

Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle in der Schweiz

Fortschritte auf dem Weg vom Wie zum Wo

Grundsätze und Auswahlverfahren



Inforeise Nuklearforum, 23. Oktober 2015
Dr. Markus Fritschi, Mitglied Geschäftsleitung

nagra ● **aus verantwortung**

Ziel der nuklearen Entsorgung



**Unabhängig von der Zukunft der Kernenergie in der Schweiz:
Radioaktive Abfälle sind vorhanden!**

Radioaktive Abfälle müssen so entsorgt werden, dass der dauernde Schutz von Mensch und Umwelt gewährleistet ist. (KEG, Art 30)

... um dies zu gewährleisten müssen die radioaktiven Abfälle so lange eingeschlossen werden bis ihre Aktivität auf unbedenkliche Werte abgeklungen ist.

Was: Woher kommen die Abfälle?

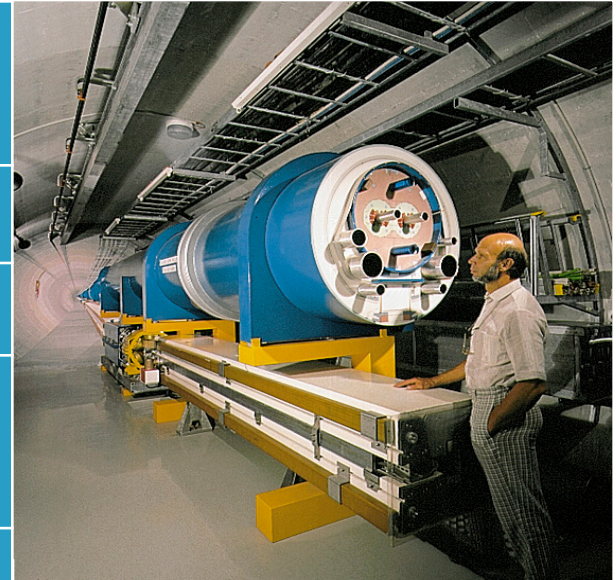
Verbrauchte Brennelemente sowie Reaktorabfälle der KKW (aktiviertes Material Reaktorbetrieb)

Betriebsabfälle der KKW (Kleider, Harze, Metalle etc.)

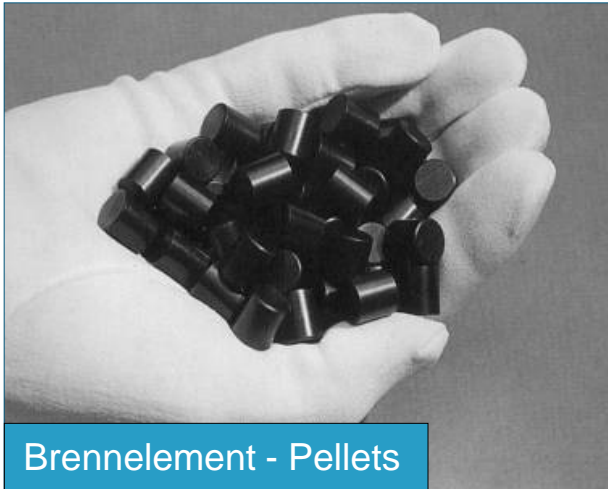
Abfälle aus der Wiederaufarbeitung der Brennelemente

Stilllegungsabfälle nach Abbruch der nuklearen Anlagen (Kernkraftwerke, Zwischenlager, Forschungsanlagen)

Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung (Bund)



Hochradioaktive Abfälle (HAA): Brennelemente



Brennelement - Pellets



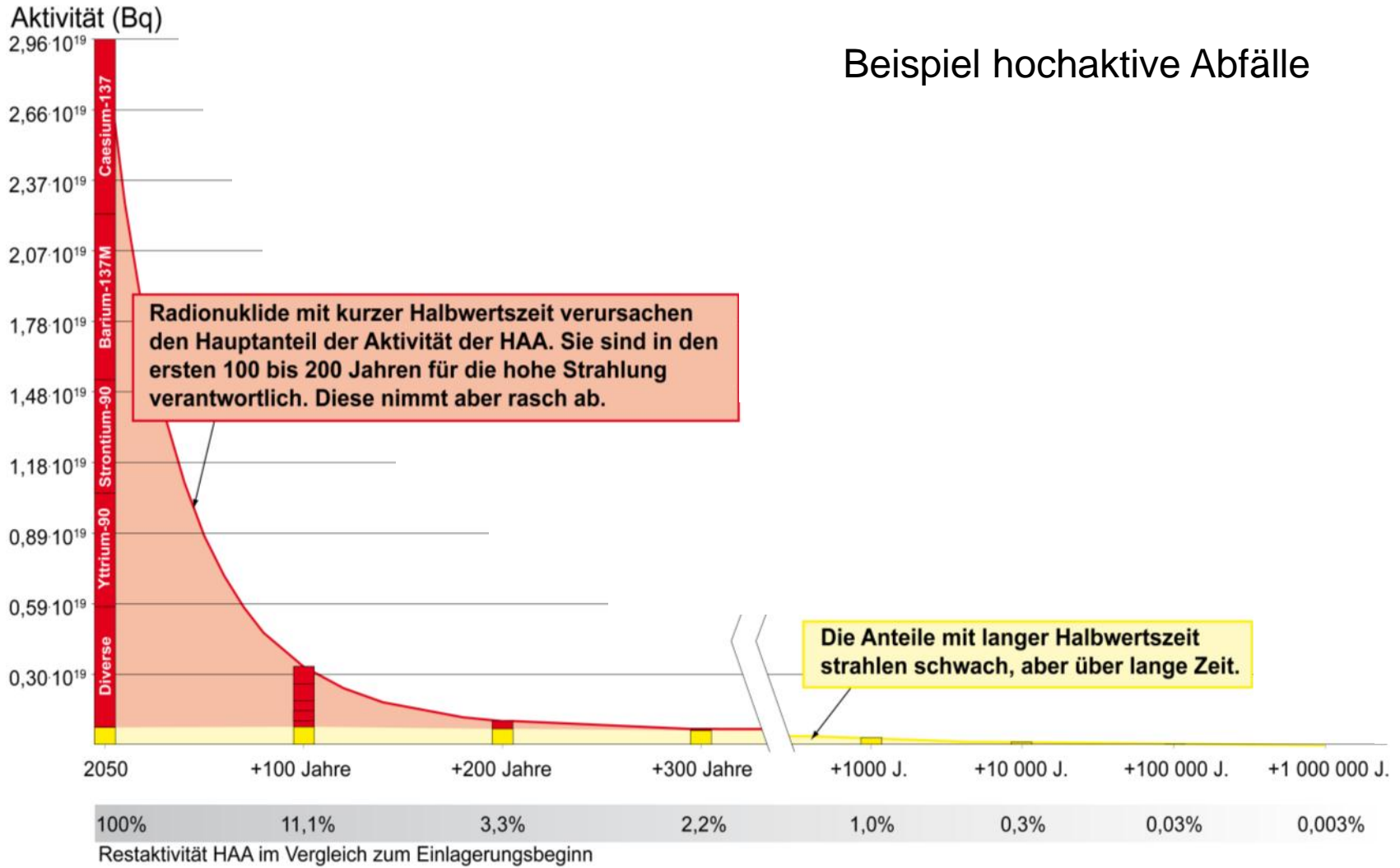
Brennelement mit Steuerstab



Brennelement für Beznau (Druckwasserreaktor)

Zerfall: Abnahme der Radioaktivität

Beispiel hochaktive Abfälle



Heute: Zwischenlagerung



- Zwischenlagerung **hochaktiver Abfälle** in speziellen Transport- und Lagerbehältern (Castor) im ZWILAG



- Zwischenlagerung **schwach- und mittelaktiver Abfälle** in verfestigter, konditionierter Form

Zukunft: Wie stabil ist die Gesellschaft ?



Langfristig: Geologische Tiefenlagerung

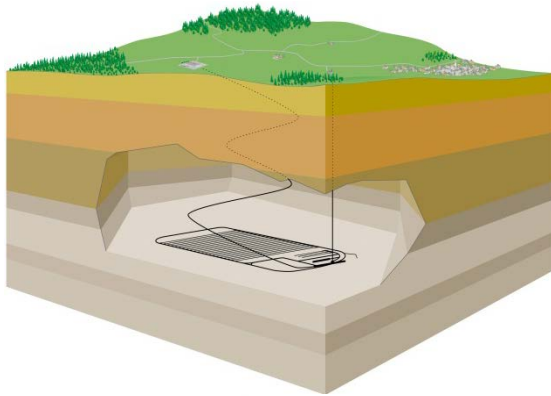
«Jedes Expertengremium, das sich mit dieser Frage beschäftigt hat, und jedes Land, das ein Programm für die nukleare Entsorgung verfolgt, ist zum Schluss gelangt, dass Lager nötig sind und dass die geologische Tiefenlagerung aus wissenschaftlicher Sicht die beste Vorgehensweise darstellt.»



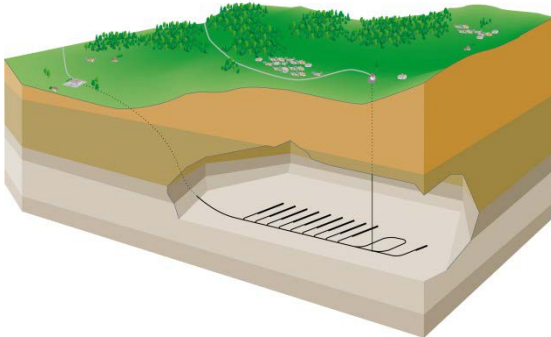
BLUE RIBBON COMMISSION
ON AMERICA'S NUCLEAR FUTURE

USA, Januar 2012

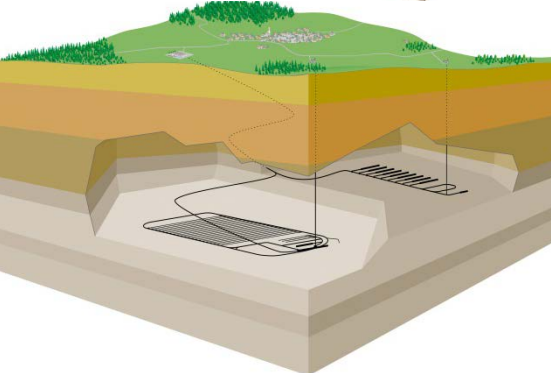
Wie: Zwei Lagertypen (CH total 100'000 m³)



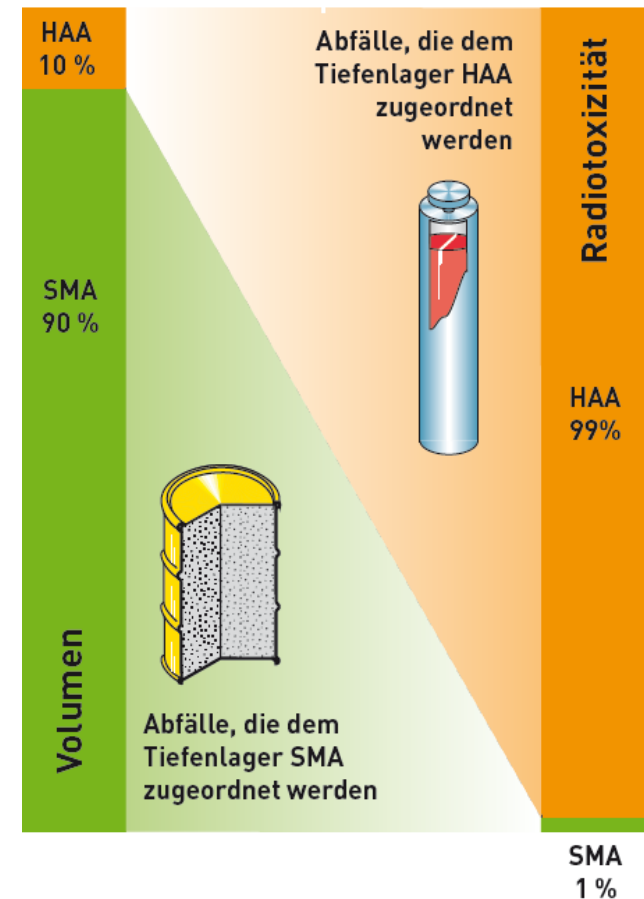
- Lager für hochaktive Abfälle



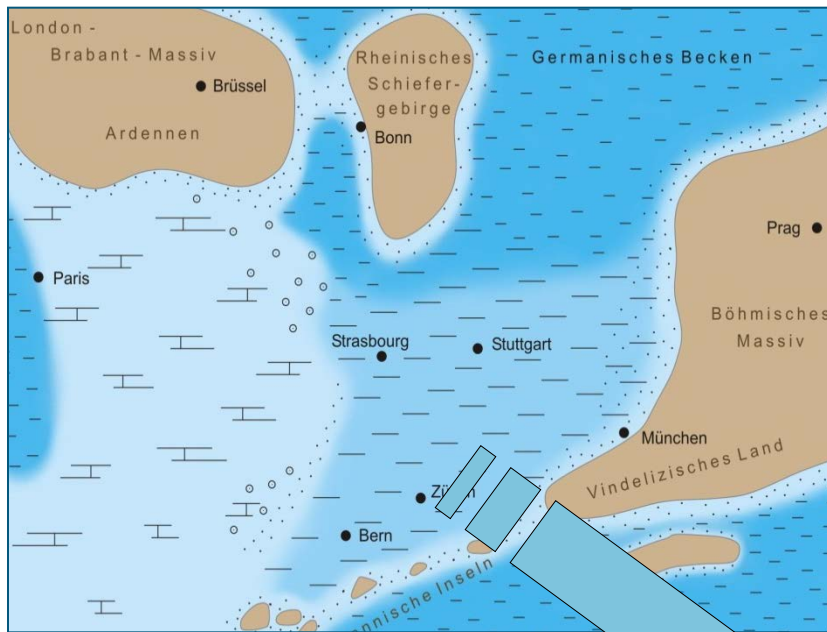
- Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle



