Pumpenanlage der letzten Wasserversorgung einen Wert von bis zu 35.000 m ³ erreichen)	2.895 m ³ (*)

(*): berechneter Durchschnitt für das Jahr 2022-2023 (Durchführung von Probeläufen)

Tabelle 1: Vorgeschriebene Grenzwerte und Wasserentnahmebilanz am Standort von Gravelines

5.6.2. Freisetzung flüssiger und gasförmiger radioaktiver Schadstoffe

Im Kernreaktor bilden sich radioaktive Stoffe (Radionukleide), von denen ein winziger Bruchteil in die Ausflüsse gerät. Diese Ausflüsse werden selektiv gesammelt und geeigneten Aufbereitungs- bzw. Lagersystemen zugeführt, bevor sie in flüssiger Form über den Abflusskanal ins Meer geleitet oder als Gas über die Schornsteine der Hilfsnuklearanlagegebäude in die Atmosphäre freigesetzt werden.



© EDF

Schornstein eines Hilfsnuklearanlagegebäudes des Kraftwerks

¹⁰ Beschluss Nr. 2018-DC-0647 der Autorité de sûreté nucléaire (ASN – Behörde für nukleare Sicherheit) vom 16. Oktober 2018 zur Festlegung der Vorgaben bezüglich der Modalitäten zu Wasserentnahme und -verbrauch, Schadstofffreisetzungen und Überwachung der Umwelt im Bereich der Basis-Nuklearanlagen Nr. 96, Nr. 97 und Nr. 122, die von Électricité de France (EDF) in der Gemeinde Gravelines betrieben werden.

Das Kraftwerk setzt Radionukleide 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 wird durch Spalten des Urans in den Brennstäben und Aktivierung der Aufbereitungsprodukte (Bor und Lithium) erzeugt. Das in den Brennstäben gebildete Tritium bleibt dort fast vollständig eingeschlossen. Das in den flüssigen und gasförmigen Ausflüssen vorhandene Tritium entstammt der Aktivierung. Derzeitig sind aufgrund seiner geringen Aktivitätskonzentration keine industriellen Methoden verfügbar, die das Tritium auf technisch und wirtschaftlich tragbare Weise aus diesen Ausflüssen beseitigt. Da seine radiologische Wirkung gering ist, wird das Tritium nach seinem Entstehen in die Umwelt freigesetzt.
- 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 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.

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 Gravelines werden von der Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR – Behörde für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz) (Beschluss Nr. 2015-DC-0527¹¹) vorgeschrieben.

¹¹ Beschluss Nr. 2018-DC-0646 der Autorité de sûreté nucléaire (ASN – Behörde für nukleare Sicherheit) vom 16. Oktober 2018 zur Festlegung der Grenzwerte für Schadstofffreisetzungen in die Umwelt durch die Basis-Nuklearanlagen Nr. 96, Nr. 97 und Nr. 122, die von Électricité de France (EDF) in der Gemeinde Gravelines betrieben werden.

↘ 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 Gravelines 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 Gravelines während eines Zeitraums von 10 Jahren freigesetzt werden (durchschnittliche Schadstofffreisetzungen von 2013 bis 2022).

- Ableitungsbilanz flüssiger radioaktiver Stoffe von 2013 bis 2022

	Jährliche Grenzwerte (GBq/Jahr)	Durchschnittliche, jährlich freigesetzte Radioaktivität GBq/Jahr
Tritium	120.000	62.300
Radiokohlenstoff C ¹⁴	900	48,9
Jod	0,9	0,038
Sonstige Spaltungs- und Aktivierungsprodukte	90	3,19

- Ableitungsbilanz gasförmiger radioaktiver Stoffe von 2013 bis 2022

	Jährliche Grenzwerte (GBq/Jahr)	Durchschnittliche, jährlich freigesetzte Radioaktivität GBq/Jahr
Tritium	12.000	2.337
Radiokohlenstoff C ¹⁴	3.300	1.014
Edelgase	108.000	3.563
Jod	2,4	0,094
Sonstige Spaltungs- und Aktivierungsprodukte	2,4	0,0132

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 und der Abwasseraufbereitungsanlage) sowie, in geringerem Maße, Freisetzungen in die Atmosphäre (aus dem Betrieb der Leitungssysteme und Anlagen).

In den sogenannten „offenen“ Kühlsystemen wie in Gravelines sind Behandlungen zu folgenden Zwecken erforderlich:

- Um das Risiko der Verbreitung von Mikroorganismen durch die vorbeugende Wartung der Leitungssysteme und die Umsetzung einer **Biozidbehandlung** durch Zugabe von durch Elektrochlorierung von Meerwasser erzeugtem Natriumhypochlorit zu begrenzen.

■ 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;
- Hydrazinhydrat, das während der Hochlaufphase verwendet wird, um den Sauerstoff aus dem Primärkreiswasser zu beseitigen und im Sekundärkreis einen reduzierten Zustand zu gewährleisten sowie die Korrosion zu begrenzen;
- Ethanolamin, das bei der Aufbereitung des Sekundärkreises eingesetzt wird, um die Korrosion zu begrenzen;
- Metalle aus den in marktüblichen Chemikalien vorhandenen Verunreinigungen und aus der Korrosion der Leitungssysteme (Aluminium, Chrom, Kupfer, Eisen, Mangan, Nickel, Blei, Zink);
- Trinatriumphosphat aus der Aufbereitung der Zwischenkühlkreise;
- Reinigungsmittel aus dem normalen Betrieb, z. B. dem Waschen der Böden und der in den Nuklearbereichen getragenen Kleidung;
- Eisen, Sulfate, oxidierbare Stoffe (Messung durch den chemischen Sauerstoffbedarf (DCO – Demande chimique en oxygène)) und Schwebstoffe (MES – Matières en suspension) aus der Entsalzungsstation;
- Aktivchlor, Bromoform und Restoxidantien aus der Elektrochlorierungsbehandlung des Meerwassers.

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 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 Freisetzung ins Meer (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 Chemikalienfreisetzungen aus dem Kraftwerksbetrieb über einen Zeitraum von 10 Jahren.

Stoff	Jahresfluss (kg)	
	Freisetzungshöchstwerte	Freigesetzte Menge (Durchschnitt 2013-2022)
Borsäure	43.500	21.920
Phosphate	1.404	308
Hydrazin	198	5,6
Ethanolamin	1.920	70 ^(*)
Ammonium	23.210	4.619
Bromoforme	230.000	53.148
Restoxidantien	1.370.000	208.640

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

■ **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;
- Formaldehyd- und Kohlenmonoxid dampfe, die von den neuen Isolierungen aus Glaswolle während der ersten Temperaturanstiege freigesetzt werden;
- Ethanolamin und Ammoniak aus der Aufbereitung des Sekundärkreises während der Stillsetzungsphasen des Reaktors, wenn der Wasserdampf im Sekundärkreis nach Umgehung der Turbine in die Atmosphäre freigesetzt wird;
- Ammoniak aus dem Abführungssystem der nicht kondensierbaren Stoffe im Sekundärkreis während der Aufrechterhaltung des Unterdrucks im Verflüssiger;
- 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.

5.6.4. Wärmeemissionen

Die Kühlung der Verflüssiger des Kraftwerks von Gravelines erfolgt in einem „offenen Kühlkreis“: Das Kühlwasser wird über den Zulaufkanal aus dem Meer entnommen und zum Abschluss vollumfänglich wieder über den Ablaufkanal zum Meer zurückgeführt.

Die vom Kraftwerk verursachte Erwärmung zwischen der Wasserentnahme und der Rückführung betrug von 2011 bis 2020 durchschnittlich 9,7 °C während des Zeitraums vom 1. November bis zum 31. Mai und 8,7 °C während des Zeitraums vom 1. Juni bis zum 31. Oktober, wobei der gemessene Höchstwert bei 12 °C lag.

Die Temperatur am Ende des Ablaufkanals lag durchschnittlich bei 21,1 °C während des Zeitraums vom 1. November bis zum 31. Mai und bei 28 °C

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

Grenzwerte der Wärmeemissionen des Kraftwerks von Gravelines		
Erwärmung zwischen Entnahme und Rückleitung (Thermograph 11 am Ende des Kanals)	≤ 12 °C	
Temperatur am Ende des Rückleitungskanals	30 °C vom 01.11. bis 31.05.	35 °C vom 01.06. bis 31.10.
Meerestemperatur (Thermograph 7 in einer Entfernung von ca. 700 m von der Küste)	< 30 °C	

während des Zeitraums vom 1. Juni bis zum 31. Oktober, wobei der gemessene Höchstwert 34,6 °C betrug. Die am Thermographen Nr. 7 gemessene Temperatur beträgt durchschnittlich 11,5 °C während des Zeitraums vom 1. November bis zum 31. Mai und 18,8 °C während des Zeitraums vom 1. Juni bis zum 31. Oktober, wobei der gemessene Höchstwert bei 28,3 °C lag.

5.6.5. Abfallerzeugung

Der Betrieb des Kraftwerks von Gravelines 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...).

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 (Lacke, Kohlenwasserstoffabfälle, Asbest...).

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	 Management durch Zerfall der Radioaktivität		 Oberflächenlagerung (Lagerstandort Centre de l'Aube and Centre de la Manche)	 Lagerung in geringer Tiefe, Studienphase
Mäßig radioaktiv (MA) von einer Million Bq/g bis eine Milliarde Bq/g				 Geologische Tiefenlagerung, Projektphase (Cigéo)
Stark radioaktiv (HA) mehrere Milliarden Bq/g	Nicht zutreffend		 Geologische Tiefenlagerung, Projektphase (Cigéo)	

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

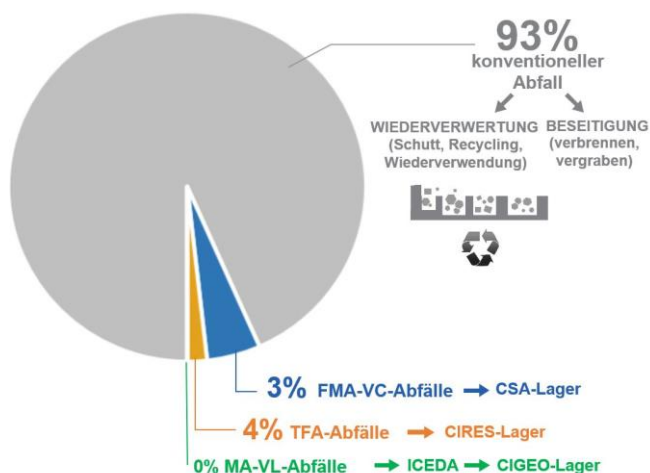
** Radioaktivitätslevel der radioaktiven Abfälle.

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 Gravelines 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 Gravelines

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

Insgesamt liegt die Menge der in den kommenden 10 Jahren vom Kernkraftwerk von Gravelines erzeugten radioaktiven Abfälle in der gleichen Größenordnung wie die Abfallmenge, die während des Referenzzeitraums erzeugt wurde.

Radioaktive Abfälle	Durchschnittliches Jahresvolumen Packstücke (m ³) (Durchschnitt von 2013 bis 2022)	Voraussichtliches durchschnittliches Jahresvolumen Packstücke (m ³) (Durchschnitt von 2025 bis 2028)
Feste TFA-Abfälle zur Lagerung im CIRES*	496	560
Feste MA-VC-Abfälle zur Lagerung im CSA**	525	494
Feste FA-VC-Abfälle zur direkten Lagerung im CSA	225	302
Feste FA-VC-Abfälle zur Aufbereitung (Einschmelzen)	44	38
Feste FA-VC-Abfälle zur Aufbereitung (Verbrennen)	680	740
Flüssige FA-VC-Abfälle zur Aufbereitung (Verbrennen)	7	6,5

5.6.6. Lärm- und Vibrationsbelastung

Im Kraftwerk von Gravelines finden alle zehn Jahre Messkampagnen zur Erfassung der Lärmbelastung statt. Die 2015 durchgeführte Messkampagne zur Erfassung der Lärmbelastungspegel zeigt, dass die Lärmpegel den in den Vorschriften festgelegten Zielen entsprechen.

Das Kraftwerk von Gravelines 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.

5.6.7. Flächennutzung

Für die kommenden zehn Jahre ist keine Änderung der für den Betrieb der 6 Reaktoren des Kraftwerks von Gravelines erforderlichen Grundfläche geplant.

