
Voorlichtingsavond van de werkkring "Kein Endlager (Geen Eindopslag)"

3. September 2013, Wipplingen (D)

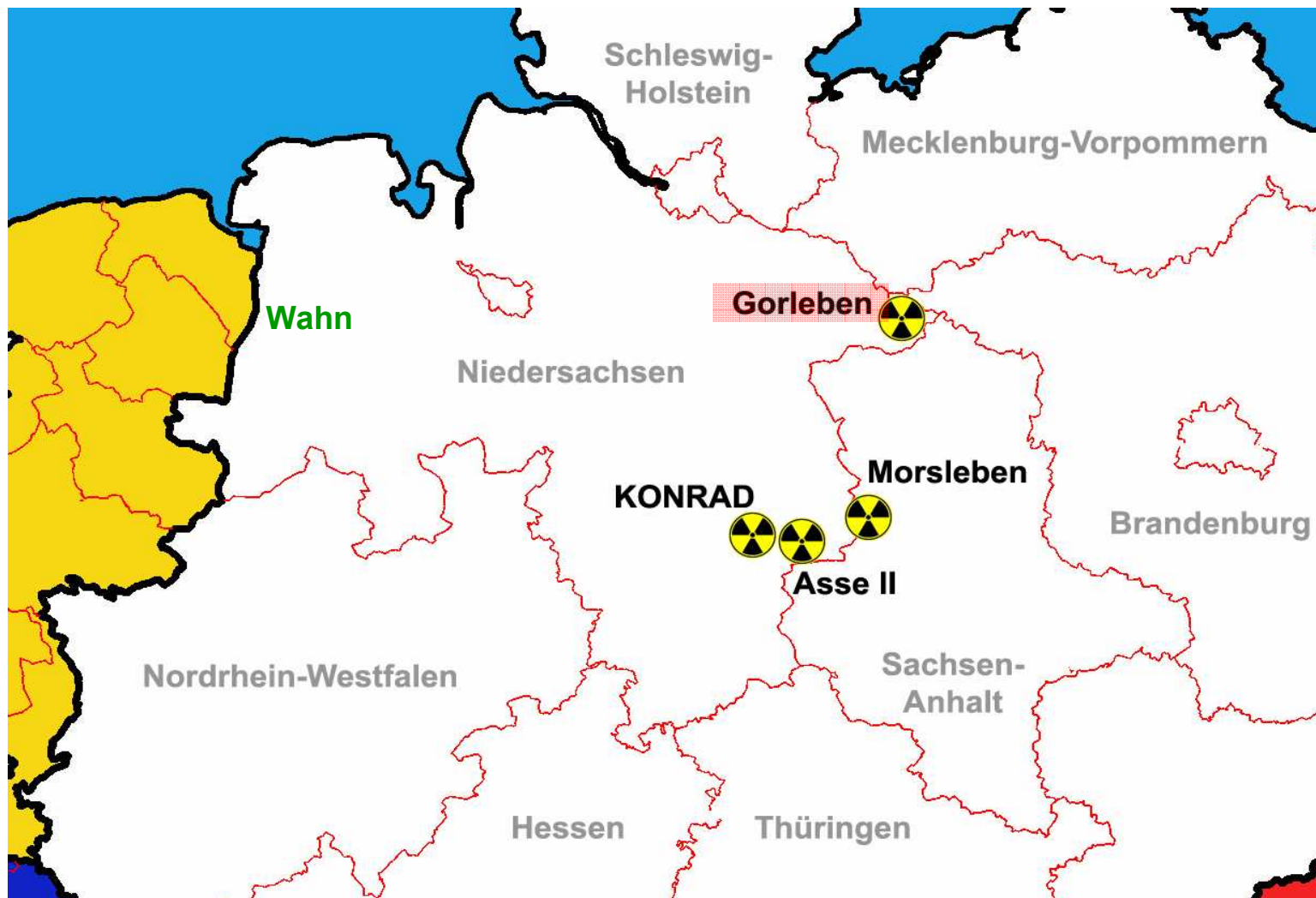
Detlef Appel, PanGeo, Hannover

Nucleair afval in zoutkoepels? Concepten voor de eindopslag van warmte ontwikkelend radioactief afval

Inhoud

- Begripsbepalingen
- Welke opties zijn er m.b.t. radioactief afval?
- Veiligheid bij de opslag van radioactief afval
- Voor- en nadelen van de eindopslag in diepe geologische formaties
- Discussie over alternatieven voor eindopslag
- Potentiële soorten gesteente voor de opslag in Duitsland
- Wahn – een mogelijke locatie voor de eindopslag?

opslagstrategieën voor radioactief afval



Locaties voor mogelijke eindopslag in Duitsland

Begripsbepalingen

actieve veiligheid veiligheid op lange termijn door een systeem van technische barrières (vaten, gebouwen) en maatregelen zoals surveillance, onderhoud van technische barrières

passieve veiligheid veiligheid op lange termijn door geologische barrières en geotechnische barrières

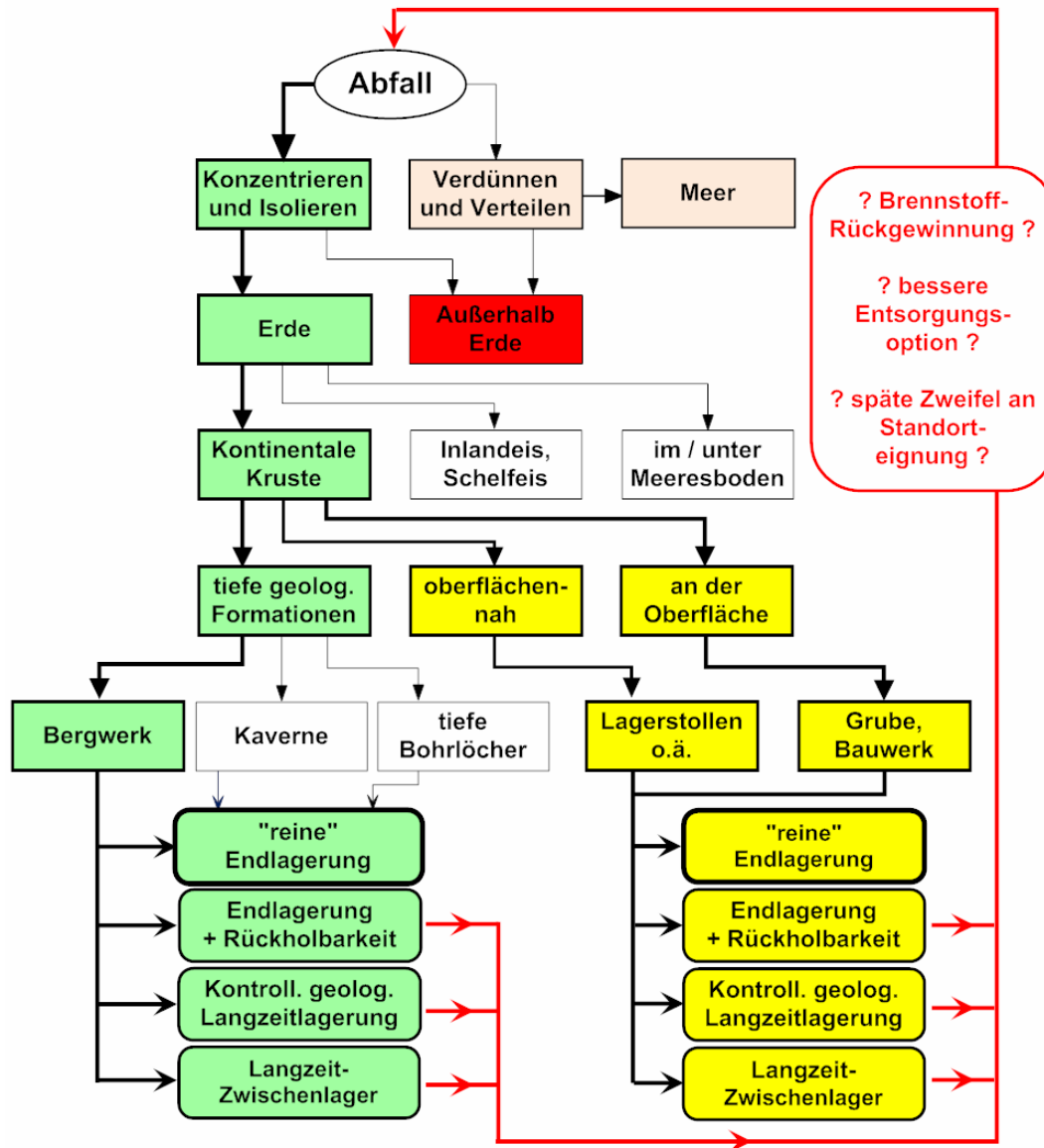
aan te tonen termijn tijdsduur waarvoor in de vergunningsprocedure de veiligheid moet worden aangetoond

terugneembaar technische mogelijkheid om afval uit de eindopslag terug te halen (bijv. door „omkeer“ van de opslagtechniek)

terugnemen daadwerkelijk terugnemen van het afval uit de opslag in noodgevallen

reversibiliteit het ongedaan maken van een beslissing of een geheel proces van besluitvorming

opslagstrategieën voor radioactief afval



Sinds de jaren 50 gediscussiëerde, overwogen of toegepaste strategieën.

Decennialang internationaal voor „HAW/BE“ de voorkeur: „echte“ eindopslag in diepe geologische formaties

En tegenwoordig?

Opslagprincipes (keuze)

"best mogelijke" langdurige (permanente) bescherming van mens en milieu tegen de gevolgen van ioniserende straling (of andere schadelijke gevolgen) door:

- **concentratie en isolatie** van het radioactief afval (permanent of totdat „betere“ oplossingen beschikbaar zijn)
- **opsluiting** van het afval in
 - **geologisch / geotechnisch barrièresysteem** (**passief, eindopslag** in diepe geologische formaties) of
 - **technisch barrièresysteem met nodige maatregelen** voor de functie van het barrièresysteem (actief, tijdelijke opslag, permanente opslag op of vlakbij het aardoppervlak)
- **"Safety first"** als strategie
- aantonen van de vereiste bescherming voor de beoogde duur voor een bepaalde opslag

Geen ontoelaatbaar hoge lasten of verplichtingen voor toekomstige generaties!

BMU (2010):

Veiligheidsvereisten voor de eindopslag van warmte ontwikkelend radioactief afval. Stand 30 september 2010.

- **diepe geologische formatie met een hoge opslagcapaciteit**
- **robuust systeem van barrières**
- **goede globale situaties in geologisch opzicht**
- **geen onderhoud nodig**
- **aan te tonen veiligheid over een tijdsduur van: één miljoen jaar**
- **geloofwaardig en plausibel gedocumenteerde besluitvorming over locatie**
- **terughalen van het afval is niet de bedoeling, maar:**
 - **terugneembaar tijdens de bedrijfsfase (opberging)**
 - **constructie van de vaten moet terughalen toestaan voor een tijdsduur van 500 jaar**

waarom wordt/werd de voorkeur gegeven aan eindopslag?

