

Verlängerte Zwischenlagerung von wärmeentwickelndem Nuklearabfall

Fakten zur Positionsbestimmung

Dr. Rainer Moormann, Aachen

Allgemeines

Bis 2022 werden ca. 1900 Castoren in D anfallen, davon:

- ca. 1100 mit LWR-Brennelementen
- ca. 291 mit WAA-Abfällen
- 457 HTR-Castoren
- ca. 55 Castoren aus Forschungsreaktoren
- 4 Castoren aus früheren Versuchs/Demonstrationsreaktoren

Anmerkungen zur großen Zahl von HTR-Castoren:

- Kugelhaufen-HTR haben (2022) nur etwa 0,15 % des deutschen Atomstroms erzeugt, aber
- HTR Castoren sind kleiner als LWR-Castoren (Volumen < 25 %)
- Kugelhaufen-HTR erzeugen etwa das 50-fache Müllvolumen verglichen mit LWR, da Moderator mit endgelagert werden muss

Klassen von deutschen Zwischenlagern

Typ	Genehmigt bis	Deckenstärke Stahlbeton (cm)
STEAG (Brunsbüttel.....)	2042 - 2047	130
WTI (Biblis...)	2046 - 2047	55
Zentrale ZL (Ahaus, Gorleben, Lubmin)	2034 - 2039	20 - 25
Jülich	Genehmigungslos seit 2013, Räumungsanordnung 2014	- Nur Wärmedämmung, kein Stahlbeton

Brunsbüttel aktuell genehmigungslos, neues Genehmigungsverfahren läuft
Neckarwestheim: Tunnelkonzept, sicherheitstechnisch ähnlich WTI

Genehmigungssituation

Jülich: Wegen Sicherheitsdefiziten langfristige Verlängerung der 2013 ausgelaufenen Genehmigung aussichtslos, Verlängerung um 3 Jahre wird seit 2012 vergeblich angestrebt, evtl. Räumung nach Ahaus (2018 ?) und von dort in die USA. FZJ/JEN hintertreiben den Neubau eines ZL in Jülich

Brunsbüttel:

- Genehmigungslos durch Urteil OVG Schleswig 2013: Verfahrensfehler bei Genehmigung (A380, moderne Waffensysteme + Umsiedlung nicht berücksichtigt)
- Aber: Urteil stützt sich nicht auf konkrete Sicherheitsdefizite (Einschätzung RA U.Wollenteit, Vortrag in AMK)
- Brunsbüttel-Urteil wird in Umweltbewegung häufig überschätzt (z.B. BUND-Eckpunktepapier zu ZL)
- Gleichwohl wichtig: Demonstriert, dass unzureichende ZL-Genehmigungsverfahren nicht akzeptiert werden

.....Genehmigungssituation

- Versagung einer neuen Genehmigung aus sicherheitstechnischen Gründen ist m.E. kaum zu erwarten:
 - ✓ Prinzipielle Verfahrensweise der Genehmigung wurde vom OVG nämlich gebilligt, OVG beanstandete Sicherheitsbericht in weiten Teilen nicht und technische Argumente der Klägerseite wurden kaum aufgenommen (z.B. Cäsiumfreisetzung bei Flugzeugabsturz)
 - ✓ In aufgehobener Genehmigung vorhandene Sicherheitsreserven (Dosiswerte...) lassen keine Probleme für Neugenehmigung erkennen, die zur Versagung führen könnten
- OVG-Urteil würde dann zum Pyrrhussieg für die Anti-AKW-Bewegung, da STEAG-Typ mit Neugenehmigung der aktuelle Stand der Technik bescheinigt würde
- Paradoxe Situation: ZL des sicherheitstechnisch besten STEAG-Typs ist aktuell genehmigungslos, aber viel schlechtere ZL haben trotz identischer Verfahrensfehler Bestandsschutz, da nicht beklagt

.....Genehmigungssituation

Verlängerung der Genehmigung bestehender Zwischenlager

- Verlängerung der Zwischenlagerung über aktuelle 40 Jahre hinaus ist unumgänglich (fehlendes „Endlager“)
 - Verlängerung der WTI- und zentralen ZL dürfte schwierig werden, da zur Genehmigung erforderlicher Stand von Wissenschaft und Technik aktuell vom STEAG-Konzept diktiert wird (insb. SEWD)
 - Diverse offene technische Punkte zur Genehmigung einer verlängerten Zwischenlagerung:
 - Gute Zusammenstellung: *ESK Diskussionspapier zur verlängerten Zwischenlagerung..... (29.10.2015)*
 - **Negativbeispiel Jülich** (unsicheres, genehmigungsloses ZL wird über Jahre einfach weiterbetrieben, da alternativlos) muss für andere ZL unbedingt vermieden werden
- *Wie soll die Umweltbewegung sich dazu positionieren ?*
- ***Welche Strategie führt zur höchstmöglichen Sicherheit ?***