5.6.8. Sonstige Wechselbeziehungen

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

5.6.9. Prognose über 10 Jahre hinsichtlich der Wechselbeziehungen des Kraftwerks von Gravelines mit der Umwelt

Die vergangenen und aktuellen Wechselbeziehungen des Betriebs des Kraftwerks von Gravelines mit der Umwelt wurden in den vorstehenden Abschnitten 5.6.1 bis 5.6.8 beschrieben.

Wie in der folgenden Tabelle angegeben bleiben die Wechselbeziehungen des Betriebs des Kraftwerks von Gravelines 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 Gravelines wird durch die Entnahme von Meerwasser, Grundwasser oder Leitungswasser der Wasserwirtschaft von Dunkerque (SED) gedeckt. Die reglementierten Wasserentnahmen (Grundwasser) liegen immer schon unter den vorgeschriebenen Grenzwerten (Beschluss Nr. 2018-DC-0647) ¹¹ .	Hinsichtlich der Wasserversorgungsmodalitäten sind keine Änderungen geplant. Die für den Betrieb des Kraftwerks von Gravelines geplanten Entnahmevolumen 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	Der Rückleitungspunkt der radioaktiven Ausflüsse in das Meer erfolgt am Ablaufkanal. Die Freisetzungen unterliegen den Vorgaben des Beschlusses Nr. 2018-DC-0646 ¹² .	Hinsichtlich der Anordnung des Rückleitungspunkts in das Meer sind keine Änderungen geplant. Die für den Betrieb des Kraftwerks von Gravelines geplanten Rückleitungen 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 radioaktiver Schadstoffe in die Atmosphäre	Die atmosphärischen radioaktiven Schadstoffe werden über die Schornsteine der Hilfsnuklearanlagegebäude freigesetzt. Die Freisetzungen unterliegen den Vorgaben der Beschlüsse Nr. 2018-DC-0646 ¹² und Nr. 2018-DC-0647 ¹¹ .	Hinsichtlich der Freisetzungspunkte in die Atmosphäre sind keine Änderungen geplant. Die für den Betrieb des Kraftwerks von Gravelines geplanten Rückleitungen 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 chemischer Schadstoffe	Die Freisetzungen flüssiger chemischer Schadstoffausflüsse unterliegen den Vorgaben der Beschlüsse Nr. 2018-DC-0646 ¹² und Nr. 2018-DC-0647 ¹¹ .	Die für den Betrieb des Kraftwerks von Gravelines geplanten Freisetzungen 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, die Temperatur des Wassers am Abflussende des Rückführungskanals und die Temperatur des Meerwassers im Rückführungsbereich regeln.	Für die Wärmeemissionen sind keine Änderungen geplant, da sie die vorgeschriebenen Grenzwerte beachten werden.
Erzeugung radioaktiver Abfälle	Jahresabfallvolumen (m ³) Sehr schwache Radioaktivität: 496 Schwache Radioaktivität: 956 Mittlere Radioaktivität: 525	Die geplanten Volumen radioaktiver Abfälle liegen grundsätzlich in der gleichen Größenordnung wie das Abfallvolumen, das im Laufe der letzten zehn Jahre erzeugt wurde.
Lärmbelastung	Im Kraftwerk von Gravelines 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 Gravelines erstreckt sich über 152 Hektar	Für die kommenden zehn Jahre ist keine Änderung der für den Betrieb der 6 Reaktoren des Kraftwerks von Gravelines 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 Gravelines 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 Gravelines mit der Umwelt in den kommenden zehn Jahren auf dem gleichen Niveau wie während des vorherigen Jahrzehnts.

Die Auswirkungen des Kraftwerkbetriebs von Gravelines 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 (siehe Abschnitt 1.2) 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 Gravelines 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 Gravelines 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 und SF6) gelten die Konzentrationen in der Umwelt, die dem Kraftwerk von Gravelines zuzuschreiben sind, nicht als wahrscheinliche Ursache für eine mögliche Beeinträchtigung der Luftqualität.

Der Betrieb des Kraftwerks von Gravelines ist mit den Maßnahmen des departementübergreifenden Plans zum Schutz der Atmosphäre (PPS – Plan de protection de l'atmosphère) der Region Nord-Pas-de-Calais und denen des SRADDET der Region Hauts -de-France kompatibel.

↳ **PLAN ZUM SCHUTZ DER ATMOSPHÄRE (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 Warn Grenzwerte umgesetzt werden müssen. Sie müssen mit den regionalen Zielen für die Luftqualität (SRADDET) vereinbar sein.

Der departementübergreifende PPA der Region Nord-Pas-de-Calais wurde durch eine Verordnung des Präfekten vom 1. Juli 2014 genehmigt. Das Kraftwerk von Gravelines ist von diesem PPA betroffen, der einen Aktionsplan aus 14 behördlichen Maßnahmen, acht freiwillig umsetzbare Begleitmaßnahmen und 4 Studien umfasst.

↳ **REGIONALER FLÄCHENNUTZUNGSPLAN ZUR NACHHALTIGEN ENTWICKLUNG UND GLEICHBERECHTIGUNG DER GEBIETE (SRADDET – SCHÉMA RÉGIONAL D'AMÉNAGEMENT, DE DÉVELOPPEMENT DURABLE ET D'ÉGALITE 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).

Das Verfahren zur Erstellung des SRADDET wurde 2016 in die Wege geleitet und hat im Januar 2019 zur „Projektverordnung“ durch den Regionalrat (Conseil régional) geführt. Er wurde am 4. August 2020 nach einer öffentlichen Anhörung durch eine Verordnung des Präfekten genehmigt. Der SRADDET der Region Hauts-de-France umfasst 3 Teile, die 13 strategische Ausrichtungen hinsichtlich der Ziele und Regeln des SRADDET beinhalten.

■ **Empfindlichkeit gegenüber dem Klimawandel**

Die lokalen Prognosen der wichtigsten Klimafaktoren, die von Météo-France erstellt wurden, zeigen eine Tendenz zu höheren Jahresmittelwerten der Lufttemperaturen, wobei die Entwicklung bis 2071-2100 im Vergleich zum historischen Zeitraum von 1976-2005 +3 °C überschreiten könnte.

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 CNPE von Gravelines in die Atmosphäre freigesetzten Schadstoffe auf die Luftqualität und das Klima.

5.7.2. Oberflächengewässer

■ *Auswirkungen auf den Wasserhaushalt*

Das Kraftwerk von Gravelines befindet sich an der Meeresküste. Das für seinen Betrieb verwendete Wasser wird durch 2 Kanäle geleitet: den Zulaufkanal und den Ablaufkanal. Diese Funktionsweise hat keinen maßgeblichen Einfluss auf den Wasserhaushalt der Übergangswassermasse „Hafen von Dunkerque“ (FRAT04).

Hinsichtlich der Küstenwassermasse „Von Malo bis Gris Nez“ (FRACO2) leitet das Kraftwerk einen Teil seines Ventil- und Abwassers nach dessen Aufbereitung in den Drainagekanal von Hemmes-Saint-Pol, der in den kanalisierten Teil der Aa in der Nähe ihrer Mündung in die Nordsee fließt. Der Einfluss des Kraftwerksbetriebs auf den Wasserhaushalt des kanalisierten Teils der Aa ist im Hinblick auf die natürlichen Schwankungen durch den Tidenhub vernachlässigbar.

■ *Auswirkungen auf die Temperatur der Oberflächengewässer*

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

Die Auswirkungen der Wärmeemissionen auf Oberflächengewässer ist aufgrund der Ausmaße des aufnehmenden Umweltbereichs und der Gezeiten begrenzt. Durch die räumliche Veränderlichkeit der Wolke sind die von den Wärmeemissionen betroffenen Bereiche nicht ständig exponiert. Die Auswirkungen der Erwärmung durch das Kraftwerk betrifft hauptsächlich die Oberfläche. Die tieferen Bereiche sind nicht betroffen.

■ *Auswirkungen auf die Morphologie der Sedimente*

Die Freisetzung der flüssigen Schadstoffe erfolgt über den Ablaufkanal. Der Einfluss des Kraftwerksbetriebs auf die Sedimentmorphologie des Küstenbereichs ist im Hinblick auf die natürlichen Strömungsschwankungen durch den Tidenhub vernachlässigbar. Außerdem unternimmt das Kraftwerk keine Baggerarbeiten im Zulaufkanal oder Ablaufkanal und verklappt daher auch keine Sedimente in der natürlichen Umwelt, die die Meerestiefe bzw. die Qualität der benthischen Lebensräume beeinträchtigen könnten. In Anbetracht dieser Tatsachen ist kein Einfluss des Kraftwerksbetriebs von Gravelines auf die Sedimentmorphologie im Küstenbereich festzustellen.

■ *Auswirkungen auf die Qualität der Oberflächengewässer*

Die rückblickende Analyse aller im Umfeld des Kraftwerks durchgeführten Maßnahmen bezüglich der Chemie, physikalischen Chemie und der verschiedenen Biologiebereiche weist keine Belege für Auswirkungen des Betriebs des Kraftwerks von Gravelines auf die maritimen Ökosysteme auf.

Die Überwachung der chemischen Gemische in der Umwelt im Bereich des Kraftwerks von Gravelines betrifft Stoffe aus der Elektrochlorierung: Restchlor, Haloforme (Bromoform, Dichlorobromomethan, Monochlorosodibromomethan) und Bromophenole. Die Untersuchung all dieser Parameter führt zu dem Schluss, dass der Anlagenbetrieb keine maßgeblichen räumlichen und zeitlichen Beeinträchtigungen nach sich zieht.

Die physikalisch-chemische Überwachung betrifft den Salzgehalt und die stickstoffhaltigen Nährsalze (Ammonium, Nitrate, Nitrite, Phosphate, Silikate). Die rückblickende Analyse der physikalischen Chemie weist keine Auswirkungen auf die maritimen Ökosysteme aus.

Die biologische Überwachung betrifft das Plankton (Phytoplankton, Zooplankton, halophile Vibrionen), die benthische Gezeitenzone und die Fischbestände (Sprotten, Plattfische, Garnelen) und bietet keine Belege dafür, dass das Kernkraftwerk die Umwelt beeinträchtigt oder dass die vom Kraftwerk freigesetzte Wolke sich immer in einem geographisch eingeschränkten Bereich befindet.

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

5.7.3. Böden und Grundwasser

■ *Auswirkungen auf die Böden*

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

2016 wurde eine Untersuchung der historischen und umwelttechnischen Daten des Kraftwerks von Gravelines durchgeführt.

Sie beruht auf Unterlagenrecherchen, Aussagen der Mitarbeiter und Anlagenbegehungen. Sie 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.

2016 wurden auch Begehungen im Bereich des Wasserbehälters der Reaktorbecken des Reaktors Nr. 5 durchgeführt, bei dem 1986 durch einen Riss in der Auskleidung des Behältersammelbeckens eine Freisetzung von 600 m³ Wasser in den Boden aufgetreten war. Dabei wurde eine Restbelastung des Bodens durch Kobalt-60 und Cäsium-137 festgestellt.

Im Anschluss an die Prüfung der historischen Daten wurden 2019 Bodenuntersuchungen (Tiefenbohrungen zum Zweck chemischer und radiologischer Analysen) in den Bereichen durchgeführt, für die Risiken ausgewiesen wurden.

Die radiologischen Proben haben keine Belastung unterhalb der untersuchten Bereiche gezeigt. Die chemischen Analysen haben belegt, dass die entnommenen Proben im Einklang mit dem für die untersuchten Parameter festgelegten anthropischen Rauschen sind. Jedoch wurden im Bereich einiger Proben höhere Konzentrationen für Metallspurenelemente (Schwermetalle) gemessen. Bodenproben der unteren Schichten haben keine Tiefenanomalien aufgezeigt. Es handelt sich also um lokalisierte, isolierte und sporadische Wertüberschreitungen. Diese Belastungen haben zur Implementierung von verstärkten Überwachungsprogrammen und Aktionsplänen geführt, die die Situation wiederherstellen sollen und im Grundwasser sowie in den Böden die Konzentrationen wieder in den Rauschbereich des Kernkraftwerks bringen sollen. Einige Piezometerergebnisse erfordern die Fortführung der umgesetzten verstärkten Überwachungsprogramme des Grundwassers.

■ *Auswirkungen auf das Grundwasser*

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

Seit seiner Inbetriebnahme erfolgt im Kraftwerk von Gravelines eine qualitative und quantitative Überwachung des Grundwassers im Bereich „Grundwasserschicht der Quartärsande“.

