

Sicherheitsuntersuchungen in der Schweiz

Auswahl von geologischen Standortgebieten: Rückblick auf den Anfang

Tim Vietor

nagra.

- **Vorbemerkungen Deutschland – Schweiz**
- **Standortwahl in der Schweiz: Die Einengung**
- **Wo stehen wir?**



Radioaktive Abfälle der Schweiz

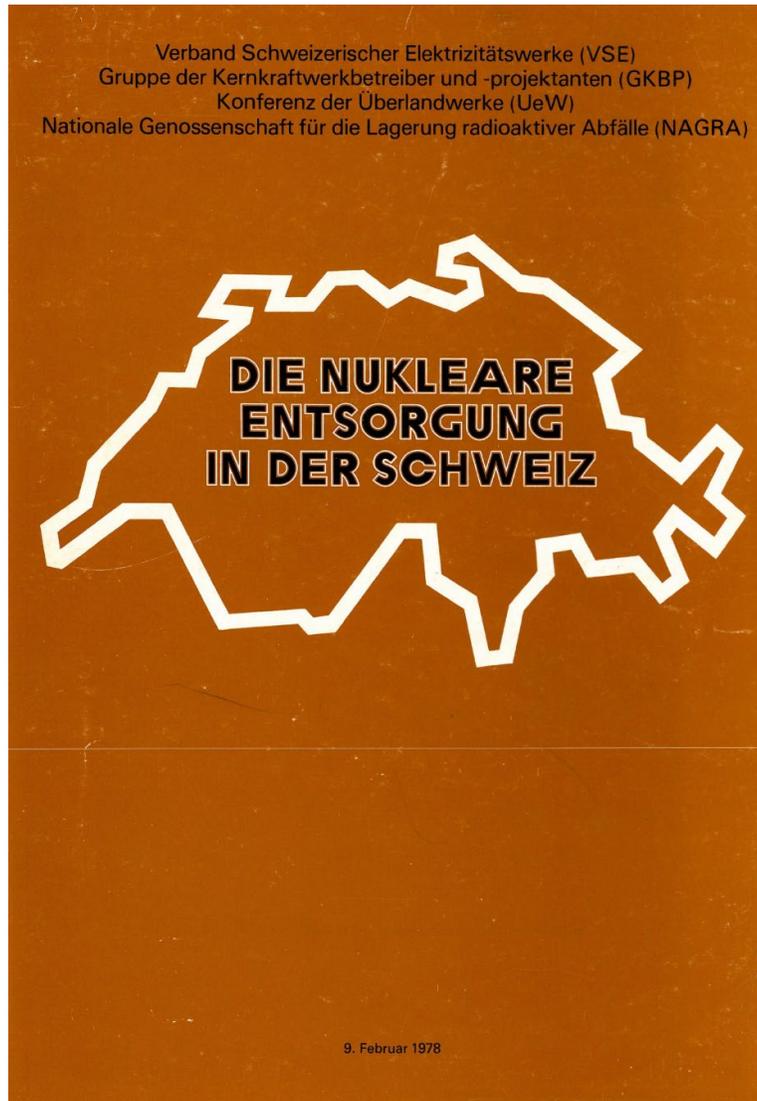
- 5 Kernkraftwerke
 - ~ 3 GW elektrische Leistung
 - ~ 12.000 Brennelemente
 - ~ 700 Stk. verglaste Abfälle
 - → 9000 m³ total (verpackt)
 - → 1 km² Lagerfeld
-
- (plus 70'000 m³ schwachaktive Abfälle → geolog. Tiefenlager)



Vorbemerkungen: Vergleich Deutschland - Schweiz

- Standortwahlverfahren Schweiz: **zwei geologische Tiefenlager** mit **Option Kombilager**
- **Geologie der Schweiz** unterscheidet sich von der Situation in grossen Teilen Deutschlands (Grösse, Vielfalt der «tektonischen Grossräume»)
- Beide Länder in **Standortwahl** – Schweiz ist etwas weiter
- **Deutsches Verfahren** heute <> **Etappe 1** der Schweizer Standortsuche:
- **Sachplanverfahren 'geologische Tiefenlager'**: Beginn 2008 mit Vorschlägen für 6 Gebiete heute in letzter Etappe
- **Arbeiten zur Standortwahl** viel **früher begonnen** (1978) – Vorarbeiten verfügbar

Nukleare Entsorgung Schweiz 1978

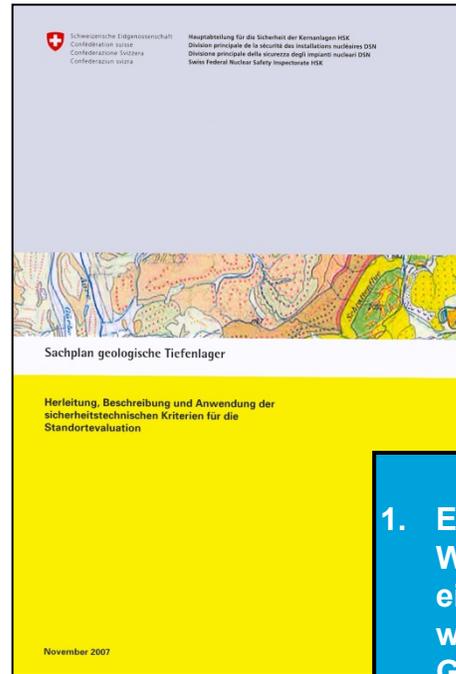


- gesetzliche Vorgabe zur Vorbereitung der Endlagerung (BB AtG 1978):
schrittweises Vorgehen →
erster Schritt: 'Projekt Gewähr 1985' (Entsorgungsnachweis)
'Wie kann die Entsorgung in der Schweiz gelöst werden, aufzuzeigen anhand modellhafter Projekte, basierend auf realen Daten'
- Startpunkt für 'Lernkurve'
→ *die technisch-wissenschaftliche Basis*)

Geologische Tiefenlager: Entscheidungspunkte

- → **die technisch-wissenschaftliche Basis** (1978 bis 2006)
- Nachweis der **Machbarkeit der sicheren Entsorgung** der in der Schweiz anfallenden radioaktiven Abfälle (Entsorgungsnachweis)
- ➔ ■ **Standortwahl** (in 3 Etappen, **ab 2008**)
 - **Etappe 1:** Geologische **Standortgebiete** (Anlagen Untertag), Planungsperimeter (Oberflächenanlage), Standortregion (Partizipation), **Abschluss 2011**
 - **Etappe 2:** Bezeichnung **Standortareale** in Standortgebiete, Einengung auf **mind. je 2 Standortgebiete** für SMA- bzw. HAA-Lager, **Abschluss 2018**
 - **Etappe 3:** **Wahl Standort** für SMA- bzw. HAA-Lager oder Kombi-Lager & Rahmenbewilligungsverfahren (**im Gang**)
- **Rahmenbewilligung** (~ 2030)
- **(Nukleare) Baubewilligung** (Felslabor > 2030; SMA > 2040; HAA > 2050)
- **Nukleare Betriebsbewilligung** (SMA ~ 2050; HAA ~ 2060)
- **Anordnung Verschluss**

