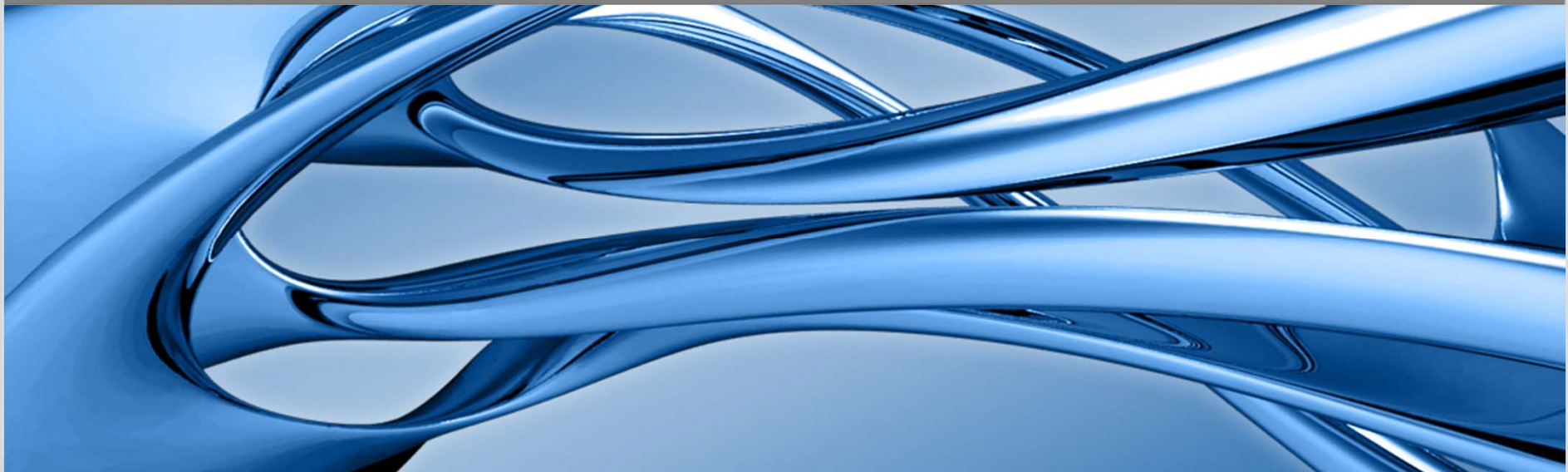


Faktor Forschung: Wie vielversprechend sind welche Forschungsansätze als Lösungsbeitrag zur Endlagerproblematik?

Berlin, 09. Mai 2011

Dr.-Ing. Joachim Knebel, Chief Science Officer (CSO-4)



Faktor Forschung: Wie vielversprechend sind welche Forschungsansätze als Lösungsbeitrag zur Endlagerproblematik?

Joachim Knebel, CSO-4, KIT

**Nachdruck und Verbreitung dieses Beitrags zum
*Fachgespräch ‚Soll Atomgespräch rückholbar endgelagert
werden?‘ vom 9.5.2011 Bundestag, Berlin*
ist nur nach schriftlicher Zustimmung des Karlsruher Instituts
für Technologie (KIT) und unter Nennung des Autors erlaubt.
Es wird gebeten, eine Kopie des Nachdruck an den Autor zu
senden.**

Es gilt das gesprochene Wort.

Forschungsarbeiten zur nuklearen Entsorgung

Mission:

- Bereitstellung von fundierten Informationen, Daten, Technologien zu Problemstellungen der Nuklearen Entsorgung
- Quantifizierung und Abbau von Unsicherheiten (Modelldaten, -parameter, mögliche Entwicklungen eines Endlagers)

Themen:

- Langzeitsicherheit der Endlagerung
- Immobilisierung radioaktiver Abfälle
- Reduktion der Radiotoxizität (P&T)

