Informationsveranstaltung des Arbeitskreises "Kein Endlager"

3. September 2013, Wippingen

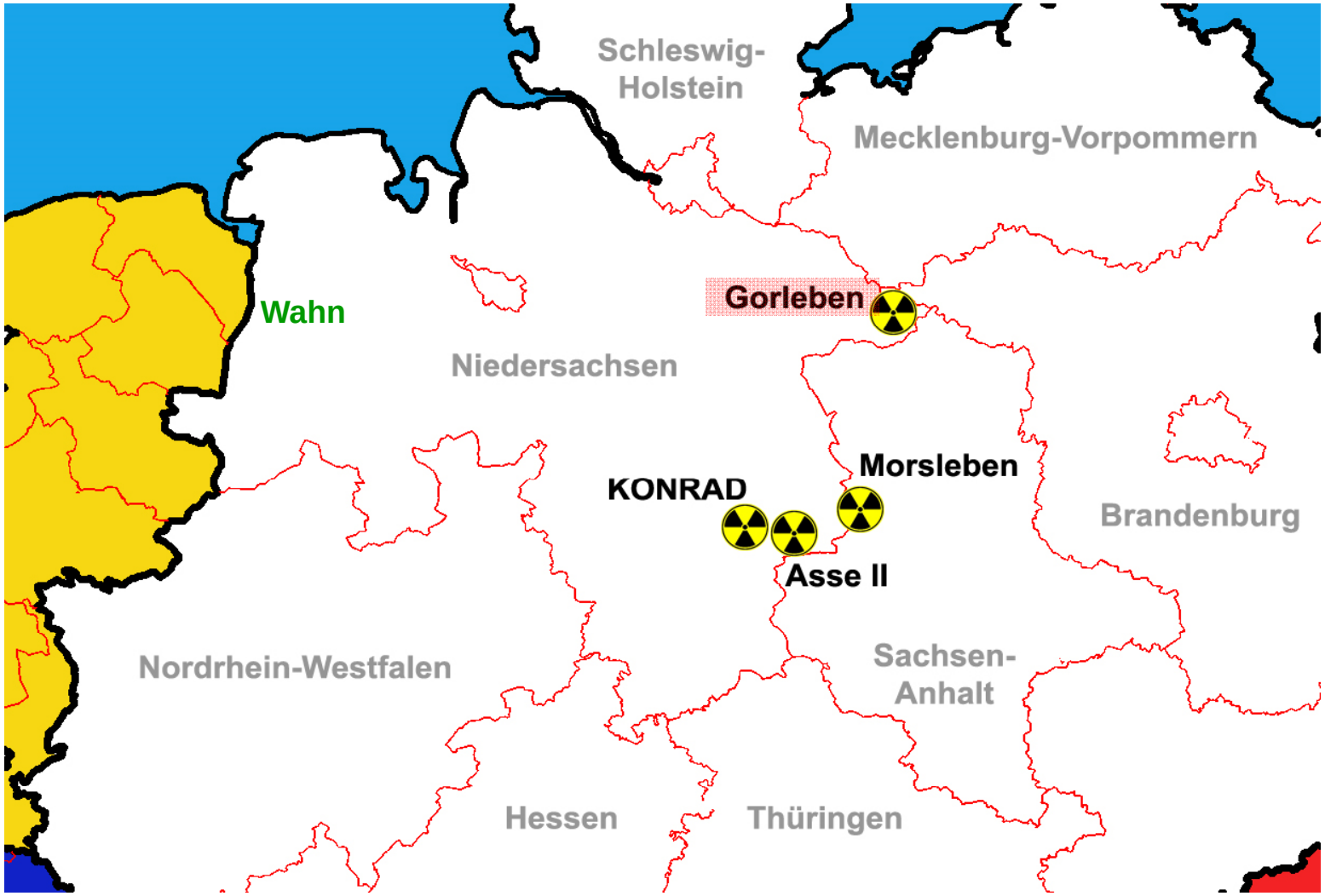
Detlef Appel, PanGeo, Hannover

Atommüll im Salzstock? Endlagerkonzepte für (wärmeentwickelnde) radioaktive Abfälle

Inhalt

- Begriffe
- Welche Entsorgungsoptionen für radioaktive Abfälle?
- Sicherheitliche Prinzipien und Ziele der Entsorgung radioaktiver Abfälle
- Vor- / Nachteile der Endlagerung in tiefen geologischen Formationen
- Diskussion über Alternativen zur Endlagerung
- Potenzielle Wirtsgesteinstypen in Deutschland
- Wahn - möglicher Endlagerstandort?

Entsorgungsstrategien für radioaktive Abfälle

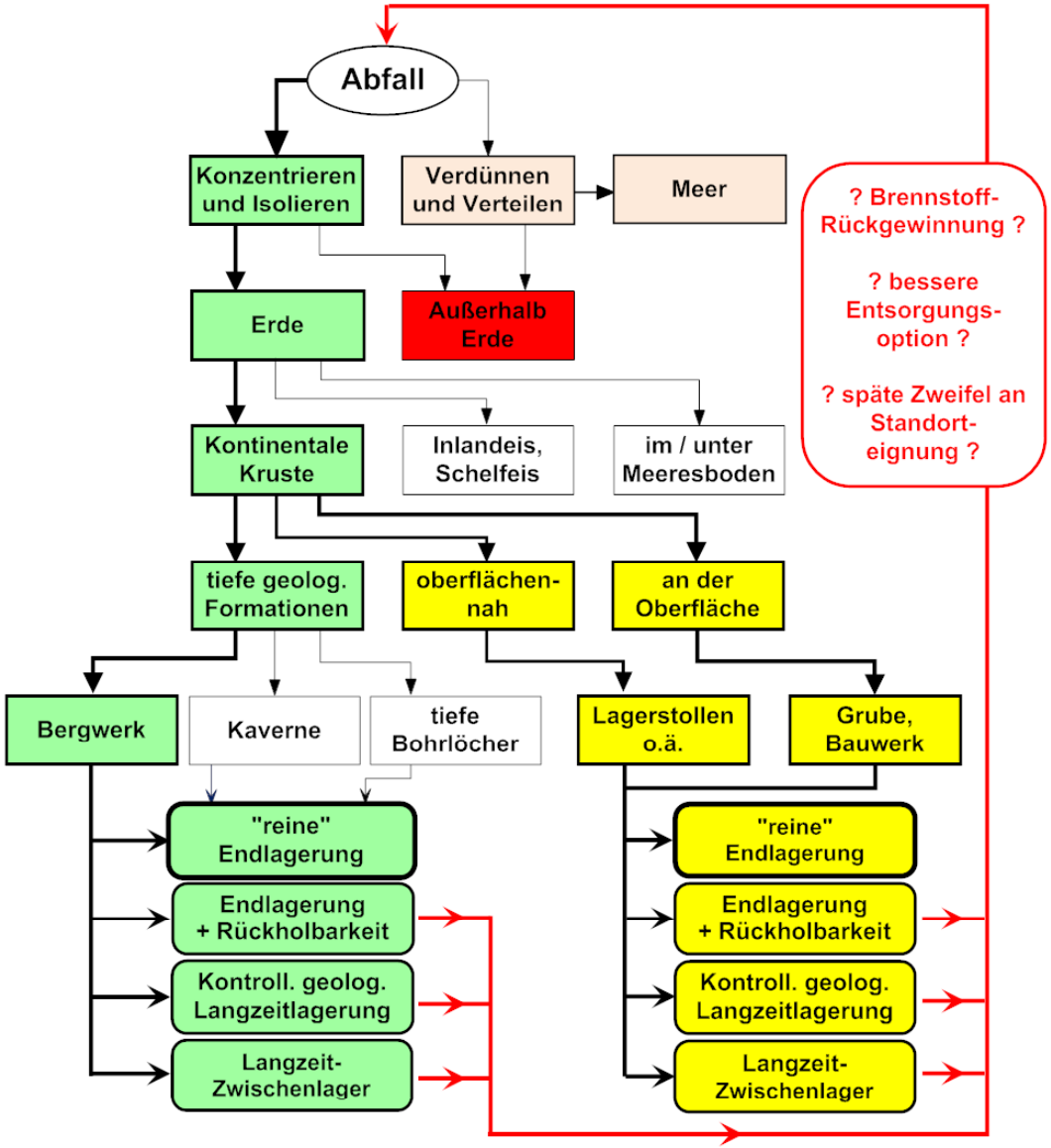


(Diskutierte) Endlagerstandorte in Deutschland

Begriffe

Aktive Sicherheit	Gewährleistung der **Langzeitsicherheit** i.W. **durch** ein **technisches Barrierensystem** (Behälter, Gebäude) **und Maßnahmen** zur Aufrechterhaltung des erforderlichen Sicherheitsniveaus (Überwachung, Reparatur technischer Barrieren usw.)
Passive Sicherheit	Gewährleistung der **Langzeitsicherheit** i.W. **durch** die **geologische Barriere und die** zur Behebung der endlagerbedingten Eingriffe errichteten **geotechnischen Barrieren**
Nachweiszeitraum	**Zeitraum**, für den im Genehmigungsverfahren für ein Lager der **Nachweis der Langzeitsicherheit** geführt werden muss
Rückholbarkeit	Technische **Möglichkeit**, **Abfälle** aus dem Endlager **herauszuholen** (z.B. durch "Umkehrung" der Einlagerungstechnik)
Rückholung	**Tatsächliche Herausholung** der Abfälle (Bergung: Herausholung im Havariefall)
Reversibilität	**Rückgängigmachen einer Einzelentscheidung** in einem Entscheidungsprozess **oder eines Entscheidungsprozesses** insgesamt

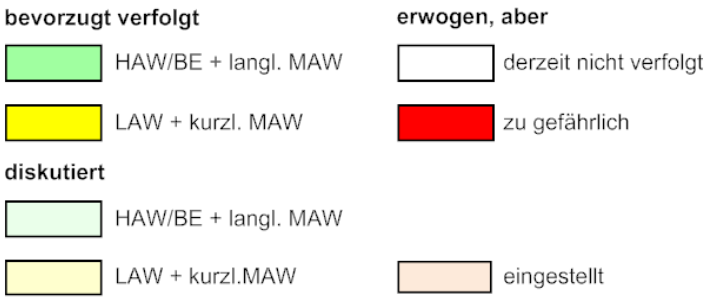
Entsorgungsstrategien für radioaktive Abfälle



Seit den 1950er Jahren diskutierte, erwogene bzw. verfolgte Entsorgungsstrategien

Jahrzehntelang international für HAW / BE bevorzugte Option: „Reine" Endlagerung in tiefen geologischen Formationen

Und heute?



