



Entsorgung radioaktiver Abfälle

Zukunftsprojekt ERDE

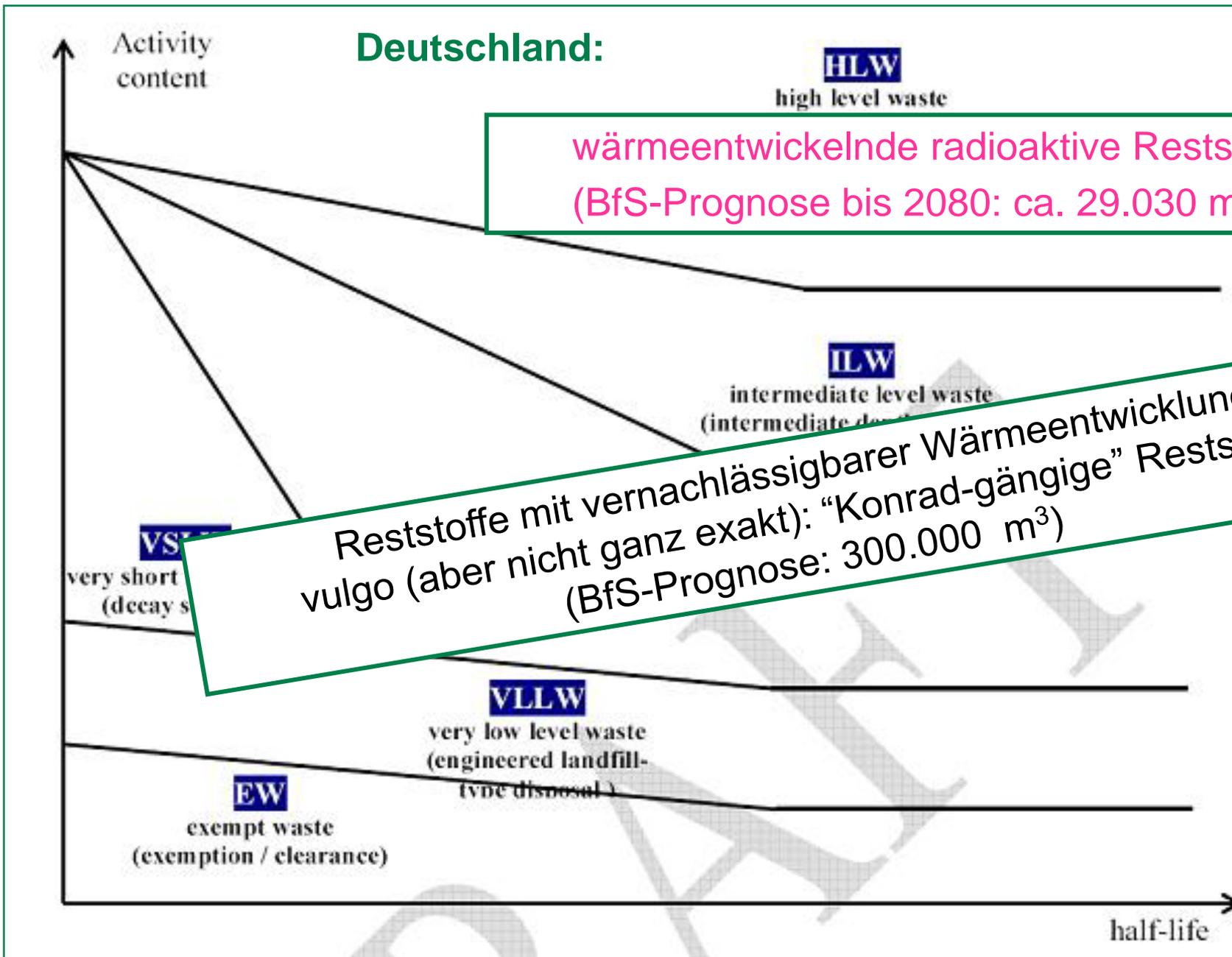
Beiträge der Erdsystem- und Umweltforschung zum Wissenschaftsjahr 2012