Voordelen van de eindopslag in diepe geologische formaties

- **grote afstand** afval - biosfeer
- **veiligheidsrelevant element** (geologische barrière) **passief**
⇒ **onderhoudsvrij**: „nazorg“ (observatie, reparatie) niet nodig (moet worden aangetoond!)
- toestand van passieve veiligheid wordt binnen „korte“ termijn bereikt
- **het blokkadevermogen van de geologische barrière** voor radionucliden en andere schadelijke stoffen die door grondwater kunnen worden getransporteerd
- functie en duurzaamheid van belangrijke **eigenschappen van de geologische barrière kunnen in de natuur worden geobserveerd en geconcludeerd**
- **toekomstig gedrag van het systeem kan worden voorspeld** uit de ontwikkeling van de locatie in het geologisch verleden, uitzondering: invloeden door de opslag zelf (afval, mijnwerken).
- **relatief lage kosten**

⇒ **onherroepelijke keuze voor eindopslag in vroeg stadium (zonder intentie van terughalen van het afval)**

Begripsbepalingen

actieve veiligheid veiligheid op lange termijn door een systeem van technische barrières (vaten, gebouwen) en maatregelen zoals observatie, onderhoud van technische barrières

passieve veiligheid veiligheid op lange termijn door geologische barrières en geotechnische barrières

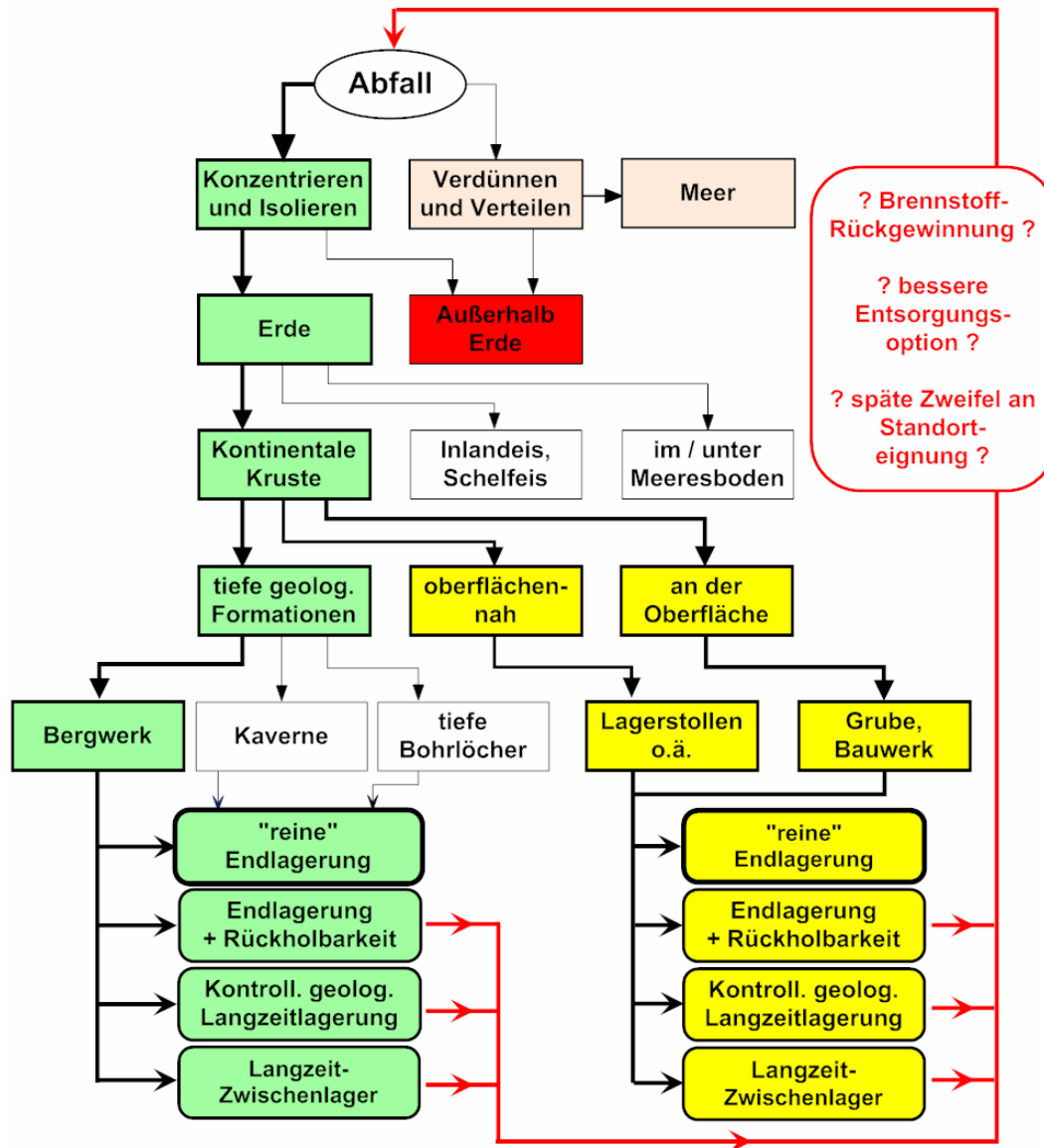
aan te tonen termijn tijdsduur waarvoor in de vergunningsprocedure de veiligheid moet worden aangetoond

terugneembaar technische mogelijkheid om afval uit de eindopslag terug te halen (bijv. door „omkeer“ van de opslagtechniek)

terugnemen daadwerkelijk terugnemen van het afval uit de opslag in noodgevallen

reversibiliteit het ongedaan maken van een beslissing of een geheel proces van besluitvorming

Entsorgungsstrategien für radioaktive Abfälle



**Sinds de jaren 50
gediscussiëerde, overwogen of
toegepaste strategieën.**

Decennialang internationaal voor
„HAW/BE“ de voorkeur:
„echte“ eindopslag in diepe
geologische formaties

En tegenwoordig?

bevorzugt verfolgt

HAW/BE + langl. MAW

LAW + kurzl. MAW

diskutiert

HAW/BE + langl. MAW

LAW + kurzl. MAW

erwogen, aber

derzeit nicht verfolgt

zu gefährlich

eingestellt

Opslagprincipes (keuze)

"best mogelijke" langdurige (permanente) bescherming van mens en milieu tegen de gevolgen van ioniserende straling (of andere schadelijke gevolgen) door:

- **concentratie en isolatie** van het radioactief afval (permanent of totdat „betere“ oplossingen beschikbaar zijn)
- **opsluiting** van het afval in
 - **geologisch / geotechnisch barrièresysteem** (**passief, eindopslag** in diepe geologische formaties) of
 - **technisch barrièresysteem met nodige maatregelen** voor de functie van het barrièresysteem (actief, tijdelijke opslag, permanente opslag op of vlakbij het aardoppervlak)
- **"Safety first"** als strategie
- aantonen van de vereiste bescherming voor de beoogde duur voor een bepaalde opslag

Geen ontoelaatbaar hoge lasten of verplichtingen voor toekomstige generaties!

Sicherheitstechnische Anforderungen

BMU (2010):

Veiligheidsvereisten voor de eindopslag van warmte ontwikkelend radioactief afval. Stand 30 september 2010.

- **diepe geologische formatie met een hoge opslagcapaciteit**
- **robuust systeem van barrières**
- **goede globale situaties in geologisch opzicht**
- **geen onderhoud nodig**
- **aan te tonen tijdsduur: één miljoen jaar**
- geloofwaardig en plausibel gedocumenteerde besluitvorming over locatie
- terughalen van het afval is niet de bedoeling, maar:
 - terugneembaar tijdens de bedrijfsfase (opberging)
 - constructie van de vaten moet terugneming toestaan voor een tijdsduur van 500 jaar

Warum wurde / wird Endlagerung bevorzugt?

Voordelen van de eindopslag in diepe geologische formaties

- **grote afstand** afval - biosfeer
- **veiligheidsrelevant element** (geologische barrière) **passief**
⇒ **onderhoudsvrij**: „nazorg“ (surveillance, reparatie) niet nodig (moet worden aangetoond!)
- toestand van passieve veiligheid wordt binnen „korte“ termijn bereikt
- **het blokkadevermogen van de geologische barrière** voor radionucliden en andere schadelijke stoffen die door grondwater kunnen worden getransporteerd
- functie en duurzaamheid van belangrijke **eigenschappen van de geologische barrière kunnen in de natuur worden geobserveerd en geconcludeerd**
- **toekomstig gedrag van het systeem kan worden voorspeld** uit de ontwikkeling van de locatie in het geologisch verleden, uitzondering: invloeden door de opslag zelf (afval, mijnwerken).
- **relatief lage kosten**

⇒ **onherroepelijke keuze voor eindopslag in vroeg stadium (zonder intentie van terughalen van het afval)**

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, ...**

waarom nu een discussie over alternatieven? (1)

tijd

- Besluitvorming over de voorkeur voor eindopslag decennia geleden.
Omzetten van dergelijke besluiten in de realiteit duurt decennia.

⇒ **nagaan of**

- gekozen optie nog steeds voldoet aan de stand van de wetenschap en techniek.
- nieuwe feiten of vindingen een verandering van strategie nodig maken.

- **betrokkenheid en betrekken**

- **veranderingen tijdens het omzetten van de opslagstrategie**
 - delen van de bevolking zijn concreet betrokken ⇒ veranderingen in de waarneming en de beoordeling van mogelijke risico's.
 - samenstelling van de groep van de belanghebbenden ("stakeholder") verandert.
 - bereidheid tot deelname en intensiteit van de deelname nemen toe.

waarom nu een discussie over alternatieven? (2)