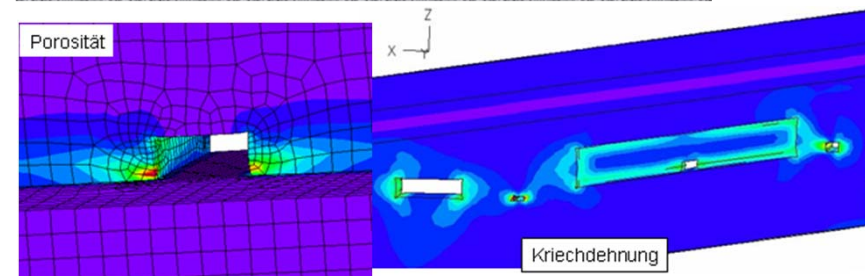
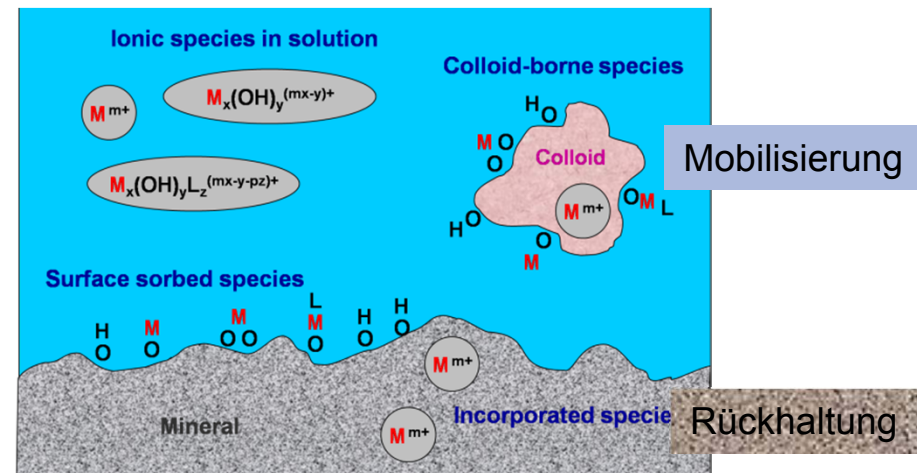


Verglasung in der VEK

- Bewertung der Konsequenzen und Folgen von Entsorgungskonzepten (Technikfolgenabschätzung)

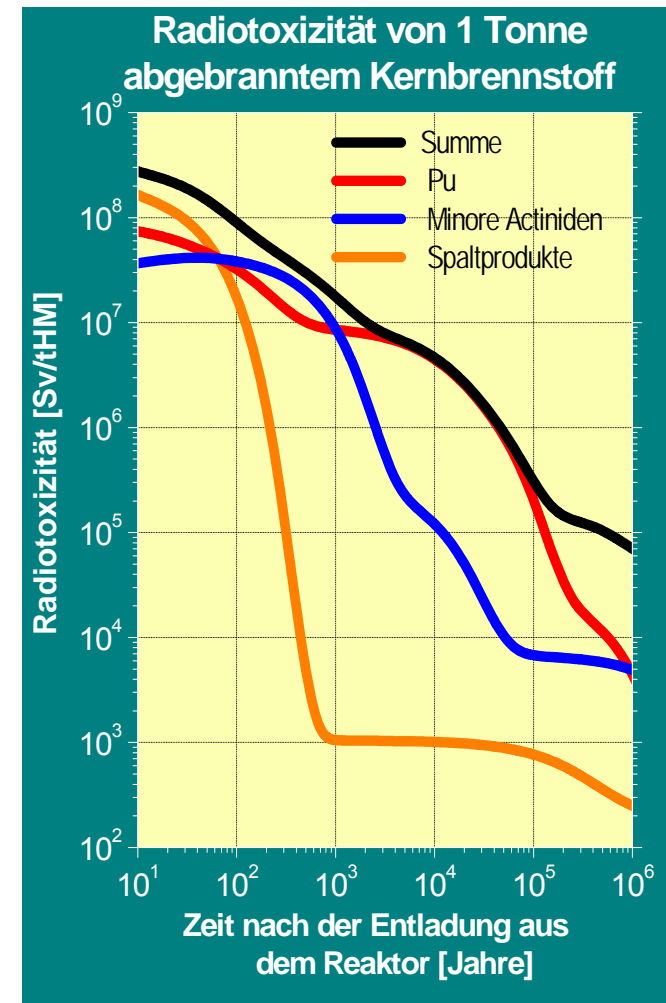
Forschungsarbeiten zur Langzeitsicherheit

- Viele technische Fragen zur Errichtung und zum Betrieb eines Endlagers sind hinreichend geklärt
- Die Langzeitsicherheit eines Endlagers kann aber nicht alleine durch technische Maßnahmen nachgewiesen werden
- Aussagen zur Langzeitsicherheit sind nur möglich durch das Verständnis der grundlegenden Prozesse.
 - Chemie und Thermodynamik von Actiniden und langlebigen Spaltprodukten
 - Thermomechanisches Verhalten des Wirtsgesteins (Kompaktierung, Restporositäten)



