

# Sicherheitsanforderungen für die Endlagerung von radioaktiven Abfällen und CO<sub>2</sub>

Michael Sailer

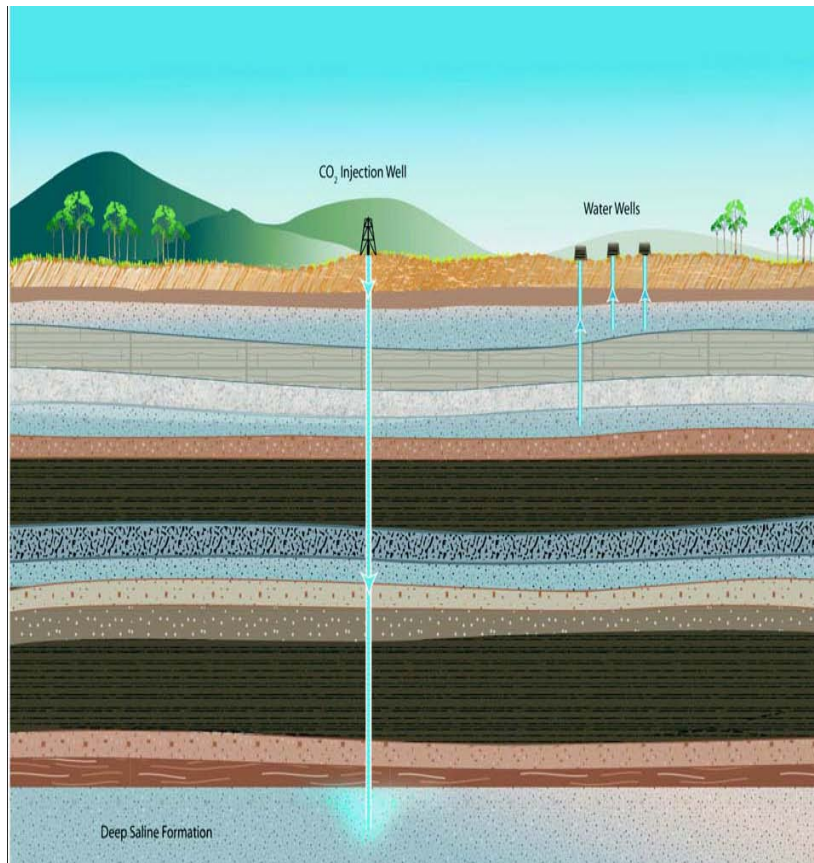
22.10.2009



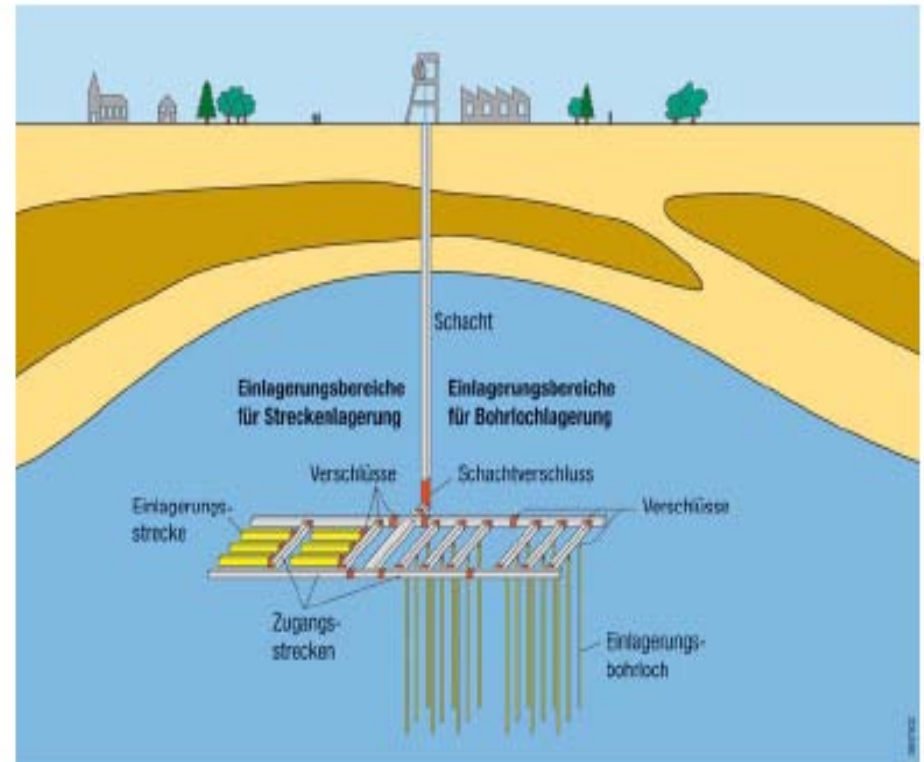
- **Wissenschaftliches Institut** – gegründet 1977
- **Als eingetragener Verein (e.V.) organisiert**
- **Büros in Freiburg i. Br. (Sitz), Darmstadt, Berlin**
- **120 MitarbeiterInnen, davon 80 WissenschaftlerInnen**  
(2/3 Natur- und Ingenieurwissenschaften)
- **Fünf Fachbereiche:**
  - Energie & Klimaschutz
  - Infrastruktur & Unternehmen
  - Nukleartechnik & Anlagensicherheit
  - Produkte & Stoffströme
  - Umweltrecht & Governance
- **Weitgehend drittmittelfinanziert**
- [www.oeko.de](http://www.oeko.de)

