

# Sicherheitstechnische Herausforderungen bei einer verlängerten Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente

Beate Kallenbach-Herbert

1. Symposium HAW-Endlagerung

Hannover, 4.+5. Februar 2015

# Agenda

**1** Ausgangssituation

**2** Regulatorischer Rahmen

**3** Internationale Aktivitäten

**4** Weitere sicherheitsrelevante Einflussfaktoren

**5** Schlussfolgerungen

# Ausgangssituation

- Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente (und verglaste Spaltprodukte) wurden für einen Aufbewahrungszeitraum von 40 Jahren sicherheitstechnisch bewertet und genehmigt.
- Bestehende Genehmigungen laufen zwischen 2034 (erstes zentrales Zwischenlager) und 2046/47 (die meisten dezentralen Zwischenlager) aus.
- Im Fall einer verlängerten Zwischenlagerung sind mögliche Eigenschaftsveränderungen von Behältern, Behältereinbauten, Brennelementen, Gebäuden und Equipment zu bewerten.
- Die Sondersituation der Standort-Zwischenlager Jülich und Brunsbüttel wird hier nicht betrachtet.

# Agenda

**1** Ausgangssituation

**2** Regulatorischer Rahmen

**3** Internationale Aktivitäten

**4** Weitere sicherheitsrelevante Einflussfaktoren

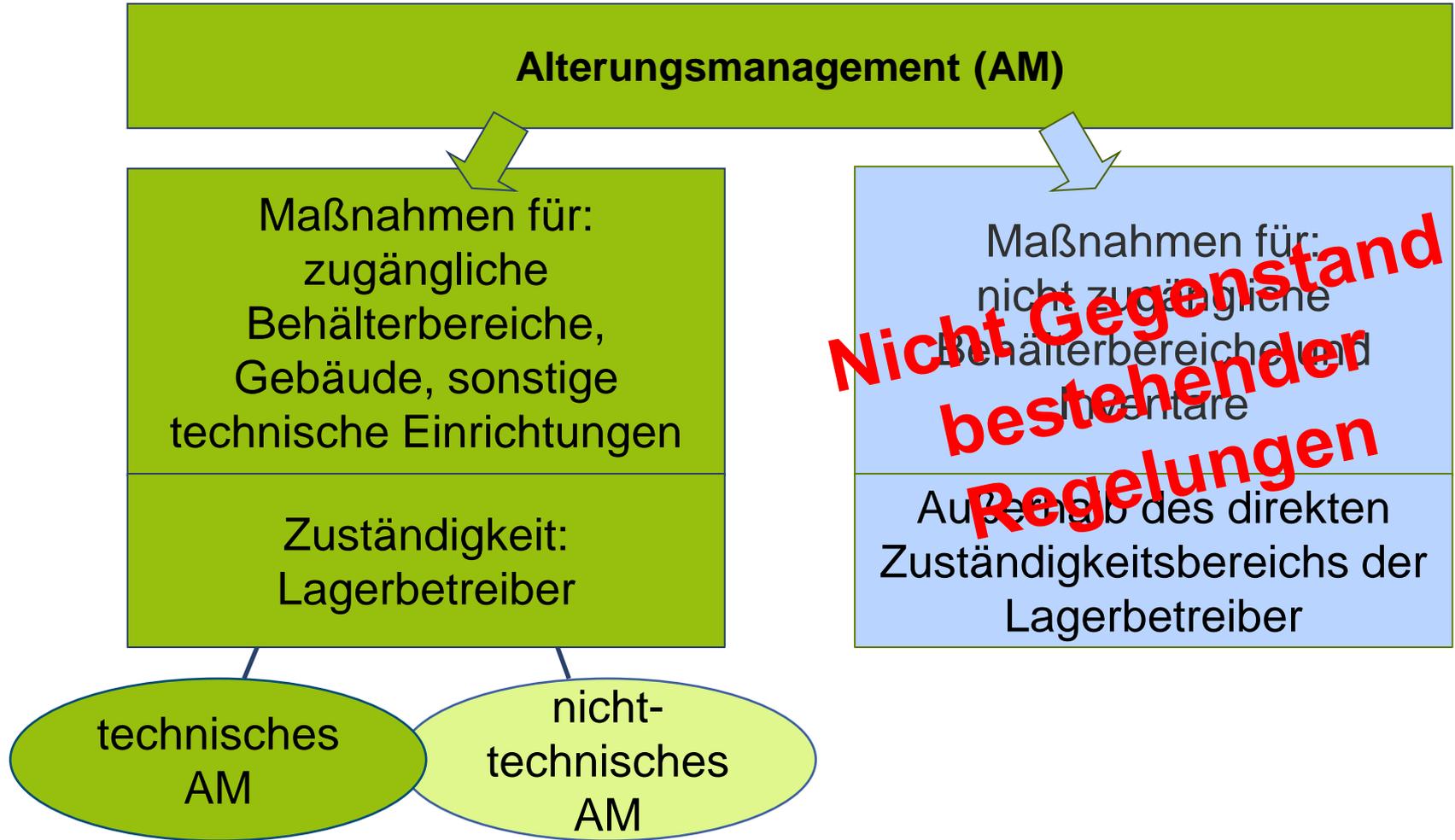
**5** Schlussfolgerungen

# Regulatorischer Rahmen (1)

## Nationales Regelwerk:

- ESK-Leitlinien für die trockene Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente und Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle in Behältern, 2013
  - „...*beziehen sich auf eine **zeitliche befristete Aufbewahrung** ...mit dem Ziel einer nachfolgenden Endlagerung. ...*
  - *Als geeigneter Maßstab kann der ... Zeitraum von 40 Jahren herangezogen werden. ...*
  - *Ist dieser Zeitraum absehbar nicht ausreichend, sind **geeignete zusätzliche Nachweise** (z. B. zum Langzeitverhalten von Werkstoffen und Komponenten der Behälter und Inventare unter den lagerspezifischen Beanspruchungsbedingungen) zu erbringen. “*
- ESK-Leitlinien zur Durchführung von periodischen Sicherheitsüberprüfungen und zum technischen Alterungsmanagement für Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente und Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle, 2014