Forschungsarbeiten zur Langzeitsicherheit

- Konzentration auf die Endlagerung hochaktiver, wärmeentwickelnder Abfälle
- Schwerpunkt auf Actiniden und langlebigen Spaltprodukten (d.h. radiotoxische Abfallbestandteile)
- Grundlegende und angewandte Forschung (Abfallprodukt, Wirtsgestein, Aquifer)
- Alle möglichen Wirtsformationen (Salz, Ton, Hartgestein)
- Untersuchungen im Labormaßstab und in Untertagelabors
- Entwicklung von hochsensitiven Analysen- und Speziationsmethoden für Actiniden / langlebige Spaltprodukte



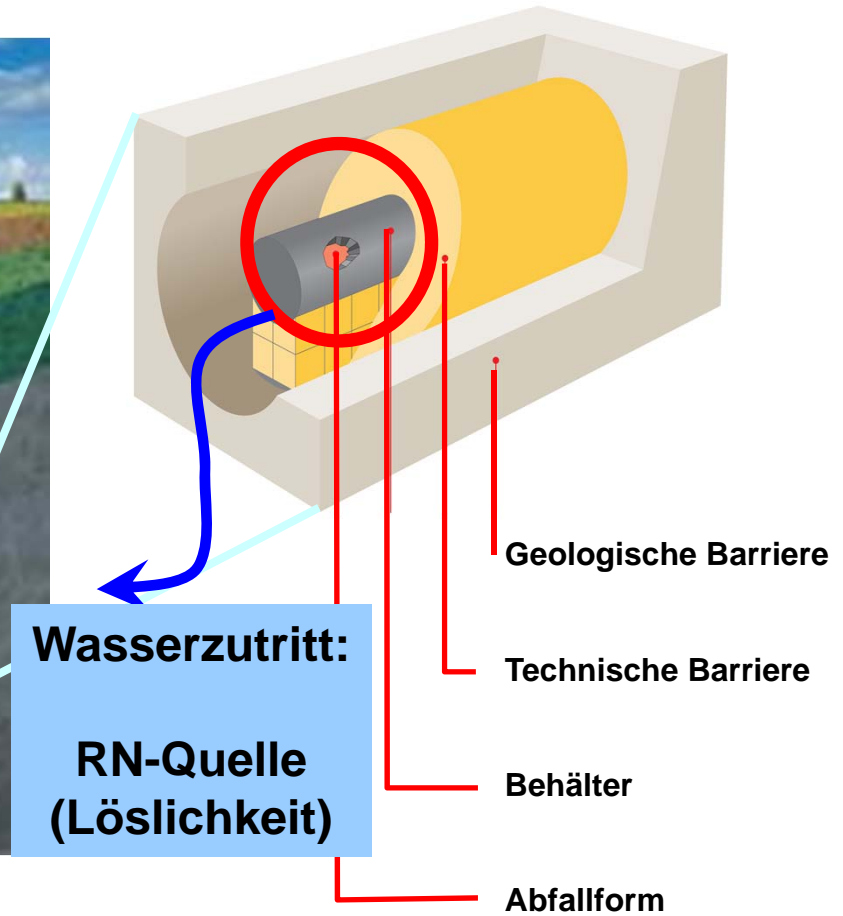
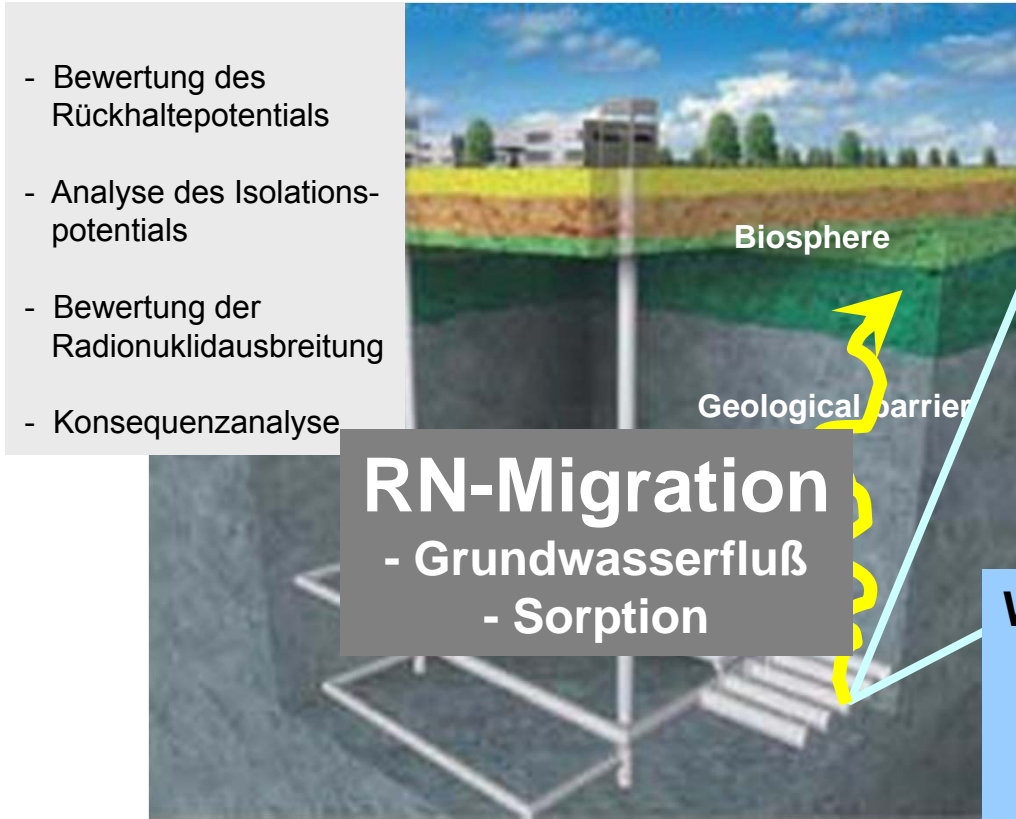
Experimentelle und spektroskopische Methoden zur Aufklärung des Verhaltens von Actiniden und langlebigen Spaltprodukten