Die radiologische Überwachung des Grundwassers zwischen 2015 und 2020 zeigt Überschreitungen der Überwachungsgrenzwerte im Innern der geotechnischen Einfriedungen. Zusätzliche Untersuchungen des Grundwassers wurden durchgeführt, um die Ursache der verschiedenen festgestellten radiologischen Belastungen zu bestimmen oder zu bestätigen. Außerhalb der geotechnischen Einfriedung wurde keine Überschreitung der Grenzwerte festgestellt. Die nötigen Maßnahmen zur Begrenzung der ökologischen Auswirkungen dieser Überschreitungen auf den Bereich unterhalb und stromabwärts des Kraftwerks von Gravelines wurden umgesetzt.

Die Ergebnisse der chemischen Analysen haben belegt, dass die entnommenen Proben im Einklang mit dem für die untersuchten Parameter festgelegten anthropischen Rauschen sind.

Für die Probeläufe und die periodische Wartung der Entnahme der letzten Wasserquelle wird Grundwasser entnommen. In Anbetracht der Leistung der grundwasserführenden Schicht und der nur gelegentlichen Entnahme haben diese Maßnahmen jedoch keine maßgeblichen Folgen auf die Verfügbarkeit der Wasserressourcen.

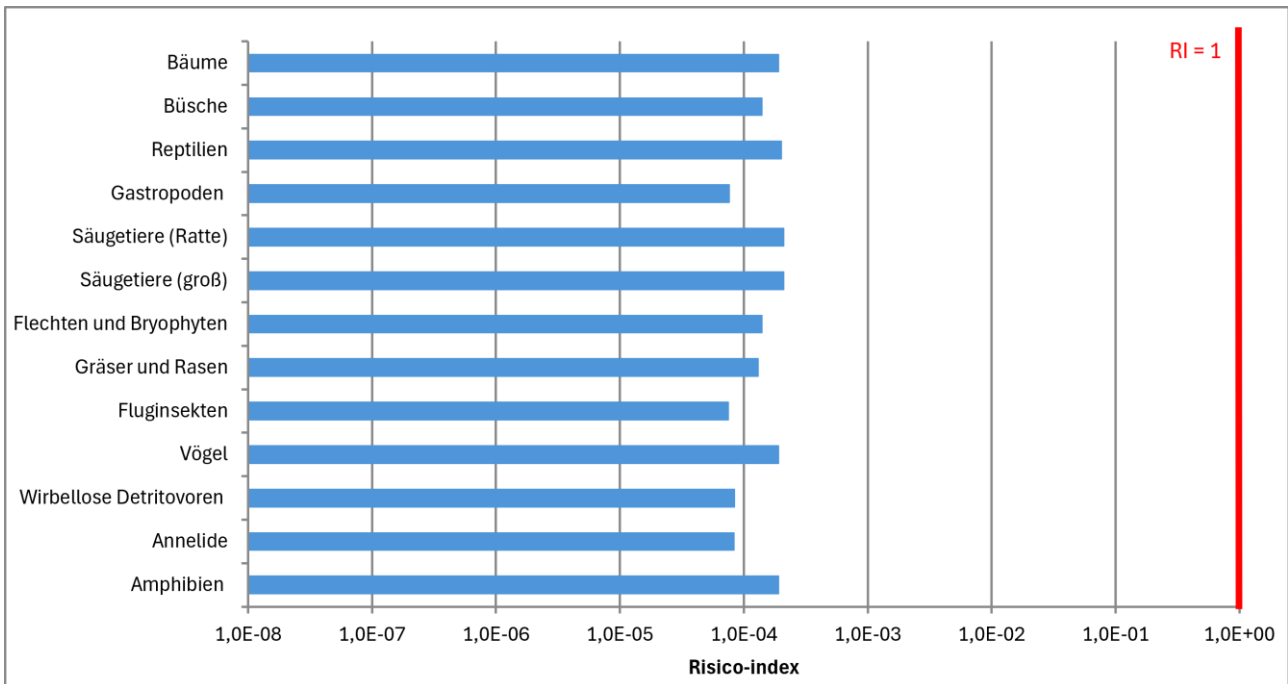
Im Rahmen der Durchführung von Bauarbeiten kann das Abpumpen des Wassers aus der Baugrube erforderlich sein. Es kann ebenfalls Grundwasser entnommen werden, um ggf. die Grundwasserschicht zu reinigen. In Anbetracht der nur gelegentlichen Entnahme haben diese Maßnahmen jedoch keine maßgeblichen Folgen auf die Verfügbarkeit der Wasserressourcen.

Aufgrund des Ablaufs des Grundwassers zum Meer hin und den von den geotechnischen Einfriedungen gebotenen Schutz hat der Betrieb des Kernkraftwerks keine Auswirkungen auf das Grundwasser außerhalb des Kraftwerksbereichs. Außerdem sind stromabwärts des Kraftwerks von Gravelines keine Süßwasserquellen für die Trinkwasserversorgung oder die landwirtschaftliche bzw. industrielle Nutzung des Grundwassers vorhanden.

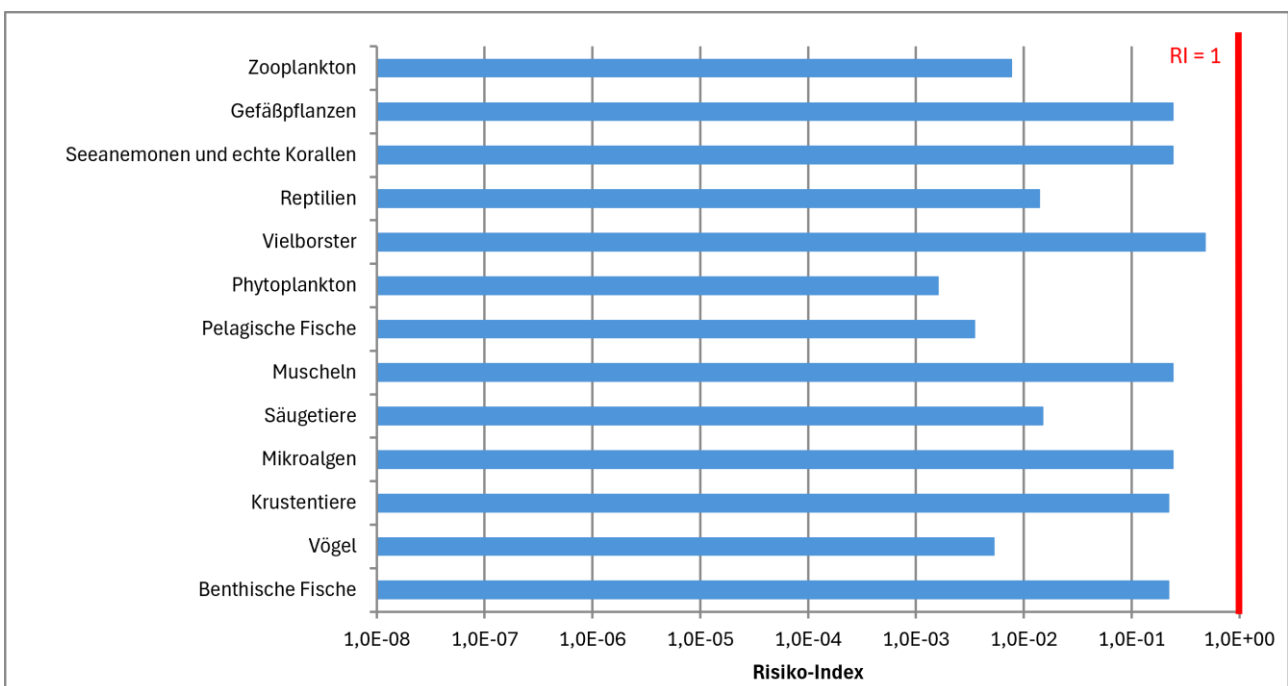
5.7.4. Radioökologie

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 Meer 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 Gravelines verknüpfte Umweltrisiko aktuell und für die kommenden 10 Jahre vernachlässigbar.

5.7.5. Artenvielfalt

Die Untersuchung der Auswirkungen des Betriebs des Kraftwerks von Gravelines auf die Luft, die Klimafaktoren, den radiologischen Zustand der Umwelt, den Boden und Untergrund sowie den Lebensraum in der Nordsee, die in den vorherigen Abschnitten beschrieben wurden, weisen keine maßgeblichen Auswirkungen des Kraftwerks auf die ökologischen Eigenschaften auf, die für die Ausprägung der Artenvielfalt im Studiengebiet erforderlich sind.

Aufgrund dieser Tatsachen und der zur Vermeidung, Verringerung und Kompensierung implementierten Maßnahmen für die Brutkolonie der Flusseeeschwalben im Rahmen der Verordnung vom 28. Oktober 2019, zeigt die Analyse keine maßgeblichen Beeinträchtigungen der bemerkenswerten Naturgebiete, Tier- und Pflanzenarten sowie der ökologischen Funktionen durch das Kraftwerk von Gravelines. Gemäß dem aktuellen Stand der Kenntnisse behindert der Betrieb des Kraftwerks nicht den ungestörten Verlauf der biologischen Zyklen der maritimen Wirbellosen und Fische, deren Vorkommen im Studiengebiet festgestellt wurden.

Außerdem beeinträchtigt das Kraftwerk von Gravelines nicht die in den Managementplänen (DOCOB – Documents d'objectifs) der „Natura 2000“-Standorte festgelegten Ziele.

5.7.6. Bevölkerung und deren Gesundheit

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

Die Gesamtauswirkungen der Freisetzung radioaktiver Schadstoffe durch das Kraftwerk von Gravelines berücksichtigen die interne und externe Exposition durch Freisetzung flüssiger Schadstoffe und durch die Atmosphäre. Sie werden für die Referenzpersonen bestimmt, d. h. die Personen, bei denen die Exposition potentiell am wahrscheinlichsten ist.

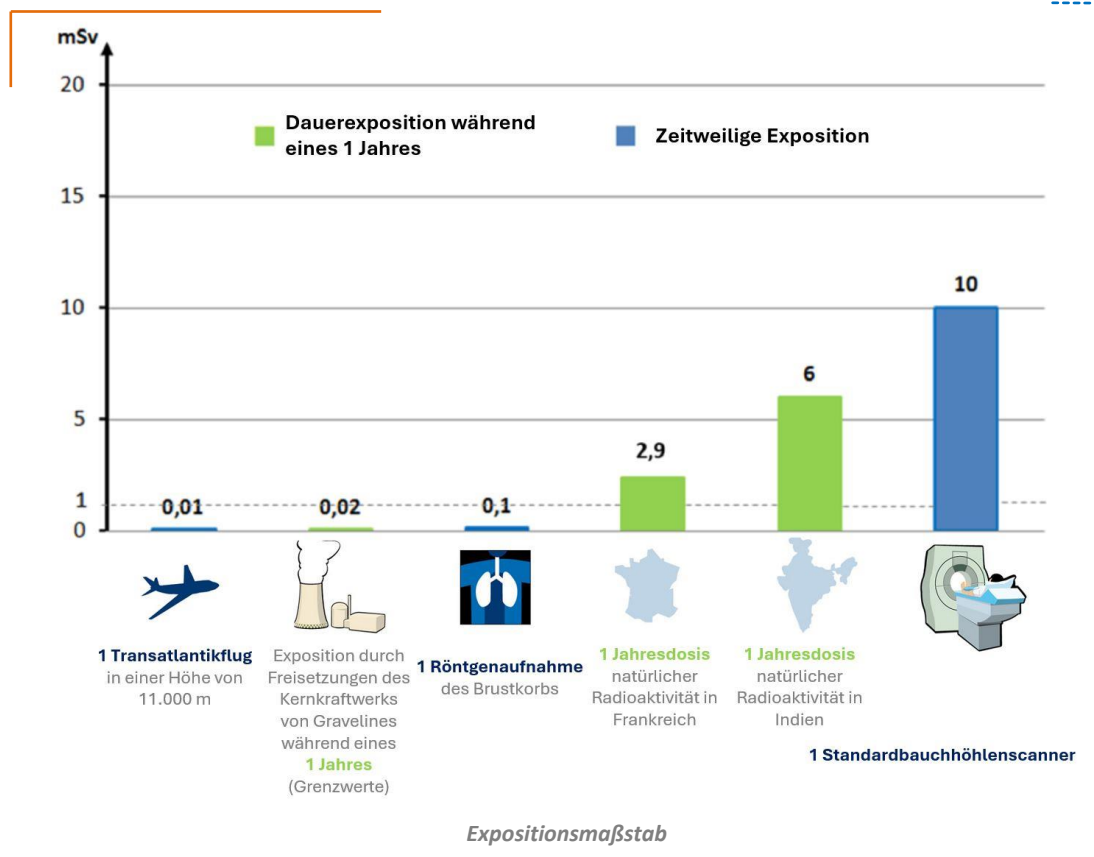
Die jährliche Gesamtwirkdosis durch die interne und externe Exposition durch die freigesetzten flüssigen radioaktiven Schadstoffe des Standorts wird geschätzt:

- für Erwachsene auf 0,019 mSv/Jahr;
- für zehnjährige Kinder auf 0,01 mSv/Jahr;
- für einjährige Kinder auf 0,001 mSv/Jahr.