- **Seit Juni 2008** ([www.entsorgungskommission.de](http://www.entsorgungskommission.de))
- **Die ESK berät das BMU in den Angelegenheiten der nuklearen Entsorgung**
- **11 Mitglieder** aus Forschung, Gutachterorganisationen, Industrie
- **Zusätzlich 3 Ausschüsse**
  - Abfallkonditionierung, Transporte und Zwischenlagerung (AZ)
  - Endlagerung radioaktiver Abfälle (EL)
  - Stilllegung (ST)
- **Derzeit Beratungen u.a. zu**
  - Asse
  - Sicherheitsanforderungen und Leitlinien für die Endlagerung

## Endlagerung von CO<sub>2</sub> bei CCS (Carbon Capture and Storage)



aus IEA 2008



aus Öko/GRS 2008

## Endlagerung radioaktiver Abfälle (wärmeentwickelnd / hochaktiv)

## **Gemeinsamkeiten bei Endlagerung von CO<sub>2</sub> und radioaktiven Abfällen**

- Lagerung in großen Tiefen (800 m und tiefer)
- undurchlässige geologische Strukturen erforderlich
- Austritt muss verhindert werden

## **Endlagerung von CO<sub>2</sub>**

- große Mengen (einige 10<sup>6</sup> t/a und Kraftwerk)
- Schadstoff nur in hohen Konzentrationen schädlich
- Nichterfolg führt zu erhöhter Freisetzung von Klimagasen
- Chemische Einwirkungen auf Wirtsgestein

