

Rückbau von Fessenheim Eine Risikobetrachtung

TRAS Generalversammlung
Freiburg, 30. Juni 2020

Dr. André Herrmann, Consultant, Basel

30.06.2020

TRAS GV

1

Stilllegung



En savoir plus sur ce texte...

JORF n°0042 du 19 février 2020
texte n° 4

Décret n° 2020-129 du 18 février 2020 portant abrogation de l'autorisation d'exploiter la centrale nucléaire de Fessenheim

Article 1

L'autorisation d'exploiter la centrale nucléaire de Fessenheim dont est titulaire la société EDF en vertu des dispositions du second alinéa de l'article L. 311-6 du code de l'énergie est abrogée.

Article 2

Les dispositions de l'article 1er prennent effet à compter des dates d'arrêt définitif mentionnées dans la déclaration de l'exploitant du 27 septembre 2019 susvisée :

- le 22 février 2020 pour le réacteur n° 1 ;
- le 30 juin 2020 pour le réacteur n° 2.

30.06.2020

TRAS GV

2

In ihrem Schreiben vom 27. September 2019 an den Minister für den ökologischen und solidarischen Übergang "gemäß Artikel L593-26 des Umweltgesetzes" erklärte die Electricité de France (EDF) die beiden Reaktoren des Kernkraftwerks Fessenheim endgültig abzuschalten (am 22. Februar und 30. Juni 2020).

Diese Erklärung steht ganz nicht in Einklang mit Artikel L 593-26 des Umweltgesetzes, wonach diese "mindestens zwei Jahre vor dem geplanten Stilllegungstermin oder so bald wie möglich, wenn diese Stilllegung aus Gründen, die der Betreiber rechtfertigt, mit kürzerer Vorankündigung erfolgen soll". Zwischen dem 27. September 2019 und dem 22. Februar 2020 sind weit weniger als zwei Jahre verstrichen; das Schreiben enthält keine Rechtfertigung der kürzeren Kündigungsfrist.

Zu bedauern ist insbesondere, dass EDF sich schwer getan hat, die Stilllegung von Fessenheim rechtzeitig und formell zu verkünden. Das Seilziehen zwischen EDF und dem französischen Staat über die Höhe der Entschädigung für eine so genannte politisch bedingte vorzeitige Stilllegung hat viel Zeit in Anspruch genommen. Das Dekret zur Stilllegung wurde schliesslich im Februar erlassen.

Risikoabschätzung beim Rückbau

- I. Lagebeurteilung**
- II. Rückbauplanung**
- III. Abklingbecken und Brennelemente**
- IV. Gefahren und Konsequenzen**
- V. Risikoreduktion**

30.06.2020

TRAS GV

3

Die Stilllegung von Fessenheim reduziert die Gefährdung der Bevölkerung massiv und das ist erfreulich.

Wir werden aber sehen, dass dennoch eine gar nicht vernachlässigbare Gefährdung weiterhin bleibt und dass eine Überwachung der stillgelegten Anlagen weiterhin sinnvoll ist.

Zuerst wird eine kurze Lagebeurteilung und dann die Planung des Rückbaus angesprochen, gefolgt von einer Erläuterung zur Bedeutung der Abklingbecken. Daraus werden die Gefahren sowie deren möglichen Konsequenzen abgeleitet.

Schliesslich werden die Möglichkeiten aufgezeigt, wodurch die Risiken reduziert werden könnten.

I. Lagebeurteilung

- ☺ Reaktoren stehen still, das gesamte Gefahrenpotential bleibt
- ☺ Eintrittswahrscheinlichkeit von Unfällen ist stark reduziert
- ☹ Das Ausmass der Auswirkungen eines allfälligen schweren Unfalles steigt, da ein grosser Teil des radioaktiven Inventars schlechter geschützt ist als vorher
- ☹ Einige der früher bereits gemahnten Schwächen der Anlage fallen weg, andere bestehen nach wie vor

30.06.2020

TRAS GV

4

Fessenheim steht still, das Gefahrenpotential (hoch radioaktives Material) bleibt aber noch eine ganze Weile vor Ort. Erst nach 3 Jahren liegt nur noch wenig radioaktives Material (u. a. aktivierte Bauteile) in Fessenheim.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit von Unfällen ist zwar stark reduziert (weniger menschliche Eingriffe (Steuerung), keine hohen Temperaturen, kein Dampfdruck etc.)