Standortwahl: Sachplan geologische Tiefenlager



Die Dokumente

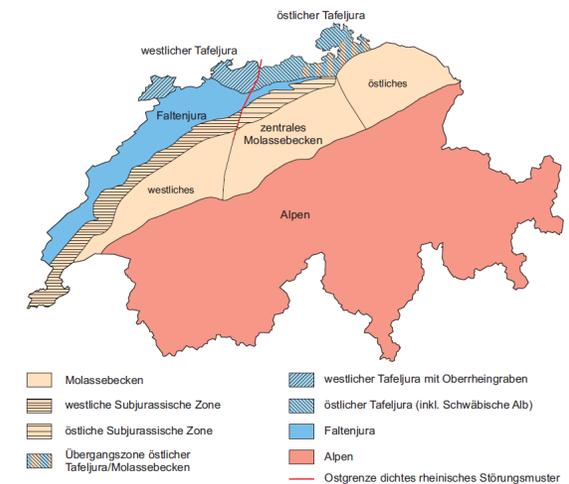
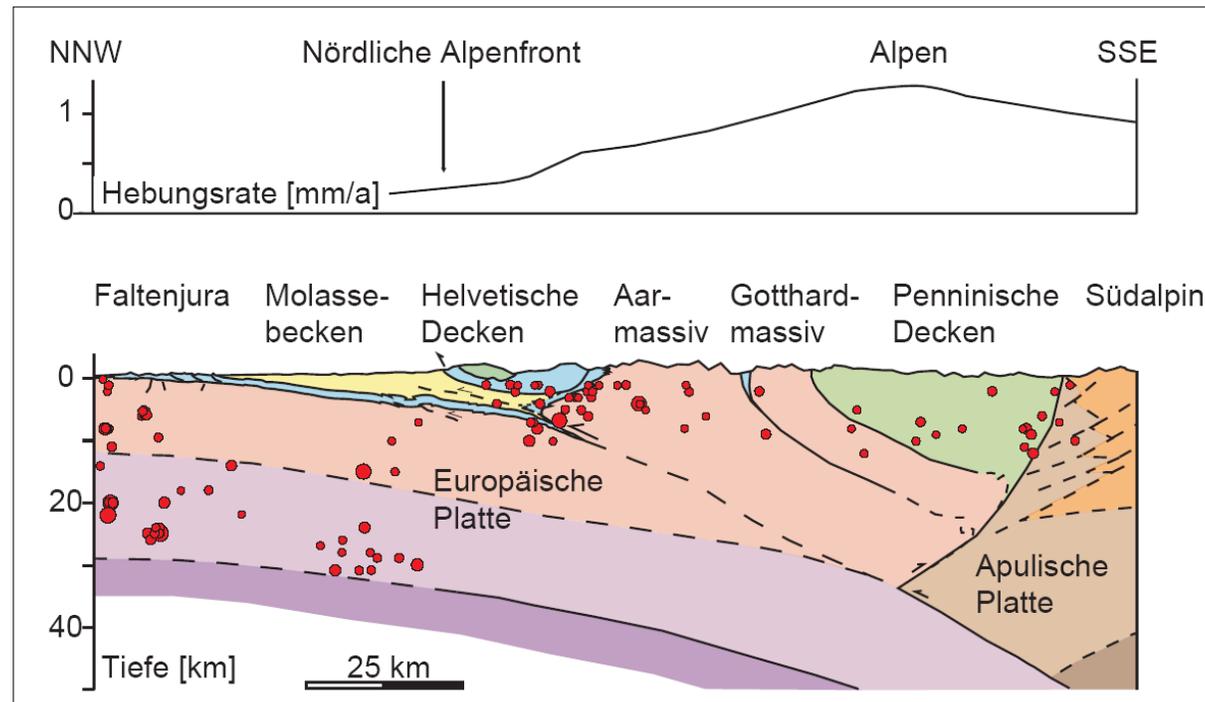
- Prozess & Verantwortungen
- Kriterien (Sicherheit, Raumplanung, Umwelt, Sozio-Ökonomie)

**13 ausschliesslich
technischen
Kriterien
(ohne Mindestanforderungen)**

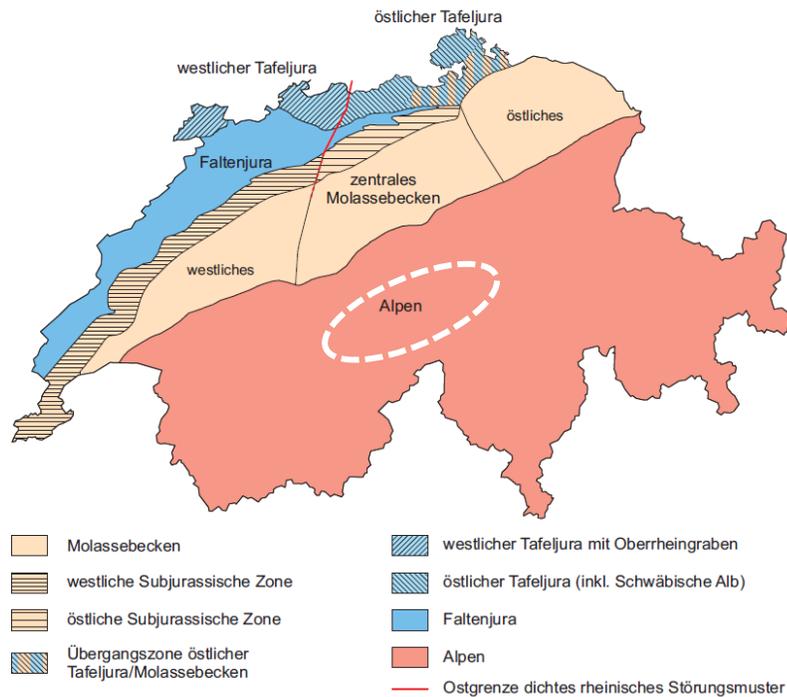


Schweiz: das geologisch-tektonische Umfeld

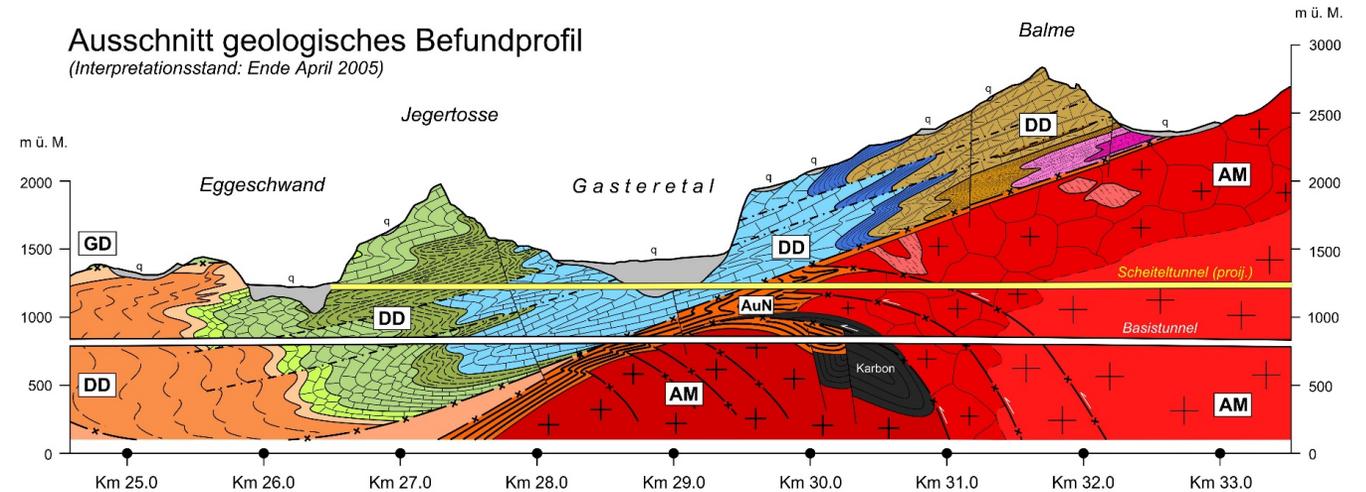
- Plattentektonik in Vergangenheit und Umfeld
- Alpen: Hebung, Vergletscherung, Erosion
- Regionale Unterschiede (ruhiger in der Nordschweiz)