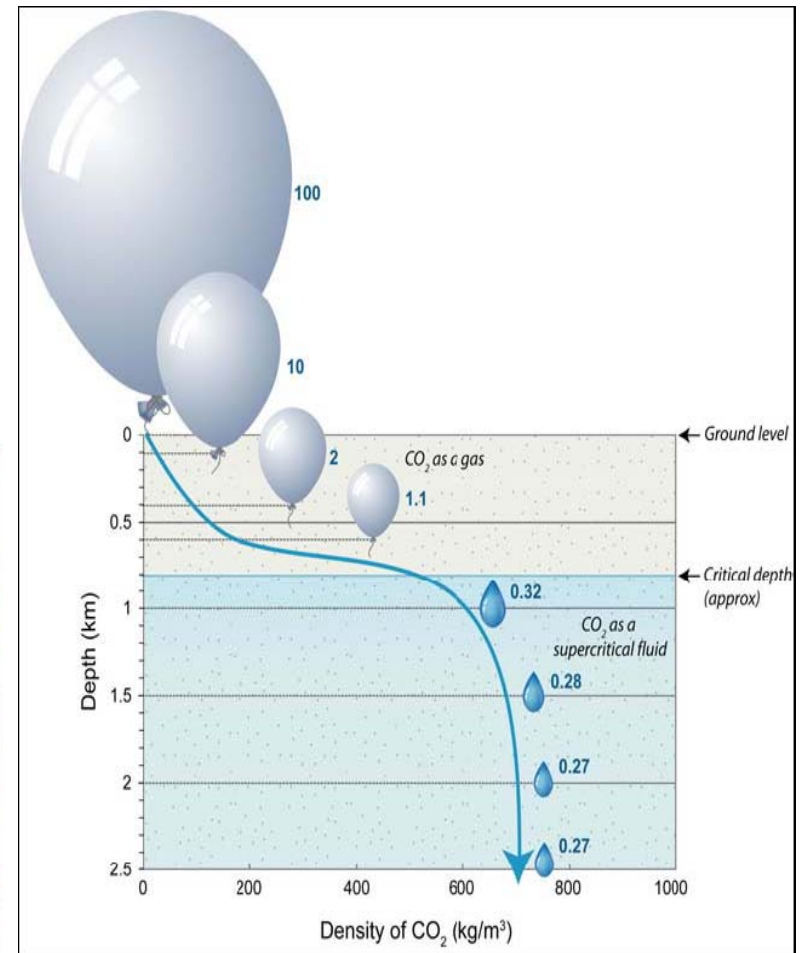
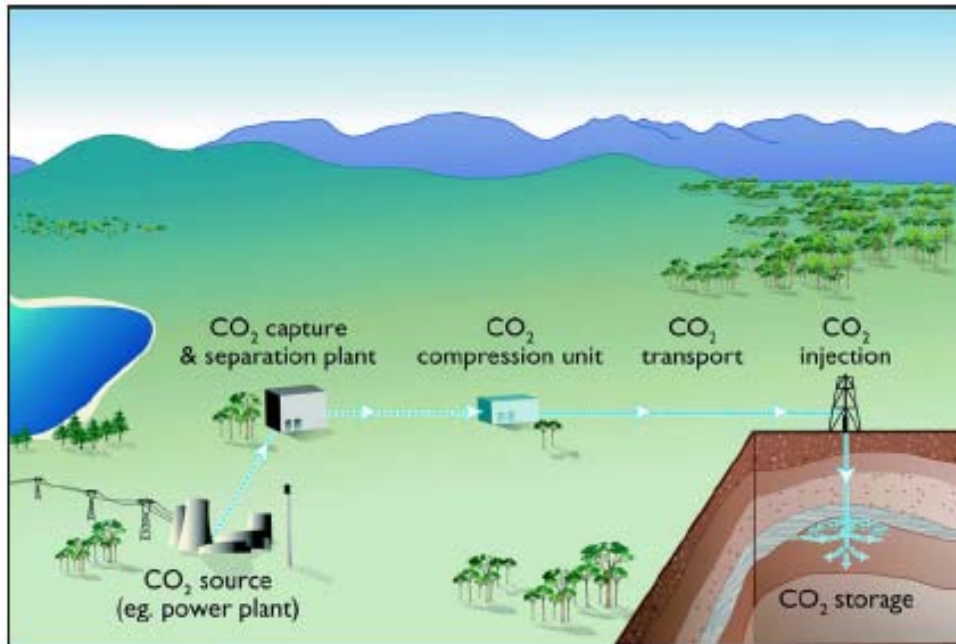
## **Endlagerung radioaktiver Abfälle**

- ca. 20.000 m<sup>3</sup> für bisheriges deutsches Gesamtprogramm
- Schadstoff in Spuren schädlich
- Nichterfolg führt zu weitreichender Kontamination der Umwelt
- kaum chemische Einwirkungen auf Wirtsgestein
- thermische Einwirkungen auf Wirtsgestein

- **Standortuntersuchungen**
- **FEP-Analysen** (Features, Events, Processes)
- **Szenarienanalyse**
- **Sicherheitsanforderungen und –richtlinien**
- **Untersuchung natürlicher Analoga**