Klaus-Jürgen Röhlig, Institut für Endlagerforschung

Berlin, 18.10.2012

- Energieerzeugung
 - Bestrahlte („abgebrannte“) Brennelemente (Spent Nuclear Fuel = SNF) (wenn als Abfall deklariert!)
 - Betriebsabfälle (Verdampferkonzentrate, Anlagenteile, Filter, Reinigungsmittel, Schutzkleidung)
 - Brennstoffproduktion (Bergbau, Herstellung)
 - Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente
 - Verglaste hochaktive Abfälle (vitrified High-level Waste = HLW)
 - Strukturteile (zerschnittene Hülsen etc.)
 - Abgetrenntes Pu und U
 - Betriebsabfälle
 - „Incident waste“
 - Stilllegungsabfälle (Kraftwerke und Anlagen des Brennstoffkreislaufs)
- Forschungseinrichtungen (Forschungsreaktoren – s. o., andere)
- Industriebetriebe (Quellen, NORM)
- Medizin
- [Kernwaffenproduktion]
- Bergbau

*) farbig: Abfälle mit signifikanter Wärmeproduktion („High-level waste HLW“)



Entsorgungsoptionen für hochaktive (wärmeentwickelnde) Abfälle (HLW)

- Weltraumverbringung: Risiko, Kosten
- Verbringung im „ewigen“ Eis: Risiko, internationale Abkommen
- Verbringung in Subduktionszonen (Meeresgrund):
Risiko, internationale Abkommen
- Meer, Meeresgrund: Risiko, internationale Abkommen

- Langfristige überwachte Lagerung an oder nahe der Erdoberfläche
- Endlagerung in tiefen Schichten (Teufe mehrere 100 m)

Entsorgungsoptionen für andere (schwach- oder mittelaktive) Abfälle (LILW)

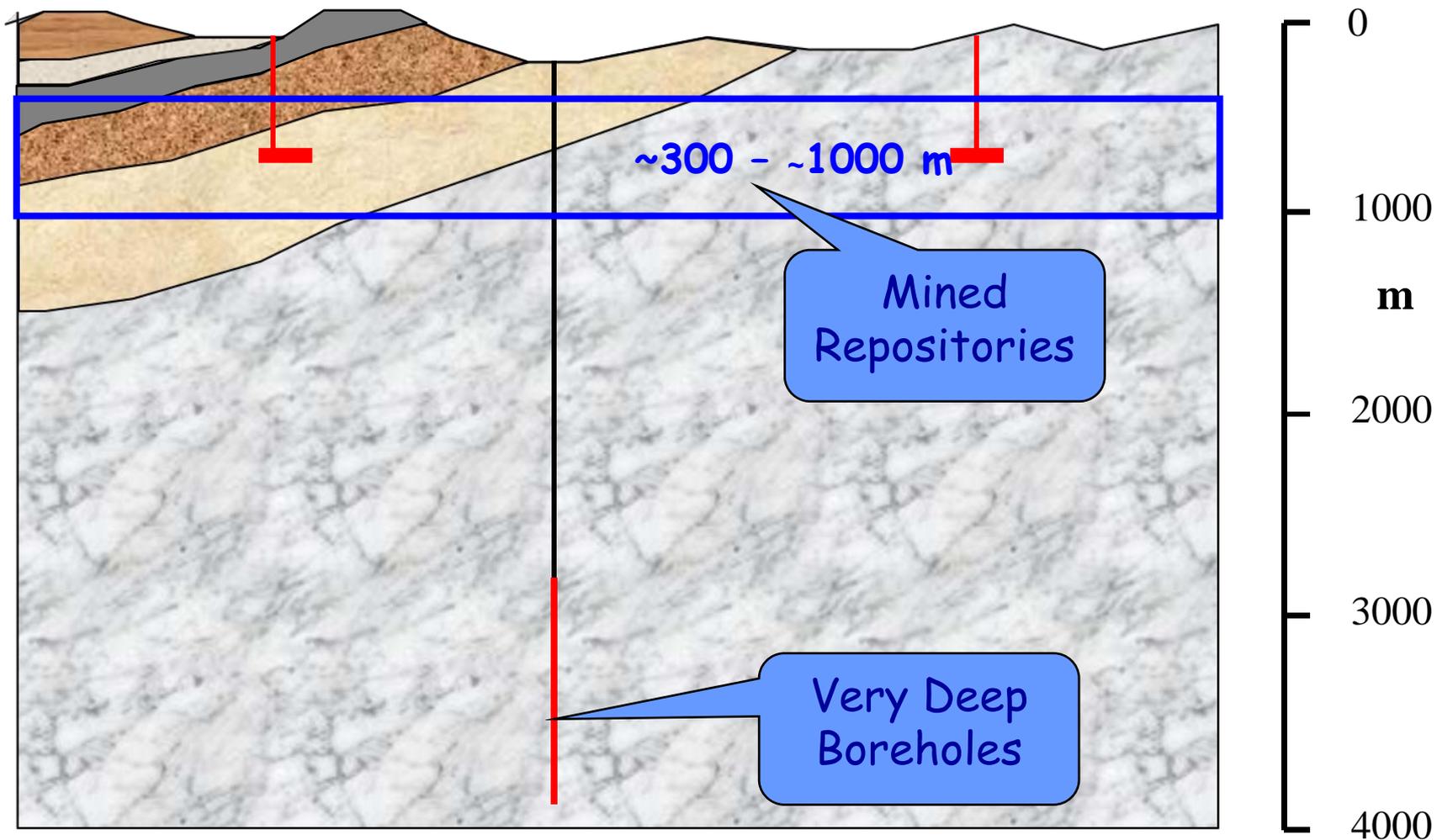
- Kurzlebige Abfälle:
 - Freigabe
 - Abklinglagerung
 - Deponien*)
 - Oberflächen-Endlager*)
- Endlager in einigen 10 m Teufe*)