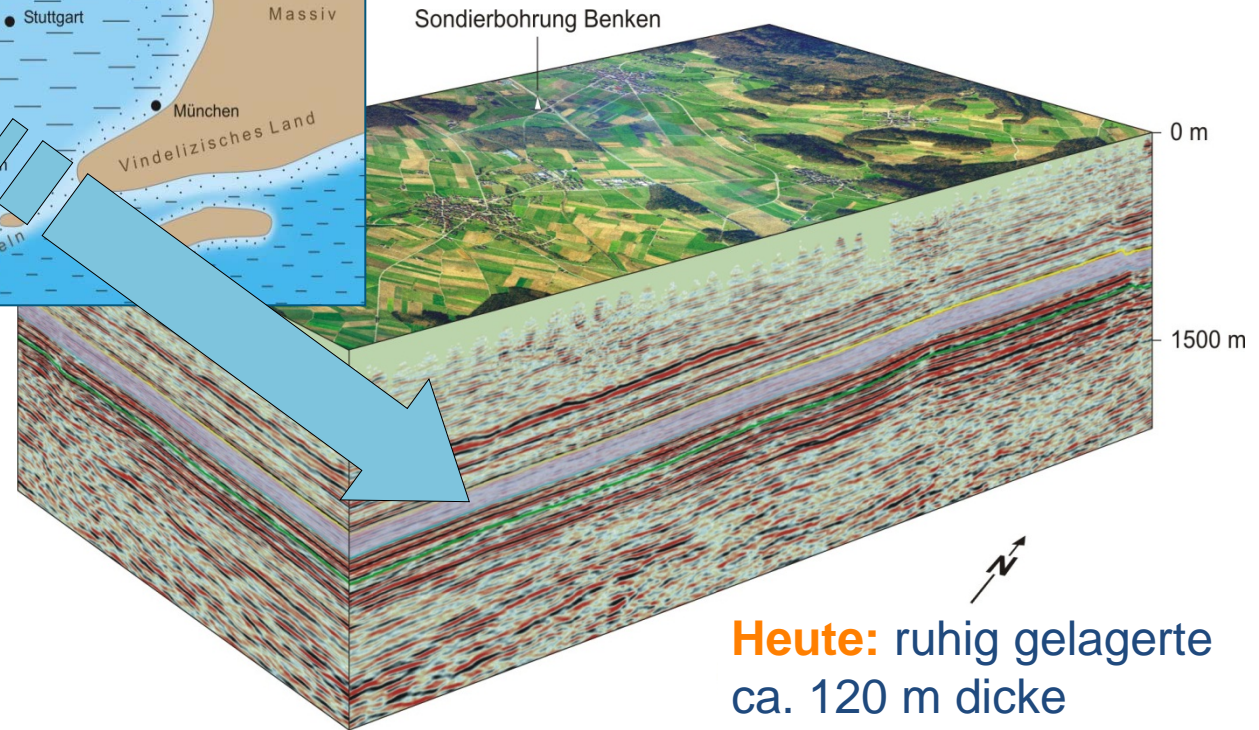
- Option «Kombilager» offen



Opalinuston: Ein Blick in die Erdgeschichte...



Vor 175 Mio. Jahren: Ablagerung feiner Tonpartikel in einem ausgedehnten, flachen Meer



Heute: ruhig gelagerte
ca. 120 m dicke
Opalinustonschicht

Einschluss: Natur als Beispiel (Bohrung Benken)



Fossilfund in Benken

Name: **Leioceras Opalinum**

Schicht: Opalinuston

Tiefe: 652 m unter Terrain

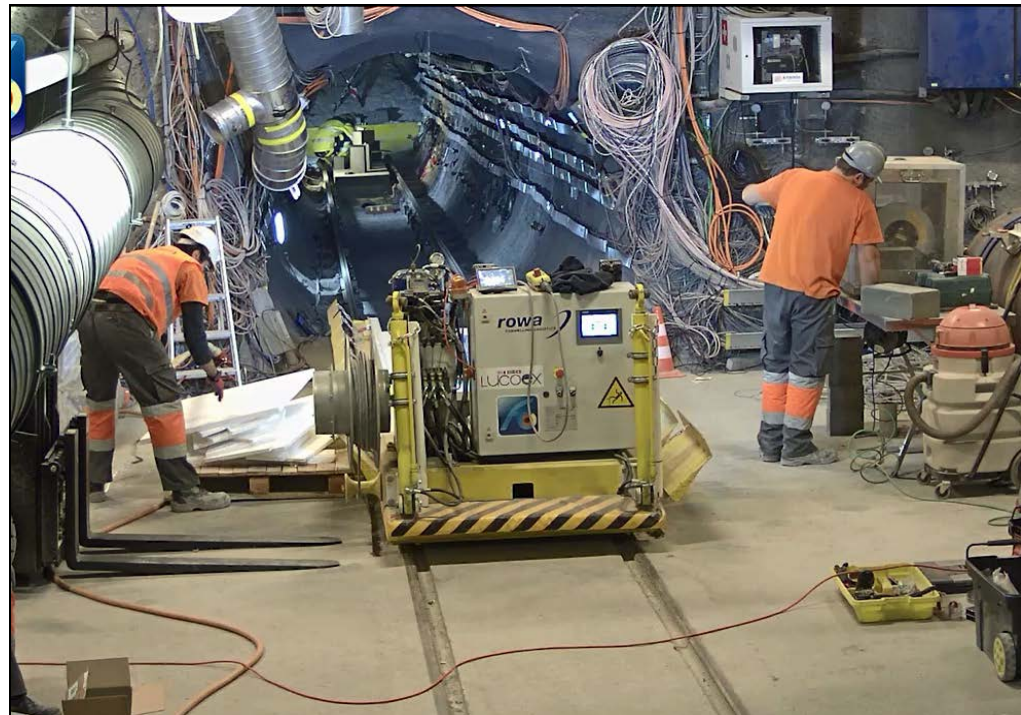
Seit ca. 175 Mio. Jahren im Opalinuston eingeschlossen

- Noch erhaltene Perlmuttertschicht: anschauliches Beispiel der „Konservierungseigenschaften“
- Porenwasser noch mit ursprünglichem Meerwasser: kein Wasserfluss

Internationales Felslabor Mont Terri



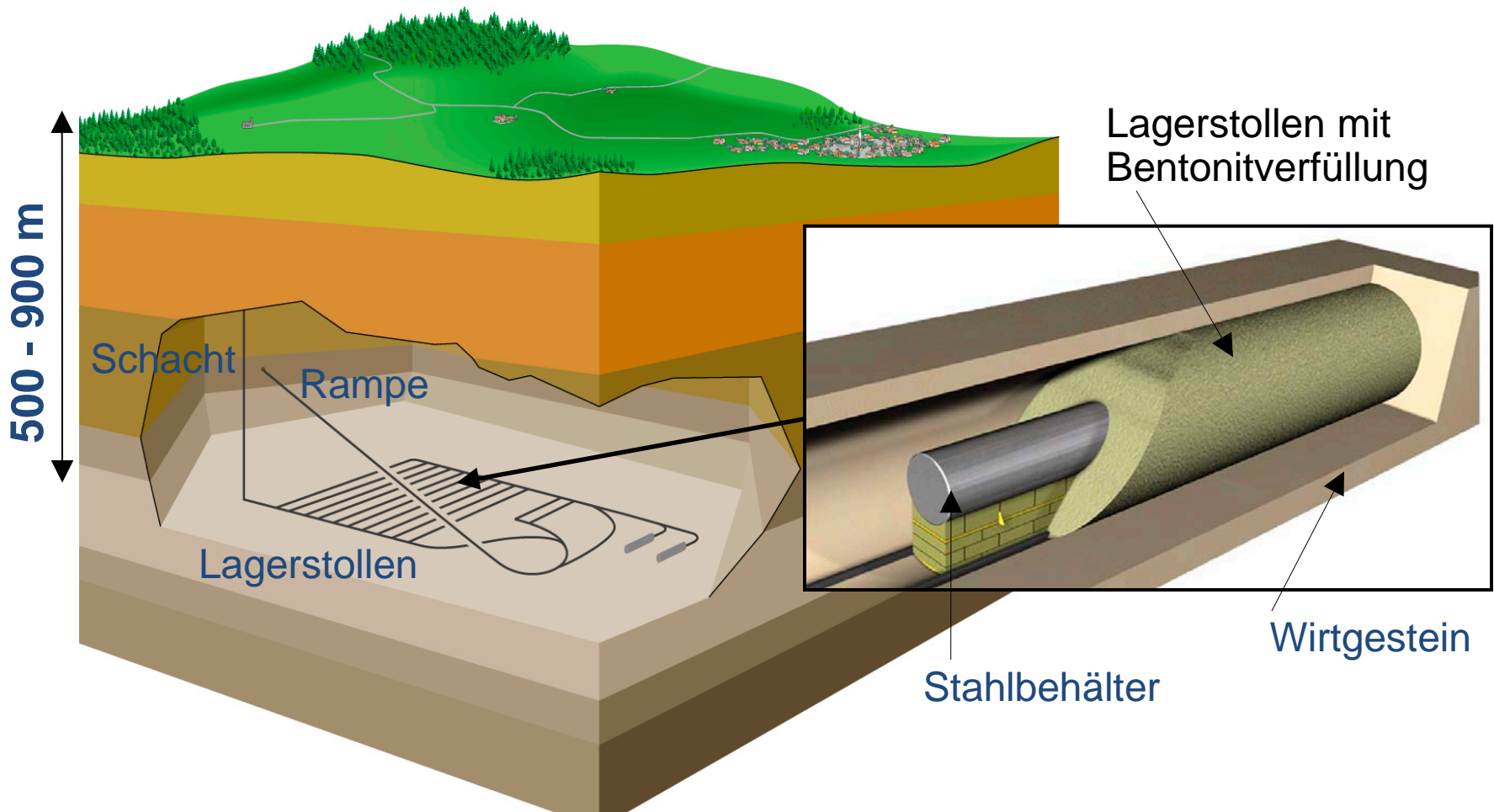
Schweiz als international anerkannter
Forschungspartner:
Abklärungen betr. Sicherheit, bautechnischer
Machbarkeit etc.



Opalinuston detailliert unter Tage untersucht

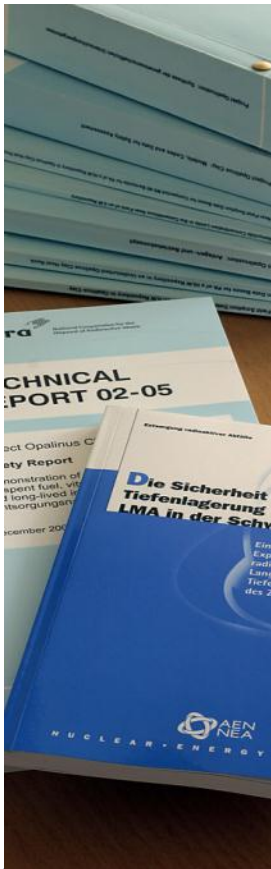


Anlagenkonzept: Mehrfache Sicherheitsbarrieren ...