# Endlagerung von CO<sub>2</sub> (1)

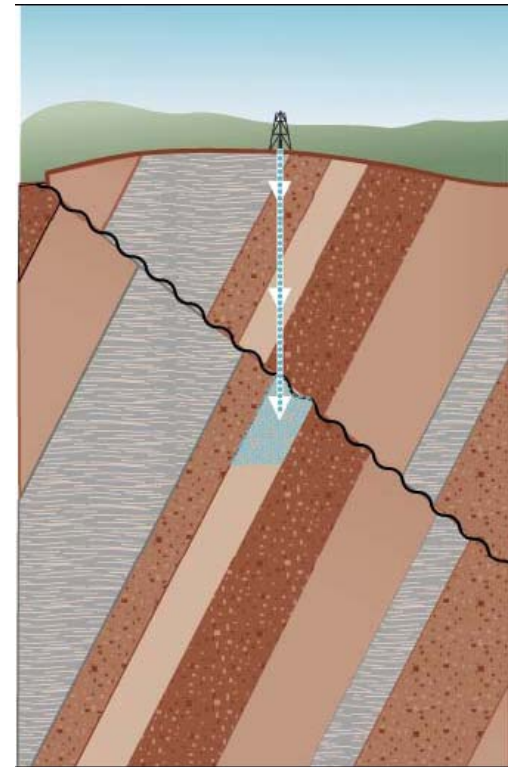
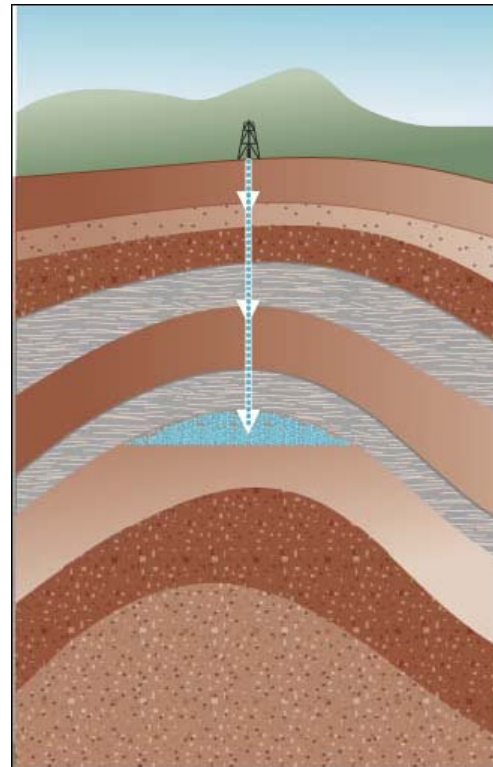
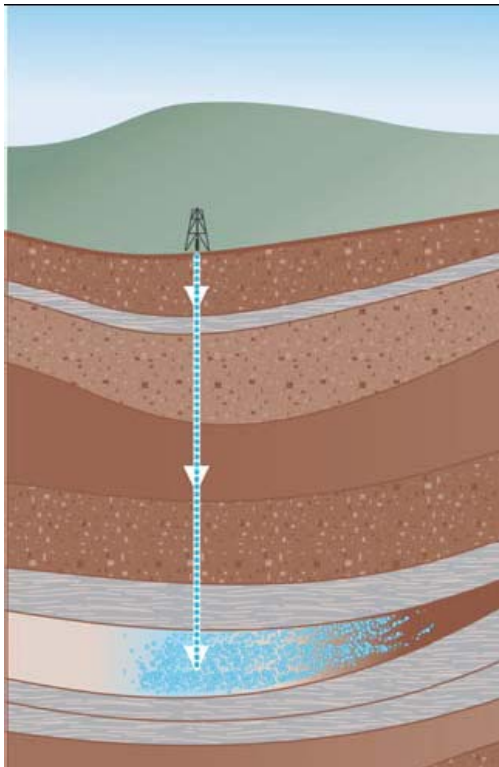
- **Abgetrenntes CO<sub>2</sub> aus industriellen Prozessen** (v.a. fossile Kraftwerke)
- **Verpresst in tiefe Schichten unter hohem Druck** (als überkritische Flüssigkeit)



aus IEA 2008



- **Mindestens 800 m tief in geologischen Strukturen mit „Fallencharakter“**
- **Ziel: dauerhaftere Einbindung in Lösungen oder Minerale (in den nächsten 10<sup>2</sup> bis 10<sup>3</sup> a)**