Tektonische Grossräume



Ausschnitt geologisches Befundprofil
(Interpretationsstand: Ende April 2005)



Lithostratigraphische Einheiten

Sedimentbedeckung

Quartär	q	Quartäre Talfüllungen
Tertiär		Flysch ungeklärter Stellung
		Flysch der Doldenhorn-Decke
		Globigerinenschiefer, Lithothamnienkalk, Hohgant-/Quarzsandstein
Kreide		Kieselkalk und Sichel-Kalk (Valanginienkalk)
		Öhrl-Kalk, Betlis-Kalk
		Öhrl-Mergel (und Zementsteinschichten)
Malm		Quintner Kalk

Dogger		Schilt-Schichten s.l.
		Kalke und Mergelschiefer
		Aalénienschiefer
Lias		Kalke/Kalksandstein ("Oberer Lias")
		Tonschiefer/Mergelkalke ("Unterer Lias")
Trias		Autochthone Trias

Grundgebirge

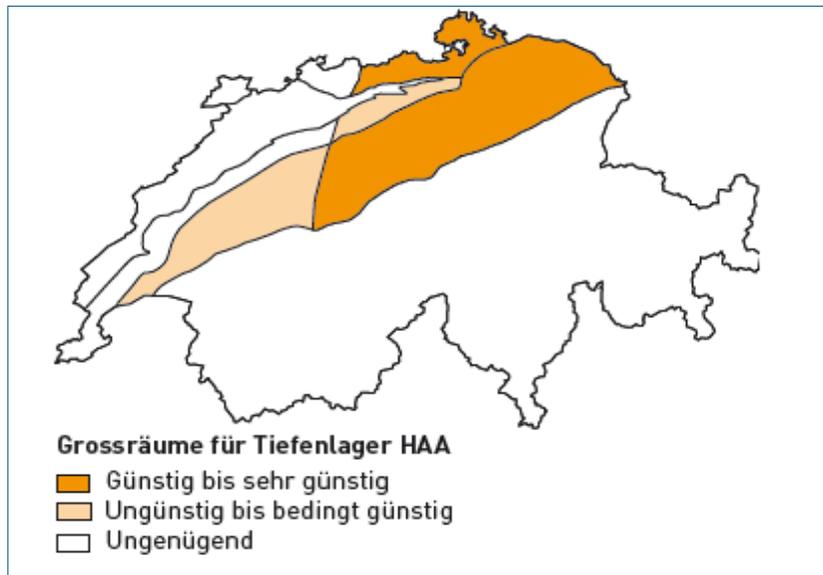
Karbon		Karbon
Hercynischer Granitkörper		Lauterbrunner Kristallin
		Randfazies Lauterbrunner Kristallin/Gastern-Granit
		Gastern-Granit
		Kristallin im allg.

GD	Gellihorn-Decke
DD	Doldenhorn-Decke
AuN	Autochthon Nordabdachung
AM	Aar-Massiv

©Geologengruppe Lötschberg-Basistunnel
p.A. KELLERHALS + HAEFELI AG, Bern

**Alpen, Juragebirge
kleinräumig strukturiert**

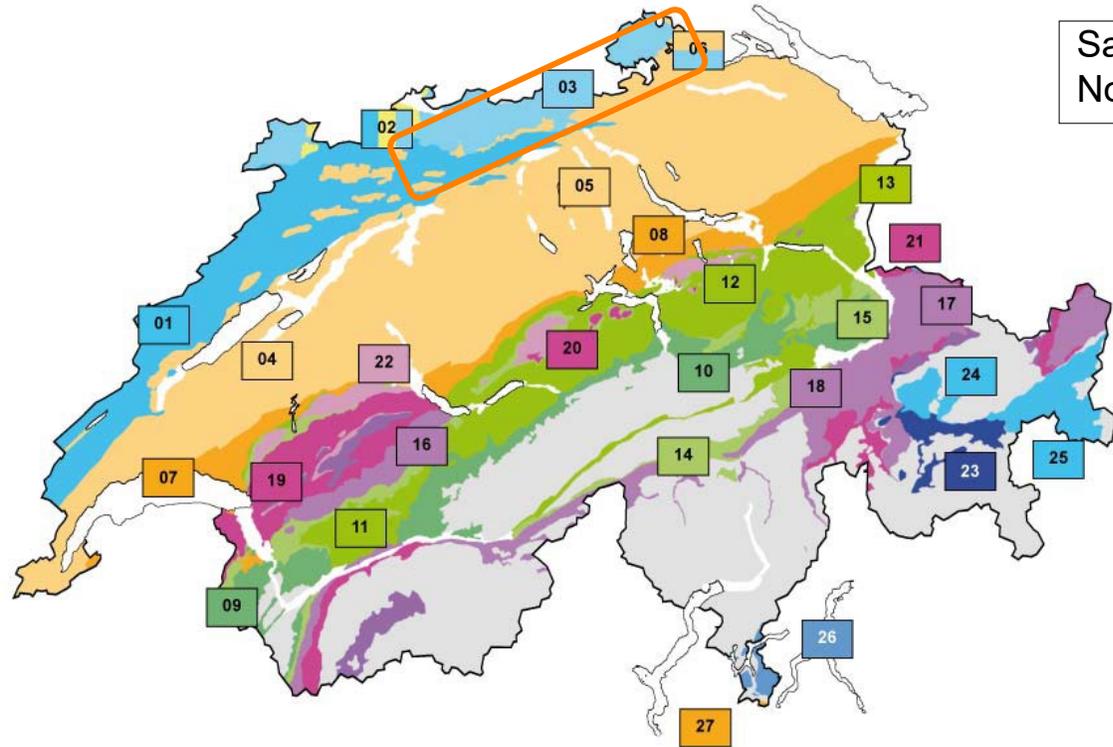
Grossräume für das HAA / BE Lager



Geologisches Tiefenlager HAA/BE (1 Mio. Jahre)

- Mittelland und Tafeljura möglich
- Alpen und Faltenjura ausgeschlossen (Langzeitstabilität und Komplexität)

HAA-Lager: Welche Wirtgesteine?