Diese Dosen betragen weniger als 2 % 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.

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



■ **Bewertung der Gesundheitsrisiken durch Chemikalienfreisetzungen**

Es wurde nachgewiesen, dass die aktuellen Freisetzungen des Kraftwerks von Gravelines keinen Einfluss auf den chemischen Zustand der Nordsee 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 Gravelines zuzuschreiben wären, auf die benachbarten Bevölkerungsgruppen, die potentiell durch den Verzehr von Meeresprodukten und das versehentliche Verschlucken von Meerwasser beim Baden exponiert wären, noch aufgrund atmosphärischer Chemikalienfreisetzungen auf die benachbarten Bevölkerungsgruppen, die potentiell durch Inhalation exponiert wären.

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

Eine 2015 im Umfeld des Kraftwerks durchgeführte Messkampagne zur Erfassung der Lärmbelastungspegel zeigt, dass die Lärmpegel 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 Bau- und Straßenarbeiten sowie die verschiedenen Leitungsnetze, die Vibrationen verursachen, befinden sich im Innern 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 Lichtemissionen am Standort entstehen hauptsächlich durch die Sicherheitsbeleuchtung des Standorts (Schutz gegen unerlaubtes Eindringen, Warnung für Flugzeuge...). Daher sind sie unerlässlich; ihre visuellen Auswirkungen außerhalb des Standorts werden durch die Ausrichtung dieser Leuchten minimiert. 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 Standorts von Gravelines zeigt keine Gesundheitsrisiken für die potentiell exponierten benachbarten Bevölkerungsgruppen auf, die durch den Betrieb des Kraftwerks verursacht würden.

Daraus kann auf ein Ausbleiben maßgeblicher Auswirkungen auf die Flächennutzung, insbesondere landwirtschaftlich genutzter Flächen, sowie auf Sachwerte (Wohnstätten, Industriegebiete...) geschlossen werden.

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

Das Kraftwerk von Gravelines wurde vor über 40 Jahren errichtet und ist seitdem Teil der Landschaft.

Der Betrieb des Standorts von Gravelines 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 Kraftwerks von Gravelines erfordert diverse Wasserversorgungsbedürfnisse, wobei der Hauptwasserverbrauch der Kühlung der Verflüssiger dient. Das aus dem Meer entnommene Kühlwasser wird jedoch vollumfänglich in die Umwelt zurückgeleitet.

Die Bewertung der gesundheitlichen Auswirkungen der flüssigen radioaktiven und chemischen Ausflüsse (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 Gravelines zuzuschreiben wären. Der Betrieb des Kraftwerks von Gravelines hat somit keine Auswirkungen auf die Verfügbarkeit der Wasserressource und die Art der Ausflüsse stellt die Nutzung des Wassers in der Nähe des Kraftwerks nicht in Frage.

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

Der gesamte vom Kraftwerk verursachte Verkehr entspricht jeweils 61 % bzw. 6 % (Pkw und Lkw) des lokalen Verkehrs auf den Straßen N316 und A16. Der dem Kraftwerk von Gravelines zuzuschreibende Pkw-Verkehr ist daher ein maßgeblicher Teil des Verkehrs auf dem Straßennetz im Umkreis des Standorts. Die betreffenden Straßen wurden jedoch für dieses Verkehrsaufkommen bemessen.

Außerdem gehen jährlich etwa 20 Güterzüge auf das Konto des Kraftwerks (Abtransport von Brennelementen). Dies entspricht ca. 1 % des Gesamtschienenverkehrs des großen Seehafens von Dunkerque (GPMD – Grand port maritime de Dunkerque).

Da das Kraftwerk von Gravelines bisher noch nie Baggerarbeiten im Küstenbereich durchgeführt hat, hat es keinen Einfluss auf den Schiffsverkehr.

■ **Analyse der Auswirkungen auf das Industrieumfeld**

Das Kraftwerk von Gravelines wurde vor über 40 Jahren in einem als solches geplanten Gewerbe- und Industriegebiet errichtet.

Das Kraftwerk hat durch die Warmwasserversorgung der benachbarten Unternehmen zur Entwicklung dieses Gebiets beigetragen:

- Der Firma Dunkerque LNG, die den Methanterminal von Dunkerque betreibt;
- Der Firma Aquanord Ictus, Eigentümerin eines Aquakulturunternehmens entlang des Abflusskanals und eines Seebarschbrutbetriebs, der 0,6 km südwestlich des Kraftwerks liegt.

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

Die Bewertung der Auswirkungen auf die Gesundheit

- durch die flüssigen und atmosphärischen radioaktiven Freisetzungen (einschließlich durch den Verzehr von Nahrungsmitteln, beim Angeln, externe und interne Exposition beim Baden...)
- und die flüssigen und atmosphärischen Chemikalienfreisetzungen (beim Angeln oder Baden)

weisen keine Gesundheitsrisiken für die potentiell exponierten benachbarten Bevölkerungsgruppen auf, die dem Kraftwerk von Gravelines zuzuschreiben wären.

Daher hat der Betrieb des Kraftwerks von Gravelines keine Auswirkungen auf Freizeitanlagen und -aktivitäten.

▪ **Analyse der Auswirkungen auf den Energieverbrauch**

Das Kraftwerk von Gravelines erzeugt jedes Jahr über 30 Milliarden kWh Strom. Dies entspricht 60 bis 70 % des Stromverbrauchs der Region Hauts-de-France oder dem Stromverbrauch von mehr als 6 Millionen Haushalten. Als Eigenbedarf verbraucht das Kraftwerk weniger als 5 % seiner Produktion, d. h. etwa 0,3 % des regionalen Stromverbrauchs. 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 Gravelines zwei Arten Abfälle: radioaktive Abfälle und konventionelle Abfälle.

- Radioaktive Abfälle werden entsprechend ihrer Radioaktivitätsklasse und der Halbwertszeit der enthaltenen Radionukleide 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. 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:

Öffentliches Anhörungsverfahren für die Reaktoren von Gravelines

Dokument 3bis – Dokument bezüglich der Auswirkungen auf die Umwelt, die mit dem Betrieb des Reaktors während der nächsten zehn Jahre verbunden sind

- Der Verbrennungssektor von Cyclife France (**CENTRACO**) zur Aufbereitung sogenannter „technologischer“ Abfälle (Vinyl, Papier, Lappen...), Ionentaucherharze, 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 Département Aube (CSA – Centre de stockage de l’Aube) oder des Industriezentrums mit Sammelzwischenlager- und -lagerstätte (CIRES – Centre industriel de regroupement d’entreposage et de stockage) sammeln, bereiten ggf. auf und lagern Abfälle mit sehr schwacher bis mittlerer Radioaktivität.

CENTRACO (CENTre de TRAIement 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-Portalen (Strahlenschutzprüfgerät zur Gewährleistung, dass am Standortausgang keine Kontamination vorhanden ist) weitergeleitet werden.

Die vom Kraftwerk von Gravelines 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 Wärmeengewinnung) 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.

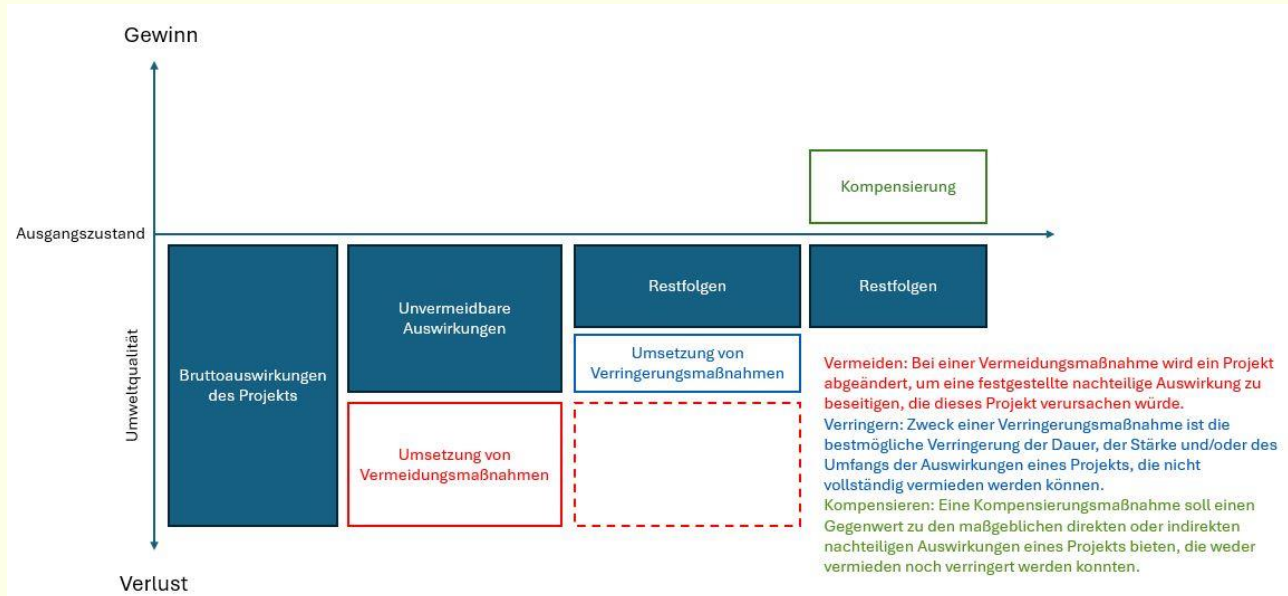


Abbildung der ERC-Sequenz in der französischen Rechtsprechung (Quelle: environnement.gouv.fr)

Luft und Klimafaktoren

Im Kraftwerk werden Maßnahmen zur besseren Begrenzung der freigesetzten Gase umgesetzt:

- Bezüglich des Betriebs der Dieselmotoren: Implementierung eines optimierten Wartungsprogramms, Verwendung eines sehr schwefelarmen Kraftstoffs und eines wasser- und glykolbasierten Frostschutzmittels, Beschränkung des Betriebs auf das Allernötigste.
- Bezüglich der Minimierung der Treibhausgase:
 - Durch den Betrieb der Anlagen: Umsetzung eines nationalen Plans zur Beschränkung der SF6-Freisetzungen. Dieses Isoliergas wird in elektrischen Anlagen verwendet.
 - Durch den Mitarbeitertransport: Einrichtung von Buslinien für den Transport der Mitarbeiter zwischen ihrem Wohnort und dem Kraftwerk, Bereitstellung eines Elektrofahrzeugparks für die Dienstfahrten im Umkreis des Kraftwerks, Anforderung an Dienstleister, möglichst mit Elektrofahrzeugen zum Kraftwerk zu fahren, Einschränkung des Verkehrs am Standort.

Oberflächengewässer

Das Kraftwerk von Gravelines setzt seit einigen Jahren Maßnahmen zur Verringerung seines Industriewasserverbrauchs um, z. B. die Optimierung des Verbrauchs an vollentsalztem Wasser für die diversen Leitungssysteme der Anlagen, insbesondere während der Abschalt- und Wiederanlaufphasen der Reaktoren, die große Wassermengen verbrauchen.

Das Kraftwerk ergreift auch Maßnahmen zur optimierten Begrenzung seiner Ausflüsse durch Verringerung ihrer Erzeugung am Entstehungspunkt, durch selektives Sammeln, durch Aufbereitung in leistungsstarken Anlagen, durch Optimierung der Aufbereitung der Leitungssysteme, um Freisetzung von Chemikalien auf das absolute Minimum zu beschränken und durch fortgesetzte Einbeziehung der verschiedenen Akteure.

Außerdem wird der Betrieb der Reaktoren zur Verringerung der Auswirkungen der Wärmeemissionen unter Beachtung der Anforderungen der Vorschriften angepasst, insbesondere bei besonderen Klimasituationen wie zum Beispiel Hitzewellen. Ggf. verringert das Kraftwerk seine Leistung, um die Temperatur der Ausflüsse, die Temperatur in der Umwelt und die Erwärmung der Nordsee unterhalb der behördlichen Grenzwerte zu halten.