Das Ausmass der Auswirkungen eines allfälligen schweren Unfalles geht allerdings nicht zurück, steigt sogar, da ein grosser Teil des radioaktiven Inventars weniger geschützt ist als vorher.

Einige der früher bereits nachgemahnten Schwächen der Anlage fallen dahin, andere bleiben nach wie vor aktuell bis das strahlenschutztechnisch relevante radioaktive Material abgeführt ist.

Schwachstellen vom AKW Fessenheim

- Schwächen der Lagerbecken
- Erdbebenresistenz von sicherheitsrelevanten Systemen
- Ungenügende Redundanzen von Sicherheitssystemen
- Notkühlung beim Verlust der primären Kühlquelle
- Korrosionsprobleme / Zircaloy
- Umweltgefährdende Abgaben in den Rhein
- Geotechnische Barriere zum Grundwasserschutz
- ~~Wechselwirkung Corium mit Beton und Wasser~~
- ~~Schwächen des Lüftungssystems mit Sandfilter~~
- ~~Nicht konforme Schmiedeteile~~

30.06.2020

TRAS GV

5

Sie kennen bestimmt alle diese Schwachstellen von Fessenheim, darüber sprechen wir seit längerer Zeit. Heute rückt die Problematik der Abklingbecken in den Vordergrund. Insbesondere aber stellt die Erdbebensicherheit dieser Becken sowie diejenige von dazu gehörenden Systemen ein grosses Risiko. Die ASN selber hat diese Schwächen mehrmals gerügt und erwartet noch Stellungnahmen von EDF dazu.

II. Rückbau: Vorbereitungsarbeiten

Erneute Überprüfung (DOR)

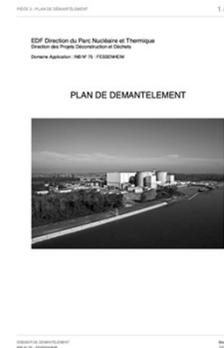
- Fassung von Juni 2019
 - ❖ 15 Auflagen der ASN
- Schlussbericht zur Überprüfung (RCR)
 - ❖ September 2020

Rückbauplan

- 1. Fassung von August 2019 mit 59 Seiten
 - ❖ 22 Auflagen der ASN
- 2. Fassung von Mai 2020 mit 112 Seiten
 - ❖ Viel besser, jedoch noch Unklarheiten

Rückbaudossier

- September 2020



https://www.edf.fr/sites/default/files/200528_p03-plan_de_demantelement_fessenheim-_indb_0.pdf

30.06.2020

TRAS GV

6

Ich möchte nun darüber berichten, wie EDF den Rückbau von Fessenheim vorbereitet hat.

"Toute la difficulté vient du fait que le démantèlement n'a pas été prévu à la conception " (Sophie Maurel, EDF, pilote du référentiel de sûreté de Chooz A).

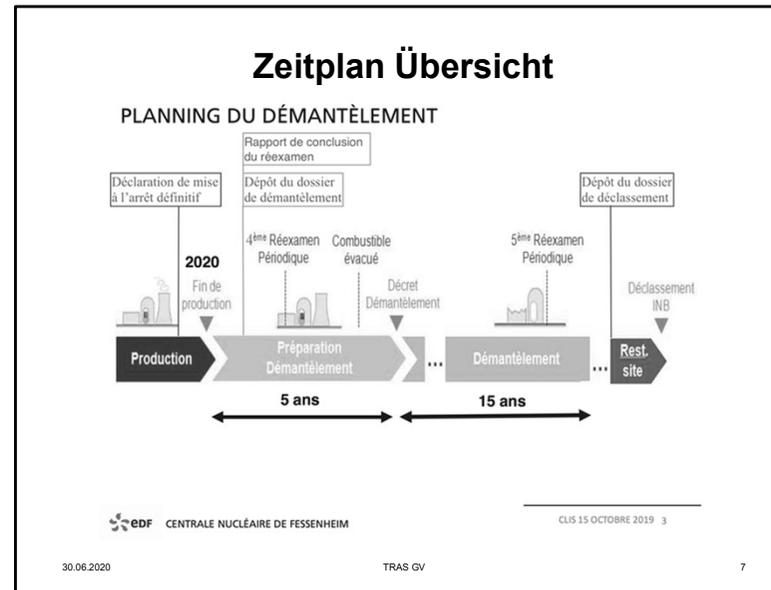
"Die ganze Schwierigkeit kommt daher, dass die Demontage der Kernkraftwerken nicht vorgesehen war" (Sophie Maurel, EDF, Pilotin des Sicherheitssystems Chooz A).