# Regulatorischer Rahmen (2)



## Regulatorischer Rahmen (3)

### Internationales Regelwerk (insbesondere):

- EURATOM-Richtlinie 2011/70/EURATOM über einen Gemeinschaftsrahmen für die verantwortungsvolle und sichere Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle, vom 19. Juli 2011
  - *„Die Lagerung radioaktiver Abfälle - einschließlich der Langzeitlagerung - ist eine Übergangslösung, aber keine Alternative zur Endlagerung.“*
  - *„... die **wechselseitigen Abhängigkeiten der einzelnen Schritte** bei der Entstehung und Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle werden berücksichtigt;“ (Artikel 4 (3) b)*

## Regulatorischer Rahmen - Zwischenfazit

- Vorhandene Regelwerke und Genehmigungen sind auf eine begrenzte Betriebszeit der Zwischenlager zugeschnitten
- Eine Extrapolation auf erheblich längere Zwischenlagerzeiten ist auf Basis bestehender Kenntnisse, Nachweise und Regelwerke nicht möglich
- Zwischenlagerbetrieb, periodische Sicherheitsüberprüfungen und Alterungsmanagement
  - liefern Erkenntnisse für Verhalten zugänglicher Lager- und Behälterbereiche,
  - geben keine Hinweise für nicht zugängliche Behälterbereiche und Inventare
- Zusätzliche Nachweise und ggf. neue Genehmigungen für die Zwischenlagerung müssen die folgenden Entsorgungsschritte (Transporte, Konditionierung und Endlagerung) berücksichtigen

# Agenda

**1** Ausgangssituation

**2** Regulatorischer Rahmen

**3** Internationale Aktivitäten

**4** Weitere sicherheitsrelevante Einflussfaktoren

**5** Schlussfolgerungen

# Internationale Aktivitäten (1)

Forschungsaktivitäten im internationalen Kontext:



- IAEA: Coordinated Research Project on Spent Fuel Performance Assessment and Research (SPAR III), 2009 – 2014
  - Beteiligte Staaten: Argentinien, Kanada, Frankreich, Deutschland, Ungarn, Japan, Russland, Slowakei, Spanien, Schweden, Schweiz, Großbritannien, USA
  - Ziele u.a.: Bewertung von Materialverhalten bei der Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente und Auswirkungen auf Handhabung und Transport