■ **Böden und Grundwasser**

Das Kraftwerk von Gravelines unternimmt die größtmöglichen Anstrengungen, um die Risiken einer Freisetzung von Chemikalien und Kohlenwasserstoffen in den Boden und das Grundwasser zu minimieren.

Die Zwischenlagerung und Nutzung von Gefahrstoffen sind streng reglementiert und die Lagerung erfolgt unter maximalen Vorbeugungsmaßnahmen, um ihre Freisetzung in die Umwelt zu verhindern (Sammelbecken, Verlagerung in abgedichtete Bereiche). Strategische Bereiche werden für den Fall von Freisetzungen mit Umweltsets ausgestattet.

■ **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 Radionukleide anhand des **radioaktiven Zerfalls** dieser Radionukleide;
- Durch Steuerung der Freisetzungen.

Die **Filterung** dient dazu, den Großteil der Radionukleide 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**

Wie bereits beschrieben, belegt die Analyse der Auswirkungen des Kraftwerkbetriebs von Gravelines, dass keine Beeinträchtigung der Fauna, Flora und Lebensräume festzustellen ist. Nur für die Brutkolonie der Flusseeschwalben wurden besondere Maßnahmen umgesetzt,

unter anderem zur Vermeidung, Verringerung und Kompensierung, die Gegenstand der Verordnung des Präfekten vom 28. Oktober 2019 sind: Umweltschutzunterstützung während der Bauphase des Kraftwerksprojekts zum Schutz gegen Überschwemmungen (MS1), Umweltunterstützung für Überwachungs- und Wartungstätigkeiten des Kraftwerks (MS2), ökologische Überwachung der nistenden Uferseeschwalben (MS3) und Einbindung des Ausschusses zur Überwachung der nistenden Uferseeschwalben (MS4).

■ **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 Entwicklung Maßnahmen zur Verringerung der Lärmbelastungsquellen ergriffen. An bestimmten kernsicherheitsrelevanten Anlagenteilen werden im Rahmen der periodischen Prüfungen Messungen 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 durch die Beleuchtungen werden Maßnahmen zur Verringerung der Belästigung ergriffen: Ausrichtung der Leuchten zum Kraftwerksstandort hin und auf den Boden, Begrenzung der Beleuchtung auf das für die Sicherheit des Kraftwerksareals nötige Minimum und außerhalb der Arbeitszeiten.

■ **Menschliche Aktivitäten**

Das Konzept des Kraftwerks von Gravelines soll die Auswirkungen auf die menschlichen Aktivitäten im Umkreis des Kraftwerks so weit wie möglich begrenzen.

■ **Abfallmanagement**

Das Konzept des Kraftwerks von Gravelines 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.

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 \(ACV\) der kWh aus Kernkraft](#) für den gesamten Lebenszyklus des aktuellen französischen Kraftwerksparks, im Verhältnis zu einem Durchschnittswert von 275 g CO₂/kWh für den europäischen Energiemix (<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-du-climat-2024/fr/livre>).

Das Kraftwerk von Gravelines erzeugt durchschnittlich ca. 30 TWh/Jahr Strom, wobei weniger als 120.000 Tonnen CO₂ freigesetzt werden.

Im Falle einer endgültigen Stilllegung des Kernkraftwerks von Gravelines würde der CO₂-Ausstoß zur Erzeugung der gleichen Menge Strom aus dem europäischen Energiemix um mehr als 8 Millionen Tonnen CO₂¹² ansteigen.

¹²Ausgehend von der CO₂-Absorptionskapazität von ca. 4 T CO₂/ha/Jahr eines Laubwaldes müssten mehr als zwei Millionen Hektar (200 km x 100 km) Wald gepflanzt werden, um die Freisetzung dieser zusätzlichen CO₂-Menge in die Atmosphäre zu kompensieren.



Luftbild des Kernkraftwerks von Gravelines,
Departement Nord
Copyright Burnod Jean-Louis, Happy Day

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. 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.

6.1. Anforderungen hinsichtlich der radiologischen Folgen

6.1.1. Ansatz zur Bewertung der radiologischen Folgen

Um zu prüfen, dass die (in 4 Kategorien eingestuften) 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 Gravelines liegen die nächstgelegenen Wohnstätten in einer Entfernung von 900 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:

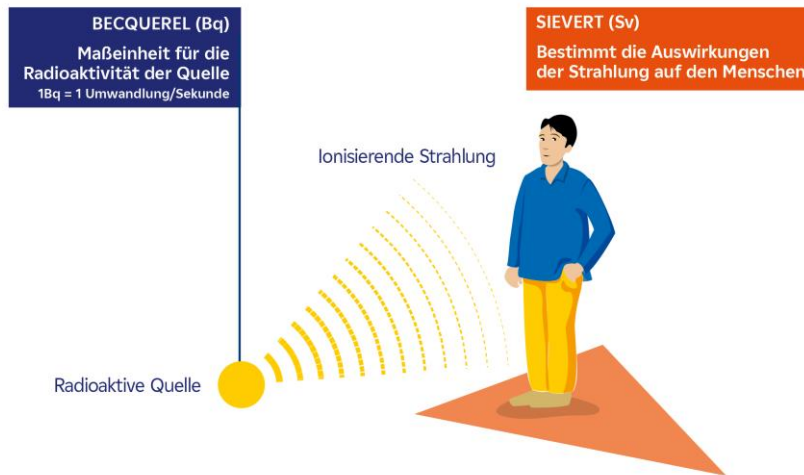
- 1. Kategorie – Normalbetrieb: Einhaltung der vom französischen Sozialgesetzbuch festgelegten Dosisgrenzwerte; die Beachtung dieser Werte wird durch die Einhaltung der in den Beschlüssen der Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR – Behörde für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz) 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.

Öffentliches Anhörungsverfahren für die Reaktoren von Gravelines

Dokument 3bis – Dokument bezüglich der Auswirkungen auf die Umwelt, die mit dem Betrieb des Reaktors während der nächsten zehn Jahre verbunden sind

- 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:

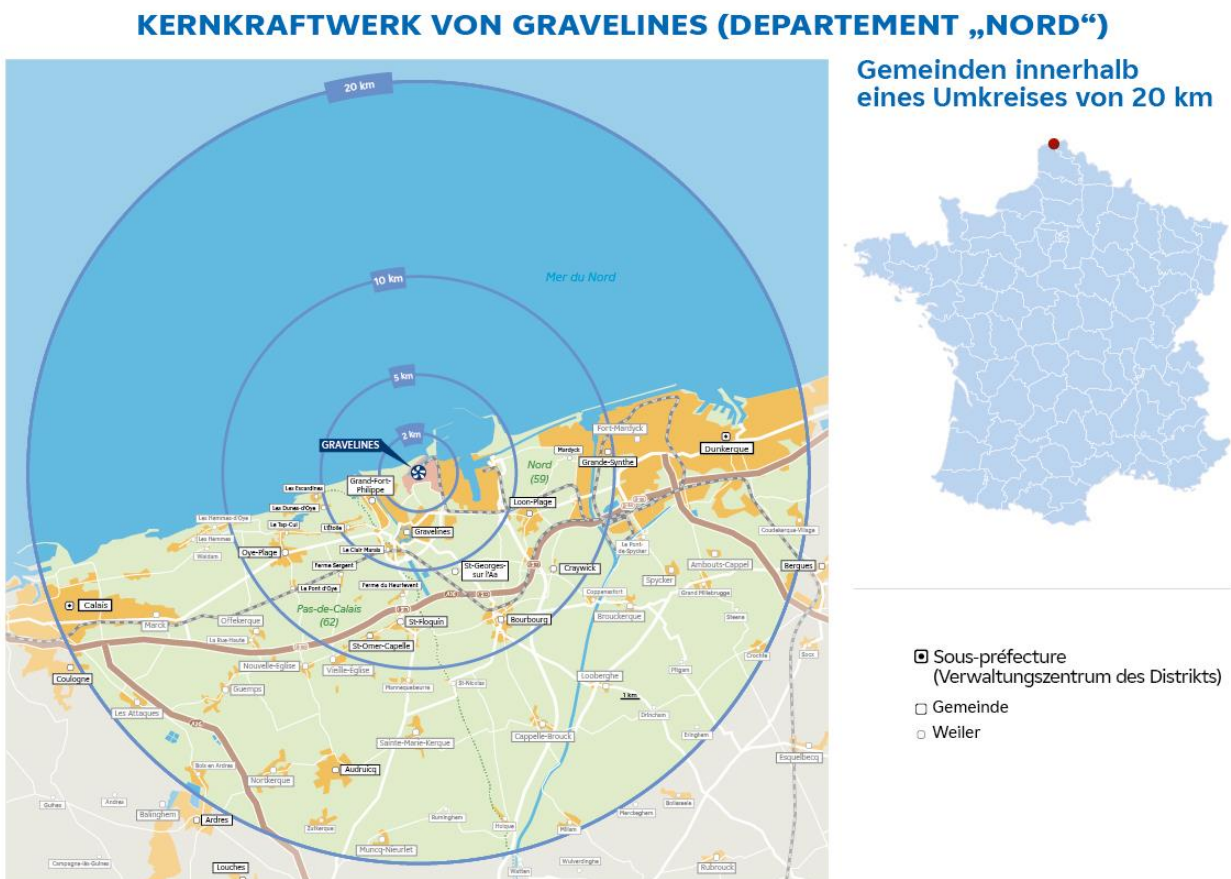
- Eine Wirkdosis von 10 mSv für die Abschirmung,
- Eine Wirkdosis von 50 mSv für die Evakuierung,
- Eine schilddrüsenäquivalente Dosis von 50 mSv für die Verabreichung von stabilem Jod.

ABSCHIRMUNG	EINNAHME EINER JODTABLETTE	EVAKUIERUNG
Schutz des Organismus bei voraussichtlicher GANZKÖRPERDOSIS 10 mSv	Schützt die Schilddrüse bei voraussichtlicher SCHILDRÜSENDOSIS 50 mSv	Schutz des Organismus bei voraussichtlicher GANZKÖRPERDOSIS 50 mSv

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 Abstände betroffen sind.



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:

	Kurzfristige Gesamtwirkdosis (mSv)
Bezugswerte	1 mSv
Verlust aller externen Stromversorgungen	$5,0 \cdot 10^{-4}$ mSv
Unbeabsichtigtes Öffnen eines Ventils im Sekundärkreis (OISS) oder Bruch einer Dampfleitung	$1,5 \cdot 10^{-3}$ 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 Dampfgenerators 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 Dampfgenerators (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 Dampfgenerators 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 Dampfgenerators, zusammen mit dem Blockieren eines Ventils in geöffneter Stellung (RTGV Kategorie IV)	7,2 mSv	100 mSv
Unfall mit Verlust von Primärkreisältemittel (APRP – Accident de perte réfrigérant primaire)	3,5 mSv	35 mSv

Ein Unfall mit Bruch einer Leitung des Dampfgenerators 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 Dampfgenerators (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 Dampfgenerators (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 Dampfgenerators (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 Gravelines 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.

Kernschmelzenbedingte 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 Radionukleiden 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 freigesetzte 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 Gravelines, einschließlich der „Worts Case“-Ergebnisse, die für jedes Land festgestellt werden.

Die Berechnungen zur Langstreckenausbreitung der Emissionen des Kraftwerks von Gravelines 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	30	2,03	2,01	1,86	1,71
Vereinigtes Königreich	55	0,61	0,59	0,56	0,48
Niederlande	90	0,82	0,83	0,76	0,73
Deutschland	260	0,18	0,18	0,17	0,16
Luxemburg	280	0,16	0,16	0,15	0,15
Schweiz	525	0,04	0,04	0,04	0,04
Irland	595	0,05	0,05	0,05	0,04
Dänemark	615	0,10	0,10	0,09	0,09
Österreich	665	0,03	0,04	0,03	0,03
Italien	670	0,02	0,02	0,01	0,01
Liechtenstein ¹³	680	0,03	0,03	0,03	0,03
Tschechische Republik	705	0,05	0,05	0,05	0,04
Polen	830	0,06	0,07	0,06	0,06
Schweden	830	0,09	0,10	0,09	0,09
Norwegen	850	0,09	0,09	0,08	0,09
Spanien	915	0,02	0,02	0,02	0,02
Slowenien	975	0,01	0,01	0,01	0,01
Kroatien	1045	0,01	0,01	0,01	0,01

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. 2,0 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 sechs 900 MWe-Reaktoren des Standorts von Gravelines sehr begrenzt oder sogar vernachlässigbar.

