

# Partitionierung & Transmutation

Christoph Pistner, Öko-Institut e.V.

Karlsruher Atomtage

Karlsruhe, 18.07.2015

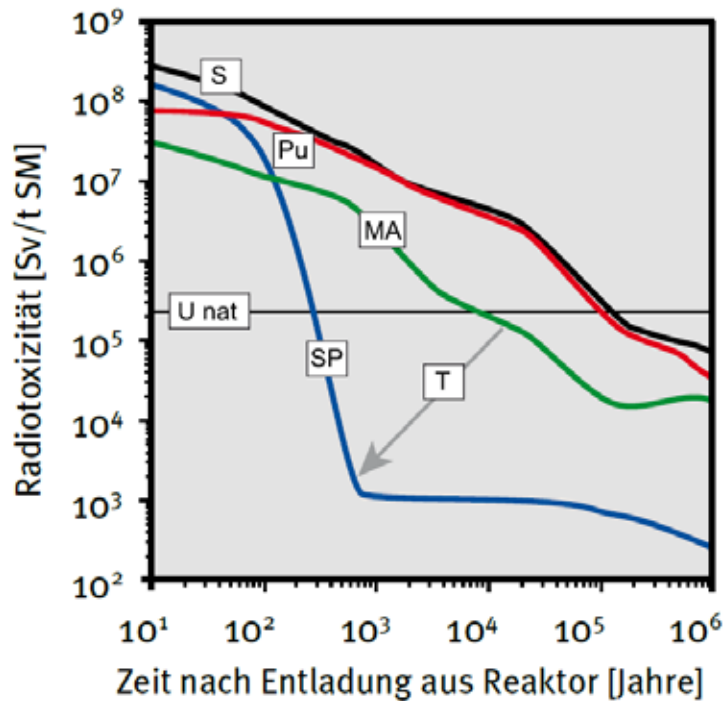
# P&T: Lösung der Endlagerfrage?



„Das Beispiel Transmutation zeigt eindrucksvoll, welches Potential die Grundlagenforschung – hier die Beschleunigertechnologie – zur Lösung gesellschaftlicher Herausforderungen birgt.“

Johanna Stachel, Präsidentin der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Abb. 2



Abnahme der Radiotoxizität von abgebranntem Kernbrennstoff nach Abtrennung des Urans U im Vergleich. Die Minoren Aktinide MA werden durch Transmutation T in Spaltprodukte SP überführt, sodass diese den Abklingprozess dominieren.

U nat: Natururan

SP: Spaltprodukte

MA: Minore Aktiniden

Pu: Plutonium

S: Summe aller Teilradiotoxizitäten ohne Transmutation

T: Transmutation

In Anlehnung an [1].

## Versprechen von P&T (wesentliche Aspekte)

- Gefahrenreduktion durch geringere Radiotoxizität des Endlagerinventars, dadurch dramatisch verkürzte Lagerzeiten: statt 1 Mio. Jahre nur 100-1000 Jahre
- Geringeres Endlagervolumen
  - Reduzierung des Wärmeeintrags ins Endlager
  - Volumenreduktion der Abfälle

# Radiotoxizität

Radiotoxizität beschreibt die Ingestion:

$$TLight = \Sigma (A * DF_{Ing})$$

- Die Analyse beruht daher auf der direkten Nahrungsaufnahme des Abfalls.
- Nicht erfasst:
  - Auslaugraten, Lösungspotenzial
  - Transport, Sorption
  - Akkumulation, Zerfall
  - Transferfaktoren

Vollständiger Ansatz müsste lauten:

$$T = \int \Sigma (A * TF_{Endlager/Mensch} * DF_{Ing})$$

# Langzeitsicherheitsanalysen

- Wie verhalten sich die eingelagerten Abfälle? Auf welchen Wegen können sich welche Radionuklide wie rasch fortbewegen und bis in die Biosphäre ausbreiten?
- Wie verändern sich die geologischen Schichten (Erosion, Hebung/Senkung, Seismik, Vulkanismus, Klima etc.)? Wie verändern sich Grundwasservorkommen und –ströme?
- Welcher Dosis aus dem Endlager sind Menschen in der Zukunft ausgesetzt? Werden Menschen in der Zukunft Dosen ausgesetzt, die heute nicht akzeptabel sind (Dosiskriterium)?