Sicherheitliche Entsorgungsprinzipien und -ziele (Auswahl)

"Bestmöglicher" langzeitiger (dauerhafter) Schutz von Mensch und Umwelt

nach **Stand von Wissenschaft & Technik** vor den Auswirkungen ionisierender Strahlung (bzw. sonstigen schädlichen Auswirkungen) durch

- **Konzentration und Isolation** der radioaktiven Abfälle auf Dauer oder bis "besserer" Umgang mit Abfällen möglich ist,
- **Einschluss** der Abfälle in einem
  - **geologischen / geotechnischen Barrierensystem (passiv, Endlagerung in tiefen geologischen Formationen)** oder
  - **technischen Barrierensystem mit Erfordernis von Maßnahmen** zur Sicherstellung der Funktion des Barrierensystems **(aktiv, Zwischenlagerung oder Dauerlagerung an oder nahe der Erdoberfläche)**
- **"Safety first"** als Strategie- und Handlungsmaxime
- **Nachweis des geforderten Schutzes für den Nachweiszeitraum** zum Zeitpunkt der Entscheidung für eine Entsorgungsstrategie bzw. Genehmigung einer Entsorgungsanlage

Keine unzumutbaren Lasten und Verpflichtungen für künftige Generationen

Sicherheitstechnische Anforderungen

BMU (2010):
Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle. Stand 30. September 2010

- **tiefe geologische Formation mit hohem Einschlussvermögen** (AkEnd: einschlusswirksamer Gebirgsbereich)
- **robustes Barrieresystem**
- **günstige geologische Gesamtsituation**
- **wartungsfrei**
- **Nachweiszeitraum 1 Mio Jahre**
- nachvollziehbar dokumentiertes Auswahlverfahren für Endlagerstandort
- **Rückholung der radioaktiven Abfälle nicht vorgesehen** aber:

- Rückholbarkeit während der Betriebsphase
- Auslegung der Behälter soll Bergung für 500 Jahre erlauben

Warum wurde / wird Endlagerung bevorzugt?

Vorteile Endlagerung in tiefen geologischen Formationen

- **großer Abstand** Abfall - Biosphäre
- **sicherheitstragendes Element** (geologische Barriere) **passiv**
  ⇒ **wartungsfrei**: Nachsorge (Überwachung, Reparatur) nicht erforderlich (was zu belegen ist!)
- Zustand passiver Sicherheit wird innerhalb "kurzer" Zeit erreicht
- **Rückhaltevermögen der geologischen Barriere** gegenüber mit Grundwasser transportierten Radionukliden und anderen Schadstoffen
- Funktion und Beständigkeit wichtiger **Eigenschaften der geologischen Barriere für lange Zeiträume aus Naturbeobachtungen ableitbar**
- **künftiges Systemverhalten über lange Zeiträume** aus der Entwicklung des Endlagersystems in der geologischen Vergangenheit **ableitbar**, Ausnahme: Einflüsse durch das Endlager selbst (Abfälle, Bergbau)
- relativ geringe Kosten

⇒ **frühe Festlegung auf "reine" Endlagerung (ohne Absicht der Rückholung)**

Warum Diskussion von Alternativen zur Endlagerung?

Nachteile der Endlagerung in tiefen geologischen Formationen

- langfristiges **Systemverhalten nicht vollständig erhebbar und bewertbar**

  ⇒ "Nachweis der Langzeitsicherheit" ist kein "Beweis", da **Prognosen** zur künftigen Entwicklung des Endlagersystems, insbesondere **zur dauerhaften Funktion** der Barrieren, **mit Unsicherheiten behaftet**

- **falsche Standortentscheidung** (sofern überhaupt erkennbar) nach Einlagerung praktisch **nicht mehr korrigierbar** ("irreversibel")

- **Überwachung** / **Nachsorge** über gesamten Nachweiszeitraum **nicht / nur eingeschränkt** möglich bzw. **"garantierbar"**

- **Reparaturmaßnahmen** nach Verschluss des Endlagers **nicht / nur mit großem Aufwand** möglich bzw. **"garantierbar"**

- **nicht nachhaltig** (insbesondere abgebrannte BE)

⇒ **Reduzierung von / sorgfältiger Umgang mit Unsicherheiten**

⇒ **Forderung nach Zwischenlösungen bzw. Alternativen mit "aktiver Sicherheitsgewährleistung" durch die Gesellschaft, wie Rückholbarkeit von Abfällen, …**

Warum heute Diskussion von Alternativen zur Endlagerung? (1)

Zeitfaktor

- **Entscheidung zur Bevorzugung der Endlagerung radioaktiver Abfälle** gegenüber anderen Entsorgungsoptionen **liegt teilweise Jahrzehnte zurück**. Umsetzung der gewählten Entsorgungs-strategie dauert Jahrzehnte

  ⇒ **Überprüfung**, ob

  - gewählte Option weiterhin **Stand von Wissenschaft & Technik** entspricht
  - **neue Erkenntnisse** vorliegen, die **Strategiewechsel / -änderung** erfordern

Betroffenheit - Beteiligung

- **Veränderungen während Umsetzung der Entsorgungsstrategie**
  - konkrete Betroffenheit von Teilen der Bevölkerung ⇒ veränderte Wahrnehmung bzw. Beurteilung möglicher Risiken
  - Zusammensetzung der Gruppe der Verfahrensinteressierten ("Stakeholder") ändert sich
  - Bereitschaft zur Beteiligung und Intensität der Beteiligung nehmen zu

Warum heute Diskussion von Alternativen zur Endlagerung? (2)

Erfahrungen mit Entscheidungsprozessen bei Entsorgung

- **Entscheidungsprozesse**, z.B. Festlegung der Entsorgungsstrategie und Auswahl von Endlagerstandorten, wurden ursprünglich als **rein technische Aufgabe** verstanden
- **Rückschläge** in nationalen Auswahlprogrammen bzw. ihr **Scheitern in 1970er bis 1990er Jahren als Konsequenz mangelnden Vertrauens der Bevölkerung** in die verantwortlichen Institutionen und der Missachtung der Interessen und Bedürfnisse von "Stakeholdern"
- **Seit 1990er Jahren** Anstrengungen in einigen Ländern, verlorenes Vertrauen zurück zu gewinnen ⇒ Modifizierung laufender / Start neuer Entscheidungsprozesse mit **Berücksichtigung ethischer und sozialer Aspekte, Beteiligung von "Stakeholdern"** (seit etwa 2000 befassen sich internationale Organisationen, EC / Euratom, OECD/NEA, IAEA, mit der Beteiligung von “Stakeholdern”)

⇒ **Berücksichtigung ethischer und sozialer Aspekte und Beteiligung von "Stakeholdern"** gelten heute als **wichtige Voraussetzungen** für erfolgreiche Entscheidungsprozesse und streitarme Entscheidungen mit Bestand.

⇒ **Entscheidungsfindung = sozio-technische Aufgabe**

Aktuell diskutierte Entsorgungsstrategien für hochradioaktive Abfälle

Operative Phasen	Lageroptionen				
	"Baldige" Endlagerung	Endlagerung + Rückholbarkeit	Kontr. geol. Langzeitlagerung	Langzeit-Zwischenlagerung	Dauerlagerung
Bauphase (aktiv)	Baubeginn	Baubeginn	Baubeginn	Baubeginn	Baubeginn
Betriebsphase: Test- bzw. Demonstrationsphase (aktiv)	? Test / Demonstration	? Test / Demonstration	**Testlager**: Test	(? Test / Demonstration)	(? Test / Demonstration)
Betriebsphase: Einlagerungs- und Beobachtungsphase (aktiv)	Abfall-Einlagerung	Abfall-Einlagerung	**H.-L.**: Abfall-Einlagerung	Abfall-Einlagerung	Abfall-Einlagerung
Nachbetriebs- bzw. Nachverschluss-phase (passiv)	Endlagerung	? Beobacht. ? Rückholung erleichtert; Endlagerung	**H.-L.**: Rückholung erleichtert; Endlagerung	Überwach., Wartung, Reparatur; Auslagerung u. endgültige Entsorgung	Überwachung, Wartung, Reparatur

Pilotlager: Beobachtung, Kontrolle

aktiv / passiv

Hauptbeitrag zur Sicherheit:
- Technische Barrieren und Maßnahmen (aktiv)
- (Geo)technische Barrieren und Maßnahmen (i.W. aktiv)
- Geologische Barriere (passiv / i.W. passiv)

Ende der Betriebsphase vorab nicht definiert

Argumente für Alternativen zur Endlagerung

• **Reaktionsmöglichkeit, falls sich der Endlagerstandort als ungeeignet erweist**	**?**
• **durch In-situ-Untersuchung / Beobachtung Verständnis über Endlagersystem und damit Nachweisqualität verbessern**	**(!)**
• **auf unvorhergesehene Ereignisse reagieren**	**?**
• auf bessere Entsorgungsstrategie warten, insbesondere Abtrennung und Umwandlung (Partitioning & Transmutation - P&T)	?
• **Gerechtigkeit gegenüber heutigen Generationen: Demokratische Teilhabe an Entsorgungsentscheidungen**	**!**
• Gerechtigkeit gegenüber künftigen Generationen: Handlungsspielraum erhalten	?
• Nachhaltigkeit: Spätere Verwertung bestimmter Abfälle erleichtern	?
• **Akzeptanzförderung**	**! / ?**

Skepsis gegenüber Alternativen zur Endlagerung

…aber geologische Skepsis gegenüber Rückholbarkeit von Abfällen

- **Offenhalten** des Endlagerbergwerks, insbesondere über sehr langen Zeitraum, stellt **Sicherheitsrisiko** dar

  ⇒ Zugangswege zu Abfällen sind **Wasserwegsamkeiten**

  ⇒ offene Hohlräume und Wärmeeintrag können **sicherheitsrelevante mechanische / hydraulische Auswirkungen** haben

- **Können** die zur Reduzierung der geologischen Prognoseunsicherheit hilfreichen **Informationen bei (teilweise) offenem Endlager überhaupt erhoben werden?**

  ⇒ Einstellung des zu beurteilenden Langzeitzustands wird verzögert

- Der **Schutz von Mensch und Umwelt muss** u. U. für beträchtliche Zeiträume durch sicherheitsgerichtete Maßnahmen, also **aktiv gewährleistet werden**

  ! Prognosen über die künftige Entwicklung der Gesellschaft sind mit größeren Unsicherheiten behaftet als bei geologischen Systemen

Resumee Alternativen zur Endlagerung

Wenn Entsorgungsstrategie mit Rückholbarkeit, dann...