Vor einem Jahr hatte EDF ein erstes Orientierungsdossier zu der für 2021 geplanten « erneuten Überprüfung » erarbeitet. EDF musste dabei aufzeigen, in welchem Zustand die Anlage sein wird, welche Risiken vorliegen und wie diese beherrscht werden sollten.

Die ASN hat zu diesem Bericht etwa 15 Mängel beanstandet, welche in der nächsten Fassung des Berichtes (Schlussbericht zur Überprüfung) beseitigt werden müssen. EDF hat angekündigt, dass die Schlussberichte zu den erneuten Überprüfungen für die beiden Reaktoren in September 2020 geliefert werden.

Im August 2019 hatte EDF eine erste Fassung des Rückbauplans den Behörden zugestellt. Der Plan soll aufzeigen, wie der Rückbau ablaufen soll. Die ASN hat dazu 22 Auflagen erlassen!

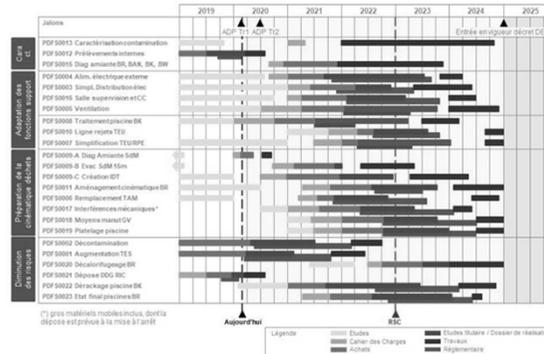
Die Qualität des Berichtes war sehr mangelhaft, gar unseriös, und erweckte eher den Eindruck einer Alibi-Übung zu sein. Eine zweite Fassung wurde dann in Mai 2020 den Behörden zugestellt. Der Umfang war etwa doppel so gross wie bei der ersten Fassung, erfüllte allerdings nicht alle Auflagen der ASN. Die Stellungnahme der Behörde dazu liegt noch nicht vor, allerdings ist eine verbindlichere Fassung in Form eines Rückbaudossiers für September 2020 angemeldet.



Sie sehen hier eine Übersicht des Zeitplans des Rückbaus mit den gewichtigsten Etappen. Ab Juli 2020 fängt die Vorbereitungsphase zum Rückbau an, welche rund 5 Jahre dauern sollte. Während dieser Phase, sollte die sogenannte 4. erneute Prüfung stattfinden und die Brennelemente – Uran-Stäbe – sollten bereits aus dem Areal abtransportiert sein. Erst nachdem diese Brennelemente weg sind darf der Abbau angefangen werden. Diese Phase sollte 15 Jahre andauern. Danach dürfte das Areal als nicht mehr nuklear eingestuft werden, bleibt dennoch nicht frei zugänglich.

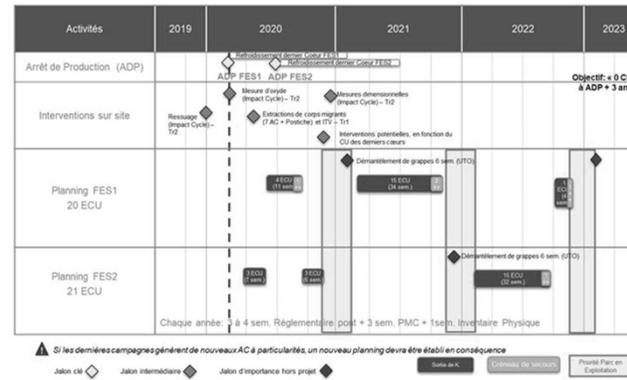
Zeitplan der Vorbereitungsphase

PLANNING DES ACTIVITÉS DE PDEM LOT D'ACTIVITÉS PRÉPARATION AU DÉMANTELEMENT



Mit diesem Diagramm möchte Ich nur zeigen, dass EDF die diversen Phasen der Vorbereitung relativ präzis geplant hat. Inwiefern der Zeitplan eingehalten wird, bleibt offen.