... bieten zuverlässigen langfristigen Einschluss.
Behördliche Schutzziele weit unterschritten

Wie entsorgen ist grundsätzlich geklärt



Über 35 Jahre Forschung und Entwicklung

- **Technisch-wissenschaftliche Basis** ist vorhanden und anerkannt
- **Inventar möglicher Lagergesteine der Schweiz**
- **Entsorgungsnachweis 2006** für die geologische Tiefenlagerung hochaktiver Abfälle **abgeschlossen** am Beispiel Opalinuston im Zürcher Weinland (schwachaktive Abfälle: bereits 1988 erbracht).

Die Grundlagen sind heute gelegt und anerkannt.

Wo?



**Das muss wohl
der richtige
Standort sein!**

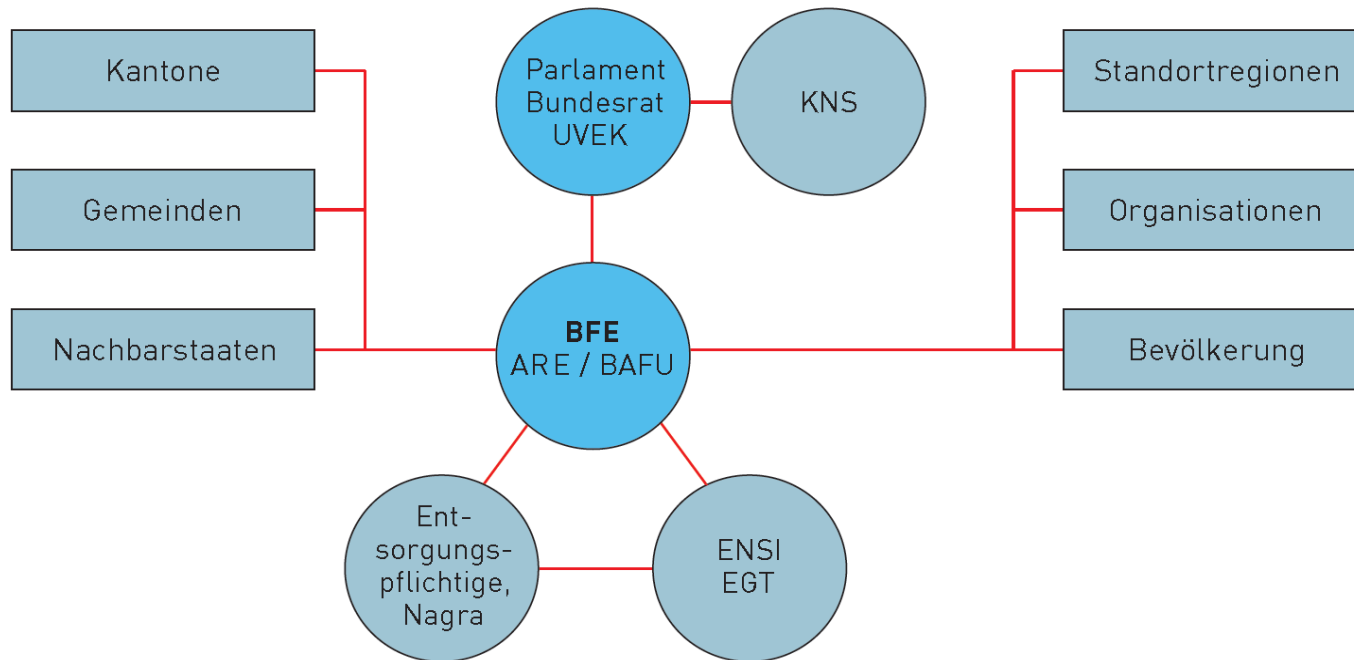
Ausgangslage Standortwahlverfahren



Verfahrensleitung – Aufsicht – Projektierung

Klare Rollenteilung und Unabhängigkeit der verschiedenen Akteure in der Schweiz:

- Federführung – BFE (Bundesamt für Energie)
- Unabhängige Kontrolle – ENSI (Eidg. Nuklearsicherheitsinspektorat)
- Projektant – Nagra



Wo? Standortwahl in 3 Etappen: Etappe 1

Etappe 1

Auswahl von
potentiellen
geologischen
Standortgebieten

2008

2011

2017

2027

Kriterien zu Beginn definiert

Die 13 Kriterien des SGT zur Standortevaluation hinsichtlich Sicherheit und technischer Machbarkeit

1 Eigenschaften des Wirtgesteins (bzw. des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs)	1.1 Räumliche Ausdehnung 1.2 Hydraulische Barrierenwirkung 1.3 Geochemische Bedingungen 1.4 Freisetzungspfade
2 Langzeitstabilität	2.1 Beständigkeit der Standort- und Gesteinseigenschaften 2.2 Erosion 2.3 Lagerbedingte Einflüsse 2.4 Nutzungskonflikte
3 Zuverlässigkeit der geologischen Aussagen	3.1 Charakterisierbarkeit der Gesteine 3.2 Explorierbarkeit der räumlichen Verhältnisse 3.3 Prognostizierbarkeit der Langzeitveränderungen
4 Bautechnische Eignung	4.1 Felsmechanische Eigenschaften und Bedingungen 4.2 Untertägige Erschliessung und Wasserhaltung

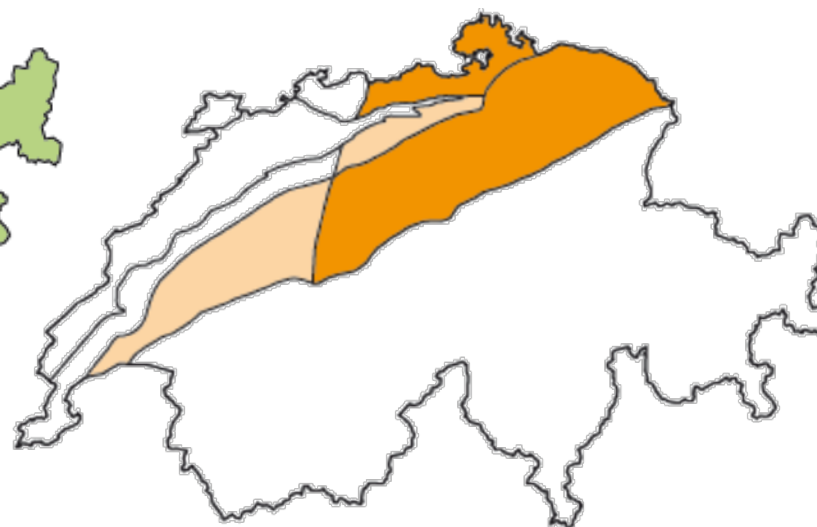
Etappe 1: Grossräume

- Räumliche Verhältnisse und ihre Explorierbarkeit
- Langzeitstabilität



Grossräume für Tiefenlager SMA

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

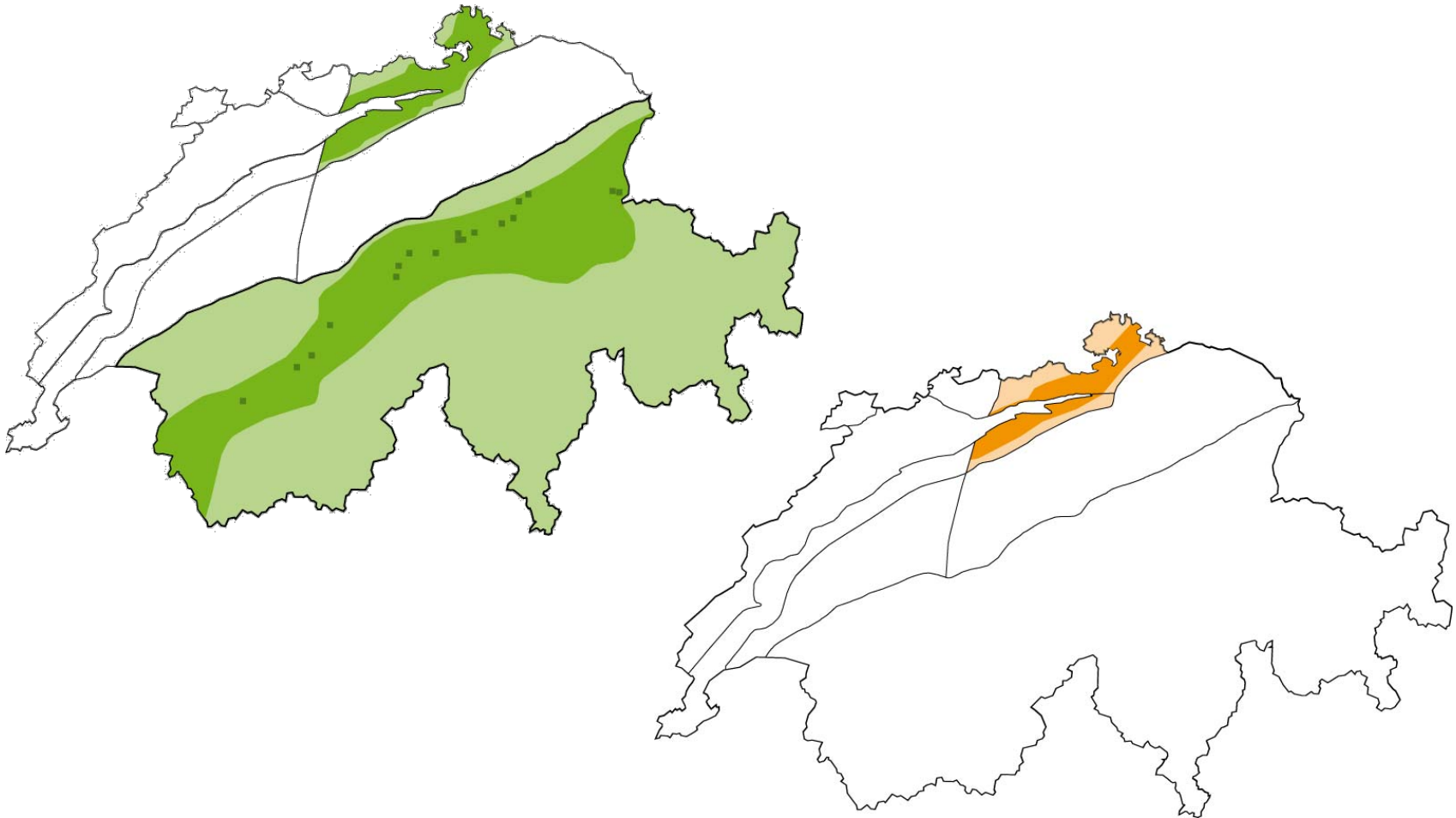


Grossräume für Tiefenlager HAA

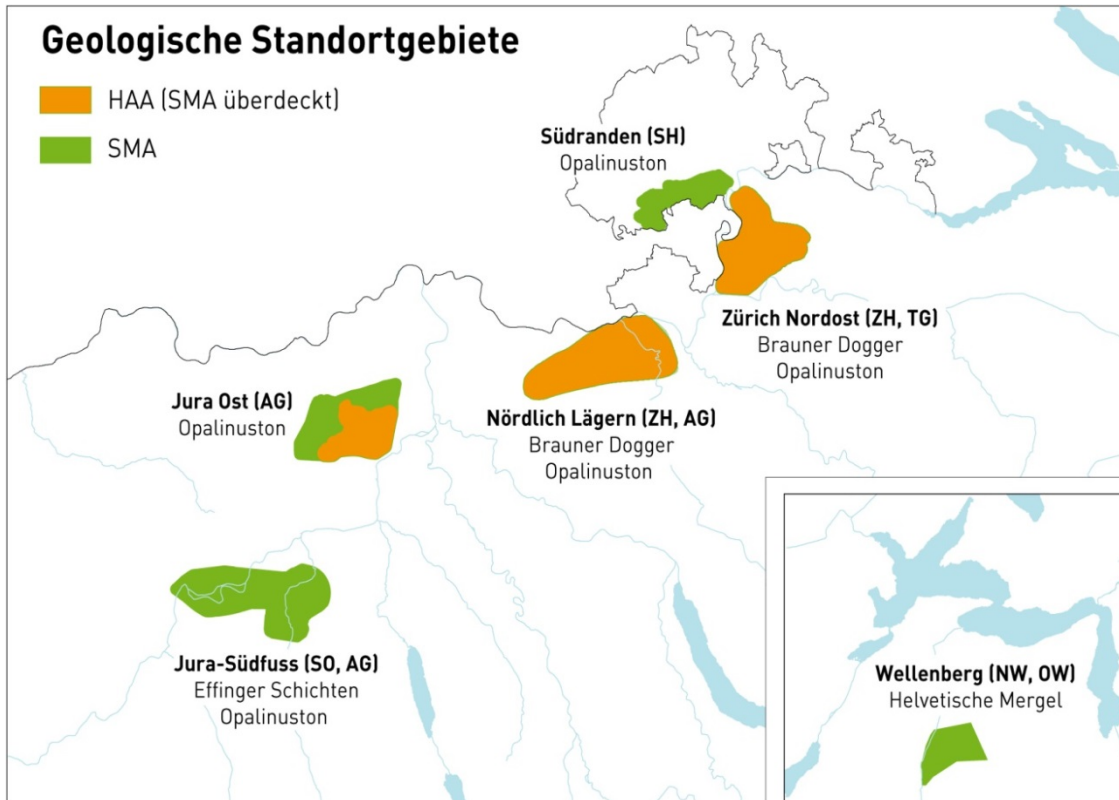
- **Günstig bis sehr günstig**
- **Ungünstig bis bedingt günstig**
- **Ungenügend**