# Ergebnisse von Langzeitsicherheitsanalysen

Bei allen Langzeitsicherheitsanalysen:

- Unter konservativsten Randbedingungen geringer Dosisbeitrag der Aktiniden
- Unter eher realistischen Bedingungen und bei Ton/Tonstein praktisch kein Beitrag zur Dosis gegenüber den Spaltprodukten I-129 und Se-79 sowie den Aktivierungsprodukten Cl-36 und C-14
- P&T von Aktiniden würde keinen nennenswerten Beitrag zur Dosisreduzierung leisten und reduziert daher auch nicht die Anforderungen an die Isolation

# Wärmeentwicklung

- Wärmeleistung für > 100 Jahre dominiert von Spaltprodukten (Ba-137m, Sr-90, Cs-137, Y-90), nicht durch Aktinide (Am-241)
- Spaltproduktinventar steigt um ca. 35%
- Wärmeleistung nach 100 Jahren ca. um Faktor 20 gesunken
- Wesentliche Reduzierung der Wärmeleistung bei P&T durch lange Zwischenlagerung
- Zusätzlicher Beitrag durch Transmutation bei P&T nur für langfristige Wärmefreisetzung, Einfluss auf die Größe eines Endlagers dann gering

# Volumenreduktion

- Volumenreduktion von 28.000 m<sup>3</sup> auf 9.500 m<sup>3</sup>
- Durch die Abtrennung wird hauptsächlich das Uraninventar aus den Abfällen entfernt.
- Uran muss in (neuem) Endlager für schwach- und mittelaktive Abfälle endgelagert werden
- Geschätzte Größe eines zukünftigen Endlagers (Anteil der abgebrannten Brennelemente) am Beispiel Einlagerung in Salz:
  - Streckenlagerung: rund 1,1 Quadratkilometer
  - Bohrlochlagerung: rund 0,4 Quadratkilometer
- Mengenreduktion (in Deutschland) bedeutungslos, da das Volumen kein Ausschluss- oder Bewertungskriterium ist



# Problemfelder

---

- Entwicklungsaufwand
- Umsetzungszeiträume
- Kosten
- Unfallrisiken
- Strahlenschutzaspekte
- Proliferation

# Aspekte dieser Problemfelder (Auswahl)

## Entwicklungsaufwand

- P&T seit den 1970 Jahren in Entwicklung, noch weit entfernt von großtechnischer Umsetzbarkeit
- Wiederaufarbeitung von Plutonium heute nicht wirtschaftlich, komplexere WA von P&T mit noch höheren Anforderungen verbunden
- Kopplung von Beschleunigertechnologien und Schnellen Reaktoren kombiniert zwei für sich alleine bereits höchst anspruchsvolle Techniken
- Bspw. bis heute bereits >> 50 Mrd. Euro Forschungsförderung allein für Schnelle Brüter in OECD-Ländern

# Aspekte dieser Problemfelder (Auswahl)

## Umsetzungszeiträume

- Entwicklungsaufwand mehrere Jahrzehnte
- Aufrechterhaltung einer nuklearen Infrastruktur über mind. 150 Jahre ab Beginn

## Kosten

- Hohe Investitionskosten
  - Schnelle Reaktoren ca. 10 Mrd. Euro
  - Beschleunigergetriebene Systeme eher höhere Kosten
  - Für WA- und Brennstoffertigungs-Anlagen ähnliche Investitionskosten erwartbar
- Gesamtkosten also im Bereich von > 100 Mrd. Euro

# Aspekte dieser Problemfelder (Auswahl)

## Unfallrisiken

- Radioaktives Inventar der Anlagen besonders hoch (siehe Radiotoxizitätsindex)
- Kritikalitätssicherheit & Reaktivitätskontrolle bei schnellen Reaktoren besonders relevant (positive Voidkoeffizienten, geringerer Anteil verzögerter Neutronen)
- Hohe Strahlungsbelastung für Strukturmaterialien

## Strahlenschutzaspekte

- Hohe Dosisleistung (Gamma, Neutronen) der frischen Brennstoffe
- Aktivierung des Kühlmittels bei beschleunigergetriebenen Systemen

# Aspekte dieser Problemfelder (Auswahl)

## Proliferation

- Einerseits:
  - Reduzierung des Plutoniuminventars im Endlager (von > 120 t auf < 5 t)
  - Aber: ca. 5 kg für eine Kernwaffe ausreichend
- Andererseits:
  - Umgang mit großen Mengen nicht mehr selbstschützender kernwaffenfähiger Materialien während der 150 Jahre Betrieb der Anlagen
  - Hohes Brutpotenzial der Anlagen
  - Entwicklung & Aufrechterhaltung von Wiederaufarbeitungsexpertise notwendig, die grundsätzlich Dual-Use fähig ist

# Fazit

- P&T reduziert die Dosis aus Endlagern praktisch nicht, da diese von Nukliden bestimmt wird, die gar nicht abgetrennt und transmutiert werden sollen (z.B. I-129, Se-79, Cl-36, C-14).
- P&T reduziert auch nicht die Zeiträume, über die die Abfälle sicher zu isolieren sind, da die Dosen von langlebigen mobilen Spalt- und Aktivierungsprodukten dominiert werden und P&T daran praktisch nichts ändert.
- P&T
  - ist fern einer technischen Realisierung,
  - ist mit extrem hohen Kosten verbunden,
  - erfordert sehr lange Zeiträume und verzögert damit die Endlagerung,
  - birgt relevante Unfall- und Proliferationsrisiken.