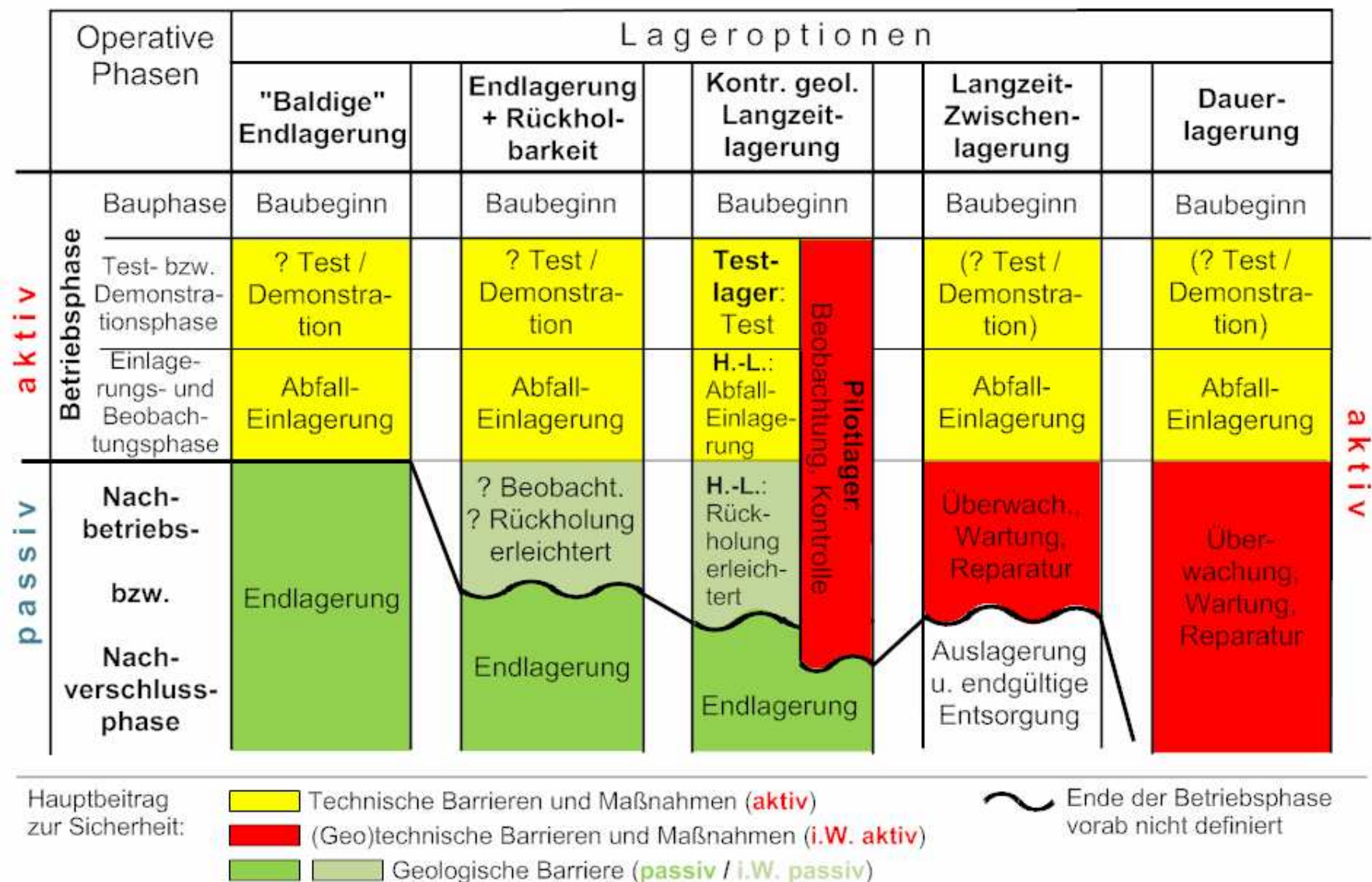
ervaringen met besluitvormingen bij opslag

- **procedures ter besluitvorming**, bijv. bepalen van de opslagstrategie werden oorspronkelijk als puur **technische taak** opgevat.
- **tegenslagen** bij nationale procedures resp. het falen daarvan **in jaren 70 tot 90 als gevolg van het gebrek aan vertrouwen van de bevolking** in de verantwoordelijke instanties en het negeren van interesses en behoeften van belanghebbenden.
- **sinds jaren 90** in sommige landen inspanningen om vertrouwen terug te winnen
⇒ aanpassing van lopende / opstarten van nieuwe procedures ter besluitvorming, daarbij rekening houdend met **ethische en sociale aspecten, erbij betrekken van belanghebbenden** (sinds ongeveer 2000 zijn internationale organisaties, EC / Euratom, OECD/NEA, IAEA, belast met participatie van stakeholders).

⇒ rekening houden met **ethische en sociale aspecten en het erbij betrekken van belanghebbenden** worden tegenwoordig als belangrijke vereisten gezien voor succesvolle besluitvorming met duurzame uitkomsten.

⇒ **besluitvorming = een socio-technische taak**

momenteel gaande discussie over opslagstrategieën



argumenten voor alternatieven voor de eindopslag

- **mogelijkheid tot reageren voor het geval dat de locatie niet geschikt is** ?
- **door onderzoek en observeren wordt kennis over de eindopslag verbeterd en daardoor de kwaliteit verbeterd** (!)
- **reactie op onvoorziene gebeurtenissen** ?
- **wachten op betere strategieën, zoals afscheiden en omvormen (partitioning & transmutation - P&T)** ?
- **rechtvaardig tegenover huidige generatie: democratische deelname aan besluitvorming** !
- **rechtvaardig tegenover toekomstige generaties: mogelijkheid tot ingrijpen/handelen blijft bewaard** ?
- **duurzaamheid: later hergebruik wordt vergemakkelijkt** ?
- **bevordering van de acceptatie** ! / ?

scepticisme tegenover alternatieven voor eindopslag

...maar scepticisme tegenover terugneembaar opgeslagen afval om geologische redenen

- **open houden** van de eindopslag (mijn), vooral over lange tijd vormt een **veiligheidsrisico**
 - ⇒ toegangswegen tot afval zijn ook **waterwegen**
 - ⇒ open holten en warmte kunnen **mechanische/waterbouwkundige gevolgen** hebben die **relevant zijn voor de veiligheid**
- **kan de informatie die nodig is om de prognoses zekerder te maken überhaupt worden vergaard** als de eindopslag open wordt gehouden?
 - ⇒ de lange termijn situatie wordt pas later bereikt
- **bescherming van mens en milieu** moet voor uiterst lange termijnen worden gewaarborgd door **actieve maatregelen**
- **! prognoses over toekomstige ontwikkelingen in de samenleving zijn onzekerder dan prognoses over geologische systemen !**

conclusie alternatieven voor de eindopslag

als wordt gekozen voor eindopslag met mogelijkheid tot terughalen dan:

- **niet inleveren op de veiligheid** door de voorkeur te geven aan actieve veiligheidselementen i.p.v. passieve (geologisch/geotechnisch), dit zowel in de normaaltoestand als bij calamiteiten

∀ ⇒ aantonen van de veiligheid over de hele opslagperiode
⇒ "ooit" veranderen in eindopslag

- **gedefinieerde veiligheidsrelevante doelstellingen**
⇒ aantonen van de doelgerichtheid en bereikbaarheid van de doelstellingen

- duidelijke **tijdslijn**
⇒ regelmatig nagaan of doelen bereikt/bereikbaar

- **beschikbare techniek** voor het terughalen

- **eindopslag zodanig ontwerpen** dat het terughalen vergemakkelijkt wordt

- **werkend observatiesysteem** voor de gehele tijdsduur

institutionele en financiële **voorzieningen voor observatie en terughalen**

voor de opslag geschikte soorten gesteenten in Duitsland

<i>Eigenschaft</i>	Steinsalz	Ton / Tonstein	Kristallingest. z.B. Granit
Temperaturleitfähigkeit	hoch	gering	mittel
Durchlässigkeit	praktisch undurchlässig	sehr gering bis gering	sehr gering (ungeklüftet) bis durchlässig (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
Temperaturbelastbarkeit	hoch	gering	hoch

voor de eindopslag relevante eigenschappen van soorten gesteente in Duitsland

(uit BGR (2006))

	günstig
	mittel
	ungünstig

dt. Ton = klei; Tonstein = kleigesteente

voor de opslag geschikte soorten gesteenten in Duitsland

<i>Komponenten</i>	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 erforderlich
Behälterkonzept	vorhanden	für Deutschland neu zu entwickeln	für Deutschland neu zu entwickeln
Bergbauerfahrung	sehr groß (Salzbergbau)	kaum	groß (Erzbergbau)

kenmerken van concepten in mogelijke opslaggesteenten in Duitsland

(uit BGR (2006))

	günstig
	mittel
	ungünstig

voor de opslag geschikte soorten gesteenten in Duitsland

verslag (BfS*) "vergelijking van gesteenten voor opslag - synthese" (2005)

Geen onmiskenbaar voordeel van een type gesteente (zout, klei, graniet)

- geen van de drie gesteenten is veiliger dan de anderen onder alle omstandigheden
- ranglijst van de soorten gesteenten niet zinvol

⇒ onderzoek naar voordelen van gesteenten alleen bij vergelijking van locaties

- voor alle relevante gesteenten kunnen aangepaste concepten voor de eindopslag worden ontwikkeld
- veiligheidsrelevante eigenschappen variëren - vandaar vergelijking van gesteenten alleen specifiek per locatie

* BfS – Bundesamt für Strahlenschutz = Duits agentschap voor de bescherming tegen straling

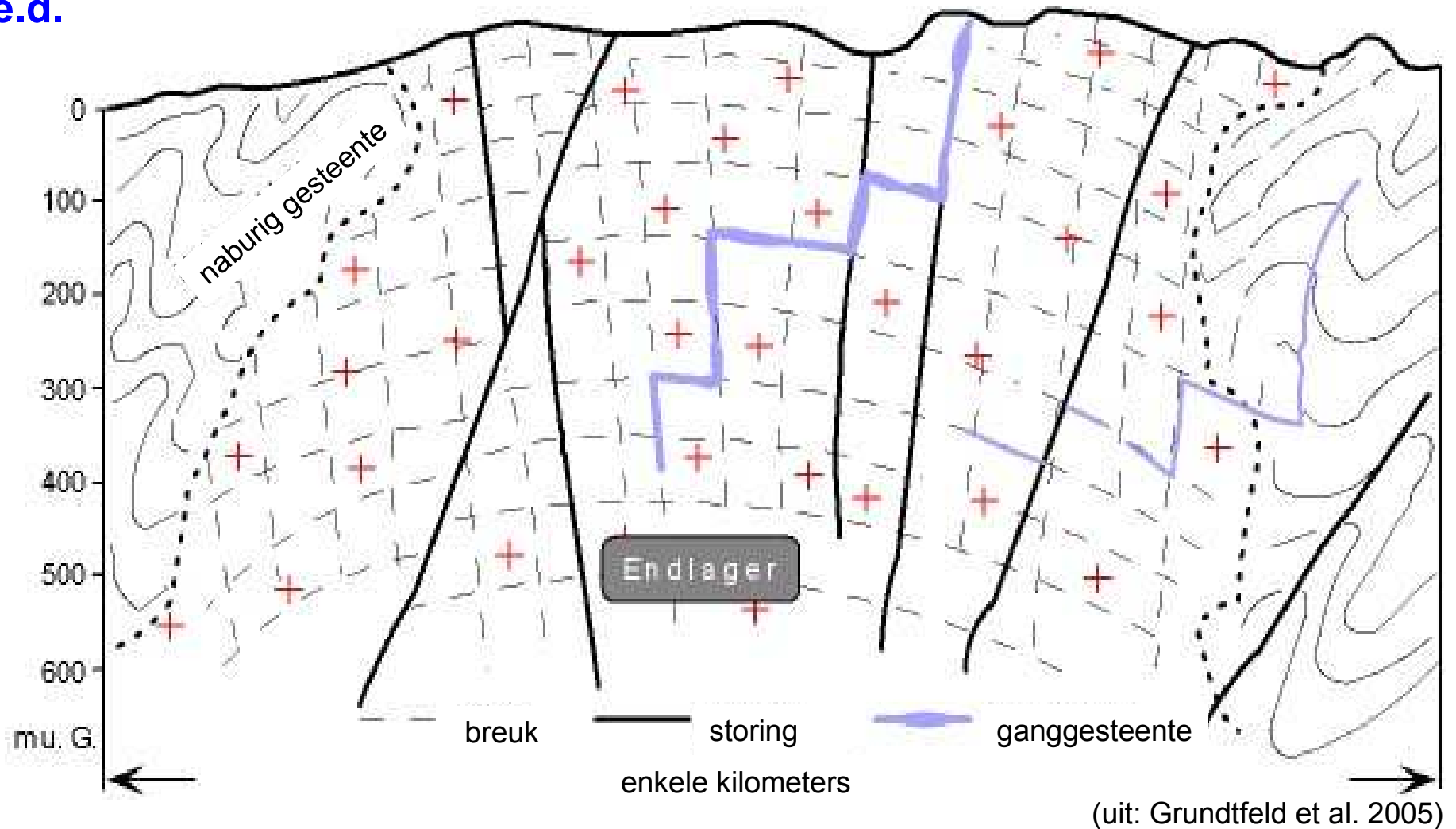
voor de opslag geschikte soorten gesteenten in Duitsland