- **keine Sicherheitseinbußen** durch Favorisierung aktiver gegenüber passiven (geologischen / geotechnischen) Sicherheitselementen (Normalzustand, Störfälle)
  ⇒ Nachweis der Sicherheit für den Nachweiszeitraum
  ⇒ "irgendwann" Überführung der Anlage in Endlager
- **definierte sicherheitstechnische Ziele**
  ⇒ Nachweis der Sinnhaftigkeit / Erreichbarkeit der angestrebten Ziele
- klare **zeitliche Perspektive** (nur ohnehin vorgesehener Betriebszeitraum / Beobachtungszeitraum?)
  ⇒ regelmäßige Prüfung, ob Ziele erreicht / erreichbar
- **verfügbare Technik** für Auslagerung
- **gezielte Auslegung** des Endlagers, um etwaige Rückholung zu erleichtern
- nachweislich für den Zeitraum aktiver Sicherheitsgewährleistung **funktionierendes Überwachungssystem**
- institutionelle und finanzielle **Voraussetzungen für Überwachung und Rückholung**

Potenzielle Wirtsgesteinstypen in Deutschland

Eigenschaft	Steinsalz	Ton / Tonstein	Kristallingest. z.B. Granit
Temperaturleitfähigkeit	hoch	gering	mittel
Durchlässigkeit	praktisch undurch-lässig	sehr gering bis gering	sehr gering (unge-klüftet) bis durchläs-sig (geklüftet)
Festigkeit	mittel	gering bis mittel	hoch
Verformungsverhalten	viskos (Kriechen)	plastisch bis spröde	spröde
Hohlraumstabilität	Eigenstabilität	Ausbau notwendig	hoch (ungeklüftet) bis gering (stark geklüftet)
In-situ Spannungen	lithostatisch isotrop	anisotrop	anisotrop
Lösungsverhalten	hoch	sehr gering	sehr gering
Sorptionsverhalten	sehr gering	sehr hoch	mittel bis hoch
Temperatur-belastbarkeit	hoch	gering	hoch

Endlagerungsrelevante Eigenschaften möglicher Wirtsgesteinstypen in Deutschland

(aus BGR (2006)

- günstig
- mittel
- ungünstig

Potenzielle Wirtsgesteinstypen in Deutschland

Komponenten	Steinsalz	Ton / Tonstein	Kristallingest. z.B. Granit
Einlagerungssohle	ca. 900 m	ca. 500 m	500 - 1200 m
Lagerungstechnik*	Strecken und tiefe Bohrlöcher	Strecken bzw. kurze Bohrlöcher	Bohrlöcher oder Strecken
Auslegungstemperatur	max. 200° C	max. 100° C	max. 100° C (Bentonitversatz)
Versatzmaterial*	Salzgrus	Bentonit	Bentonit
Zwischenlagerzeit (BE u. HAW-Kokillen)	min. 15 Jahre	min. 30 - 40 Jahre	min. 30 - 40 Jahre
Streckenausbau	nicht erforderlich	erforderlich, ggf. sehr aufwändig	in stark geklüfteten Bereichen erforder-lich
Behälterkonzept	vorhanden	für Deutschland neu zu entwickeln	für Deutschland neu zu entwickeln
Bergbauerfahrung	sehr groß (Salzbergbau)	kaum	groß (Erzbergbau)

Merkmale der End-lagerkonzepte in möglichen Wirts-gesteinstypen in Deutschland

(aus BGR (2006)

- günstig
- mittel
- ungünstig

Potenzielle Wirtsgesteinstypen in Deutschland

BfS-Bericht "Wirtsgesteine im Vergleich - Synthese" (2005) [1)]

Keine eindeutigen sicherheitlichen Vorteile potenzieller Wirtsgesteinstypen in Deutschland (Salz, Ton, Granit)

- kein Wirtsgesteinstyp gewährleistet immer die größte Endlagersicherheit
- Rangfolge der Wirtsgesteinstypen im Hinblick auf Standorteignung nicht sinnvoll, sondern mit erheblichen Unsicherheiten behaftet

⇒ **Vorteile von Wirtsgesteinen sind nur im Vergleich von Standorten zu ermitteln**

- **für alle relevanten Wirtsgesteinsformationen können angepasste Endlagerkonzepte entwickelt werden**
- **wegen der Schwankungsbreiten bei sicherheitsrelevanten Eigenschaften kann Vergleich innerhalb einer Wirtsgesteinsformation nur standortspezifisch erfolgen**

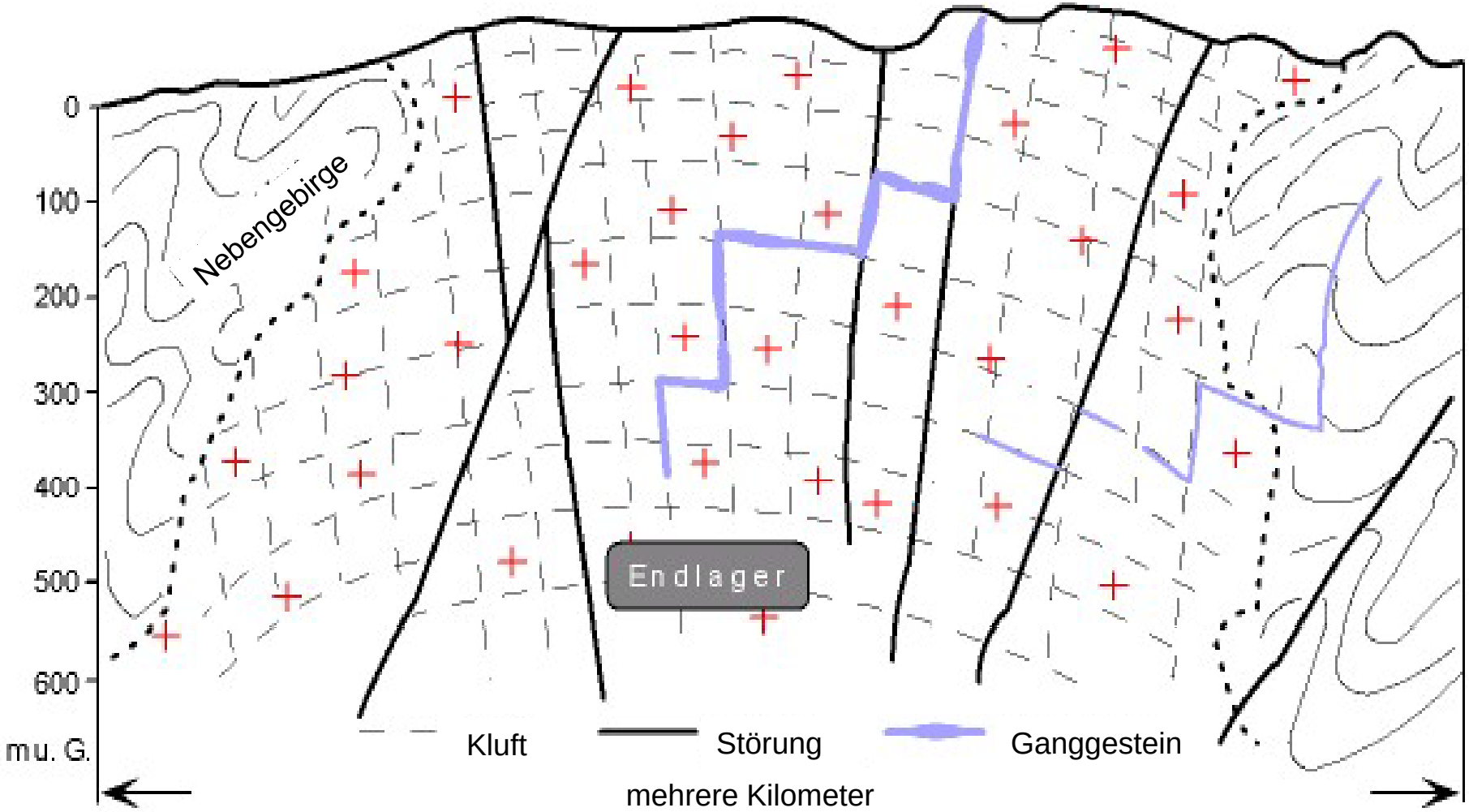
[1)] BfS – Bundesamt für Strahlenschutz

BfS-Bericht "Wirtsgesteine im Vergleich - Synthese" (2005), Forts.

Regelungsbedarf zu den Schutzzielen der Endlagerung

- Nachweiszeitraum (AkEnd 2002: größenordnungsmäßig 1 Mio Jahre)
- Schutzziele für Mensch und Umwelt bei einer Freisetzung von chemotoxischen und radioaktiven Stoffen
- Bewertung probabilistischer Sicherheitsanalysen
- Anforderungen an den sicheren Einschluss der Schadstoffe
- Anforderungen an den Stellenwert der einzelnen Barrieren eines Mehrbarrierenkonzepts
- Stellenwert der Szenariengruppen für zu erwartende oder außergewöhnliche Entwicklungen sowie zu Schlüsselszenarien für unbeabsichtigtes menschliches Eindringen in ein Endlager
- **Rückholung von Abfällen ?/! ("Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder Abfälle", Stand 30.9.2010)**

Potenzielle Wirtsgesteinstypen in Deutschland - Granit o.ä.



(aus Grundtfeld et al. 2005)

Schematischer Schnitt durch ein Endlagersystem in kristallinem Gestein (z.B. Granit)

Eigenschaften potenzieller Wirtsgesteinstypen - Granit o.ä.