Sammel-Profil
Nordschweiz

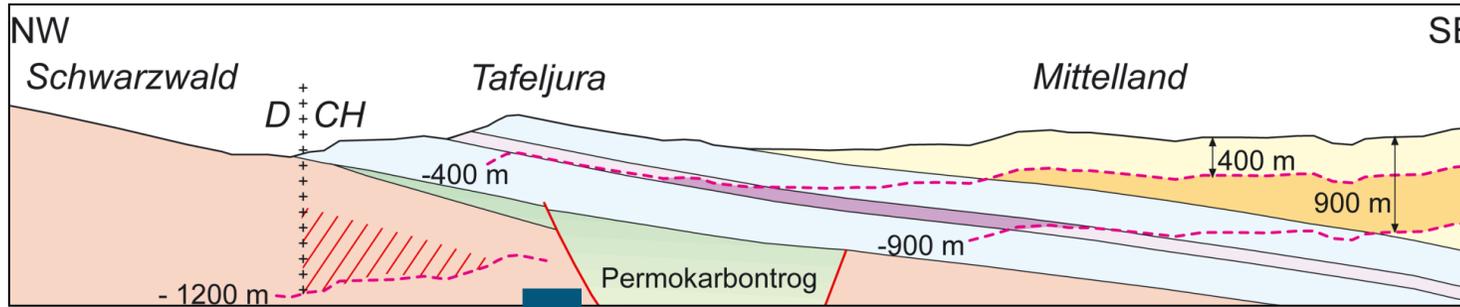
Geologische Identifikation		Lithologie		Aquitard
		W	E	Aquifer
QUARTÄR				
TERTIÄR	OSM			
	OMM			
	USM			
MALM	Oberer			
	Mittlerer			
	Unterer			
DOGGER	Oberer			
	Mittlerer			
	Unterer			
LIAS				
KEUPER				
MUSCHEL-KALK	Oberer			
	Mittlerer			
	Unterer			
BUNTSANDSTEIN				
PERMOKARBON				
KRISTALLIN				

Vorauswahl von 6 Wirtgesteinen

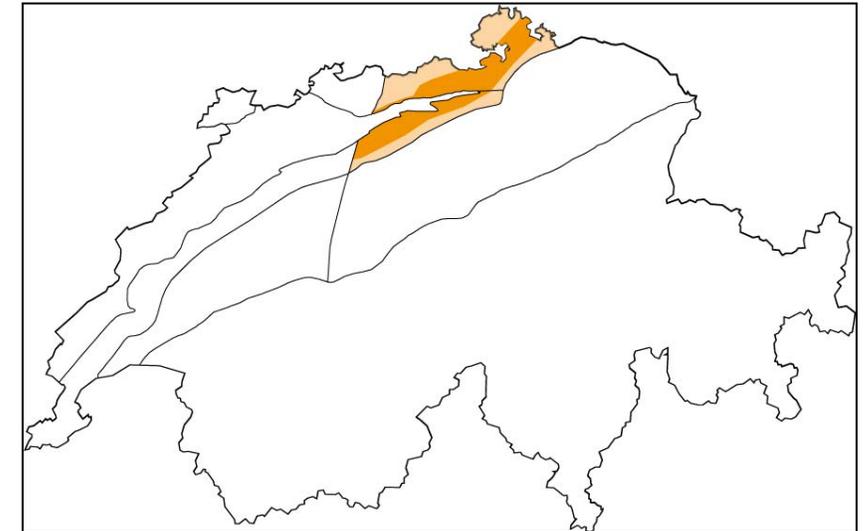
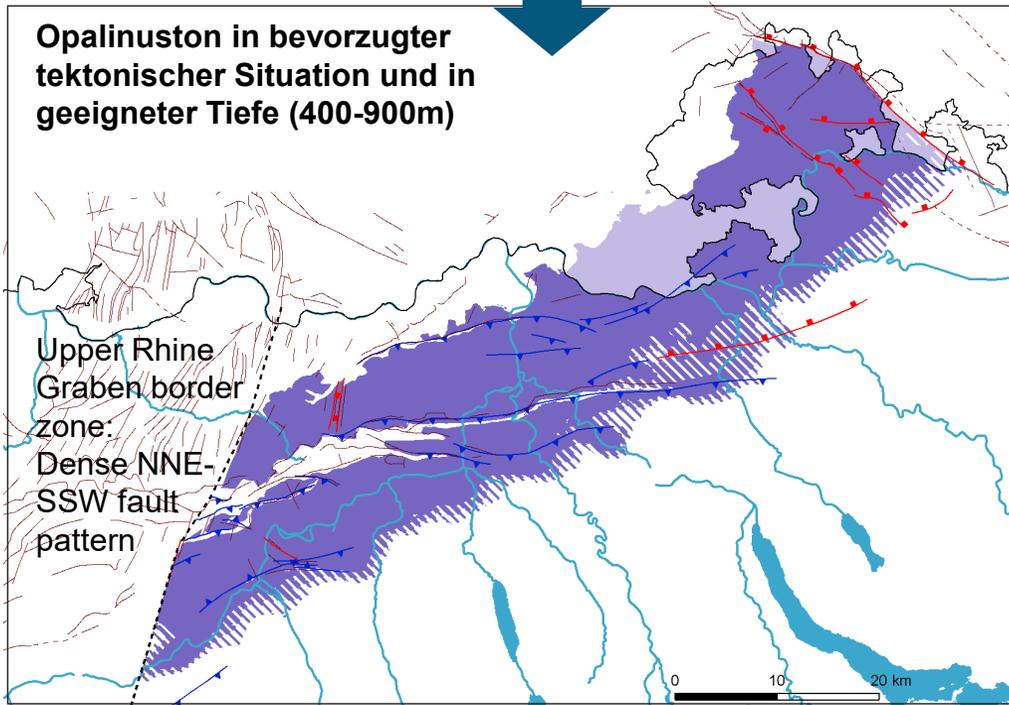
- **HAA-Lager:** Opalinuston