verslag (BfS*) "vergelijking van gesteenten voor opslag - synthese" (2005) - (vervolg):

reguleringsbehoefte bij formulering van doelstellingen eindopslag

- aan te tonen tijdsduur (+/- 1 miljoen jaar)
- doelstellingen voor de bescherming van mens en milieu bij vrijkomen van chemotoxische en radioactieve stoffen
- evaluatie van de waarschijnlijkheid bij veiligheidsanalyses
- eisen aan het veilig opsluiten van schadelijke stoffen
- relevantie van de respektievelijke barrières in een concept bestaande uit meerdere barrières
- relevantie van scenario's bij te verwachten of buitengewone ontwikkelingen en bepaalde scenario's bij onopzettelijk binnendringen van mensen in een eindopslag
- terughalen van afval ?/! ("veiligheidseisen aan de eindopslag van warmte ontwikkelend afval", stand 30-9-2010)**

voor de opslag geschikte soorten gesteenten in Duitsland - graniet e.d.



schematische doorsnede (bijv. graniet)

eigenschappen van potentiële opslaggesteenten - graniet e.d.

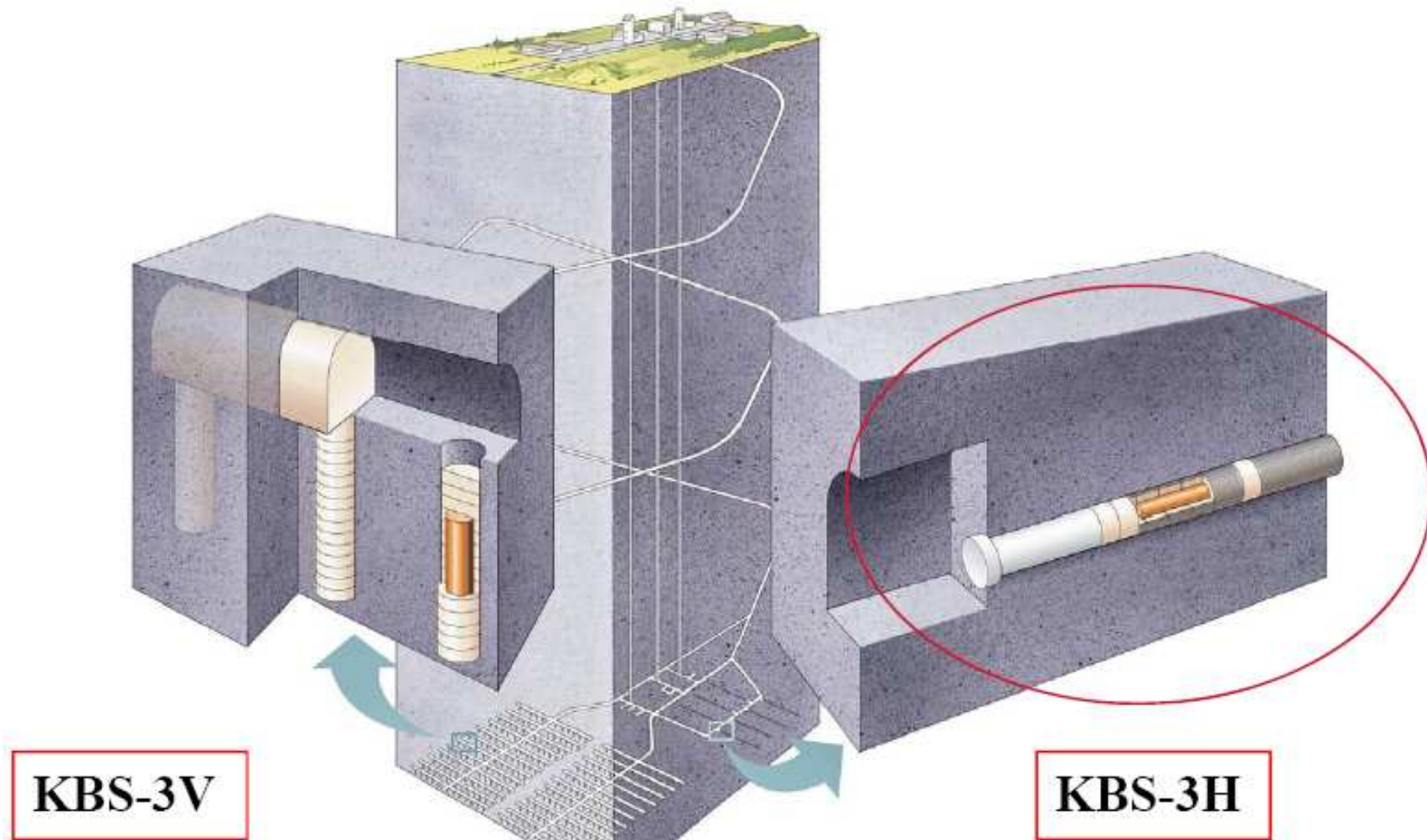
Graniet

keuze van graniet voor eindopslag in **Zweden**, Finland, Canada

belangrijke eigenschappen

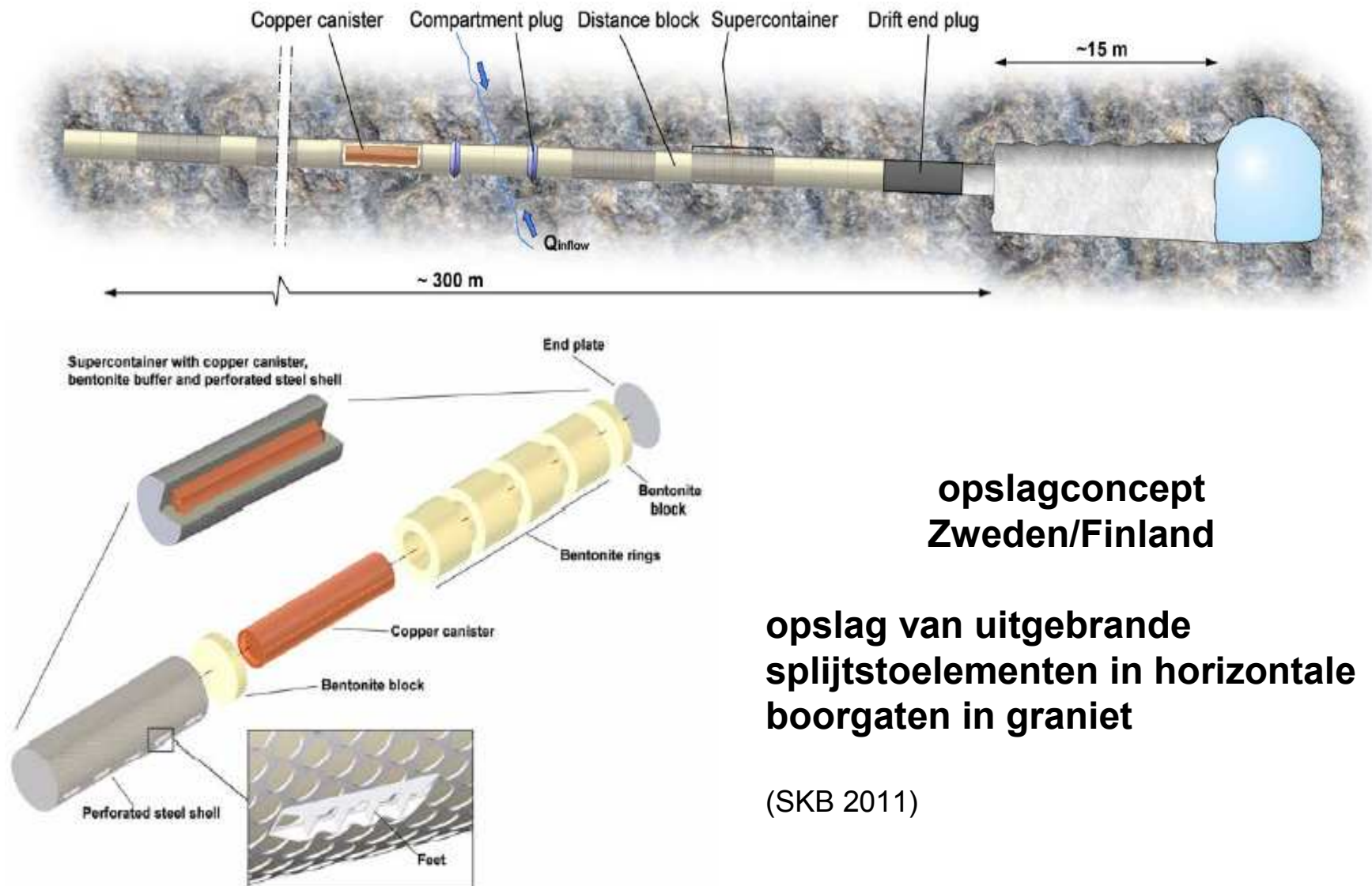
- **relatief hoge doorlaatbaarheid voor water** (waterhoudende breuken en voegen)
 - ⇒ **massieve koperen vaten staan garant voor langdurige veiligheid**
 - ⇒ **Bentonitdichtingen** ter bescherming van de vaten tegen binnendringen van water (corrosie) en het afsluiten van boorgaten
 - ⇒ **zweelbaar materiaal** voor afsluiting van ondergrondse trajecten
- **mechanisch vast** (indien geen breuken aanwezig)
 - ⇒ **uitbouw niet** of in mindere mate nodig
 - ⇒ **holten blijven stabiel van vorm voor relatief lange tijd**
- ! **terughalen van vaten** na verwijderen van bentoniet in trajecten en boorgaten (door "spoelen" met zoutwater) totdat toegangspaden afgesloten worden **met "omgekeerde opslagtechniek" mogelijk**

voor de opslag geschikte soorten gesteenten - graniet e.d.

