



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI

# **Wer stellt im CH-Verfahren sicher, dass die Sicherheit gewährleistet ist?**

Evangelische Akademie Loccum, 25. Juni 2022

Meinert Rahn  
ENSI



# „Sicherheit“ heisst, ...

- «dass das Endlager sicher nicht zu mir kommt»
- «dass ein Lagerort gefunden wird, der alle Sicherheitsanforderungen erfüllt»
- «dass ich ganz sicher meine Anliegen in das Verfahren einbringen kann»
- «dass meine Organisation in dem Verfahren sicher gut dasteht»
- «dass mit dem Verfahren sichergestellt ist, dass nicht mehr Geld als nötig ausgegeben wird»
- «dass das Verfahren sicherstellt, dass das Lager sicher gebaut und betrieben werden kann»



# Sicherheit zwischen Emotionen und Wissenschaft

**Sicherheit durch Verfahren**

**Wissenschaft:  
Sicherheit  
durch Fakten**

**Dialog**

**Emotionen:  
Sicherheit  
durch  
Vertrauen**



# Voraussetzung ist, ...

- dass definiert ist, was mit Sicherheit gemeint ist,
- dass dieser Sicherheit oberste Priorität gegeben wird,
- dass ein mehrheitlicher Konsens darüber besteht, dass es eine Entsorgungslösung im geologischen Untergrund braucht («vom Zwischen- zum Endlager»)
- dass sowohl bei Projektant wie Prüfbehörden das Fachwissen vorhanden ist,
- dass ein sich ändernder Stand von Wissenschaft und Technik in das Verfahren einfließen kann («lernendes Verfahren»).



# Kriterien Schweiz

<b>1. Eigenschaften des Wirtgesteins</b>	1.1	Räumliche Ausdehnung
	1.2	Hydraulische Barrierenwirkung
	1.3	Geochemische Bedingungen
	1.4	Freisetzungspfade
<b>2. Langzeitstabilität</b>	2.1	Beständigkeit der Gesteinseigenschaften
	2.2	Erosion
	2.3	Lagerbedingte Einflüsse
	2.4	Nutzungskonflikte
<b>3. Zuverlässigkeit der geologischen Aussagen</b>	3.1	Charakterisierbarkeit der Gesteine
	3.2	Explorierbarkeit
	3.3	Prognostizierbarkeit der Langzeitveränderungen
<b>4. Bautechnische Eignung</b>	4.1	Felsmechanische Eigenschaften
	4.2	Untertägige Erschliessung

Wie sieht der geologische Untergrund aus?

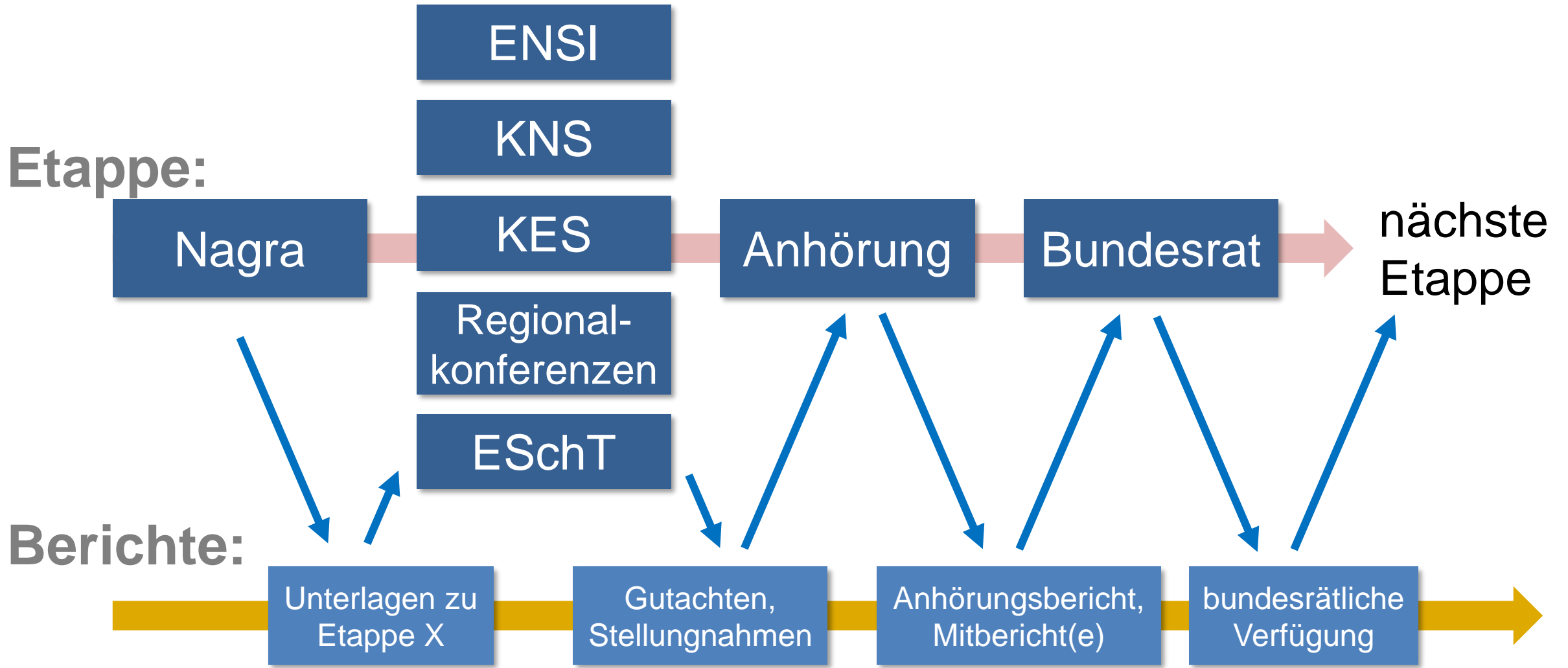
Wie wird sich der Untergrund über 1 Mio Jahre entwickeln?

Wie genau wissen wir, was wir wissen?

Wie kann man das Lager sicher bauen?



# Redundante Sicherheitsbeurteilung





# Wie das ENSI die Sicherheit sicherstellt

- ENSI-Gesetz: Auftrag, finanzielle Ressourcen, Enforcement
- ENSI-interner Bereich Entsorgung mit 18 Mitarbeitenden (12 auf dem Gebiet Endlagerung), die Fachexperten auf ihrem Gebiet sind.
- Expertengruppe EGT (acht Professoren (em.) schweizerischer und deutscher Universitäten, die weitere, zum Teil redundante Fachexpertise einbringen), weitere Experten für Einzelaspekte
- Eigene Forschung: Festlegung Stand von Wissenschaft und Technik, Zugang zu Daten aus Felslabor Mont Terri und Forschergruppen.
- Verfassen von Richtlinien und Vorgaben zu den einzelnen Etappen
- Eigene Sicherheitsanalysen, mit vom Projektanten unabhängigen Programmen



# Entsorgungsprogramm

- Darstellung des kompletten Entsorgungspfades und –zeitplan bis zum Lagerverschluss (vgl. NaPro in Deutschland)
- Aufdatierung alle 5 Jahre
- Koppelung mit Kostenstudie (um Einzahlungen der Entsorgungspflichtigen in den Entsorgungsfonds neu zu berechnen)
- Koppelung mit Forschungs- und Entwicklungsprogramm des Projektanten: Was für offene Fragen sind vorhanden, wann müssen diese beantwortet sein?
- Überprüfung durch Sicherheitsbehörden (ENSI, KNS), ggf. mit Auflagen in abschliessender Verfügung des Bundesrates





# Schlüsselmerkmale

- Rahmenbedingungen müssen stimmen (Gesetz, Sachplan, Entsorgungsprogramm)
- Sicherheitsprüfung über viele Stufen, durch viele Gremien (in jeder Etappe wird erneut alles geprüft)
- Flexibilität und lernendes Verfahren
- Projektant und Sicherheitsbehörden haben genügend Ressourcen (Überprüfung auf «Augenhöhe»)
- Man redet miteinander, kurze Dienstwege, pragmatisch.
- Auf die Titelfrage muss die Antwort immer lauten: «Wir natürlich!»