## Internationale Aktivitäten (2)

Forschungsaktivitäten im internationalen Kontext:



- EPRI: Extended Storage Collaboration Program (ESCP), seit 2009
  - Beteiligte Staaten: Deutschland (BAM), Ungarn, Japan, Korea, Spanien, Großbritannien, USA
  - Ziele:
    - Phase 1: Überblick über bestehende technische Datenlücken
    - Phase 2: Möglichkeiten zur koordinierten Nutzung internationaler Forschungsaktivitäten
  - Ergebnis aus Phase 1:
    - Hydrid-Effekte (u.a. Wasserstoff-Umorientierung in Hüllrohrmaterial)
    - Forschungsgegenstand von internationalem Interesse

## Internationale Aktivitäten (3)

Forschungsaktivitäten im internationalen Kontext:



- High Burnup Dry Storage Cask Research and Development Project, seit 2013
  - Ziele: Entwicklung und Umsetzung eines Prüfplans zur Generierung von Daten über Zwischenlagersysteme für hoch abgebrannte Brennelemente ( $> 45 \text{ GWd/t}_{\text{SM}}$ )
  - Vorgehen:
    - Beladung eines Behälters mit unterschiedlichen Brennelementtypen,
    - Monitoring von Behältertemperatur und Gas im Innenraum,
    - Begleitende Laboruntersuchung entsprechender Brennelementtypen,
    - Öffnen des Behälters nach definierter Lagerzeit: visuelle Inspektion und detaillierte Laboruntersuchung der Brennelemente

## Internationale Aktivitäten - Zwischenfazit

- International noch keine gesicherten Erkenntnisse zum Brennelementverhalten bei verlängerter Zwischenlagerung
- Versprödung der Brennelement-Hüllrohre kann nicht ausgeschlossen werden mit potenziellem Einfluss auf
  - Sicherheit bei mechanischen Belastungen bei der Handhabung und bei Störfällen während der Zwischenlagerung
  - Sicherheit bei mechanischen Belastungen (incl. Unfällen) beim Transport
  - die Handhabung bei der Umladung / Konditionierung und
  - die Möglichkeiten zur Konditionierung der Brennelemente für die Endlagerung
- Internationale Initiativen und Projekte können auf nationale Randbedingungen zugeschnittene Forschungsmaßnahmen nicht ersetzen