Etappe 1: Verbreitung Wirtgesteine

- Grossräume und bevorzugte Wirtgesteine

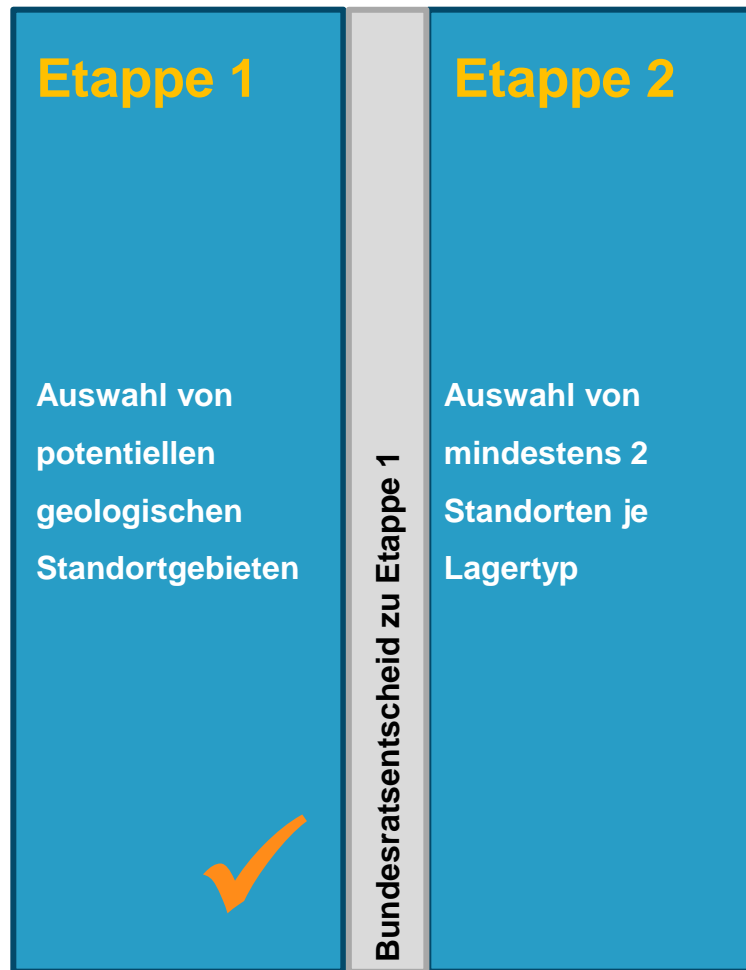


Etappe 1: Resultat



- 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**

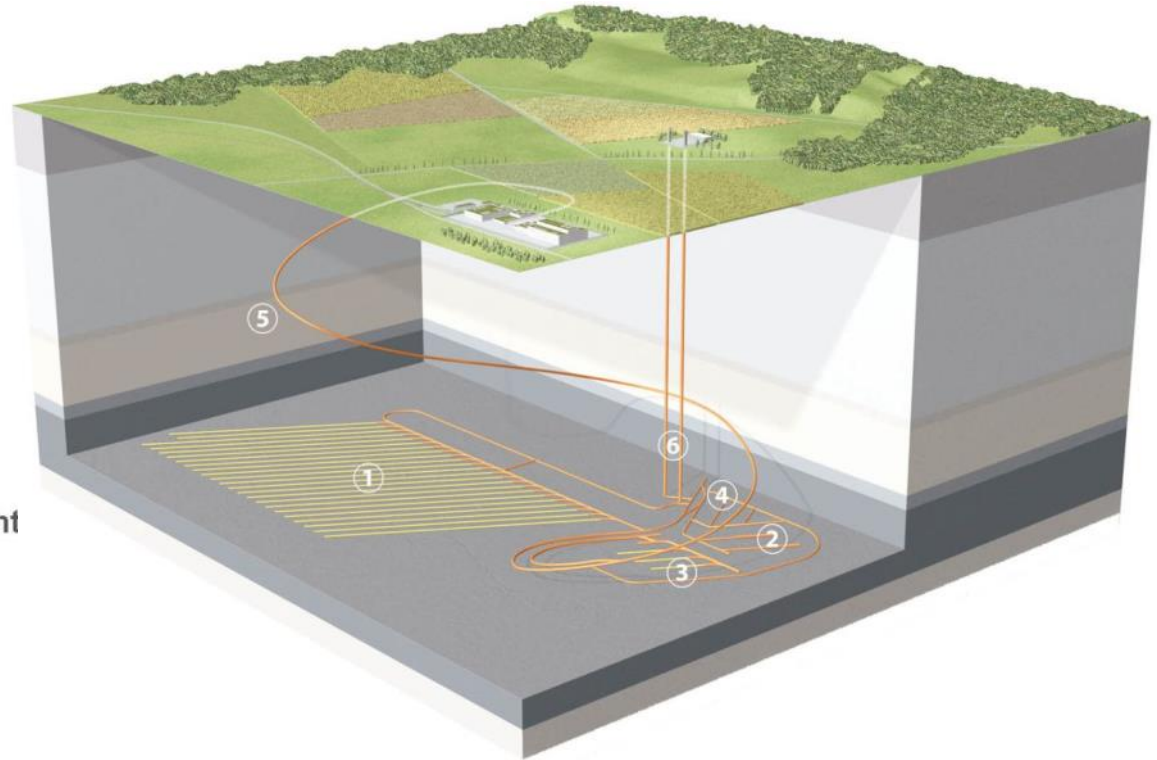
Wo? Standortwahl in 3 Etappen: Etappe 2



Etappe 2: Anlagen des Tiefenlagers – zwei Ebenen

- **Anlagen an der Erdoberfläche:** Bezüglich räumlicher Anordnung, Erschliessung und Ausgestaltung der Oberflächenanlage besteht **grosse Flexibilität**.

- 1 Hauptlager BE/HAA
- 2 Lager LMA
- 3 Pilotlager
- 4 Testbereich
- 5 Zugangstunnel
- 6 Lüftungsschacht und Bauschacht



- **Anlagen im geologischen Untergrund:** Das Gestein im Untergrund des Standortes bestimmt die Lage des Lagerbereichs. **Sicherheit** hat dabei oberste **Priorität**.

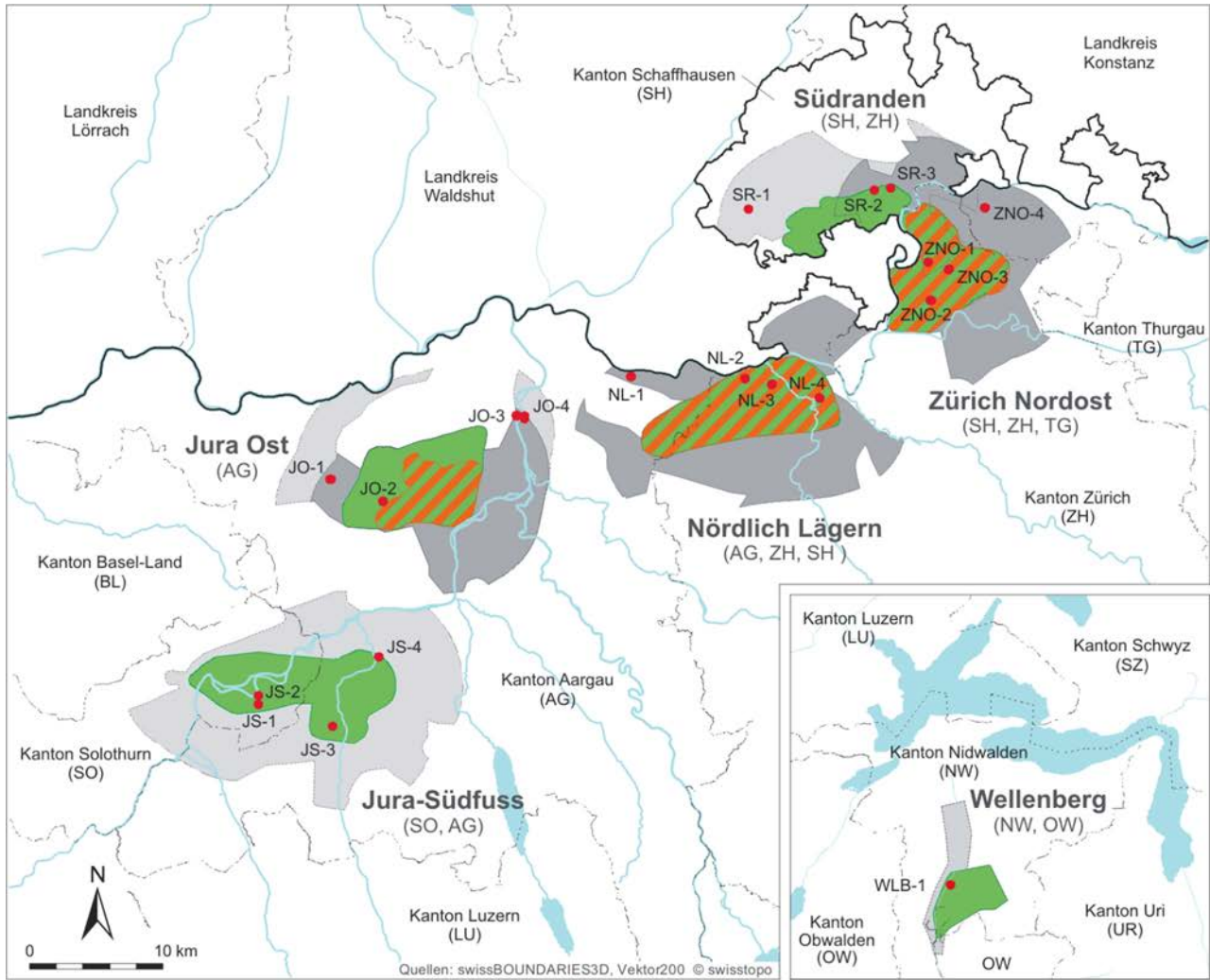
«Oben»: Zusammenarbeit mit den Regionen

- Die betroffenen Regionen sollen ihre Anliegen zu einer **optimalen Eingliederung des Projekts** frühzeitig einbringen können.
- Sehr engagierte Zusammenarbeit in den **Regionalkonferenzen**











Wenn ein Lager doch zu uns kommen sollte: «Wie stört es am wenigsten und wie gibt es allenfalls Synergien?»

