

***Vom Atomkraftwerk zum Atommüllfass***  
*Probleme beim Rückbau und bei der Behandlung  
radioaktiver Abfälle*

**Unterschätzte Risiken – gefährliche Flickschusterei**

Fachtagung  
zu den Problemen schwach- und mittelradioaktiver Abfälle  
21. Februar 2020 in Hannover

**Wolfgang Neumann**

## Vortraginhalt:

- **Einleitung/allgemeine Angaben**
- Abfälle bei Stilllegung und Abbau
- Konditionierung
- Anforderungen an konditionierte Abfallgebinde
- Konditionierung zentral/dezentral?
- Auswirkungen von Konditionierungsanlagen

## Radioaktive Abfälle

**Wissenschaft:** radioaktiv ist die Eigenschaft bestimmter Atomkerne, sich ohne äußere Einwirkung in andere Atomkerne umzuwandeln und dabei ionisierende Strahlung auszusenden. Die Atomkerne heißen Radionuklide.

**Atomgesetz:** radioaktiv, wenn ein bestimmtes Radioaktivitätsinventar (Menge an Radionukliden) enthalten ist.

nicht radioaktiv, wenn im Sinne des Gesetzes nicht zu beachten < Freigrenzen,  
< Freigabewerte

## Radioaktive Abfälle

Einteilung in der Bundesrepublik Deutschland:

- wärmeentwickelnd (HAW und kleiner Teil MAW)
- “vernachlässigbar” wärmeentwickelnd (LAW und MAW)  
“vernachlässigbar” ≠ vernachlässigbar !  
“vernachlässigbar” = Abfälle dürfen in einer ganze Endlagerkammer insgesamt keine zusätzliche Temperaturerhöhung  $> 3 \text{ K}$  verursachen.



## **Anfall radioaktiver Abfälle im AKW** (schwach- und mittelradioaktiv)

- **Betrieb**
- **Revision/Reparatur/Austausch**
- **Stilllegung und Abbau**

## Vortragseinhalt:

- Einleitung/allgemeine Angaben
- **Abfälle bei Stilllegung und Abbau**
- Konditionierung
- Anforderungen an konditionierte Abfallgebinde
- Konditionierung zentral/dezentral?
- Auswirkungen von Konditionierungsanlagen

# Stilllegungs- und Abbauabfälle

„Entsorgungspfade“:

- Herausgabe
- Uneingeschränkte Freigabe
- Eingeschränkte Freigabe
- Abklinglagerung mit Ziel Freigabe
- Radioaktive Abfälle
- Wiederverwendung Kerntechnik