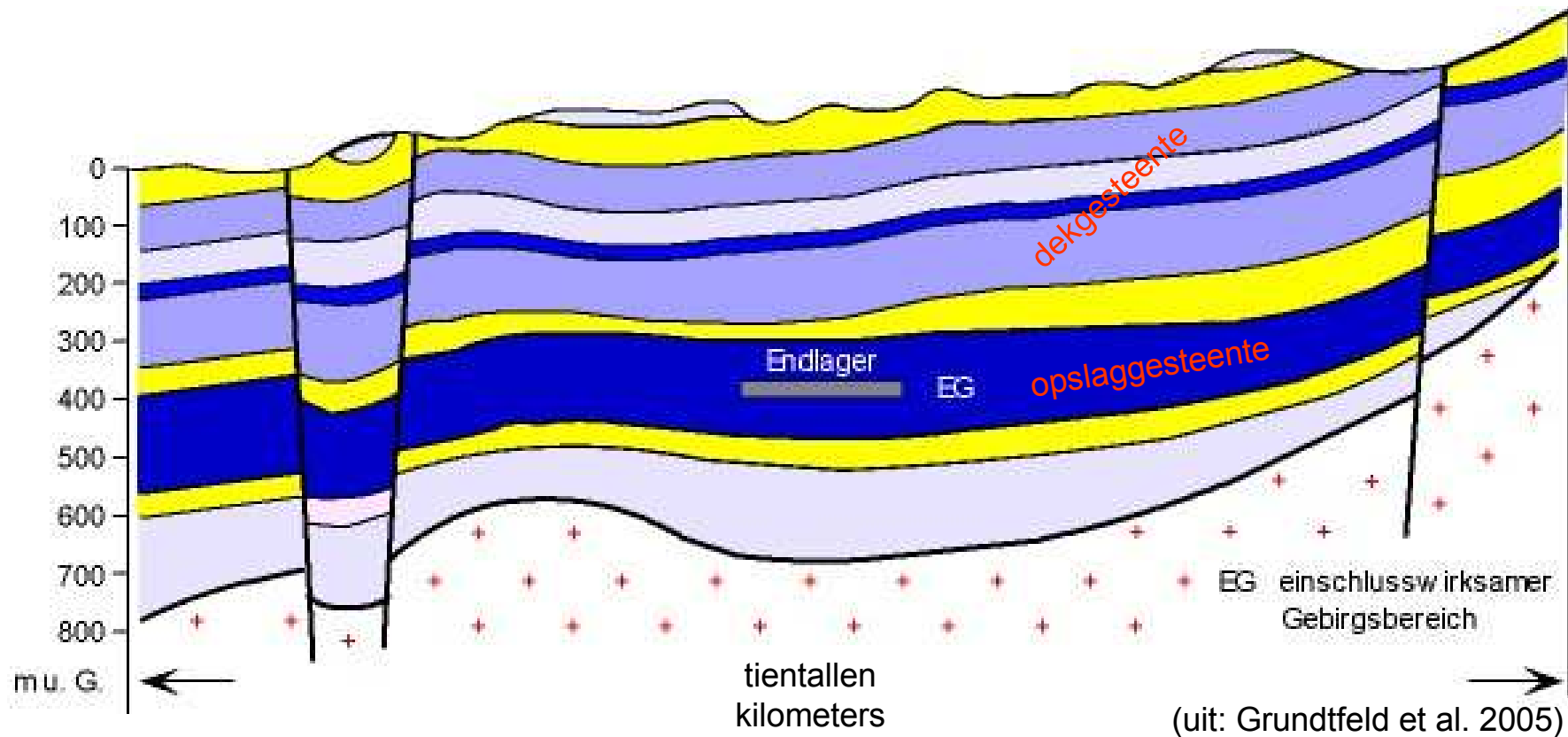


**opslagconcept Zweden/Finland - opslag van uitgebrande splijtstofelementen
in verticale of horizontale boorgaten in graniet (SKB 2011)**

voor de opslag geschikte soorten gesteenten - graniet e.d.



voor de opslag geschikte soorten gesteenten - kleisteen



doorlaatbaarheid voor water (sedimentsgesteente): hoog matig gering zeer gering
karakteristiek gesteente: zandsteen kleisteen

doorsnede door een eindopslag in een formatie van kleisteen

voor de opslag geschikte soorten gesteenten - kleisteen

kleisteen

- **gesteente gekozen voor de opslag** in **Frankrijk** (terughaalbaarheid van 100 jaar voorgeschreven door de wet), **Zwitserland**, (België: klei)
- **geringe tot zeer geringe doorlaatbaarheid voor water, geologische barrière moet veiligheid op lange termijn waarborgen (passief, onderhoudsvrij)**
- afsluiten van de holten en toegangspaden met **Bentoniet** / kleihoudend zwelbaar materiaal
- **mechanisch gedrag: plastisch** tot **broos**, lage **tot middelhoge hardheid**
 - ⇒ **opslagholten slechts vormstabiel voor de "korte" termijn**, de boorgaten moeten daarom met beton worden uitgebouwd
 - ⇒ voor grote opslagruimtes (opslag in trajecten) voor lange tijdsduur **uitbouw nodig** (hoe dieper hoe meer)
- **betonnen uitbouw verandert het chemisme van het poriënwater**
 - ⇒ transport van radionucliden eerder mogelijk maken

voor de opslag geschikte soorten gesteenten - kleisteen

kleisteen

- **ondergrondse ventilatie van de voor de opslag aangelegde mijn leidt tot uitdrogen van het gesteente** (verminderde stabiliteit / verhoogde doorlaatbaarheid!) en het wordt tijdelijk minder zwelbaar

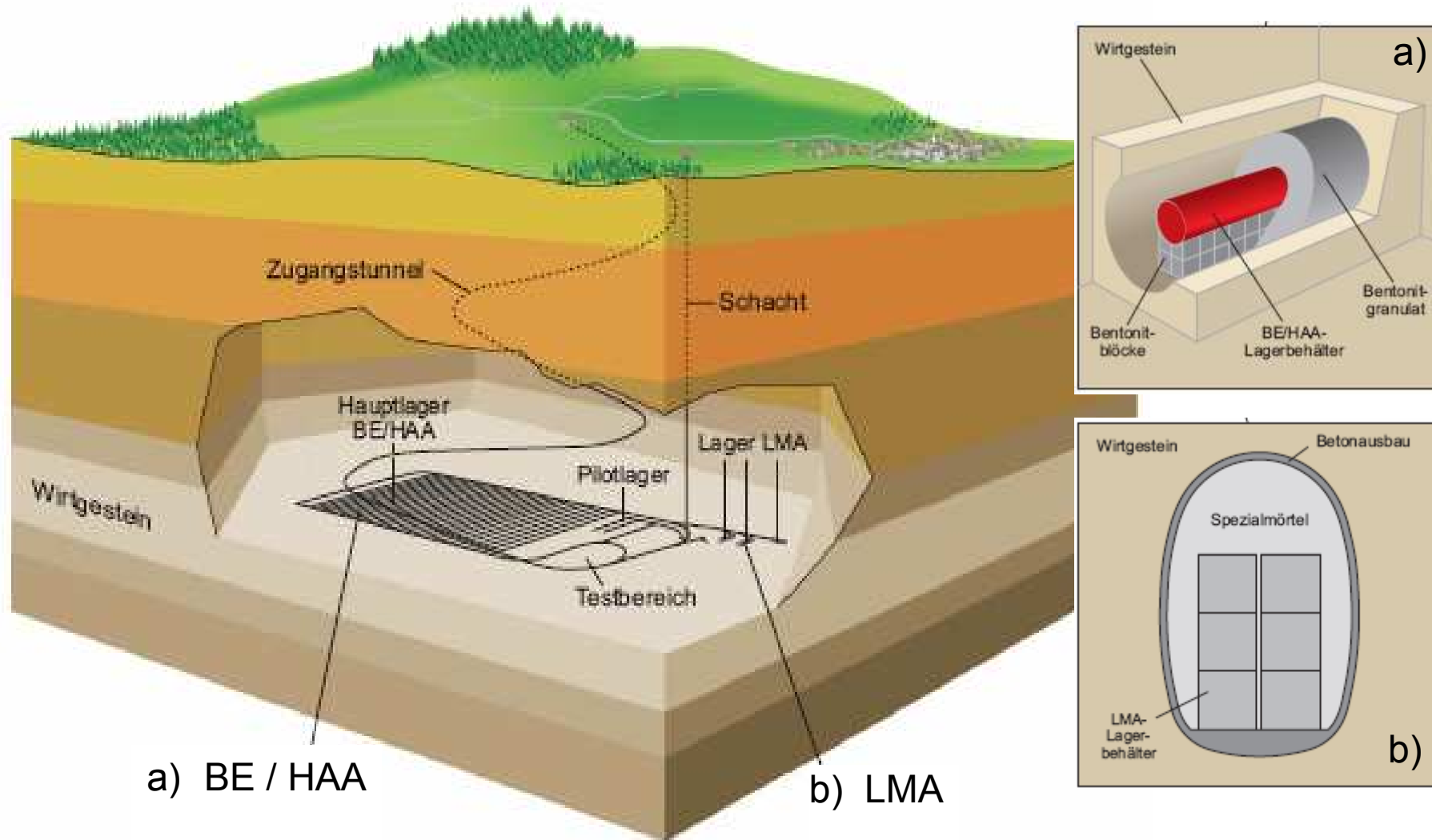
terughalen van vaten door "omkeer van opslagtechniek"