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

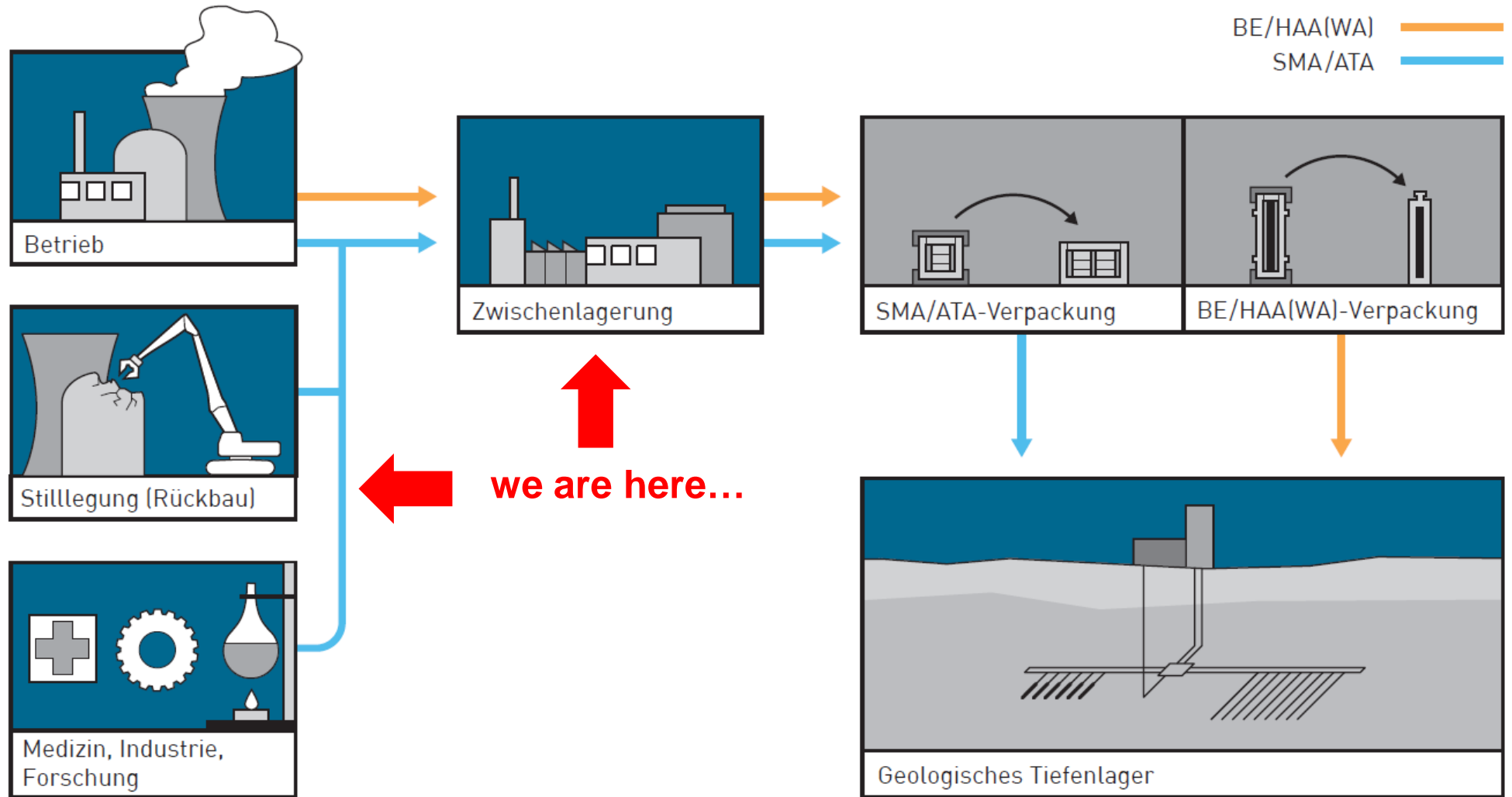
**Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI**  
**Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN**  
**Ispettorato federale della sicurezza nucleare IFSN**  
**Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate ENSI**

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**





# Entsorgungsweg

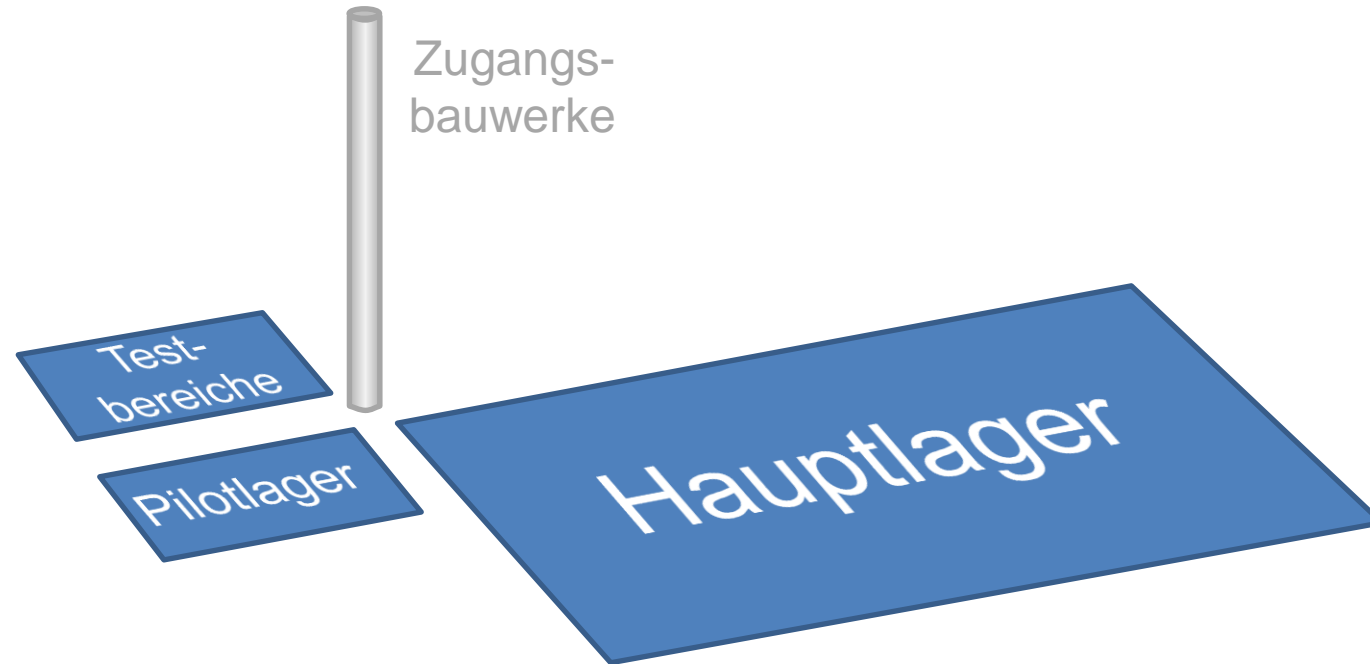


(NTB 21-01, Fig. 1.2-1)