Zeitplan der Brennstäbe Abtransporte



30.06.2020

TRAS GV

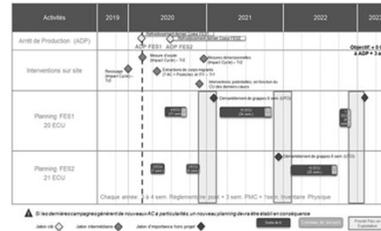
9

Unsere Besorgnisse fokussieren sich allerdings insbesondere über das Geschehen der Brennelemente, welche Ende dieses Jahres alle in den beiden Abklingbecken gesammelt werden.

Die ersten Abtransporte sollten bereits in diesem Jahr anfangen und bis Mitte 2023 abgeschlossen sein.

Zeitplan der Brennstäbe Abtransporte

- Abtransporte höchstens alle 2 Wochen
- Jeweils nur ein Becken
- Kapazität und Logistik in La Hague limitiert
- Ausserhalb der Revisionsperioden der üblichen AKW
- Reparatur von geschädigten Brennstäben



30.06.2020

TRAS GV

10

Der Zeitplan ist sehr sportlich. Viele Faktoren spielen eine Rolle und es bleibt offen, ob der Zeitplan eingehalten werden kann.

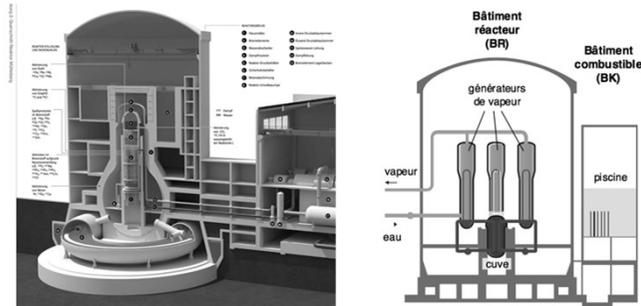
Es ist bekannt, dass die Aufnahmekapazität von Brennelementen in La Hague begrenzt bzw. gar ausgeschöpft ist.

Auch deshalb arbeitet EDF an der Planung eines zentralen Nasslagers bei Belleville-sur Loire.

Dazu kommt das Problem von geschädigten Brennelementen, welche Korrosionsschäden aufweisen (siehe unsere frühere Mahnungen). Diese Brennelemente stellen insofern ein Problem dar, weil sie undicht sind und entsprechend radioaktive Elemente freisetzen und zerbrechlich sind, was eine sichere Verlegung in die Transportbehälter erschwert.

III. Abklingbecken

SWR: Siedewasserreaktor DWR: Druckwasserreaktor



30.06.2020

TRAS GV

11

Wie sehen aber die Abklingbecken aus?

Um die Störanfälligkeit der Abklingbecken von Fessenheim besser einzusehen, zeige ich Ihnen wie solche Anlagen bei KKW integriert sind. Bei Siedewassereaktoren wie Fukushima oder Mühleberg befinden sich die Becken im Reaktorgebäude, also relativ gut gegen externe Aggressionen geschützt (Erdbeben, Überflutung, Flugzeugabsturz, Angriffe). Dagegen sind die Becken der Druckwasserreaktoren wie in Fessenheim ausserhalb des Reaktorgebäudes angelegt und sie sind daher empfindlicher gegenüber externen Aggressionen.

KKW Fessenheim



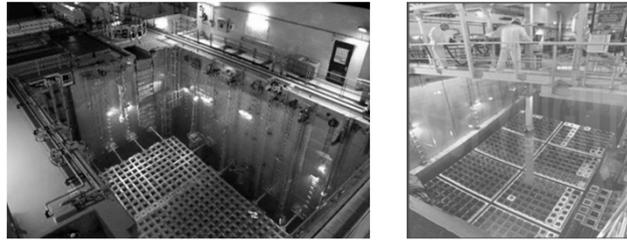
30.06.2020

TRAS GV

12

Auf diesem Bild sehen Sie die beiden Blöcke mit den runden Reaktorgebäuden und ihre jeweiligen Abklingbecken als rechteckige Gebäude, die an die Reaktorgebäuden gelehnt sind.