! bij **opslag in trajecten**: alleen zolang het traject open is

! bij **opslag in boorgaten**

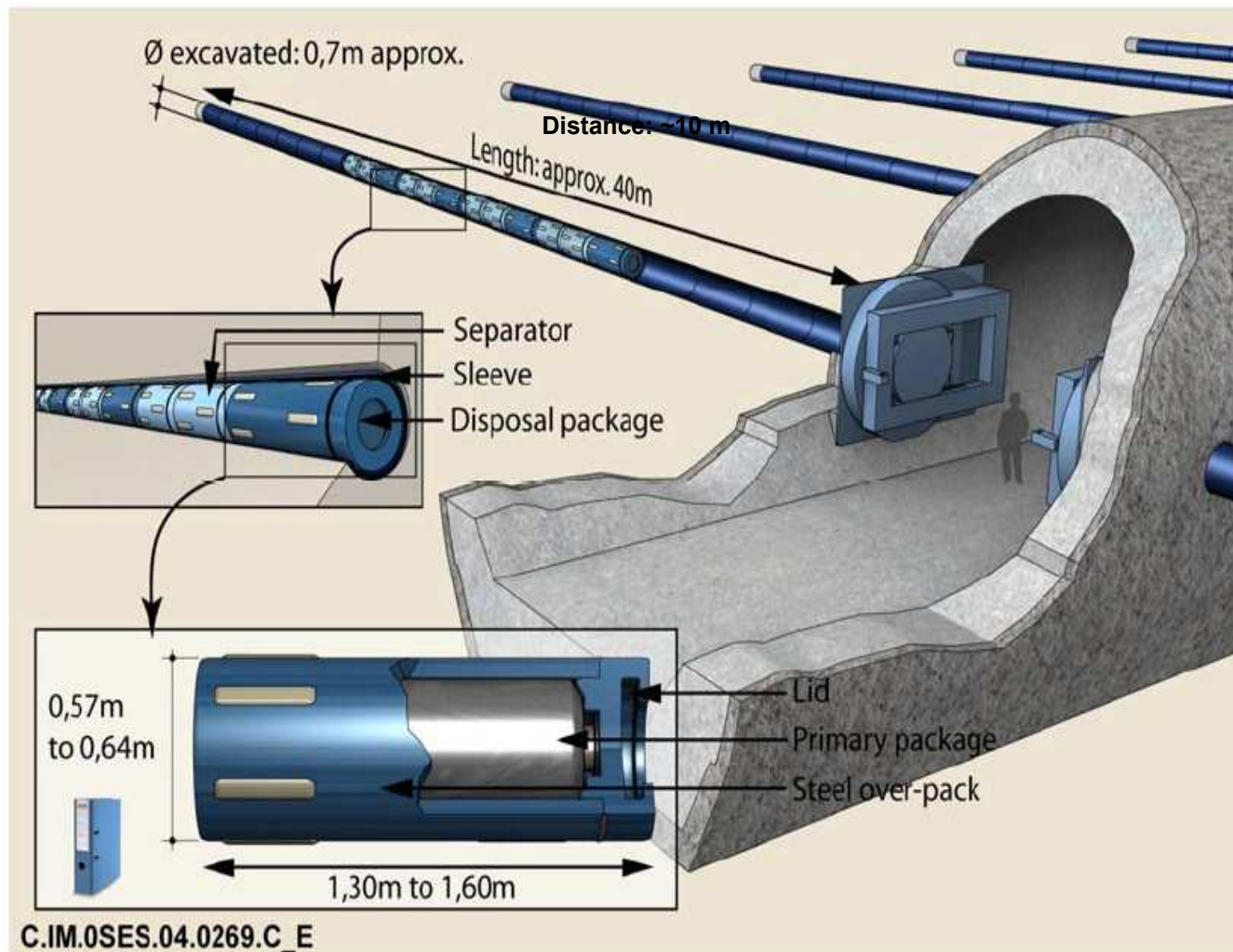
- **zonder uitbouw**: alleen zolang het bentoniet nog niet is gezwollen en alleen uit korte boorgaten
- **met uitbouw** om de vaten toegankelijk te houden, zolang toegangstraject open is

voor de opslag geschikte soorten gesteenten - kleisteen



**blokschema "geologische opslag op grote diepte" in Zwitserland
(terughaalbaar) (NAGRA 2008)**

voor de opslag geschikte soorten gesteenten - kleisteen

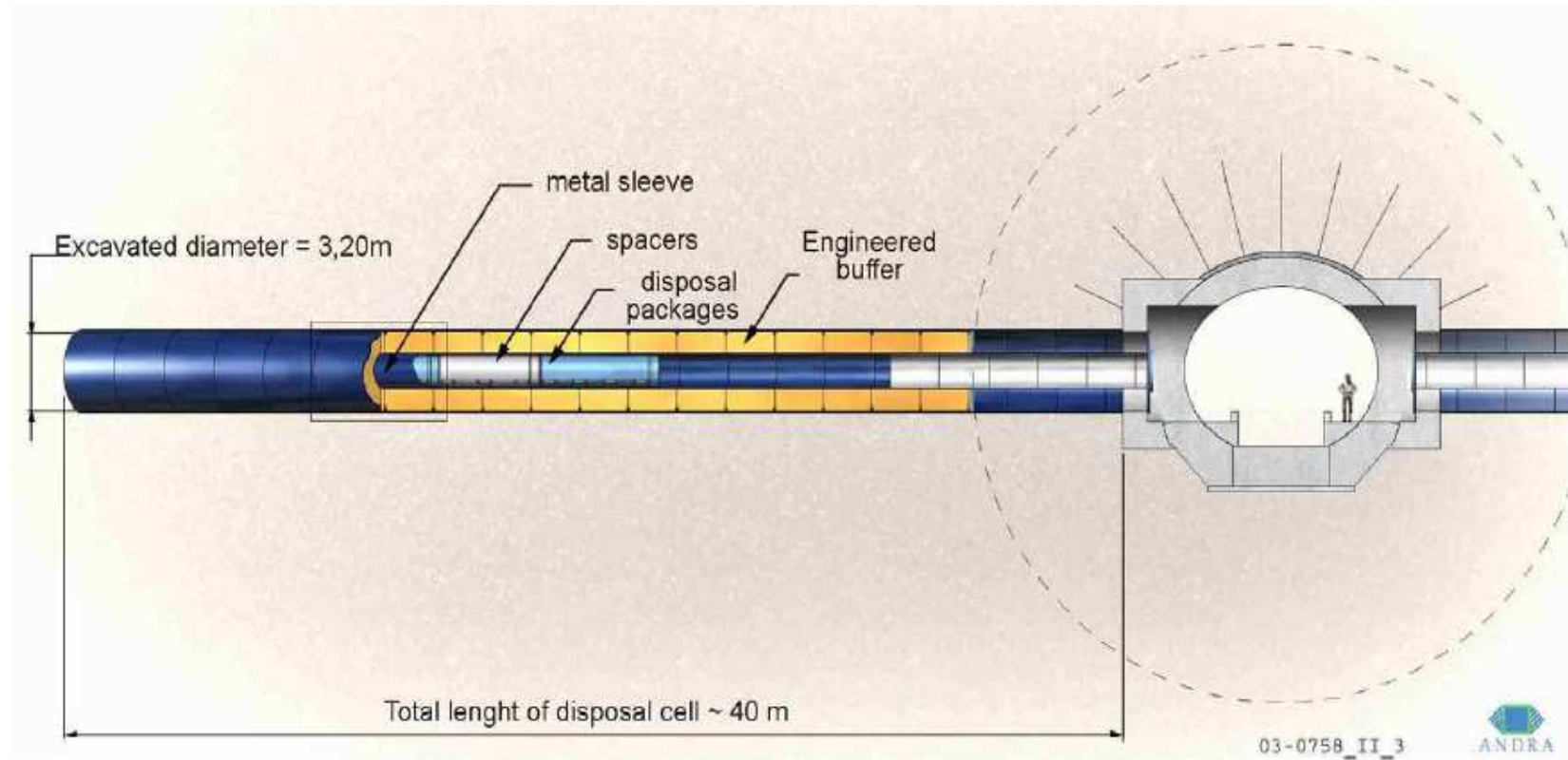


**opslagcel voor
hoog radioactief
afval in glas**

**concept Frankrijk
(terughaalbaar)**

(ANDRA 2005)

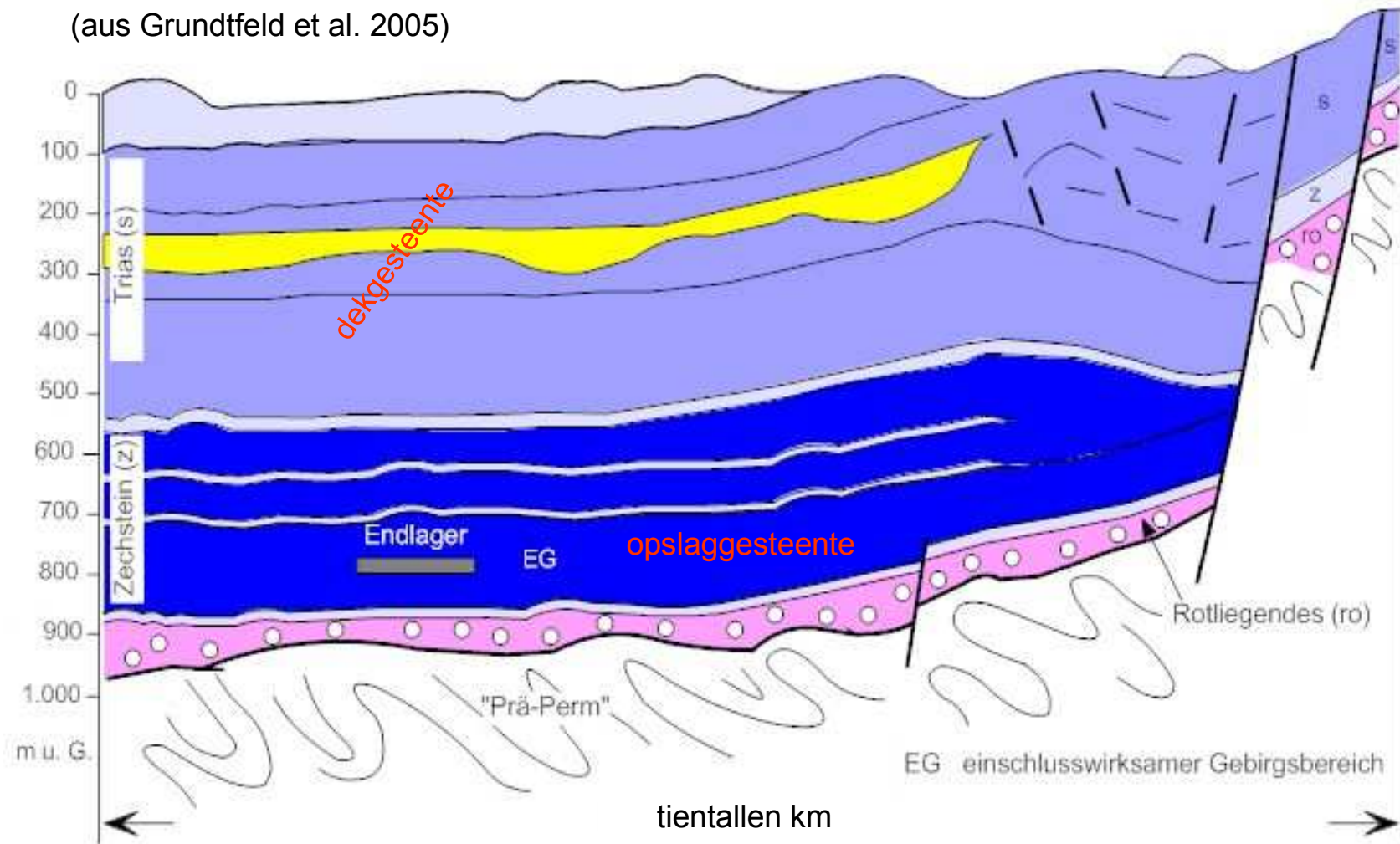
voor de opslag geschikte soorten gesteenten - kleisteen