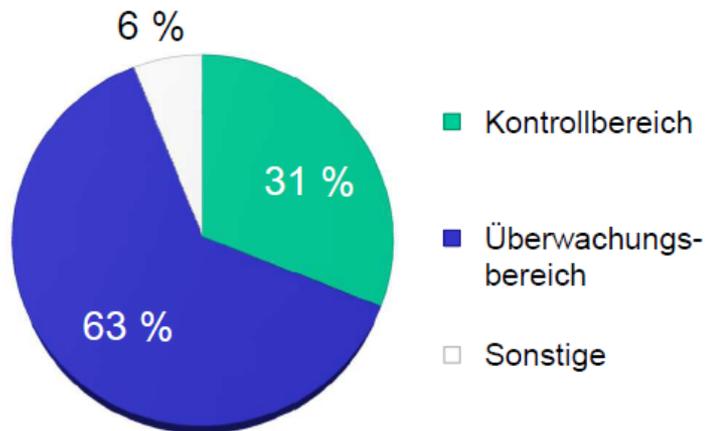


## Gesamtmasse beim Abbau eines KKW

≈ 94 % Betonstrukturen

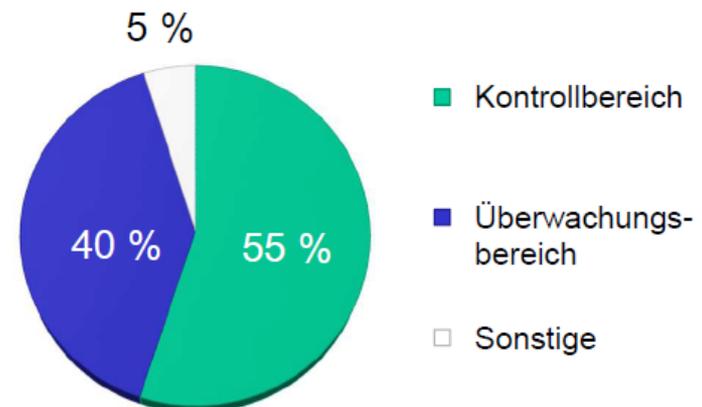
### Druckwasser-Reaktor

≈ 600.000 Mg



### Siedewasser-Reaktor

≈ 400.000 Mg

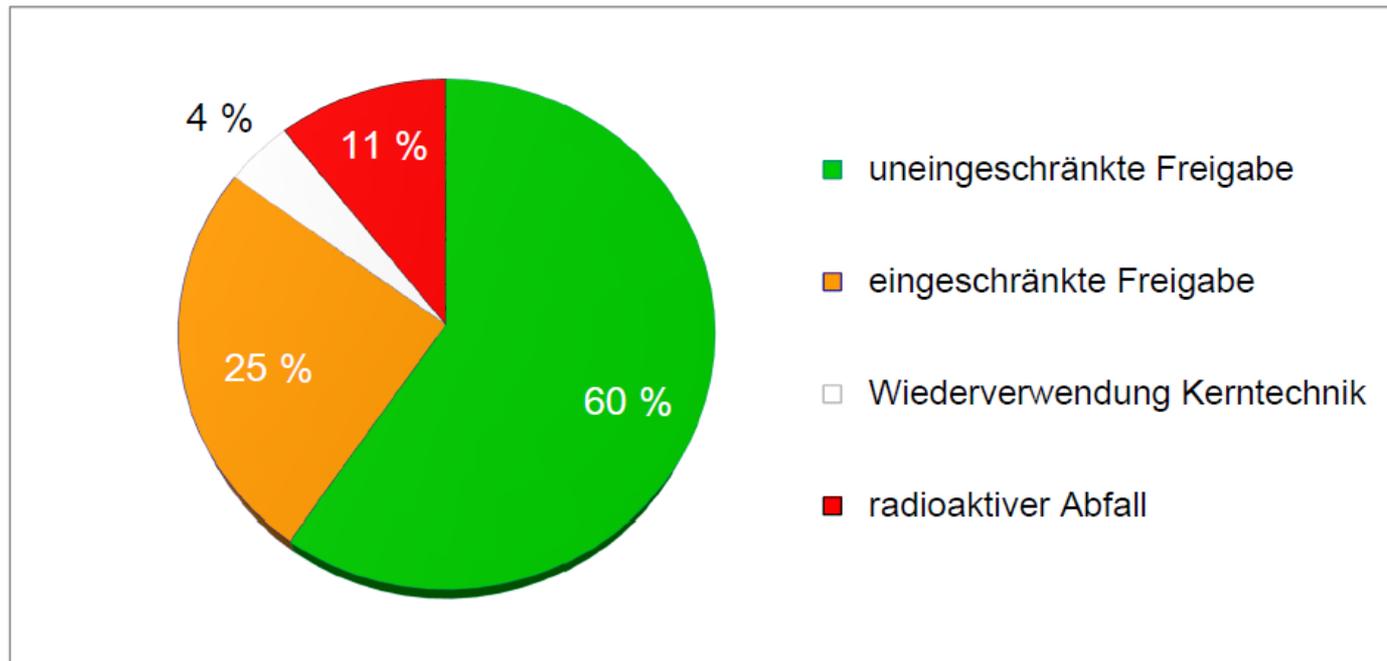




## Kontaminiertes Material

---

ca. 50.000 Mg pro KKW



## Abbauabfälle bzw. Reststoffe

konkretes Beispiel AKW Esenshamm

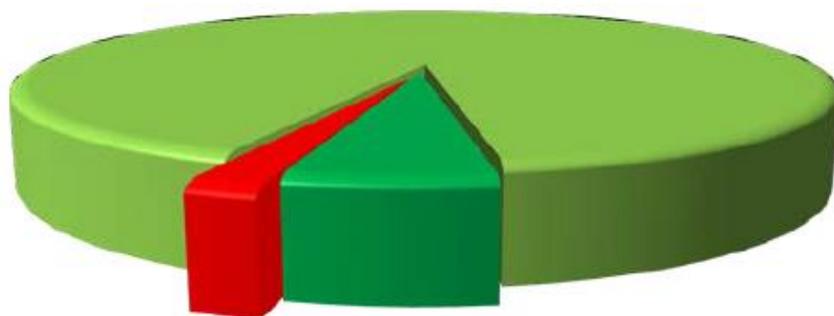
AKW-Gesamtmasse 675.000 Mg

Kontrollbereich 193.000 Mg

Restgebäude 482.000 Mg



Herausgabe



- Freigabe Gebäudemassen (91,6 %)
- Freigabe zur Beseitigung/Verwertung (6,2 %)
- Zwischen-/Endlagerung radioaktiver Abfall (2,2 %)

## **Endlagerung Abbauabfälle**

Die genannte Menge radioaktiver Abfälle ist zur Endlagerung in Konrad vorgesehen.

Die zur Einlagerung genehmigte Kapazität reicht dafür gerade aus.