P.S.: Untersuchung ganzer Schweiz für SMA-Lager

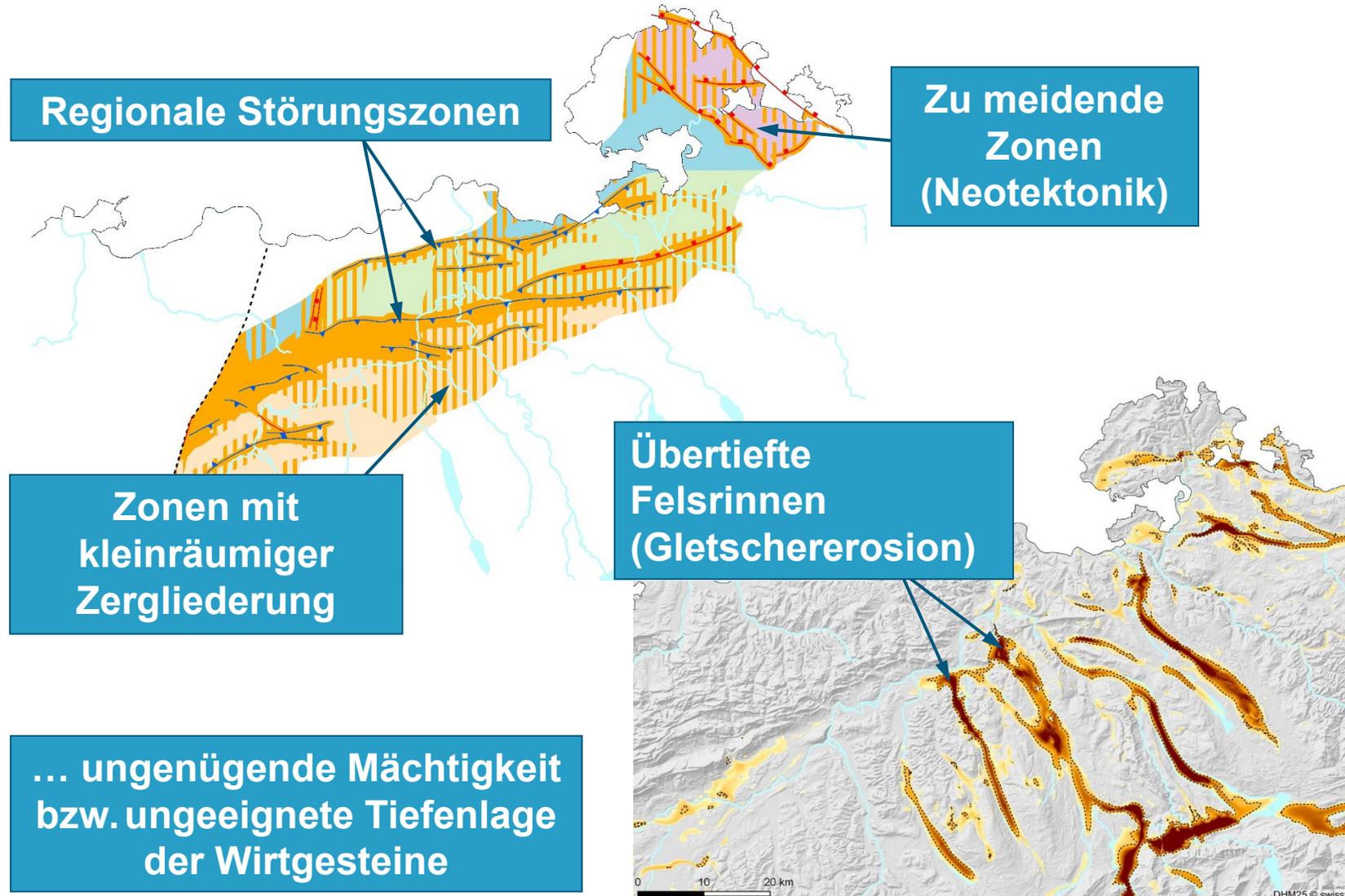
Einengung der Grossräume



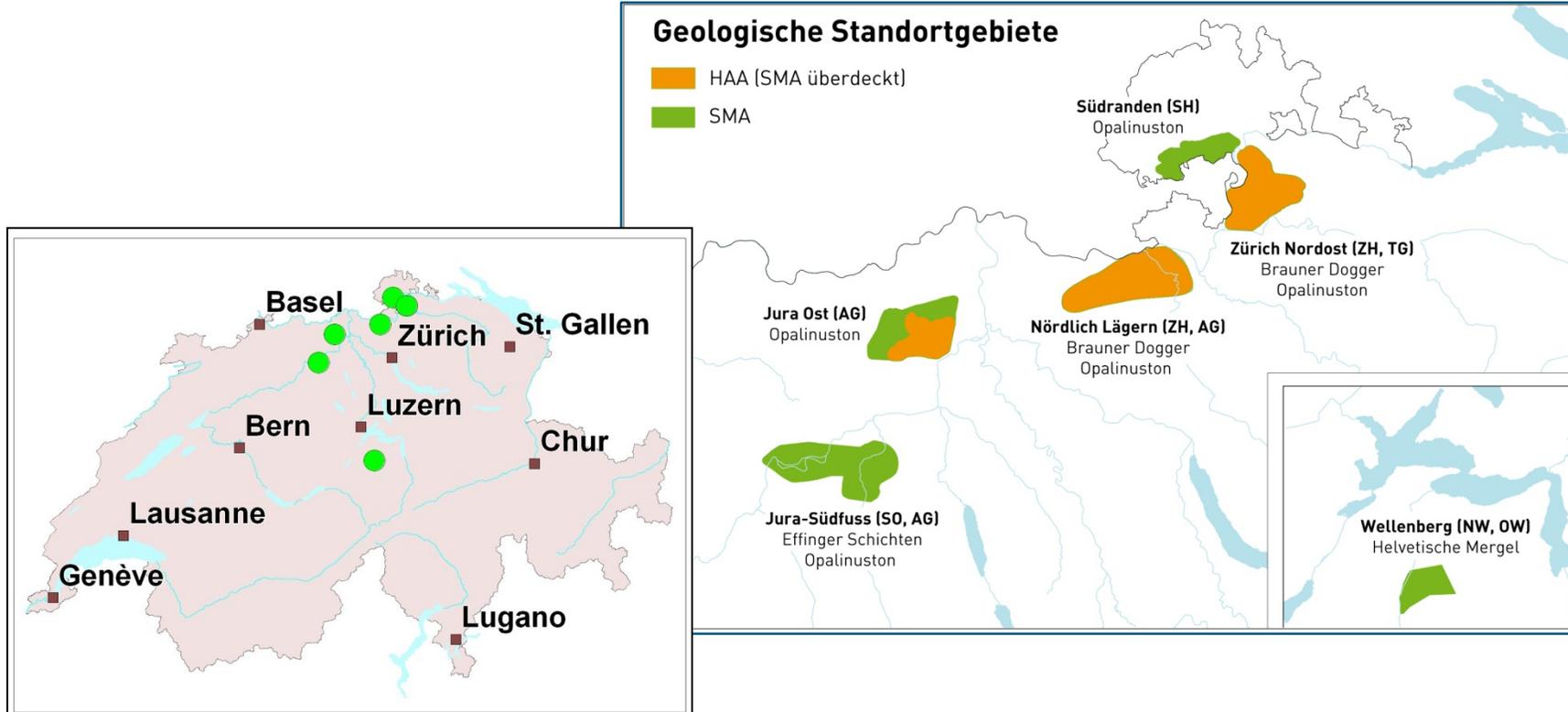
Geeignete Tiefenlage zur Einengung:
Schutz vor Abtragung & Bautechnik