**opslagcel voor uitgebrande splijtstofelementen - concept Frankrijk
(tgerughaalbaar) (Pettersson et al. 2008)**

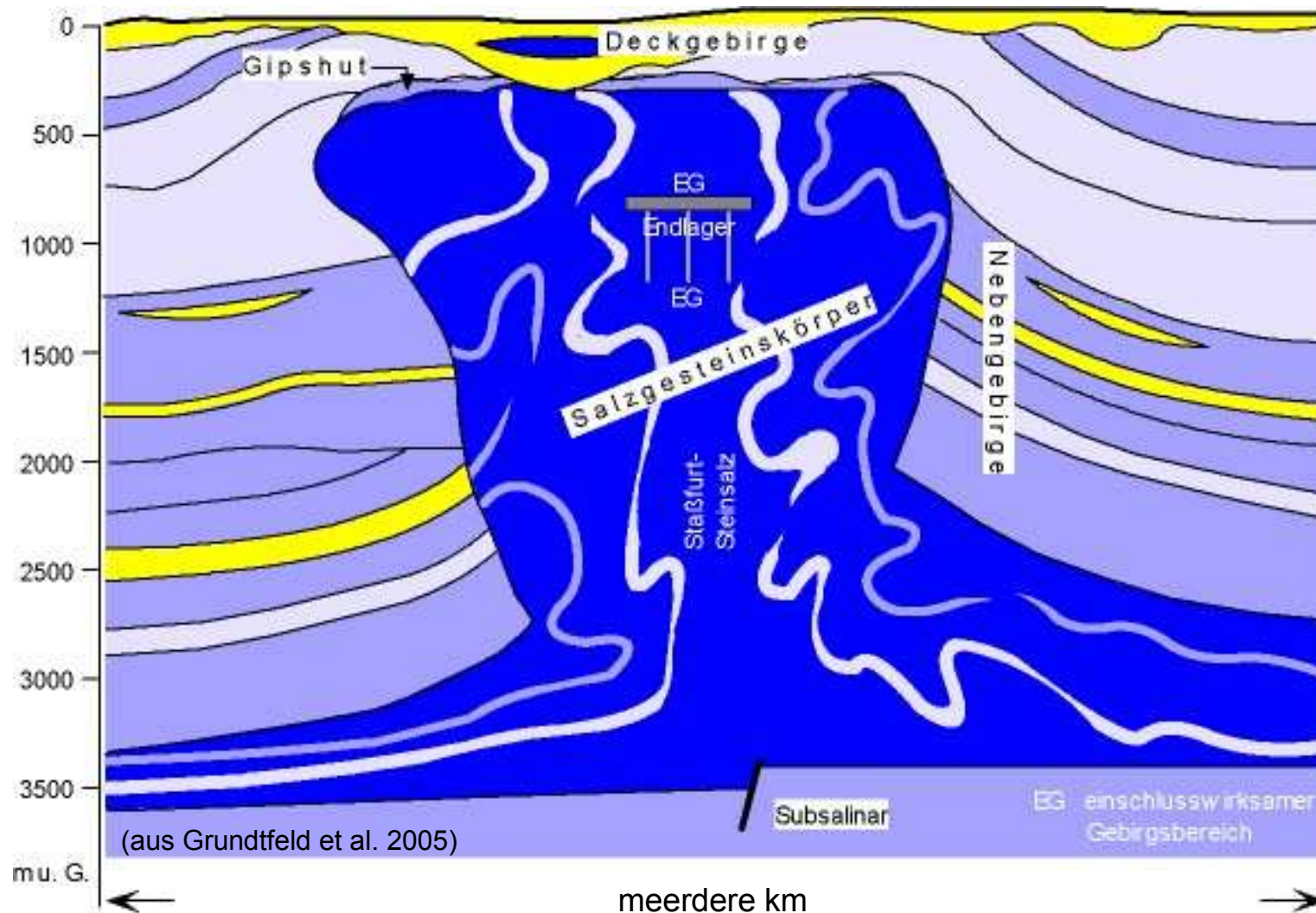
voor de opslag geschikte soorten gesteenten - steenzout

(aus Grundtfeld et al. 2005)



**doorsnede door eindopslag in steenzout
(vlakke opslag)**

voor de opslag geschikte soorten gesteenten - steenzout



schema doorsnede eindopslag in steenzout (zoutkoepel)

voor de opslag geschikte soorten gesteenten - steenzout

steenzout

- **keuze voor steenzout, eindopslag in zoutkoepel in Duitsland**, evtl. Nederland,
reeds gebruikt in USA (WIPP, vlakke opslag)
- **zeer geringe doorlaatbaarheid, met andere woorden: "dicht", geologische barrière waarborgt veiligheid op lange termijn (passief, onderhoudsvrij)**
- zoutgrit (kleine zoutsteentjes om gaten en trajecten af te sluiten) krijgt onder druk dezelfde eigenschappen als "ongestoord" steenzout
- **visco-plastisch gedrag** (convergentie, verhoogde snelheid door warmte)
 - ∇ ⇒ **"snel" afsluiten van holten**
 - ⇒ **plek holten veilig maar niet vormstabiel**
 - ⇒ **ringruimte** bij boorgaten voor de opslag wordt snel gesloten
 - ⇒ in trajecten die met zoutgrit zijn voorzien zijn extra bouwerken nodig om de opslag af te dichten (i.v.m. mogelijk binnendringen van zoutoplossing)

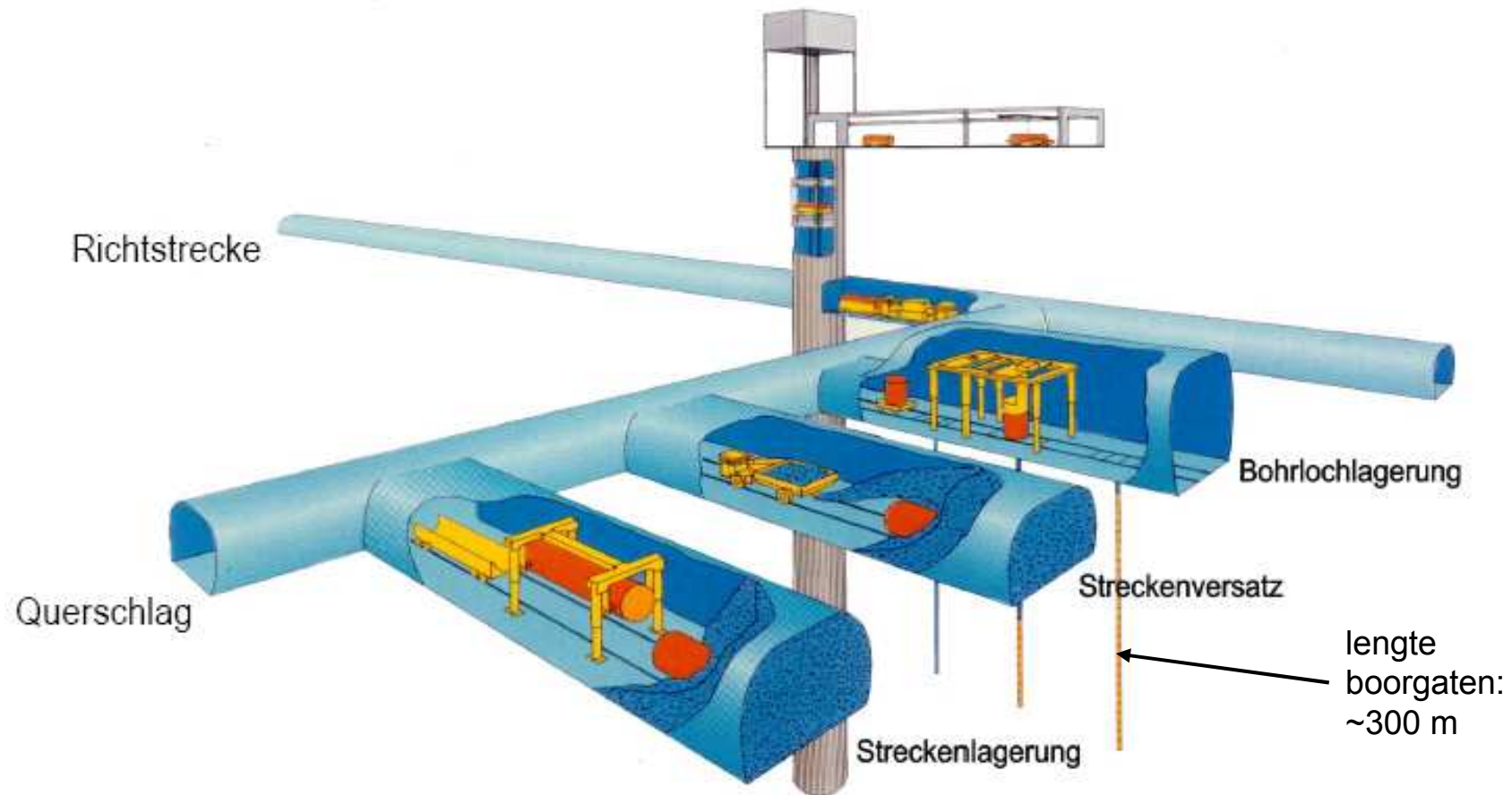
voor de opslag geschikte soorten gesteenten - steenzout

steenzout

terughalen van de vaten

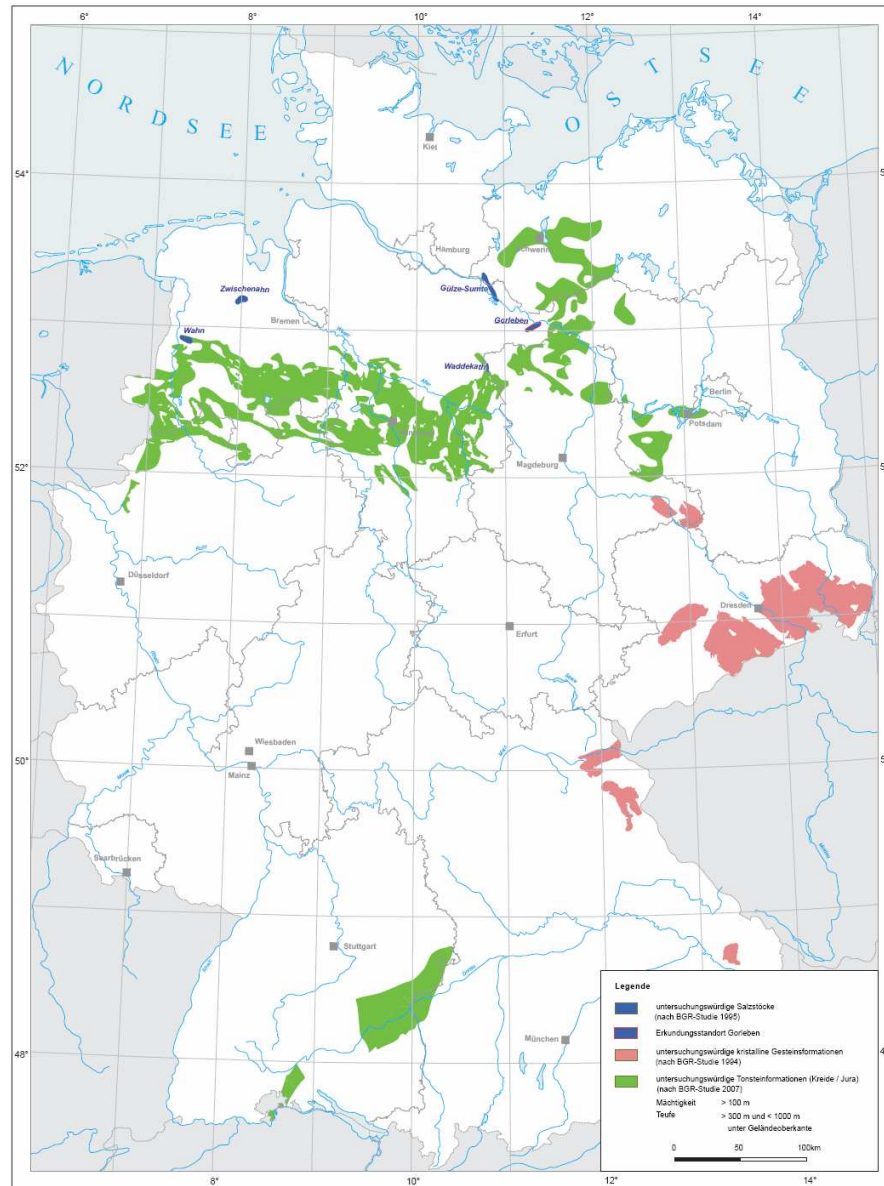
- ! **bij opslag in trajecten** door "omkeer van de opslagtechniek" zolang trajecten open, tenminste mag het zoutgrit niet verhard zijn
- ! **bij opslag in boorgaten zonder bijzondere maatregelen** (bijv. aanleg van tunnelbuizen) slechts korte tijd vrij toegankelijk, **daarna alleen door mijnwerkzaamheden**
- ! **terughalen uit lange, vooral verticale opslagsgaten praktisch niet mogelijk** (evtl. aanleg tunnelbuizen)
- ! **terughalen in de eerste jaren na opslag alleen uit "koele" regio's van de opslag, i.v.m. hoge temperatuur**