*) in Deutschland nicht vorgesehen

Langfristige Lagerung: HABOG (bei Borssele, Zeeland, NL)



Deep geological repositories



© ITC School (modified)

Geologische Tiefenlagerung: WIPP (Carlsbad, NM, USA)



Langfristige überwachte Lagerung

- technisch umsetzbar, erprobt
- Überwachung, Wartung erforderlich. Sicherheit abhängig von sozialer Stabilität, ökonomischen Ressourcen, ...
- Zentrales Sicherheitselement: **aktives menschliches Handeln (langfristig nicht gewährleistet)**
- Rückholung jederzeit einfach möglich (vorgesehen?)
- sinnvoll insbes. für Wertstoffe (Wiederaufarbeitungsabfall ist kein Wertstoff!)
- Fairness = maximale Flexibilität für künftige Generationen durch einfache Rückholbarkeit (wofür?)

Endlagerung in tiefen Schichten

- technisch umsetzbar
- Sicherheit abhängig vom Verhalten geogener und anthropogener Komponenten
- passive Sicherheit /Nachsorgefreiheit **(ohne menschliches Zutun)**
- Rückholung nicht vorgesehen, u.U. aufwändig / schwierig
- Sinnvoll für Abfälle
- Fairness = keine Belastung künftiger Generationen

Welche Lösung ist vertrauenswürdiger?
Welche ist fair?
“Rückholbare” Endlagerung als Kompromiss?

Geologische Tief Lagerung / Endlagerung

- Sicherheitsfunktionen:
 - Isolation von der Biosphäre und Behinderung des menschlichen Eindringens
 - Stabilität (mechanisch, hydraulisch, chemisch)
 - Einschluss
 - Behinderung von Migrationsvorgängen

- Unterschiedliche und zeitabhängige Rollen künstlicher und technischer Barrieren je nach Konzept und Standort
- In jedem Fall hohe Anforderungen an die Geologie

Grundlage: Sicherheitskonzept und Sicherheitsfunktionen

Hauptfunktionen:

- Kristallin (KBS-3 – Schweden/Finnland):
 - langfristiger ($>10^5$ Jahre) Einschluss im Kupfer-ummantelten Behälter
 - Stabilisierung (chemisch / mechanisch) und Migrationsbehinderung durch Bentonitpuffer (quellfähiges Tonmaterial)
- Ton:
 - Einschluss (einige 100 Jahre) durch Behälter (Tonstein – Frankreich/Schweiz) bzw. Supercontainer (plastischer Ton - Belgien)
 - dann Migrationsbehinderung durch Wirtsgestein und Verschlüsse
- Steinsalz:
 - langfristiger (10^6 Jahre) Einschluss durch Wirtsgestein und Verschlüsse / kompaktierten Versatz