Konfiguration: Was ist zu meiden? → Standortgebiete

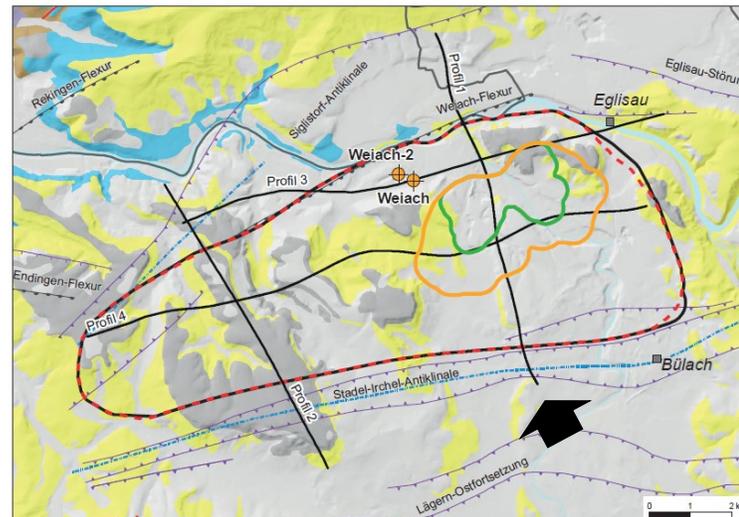
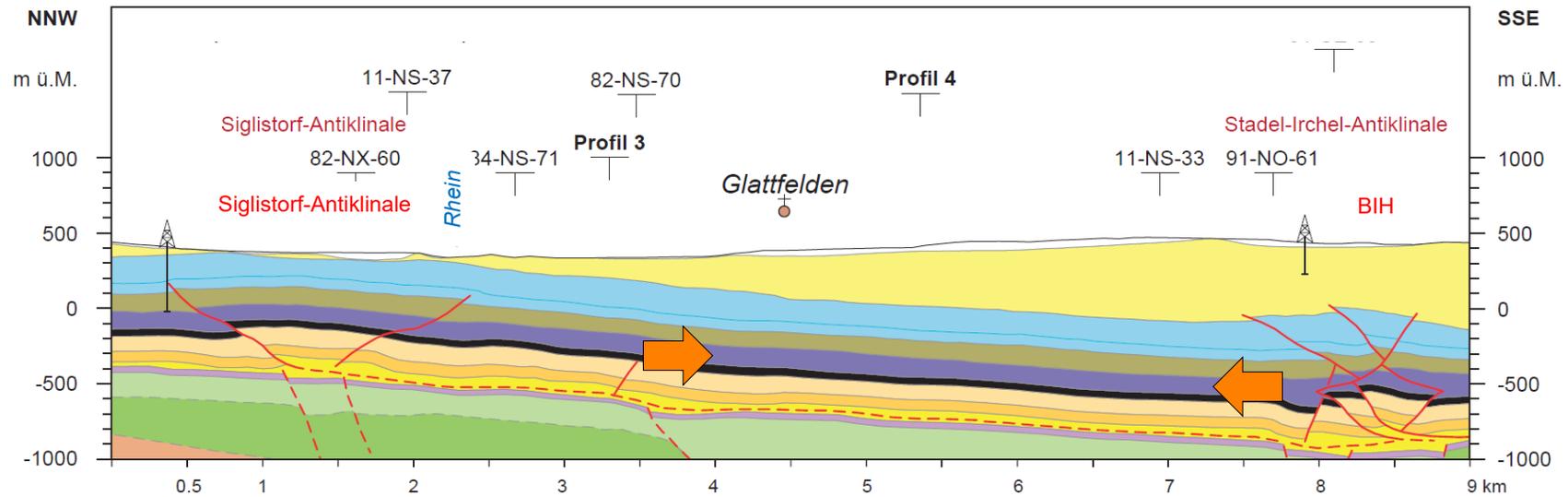


Resultat: Standortgebiete am Ende von Etappe 1



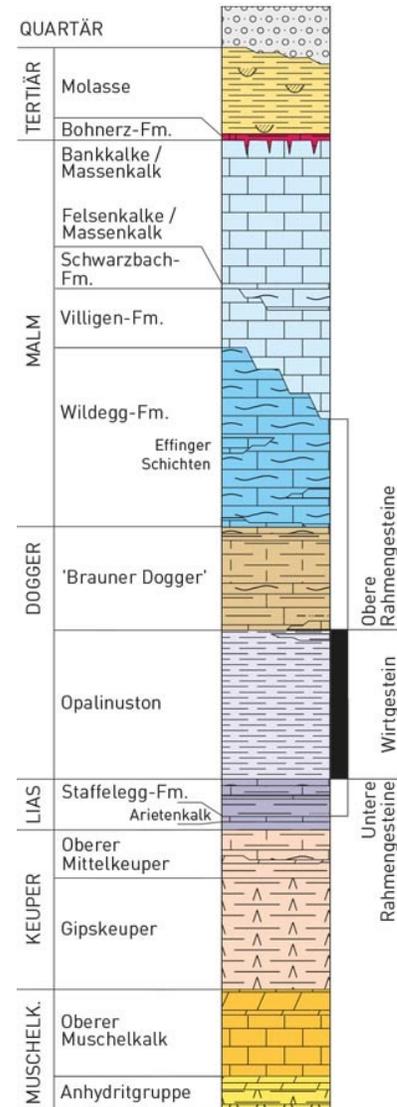
- Resultat systematischer Anwendung der **Vorgaben im Sachplan**
- berücksichtigt die geologischen **Möglichkeiten der ganzen Schweiz**
- abgeleitet mit systematischer, **schrittweiser Einengung aus Sicht Sicherheit und technischer Machbarkeit**
- vom **Bundesrat (November 2011) genehmigt**, basierend auf **umfangreicher Behörden-Prüfung & Anhörung**

Geologische Situation in den Nordschweizer Gebieten



- | Standortgebiete | Tektonik (vereinfacht) | Geologische Einheiten |
|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| HAA | Störung undiff. (geolog. kartiert) | Restliches Quartär |
| SMA | Störung undiff. (vermutet) | Deckenschotter |
| Lagerperimeter SMA aL1-r | Überschiebung (geolog. kartiert) | Tertiär |
| Lagerperimeter HAA aL2-r | Überschiebungen (seism. kartiert) | Malm |
| Tiefbohrungen (Endteufe > 1000 m) | Abschiebungen (seism. kartiert) | Mittlerer und Oberer Dogger |
| Profilsuren | Antiklinalen (geolog. kartiert) | Opalinuston |
| | Flexuren | |

Gesteinsabfolge in den Standortgebieten



Wirtgestein **Opalinuston**

- 100 m mächtig und regional verbreitet
- 40-60% Tongehalt mit geringer Variation
- Sehr geringe hydraulische Durchlässigkeit
- Sehr gute Rückhaltung (Sorptions)
- Dosisberechnungen zeigen grosse Sicherheitsreserven
- *Relativ geringe Gesteinsfestigkeit*
- *Relative geringe Wärmeleitfähigkeit*

Schrittweise Einengung (HAA)

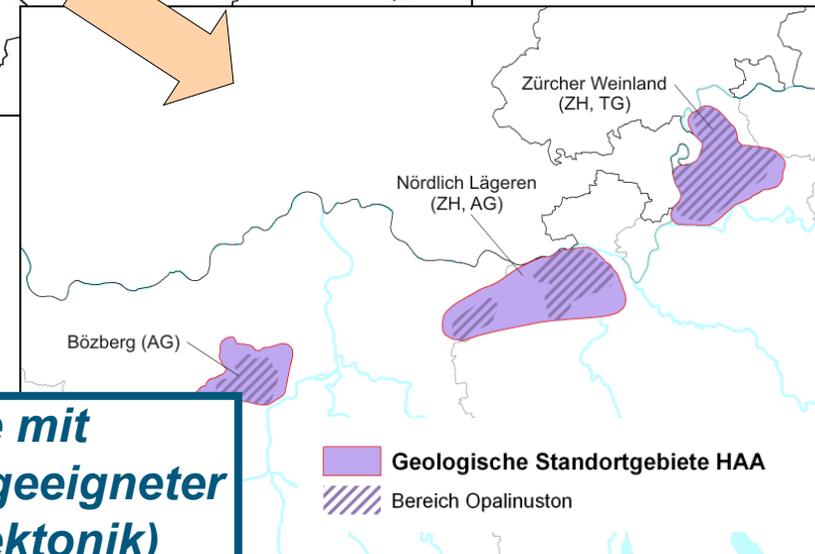
Geeignete geotektonische Räume (Stabilität & Geometrie)

Grossräume für Tiefenlager HAA

- **Günstig bis sehr günstig**
- **Ungünstig bis bedingt günstig**
- **Ungenügend**