- Abgeschirmte Boxenlinie, radiochemische Labors
- Laser Spektroskopie TRLFS, LPAS (Actinidenspeziation)
- Laser induzierte Breakdown Detektion (Nanopartikelanalytik)
- Synchrotron-Röntgen-Spektroskopie (ANKA); EXAFS, XANES, GIXAFS ... (Molekulare Struktur von Radionuklidverbindungen)
- Massenspektrometrische Techniken (ESI-TOF, FFF/CE-ICP-MS)



Langzeitsicherheit des Multibarrieren-Systems

- Chemische und geochemische Aspekte -



Quellterm:

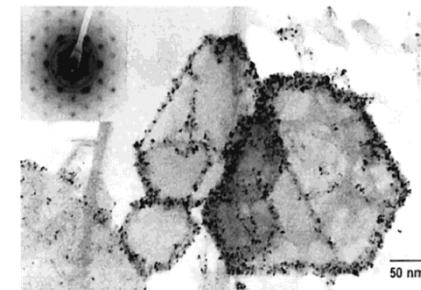
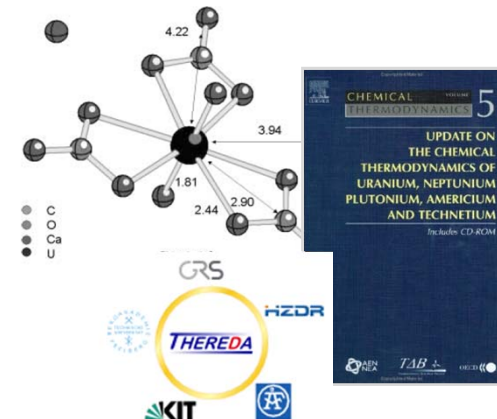
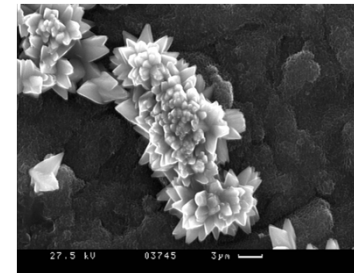
$$r = k_0 \times A_{\min} \times e^{-E_a/RT} a_{H^+}^{n_{H^+}} g(I) \prod_i a_i^{n_i} f(\Delta G_r)$$

Transport + Rückhaltung:

$$-u \frac{\partial c_i}{\partial t} + D \frac{\partial^2 c_i}{\partial x^2} - \frac{\rho}{\theta} K_d \frac{\partial c_i}{\partial t} = \frac{\partial c_i}{\partial t}$$