¹³ 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 Gravelines 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 ASNR 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.

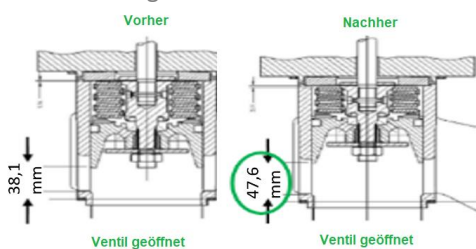
6.3.1. Wichtigste Maßnahmen bezüglich der Unfälle ohne Kernschmelze

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

- Steigerung der Durchflussmengen der Ventile für den Dampfablass

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.



- Senkung des Radioaktivitätsgrenzwerts des Wassers im Primärkreis

Beschreibung der Maßnahme

Die Reaktoren von Gravelines 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 Dampfgeneratorrohrbruch (RTGV – Rupture de tube de générateur de vapeur) zu verringern.

Pädagogikhinweise

Das sogenannte GCTa-Leitungssystem dient der Freisetzung des von den Dampfgeneratoren erzeugten Dampfs direkt in die Atmosphäre. Es steuert die Kühlung des Reaktors durch die Dampfgeneratoren 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.

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.

Öffentliches Anhörungsverfahren für die Reaktoren von Gravelines

Dokument 3bis – Dokument bezüglich der Auswirkungen auf die Umwelt, die mit dem Betrieb des Reaktors während der nächsten zehn Jahre verbunden sind

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 Dampfgeneratorrohrbruch.

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

Beschreibung der Maßnahme

EDF hat zur Verbesserung der Stilllegungsbedingungen des Notkühlsystems eine Weiterentwicklung der Steuerung des Übergangs bei Dampfgeneratorrohrbruch RTGV 4. in die Wege geleitet. Diese Weiterentwicklung, die aufgrund der Schlussfolgerungen der allgemeinen Phase der 4. Sicherheitsüberprüfung auch von der Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR – Behörde für nukleare Sicherheit und Strahlenschutz) gefordert wird, verringert in der RTGV 4.-Studie des Kernsicherheitsbericht die Freisetzung von Flüssigkeiten um mehrere Dutzend m³.

Außerdem wurden bereits Maßnahmen zur Begrenzung der Flüssigkeitsfreisetzungsmengen implementiert:

- Automatische Absperrung der Wassernachspeisung des gestörten Dampfgenerators durch das Notspeisesystem der Dampfgeneratoren (ASG – Alimentation de secours des générateurs), um das Risiko von Flüssigkeitsfreisetzungen zu verringern.
- Entleeren des gestörten Dampfgenerators durch den Bediener anhand des Ablasssystems der Dampfgeneratoren (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 Primärkreisältemittel (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 Primärkreisältemittel 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 Notkühlsystem ist ein Nachspeisesystem des Primärkreises zur Kompensierung von Wasserverlusten in Unfallsituationen mit Bruch des Primärkreises oder der Leitungen eines Dampfgenerators. 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 Gravelines, 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 Gravelines dazu, extrem heftige, anlagenexterne, natürliche Aggressionen zu bekämpfen, die zum Zweck des Nachweises der nuklearen Sicherheit über die Anforderungsniveaus 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 ähnlicher Ereignisse (Blitzschlag, Hagel, Sturm, Starkregen) oder auch Wirbelstürme.

Um diesen extremen Situationen standzuhalten wurden an jedem Reaktor von Gravelines 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

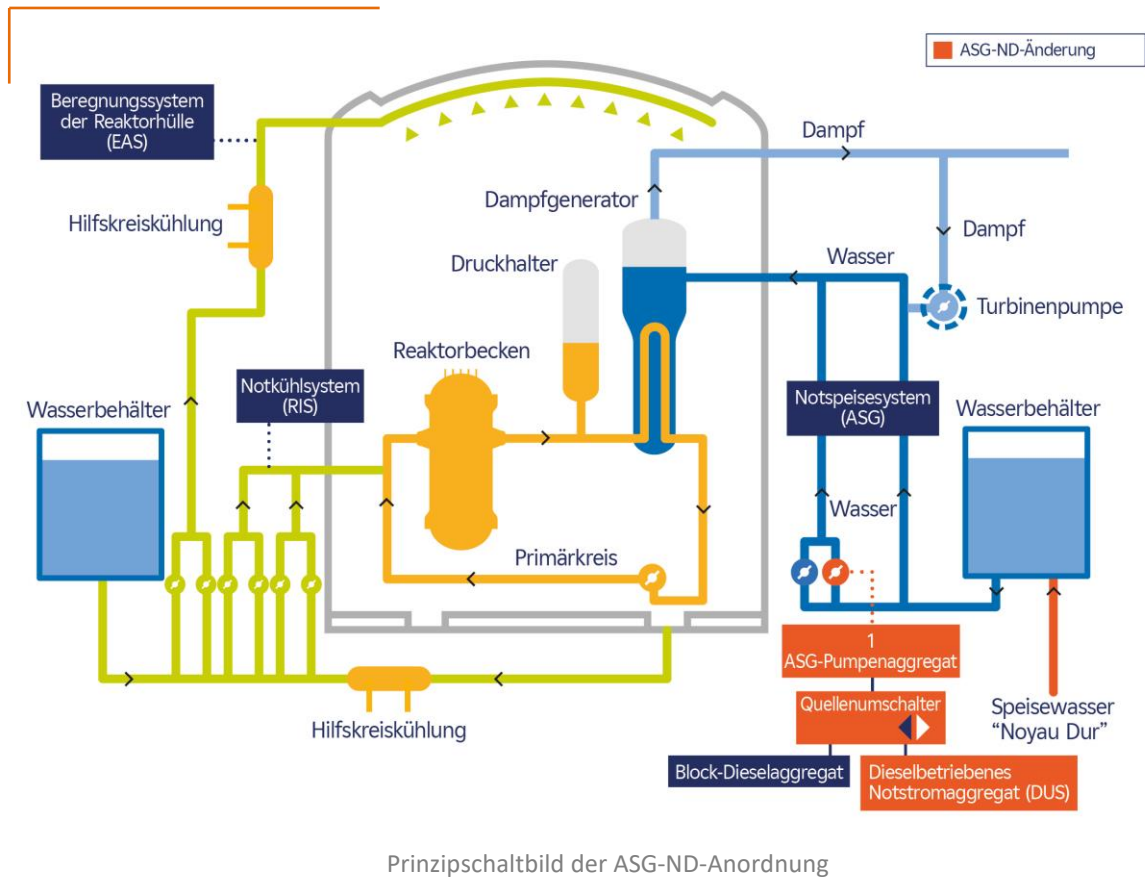


Heterogene Wasserquelle (SEG)

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

In einem solchen Fall übernehmen die Vorrichtungen des „Noyau Dur“ die Funktionen der nuklearen Sicherheit: ein Teil der Notspeisung der Dampfgeneratoren ist für die Folgen dieser extremen Situationen qualifiziert und robust genug, um die Funktion der **Sekundärkreis Kühlung 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.



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 von Gravelines 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

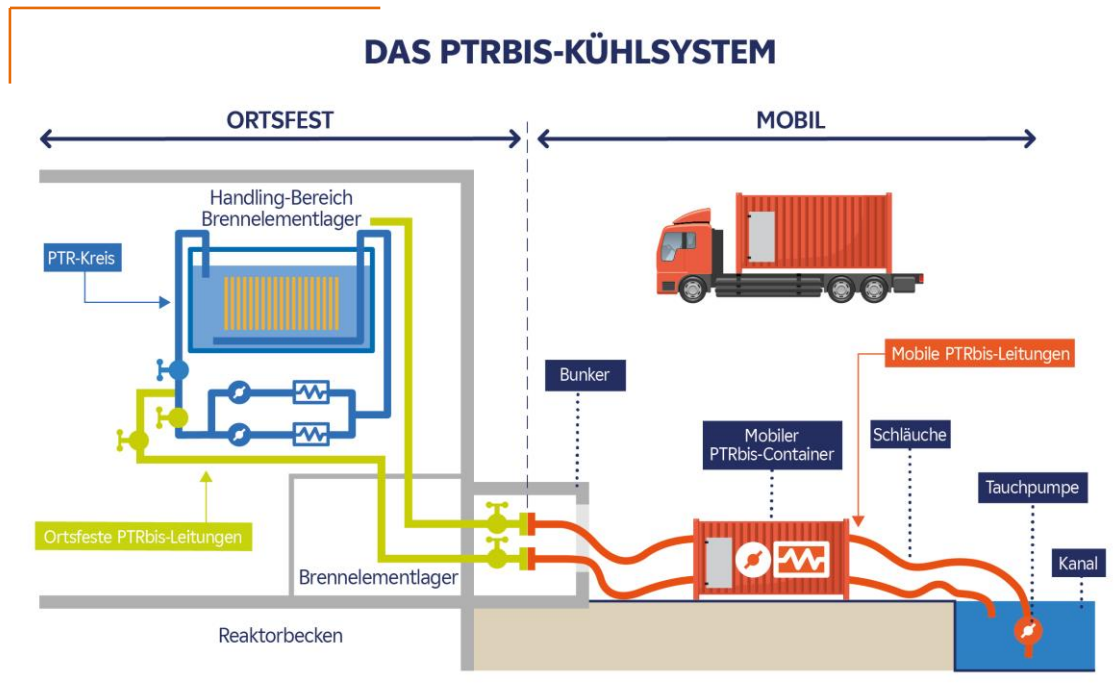
Die Bewertung des Verhaltens der Brennelementbecken in den 900 MWe-Kraftwerken, zu denen die Reaktoren von Gravelines gehören, im Verhältnis zu den auf das EPR von Flamanville 3 angewandten Unfallszenarien, die nicht bei der ursprünglichen Entwicklung berücksichtigt wurden, hat deren derzeitigen robusten 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.



6.3.4. Wichtigste Maßnahmen bezüglich der Unfälle mit Kernschmelze

Die wichtigsten Betriebs- und/oder Entwicklungsmaßnahmen im Rahmen der 4. periodischen Sicherheitsüberprüfung von Gravelines, 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.

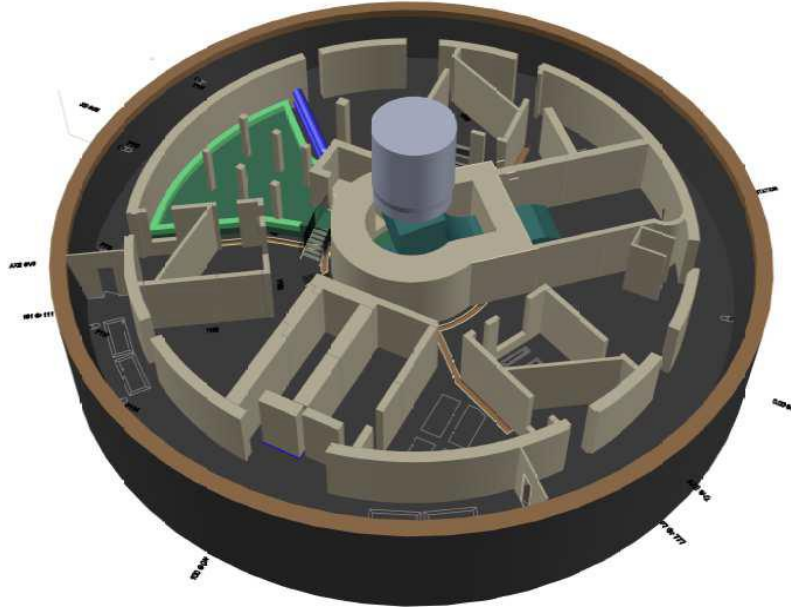
Ziel des Managements von Unfällen mit Kernschmelze ist die Ausbreitung des Coriums in „trockenem“ Zustand – d. h. ohne Wasser – am Boden des Reaktorgebäudes. Einmal verteilt bietet es eine große Austauschfläche und kann mit einer Zugabe von Borwasser stabilisiert werden. Das Borwasser kühlt das verteilte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