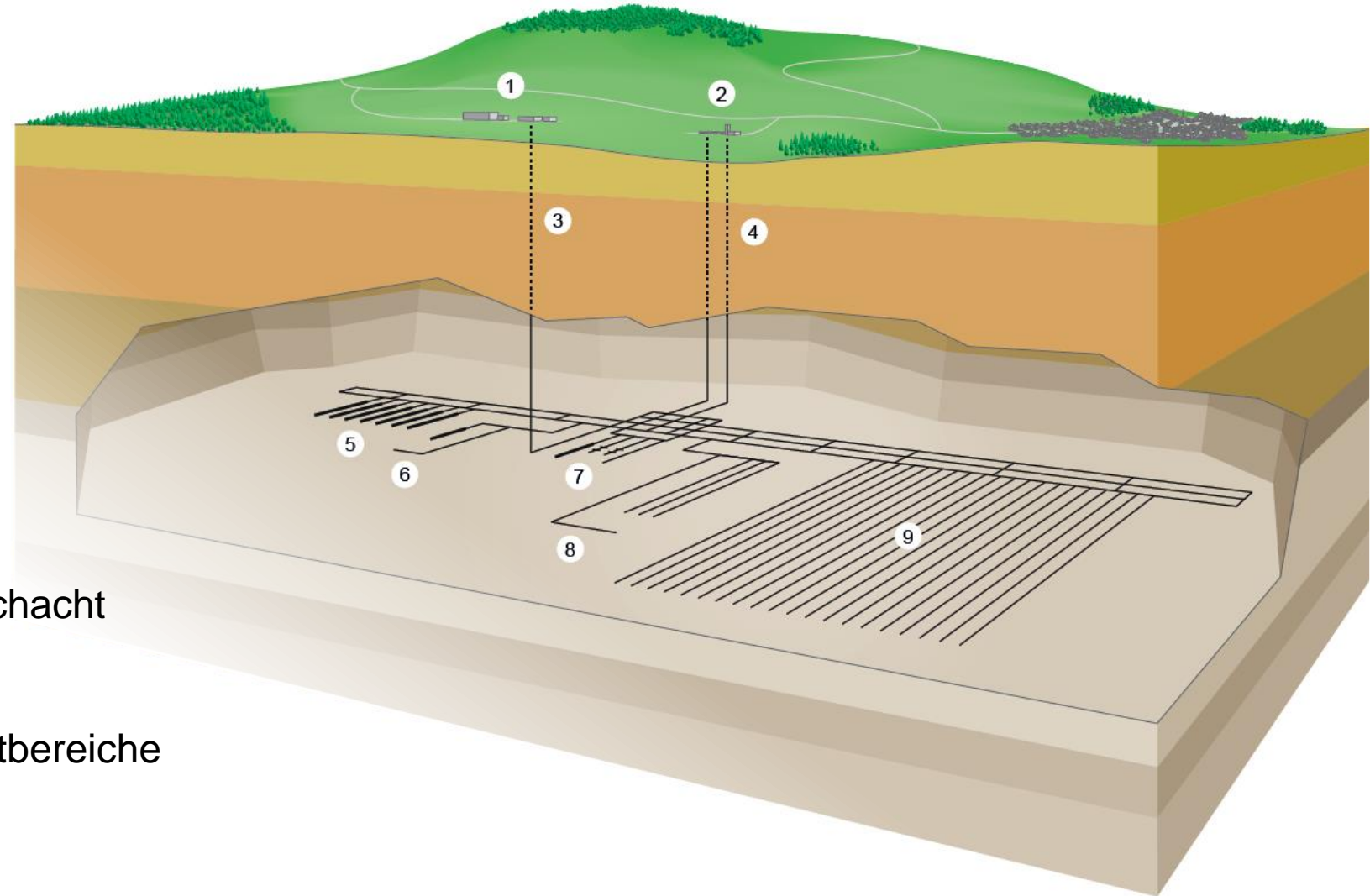
# Elemente eines geologischen Tiefenlagers

(Gesetzesvorgaben: Art. 64-66 Kernenergieverordnung)





# Geologisches Tiefenlager (Kombilager)

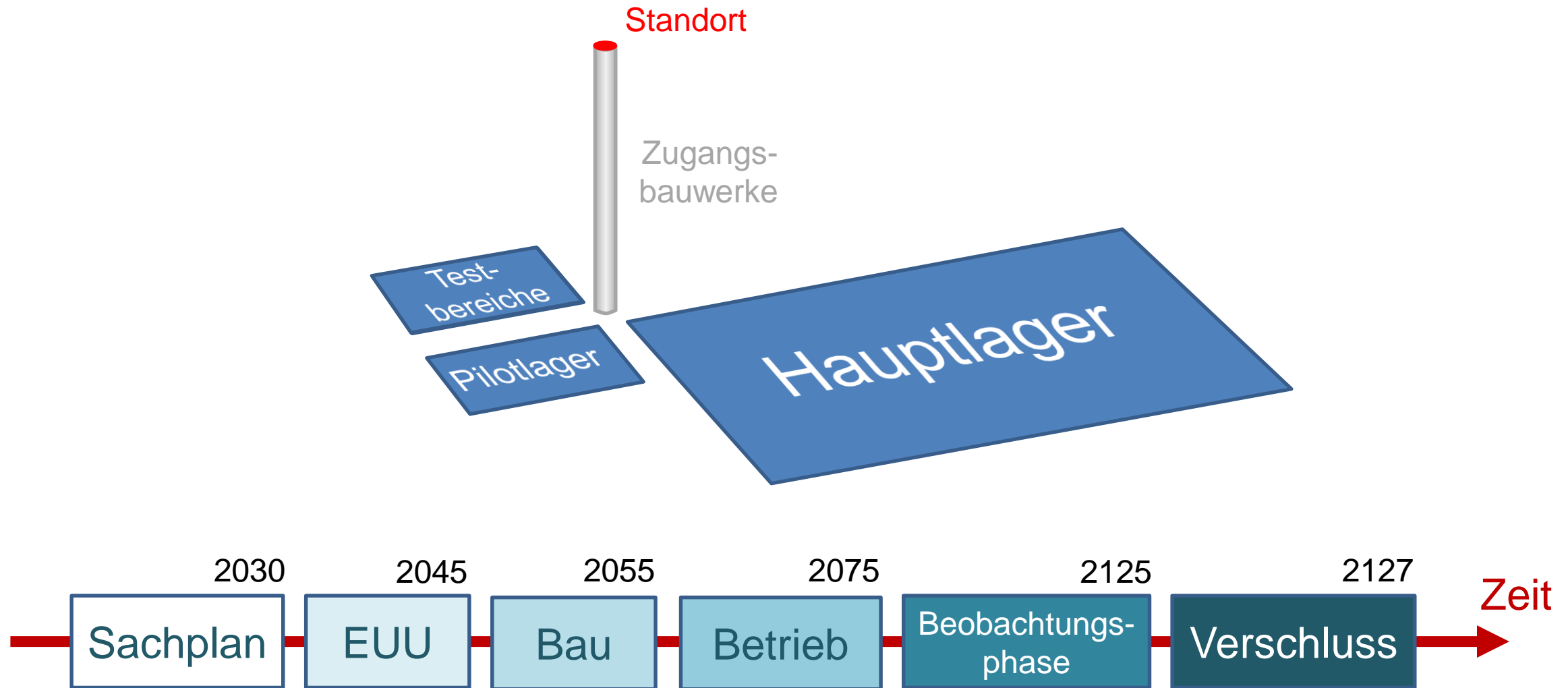


- 1 Oberflächenanlage
- 2 Nebenzugangsanlage
- 3 Zugangsschacht
- 4 Betriebs- und Lüftungsschacht
- 5 Hauptlager SMA
- 6 Pilotlager SMA
- 7 Bauten für EUU und Testbereiche
- 8 Pilotlager HAA
- 9 Hauptlager HAA.