Geeignete Wirtgesteine & ihre Verbreitung (Barrierenwirkung & bauliche Machbarkeit → Tiefe)

Standortgebiete (Wirtgesteine mit genügender Ausdehnung, in geeigneter Tiefe, wenig gestört (lokale Tektonik))



Schrittweise Einengung (HAA)

Geeignete geotektonische Räume (Stabilität & Geometrie)

Grossräume für Tiefenlager HAA



wichtige Aspekte (für Vergleich mit Deutschland)

- **breite Abklärungen** der Standortmöglichkeiten
- geologische Situation in der Schweiz:
 - deutliche **tektonische Gliederung** erlaubt **erhebliche Einengung**
 - nach Süden einfallende Gesteinsschichten ergeben **relativ schmales Fenster für Wirtgesteine in geeigneter Tiefe**

Standortgebiete (Wirtgesteine mit genügender Ausdehnung, in geeigneter Tiefe, wenig gestört (lokale Tektonik))

Bözberg (AG)

Geologische Standortgebiete HAA
Bereich Opalinuston

Daten *in der ersten Phase* der Standortwahl

- Daten und Informationen für die Sicherheitsbewertung sind teilweise ...
 - vorhanden und genügend zuverlässig erfassbar und erfasst
 - schwierig ermittelbar, haben historische Qualität, nicht vorhanden bzw. ungenau, sind aber ableitbar aus anderen messbaren Grössen (→ Einstufung & zugehörige Informationsbandbreite)
- Deshalb: Vorsicht mit vorhandenen **schwierig messbaren Daten** - sind die erfassten **Unterschiede real** oder **Ungenauigkeit der Messung**?
 - **Konsistenz prüfen**: Verwendung von Referenzinformation (z.B. Tongehalt → Durchlässigkeit) – detaillierte Unterschiede werden in dieser Stufe nicht berücksichtigt
 - Information wurde tendenziell günstig bewertet → Gebiete im Zweifelsfall **beibehalten**
 - in **zukünftigen Phasen** Informationen in der erforderlichen Qualität erfassen

Beispiel: Wasserführung in Tonsteinen

Verwendung des Tonmineralgehalts in Tonsteinen als Eingangsgrösse für die Quantifizierung der Wasserführung (Selbstabdichtung)

Kategorie 1

Tonmineralgehalte > 40 Gew.-% →
hohes Selbstabdichtungsvermögen

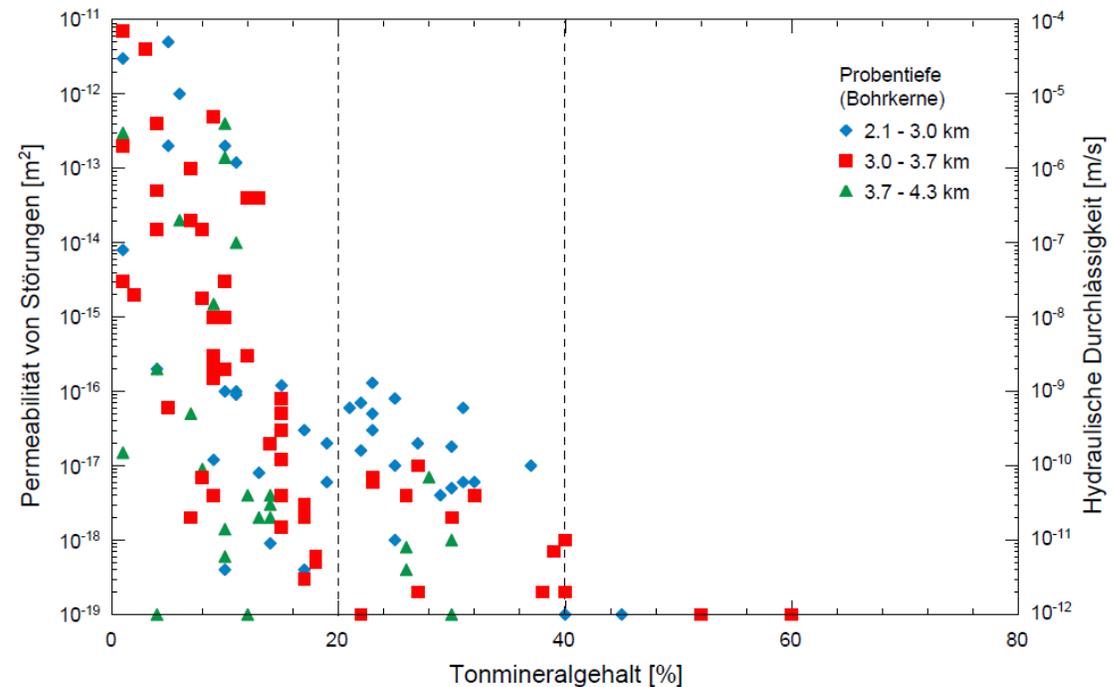
Kategorie 2

Tonmineralgehalte 20 - 40 Gew.-% →
mässiges Selbstabdichtungs-vermögen

Kategorie 3

Tonmineralgehalte < 20 Gew.-% →
geringes Selbstabdichtungsvermögen

vgl. internationale Erfahrungen (z.B. Jolley et al. 2007)