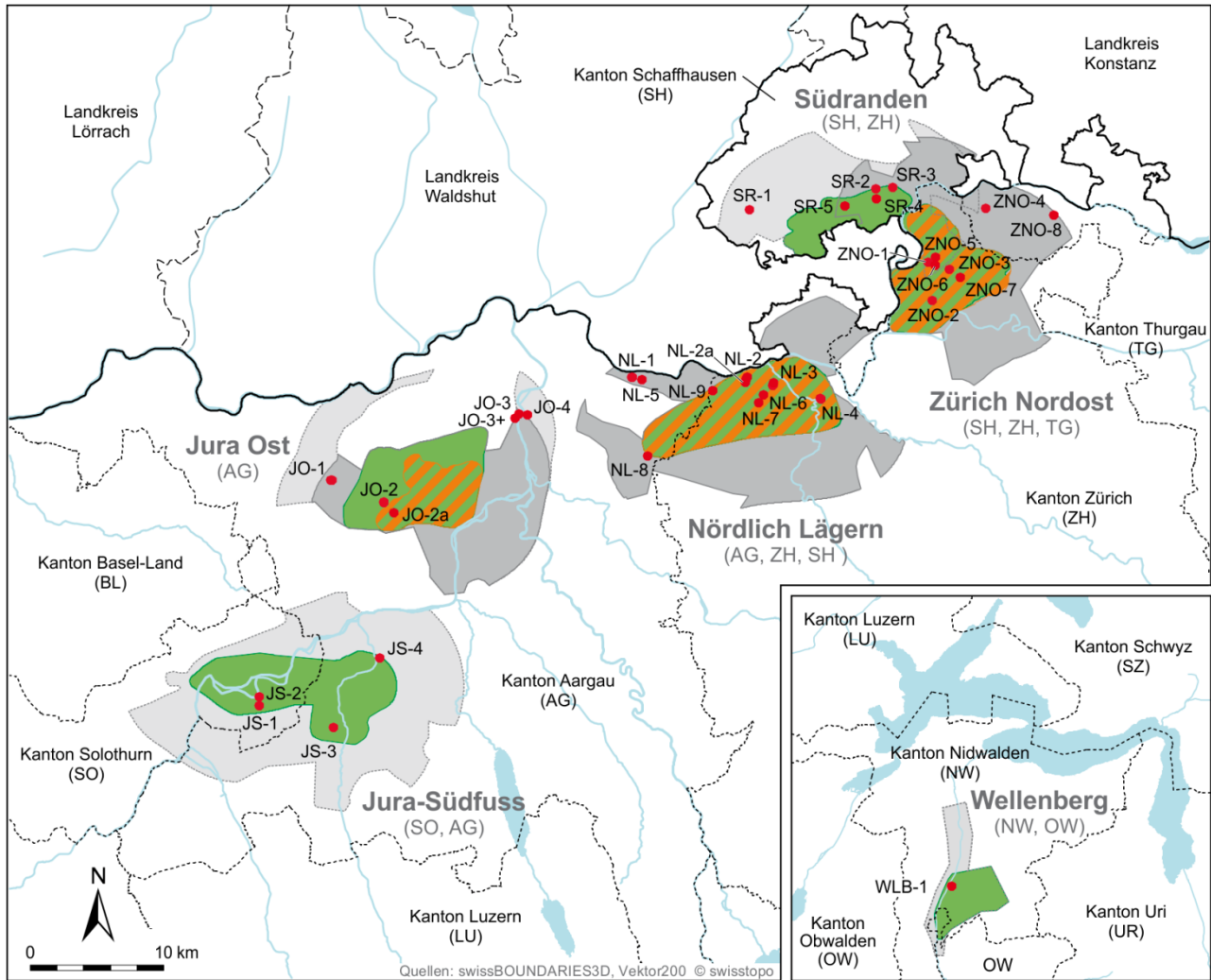
Standorte Oberflächenanlagen – Vorschläge Nagra











Diskussionsgrundlage für Partizipation (Januar 2012)

-  Geologisches Standortgebiet für HAA-Lager
-  Geologisches Standortgebiet für SMA-Lager
-  Planungsperimeter HAA und SMA
-  Planungsperimeter SMA
-  Standortareale
-  Landesgrenze
-  Kantonsgrenze
-  Landkreisgrenze (Deutschland)

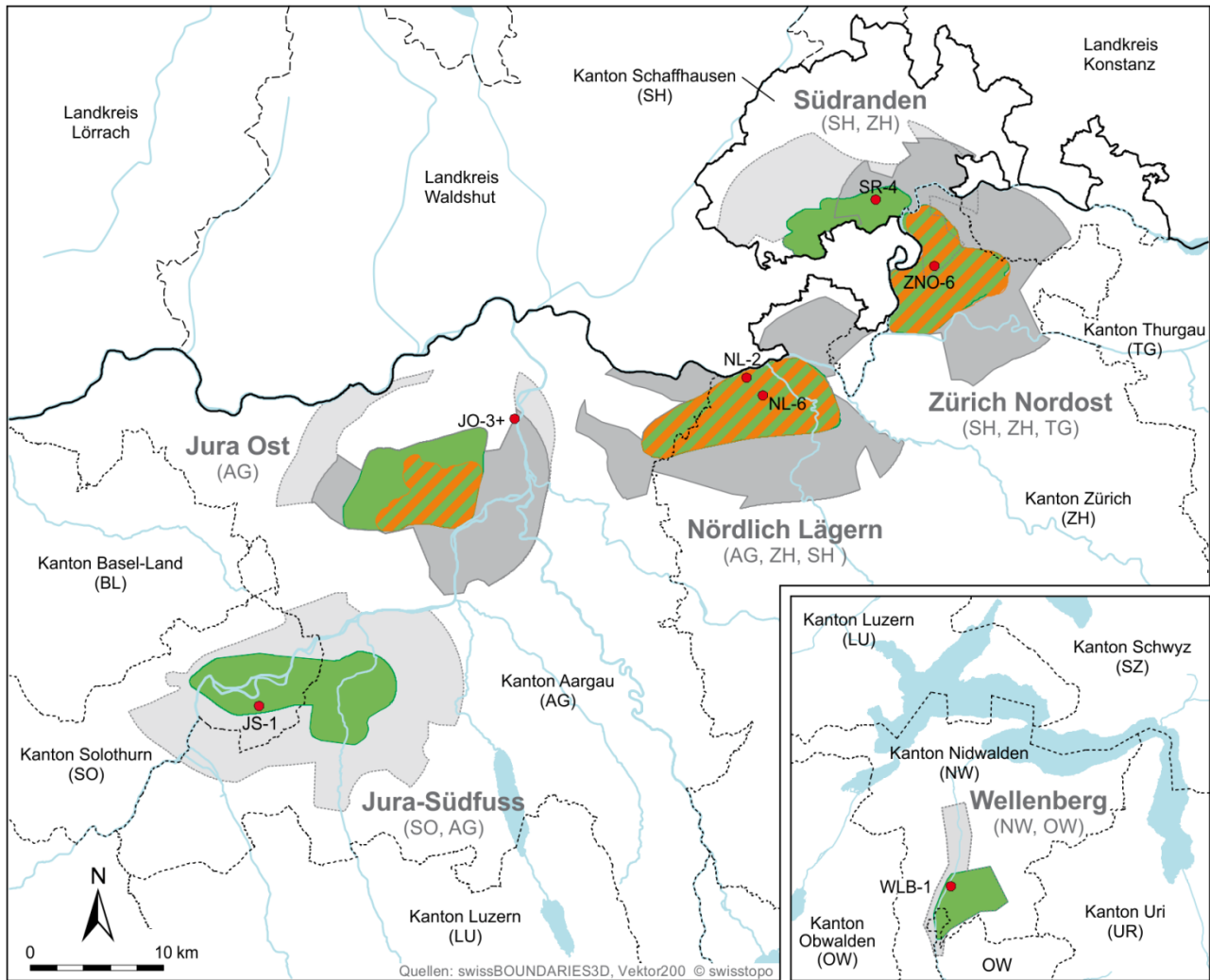
Standorte Oberflächenanlagen – Zwischenstand











Von der Partizipation beurteilte Standorte

-  Geologisches Standortgebiet für HAA-Lager
-  Geologisches Standortgebiet für SMA-Lager
-  Planungsperimeter HAA und SMA
-  Planungsperimeter SMA
-  Standortareale
-  Landesgrenze
-  Kantonsgrenze
-  Landkreisgrenze (Deutschland)