Sicherheit von ZL

Inventare:

- Risikobestimmend in der ZL-Phase sind Cs-137 und Sr-90 (im Störfall mobilisierbar, hoch toxisch, HWZ 30 Jahre). Diese Nuklide spielen auch im AKW-Störfall eine große Rolle
- Viele ZL enthalten deutlich mehr an diesen Nukliden als ein großer LWR im Leistungsbetrieb
- Hinsichtlich radiotoxischer Inventare sind ZL daher hochproblematisch, aber treibende Kräfte zur Freisetzung sind eingeschränkt:

Überblick zu Freisetzungsmöglichkeiten im ZL:

- Temperaturerhöhung durch Nachzerfallswärme (Kernschmelze): Im ZL nicht gegeben (Konsens)
- Kritikalitätsexkursion: Nach überwiegender Expertenmeinung im ZL nicht gegeben, in Anti-AKW-Bewegung aber z.T. als möglich angesehen. Nachfolgend daher Diskussionspunkt.
- Chemische Reaktionen (Graphitbrand/HTR-Kugeln....): Erfordert Temperaturerhöhung im ZL und „offene“ Castoren

.....Sicherheit von ZL

- Mechanische/thermische Einwirkungen bei SEWD: Im ZL gegeben
- Alterungsbedingtes Versagen des Radioaktivitätseinschlusses: Wahrscheinlichkeit und Bedeutung in Anti-AKW-Bewegung umstritten, daher nachfolgend Diskussionspunkt; dazu ist die Flüchtigkeit von Radionukliden im ZL zu untersuchen:

Flüchtigkeit von Radionukliden im ZL

- In der Umweltbewegung wird die Flüchtigkeit von Radionukliden im ZL häufig stark überschätzt (z.B. Annahme Cs-137 = flüchtig)
- Stand der Wissenschaft: Durch Einschluss in Brennstoffmatrix/-Hüllrohren sowie aufgrund chemischer Reaktionen ist die Flüchtigkeit im ZL-Normalbetrieb ($T < 400^{\circ}\text{C}$) sehr begrenzt
 - D.h. katastrophale Freisetzungen sind auch bei vollständigem Dichtungsversagen der Castoren auszuschließen (*Konsens mit Wo. Neumann*). Freisetzungen würden sich auf geringe Bruchteile der Inventare an Kr-85, C-14, Tritium beschränken

.....Sicherheit von ZL

- Bei mechanisch beschädigten Hüllrohren/Kugelkannen steigt der Freisetzunganteil zwar an (z.B. in HTR-Castoren durch staubgebundene Nuklide), bleibt aber noch weit unter den Eingreifrichtwerten/Katastrophenschutz
- Eine starke Cs-137-Verflüchtigung erfordert Temperaturen deutlich oberhalb von 800°C (CsOH)
- Rein mechanische Zerstörung (z.B. Hohlladungsgeschosse): Mobilisierung möglich (Staub)

Fazit:

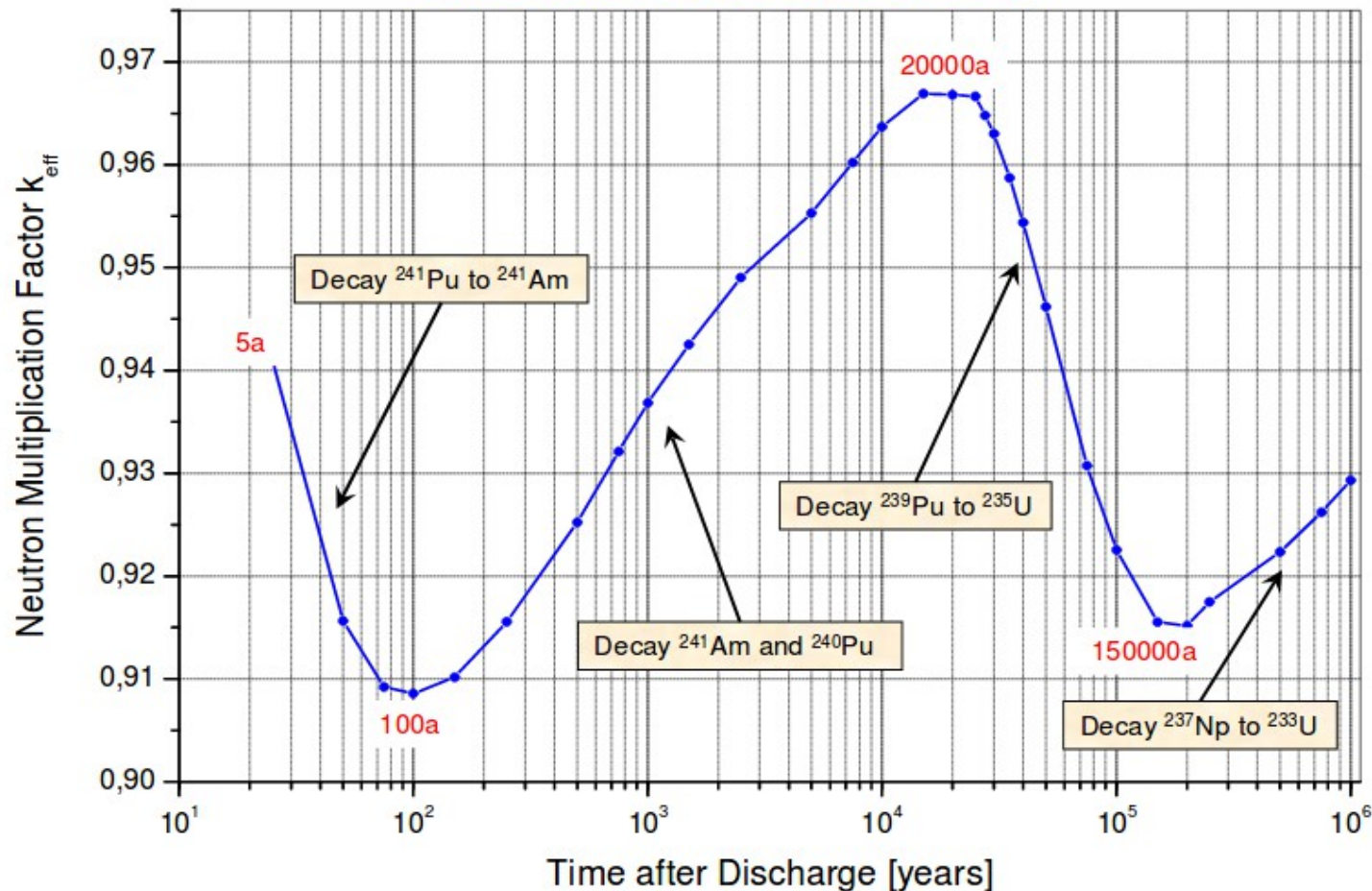
- Wenn (alterungsbedingte) Rekritikalität im ZL ausgeschlossen werden kann, verbleiben nur EVA, vor allem **SEWD**, für größere Freisetzungen. Normalbetrieb und ZL-interne Störfälle sowie Alterung wären dann sicherheitstechnisch eher zweitrangig.
- Daher ist die von einigen AKW-Kritikern behauptete Rekritikalität im ZL genauer zu betrachten:

Sicherheit von ZL: Rekritikalität

- ZL-Genehmigung erfordert Nachweis, dass Unterkritikalität ($< 0,95$) im ZL-Betrieb und in Störfällen einschließlich Flugzeugabsturz (mit vollständigem Hüllrohrversagen in einigen Castoren) gegeben ist
- Vielzahl von Untersuchungen zur Rekritikalität in der Entsorgung, vor allem im Endlager (Überblick in GRS-A-3707 (2013))
- Rekritikalität ist für Kokillen und für Brennelemente mit Zielabbrand de facto physikalisch auszuschließen
- Bei unverbrauchten Brennelementen ist Rekritikalität denkbar, wenn es zur Kompaktierung der Pellets kommt. Voraussetzung: Genügend unverbrauchte Brennstäbe im Castor, Zerstörung der Hüllrohre und folgend dichte Pelletansammlung ohne Absorber
- Die Neigung zur Rekritikalität nimmt bis 100 Jahre nach Entnahme aus dem Reaktor deutlich ab, und steigt dann langsam wieder an
- Hüllrohrbrüche sind bei hochabgebrannten Brennelementen erheblich wahrscheinlicher als bei unverbrauchten. Nur Letztere könnten zu Rekritikalität führen

.....Sicherheit von ZL: Rekritikalität

Evolution of k_{eff} over Time for a Generic SNF System due to radioactive decay



E U R O S A F E



k_{eff} = Mass für Kritikalität; Beispiel; Quelle: R.Kilger, GRS (2010)

.....Sicherheit von ZL: Rekritikalität

- Durch geeignete (vorgeschriebene) Bestückung der Castoren lässt sich Rekritikalität im ZL de facto also ausschließen (gilt so nicht für „Endlager“)

Fazit

- Es gibt m.E. keine Anhaltspunkte, dass Rekritikalitätsstörfälle im ZL anzunehmen sind
- Rekritikalität wäre sehr ernster Störfall (Mobilisierung des radioaktiven Inventars und Zerstörung der Castorendichtungen...)
- Rekritikalität würde also gesamtes ZL-Sicherheitskonzept obsolet machen (Ende der ggw. Zwischenlagerung erforderlich)
- Behauptungen zur möglichen Rekritikalität im ZL müssen entweder untermauert/belegt, oder zurückgenommen werden (sonst Vorwurf der Panikmache berechtigt)
- Argument, die Umweltbewegung sei hier nicht in der Nachweispflicht, zieht nicht. Es geht um wissenschaftliche Seriosität

