



Karlsruhe Institute of Technology

4. Sitzung der
Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe
21. September 2014 – Berlin

Forschung zur Endlagerung am KIT In Rahmen des Helmholtz-Programms NUSAFE

Prof. h.c. Dr.-Ing. Joachim U. Knebel, Bereichsleiter



Nachdruck oder Verbreitung dieses Beitrags ist nur bei schriftlicher Erlaubnis des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) und Nennung des Autors erlaubt. Übersendung des Nachdrucks an den Autor wird erbeten. Es gilt das gesprochene Wort.

KIT – University of the State of Baden-Wuerttemberg and
National Research Center of the Helmholtz Association

www.kit.edu



Helmholtz-Programm NUSAFE

Topic 1: Nukleare Entsorgung- und Endlagerforschung

Programmsprecher: Professor Dirk Bosbach
Topicsprecher : Professor Horst Geckeis

Vortragender: Professor Joachim Knebel



HELMHOLTZ
ASSOCIATION

PAGE 2

Helmholtz-Programm NUSAFE Beteiligte Helmholtz-Zentren



Forschungszentrum Jülich GmbH
(FZJ)



Helmholtz-Zentrum Dresden-
Rossendorf (HZDR)



Karlsruher Institut für Technologie
(KIT)



PAGE 3

Herausforderungen

- Erarbeitung der wissenschaftlichen Basis für einen Endlagersicherheitsnachweis (**Zeitraum: 1 Mio. Jahre**)
- Weiterentwicklung des Wissensstands und Erhalt der Fachkompetenz (**Zeitraum: für mdst. einige Jahrzehnte**)
- Flexible Anpassung an **variable Randbedingungen** (StandAG, Lagerkonzepte, Rückholbarkeit, unterschiedliche Wirtsgesteine)
- Spitzenforschung zu den "nuklearen Aspekten" der '**Energiewende**' mit **einzigartigen experimentellen Einrichtungen**