Geologische Tiefenlager: Entscheidungspunkte

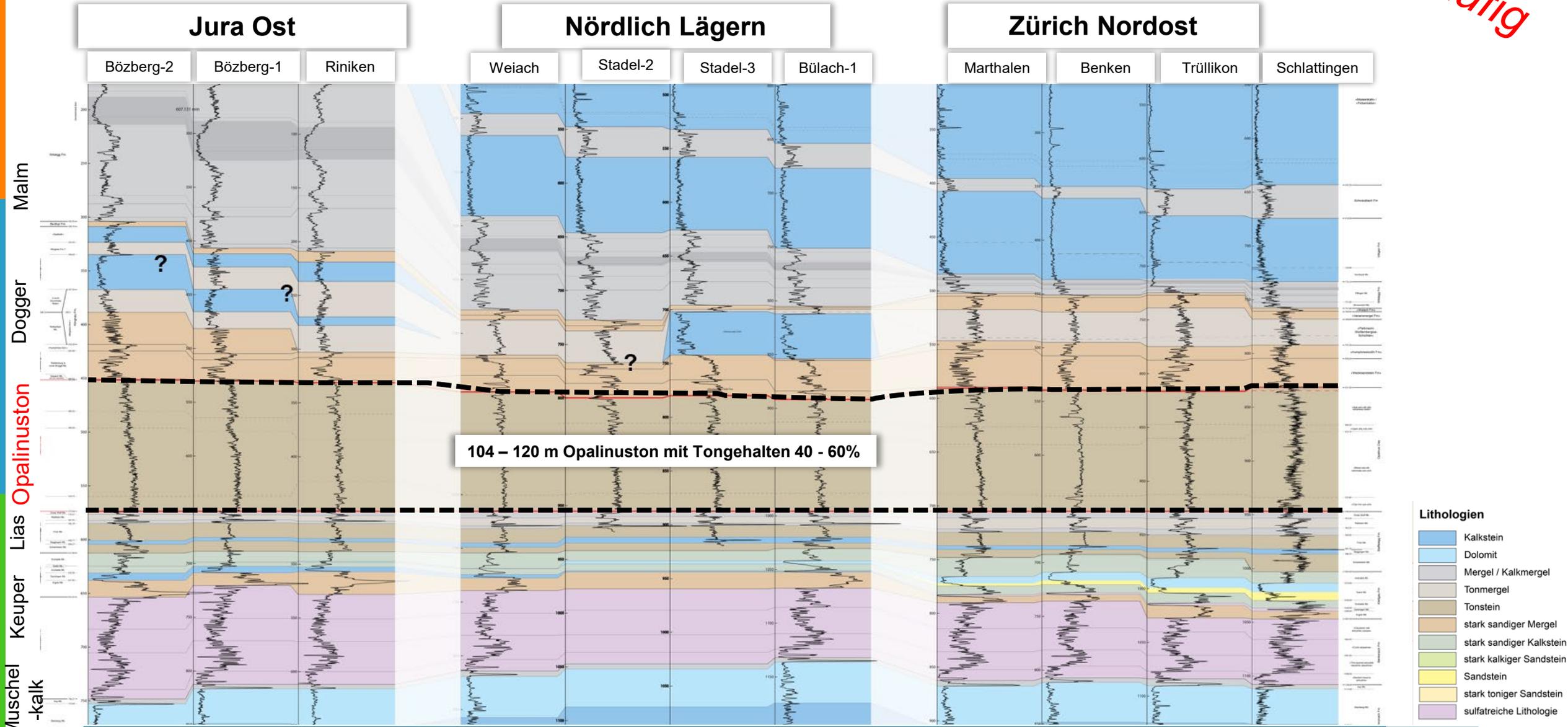
- → **die technisch-wissenschaftliche Basis** (1978 bis 2006)
- Nachweis der **Machbarkeit der sicheren Entsorgung** der in der Schweiz anfallenden radioaktiven Abfälle (Entsorgungsnachweis)
- **Standortwahl** (in 3 Etappen, **ab 2008**)
 - **Etappe 1:** Geologische **Standortgebiete** (Anlagen Untertag), Planungsperimeter (Oberflächenanlage), Standortregion (Partizipation), **Abschluss 2011**
 - **Etappe 2:** Bezeichnung **Standortareale** in Standortgebiete, Einengung auf **mind. je 2 Standortgebiete** für SMA- bzw. HAA-Lager, **Abschluss 2018**
 - **Etappe 3:** **Wahl Standort** für SMA- bzw. HAA-Lager oder Kombi-Lager & Rahmenbewilligungsverfahren (**im Gang**)
- **Rahmenbewilligung** (~ 2030)
- **(Nukleare) Baubewilligung** (Felslabor > 2030; SMA > 2040; HAA > 2050)
- **Nukleare Betriebsbewilligung** (SMA ~ 2050; HAA ~ 2060)
- **Anordnung Verschluss**

Letzte Phase der Standortwahl: Vertiefung der Informationen



Detailinformationen für die letzte Phase: Gesteine

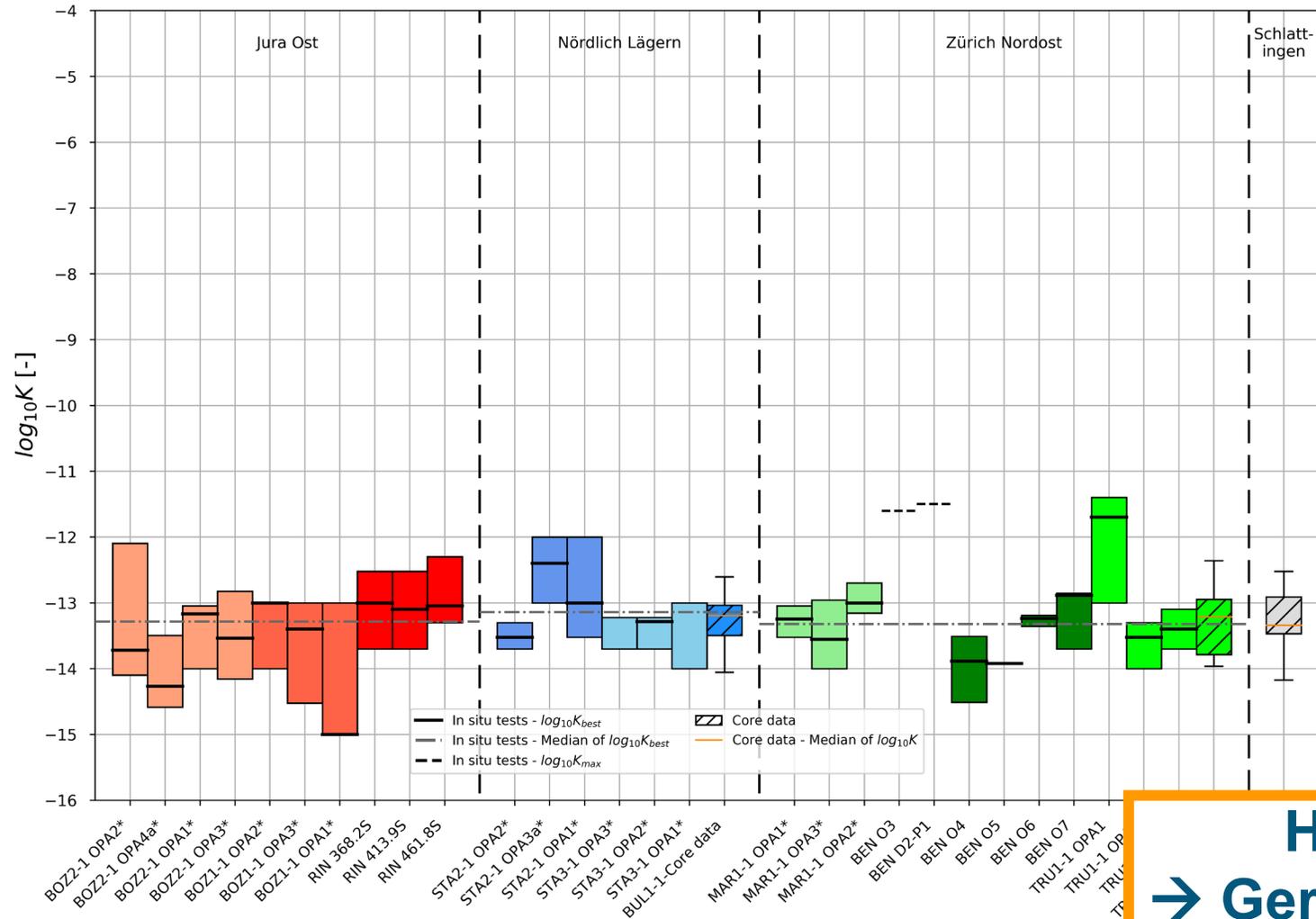
Vorläufig



Detailinformationen für die letzte Phase

Vorläufig

- Z.B. Hydrotestdaten pro Formation pro Standort



**Hohe Tongehalte
→ Geringe Durchlässigkeit**

Schrittweise Einengung in der Schweiz

- Umfangreiche Vorarbeiten als Grundlage (eigene, Dritte)
- Sicherheitsgerichtete Kriterien
- Einengung gemäss tektonischer Grossräume
- Vorsichtiger Einsatz historischer Daten zu Eigenschaften (Referenzeigenschaften)
- Gezielte Vertiefung der Datenlage für spätere Entscheide

