

# **Atomstrom – seine Erzeugung vom Ende her denken**

**Michael Sailer**

**Arnoldshain, 8. April 2006**

## Endprodukte

- Abgebrannte Brennelemente
- Verglaste Wiederaufarbeitungsabfälle
- Kerneinbauten und ähnliches
- Betriebsabfälle aus kerntechnischen Anlagen
- Rückbauabfälle
- Abfälle aus Medizin, Industrie und sonstiger Forschung
- Nicht gebrauchte Kernbrennstoffe

## Enthaltene radioaktive Stoffe

- Spalt- und Aktivierungsprodukte mit kürzeren Halbwertzeiten ( ~ 5 bis 30 Jahre Halbwertzeit), z.B. Cs-137, Sr-90, Co-60
- Spalt- und Aktivierungsprodukte mit langen Halbwertzeiten (bis  $10^6$  Jahre), z.B. Tc-99, Cl-36
- Aktiniden (meist lange bis sehr lange Halbwertzeiten), z.B. U, Pu, Np, Am, Cm
- Zerfallsprodukte von Aktiniden

# Auswirkungen

## Strahlung

- Abschirmung bei Handhabung
- Rückhaltung aus der Biosphäre bis zum hinreichenden Zerfall

## Wärme

- Hinreichende Wärmeabfuhr

## Chemische Reaktionen der „Begleitstoffe“

- Gasbildung, Korrosion usw.

## Endprodukte

- Abgebrannte Brennelemente
- Verglaste Wiederaufarbeitungsabfälle
- Kerneinbauten und ähnliches
- Betriebsabfälle aus kerntechnischen Anlagen
- Rückbauabfälle
- Abfälle aus Medizin, Industrie und sonstiger Forschung
- Nicht gebrauchte Kernbrennstoffe

## Mengen in Deutschland (bei jetziger Laufzeitregelung)

- Wärmeentwickelnde Abfälle  
etwa 25 000 m<sup>3</sup>
- Nicht wärmeentwickelnde Abfälle  
etwa 250 000 bis 300 000 m<sup>3</sup>
- Abgereichertes Uran  
0 bis über 100 000 t
- Andere Kernbrennstoffe  
0 bis einige t

## Denkbare Möglichkeiten

- Recycling → scheidet mit geringen Ausnahmen aus
- Transport in Weltraum → zu gefährlich
- Versenkung im Meer → Verdünnung und Verteilung
- Umwandlung
- Zwischenlagern
- Endlagern
- Ignorieren

## Umwandlung (Partitioning und Transmutation)

- Methoden nur angedacht, keine reifen technischen Systeme → viele Jahrzehnte bis zur Realisierung
- Umwandlung und Trennung nur mit Wirkungsgraden deutlich kleiner 100% möglich → Menge wird nur reduziert
- Systeme aus Reaktoren und Abtrennanlagen erforderlich
- Umschlagzeiten von vielen Jahrzehnten

## Zwischenlager

- Sicherheit basiert auf Gebindestabilität und ggf. auf Lagergebäude
- Gebinde sind für Jahre bis Jahrzehnte stabil
- Leckagen führen direkt in die Umwelt
- Sicherheit gegen absichtliche und unabsichtliche Einwirkungen muss aktiv gewährleistet werden
- Denkbeispiele:
  - 1970 hätte das damalige Jugoslawien sein Zwischenlager im Kosovo oder in Bosnien errichtet
  - 1906 würde ein Zwischenlager in der Eifel errichtet worden sein

# Endlager

- Sicherheit basiert auf Geologie und ggf. auf zusätzlichen technischen Barrieren
- Die Geologie kann auch für Jahrtausende stabil sein
- Leckagen führen in den tiefen Untergrund und erst durch diesen in die Umwelt
- Sicherheit gegen absichtliche und unabsichtliche Einwirkungen ist durch die tiefe Lage gewährleistet
- Ein qualifiziertes Endlager erfordert nach Verschluss keine menschlichen Aktionen mehr

## Zwischenfazit aus technischer Sicht:

- Endlagerung ist die einzige technisch realisierbare Möglichkeit, die bestehenden und in naher Zukunft anfallenden radioaktiven Abfälle sicher von der Biosphäre fernzuhalten

# Die ethische Dimension (1)

## Wahlfreiheit

- Endlagerung legt Art und Ort der Abfälle fest, Änderungen sind nur mit Aufwand möglich
- Jetzt nicht endzulagern heißt: zukünftige Generationen müssen sich auf jeden Fall um die Abfälle kümmern

## Irreversibilität

- Bei Nichtendlagerung (Zwischenlagerung) können die Entscheidungen in Zukunft offen getroffen werden
- Bei Nichtendlagerung bleiben nach Freisetzungen die radioaktiven Stoffe irreversibel in der Umwelt

## Die ethische Dimension (2)

### Verursacherprinzip

- Endlagerung führt zu einem von der verursachenden Generation durchzuführenden und zu bezahlenden Verbringung der Abfälle, die danach wartungsfrei ist
- Nichtendlagerung führt zu unbestimmbaren Kosten für zukünftige Generationen, sowohl für die Zwischenbehandlung wie für die zukünftige endgültige Lösung

## Fazit:

→ Die baldmöglichste Realisierung einer sicheren Endlagerung ist aus technischen wie aus ethischen Gründen geboten

## Anforderungen an Endlager (1)

- Einrichtung in einer Teufe von mehreren hundert Metern
- Standort, dessen Geologie die Basis für einen sicheren Einschluss über eine Million Jahre gibt
  - In Deutschland mehrere Stellen in Salz oder Tonstein möglich
- Die wahrscheinlichste geologische Entwicklung muss eine vollständige Rückhaltung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich gewährleisten
- Weniger wahrscheinliche geologische Entwicklungen dürfen auch nach 1 000 000 a nicht zu einer Überschreitung der Radioaktivitätsgrenzwerte in der Umwelt führen.

## Anforderungen an Endlager (2)

- Auswahlverfahren für das Endlager mit transparenten Kriterien und Verfahrensabläufen
- Vergleich mehrerer Standorte erforderlich
- Primat der geologischen Sicherheit, aber auch umfassende Prüfung der planungswissenschaftlichen und sozioökonomischen Aspekte
- Am wichtigsten: Breiter Dialog national und regional