- **Gefährdung für Beschäftigte und andere direkt am Anlagenort befindliche Personen**
  - bekanntes Risiko bei Umgang mit größeren Mengen CO<sub>2</sub>
  - Vorbeugen durch Sicherheitsmaßnahmen und entsprechende Alarmer
- **Risiko ist bei adäquatem Management der sicherheitstechnischen Fragen gering**
- **Wegen Verdünnung bei Ausbreitung keine räumlich weitreichenderen Auswirkungen**

- **Gefährdung für direkte Anwohner**
  - **wenn Freisetzungswege vorhanden**
    - Untersuchung des Untergrundes, Monitoring, Vorhalten von Reparatur-/Injektionsmöglichkeiten
  - **und wenn nicht ausreichend schnell mit Luft verdünnt**
    - Kriterium für Standortwahl (Oberflächengestalt, Begrenzung von Austritten aufgrund geologischer Verhältnisse)
  
- **räumlich weitreichendere Auswirkungen**
  - müssen durch geeignete Standortlage vermieden werden
  
- **Klimaauswirkungen**
  - gibt es ausreichende Rückhaltezeiten im Endlager ?

- **Sicherheitsrichtlinien für CO<sub>2</sub>- Endlagerung unbedingt erforderlich**
- **Analysen zu möglichen Schadensszenarios erforderlich (generisch und an konkreten Standorten)**
- **Zugängliche Auswertung von Erfahrungen mit industrieller Einleitung von CO<sub>2</sub> in den tiefen Untergrund**
- **Auswertung von natürlichen CO<sub>2</sub>-Lagerstätten**

- **Abfall für Schacht Konrad:**
  - nicht wärmeentwickelnde Abfälle (270.400 m<sup>3</sup>) /nach BfS/
- **Abfall, der in einem Endlager für wärmeentwickelnde Abfälle eingelagert werden muss:**
  - abgebrannte Brennelemente in Pollux-Behältern (18.000 m<sup>3</sup>)
  - verglaste Abfälle aus der WAA (770 m<sup>3</sup>)
  - technologische Abfälle aus der WAA (950 m<sup>3</sup>)
  - abgebrannte Brennelemente aus Forschungsreaktoren (130 m<sup>3</sup>)
  - Brennelemente aus Hochtemperaturreaktoren (2000 m<sup>3</sup>)
  - Summe ca. 22.000 m<sup>3</sup> /nach BfS/
- Offen, ob noch andere Abfälle dort gelagert müssen (z.B. spezielle Abfälle aus Versuchen; abgereichertes Uran)

- **Radioaktive Abfälle sind vorhanden**
  - **Zwischenlagern hilft nicht für lange Zeiten**
  - **Transport ins Meer, in den Ozeanuntergrund oder in den Weltraum sind technisch keine sicheren Lösungen**
  - **Endlagerung im Ausland löst das Problem nicht** (Importverbote, keine besseren Standorte, keine besseren Sicherheitsstandards)
  - **Warten auf zukünftig zu entwickelnde neue Lösungen ist**
    - Pokern (wird es welche geben), und
    - Pflicht zur Problemlösung für zukünftige Generationen, und
    - langfristig zwischenlagern
- **Für deutschen radioaktiven Abfall bleibt nur die Endlagerung in tiefen geologischen Formationen in Deutschland**

- **Schacht Konrad** (für nicht-wärmeentwickelnde Abfälle):
  - durch Planfeststellungsbeschluss genehmigt
  - gerichtlich bestätigt
  - derzeit Detailplanung und Beginn der Umrüstung
  - Inbetriebnahme voraussichtlich 2013/14
- **Endlager für wärmeentwickelnde Abfälle - wann? - wo?**
- **Altlasten** (nicht-wärmeentwickelnde Abfälle)
  - Morsleben
  - Asse