(NTB 21-01, Fig. 3.2-2)



# Realisierung eines geologischen Tiefenlagers






# Geologische Tiefenlagerung» heisst ...

- Endlagerung aller radioaktiven Abfälle im geologischen Untergrund
- Multibarrierensystem, Wirtsgestein ist Hauptbarriere
- Trennung HAA- und SMA-Lager, um Interaktionen zu vermeiden
- Rückholbarkeit bis Lagerverschluss
- Daten zum Entscheid über den Verschluss (oder für eine Rückholung) kommen aus Pilotlager und Testbereichen
- Datensammlung während einer Beobachtungsphase (Dauer zeitlich nicht vorgegeben)
  
- Partizipation aller Betroffenen während Standortauswahlverfahren



# Sachplan

 Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Energie BFE**  
Abteilung Recht und Sicherheit

2. April 2008

---

## Sachplan geologische Tiefenlager

Konzeptteil

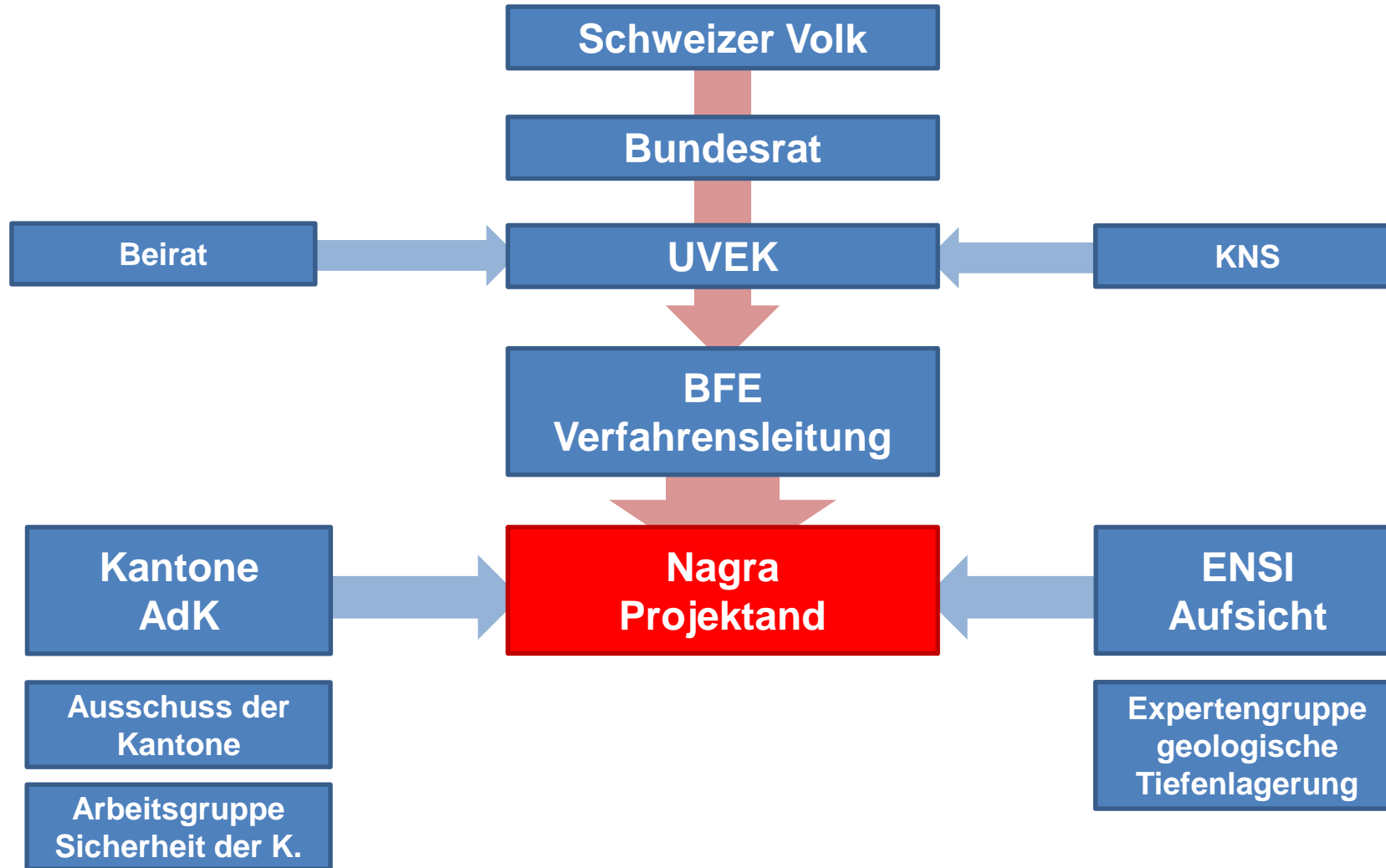
---

- Planungsinstrument, wie der Bund seine raumwirksamen Aufgaben zu erfüllen gedenkt (Raumplanung bei Kantonen)
- koordiniert kantonale und nationale Raumplanung
- gewährleistet einen frühzeitigen Einbezug der Kantone, des benachbarten Auslands und der Bevölkerung
- legt die Rollen im Verfahren fest





# Sachplan: Rollenverteilung





# Pflichten ENSI im Sachplanverfahren

Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
Bundesamt für Energie BFE  
Abteilung Recht und Sicherheit

2. April 2008

Sachplan geologische Tiefenlager

Konzeptteil

- Gesamtverantwortung für sicherheitstechnische Beurteilung
- setzt Expertengruppe Geologische Tiefenlagerung (EGT) ein
- leitet das Technische Forum Sicherheit
- beurteilt die Vorschläge der Nagra in allen drei Etappen in einem Gutachten
- überprüft Gesuche für erdwissenschaftliche Untersuchungen und beaufsichtigt die Untersuchungen
- steht anderen Stakeholdern und der Öffentlichkeit mit Expertenwissen zur Verfügung