Abklingbecken



Das **gesamte** nukleare Inventar der beiden Anlagen wird in zwei Becken ausserhalb der Reaktorgebäude gelagert und daher viel **anfälliger** für Aggressionen von aussen (natürliche oder böswillige)

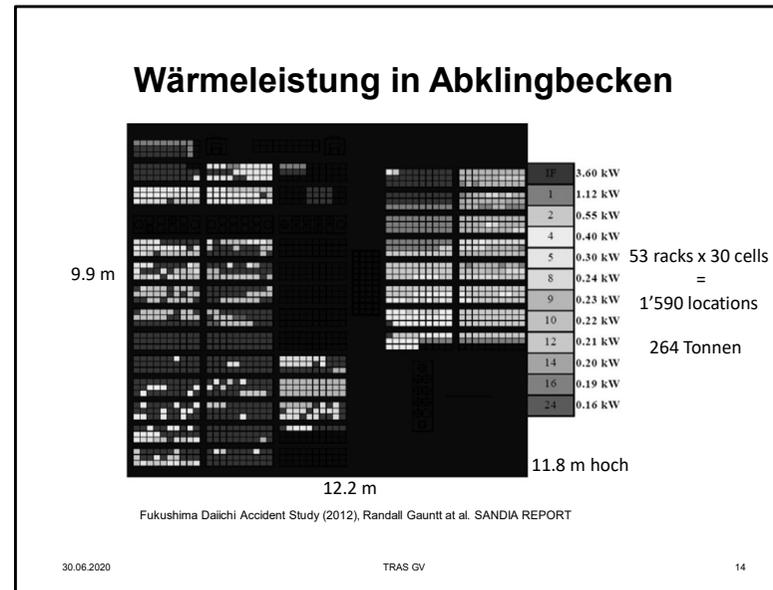
30.06.2020

TRAS GV

13

So sehen die Abklingbecken in Fessenheim aus, wo die Brennelemente gelagert sind.

Die Halterungen der Brennelemente sind gut ersichtlich. Sie liegen unter Wasser, das als Abschirmung gegen der starken Strahlung und als Kühlmittel der heissen Brennelemente dient.



Die abgebrannten Brennelemente produzieren mehr oder weniger viel Wärme, abhängig von der bereits abgeklungenen Radioaktivität. Kurz nach der Entnahme aus dem Reaktorkern ist ihre Radioaktivität am höchsten, also auch ihre Abwärme.

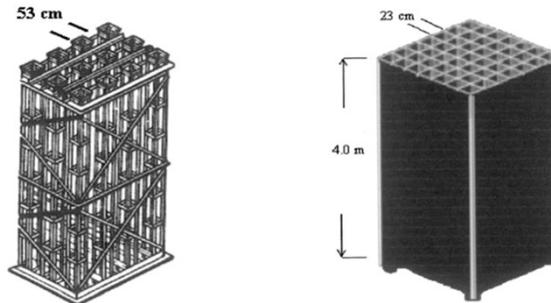
Sie sehen hier ein Abbild der Wärmeleistung der Brennelemente im Abklingbecken von Dai-ichi Werk 4.

Die Brennelemente können erst nach einer gewissen Abklingzeit (> 1 Jahr) abtransportiert werden.

Frische, noch nicht eingesetzte Brennelemente weisen eine wesentlich kleinere Strahlung bzw. Abwärme auf.

Verdichtung (Rerackage)

- Kleinere Abstände zwischen Brennelemente
- Stahlhalterungen mit Bor (Verhinderung der Kritikalität)
- Wasserkühlung darf nie ausfallen