Sicherheitsfunktionen – Wirtsgestein – Endlagerkonzept

	Isolation von Biosphäre, Behinderung d. menschlichen Eindringens	Stabilität (mechanisch, hydraulisch, chemisch)	Einschluss der Abfälle	Behinderung von Migrationsvorgängen
Granit	Wirtsgestein	Behälter, Bentonitpuffer	langlebiger Brennstoffbehälter	Brennstoffmatrix, Bentonitpuffer,
	Deckgebirge	Wirtsgestein		Wirtsgestein
Tonstein	Wirtsgestein	Wirtsgestein	[Abfallbehälter] – zeitlich begrenzt!	Wirtsgestein [Deckgebirge] Verschlüsse
	Deckgebirge			
Salz	Wirtsgestein	Wirtsgestein	Wirtsgestein Verschlüsse	Wirtsgestein [Deckgebirge] Verschlüsse
	Deckgebirge			

Investigations

© SKB, POSIVA

Database

Determination of geometries of formations, faults, etc.
Properties of the rock mass

Geoscientific Model

Geometries

Geology

Hydrogeology

Rock mechanics

Surface ecosystem

Thermal properties

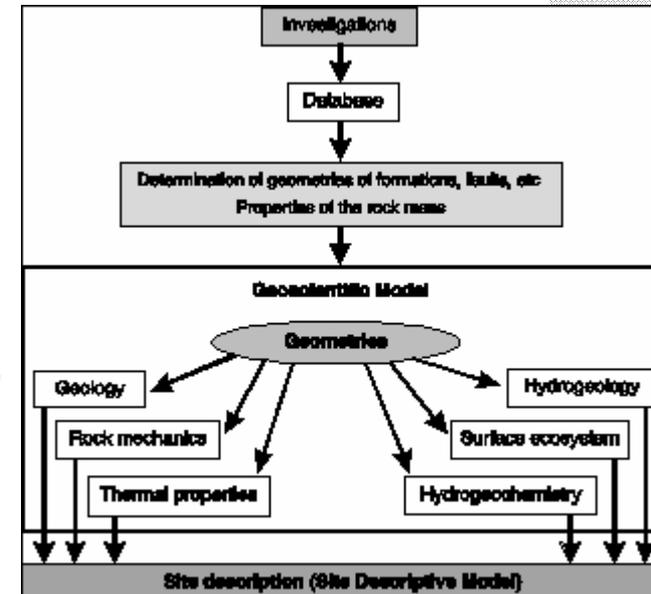
Hydrogeochemistry

Site description (Site Descriptive Model)

Die Rolle der Geowissenschaften

Approaches and Methods for Integrating Geoscientific Information (AMIGO, OECD/NEA)

- “basis of understanding ... at the temporal and spatial scales relevant to ... safety”
- “evidence ... regarding ...:
 - the stability of a site,
 - the isolation of the waste,
 - the containment properties of the geosphere,
 - radionuclide release and mobility in the sub-surface
 - other issues relevant to the safety functions”
- “basis for establishing the values ... of ... key parameters”
- Trends
 - “increasing role of palaeogeoscientific information”
 - “increasing understanding and a more systematic approach to ... transferability of data, techniques and conclusions”
 - “increasing awareness of the necessity of accounting for engineering feasibility and for ensuring compatibility with engineered components”