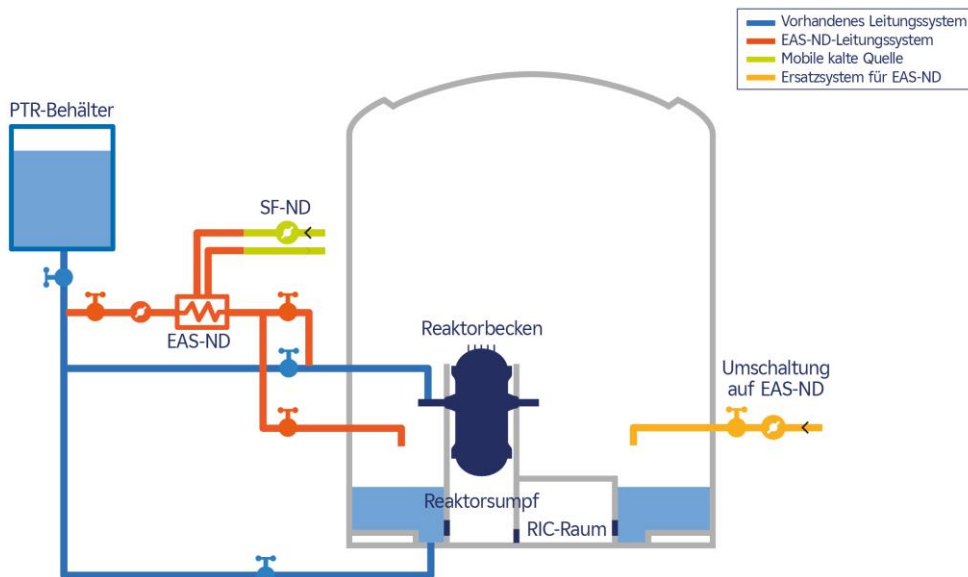
Folgende Maßnahmen werden im Fall eines Unfalls mit Kernschmelze in einem Reaktor von Gravelines implementiert:

- **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 Druckausgleichfilter 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

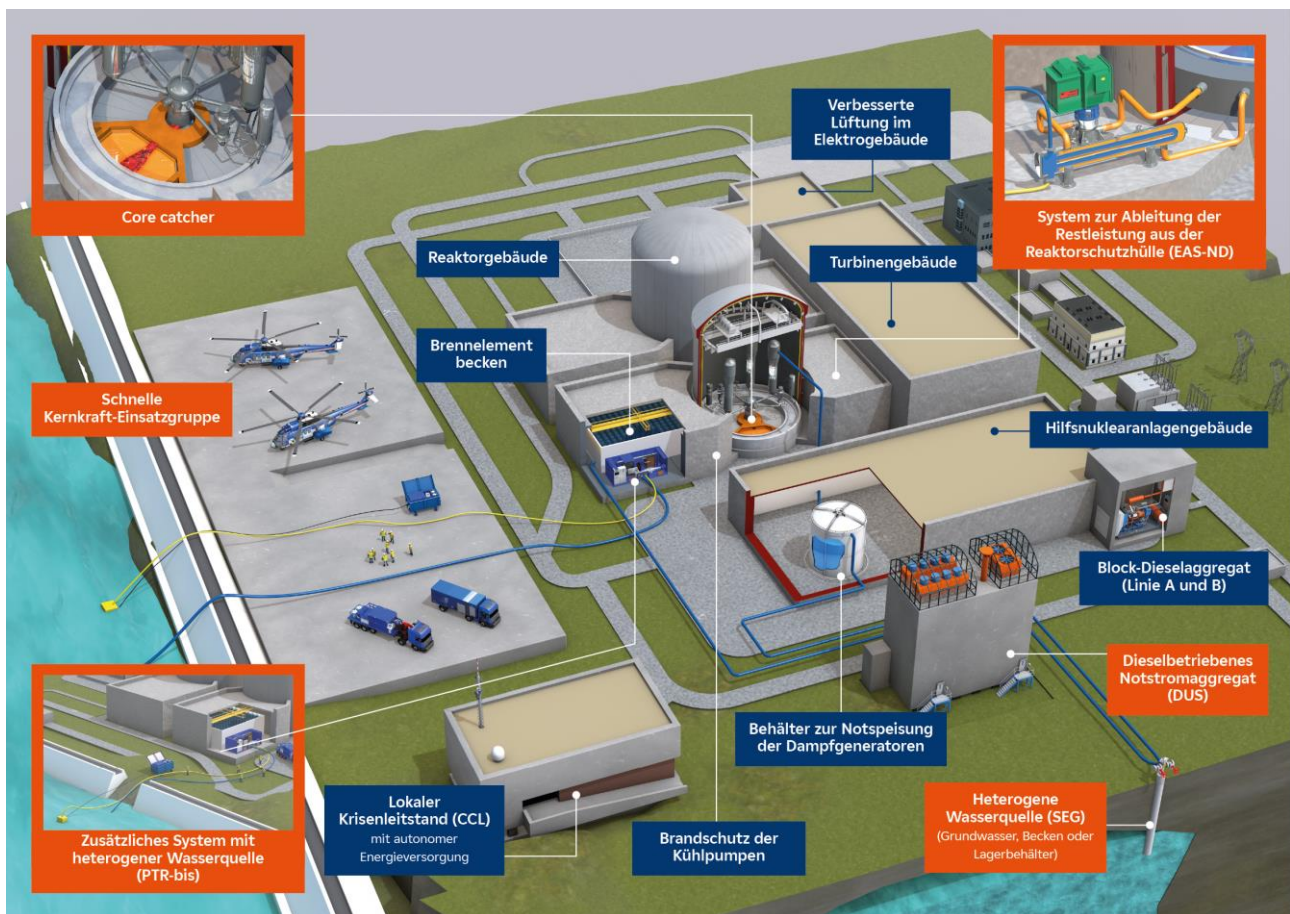


Die „EAS-ND“-Maßnahme beruht auf den folgenden Mitteln:

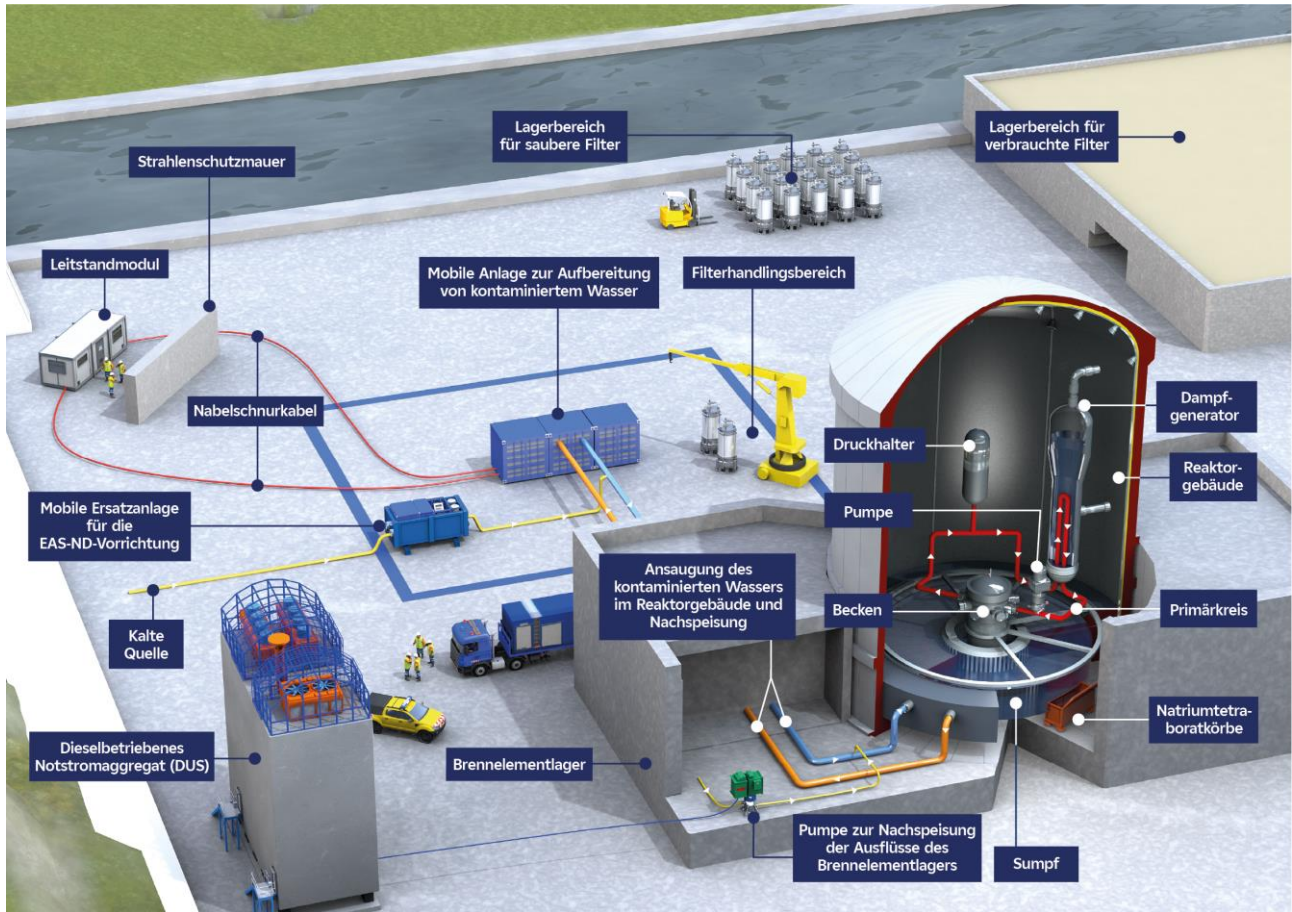
- Eine Pumpe (angetrieben vom dieselbetriebenen Notstromaggregat (DUS),
- Einen Wärmetauscher zur Ableitung der Wärme aus der Reaktorschutzhülle,
- Eine kalte Quelle „Noyau Dur“ (SF-ND), die aus einer mobilen Pumpvorrichtung besteht,

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



7. ÜBERWACHUNG DER UMWELT



Luftbild des Kernkraftwerks von Gravelines,
Departement Nord
Copyright Burnod Jean-Louis, Happy Day

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 Gravelines für geschützte Interessen aufweist. Daher werden die Überwachungsprogramme unverändert fortgeführt. Die Überwachungsmaßnahmen werden im folgenden Abschnitt beschrieben.

Öffentliches Anhörungsverfahren für die Reaktoren von Gravelines

Dokument 3bis – Dokument bezüglich der Auswirkungen auf die Umwelt, die mit dem Betrieb des Reaktors während der nächsten zehn Jahre verbunden sind

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;
- Die Freisetzungen flüchtiger Stoffe aus der Aufbereitung der Sekundärkreise (Ethanolamin, Ammoniak);
- Die Freisetzungen von Treibhausgas und Kältemitteln.

Das Kraftwerk von Gravelines überwacht auch das Wetter mithilfe einer automatischen Wetterstation (Temperatur- und Niederschlagsmessungen) und einem SODAR-Gerät (Ermittlung der Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Höhenturbulenzen)..



© EDF

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

Oberflächengewässer

Das Kraftwerk von Gravelines gewährleistet die Überwachung seiner Chemikalienfreisetzungen hauptsächlich durch Probenentnahmen und Analysen im Bereich der Lagerbecken vor der Freisetzung, des Abflusskanals, der Entsalzungsstation und der Wasseraufbereitungsanlagen.

- Das Kraftwerk von Gravelines stellt die chemische, physikalisch-chemische und ökologische Überwachung der Gewässer sicher, um die Konzentration der freigesetzten Chemikalien im Wasser zu messen, die natürliche Entwicklung des aufnehmenden Umweltbereichs zu verfolgen und jede anormale Entwicklung zu erkennen.
- Die Prüfung und Überwachung der Wärmeemissionen erfolgt anhand von Thermographen in den Zufluss- und Abflusskanälen sowie im Meer: Sie messen ohne Unterbrechung die Temperatur in verschiedenen Tiefen.
- Im Bereich des Strands von Gravelines werden regelmäßig Wassertiefenmessungen durchgeführt, um die eventuellen Auswirkungen der Kühlwasserfreisetzungen des Kraftwerks auf den Küstenstreifen zu überwachen.



© EDF

Überwachung der flüssigen Schadstoffe

Böden und Grundwasser

Das Kraftwerk von Gravelines hat ein Programm zur Überwachung der chemischen und radiologischen Grundwasserqualität eingerichtet, mit dem Ziel, eventuell vorhandene, durch das Kraftwerk verursachte Belastungen festzustellen.