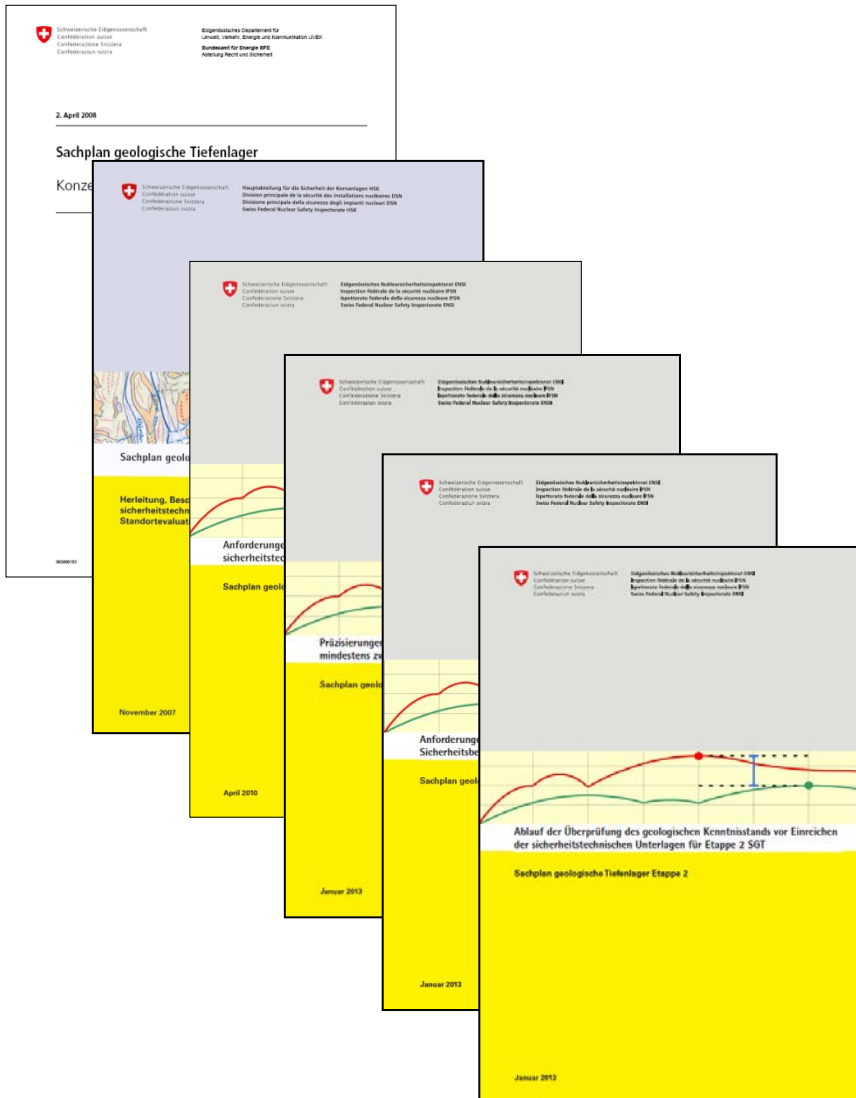
Standorte Oberflächenanlagen – Resultat



Aufgrund Partizipation von der Nagra bezeichnete Standorte

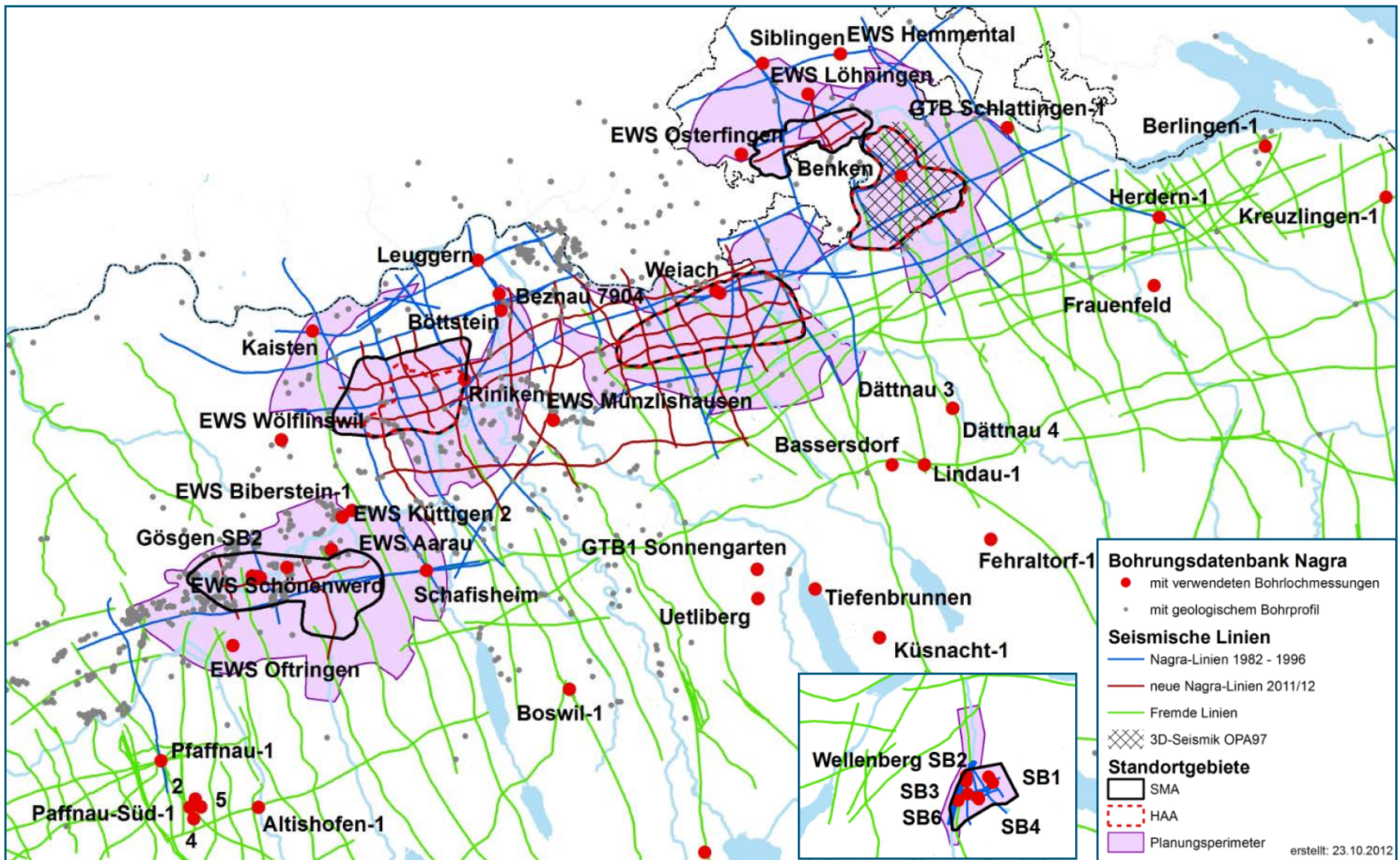
-  Geologisches Standortgebiet für HAA-Lager
-  Geologisches Standortgebiet für SMA-Lager
-  Planungsperimeter HAA und SMA
-  Planungsperimeter SMA
-  bezeichnete Standortareale
-  Landesgrenze
-  Kantonsgrenze
-  Landkreisgrenze (Deutschland)

«Unten»: Vorgaben sicherheitstechnischer Vergleich



- Bundesrat: Sachplan geologische Tiefenlager, SGT, Konzeptteil
- ENSI: Herleitung, Beschreibung und Anwendung der sicherheitstechnischen Kriterien für die Standortevaluation
- ENSI: Anforderungen an die provisorischen Sicherheitsanalysen und den sicherheitstechnischen Vergleich (Etappe 2 SGT)
- ENSI: Präzisierungen zum sicherheitstechnischen Vorgehen für die Auswahl von mindestens zwei Standortgebieten je für HAA und SMA in Etappe 2 SGT
- ENSI: Anforderungen an die bautechnischen Risikoanalysen und an ergänzende Sicherheitsbetrachtungen für die Zugangsbauwerke in Etappe 2 SGT
- ENSI: Ablauf der Überprüfung des geologischen Kenntnisstands vor Einreichen der sicherheitstechnischen Unterlagen für Etappe 2 SGT.

Etappe 2: Datenlage (Stand 2014)





Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

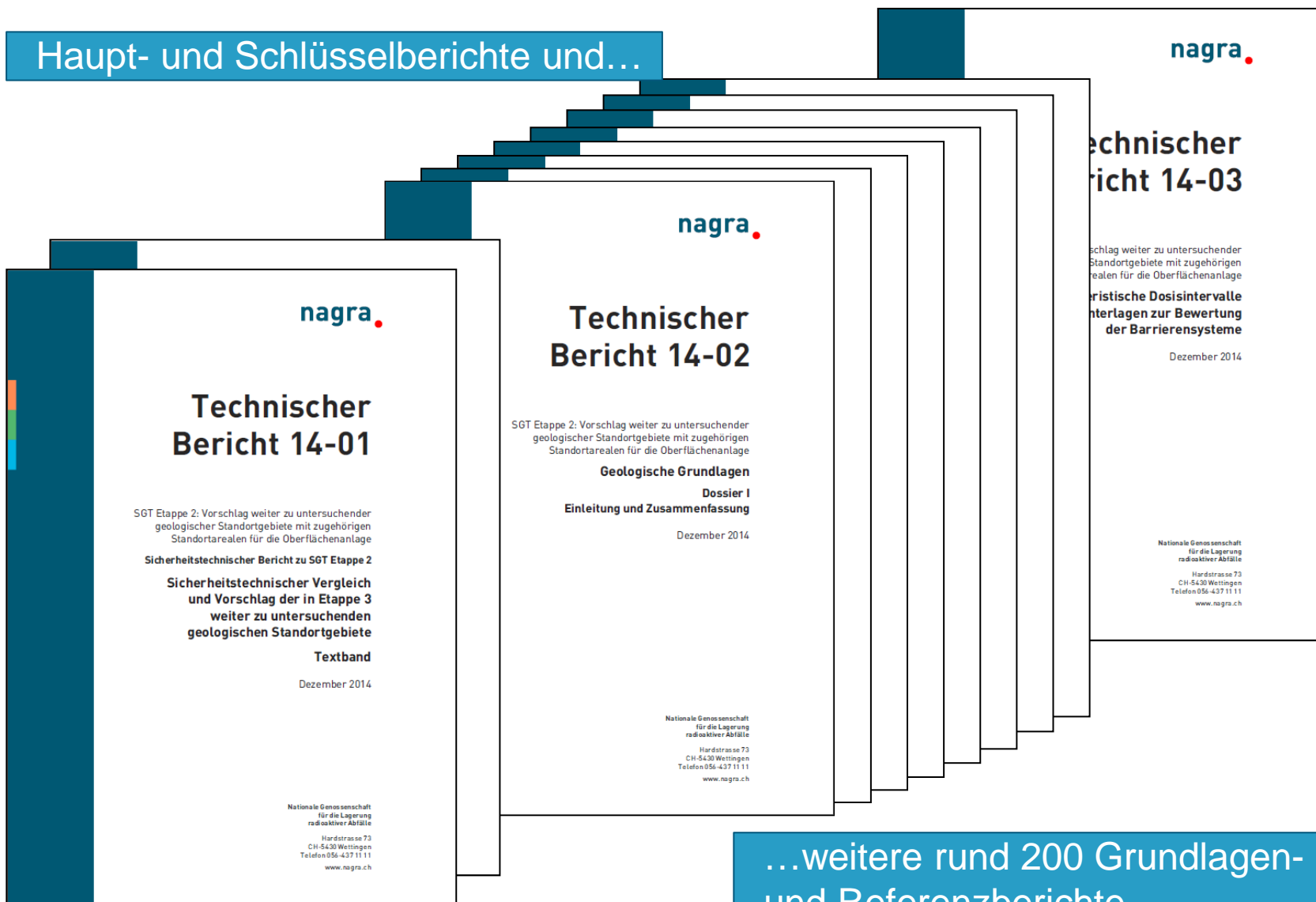
Bundesamt für Energie BFE
OrgEinheit

Geologische Tiefenlager: ENSI beurteilt Kenntnisstand für den Einengungsvorschlag in Etappe 2 als ausreichend

Die Nagra kann ihre geologischen Untersuchungen für Etappe 2 des Auswahlverfahrens für geologische Tiefenlager abschliessen. Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) bestätigt in einem Schreiben an das Bundesamt für Energie (BFE), dass die Nagra die Themen der 41 ENSI-Forderungen aus dem Jahr 2011 vollständig und detailliert behandelt hat. Der geologische Kenntnisstand ist damit ausreichend, damit die Nagra ihre Vorschläge für mindestens zwei Standorte pro Lagertyp (Lager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle sowie Lager für hochradioaktive Abfälle) beim BFE einreichen kann. Mit der Bekanntgabe der Vorschläge ist Anfang 2015 zu rechnen.

Dokumentation sicherheitstechnischer Vergleich

Haupt- und Schlüsselberichte und...



...weitere rund 200 Grundlagen- und Referenzberichte.

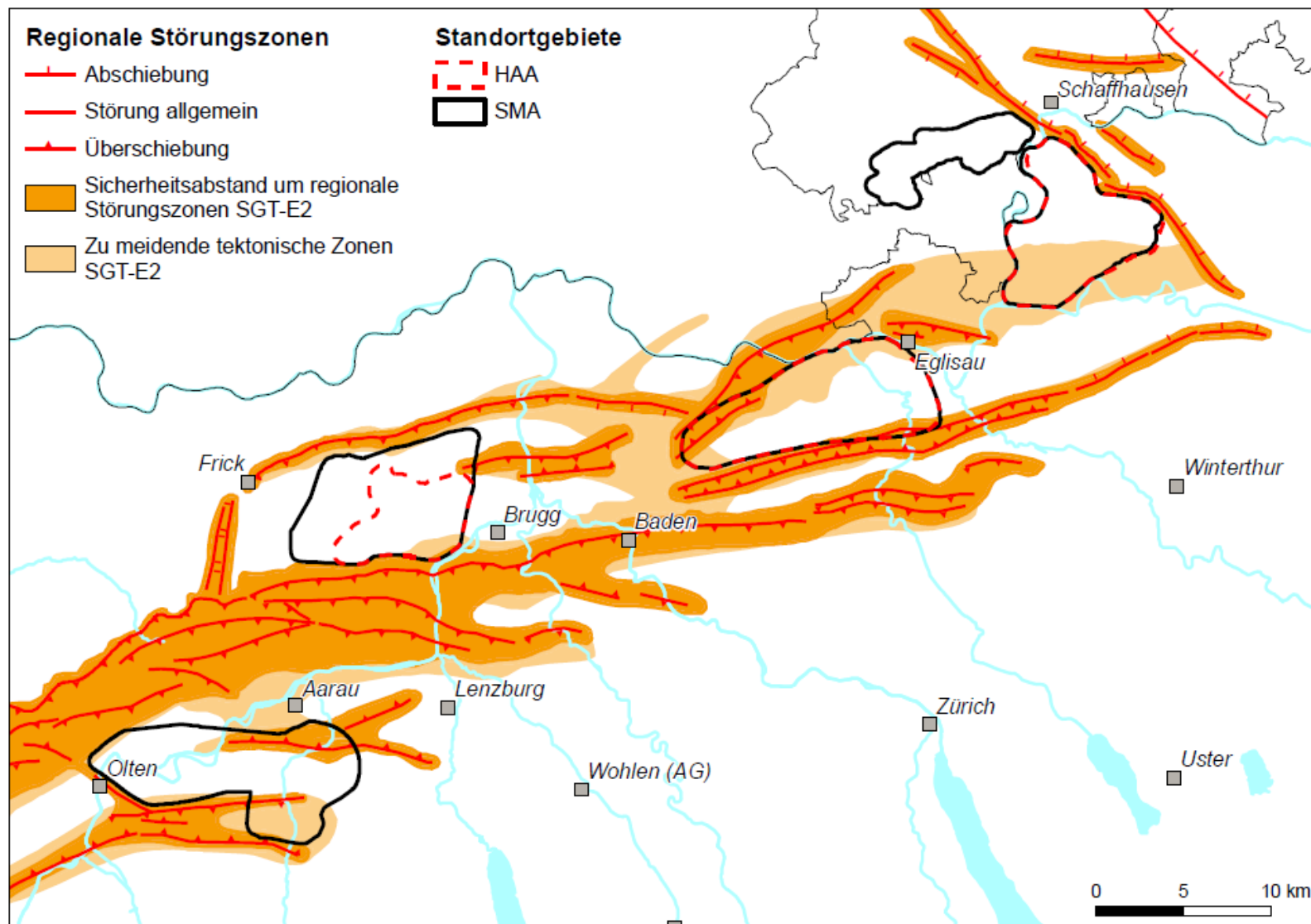
Vergleich: Entscheidrelevante Merkmale ...