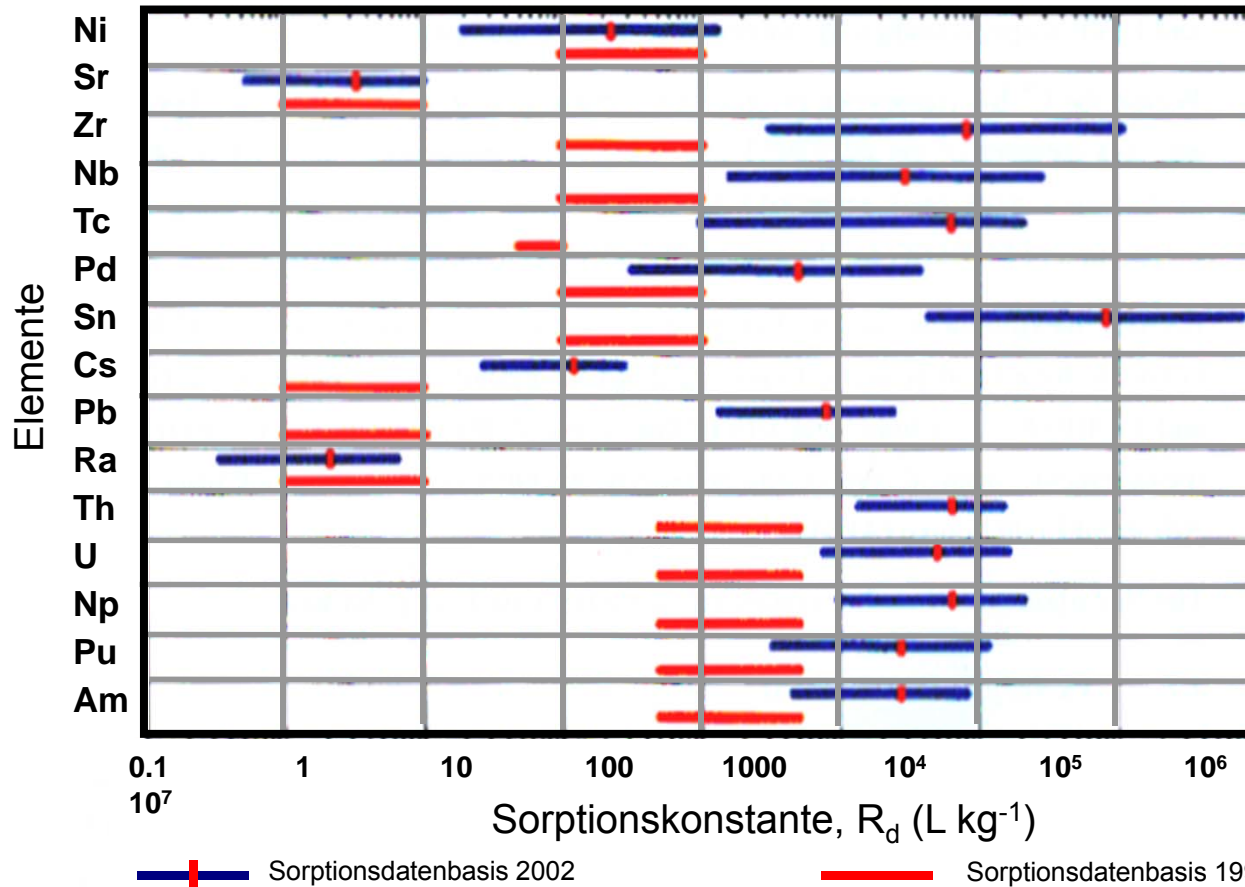
40 Jahre chemische / geochemische Endlagerforschung

- Deutlich verbessertes Verständnis des Verhaltens hochradioaktiver Abfälle beim Kontakt mit Wasser (Löslichkeitslimitierung, Radionuklidrückhaltung in 'Sekundärphasen')
- Konsistente Sammlungen abgesicherter Daten zur Geochemie von Radionukliden insbesondere der Actiniden (Uran, Neptunium, Plutonium, Americium) - NEA-TDB, THEREDA
- Aufklärung einer Vielzahl von Radionuklidrückhaltungsreaktionen, die bislang nicht in konservativen Sicherheitsanalysen berücksichtigt werden
 - Reduktion und signifikante Verringerung der Löslichkeit
 - Mineralisierungsreaktionen (Radionuklideinbau in Mineralphasen)