Granit

Als **Wirtsgestein** vorgesehen u.a. in **Schweden**, Finnland, Kanada

Wichtige Eigenschaften

- **relativ hohe Wasserdurchlässigkeit** (wasserführende Klüfte und Fugen)

⇒ **massiver Kupferbehälter trägt die Hauptlast der Langzeitsicherheit**

⇒ **Bentonitdichtungen** zum Schutz der Behälter gegen Wasserzutritt (Korrosion) und zum Verschluss von Bohrlöchern

⇒ **quellfähiges Material** für Versatz / Verschluss von Strecken

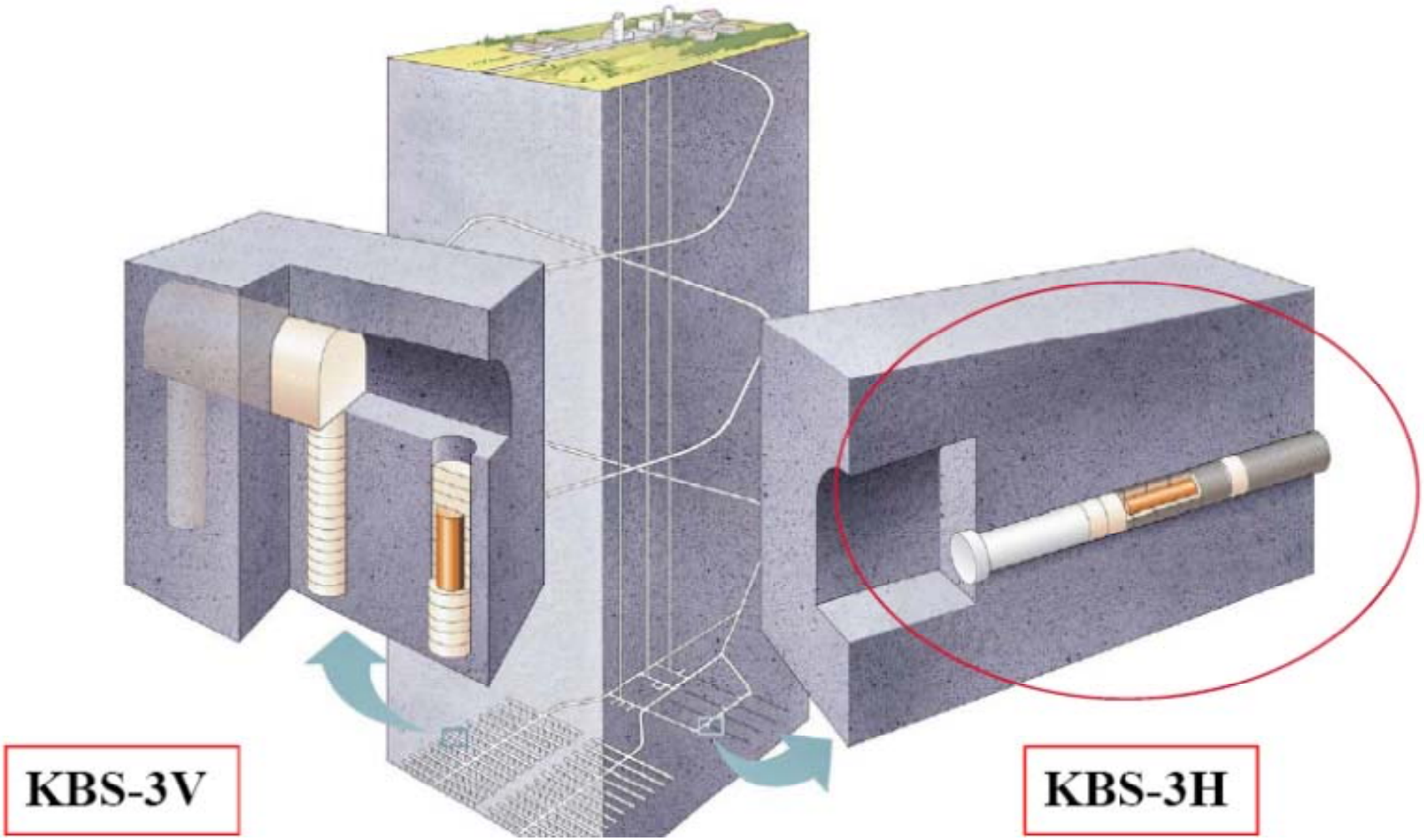
- **mechanisch fest** (falls nicht stark geklüftet)

⇒ **Ausbau nicht** / nur in geringem Ausmaß **erforderlich**

⇒ **Einlagerungshohlräume formstabil** für relativ lange Zeiträume

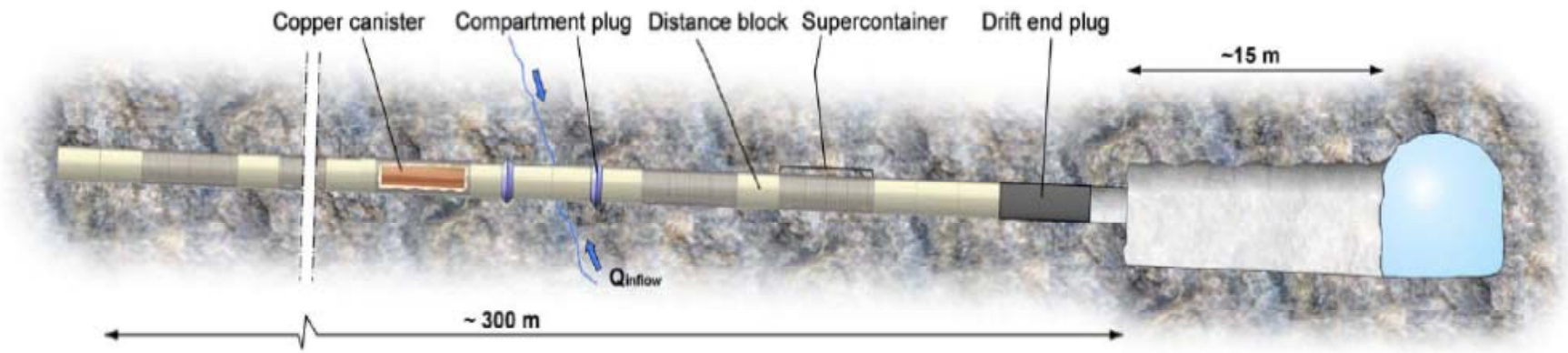
! **Rückholung von Behältern** nach Beseitigung von Bentonit in Strecken und Bohrlöchern (durch "Herausspülen" mit Salzwasser) bis zum Verschluss der Zugangsstrecken **mit "umgekehrter Technik" wie Einlagerung** möglich

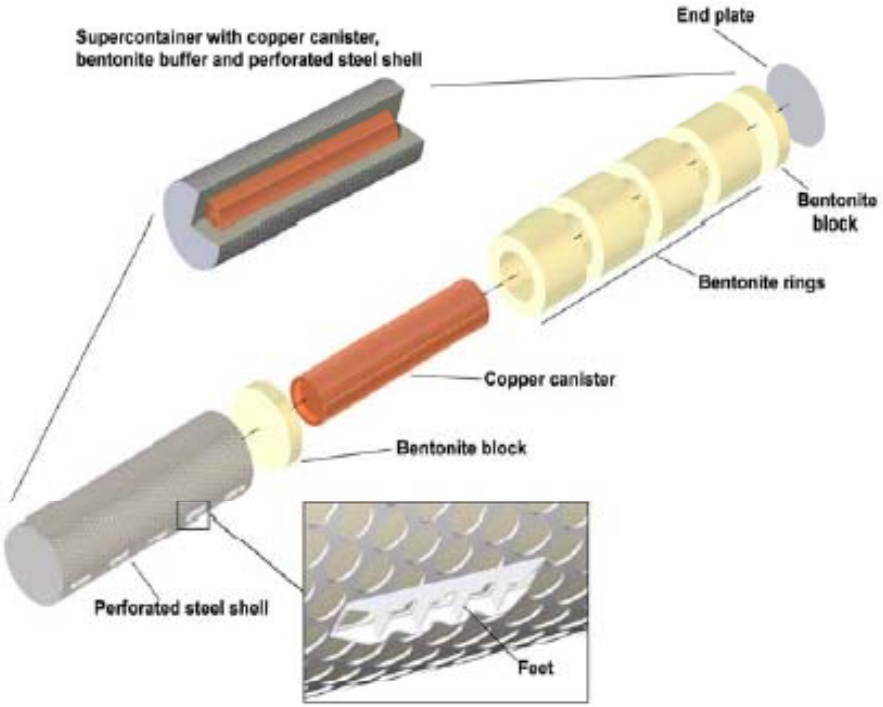
Potenzielle Wirtsgesteinstypen - Granit o.ä.



Lagerkonzept Schweden / Finnland - Einlagerung abgebrannter Brennelemente in vertikalen bzw. horizontalen Bohrlöchern in Granit (SKB 2011)

Potenzielle Wirtsgesteinstypen - Granit o.ä.



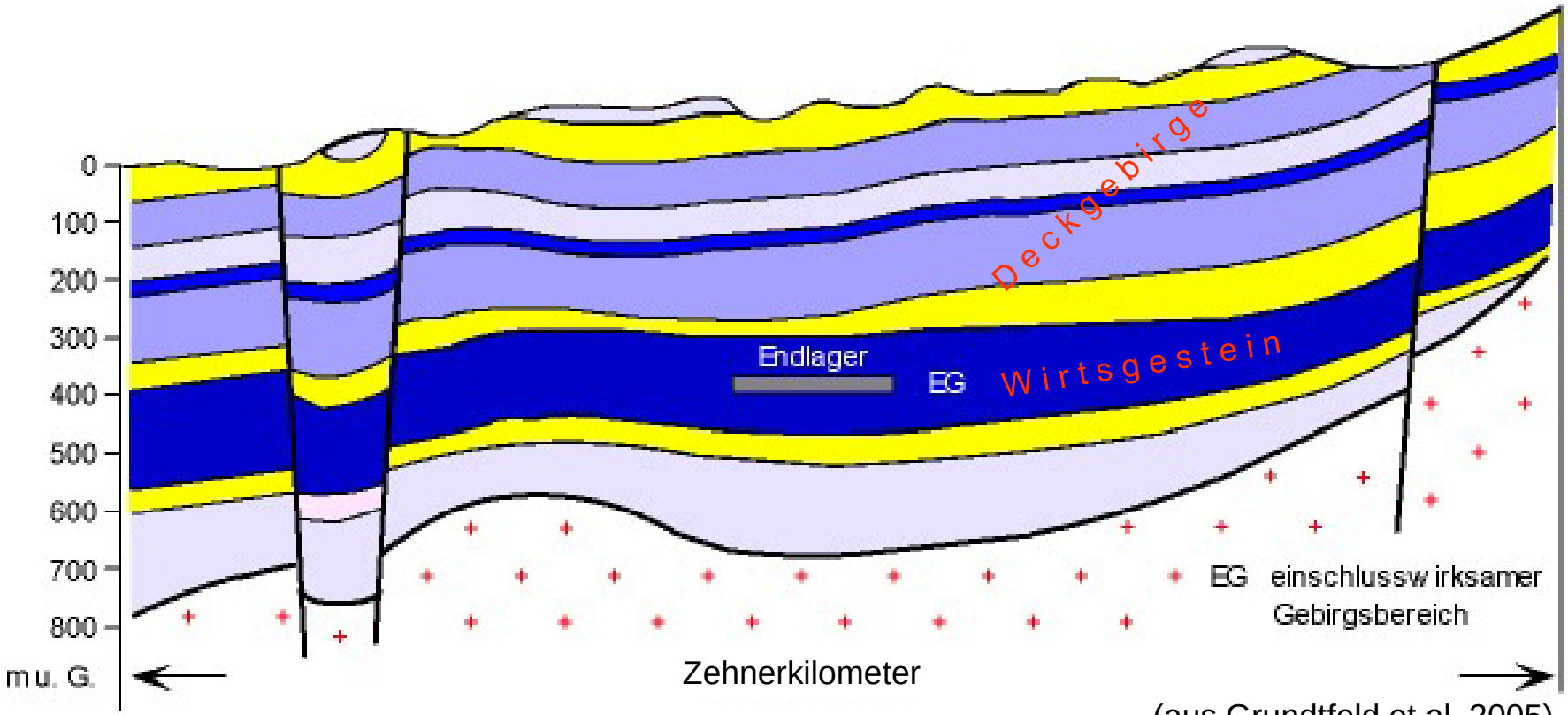


Lagerkonzept
Schweden / Finnland

Einlagerung abgebrannter Brennelemente in horizontalen Bohrlöchern in Granit

(SKB 2011)