# Asse: Verkippte LAW-Fässer

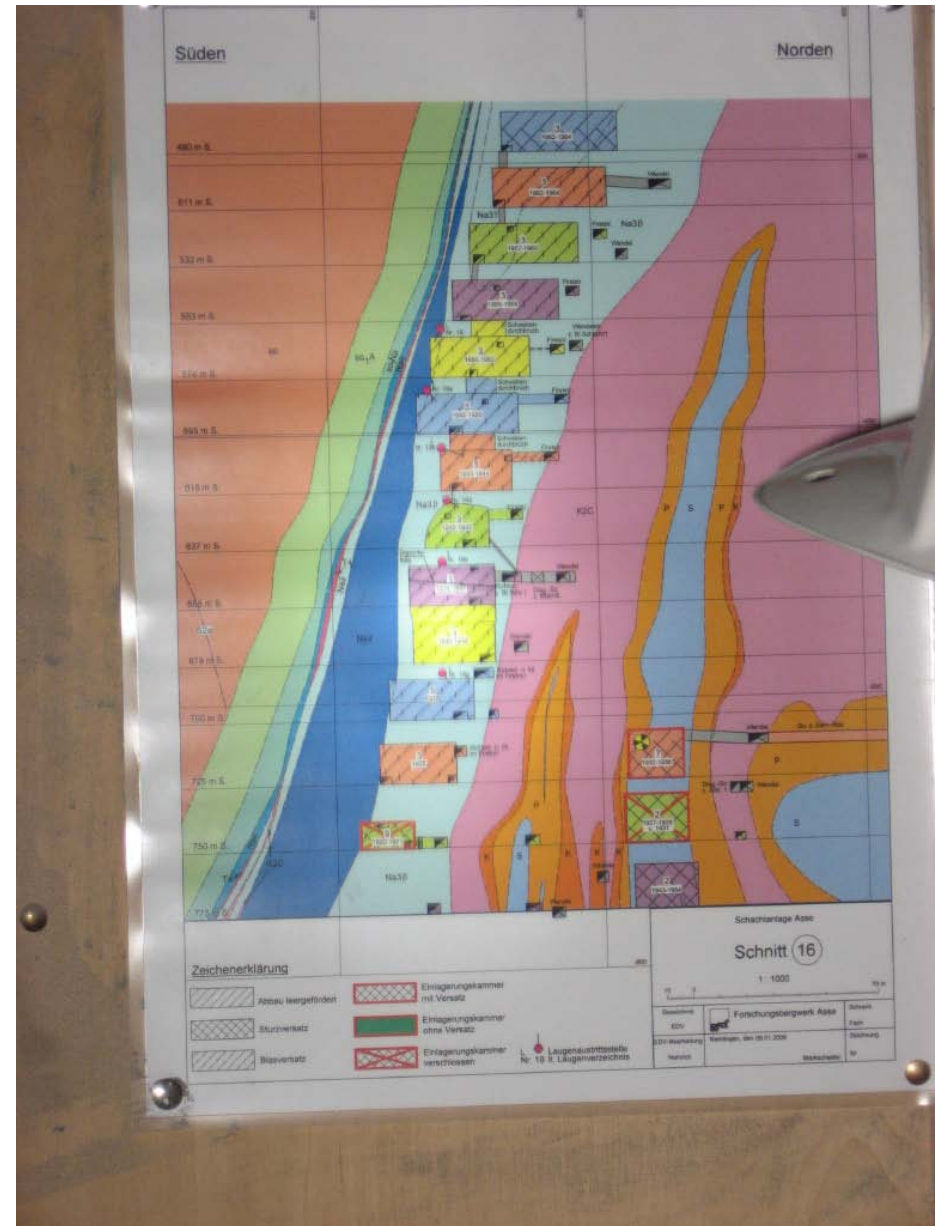


# Asse: Schäden durch Konvergenz



# Asse – Grundprobleme

- Ungeeigneter Standort
  - Ungeeignete Organisation
  - Ungenügende Überwachung
- Schlüssiges Konzept zum Umgang mit den Abfällen und zur Verwahrung des Bergwerks muss jetzt gefunden werden