Abbau von überkonservativen Annahmen durch F&E

- Radionuklidsorption an MX-80 Bentonit -



Ein Vergleich der für die Sicherheitsanalyse (Schweiz) verwendeten Sorptionsdaten an Bentoniten früher und heute (Bradbury & Baeyens, 2003a und Stenhouse, 1995)

Quelle: PSI-Fortschrittsbericht September 2002 - September 2003



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle Stand 30. September 2010

Kap. 8.6

Abfallbehälter müssen unter Berücksichtigung der darin verpackten Abfallprodukte und des sie umgebenden Versatzes folgende Sicherheitsfunktionen erfüllen:

- In der Betriebsphase bis zum Verschluss der Schächte oder Rampen muss eine Rückholung der Abfallbehälter möglich sein
- ... muss eine Handhabbarkeit der Abfallbehälter bei einer eventuellen Bergung aus dem stillgelegten und verschlossenen Endlager für einen Zeitraum von 500 Jahren gegeben sein...

Maßnahmen, die zur Sicherstellung der Möglichkeiten zur Rückholung oder Bergung getroffen werden, dürfen die passiven Sicherheitsbarrieren und damit die Langzeitsicherheit nicht beeinträchtigen.

Begriffe

Reversibilität (reversibility):

Möglichkeit der Rücknahme aller Planungs-, Auslegungs-, Bau-, Betriebs-Schritte eines Endlagerprojekts.

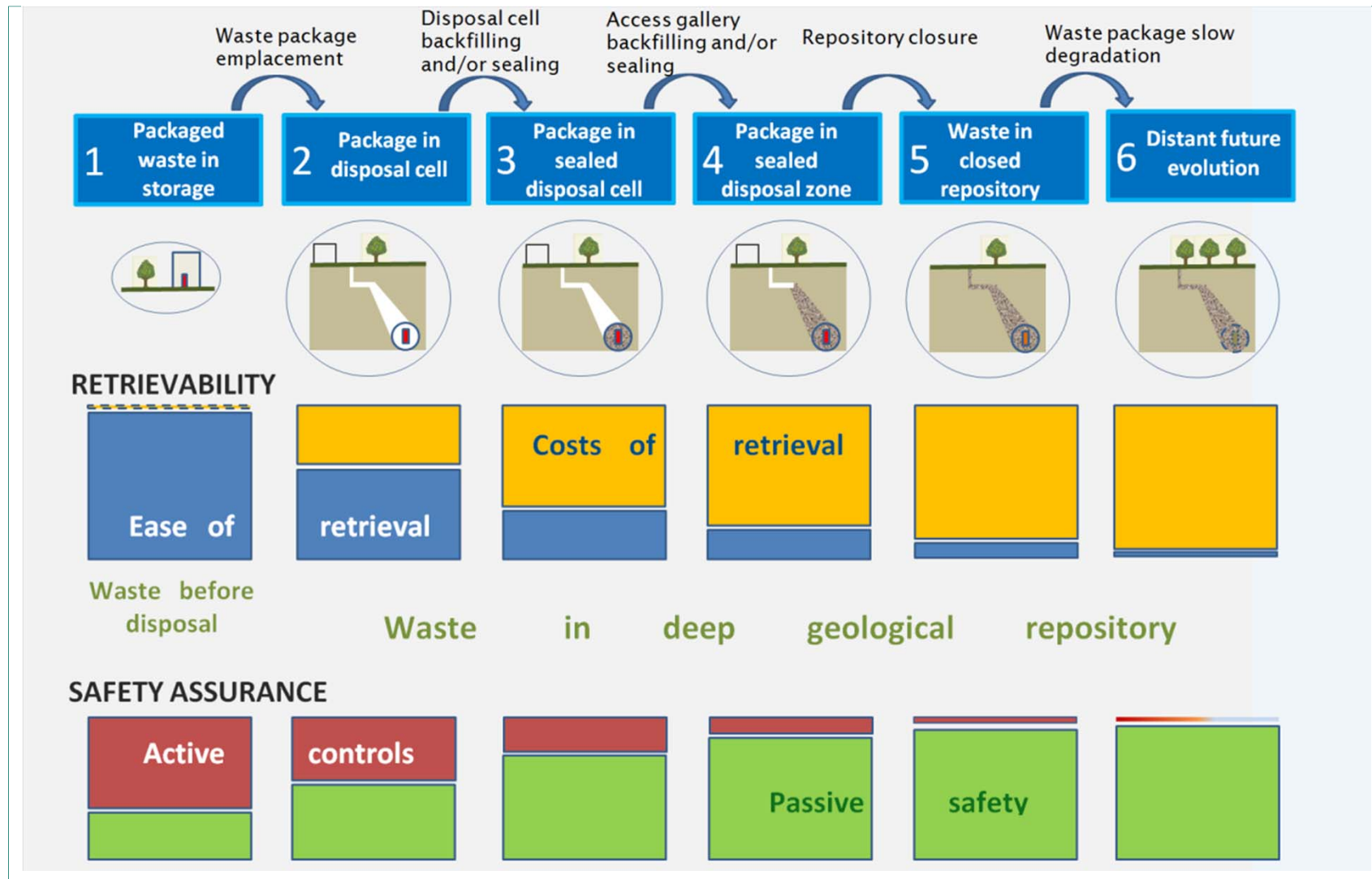
Rückholbarkeit (retrievability):