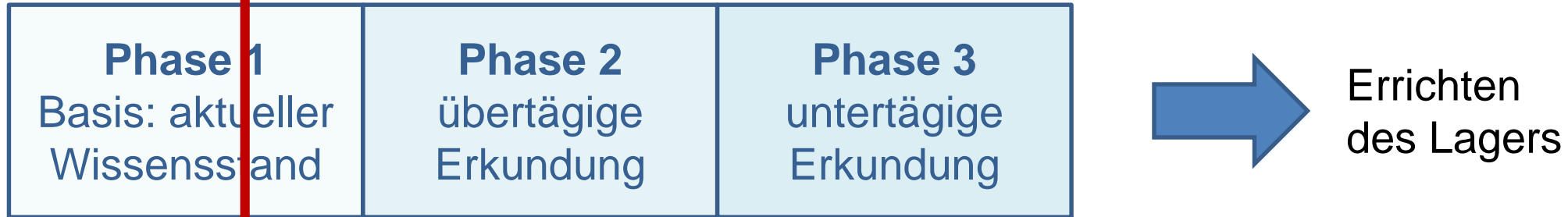
# Aktueller Status





# Vergleich Status Standortauswahlverfahren

## Deutschland



aktueller Verfahrensstand

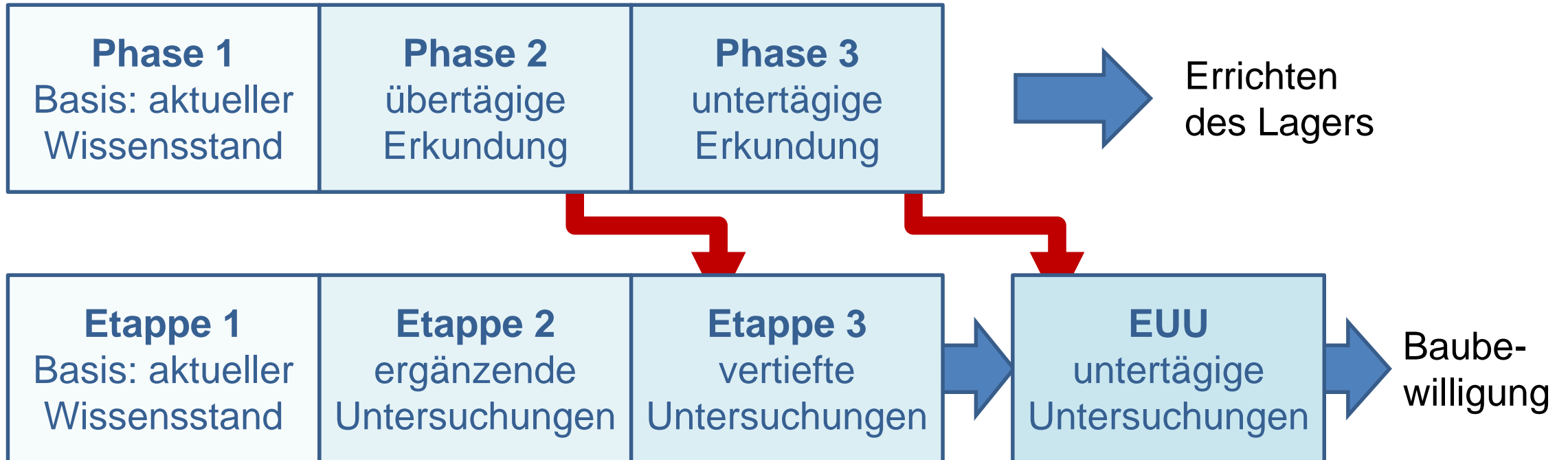


## Schweiz



# Vergleich Standortauswahlverfahren

## Deutschland



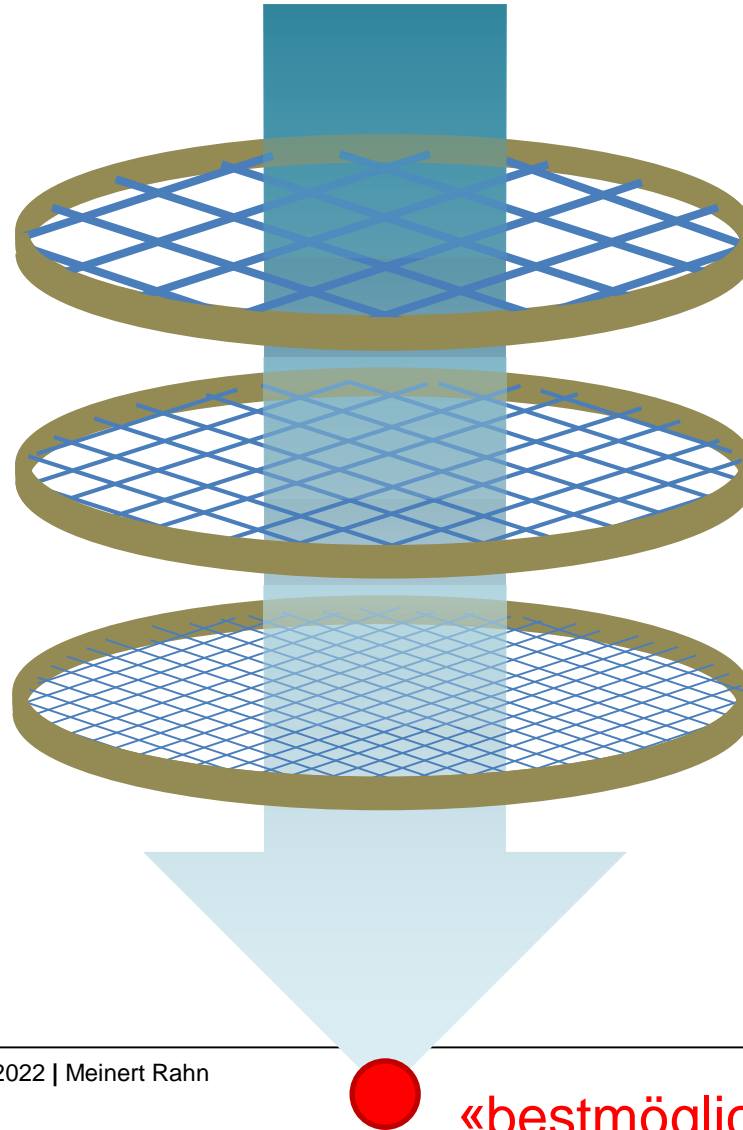
## Schweiz



# Prozess der Einengung

## Schweiz

Anwendung aller Kriterien, unter Verschärfung der jeweiligen Anforderungen



## Deutschland

Anwendung der Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und der Abwägungskriterien, entweder für alle Wirtsgesteine gleichzeitig oder für die drei Wirtsgesteine getrennt



# Wirt(s)gestein

- Weltweit werden drei Wirtsgesteins-Optionen betrachtet: kristalline Gesteine (z.B. Granit), Salz, Ton
  - Das ideale Wirtsgestein gibt es nicht.
  - Nicht-ideale Eigenschaften müssen kompensiert werden durch (geo)technische oder logistische Massnahmen :
    - schlechte Wärmeleitfähigkeit: z.B. längere Abkühlzeiten vor der Endlagerung
    - Keine Rückhaltung von radioaktiven Stoffen: Einbau einer künstlichen rückhaltenden Barriere
    - Brüche im Gestein: Korrosionsresistente Abfallbehälter
- Endlagerkonzepte mit Multibarrierensystem

Kristallin



Salz



Ton





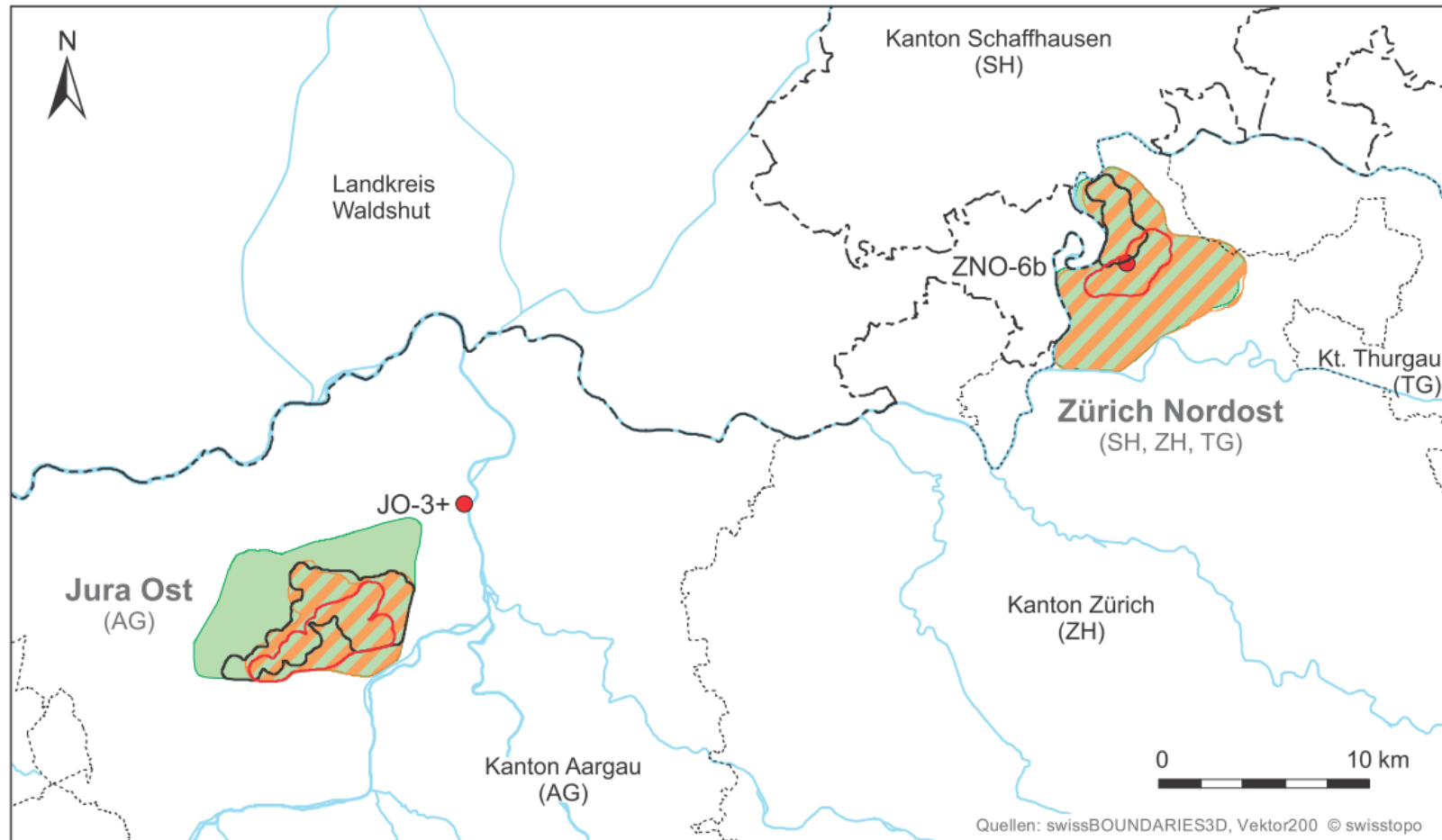
# Sicherheit

- Es gibt keine 100%-ige Sicherheit.
- Sicherheit ist kein Lichtschalter, den man an- und ausschalten kann.
- Wir müssen mit Risiken leben. Die Gesellschaft bestimmt, welches Risiko akzeptabel ist.
- Sicherheit ist der Zustand, in dem verbleibendes Risiko als akzeptabel eingestuft wird
- Sicherheit ist die Reduktion des Risikos auf ein akzeptables Mass („Restrisiko“).