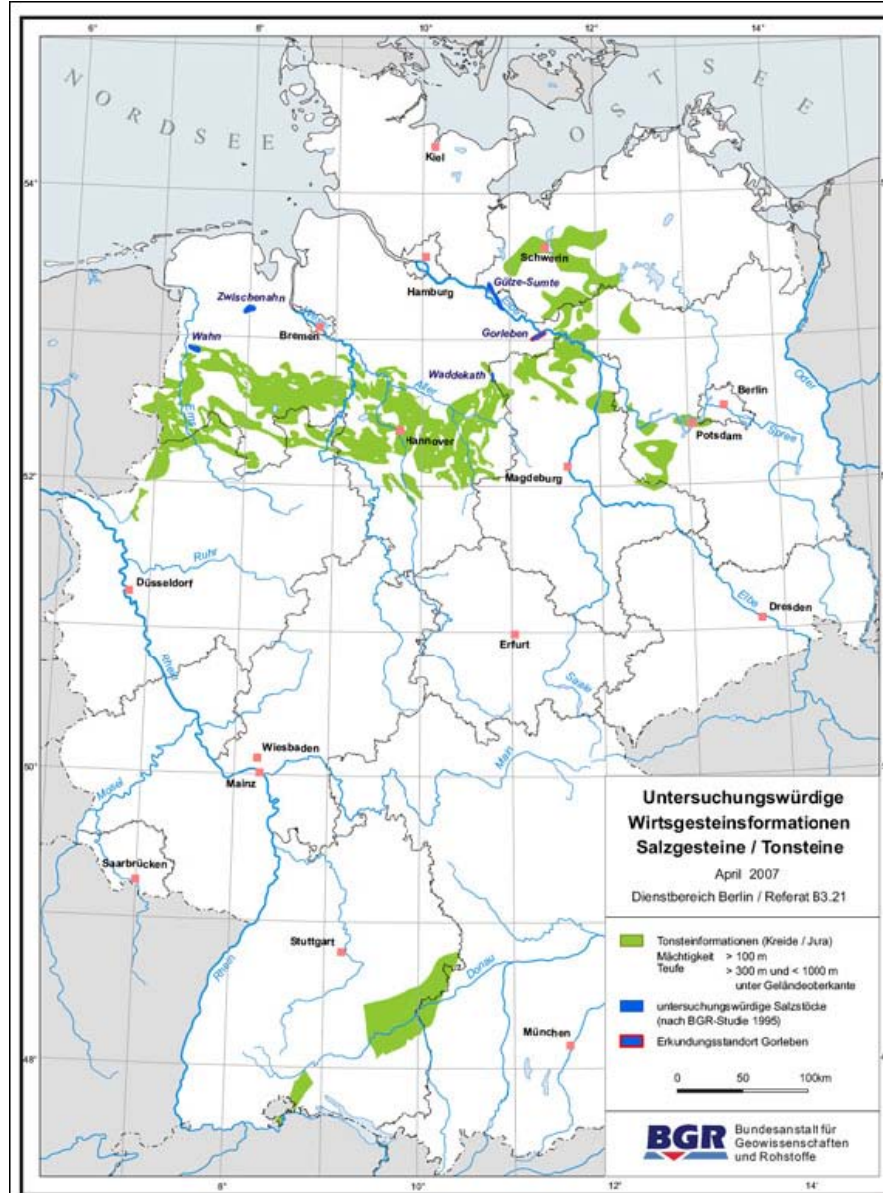
Berlin, Juli 2009

## **Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle**

- **Sicherer Einschluss für 1.000.000 a erforderlich**
- **Langzeitnachweis nur für geologische Barriere möglich, nicht für technische Barrieren**
- **Unter den geologischen Bedingungen in Deutschland in Frage kommende Wirtsgesteine**
  - Steinsalz
  - Tonstein
- **Infragekommende Standorte für Endlager für wärmeentwickelnde Abfälle müssen die Sicherheitsanforderungen erfüllen**