Robert Alvarez et al. Science and Global Security, 11:1-51, 2003

30.06.2020

TRAS GV

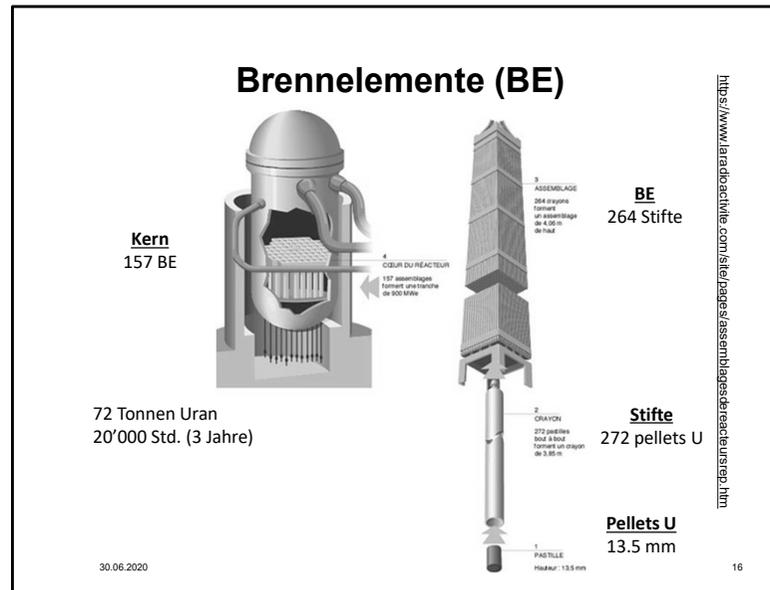
15

Sie sehen hier wie die Stahl-Halterungen für die Brennelemente von Druckwasserreaktoren aussehen.

Weil die Lagerkapazitäten der Abklingbecken mit der Zeit zu eng wurde - und immer noch keine Entsorgungslösung zur Verfügung steht - wurden die Halterungen optimiert, um mehr Brennelemente aufnehmen zu können.

Dadurch wird nicht nur die Menge an hoch radioaktive Stäben vervielfacht, sondern auch die Gefahr einer Übererwärmung, die bis zu einem sogenannten Zirkonfeuer übergehen kann.

Ob in Frankreich diese Art von Lagerverdichtung geduldet wird, ist mir nicht bekannt.



Es wurde vielmal über Brennelemente gesprochen; hier sehen Sie wie Brennelemente zusammengesetzt sind:

Ein Brennelement enthält 264 Stifte, welche jeweils 272 Uran-Tabletten von 13.5 mm (ca. 8 Gr) enthalten.

Reaktorkerne enthalten zwischen 157 – 177 Brennelemente (ca. 70 Tonnen).

IV. Risikoabschätzung

a) Gefahrenpotential

In den **Lagerbecken**

- Bestehende alte Brennelemente (BE)
 - + 2 x 157 BE aus den beiden Reaktorkernen
 - ⇒ Total: FSH1 = 216 BE und FSH2 = 241 BE
 - ~ 210 t Uran \cong **700 PBq ¹³⁷Cs**
- + aktivierte Betriebsabfälle (DAE, métal lourd irradié)

Auf dem **Gelände**

- 6 bereits abgelegte alte Dampfgeneratoren
 - + 6 Dampfgeneratoren aus den beiden Reaktoren
 - + kontaminierte Betriebsabfälle (Ionenaustauscher Harze, Kieselgur etc.)
 - + kontaminiertes Spülwasser

30.06.2020

TRAS GV

17

Das genaue radioaktive Potential in den Becken ist mir nicht bekannt. EDF spricht von 216 BE im Becken von FSH1 und von 241 BE im Becken von FSH2. Die Radioaktivität der Brennelemente hängt von diesem Abbrandgrad ab und wir können im Moment nur grob abschätzen wie hoch sie ist. Das gesamte Radioaktivitätspotential der beiden Becken dürfte um 700 PBq ¹³⁷Cs liegen.

Auf dem Gelände befinden sich noch viele radioaktive Materialien und Abfällen, welche jedoch nicht so gefährdend sind als die BE.

b) Gefahrenquellen

- Erdbeben und ungenügende Festigkeit
 - ❖ Gebäude der Abklingbecken
 - ❖ Pumpe zum Grundwasser
 - ❖ Grundwasserschacht
- Wasserverlust und ungenügende Kühlwasserreserve
 - ❖ Alte Reservoirs TPR unsicher
 - ❖ mobile Wasserleitungen zum Grand Canal d'Alsace mit sehr langer Pumpdauer von **20 - 200 Std**
- Flugzeugabsturz
 - ❖ Anflugroute zum Euroairport
- Terrorangriff
 - ❖ Von der Strasse auf dem Damm
 - ❖ Von einem Schiff auf dem GCA

30.06.2020

TRAS GV

18

Die Gefahrenquellen sind bekannt und auf dieser Folie zusammengefasst.

c) Exposition der Bevölkerung

Annahmen (Potential unsicher / mögliches Szenarium 10%)

- Freisetzung von 70 PBq ¹³⁷Cs (Chernobyl 85 PBq, Fukushima 36 PBq)
- Windstärke von 20 km/Std, Depositionsgeschwindigkeit von 1cm/sec, Ausbreitungswinkel 6 Grad