Das Kraftwerk besitzt ein Grundwasserüberwachungsnetz aus Piezometern, die im Innern und außerhalb der

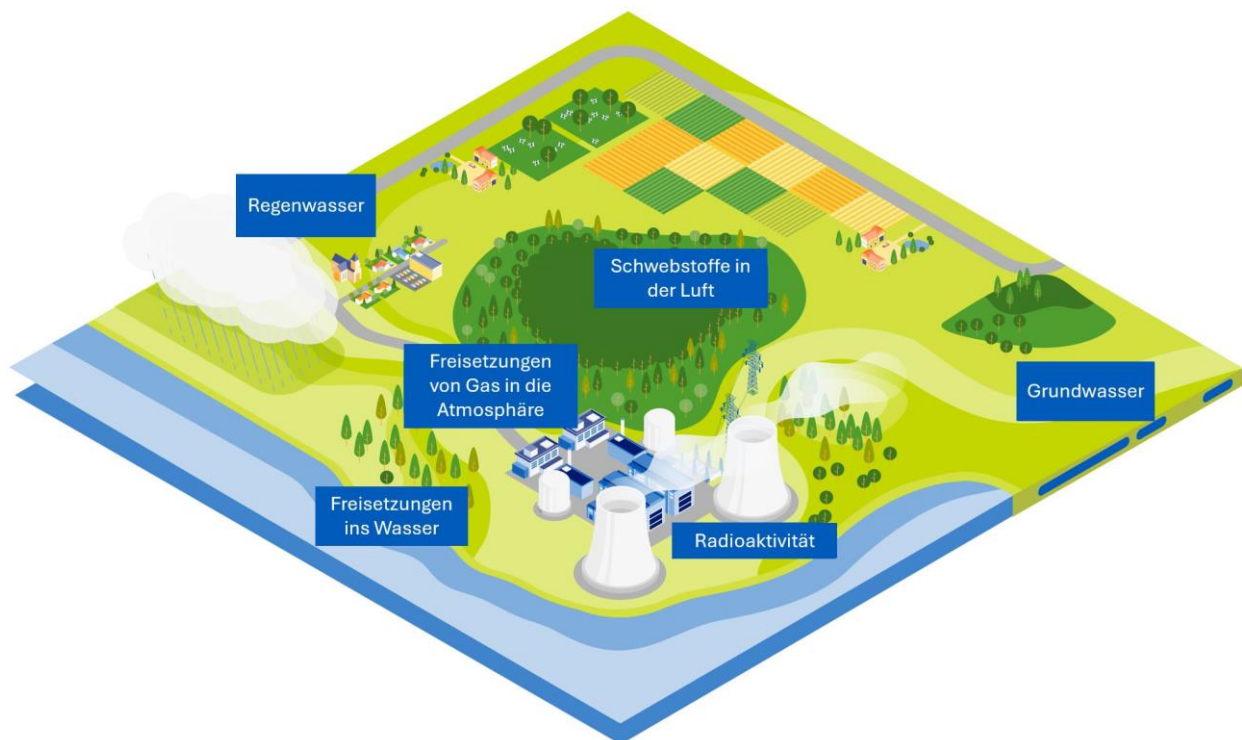
geotechnischen Einfriedungen angebracht sind. Die Probenentnahmen und Analysen des Grundwassers werden gemäß NF EN IS/ECI 17025 durchgeführt.

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

■ **Radioökologie**

Das Kraftwerk von Gravelines implementiert ein Programm zur Überwachung der radioaktiven Ausflüsse an folgenden Punkten:

- Die Schornsteine zur Freisetzung der atmosphärischen Schadstoffe;
- Die Lagerbehälter für gasförmige Ausflüsse vor deren Freisetzung in die Atmosphäre;
- Die Absaugleitungen der Belüftungssysteme der Räumlichkeiten, die möglicherweise kontaminiert sein könnten, um sicherzustellen, dass keine künstliche Radioaktivität vorhanden ist;
- Die Bauwerke, über die die Freisetzung flüssiger radioaktiver Schadstoffe erfolgt;
- Das Regenwasser, um sicherzustellen, dass keine künstliche Radioaktivität vorhanden ist.



© EDF

Prinzipschaltbild der radiologischen Überwachung der Umwelt

Die Radioaktivität in der Umwelt des Standorts von Gravelines 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.
- 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**

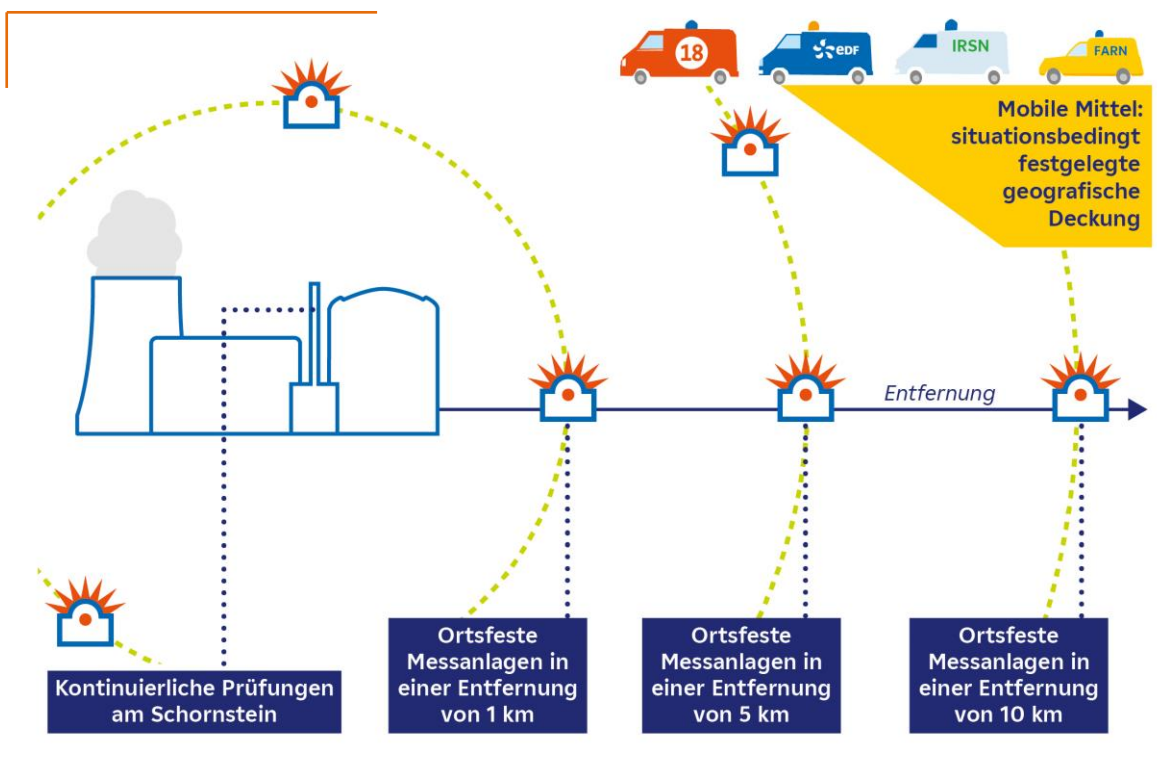
Die Überwachung der Auswirkungen des Standorts von Gravelines auf die Gesundheit der benachbarten Bevölkerung wird durch die Überwachung der Bereiche Atmosphäre, Gewässer und Radioökologie umgesetzt (siehe obige Ausführungen).

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

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 ASNR und der Feuerwehr installierte Messanlagen verstärkt, die den Bereich um das Kraftwerk abfahren.





Luftbild des Kernkraftwerks von Gravelines,
Departement Nord
Copyright Burnod Jean-Louis, Happy Day

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 sechs von Électricité de France (EDF) betriebenen 900 MWe-Reaktoren des Kernkraftwerks von Gravelines 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 Gravelines durchgeführt wird. Es betrifft alle sechs 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.

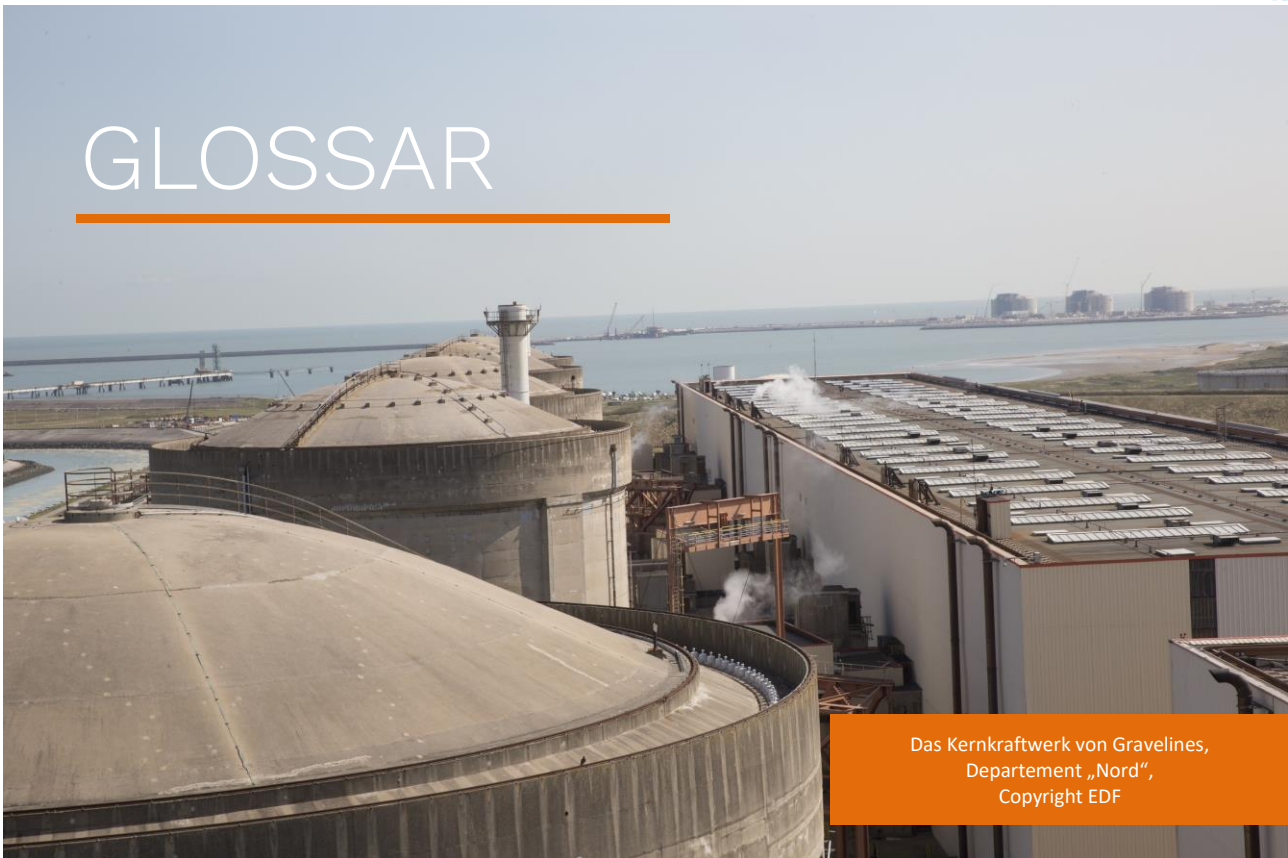
Der für die nukleare Sicherheit bei dieser 4. Sicherheitsüberprüfung gewählte Ansatz – mit wichtigen Entwicklungen des Konzepts und des Betriebs der Reaktoren von Gravelines – verringert deutlich die Auswirkungen auf die Umwelt im Zusammenhang mit den radiologischen Risiken.

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 Gravelines 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 Gravelines 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 6 Millionen Haushalten entspricht. Die CO₂-Emissionen zur Erzeugung der entfallenen Produktion durch den europäischen Energiemix lägen bei über 8 Millionen Tonnen CO₂ im Jahr.

GLOSSAR



Das Kernkraftwerk von Gravelines,
Departement „Nord“,
Copyright EDF

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 Primärkreisältemittel
ASG-ND	Système de refroidissement secondaire « Noyau Dur » – System „Noyau Dur“ zur Sekundärkreis Kühlung
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 Departement „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
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 – Dampfgenerator
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 Techniksystem, 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
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 Dampfgenerators
RTGV4	Rupture d'un Tube de Générateur de Vapeur de catégorie 4 – Bruch einer Leitung des Dampfgenerators 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 Dampfgeneratorrohrbrüchen
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 Réglementée – 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