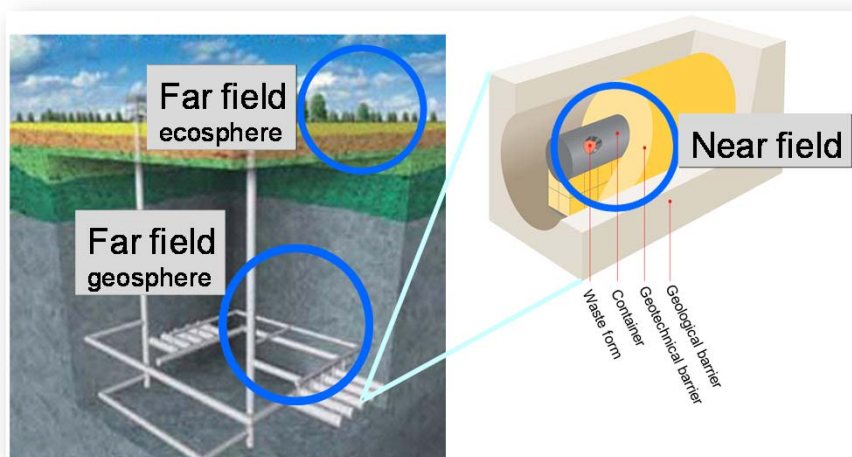


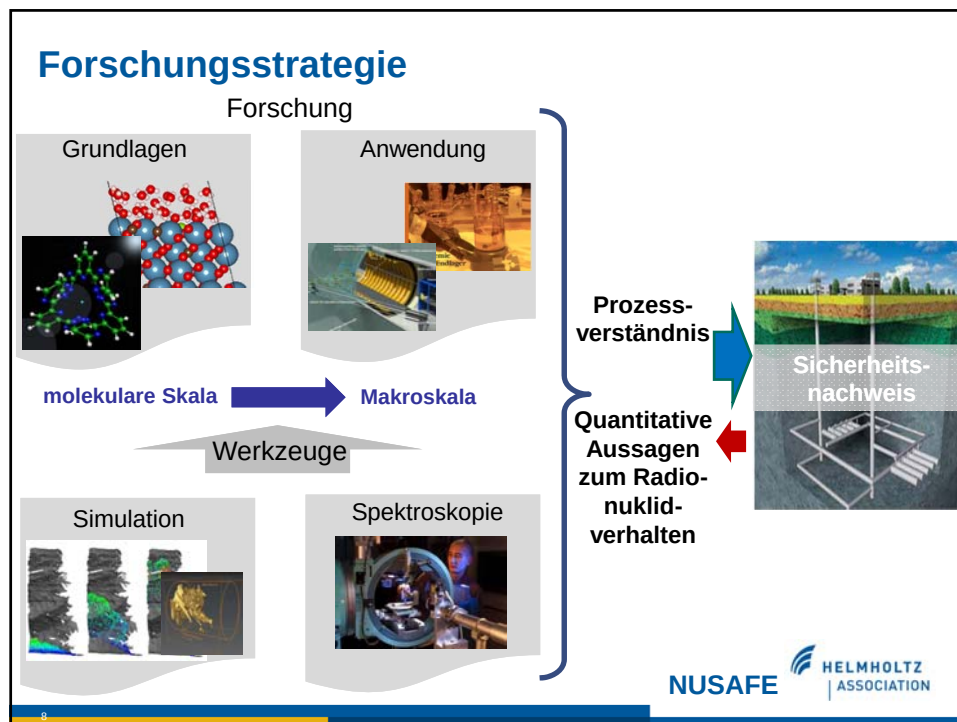
5

Endlagersicherheitsforschung bei Helmholtz

- Fokussierung auf experimentelle und theoretische Arbeiten zum Verhalten **radioaktiver Abfallformen** (bestrahlter Kernbrennstoff, verglaste Abfälle, zementierte Abfallprodukte) in einem Endlager
- Verhalten von endlagerrelevanten langlebigen **Radionukliden** im Endlagerbarriersystem (Wirtsgesteine: Tonstein, Steinsalz, Kristallin) und in der Biosphäre
- Grundlegende Untersuchungen zu den **chemischen Reaktionen von Radionukliden** in Grundwassersystemen auf molekularem Niveau
 - ➔ Prozessverständnis
 - ➔ thermodynamische Daten
- Enge Kooperation mit **internationalen** Forschungseinrichtungen (Nutzung von Synergien)
- Entwicklung nationaler/internationaler **Referenzdatenbanken** für Sicherheitsanalysen

Endlagersicherheitsforschung bei Helmholtz





Geochemische Daten

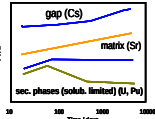
- Erstellung umfassender und intern konsistenter thermodynamischer Datensätze:
 - Löslichkeitsprodukte
 - Komplexbildungskonstanten
 - Sorptionsdaten
- Abbau von Unsicherheiten
- Qualitätssicherung
- Referenzdatenbanken für Sicherheitsanalysen

Referenzdatenbanken

NUSAFE HELMHOLTZ ASSOCIATION

Radionuklidquellterm - umfassender wissenschaftlicher Ansatz

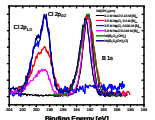




Freisetzungsraten
(Phänomenologie)

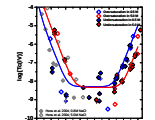
- Bestrahlter Kernbrennstoff
- Glasprodukt
- Zement





Molekulares Verständnis
(Theorie, Spektroskopie)





Thermodynamische Daten
Geochemische Modelle
(Löslichkeiten, Speziation)



Quellterm

↓

Anwendung in Sicherheitsanalysen (z.B. VSG),

beim Vergleich von Entsorgungsoptionen (z.B. ENTRIA)



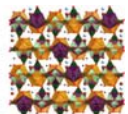
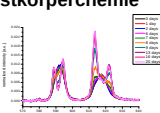
Minimierung von Unsicherheiten

Beispiel: Einfluss von Boraten auf Radionuklidlöslichkeit

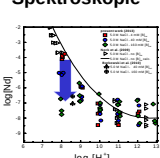
- Borate sind Bestandteil von Evaporitgesteinen (Steinsalz)
- Borat wird bei der Korrosion verglaster (Borosilikatglas) Abfälle freigesetzt
- **Aber:** Einfluss auf die Radionuklidlöslichkeit nicht sicher bekannt



Festkörperchemie

Spektroskopie

Lösungschemie/Thermodynamik

Nutzung komplementärer Expertisen bei Helmholtz

Resultat:

- Schwache Boratkomplexierung der Actiniden
- Bildung schwerlöslicher Festphasen

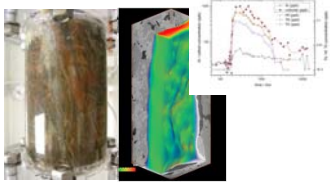


Radionuklidrückhaltung - molekulare Skala → Untertagelabor

Fokus: Tonstein, Kristallin



Diffusionsexperimente
(Labor: Tonstein, Opalinus, Callovo-Oxford)



Migrationsexperimente
(Labor: Wasserführende Kluft im Kristallin)



„up-scaling“
(Untertagelabor)