Potenzielle Wirtsgesteinstypen - Tonstein



(aus Grundtfeld et al. 2005)

Wasserdurchlässigkeit der Sedimentgesteine:	hoch	mäßig	gering	sehr gering
Charakteristischer Gesteinstyp:	Sandstein			Tonstein

Schematischer Schnitt durch ein Endlagersystem in einer Tonsteinformation

Tonstein

- **als Wirtsgestein vorgesehen** in **Frankreich** (Rückholbarkeit für 100 Jahre **vorgeschrieben**), **Schweiz**, (Belgien: Ton)
- **geringe bis sehr geringe Wasserdurchlässigkeit, geologische Barriere leistet Hauptbeitrag zur Langzeitsicherheit (pasiv, wartungsfrei)**
- Verschluss bzw. Versatz der Einlagerungshohlräume und Zugangsstrecken mit **Bentonit** / tonhaltigem quellfähigem Material
- **plastisches** bis **sprödes** mechanische Verhalten, **geringe bis mittlere Festigkeit**

  ⇒ Einlagerungshohlräume **nur kurzzeitig standsicher / formstabil**, bei Bohrlochlagerung daher "Einbauhülsen" erforderlich

  ⇒ für größerer Einlagerungshohlräume (Streckenlagerung) bei längerer Standzeit **Ausbau erforderlich** (mit der Tiefe zunehmend stärker)
- **Betonausbau verändert Porenwasserchemismus**

  ⇒ kann Radionuklidtransport erleichtern

Potenzielle Wirtsgesteinstypen - Tonstein

Tonstein

- **Bewetterung des Endlagerbergwerks führt zum Austrocknen** des Gesteins (Reduzierung Gebirgsfestigkeit / Durchlässigkeitserhöhung!) und zu zeitweiligem Verlust etwaiger Quellfähigkeit

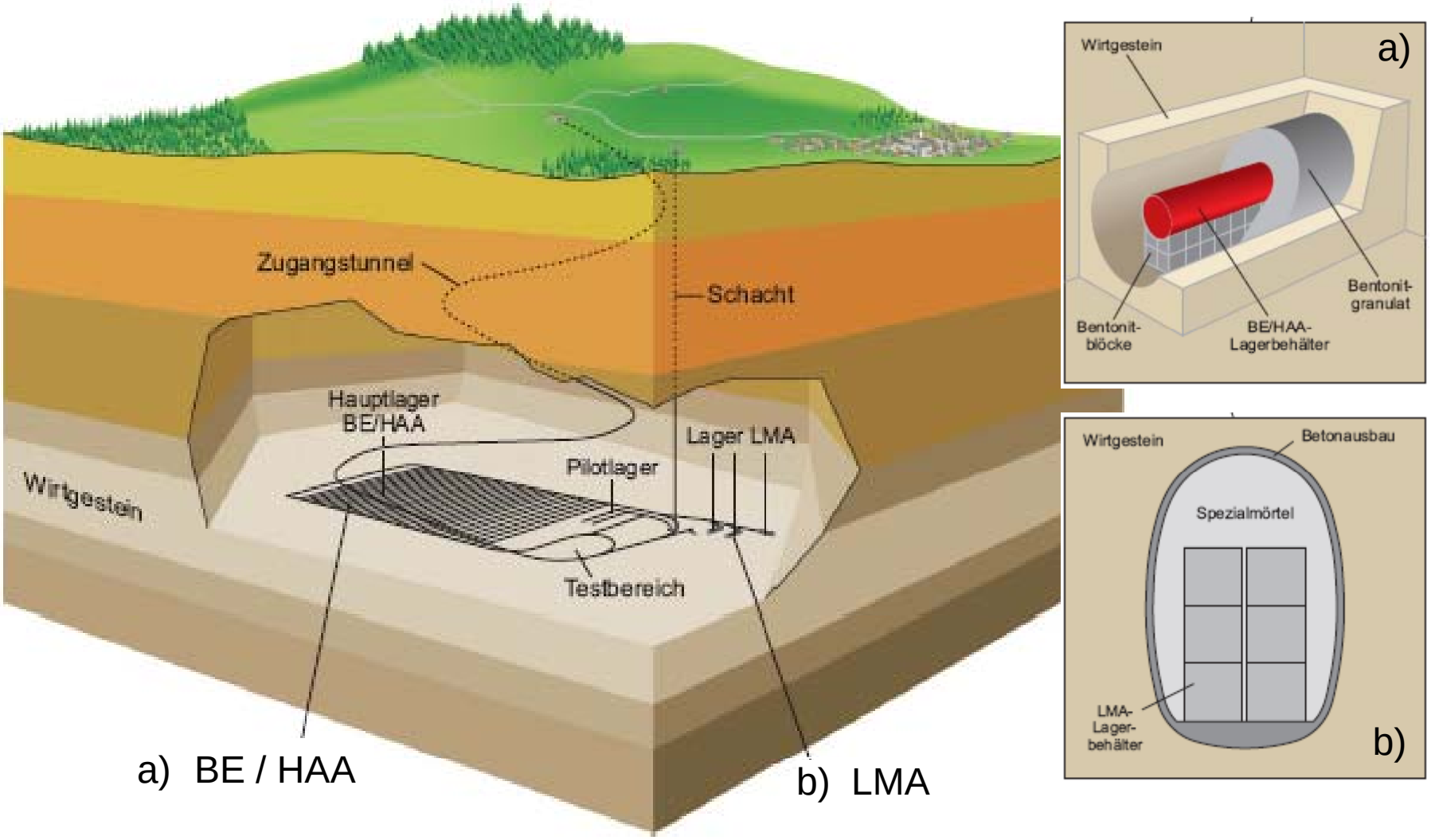
Rückholung von Gebinden in "umgekehrter Technik wie Einlagerung"

! bei **Streckenlagerung:** nur solange Strecke offen

! bei **Bohrlochlagerung**

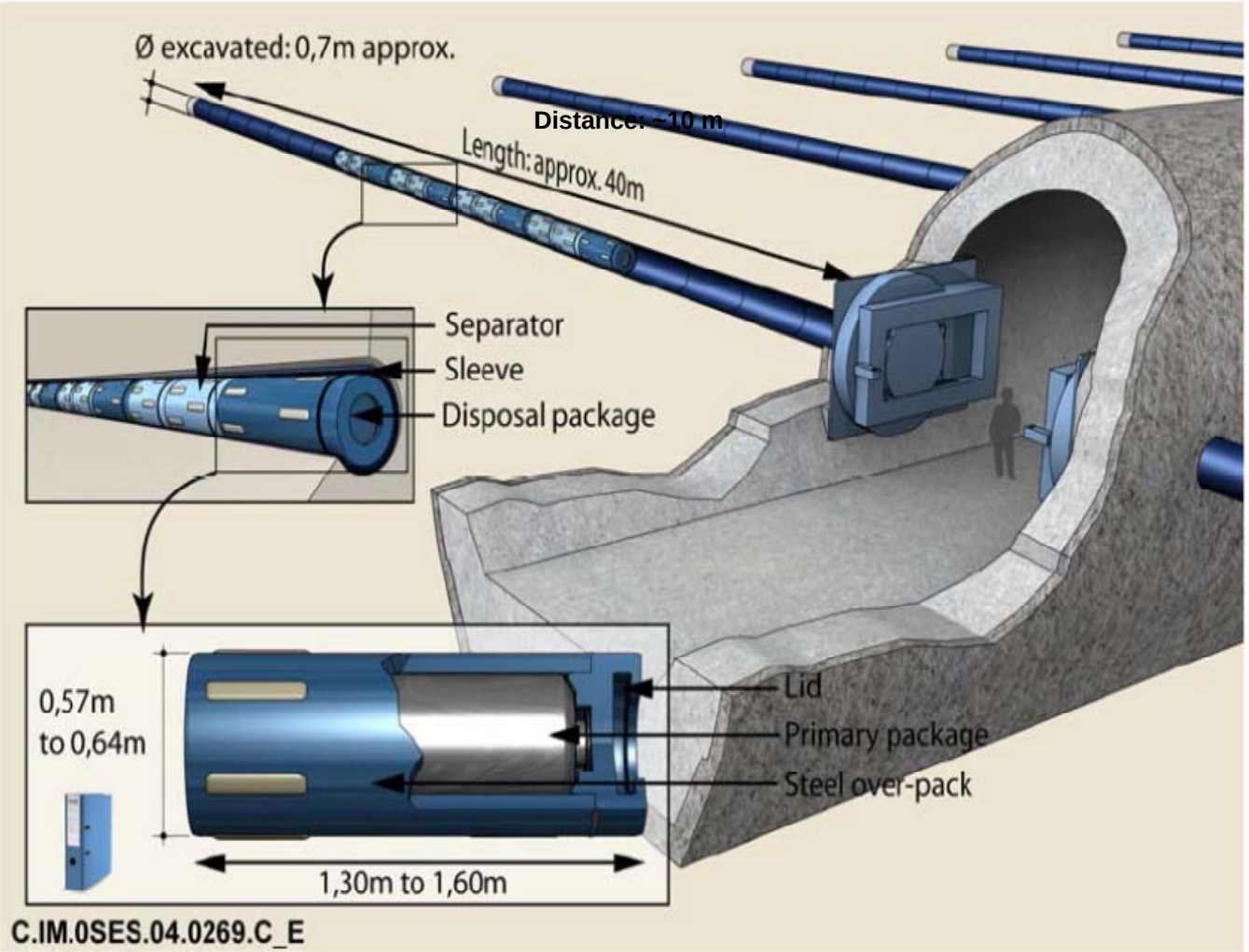
- **ohne Ausbau** der Bohrlöcher: nur solange Bentonit noch nicht gequollen und nur aus kurzen Bohrlöchern
- **mit Ausbau** der Bohrlöcher zur Aufrechterhaltung des "freien Zugriffs" auf Gebinde: solange Zugangsstrecken offen