# Vorschlag der Nagra für Etappe 2



- Geologisches Standortgebiet für HAA-Lager
- Geologisches Standortgebiet für SMA-Lager

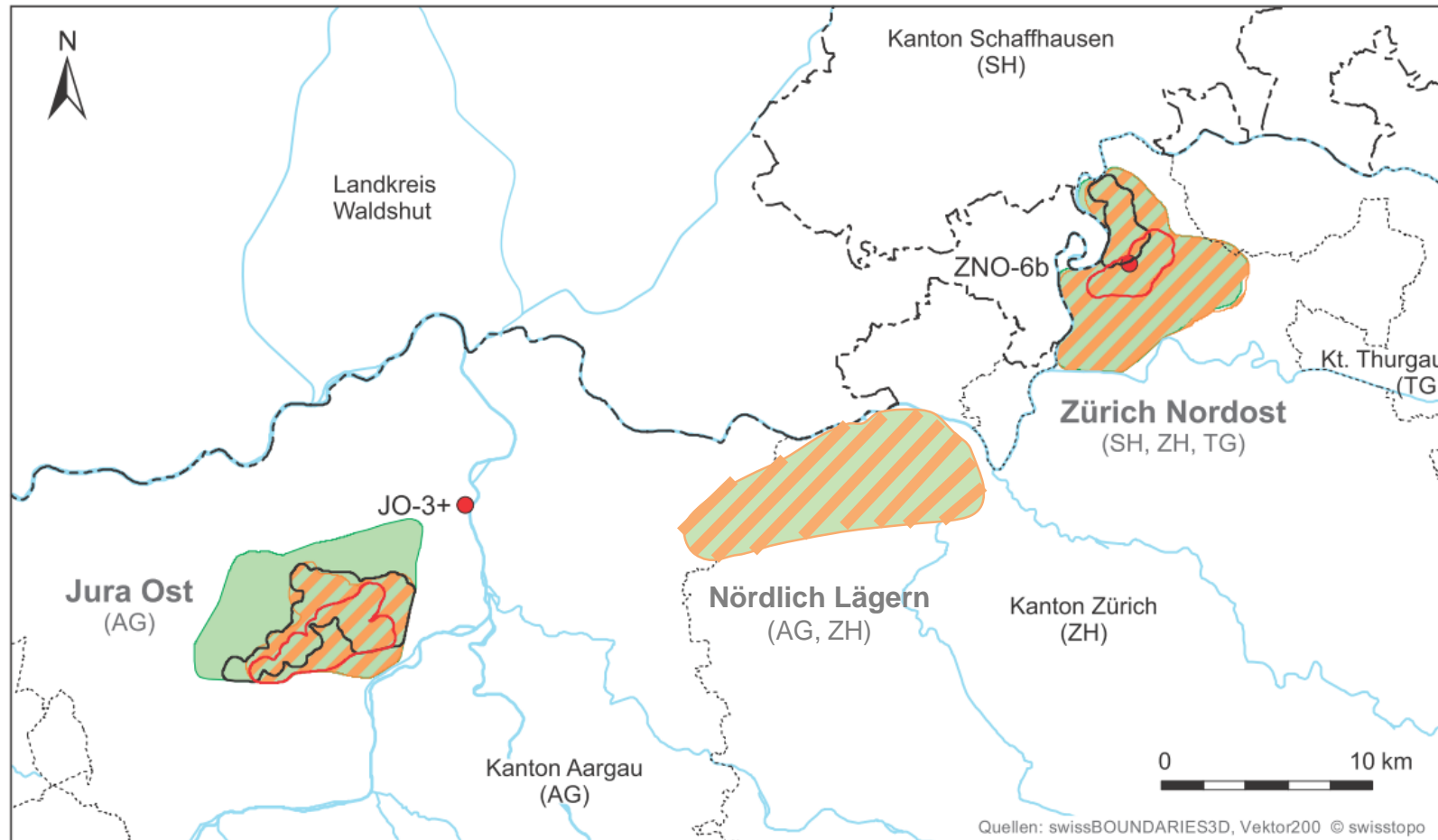
- Lagerperimeter HAA
- Lagerperimeter SMA



- bezeichnete Standortareale

(Nagra-Bericht NTB 14-01)



# Etappe 2: Ergebnis der ENSI-Überprüfung



-  Geologisches Standortgebiet für HAA-Lager
-  Geologisches Standortgebiet für SMA-Lager

(Nagra-Bericht NTB 14-01, modifiziert durch ENSI)



# Bewertung von Kriterien und Indikatoren

Entscheidrelevantes Merkmal / Entscheidrelevanter Indikator	SMA-SR-OPA		SMA-ZNO-OPA		SMA-NL-OPA		SMA-JO-OPA		SMA-JS-OPA		SMA-ZNO-BD		SMA-NL-BD		SMA-JS-EFF		SMA-WLB		HAA-ZNO		HAA-NL		HAA-JO	
	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E
b) Langzeitstabilität der geologischen Barriere	2.5	2.5	3.7	2.5	3.7	2.5	3.7	2.5	3.7	2.5	3.7	3.5	3.7	3.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.5	2.5	3.5	2.5	3.1	2.5
23 Modellvorstellungen zur Langzeitentwicklung (Geodynamik und Neotektonik)	2.9	4.5	4.5	4.5	4.3	4.5	4.3	4.5	3.7	3.5	4.5	4.5	4.3	4.5	3.7	3.5	2.9	2.5	4.3	4.5	3.5	3.5	3.1	3.5
22 Selbstabdichtungsvermögen	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.3	4.5	4.3	4.5	3.1	3.5	2.5	2.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
27 Potenzial zur Bildung neuer Wasserwegsamkeiten (Verkarstung)	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.3	4.5	4.3	4.5	2.5	2.5	4.3	3.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
28 Erosion im Betrachtungszeitraum	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	3.5	3.5	4.3	4.5	4.3	4.5	4.3	4.5
29 Auflockerungszone im Nahbereich der Untertagebauten	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.1	3.5	3.1	3.5	4.3	3.5	4.3	3.5	4.3	3.5
3 Tiefenlage unter lokaler Erosionsbasis im Hinblick auf die Bildung neuer Rinnen	3.1	3.5	4.5	4.5	4.7	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.7	4.5	4.5	4.5	4.1	2.5	4.1	3.5	4.7	4.5	3.1	3.5
2 Tiefenlage unter Terrain im Hinblick auf Gesteins-Dekompression	2.7	4.5	4.5	4.5	4.7	4.5	4.1	4.5	4.1	4.5	4.5	4.5	4.7	4.5	4.3	4.5	4.1	2.5	4.5	4.5	4.7	4.5	3.1	4.5
4 Tiefenlage unter Fels im Hinblick auf glaziale Tiefenerosion	2.5	3.5	4.5	4.5	4.7	4.5	4.5	4.5	4.3	4.5	4.5	4.5	4.7	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	3.5	2.5	4.3	3.5	4.1	3.5
24 Seismizität	3.7	3.5	3.7	3.5	3.7	3.5	3.7	3.5	3.7	3.5	3.7	3.5	3.7	3.5	3.7	3.5	2.7	2.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
31 Verhalten des Wittgesteins bzgl. Gas	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.5	2.5	3.5	3.1	3.5	3.3	4.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