Möglichkeit der Rückholung bereits eingelagerter Abfälle bis zu einem Zeitpunkt, wo man von einem Erhalt der Information über das Endlager und intakten Behältern ausgehen kann; i.allg. sind dafür Maßnahmen bei Konzeption und Bau erforderlich;

Bergung (recovery):

Üblicherweise wird dieser Begriff international für die Rückholung ‚unter erschwerten Bedingungen‘ verwendet (d.h. nach vollständigem Verschluss des Endlagers; Abfallgebinde möglicherweise defekt; Abfälle möglicherweise delokalisiert),

Rückholbarkeit und Sicherheit



Quelle: NEA R&R-Projekt; NEA/RWM(2010)10

Rückholbarkeit – Für und Wider



Handlungsmöglichkeit für den Fall

- einer negativen Entwicklung des Endlagersystems während des Betriebs;
- dass bessere Technologien zur Abfallbehandlung verfügbar werden;
- dass der eingelagerte Kernbrennstoff zukünftig als Energiequelle genutzt werden soll.



Offenhalten eines Endlagers über die Betriebsphase hinaus erhöht gegenüber dem vollständigen Einschluss der Abfälle

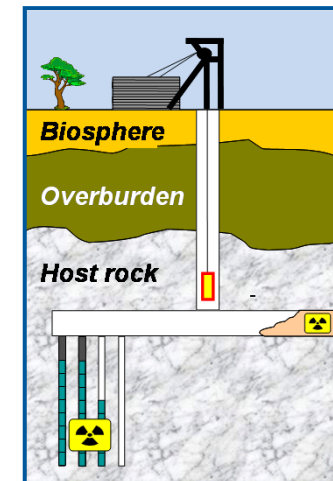
- die Wahrscheinlichkeit eines Wasserzutritts ins Endlagersystem;
- die Möglichkeiten eines nicht autorisierten Zugriffs auf Kernmaterial.

Konsens (und gleichzeitig Dilemma):