... sind von übergeordneter Bedeutung bezüglich Sicherheit und technischer Machbarkeit:

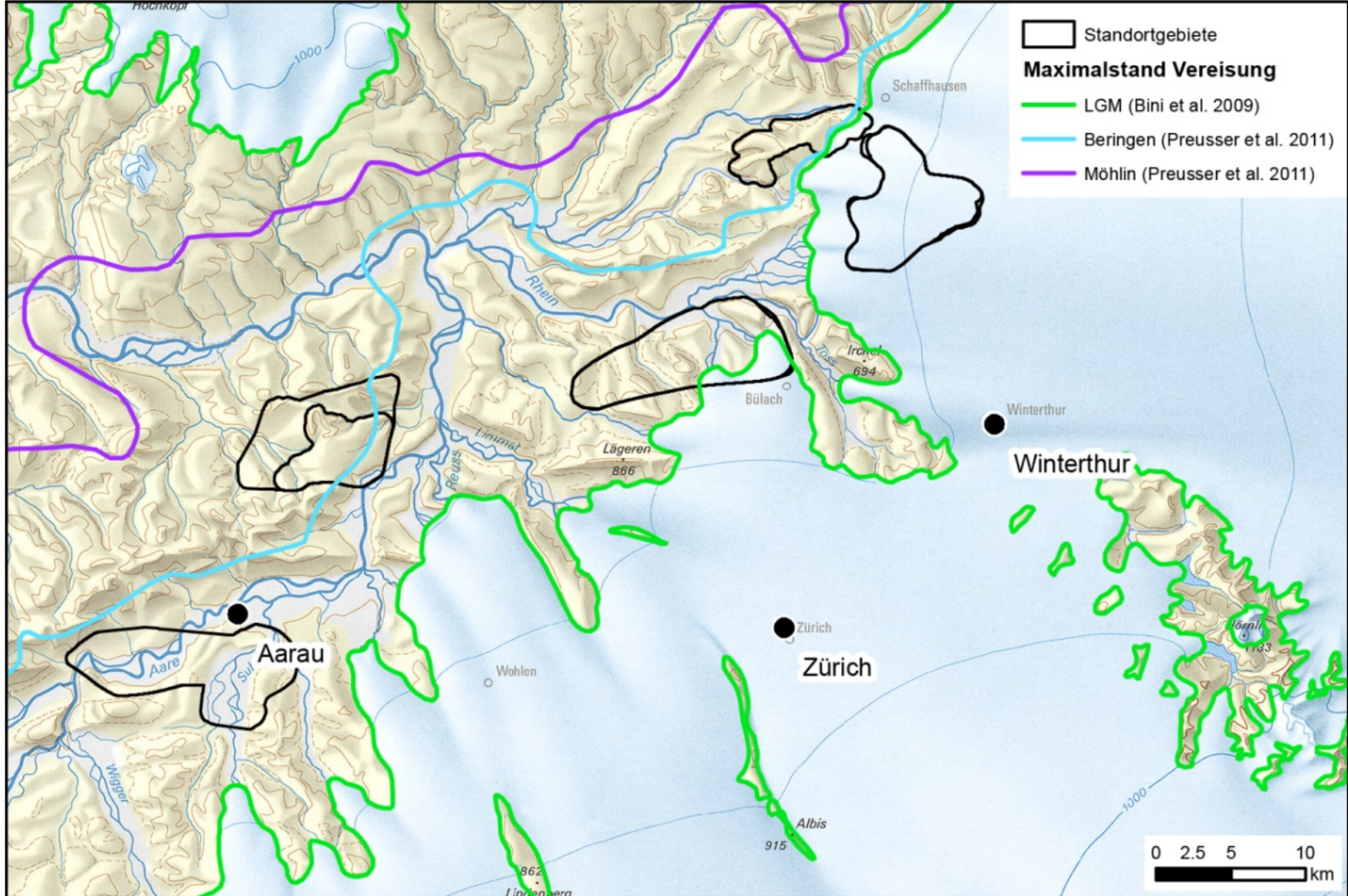
- **Die Wirksamkeit der geologischen Barriere**
- **Die Langzeitstabilität der geologischen Barriere**
- **Die Zuverlässigkeit der Explorier- und Charakterisierbarkeit der geologischen Barriere**
- **Die bautechnische Eignung/Machbarkeit unter Berücksichtigung der vorgeschlagenen Standortareale für Oberflächenanlagen**

Aus der Bewertung der entscheidrelevanten Merkmale mit den zugeordneten Indikatoren werden allfällige **eindeutige Nachteile** ersichtlich.