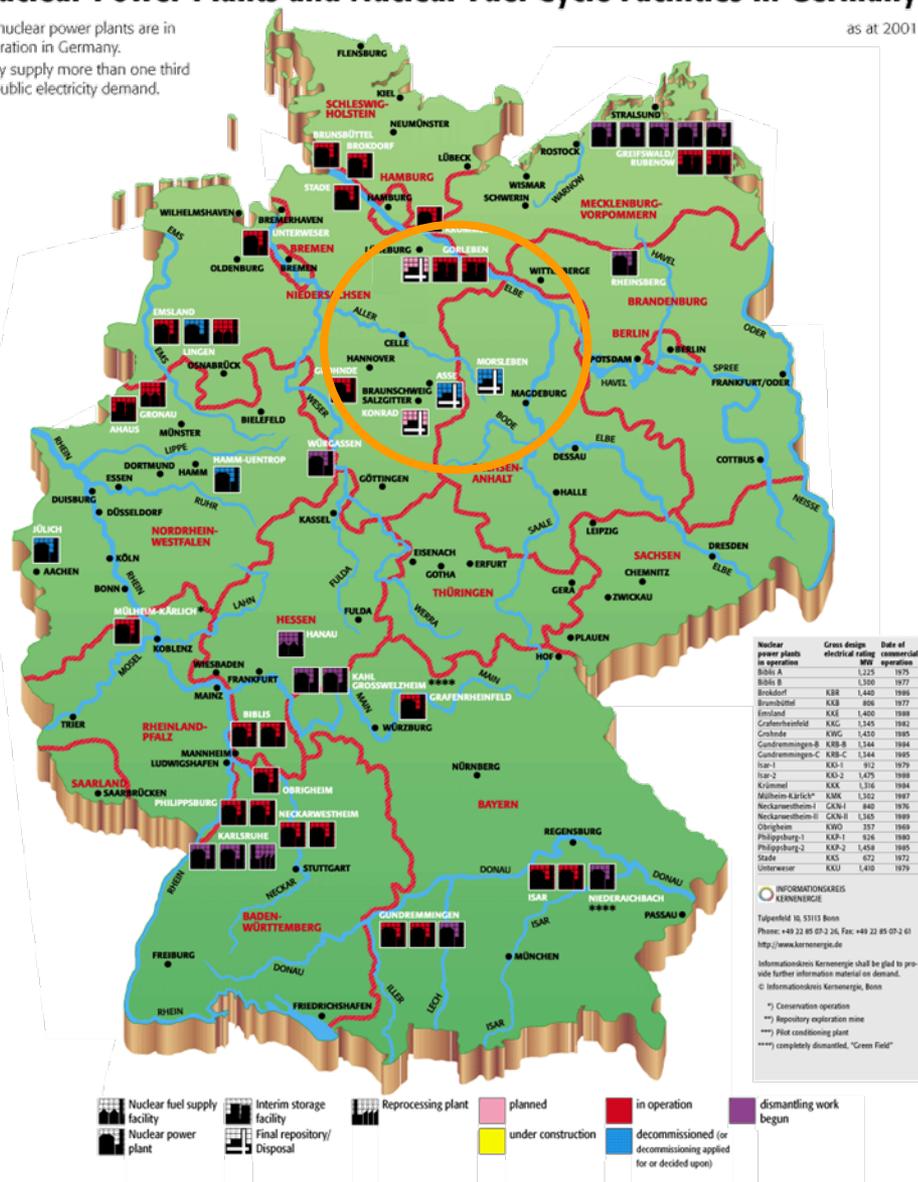
TU Clausthal

Nuclear Power Plants and Nuclear Fuel Cycle Facilities in Germany

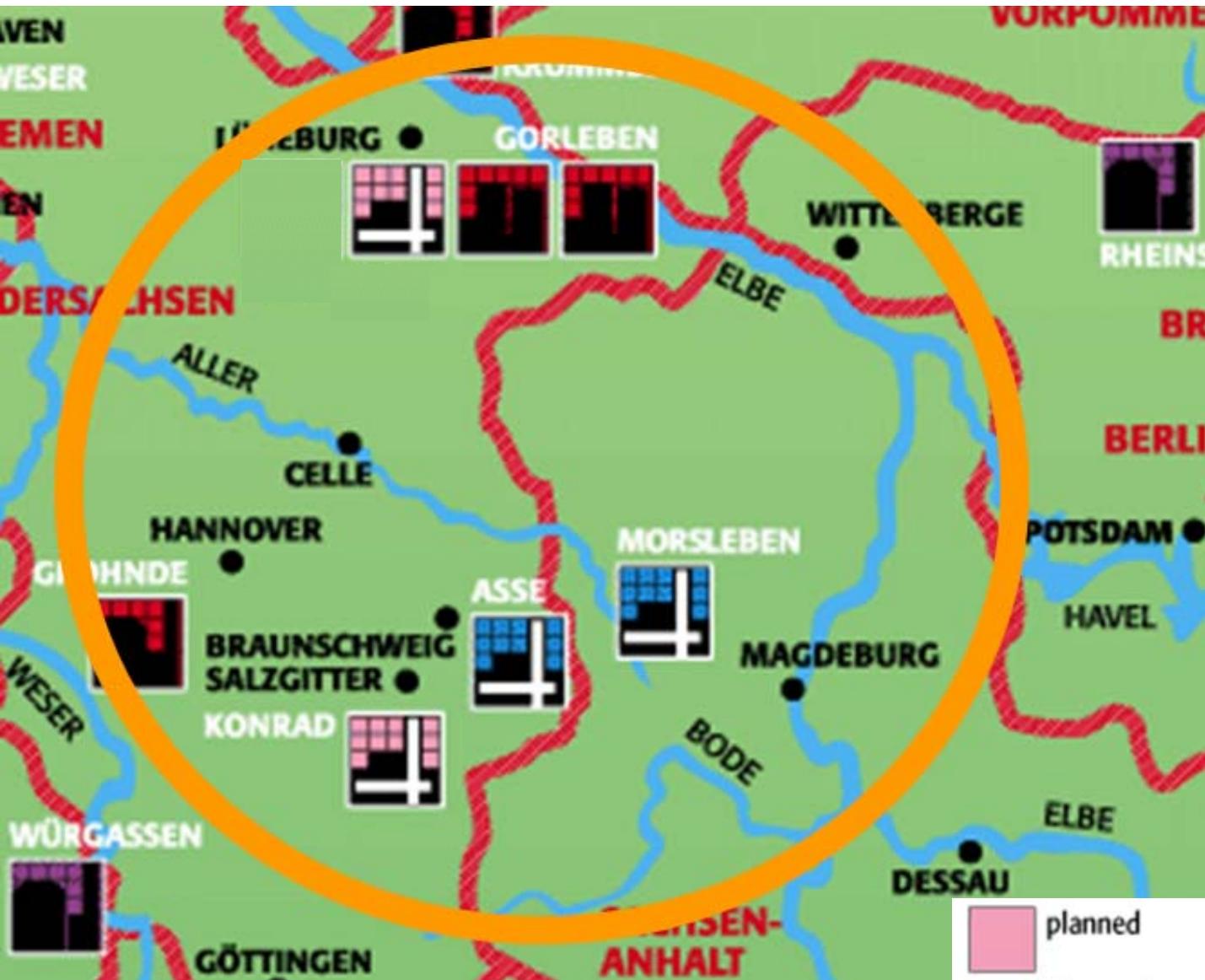
19 nuclear power plants are in operation in Germany. They supply more than one third of public electricity demand.

as at 2001

Deutschland: Vier Projekte



Grafik: kernenergie.de



 Interim storage facility
 Final repository/Disposal

 planned
 dismantling work begun

 in operation
 decommissioned (or decommissioning applied for or decided upon)

Vier Endlagerprojekte

- “Erblasten”
 - ERAM (Morsleben)
Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, in DDR errichtet.
Wird verschlossen.
 - Asse (“Forschungs-”Einlagerung,
Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung)

- Laufende Projekte für die zwei Abfallkategorien
 - Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung (~ LILW):
Konrad (genehmigt, wird gebaut)
 - Wärmeentwickelnder (u.a.) Abfall (~ HLW)
(verglaster hochaktiver Wiederaufarbeitungsabfall, verbrauchter
Kernbrennstoff, bestimmte mittelaktive Abfälle):
Gorleben (Erkundung, Streitobjekt)