Grimsel Felslabor (Schweiz)
Äspö Felslabor (Schweden)

Diffusions-, Sorptionsdaten

Geochemische Transportmodell-Entwicklung

Entwicklung von Übertragbarkeitskonzepten (Validierung von Daten und Modellen)



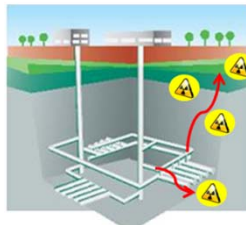


Mikrobiologie/Radioökologie

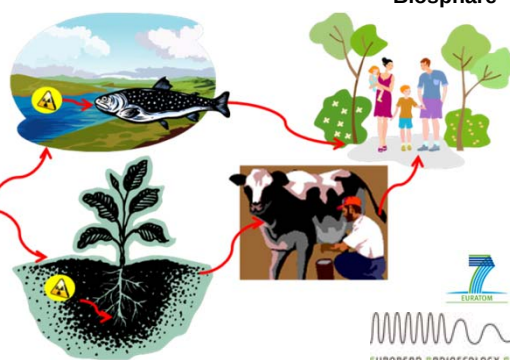
Verhalten von Radionukliden in der Bio- und Ökosphäre

Mikrobielle Diversität & Wechselwirkungen mit RN:

- Entwicklung mechanistischer Radioökologiemodelle
- Verständnis des Radionuklidverhaltens in der Nahrungskette
- Aufklärung der Radiotoxizität von Radionukliden in Organismen



Endlager



Biosphäre







Experimentelle Helmholtz-Plattform

Ziel: Entwicklung innovativer Spektroskopiemethoden, die Einblicke auf molekularer Ebene erlauben. Helmholtz betreibt einzigartige Nutzer-Labore als ‚Kristallisationskeime‘ für internationale Kooperationen und Ausbildung / Nachwuchsförderung

Nukleare Laboratorien + innovative Spektroskopietechniken

KIT



HZDR



FJZ



microscopy techniques:
SEM/EDX, TEM, AFM

XPS

XAS

ESRF

ANKA

TALISMAAn
CEA, JRC-ITU, PSI, NMI, Chalmers

NMR

GeoPET

Optical Spectr.:
ATR-FTIR, Raman, UV-VIS

laser based methods:
TRLFS, LPAS, LIBD, LIBS

NUSAFE | **HELMHOLTZ ASSOCIATION**

Altlasten/Rückbau/Sicherungsmaßnahmen

- Ziel:**
- Strategie- und Technologieentwicklung für Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen
 - Technologieentwicklung für die Charakterisierung und Behandlung, Konditionierung von radioaktivem Abfall sowie für Dekontaminationsverfahren
 - Beitrag zum ‚IAEA Safeguards Support Programme‘



Wissenschaftliche Koordination des Deutschen IAEA **Safeguard** Support Programme

Innovative Methoden zur Charakterisierung von radioaktivem Abfall

Optimierung von Dekontaminations-/Behandlungsprozessen für Rückbau und Altlasten (inkl. **i-Graphit**)

Rückbauszenarien, -prozesse, -technologien

Ausgereifte Verglasungstechnologie

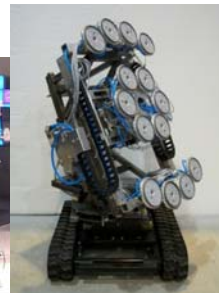
- Erfolgreiche Anwendung in VEK (Verglasungseinrichtung Karlsruhe)
- Technologietransfer im Rahmen internationale Industrieprojekte

NUSAFE | **HELMHOLTZ ASSOCIATION**

Altlasten/Rückbau/Sicherungsmaßnahmen

Rückbau von nuklearen Einrichtungen:

- Entwicklung innovativer Dekontaminationsverfahren
- Technologien für den Rückbau von Stahlbeton
- Entwicklung eines Projektmanagementsystems für Stilllegungsprojekte
- Rückholungstechnologien



NUSAFE HELMHOLTZ ASSOCIATION

Lehre/Nachwuchsförderung/Kompetenzerhaltung

Organisation von Konferenzen und Workshops:

z.B. ATAS, TREPPO,
ABC-Salt, HiTAC



Lehre: TU Dresden, RWTH Aachen, KIT,
Uni Heidelberg, Uni Jena, FU Berlin,
FH Aachen, HTW Dresden, DHBW...

Summerschools: ACTINIDE, Supramolecular
chemistry, Joliot/Hahn School,



Förderung von wissenschaftlichen Nachwuchskräften:

6 Helmholtz ‚Nachwuchsgruppen‘

NUSAFE HELMHOLTZ ASSOCIATION