Bei weitem nicht ausreichend ist die Kapazität von Konrad, wenn ein Teil der jetzt in Freigabe gehender Abfälle mit berücksichtigt würde.

=> Dafür muss eine andere Möglichkeit gefunden werden.

## **Gering wärmeentwickelnde radioaktive Rohabfälle bei Stilllegung und Abbau**

- Wässrige Lösungen (z.B. Dekontaminations-, Reinigungs- oder Kühlwässer)
- Organische Flüssigkeiten (z.B. Öle)
- Feste brennbare Abfälle (z.B. Putzlappen, Kleidung, Wischtesttücher)
- Feste nicht brennbare Abfälle (z.B. Metallschrotte, Beton)

## Ableitungen radioaktiver Stoffe (radioaktive Abfälle?)

Bei Betrieb, Stilllegung und Abbau eines AKW werden radioaktive Stoffe mit **Abluft** und **Abwasser** in die Umgebung abgeleitet. Dafür gibt es höchstzulässige Radioaktivitätsableitungswerte in der Genehmigung.

Meistens gleiche Ableitungswerte für Betrieb und Stilllegung (Ausnahmen für einige Radionuklide, z.B. Kr-89, I-131).

Betreiber wünscht maximalen Spielraum, Behörde genehmigt ihn i.d.R..

Spätestens nach Entfernung der Brennelemente wäre deutliche Senkung der Ableitungswerte möglich.  
(Bsp. Brunsbüttel:  $1,85 \cdot 10^{11}$  Bq  $\rightarrow$   $5 \cdot 10^9$  Bq)

## Vortragsinhalt:

- Einleitung/allgemeine Angaben
- Abfälle bei Stilllegung und Abbau
- **Konditionierung**
- Anforderungen an konditionierte Abfallgebinde
- Konditionierung zentral/dezentral?
- Auswirkungen von Konditionierungsanlagen

## Radioaktive Rohabfälle

- haben ein großes Freisetzungspotenzial.  
In ihnen enthaltene oder an ihrer Oberfläche befindliche Radionuklide können sich im Normalbetrieb, vor allem aber bei Störfällen leicht ausbreiten.
- haben ein großes Volumen.  
Für Transport, Zwischen- und Endlagerung ist Volumenreduzierung zweckmäßig (weniger Vorgänge).



**Konditionierung  
(Abfallbehandlung und Verpackung)**

# Schritte zur Konditionierung

0. Dekontamination
1. Sortieren
2. Vorkonditionieren
3. Konditionieren
4. endlagerfähig konditionieren

## **Vorkonditionierung von gering wärme- entwickelnden radioaktiven Rohabfällen**

### Wässrige Lösungen

- Verdampfen
- Ionentauscherharze

### Feste Abfälle

z.B.

- Zerkleinern
- Trocknen

---

## Konditionierungsmethoden für gering wärmeentwickelnde Abfälle

### Viskose Abfälle (u.a. Verdampferkonzentrate, Harze)

- Trocknen und Verpressen
- Zementieren

### Organische Abfälle

- Verbrennen und Asche verpressen (fl. und feste Abfälle)
- Verpressen (feste Abfälle)

### Metallische Abfälle

- Einschmelzen
- Hochdruckverpressen

### Feste Mischabfälle

- Verpressen
- Zementieren

## **Gering wärmeentwickelnde Abfälle für die noch keine Konditionierungsmethoden verfügbar sind**

- Ggf. Uran aus der Wiederaufarbeitung
- Thorium und thoriumhaltige Abfälle
- Graphit und graphithaltige Abfälle
- Tritiumhaltige Abfälle
- Abfälle aus Asse II
- Im ERAM zwischengelagerte Abfälle (Radiumfass, europiumhaltige Abfälle)

## **Zwischenlageranforderungen an gering wärmeentwickelnde Abfälle**

### **ESK-Leitlinien, Technische Annahmebedingungen ZL, Öff.- Rechtl. Vertrag Anlage 2**

- Fest oder verfestigt
- Chemische/physikalische Stabilität,  
Begrenzung Faul-, Gär- und Korrosionsvorgänge bspw. durch  
Trocknung
- Konditionierung i.d.R. verfahrensqualifiziert
- Abschirmung zur Einhaltung der Grenzwerte für Personal und  
Bevölkerung
- Inventardokumentation
- Minimierungsgebot  
Handhabungs- und Überwachungsmaßnahmen so wenig wie  
möglich.

## Behälter für gering wärmeentwickelnde Abfälle

Zur Konditionierung gehört auch die Verpackung der Abfälle in Behälter.