(Alternativen?)

Die größten Probleme (1): Asse

- „Versuchseinlagerung“ ohne Sicherheitsnachweis
- Ungeeigneter Standort – Ungeeignete Organisation – Ungenügende Überwachung
- Laugenzutritt, Integritätsprobleme – Zeitdruck/Gefährdungslage – Vertrauensverlust

- „Das BfS hat sich 2010 nach einem Vergleich verschiedener Optionen für die Rückholung der Abfälle ausgesprochen, weil nur diese Variante die Langzeitsicherheit nachweisen kann.“ → Faktenerhebung (u.a. Bohrungen in Kammern)
- Medien und Politik folgen weitgehend dieser Auffassung (z.B. einstimmiger Beschluss des niedersächsischen Landtags, 19.7.2012)
- „Lex Asse“ geplant
- Aber: Skepsis bei vielen Wissenschaftlern und Technikern
 - Faktor Zeit: Rückholungsbeginn 2036 – Verschlechterung der geomechanischen Situation, Gefahr des auslegungsüberschreitenden Lösungszutritts
 - weiterer Schacht, neue Infrastrukturbereiche, Zwischenlager
 - Hypothetische Strahlenexpositionen (Zukunft) vs. reale Exposition bei Rückholung
 - ...
 - Vgl. ESK-Brief 5.1.2010, ARD-Panorama 5.7.2012, Sailer-Interview FR 22.9.2012