voor de opslag geschikte soorten gesteenten - steenzout



opslagconcept HAW in steenzout (uit Bollingerfehr 2009)

voor de opslag geschikte soorten gesteenten

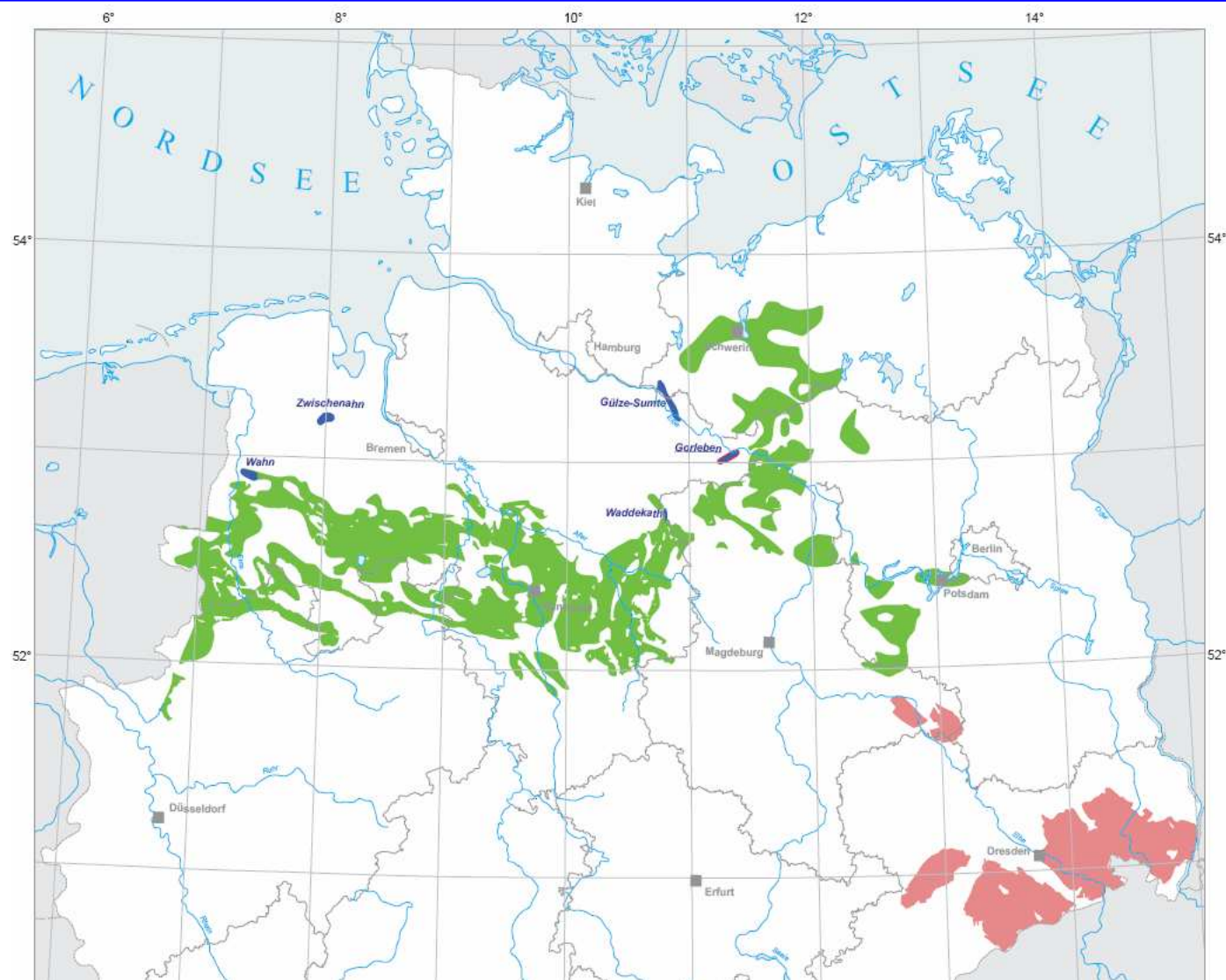


kaart van mogelijk te onderzoeken gesteenten voor de eindopslag in Duitsland

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

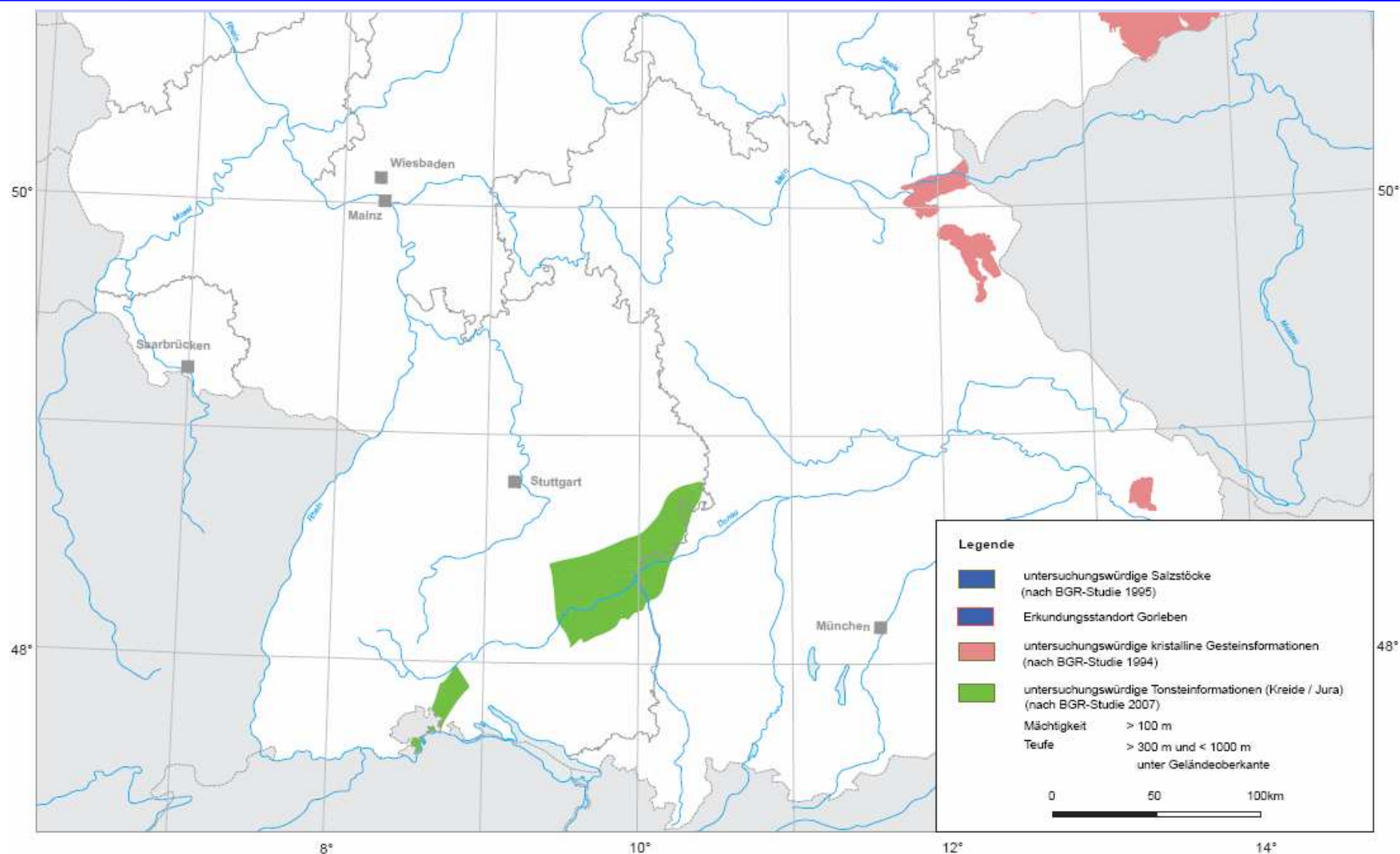
-  kleisteen
-  steenzout (zoutkoepels)
-  kristallijn gesteente

Potenzielle Wirtsgesteinstypen in Deutschland



**mogelijk te onderzoeken gesteenten
voor de eindopslag in Duitsland (Noord)**

Potenzielle Wirtsgesteinstypen in Deutschland



**mogelijk te onderzoeken gesteenten
voor de eindopslag in Duitsland (Zuid)**

Wahn - een mogelijke locatie voor de eindopslag?

zoutkoepel Wahn in de vroegere en toekomstige (?) selectieprocedure

1973-1975 selectieprocedure en voostel als locaties voor nucleair opslagcentrum: zoutkoepels Lichtenhorst, Lutterloh, **Wahn**

voorjaar 1976 begin van de exploratie van de drie zoutkoepels ⇒ plaatselijke protesten

feb 1977 deelstaatregering van Nedersaksen benoemt zoutkoepel **Gorleben**, tot slot nog in de selectie: Lichtenhorst, **Wahn**, Höfer (mijn Maria Glück)

aug 1995 verslag: "eindopslag van warmte ontwikkelend radioactief afval in diepe geologische formaties in Duitsland- **onderzoek naar en evaluatie van zoutformaties**"

41 zoutstructuren ⇒ 14 zijn nader onderzoek waard ⇒ 4 nog nader onderzoek waard: Waddekath (SA-Nds), **Wahn** (Nds), Zwischenahn (Nds), onder voorbehoud Gülze-Sumte (MV-Nds)

gebrek aan informatie ⇒ voorbehoud van vergissingen ⇒ onderzoek nodig!!!

jul 2013 "wet over zoeken naar en keuze van een locatie voor de eindopslag van warmte ontwikkelend (hoog actief) radioactief afval" (**Stand-ortauswahlgesetz - StandAG**)