R. Alvarez et al.; Science and Global Security, 11:1-51, 2003; A. Stohl et al.; Atmos. Chem. Phys. Discuss., 11, 28319-28394, 2011

EDF muss die relevanten Szenarien selber berechnen

Bodenkontamination MBq/m ²	Fläche km ²	Dosis mSv/Jahr
0.5	≈ 20'000	> 5
4	≈ 3'200	≥ 40
40	≈ 100	≥ 400

Evakuationsgrenze	Fläche km ²	Dosis mSv/Jahr
Chernobyl	≈ 10'000	≥ 5
Fukushima	≈ 800	≥ 20

<https://www.psr.org/blog/resource/costs-and-consequences-of-the-fukushima-daichi-disaster/#ii>

30.06.2020

TRAS GV

19

Bei einem grossen, durch die erwähnten Gefahrenquellen verursachten Unfall-Eintritt, muss davon ausgegangen werden, dass zumindest ein Teil des radioaktiven Potentials freigesetzt wird. In einer ersten groben Abschätzung bin ich von einer Freisetzung von 10% des gesamten Potential ausgegangen. Für die beiden Becken von Fessenheim macht das rund 70 PBq ¹³⁷Cs. Zur Beurteilung der Bedeutung dieses Aktivitätswertes können diejenigen von bekannten Ereignissen herangezogen werden: Bei Chernobyl wurden ca. 75 PBq. bei Fukushima ca. 36 PBq ¹³⁷Cs Freigesetzt.

Die freigesetzten Aktivitäten können also gut miteinander verglichen werden.

Ausgehend von dem aufgeführten, realistischen meteorologischen Szenarium können die Bodenkontaminationen und die betroffenen Flächen abgeleitet werden. Die daraus resultierenden Dosen für die Bevölkerung sind ebenfalls aufgeführt. Hier muss nochmals betont werden, dass diese Abschätzung lediglich eine erste Annäherung ist und dass EDF durch die Behörden aufgefordert wurde, die Konsequenzen eines grossen Ereignisses aufzuzeigen.

Als Vergleich können die Zahlen aus Chernobyl und Fukushima herangezogen werden:

Chernobyl: Evakuierungslimite 5 mSv/Jahr betreffend einer Fläche von rund 10'000 km²

Fukushima: Evakuierungslimite 20 mSv/Jahr bei einer Fläche von rund 800 km².

Die Evakuierungslimiten für Frankreich und Deutschland sind mir unklar, da sie bereits in einem Anpassungsprozess diskutiert werden.

Zurzeit gilt 10 mSv/Jahr für F, 100 mSv/Jahr für D und 20-100 mSv/Jahr für CH. Das heisst also, dass je nach Land einige 100 km² bis einige 1'000 km² evakuiert werden müssten.

Mit der angenommenen, anhaltenden Windstärke könnte gar ein Gebiet von rund 15 x 200 km stark kontaminiert werden. Es liegt nun an EDF aufzuzeigen, dass diese erschreckenden Werte nicht zutreffen oder eher Massnahmen einzuleiten, um das Ausmass eines grossen Unfalles zu reduzieren.

V. Risikoreduktion

- ✂ Erdbebenfestigkeit gemäss EU-Anforderungen bezüglich
 - ❖ Gebäude der Abklingbecken
 - ❖ Grundwasserpumpe und Grundwasserschacht
 - ❖ Reservoirs
- ✂ Zusätzliche Kühlwassertanks vor Ort
- ✂ Becken gegen Flugzeugabsturz und Terrorangriff stärken
- 📄 Bereits abgekühlte BE jetzt abtransportieren
- 🔍 Vermehrte Inspektionen und verstärkte Überwachung

Erkenntnisgewinnung

Materialproben aus FSH 1 erheben und analysieren

30.06.2020

TRAS GV

20

Um die Eintrittswahrscheinlichkeit eines grossen Unfalles bzw. dessen Konsequenzen zu reduzieren, können verschiedene Massnahmen eingeleitet werden, wie auf der Folie aufgeführt.

Zudem teile ich die Meinung von Fachexperten, der Rückbau von Fessenheim als Chance zu sehen, um wissenschaftliche Untersuchungen anhand von Materialproben durchzuführen und Erkenntnisse über Alterungsprozesse von kritischen Reaktorteilen zu gewinnen.