Quellen: <http://www.endlager-asse.de>, <http://www.entsorgungskommission.de/downloads/anlagezum schreibenanbmustilllegungsoptionenass.pdf>,
<http://daserste.ndr.de/panorama/archiv/2012/asse927.html>, <http://www.fr-online.de/energie/atommuellager-asse-neuer-streit-um-atomlager-asse.1473634.17755156.html>

Die größten Probleme (2): wärmeentwickelnder Abfall

- Typische Projektdauer über Dekaden – Notwendigkeit eines politischen Ansatzes, der Regierungswechsel überdauert

- Standortauswahl („Endlagersuchgesetz“) – die Streitpunkte
 - Rolle des Standortes
 - Anzahl zu untersuchender Standorte
 - Kriterien in Gesetzesform?
 - Organisation – Verantwortlichkeiten (Rolle des BfS)

- Die EU-Direktive vom 19.7.2011 verlangt ...
 - einen nachvollziehbaren Plan
 - eine klare Trennung von Verantwortlichkeiten (Antragstellung – Genehmigung – Aufsicht)

- Außerdem notwendig: Bessere Integration von natur-, ingenieur- und sozialwissenschaftlicher Aspekte → Kommunikation, Entscheidungsfindung



Der aktuelle Stand ... (von vorgestern, gestern, heute)

Elbe-Jeetzel-Zeitung

Notfalls Alleingang in Endlager-Frage

Schwarz-Gelb hält Tür für Rot-Grün noch offen

Hannoversche Allgemeine Zeitung

Gorleben bleibt im Topf

Bundesumweltminister Altmaier will Gesetzentwurf zur Endlagersuche vorlegen

Elbe-Jeetzel-Zeitung

SPD und Grüne winken ab

Lieber „Sorgfalt statt Eile“

Gesetzentwurf zur Endlagersuche:
Bürgerinitiative warnt SPD und Grü



zur Startseite machen

Suchen...

- Home
- Politik
- Wirtschaft
- Geld
- Sport
- Wissen
- Panorama
- Kultur
- Reise
- Motor
- Regio

IN DEN NACHRICHTEN: Deutschland - Schweden | Romney vs. Obama | 50 Jahre Kuba-Krise | Annette Schavan | Zippert za

Home > Politik > Deutschland > Gorleben soll als Endlager im Rennen bleiben

17.10.12 | Atommüll

Gorleben soll als Endlager im Rennen bleiben

Ohne schriftliche Grundlage wollten SPD und Grüne nicht über ein Endlagersuchgesetz verhandeln. Nun hat Bundesumweltminister Peter Altmaier einen Entwurf vorgelegt. Die Opposition bleibt vorerst

stur. Von Claudia Ehrenstein

Thesen zur Entsorgung hochaktiver Abfälle

- Endlagerung in tiefen geologischen Formationen ist – bei richtiger Umsetzung – der vernünftigste Entsorgungsweg.
- Mögliche Wirtsgesteine und Konzepte sind recht unterschiedlich. Die Geologie in Deutschland ermöglicht einen langfristig sicheren Einschluss durch geologische Barrieren; es ist (guter) Konsens (noch?), dass dieser Ansatz gewählt werden sollte.
- Damit ergeben sich Salzformationen im Norden sowie Tone im Norden und Süden, aber keine Granitformationen als "Kandidaten".
- Gorleben ist diesbezüglich vielversprechend – die politische Umsetzbarkeit aber ungewiss. Gorleben-Weitererkundung und Sicherheitsanalyse sind richtig und wichtig, ob Fragen der Eignung die (notwendigerweise politische) Entscheidung am Ende beeinflussen, bleibt abzuwarten.
- Die Betrachtung von Alternativen (anderen Standorten) ist politisch und strategisch sinnvoll, rein objektive Vergleiche sind aber schwierig.
- Das Problem ist nicht "dringend" in dem Sinn, dass morgen eine Lösung bereitstehen muss – aber wenn wir von jetzt an zügig und zielstrebig arbeiten, wird es immer noch recht spät (2035+?)
- Eine solche Zielstrebigkeit ist schwer erkennbar. Wir brauchen einen Plan, der der Möglichkeiten des Scheiterns antizipiert, Handlungsalternativen aufzeigt und ggf. einen Regierungswechsel überstehen würde (vgl. EU-Direktive).