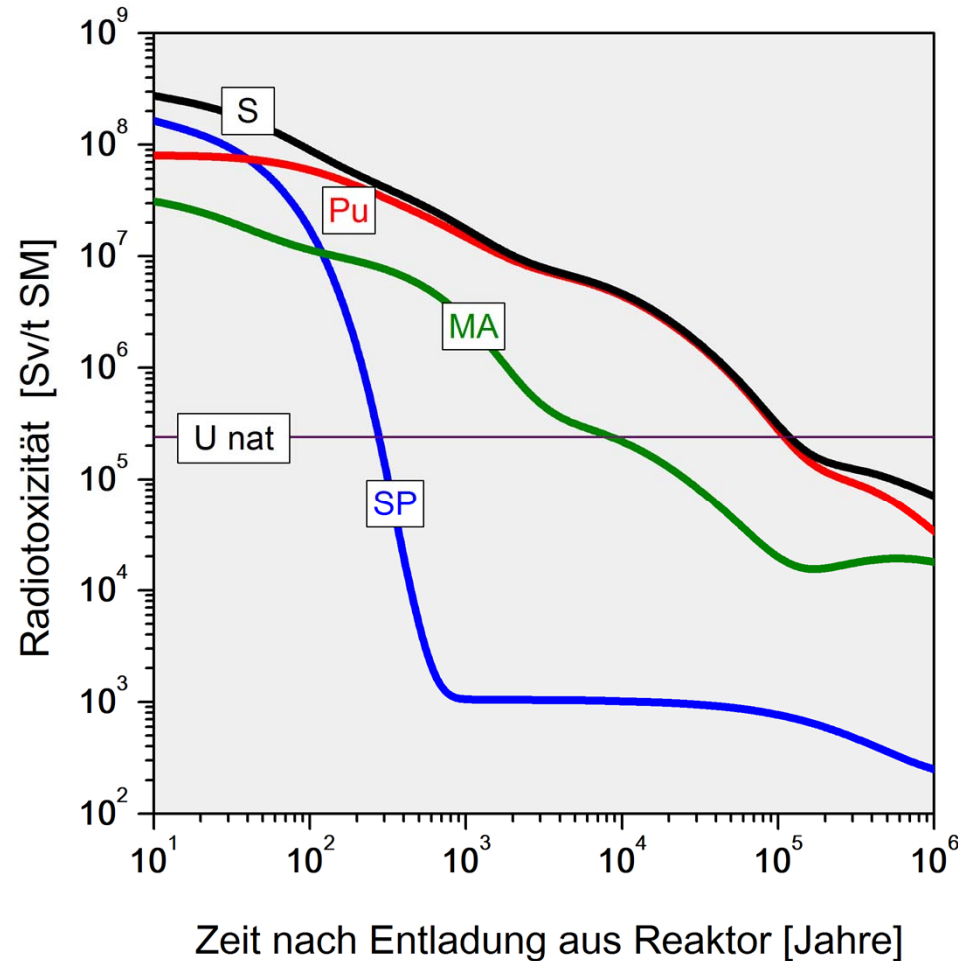
Sicherheit des Endlagers darf durch Konzepte zur Rückholbarkeit nicht beeinträchtigt werden

Rückholbarkeit – F&E-Bedarf

- Überprüfung von Behälter- und Einlagerungskonzepten (z.B. Streckenlagerung mit dickwandigen Behältern (POLLUX))
- Macht evtl. technischer Ausbau der Einlagerungsstrecken und der Einlagerungsbohrlöcher Sinn?
- Bei (partieller) Offenhaltung eines Endlagers ist langfristige Überwachung (Monitoring) erforderlich.
Welche Parameter sollen gemessen werden? Methodenentwicklung erforderlich.
- Kommt Szenarien eines schnellen Wasserzutritts eine größere Bedeutung zu?



Problematik: Endlagerung langlebiger Radionuklide



Radiotoxizität von 1 Tonne abgebranntem Kernbrennstoff in Abhängigkeit von der Zeit nach der Entladung aus Reaktor (Anreicherung: 4,2% U235, Abbrand: 50 GWd/t SM, Radiotoxizität bezogen auf Ingestion)

Zielsetzung von Partitioning & Transmutation

- Internationale Sicht und Forschungsansatz -

Zielsetzung:

- Entwicklung eines fortgeschrittenen Kernbrennstoffkreislaufes durch Abtrennung langlebiger Radionuklide aus hochradioaktivem Abfall (Partitioning) und Umwandlung zu kurzlebigen oder stabilen Nukliden (Transmutation).

Vorteile:

- Reduzierung der Radiotoxizität
 - kürzere Prognosezeiträume bei der Langzeitsicherheit
- Verringerung des Wärmeeintrages in ein Endlager
 - bessere räumliche Ausnutzung des Endlagers
- Verbesserte Proliferationssicherheit
 - Plutonium und minore Actiniden in einem Prozessstrom

Aber:

- P&T kann die Endlagerung nicht vollständig ersetzen.

Effektivität von P&T

■ Problematik

- Transmutation nicht in einem Schritt: $\varepsilon T \approx 0,15-0,2$
- Mehrfache Bestrahlungszyklen notwendig
- Verluste bei Trennungsprozessen
- Mehrfache Rezyklierung

■ P&T-Effektivität

$$\varepsilon_{PT} = \frac{\varepsilon P \varepsilon T}{1 - (1 - \varepsilon T) \varepsilon P}$$

J. Magill, V. Berthou, D. Haas, J. Galy, R. Schenkel, H.-W. Wiese, G. Heusener, J. Tommasi, G. Youinou
Impact limits of partitioning and transmutation scenarios on the radiotoxicity of actinides in radioactive waste.
Nucl. Energy 42, 263-277 (2003)

Faktor Forschung: Wie vielversprechend sind welche Forschungsansätze als Lösungsbeitrag zur Endlagerproblematik?

Berlin, 09. Mai 2011

Dr.-Ing. Joachim Knebel, Chief Science Officer (CSO-4)