# Agenda

**1** Ausgangssituation

**2** Regulatorischer Rahmen

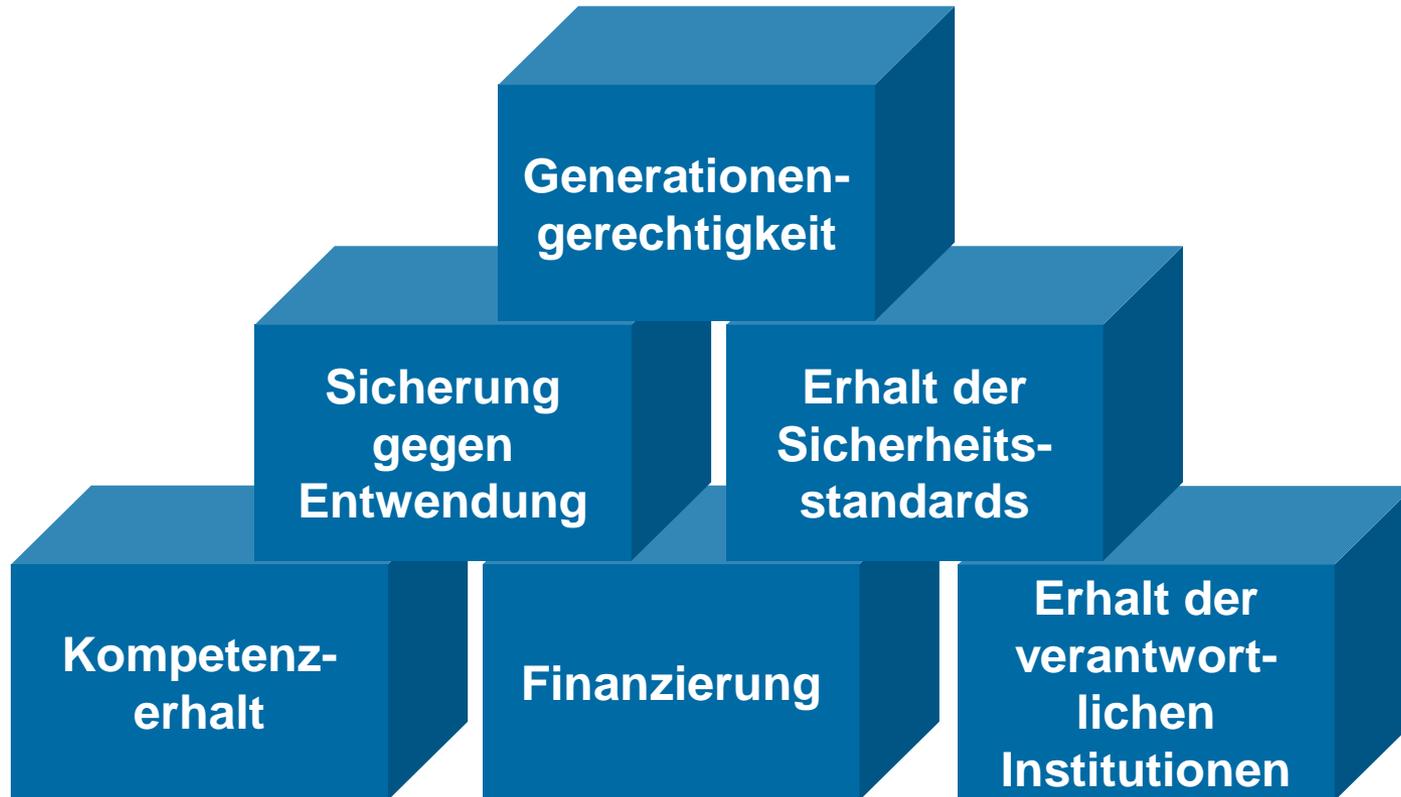
**3** Internationale Aktivitäten

**4** Weitere sicherheitsrelevante Einflussfaktoren

**5** Schlussfolgerungen

# Weitere sicherheitsrelevante Einflussfaktoren

... insbesondere bei langfristiger Zwischenlagerung:



# Agenda

**1** Ausgangssituation

**2** Regulatorischer Rahmen

**3** Internationale Aktivitäten

**4** Weitere sicherheitsrelevante Einflussfaktoren

**5** Schlussfolgerungen

# Schlussfolgerungen

- Zwischenlagerung der abgebrannten Brennelemente = Übergangslösung mit zeitlicher Begrenzung auf wenige Jahrzehnte konzipiert
- Für zugängliche Behälterbereiche, Gebäude und Equipment könnten Sicherheitsnachweise voraussichtlich über bestehende Genehmigungsfristen hinaus erbracht werden
- Zum längerfristigen Verhalten der Brennelemente derzeit kein ausreichender Kenntnisstand
- Systematische Verschlechterung der Hüllrohreigenschaften können
  - die Sicherheit bei verlängerter Zwischenlagerung beeinträchtigen,
  - zu erhöhtem Aufwand bei der Vorbereitung für die Endlagerung führen – bei ggf. reduzierten kerntechnischen Kompetenzen
  - Optionen für Endlagerkonzepte reduzieren, wenn Konditionierungsmöglichkeiten eingeschränkt sind

# Schlussfolgerungen

- Erhebliche Verlängerungen bestehender Zwischenlagerlösungen
  - erhöhen für zukünftige Generationen erheblich den technischen Aufwand zur Realisierung einer dauerhaften Entsorgungslösung
  - schränken die Optionen für dauerhafte Entsorgungslösungen ein
  - stellen eine erhebliche finanzielle Belastung dar.

## **Beate Kallenbach-Herbert**

Leiterin Bereich Nukleartechnik & Anlagensicherheit

### **Öko-Institut e.V.**

Büro Darmstadt  
Rheinstraße 95  
64295 Darmstadt

Telefon: +49 6151 8191-122  
E-Mail: [b.kallenbach@oeko.de](mailto:b.kallenbach@oeko.de)