Potenzielle Wirtsgesteinstypen - Tonstein



Blockbild des Konzepts "geologisches Tiefenlager" der Schweiz (mit Rückholbarkeit) (NAGRA 2008)

Potenzielle Wirtsgesteinstypen - Tonstein

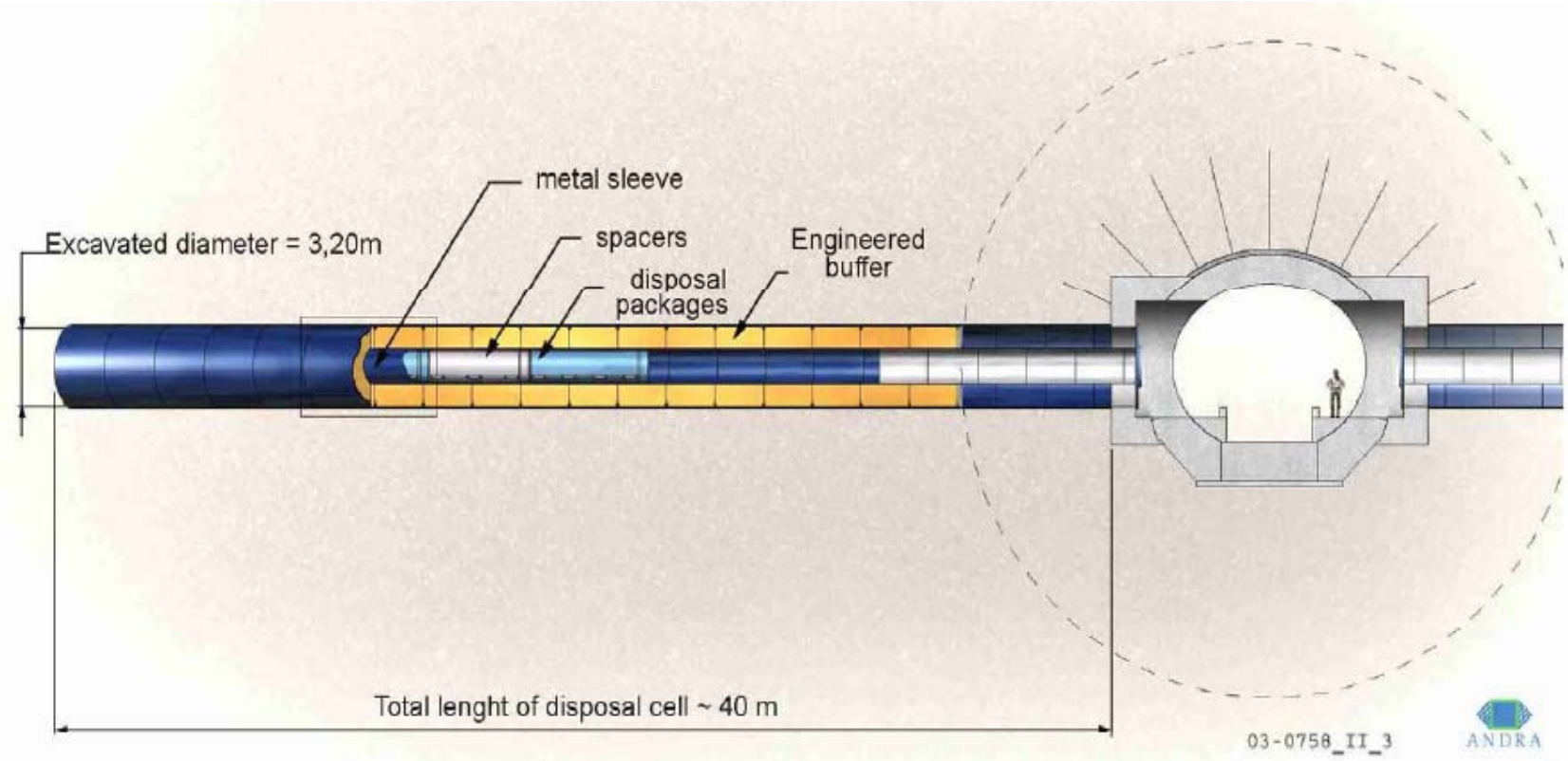


Einlagerungszelle für verglaste hoch-aktive Abfälle

Konzept Frankreich (mit Rückholbarkeit)

(ANDRA 2005)

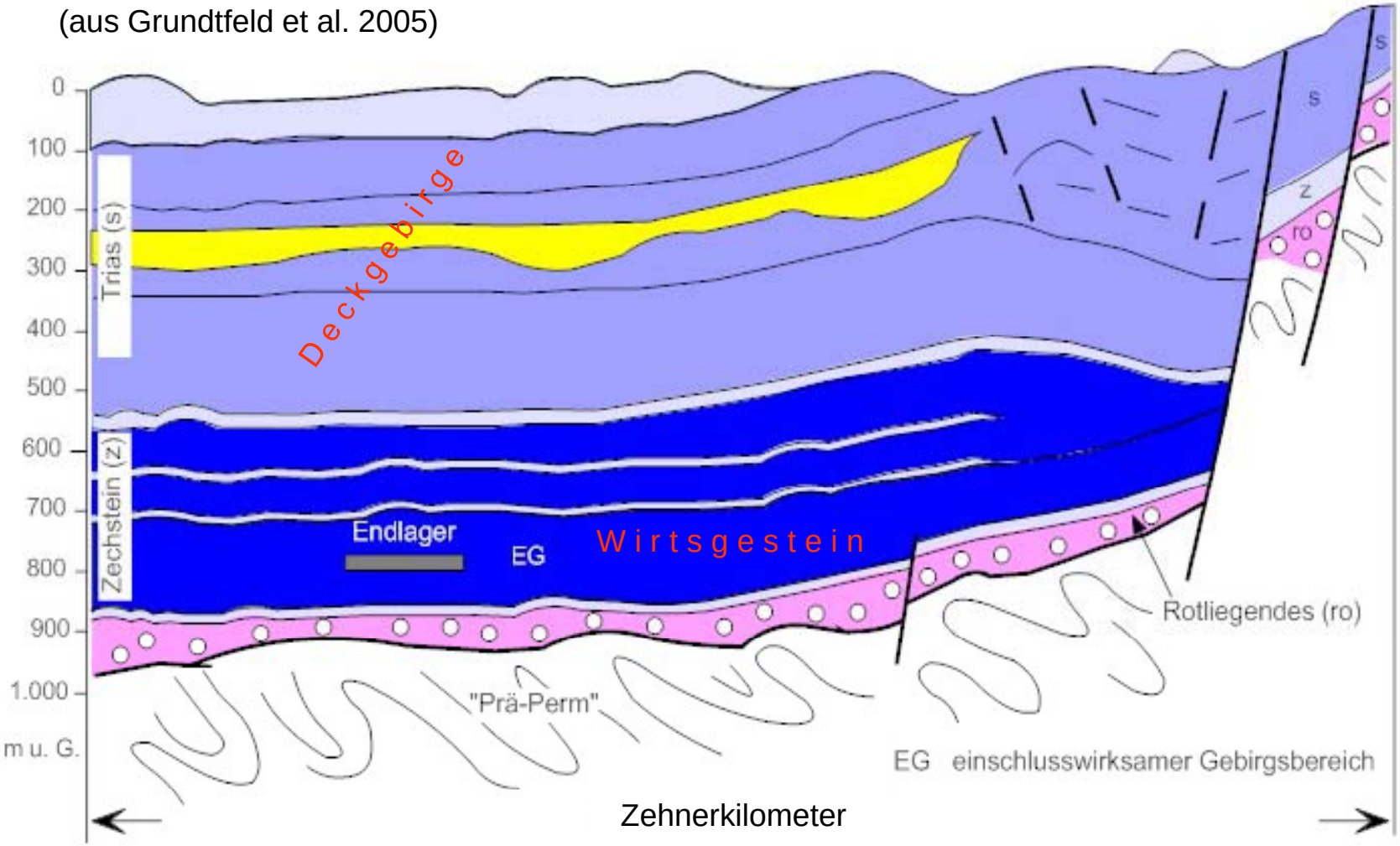
Potenzielle Wirtsgesteinstypen - Tonstein



Einlagerungszelle für abgebrannte Brennelemente - Konzept Frankreich (mit Rückholbarkeit) (Pettersson et al. 2008)

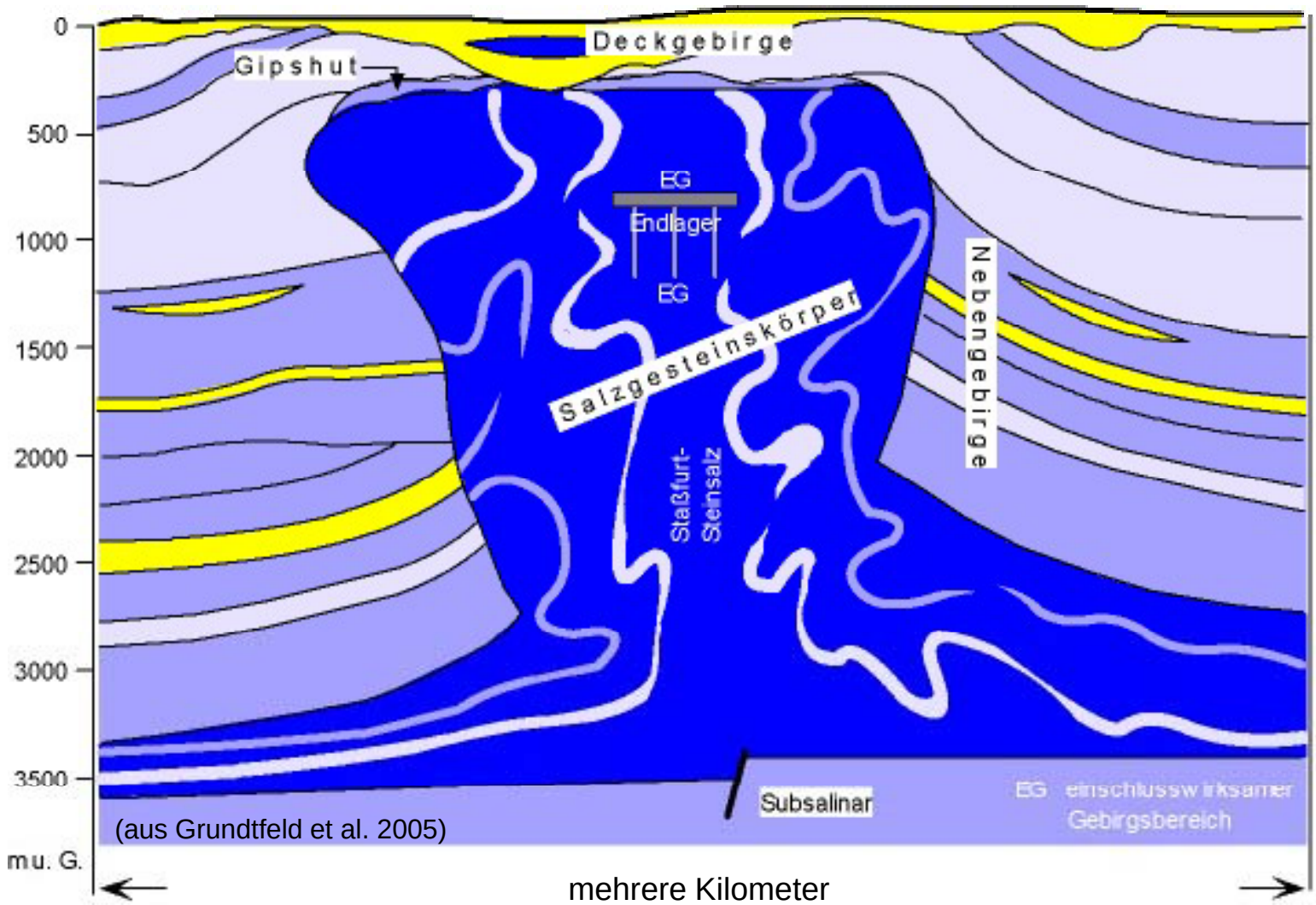
Potenzielle Wirtsgesteinstypen - Steinsalz