Anforderungen nach

- Zwischenlageregenehmigung
- Transportrecht
- (Endlagerungsbedingungen)

Bilderquellen: GNS



## Vortraginhalt:

- Einleitung/allgemeine Angaben
- Abfälle bei Stilllegung und Abbau
- Konditionierung
- **Anforderungen an konditionierte Abfallgebinde**
- Konditionierung zentral/dezentral?
- Auswirkungen von Konditionierungsanlagen



## **Konrad-fertige Konditionierung gering wärmeentwickelnder Abfälle**

(zwingend für Zwischenlagerung bei BGZ)

- Verpackung konditionierter Abfallgebinde in für Konrad zugelassene Behälter/Container.
- Fixierung in Behälter/Container durch:
  - Vergießen von Hohlräumen mit Zement (kann mit kontaminierten Wässern angemacht sein),
  - Verfüllen von Hohlräumen mit schütffähigen Feststoffen (kann z.B. kontaminierter Bauschutt sein).
- Vorkehrungen zur Druckentlastung durch Gasbildung.

Ist eine Konrad-fertige Konditionierung jetzt schon sinnvoll?

## Konrad-fertig konditionierte Abfallgebinde



Konrad-Container



MOSAIK® (Gussbehälter)

## **Produktkontrolle** für endlagerfertige Konditionierung

Anforderungen, deren Erfüllung nachgewiesen werden muss:

- Feste Form
- nicht nennenswert faul- oder gärfähig
- nur Restgehalte von
  - Flüssigkeiten und Gasen enthalten oder freisetzen
  - selbstentzündlichen oder explosiblen Stoffen
- beschränkte Reaktionen zwischen Abfällen, Fixierungsmitteln und Behältern
- radiologische Begrenzungen (Dosisleistung, Oberflächenkontamination Spaltstoffgehalt)
- weitere

## Vortragsinhalt:

- Einleitung/allgemeine Angaben
- Abfälle bei Stilllegung und Abbau
- Konditionierung
- Anforderungen an konditionierte Abfallgebinde
- **Konditionierung zentral/dezentral?**
- Auswirkungen von Konditionierungsanlagen

## **Konditionierung zentral/dezentral**

Konditionierung ist sicherheitstechnisch erforderlich.

Es können standortfeste und/oder mobile Anlagen eingesetzt werden.

Ausnahmen: - Verbrennen und Schmelzen  
- kleine Mengen

## Konditionierung zentral/dezentral

Zentrale Konditionierung verursacht zusätzliche Handhabungen für Abfertigung und Annahme in den Anlagen.

- =>
- Höhere Strahlenbelastungen für Personal,
  - Erhöhung der Störfallmöglichkeiten.

Zentrale Konditionierung verursacht zusätzliche Transporte.

- =>
- Höhere Strahlenbelastungen für Bevölkerung (Direktstrahlung ab 5 m Abstand)
  - Erhöhung der Unfallwahrscheinlichkeit,
  - Erhöhung des Freisetzungspotenzials.

Konditionierung dezentral ist zu bevorzugen, sofern nicht sicherheitliche Probleme dagegen sprechen.

---

## **Konditionierungsstandorte gering Wärme entwickelnde Abfälle**

### **Zentrale Konditionierungsanlagen:**

Zwischenlager Nord (ZLN)

Siempelkamp Krefeld

Forschungszentrum Jülich

Karlsruhe (KIT)

EZN Braunschweig

PKA Gorleben nicht in Betrieb

Studsvik (S) und andere Anlagen im Ausland

**Dezentrale Konditionierungsanlagen an  
Atomanlagenstandorten**

## Konditionierung gering Wärme entwickelnde Abfälle



Konditionierungshalle  
GNS Duisburg

Bildquelle: GNS

## Vortragsinhalt:

- Einleitung/allgemeine Angaben
- Abfälle bei Stilllegung und Abbau
- Konditionierung
- Anforderungen an konditionierte Abfallgebinde
- Konditionierung zentral/dezentral?
- **Auswirkungen von Konditionierungsanlagen**

## Auswirkungen von Konditionierungsanlagen

- **Normalbetrieb:** Strahlenbelastungen in der Umgebung durch
  - Direktstrahlung
  - Ableitung mit Abluft und Abwasser
- **Störfälle:** erhöhte Freisetzung radioaktiver Stoffe

In Bezug auf Direktstrahlung gilt: Je weiter weg, je geringer die Belastung. Sie ist für Konditionierungsanlagen allerdings bereits am Anlagenzaun gering.

In Bezug auf Ableitungen mit Abluft und Freisetzung im Störfall gilt das nur bedingt. Die Höhe der Belastung ist von weiteren Aspekten (z.B. Witterung) abhängig.

## **Auswirkungen von Konditionierungsanlagen**

Ableitungen und Strahlenbelastung im Normalbetrieb werden nicht veröffentlicht.

Möglicherweise gibt es aber die Möglichkeit durch Akteneinsicht (Umweltinformationsrecht) Daten zu erfahren.