- sehr günstig ( $4 \leq x \leq 5$ )
- günstig ( $3 \leq x < 4$ )
- bedingt günstig ( $2 \leq x < 3$ )
- ungünstig ( $1 \leq x < 2$ )
- ungenügend ( $0 \leq x < 1$ )
- eindeutiger Nachteil

Entscheidrelevantes Merkmal / Entscheidrelevanter Indikator	SMA-SR-OPA		SMA-ZNO-OPA		SMA-NL-OPA		SMA-JO-OPA		SMA-JS-OPA		SMA-ZNO-BD		SMA-NL-BD		SMA-JS-EFF		SMA-WLB		HAA-ZNO		HAA-NL		HAA-JO	
	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E
c) Explorier- und Charakterisierbarkeit der geologischen Barriere im Standortgebiet	4.3	4.5	4.4	4.5	4.4	4.5	4.4	4.5	4.3	4.5	3.3	2.5	3.3	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	4.4	4.5	4.4	4.5	4.4	4.5
39 Variabilität der Gesteinseigenschaften im Hinblick auf ihre Charakterisierbarkeit	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.1	2.5	4.1	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
43 Explorationsverhältnisse im geologischen Untergrund	4.1	4.5	4.3	4.5	4.3	4.5	4.3	4.5	4.1	4.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1.5	1.5	4.3	4.5	4.3	4.5	4.3	4.5

Entscheidrelevantes Merkmal / Entscheidrelevanter Indikator	SMA-SR-OPA		SMA-ZNO-OPA		SMA-NL-OPA		SMA-JO-OPA		SMA-JS-OPA		SMA-ZNO-BD		SMA-NL-BD		SMA-JS-EFF		SMA-WLB		HAA-ZNO		HAA-NL		HAA-JO	
	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E
a) Wirksamkeit der geologischen Barriere	4.4	4.4	4.5	4.5	4.5	4.5	4.4	4.4	4.3	4.4	3.7	4.4	3.8	4.4	2.8	2.5	3.3	3.1	4.5	4.5	4.5	4.5	4.4	4.4
9 Hydraulische Durchlässigkeit	4.3	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.3	4.5	4.3	4.5	3.7	3.5	3.7	2.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
17 Art der Transportpfade und Ausbildung des Porenraums	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.3	4.5	4.3	4.5	3.3	2.5	3.1	2.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
20 Transmissivität präferenzierter Freisetzungspfade	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.3	4.5	4.3	4.5	3.1	3.5	3.1	3.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
22 Selbstabdichtungsvermögen	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.3	4.5	4.3	4.5	3.1	3.5	2.5	2.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
18 Homogenität des Gesteinsaufbaus	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	2.5	3.5	2.5	3.5	2.5	2.5	2.7	2.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
5 Mächtigkeit	3.5	3.5	4.5	4.5	4.5	4.5	3.5	3.5	2.5	2.5	4.1	4.5	4.5	4.5	2.5	2.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	3.5	3.5
19 Länge der massgebenden Freisetzungspfade	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
16 Kolloide	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	2.5	2.5	2.5	2.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5

Entscheidrelevantes Merkmal / Entscheidrelevanter Indikator	SMA-SR-OPA		SMA-ZNO-OPA		SMA-NL-OPA		SMA-JO-OPA		SMA-JS-OPA		SMA-ZNO-BD		SMA-NL-BD		SMA-JS-EFF		SMA-WLB		HAA-ZNO		HAA-NL		HAA-JO	
	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E
d) Bautechnische Machbarkeit eines Tiefenlagers unter Berücksichtigung der vorgeschlagenen Standortareale	3.1	2.5	3.5	2.5	1.3	2.5	3.5	2.5	2.9	2.5	3.5	2.5	2.1	2.5	2.9	2.5	2.7	2.5	3.5	2.5	1.5	2.5	4.1	2.5
1 Tiefenlage im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit (u.B. Gesteinsfestigkeiten und Verformungseigenschaften)	4.7	2.5	3.5	2.5	1.3	2.5	3.5	2.5	3.5	2.5	3.5	2.5	2.1	2.5	3.5	2.5	2.7	2.5	3.5	2.5	1.5	2.5	4.1	2.5
48 Geotechnische und hydrogeologische Verhältnisse in überlagernden Gesteinsformationen	3.5	2.5	3.5	2.5	3.5	2.5	4.3	3.5	2.9	2.5	3.5	2.5	3.5	2.5	2.9	2.5	4.1	2.5	3.5	2.5	3.5	2.5	4.3	3.5
8 Platzangebot untertags	3.1	3.5	4.1	4.5	2.1	3.5	4.7	4.5	3.3	4.5	4.5	4.5	2.1	3.5	3.3	4.5	3.1	3.5	3.5	3.5	2.5	3.5	4.1	4.5

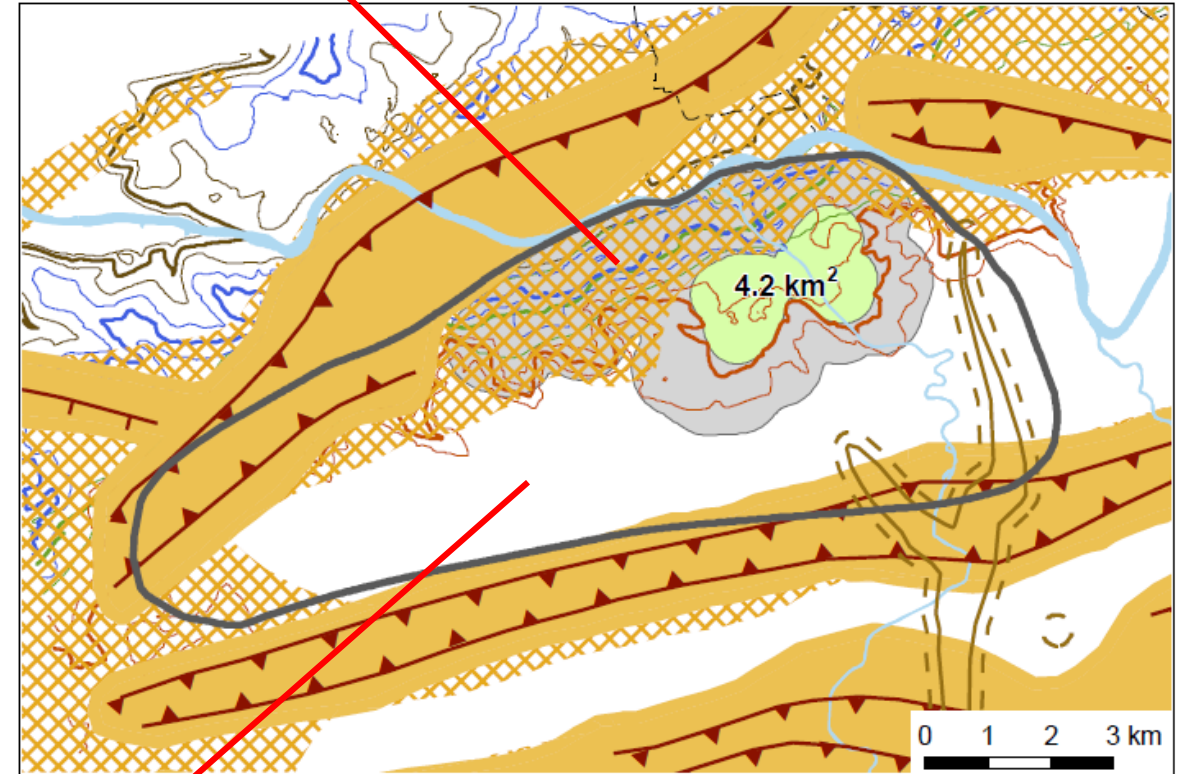
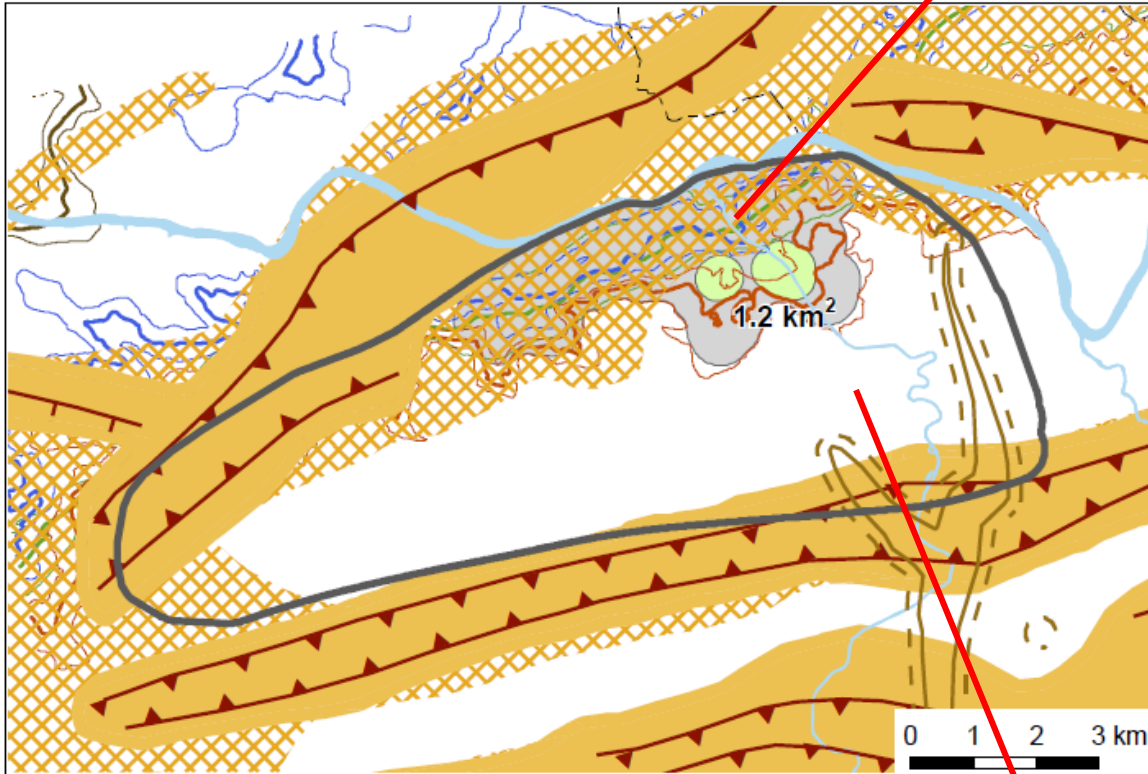