(aus Grundtfeld et al. 2005)



Schematischer Schnitt durch ein Endlagersystem in Steinsalz (flache Lagerung)

Potenzielle Wirtsgesteinstypen - Steinsalz



Schematischer Querschnitt durch ein Endlagersystem in Steinsalz (Salzstock)

Potenzielle Wirtsgesteinstypen - Steinsalz

Steinsalz

- **als Wirtsgestein (Salzstock) vorgesehen** in **Deutschland**, evtl. Niederlande, als Wirtsgestein bereits genutzt in USA (WIPP, flache Lagerung)
- **sehr geringe Permeabilität bzw. "dicht", geologische Barriere leistet Hauptbeitrag zur Langzeitsicherheit (passiv, wartungsfrei)**
- Salzgrus (Verschluss- / Versatzmaterial für Einlagerungsbohrlöcher und Strecken) nimmt unter Konvergenzdruck Eigenschaften von ungestörtem Steinsalz an
- **visko-plastisches mechanisches Verhalten** (Konvergenz, Geschwindigkeit durch Wärmeeintrag erhöht ⇒ **"**rascher**"** Verschluss von Hohlräumen)

  ⇒ **Einlagerungshohlräume** standsicher, **aber nicht formstabil**

  ⇒ **Ringraum** bei Einlagerungsbohrlöchern wird **rasch geschlossen**

  ⇒ in mit Salzgrus versetzten Strecken zu Einlagerungsbereichen **zusätzliche Dichtbauwerke** zur Verhinderung des Laugenzutritts an Behälter erforderlich

Steinsalz

Rückholung von Gebinden

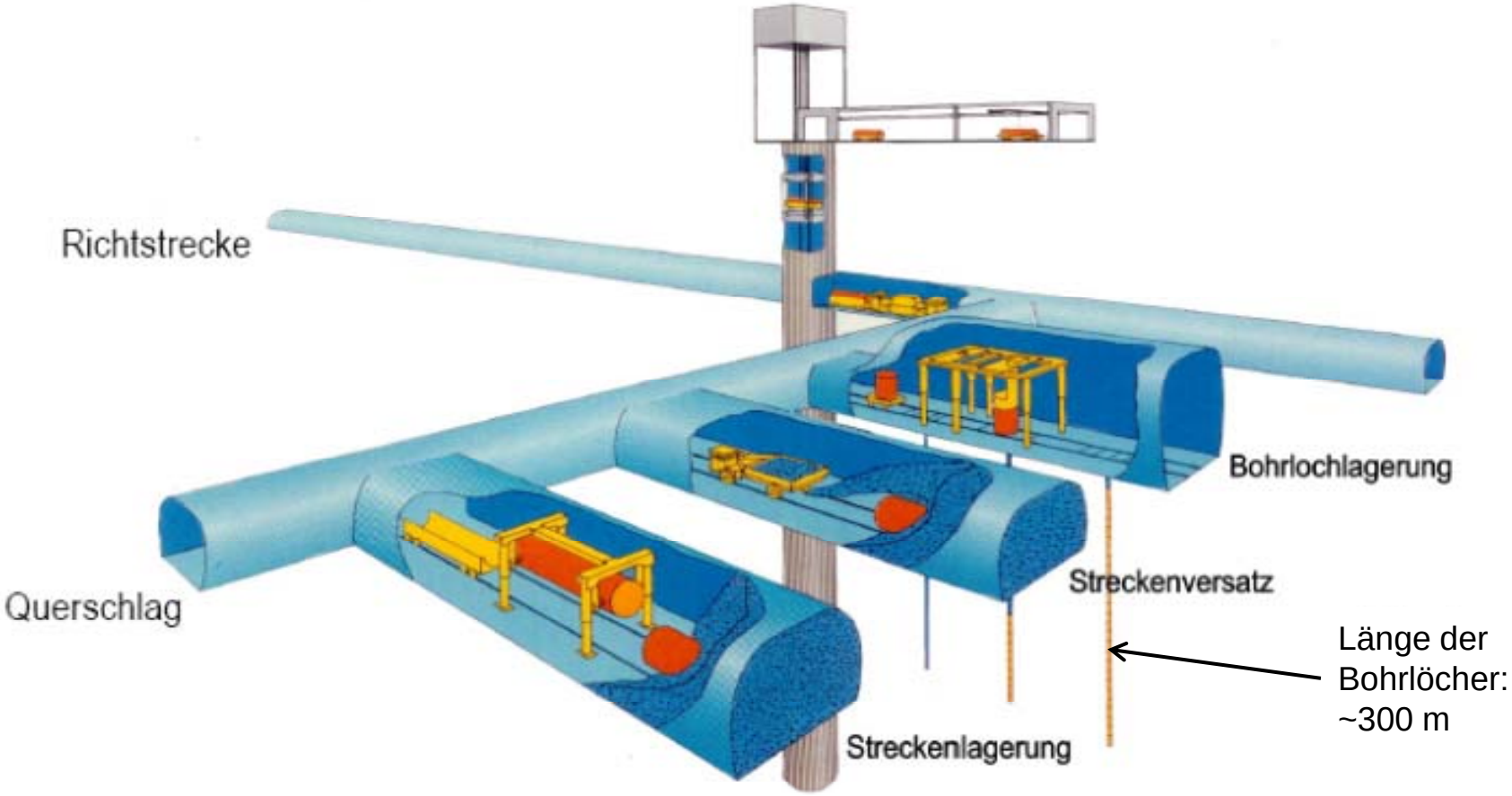
! **bei Streckenlagerung** in "umgekehrter Technik wie Einlagerung" nur solange Strecken offen, mindestens Salzgrus nicht verfestigt

! **bei Bohrlochlagerung ohne gezielte Maßnahmen** (z.B. Verrohrung) zur Aufrechterhaltung des "freien Zugriffs" auf Gebinde **nicht / nur sehr kurze Zeit möglich**, danach nur noch **bergmännische Rückholung**

! **Rückholung aus langen** (insbesondere) vertikalen **Einlagerungsbohr-löchern** praktisch **nicht möglich (evtl. Verrohrung)**

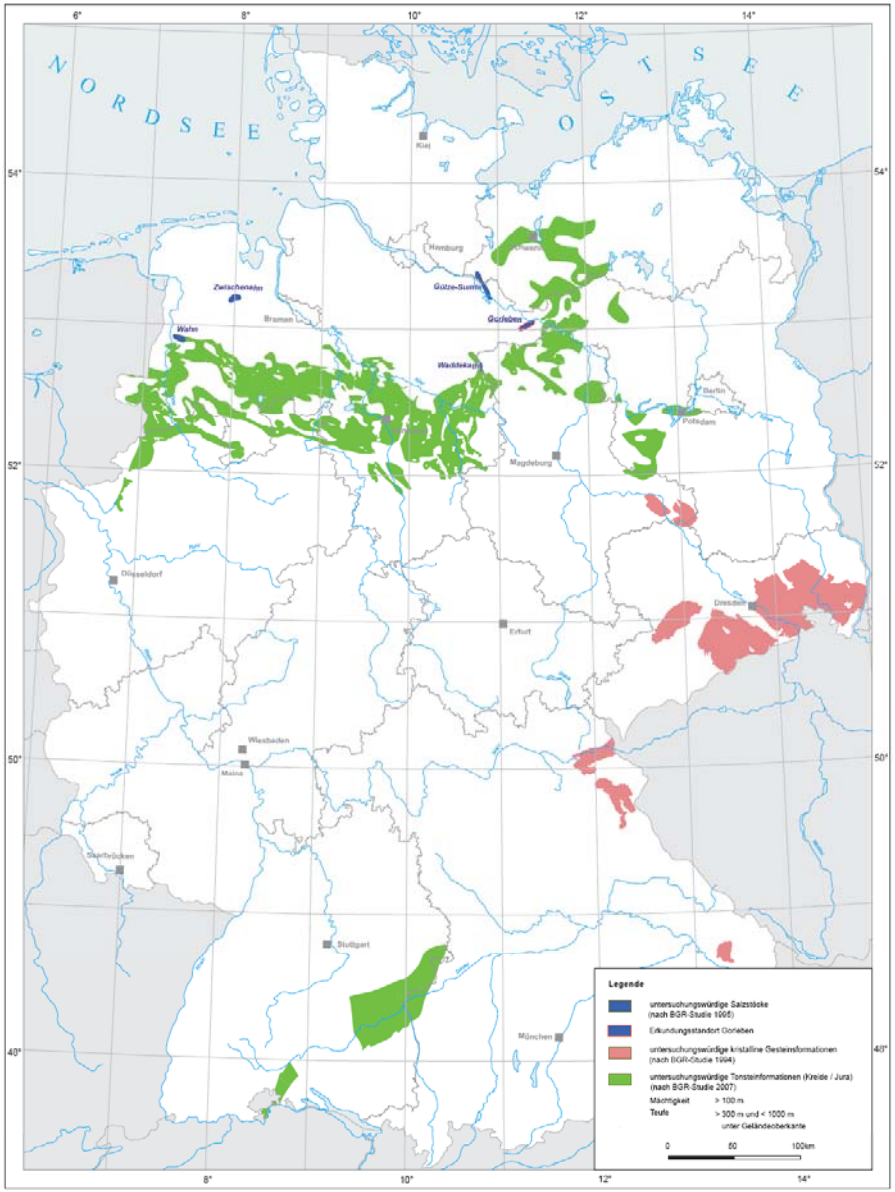
! **Rückholung in den ersten Jahren nach Einlagerung wegen hoher Temperatur aus bergbautechnischen Gründen nur aus "kühlen" Bereichen des Endlagers möglich**