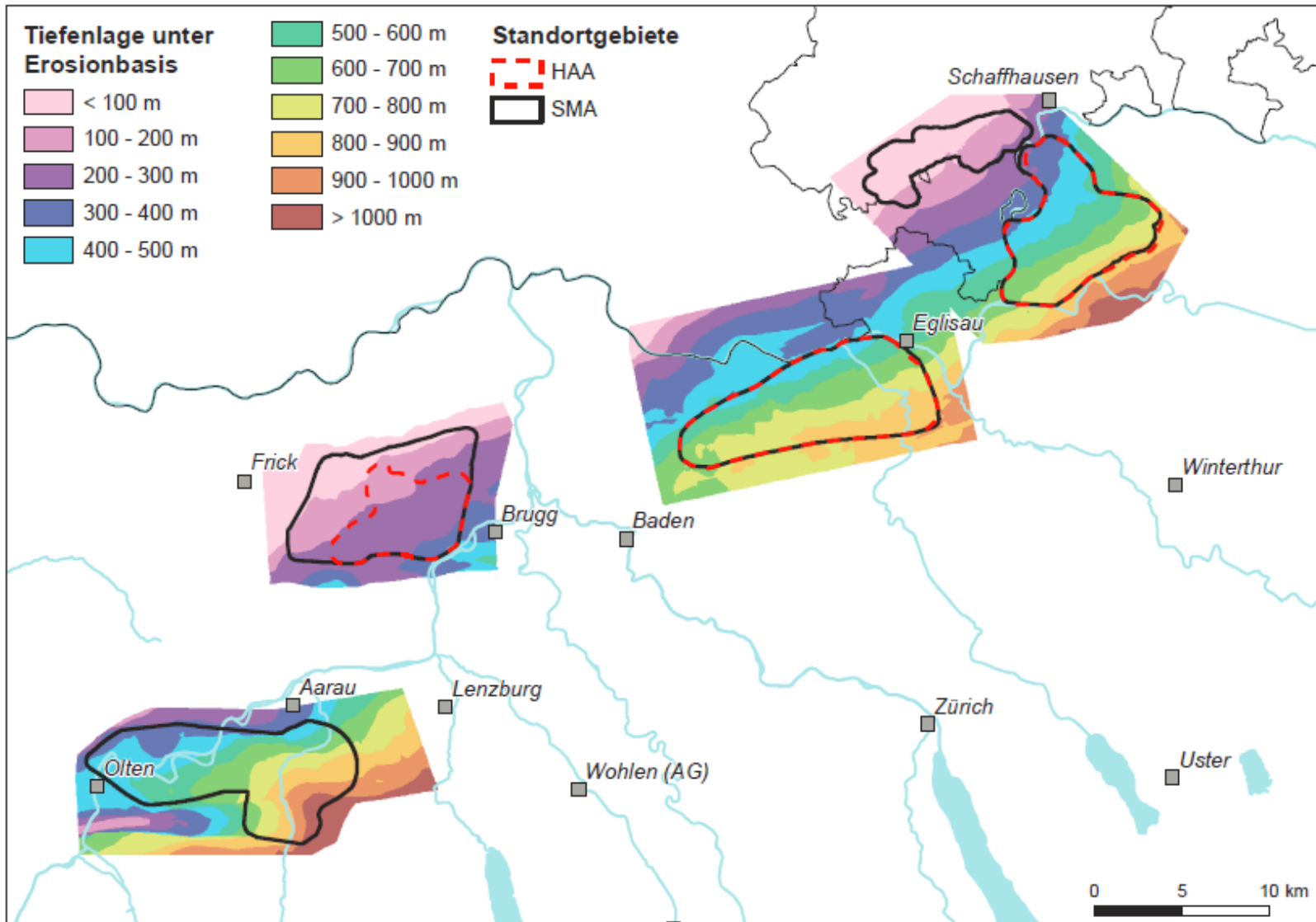
Regionale tektonische Elemente meiden



Erosion: Bedeutung von Vergletscherungen



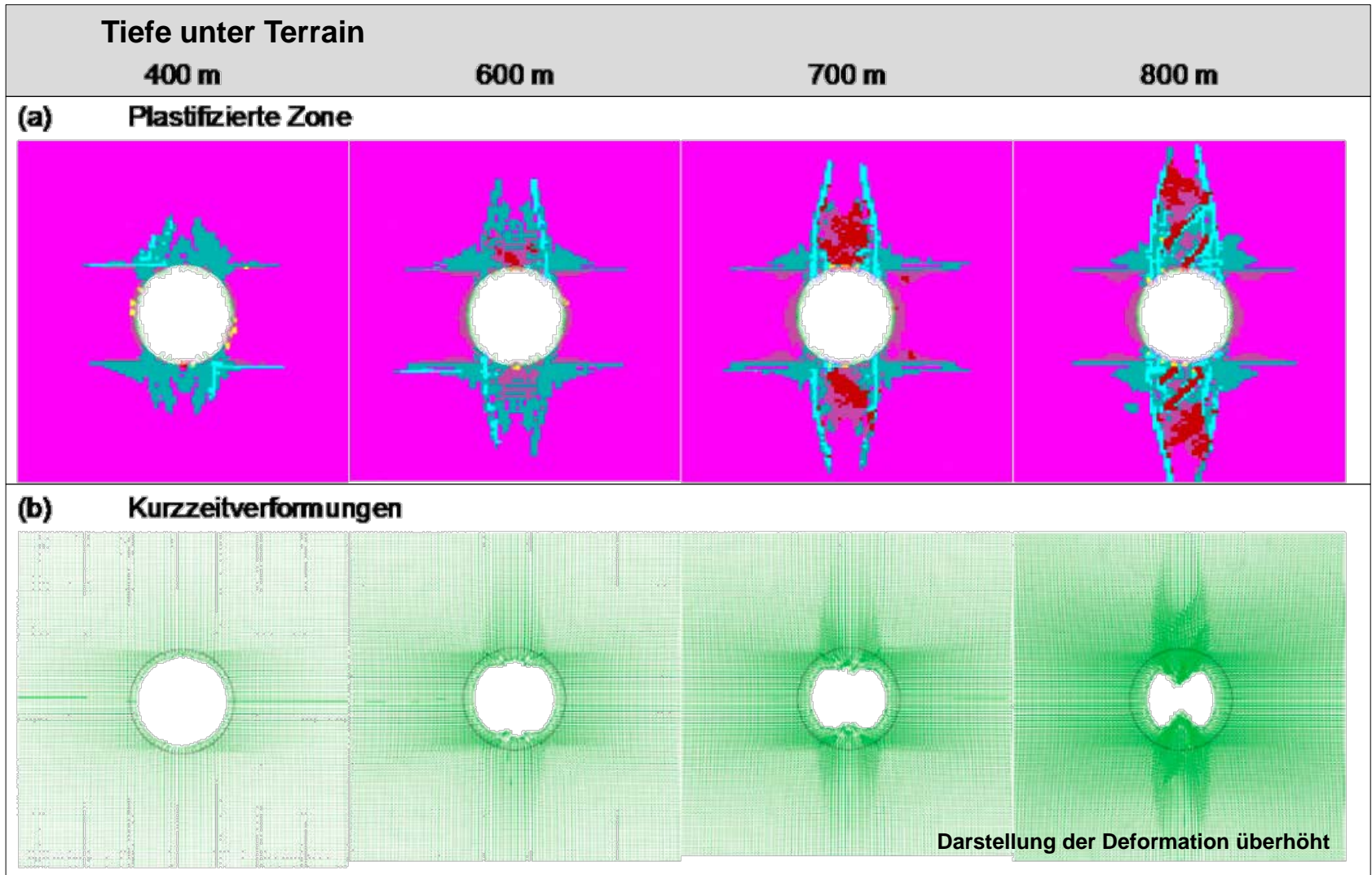
Minimale Tiefenlage: Schutz vor Erosion



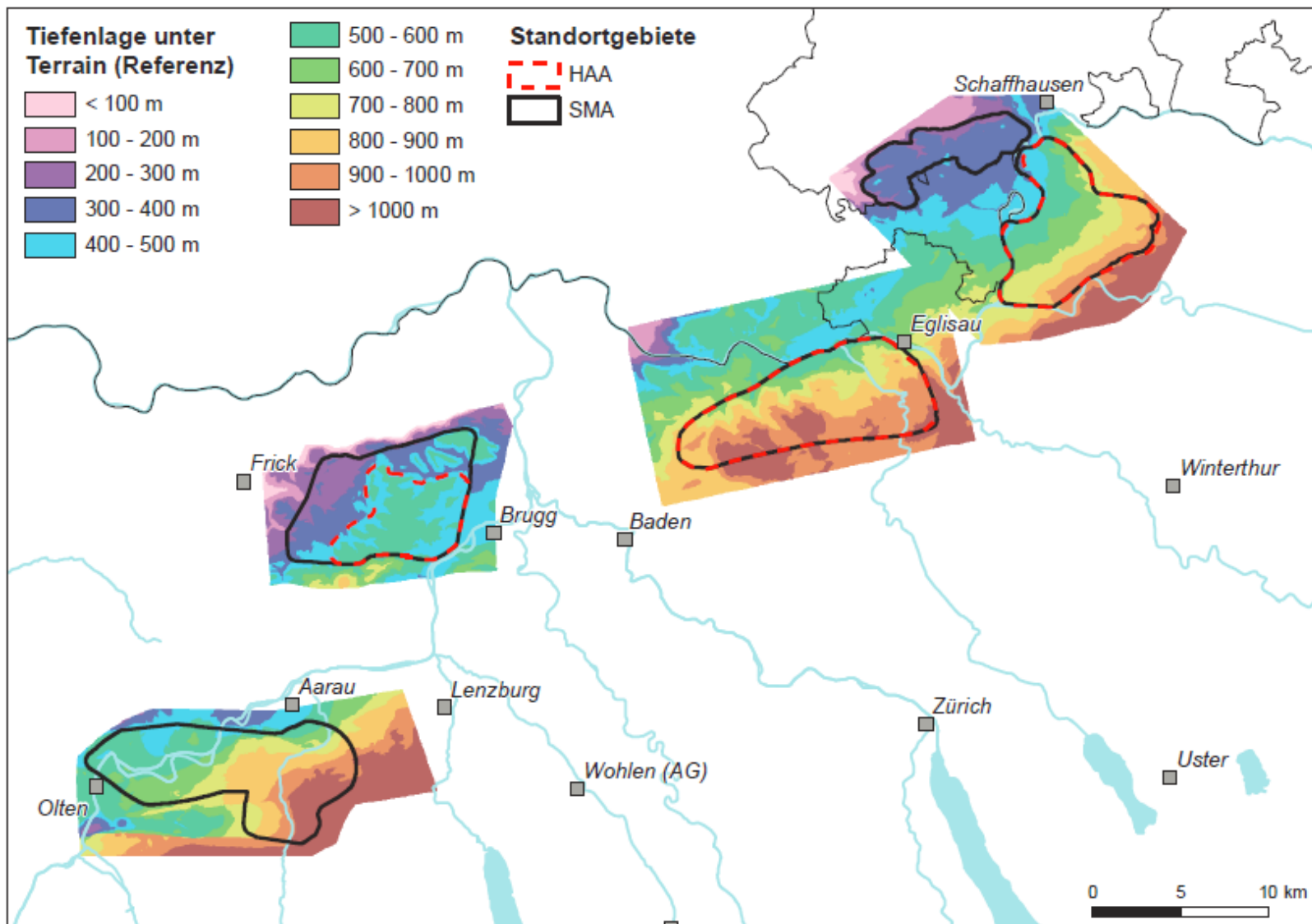
Felsmechanische Berechnungen (BE/HAA-Lagerstollen)



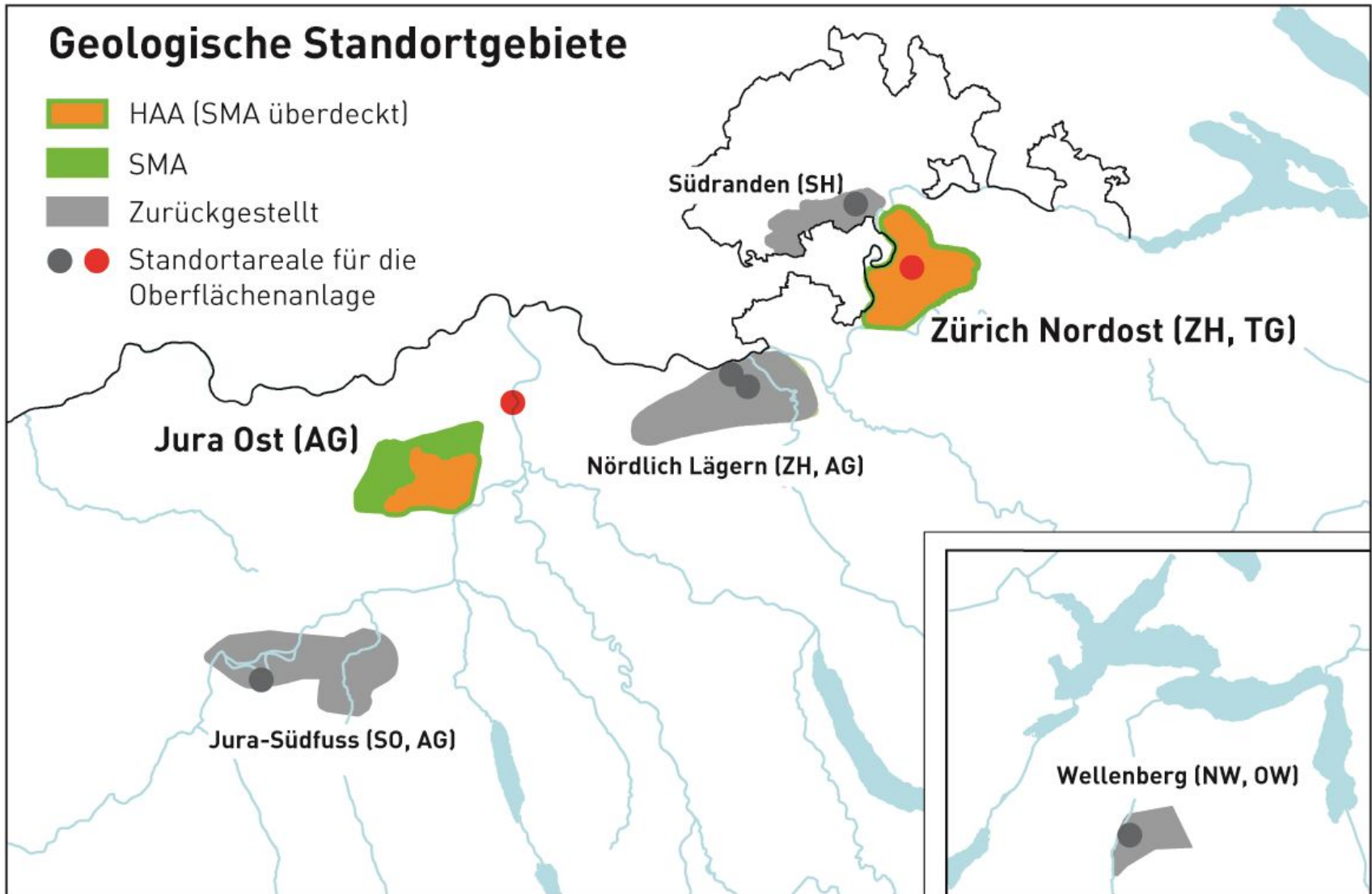
Felsmechanische Berechnungen (BE/HAA-Lagerstollen)



Maximale Tiefenlage: Bedingungen Felsmechanik



Resultat: Vorschläge der Nagra für Etappe 3



Wo? Standortwahl in 3 Etappen: Etappe 3



Weitere Standortuntersuchungen in Etappe 3



Bei Standortwahl hat Sicherheit Priorität

Kernenergiegesetz:

Die **Rahmenbewilligung** legt fest:

...**den Standort**; den Zweck der Anlage; die Grundzüge des Projektes;...

Als Grundzüge des Projektes gelten die ungefähre Grösse und Lage der wichtigsten Bauten.

Kernenergieverordnung:

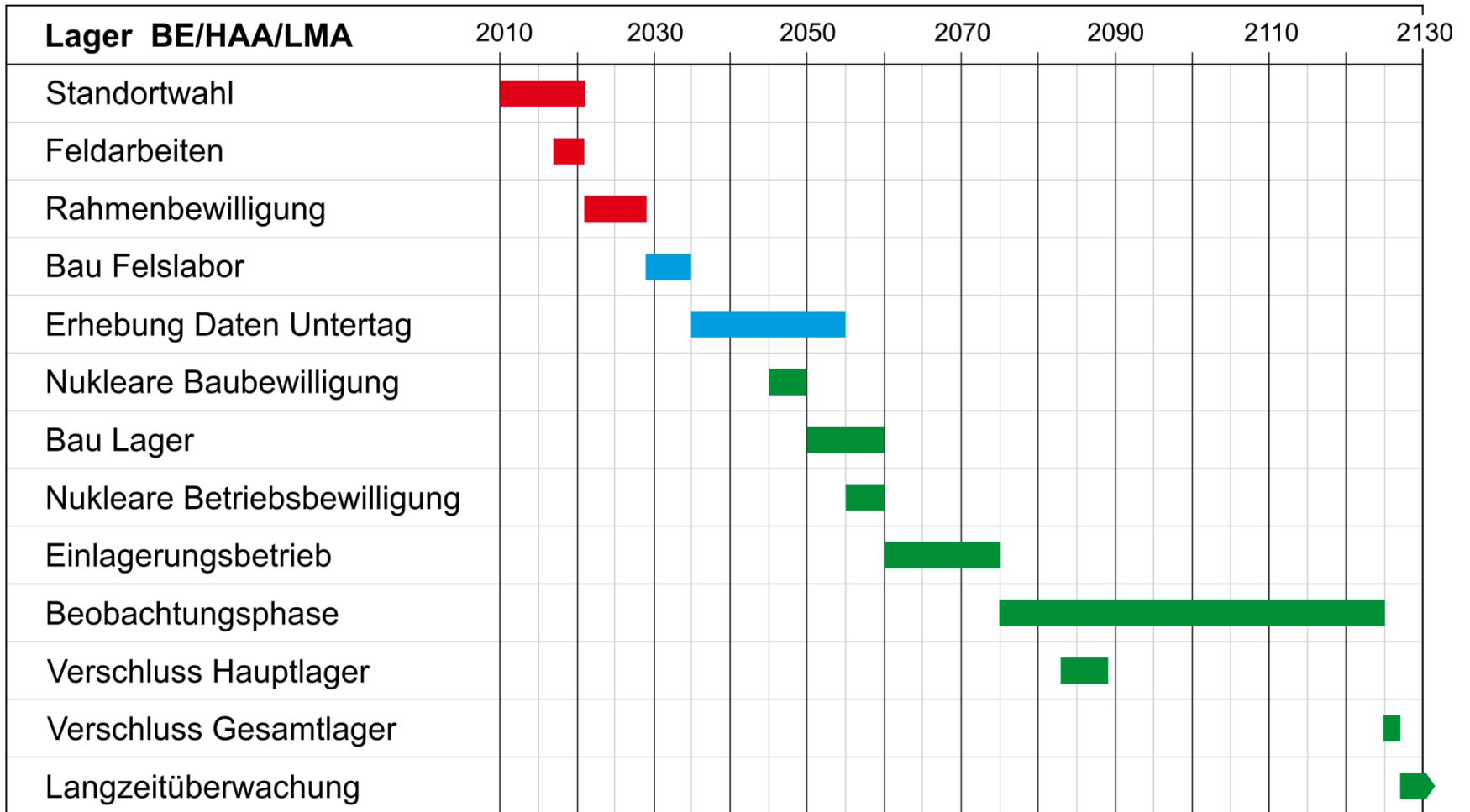
Der Gesuchsteller für eine **Rahmenbewilligung** für ein geologisches Tiefenlager hat ... einen Bericht mit folgenden Angaben einzureichen:

- a. einen **Vergleich der zur Auswahl stehenden Optionen** hinsichtlich der Sicherheit des geplanten Tiefenlagers;
- b. eine Bewertung der für die Auswahl des Standorts ausschlaggebenden Eigenschaften; ...

Wo? Standortwahl in 3 Etappen: Etappe 3



... danach langer Weg zur Realisierung



**Unsere Verpflichtung gegenüber
kommenden Generationen ist,
diese Umweltschutzaufgabe
auch in der Schweiz
zügig umzusetzen und sie nicht
auf die lange Bank zu schieben.**

Die Grundlagen dazu liegen vor.

**besten dank
für ihre aufmerksamkeit**

nagra

● aus verantwortung