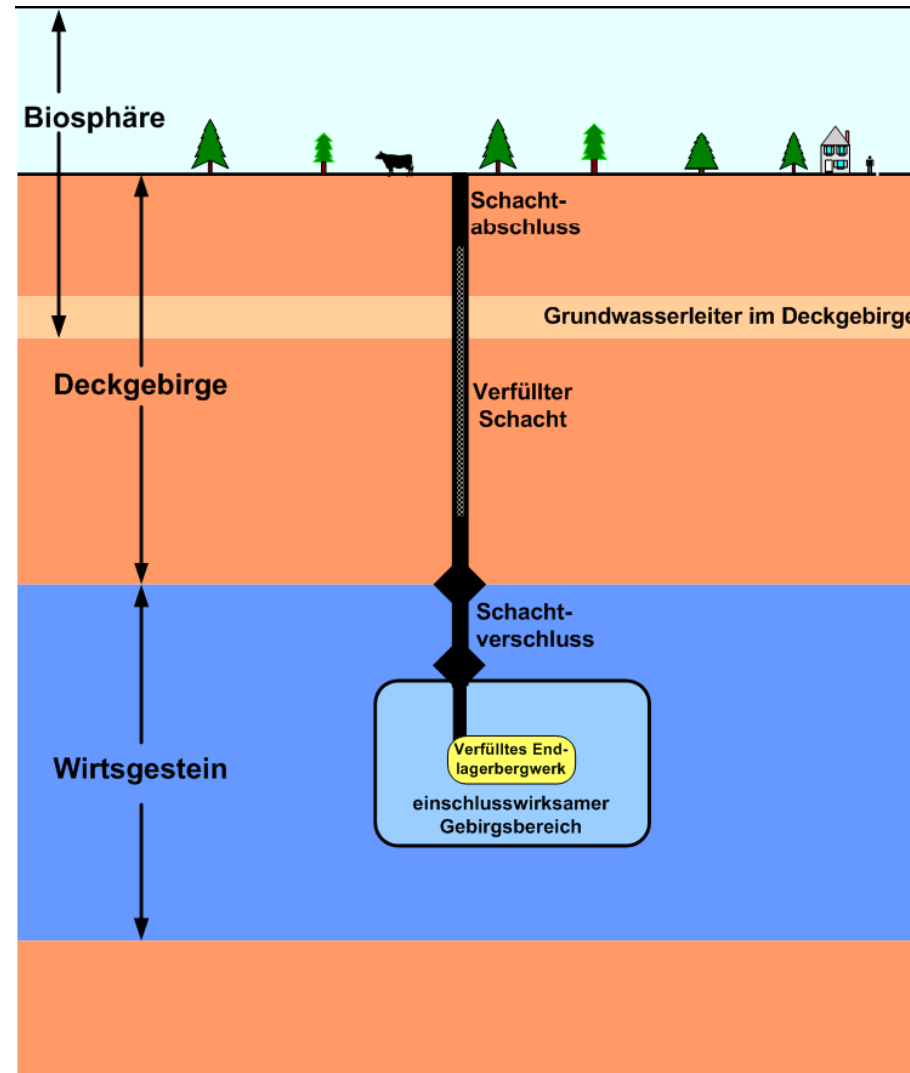
# Nach BGR untersuchungswürdige Wirtsgesteinsformationen





- **Zentrales Element des Langzeitsicherheitsnachweises: der einschlusswirksame Gebirgsbereich (ewG)**
- **Im ewG müssen die Schadstoffe so zurückgehalten werden, dass sie innerhalb von 1.000.000 a praktisch nicht aus dem ewG austreten**
  - extrem niedrige Wanderungsgeschwindigkeiten innerhalb des ewG
- **Der ewG muss 1.000.000 a ohne Schädigung seiner Rückhaltefähigkeit überstehen**
  - Mechanismen wie Erosion und Subrosion dürfen den ewG nicht antasten

# Endlager - Prinzipaufbau



aus Öko/GRS 2008

- **in Deutschland ist ein Endlagerstandort für wärmeentwickelnde Abfälle festzulegen**
- **ab Standortfestlegung wird es 20 bis 30 Jahre dauern bis zum Beginn der Einlagerung**
- **die Entscheidung muss über mehrere Legislaturperioden akzeptiert werden**
- **unterschiedliche Auffassungen**
  - Auswahlverfahren mit Vergleich mehrerer möglicher Standorte
  - mit Gorleben weitermachen, kein Standortvergleich
- **eine Nichtentscheidung kostet immer vier Jahre Zeit**

**Vielen Dank!**