Schlussfolgerungen für die Umweltbewegung

1. Sicherheit zukünftiger ZL

- Aus Sicherheitssicht (SEWD) sind mindestens zentrale und WTI-Lager problematisch; Forderung, Verlängerung nicht zuzulassen, wäre daher gut begründbar
- **SEWD-Risiko lässt sich durch oberflächennahe unterirdische ZL (ca. 100 m Tiefe) fast ausschließen (Flugzeugabsturz) oder stark reduzieren (terroristischer Angriff vom Boden); Konsens**
 - ✓ Unstrittig machbar (z.B. Patente seit 30 Jahren), aber sehr teuer und bisher keine ausreichenden Planungen
 - ✓ In Phase verlängerter ZL wohl keine Wärmeabfuhrprobleme
 - ✓ Nichttechnisches Problem: „Sicheres“ unterirdisches ZL könnte zum Dauerprovisorium werden, d.h. „Endlager“-suche verzögern
- Vorschlag: Forderung der Umweltbewegung nach intensiven Untersuchungen zu dieser Option für die verlängerte ZL

.....Schlussfolgerungen für die Umweltbewegung

2. Heisse Zellen an allen ZL-Standorten und Alternativen

- Die Forderung nach HZ für alle ZL scheint mir aus Sicherheitssicht unzureichend begründet und aktuell voreilig:
 - Es gibt bisher keine Anzeichen für systematisches Dichtungsversagen, oder Versagen beider Castordichtungen aus gemeinsamer Ursache. Bisheriges Reparaturkonzept daher logisch:
 - Reparatur am Sekundärdeckel erfordert keine HZ, Funktion der Primärdichtung kann ohne HZ durch Fügedeckel ersetzt werden
 - Die radiologischen Quellterme blieben selbst bei Versagen beider Dichtungen begrenzt (keine Katastrophe): auch wenn HZ eine Verbesserung des Reparaturkonzeptes darstellen können, wäre HZ-Nutzen bzgl. Sicherheit nicht groß
 - HZ = teure, harte Nuklearanlagen (spezialisierte Operateure und separate Genehmigung); Nutzung vergrößert Atommüllvolumen erheblich; Vervielfachung der HZ-Zahl = kontraproduktiv
 - Investitionen in anderen Bereichen als HZ = zielführender

.....Schlussfolgerungen für die Umweltbewegung

.....Heisse Zellen an allen ZL-Standorten und Alternativen

- Unstrittig gibt es für die Zeit 40 bis 100 Jahre ZL Unsicherheiten und offene technische Genehmigungsfragen (Nachweisprobleme, z.B. zu Alterung), die dringend zu klären sind
 - Spätere Castorentladung zur Endlagerung könnte z.B. durch Alterungseffekte beeinträchtigt werden
- Die Forderung nach einem (kostenintensiven) deutschen Untersuchungsprogramm in vorhandenen HZ für repräsentative Castoren nach 25 bis 30 Jahren Lagerung erscheint angemessen (s. USA, Japan, Korea....).
 - Bei unerwarteten Ergebnissen wäre über HZ neu zu beraten
- Mobile HZ wurden diskutiert, um größere Reparaturen am Primärdeckel ohne Castortransporte zu ermöglichen. Eine Machbarkeitsstudie gibt es bisher nicht, sie sollte erstellt werden.
- Das Castor-Reparaturkonzept scheint mit vertretbarem Aufwand verbesserbar/optimierbar. Hier sind Planungsarbeiten einzufordern

.....Schlussfolgerungen für die Umweltbewegung

3. Sonderproblem Jülicher Castoren

- Der Inhalt von 60 der 152 Jülicher Kugelcastoren ist unzureichend bekannt (es gibt nur geschätzte Mittelwerte über alle 60 Castoren); der genaue Verbleib von havarierten Brennelementen ist unklar (von BfE eingeräumt)
- Forderung nach ausreichender Charakterisierung dieser Castoren in Jülicher HZ vor einem Transport erscheint wichtig

Zusammenstellung von Forderungen

- Keine Verlängerung für sicherheitstechnisch veraltete ZL
- Detaillierte Studie zu oberflächennahen, unterirdischen ZL
- Untersuchungsprogramm für repräsentative Castoren in bestehenden HZ
- Machbarkeitsstudie für mobile HZ und Untersuchungen zu Verbesserungen/Erweiterungen des Castor-Reparaturkonzepts
- Charakterisierung von 60 Jülicher Castoren mit sehr ungenau bekanntem Inhalt