Potenzielle Wirtsgesteinstype - Steinsalz



Einlagerungskonzept HAW in Steinsalz (aus Bollingerfehr 2009)

Potenzielle Wirtsgesteinstypen in Deutschland

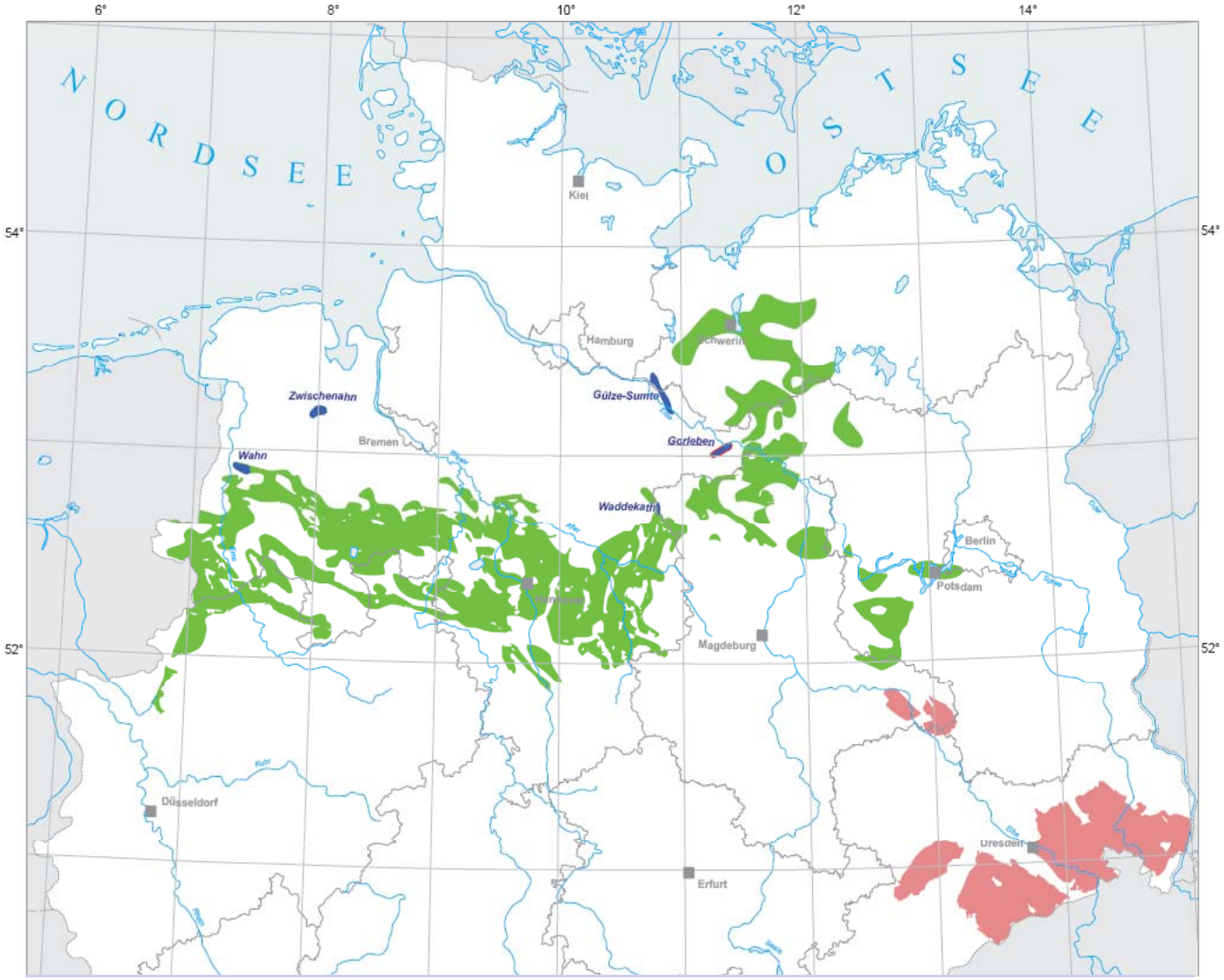


Karte
Untersuchungswürdige
Wirtsgesteinsformationen
In Deutschland

(BGR - http://www.bgr.bund.de/...)

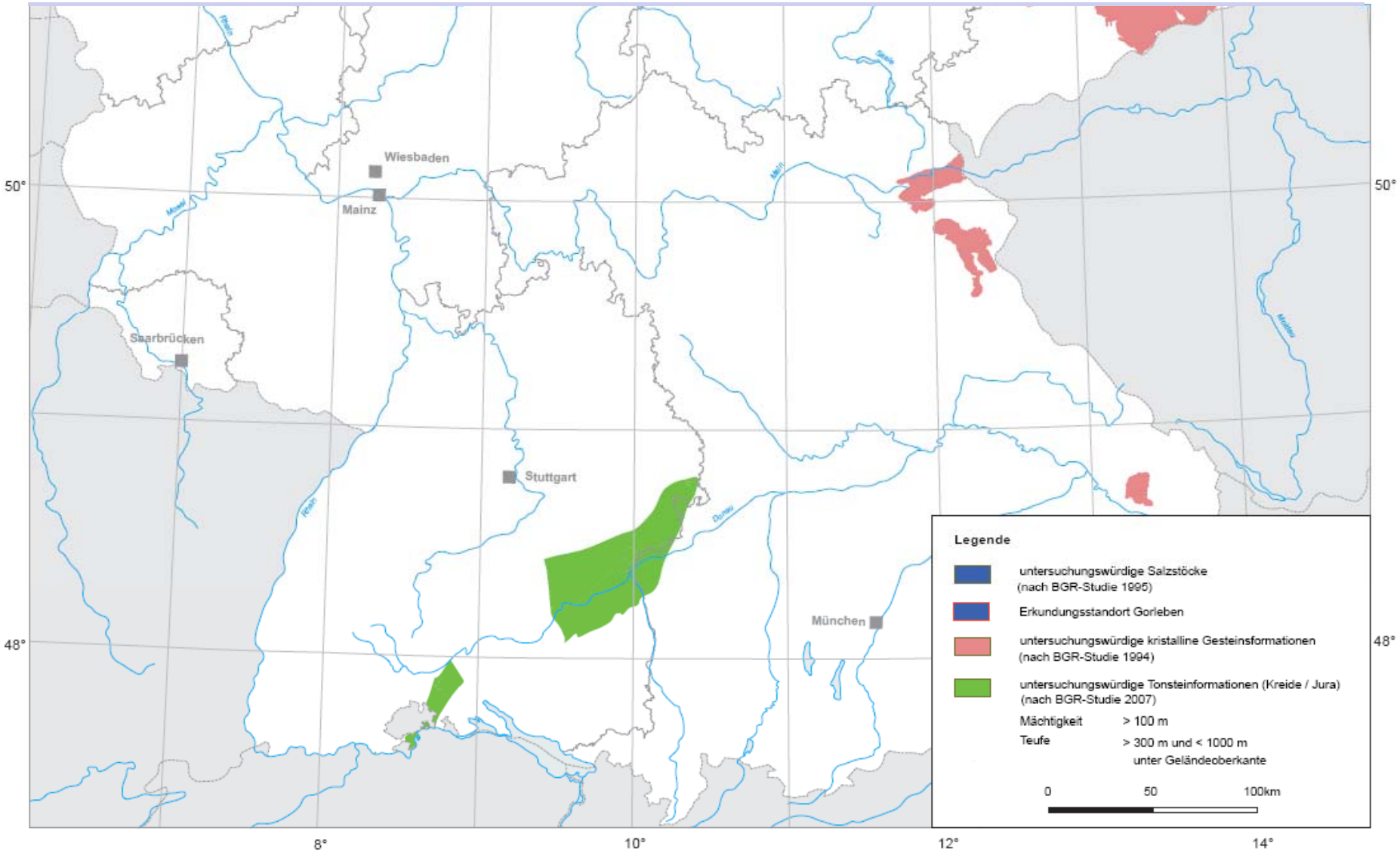
- Tonstein
- Steinsalz (Salzstöcke)
- Kristalline Gesteine (insbes. Granit)

Potenzielle Wirtsgesteinstypen in Deutschland



Untersuchungswürdige Wirtsgesteinsformationen in Deutschland (Nord)

Potenzielle Wirtsgesteinstypen in Deutschland



Untersuchungswürdige Wirtsgesteinsformationen in Deutschland (Süd)

Wahn - möglicher Endlagerstandort?

Salzstock Wahn in bisherigen und (?) künftigen Auswahlverhren

1973-1975 **Auswahlverfahren und Standortvorschlag für Nukleares Entsorgungszentrum (NEZ)**: Salzstöcke Lichtenhorst, Lutterloh, **Wahn**

Frühj. 1976 **Erkundungsbeginn** an den drei Salzstöcken ⇒ **örtliche Proteste**

Feb 1977 **Nds. Landesregierung benennt Salzstock Gorleben,** zuletzt noch mit in der Auswahl: Lichtenhorst, **Wahn**, Höfer (Grube Maria Glück)

Aug 1995 BGR-Bericht: "Endlagerung stark wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen Deutschlands - **Untersuchung und Bewertung von Salzformationen**"

41 Salzstrukturen ⇒ 14 untersuchungswürdige ⇒ 4 untersuchungswürdigere: Waddekath (SA-Nds), **Wahn** (Nds), Zwischenahn (Nds), mit Vorbehalten Gülze-Sumte (MV-Nds)

Infomangel ⇒ Irrtumsvorbehalt ⇒ Untersuchungen erforderlich !!!

Jul 2013 Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für **Wärme entwickelnde (i.W. hochaktive)** radioaktive Abfälle **(Standortauswahlgesetz - StandAG)**