# Platzverhältnisse und Tiefenlage NL

SMA

Nagra: Region mit vielen Störungszonen

HAA



Nagra: Opalinuston zu tief



# Differenz zwischen Nagra und ENSI

**Begründung Nagra («NL raus»):** Rückstellung NL «aufgrund eindeutiger Nachteile», basierend auf:

- felsmechanischen Messungen
- knappen Platzverhältnissen wegen maximaler Tiefenlage.

**ENSI-Begründung («NL bleibt»):** Nagra mag recht haben, aber die vorhandenen Datensätze sind ungenügend:

- Mehrheit felsmechanischer Messungen nicht aussagekräftig
- Daten zu Platzverhältnissen im Norden nicht genügend

«in dubio pro reo»: NL wurde in Etappe 3 mitgenommen.



# Anwendung der Kriterien



In der **Schweiz** gewinnt nicht der Standort, der alle Hürden überspringt, sondern der mit der besten Gesamtnote ins Ziel kommt.

## **Deutschland:**

- Ausschlusskriterien
- Mindestanforderungen
- Abwägungskriterien

Gefahr des «out is out», das später nicht mehr rückgängig gemacht werden kann (lernendes Verfahren?).



# Kriterien Deutschland

- Großräumige Vertikalbewegungen
- Aktive Störungszonen
- Einflüsse bergbauliche Tätigkeit
- Seismische Aktivität
- Vulkanische Aktivität
- Junge Grundwasseralter

Ausschluss-K

- Gebirgsdurchlässigkeit
- Mächtigkeit ewG
- Minimale Teufe ewG
- Fläche Endlager
- Erhalt Barrierewirkung

Mindestanf.

- Transport radioaktiver Stoffe im ewG
- Konfiguration Gesteinskörper
- Räumliche Charakterisierbarkeit
- Langfristige Stabilität der günstigen Verhältnisse
- Günstige gebirgsmechanische Eigenschaften
- Neigung zur Bildung von Fluidwegsamkeiten
- Gasbildung
- Temperaturverträglichkeit
- Rückhaltevermögen im ewG
- Hydrochemische Verhältnisse
- Schutz ewG durch Deckgebirge

Abwägungs-K



# Kriterien Schweiz

<b>1. Eigenschaften des Wirtgesteins</b>	1.1	Räumliche Ausdehnung
	1.2	Hydraulische Barrierenwirkung
	1.3	Geochemische Bedingungen
	1.4	Freisetzungspfade
<b>2. Langzeitstabilität</b>	2.1	Beständigkeit der Gesteinseigenschaften
	2.2	Erosion
	2.3	Lagerbedingte Einflüsse
	2.4	Nutzungskonflikte
<b>3. Zuverlässigkeit der geologischen Aussagen</b>	3.1	Charakterisierbarkeit der Gesteine
	3.2	Explorierbarkeit
	3.3	Prognostizierbarkeit der Langzeitveränderungen
<b>4. Bautechnische Eignung</b>	4.1	Felsmechanische Eigenschaften
	4.2	Untertägige Erschliessung

Wie sieht der geologische Untergrund aus?

Wie wird sich der Untergrund über 1 Mio Jahre entwickeln?

Wie genau wissen wir, was wir wissen?

Wie kann man das Lager sicher bauen?





# Vergleich Kriterien

- In der Schweiz gibt es keine K.O.-Kriterien, alles ist gegeneinander «abzuwägen».
- In der Schweiz sind die Kriterien nicht quantifiziert. Der Projektant/Vorhabensträger schlägt Grenzen entlang einer Werteskala (sehr günstig, günstig, bedingt günstig, etc.) vor.
- In Deutschland können die gesetzlich festgelegte Kriterien kaum geändert werden, weil hinter dem StandAG ein labiler politischer Konsens steht. In der Schweiz muss nichts geändert werden, weil nichts quantifiziert ist.



# Beispiel einer Abwägung von Kriterien

- Kriterium A:  
Je mächtiger das Wirtsgestein, desto besser.
- Kriterium B:  
Je undurchlässiger das Wirtsgestein, desto besser.
- Frage: Was ist besser, eine 200 m mächtige Tonschicht mit einer hydraulischen Durchlässigkeit von  $k = 10^{-13}$  m/s oder eine 150 m mächtige Tonschicht mit  $k = 10^{-14}$  m/s?

→ Die beiden Parameter (Mächtigkeit, hydraulische Durchlässigkeit) müssen **zusammen** betrachtet werden.



# Unterschiede Verfahren Schweiz-Deutschland

Gleich ist

- Suche nach «bestmöglichem» Standort
- Einengung erfolgt aufgrund Sicherheitskriterien
- 3 Etappen/Phasen = schrittweises (lernendes) Vorgehen
- klare Trennung Vorhabensträger/Aufsicht
- jeder Schritt endet mit einem übergeordneten Beschluss



# Unterschiede Verfahren Schweiz-Deutschland

Ungleich ist

- Schweiz sucht nach Endlager(n) für alle Abfälle, Deutschland hat schon drei Endlager
- Vorgabe der Wirtsgesteine im deutschen StandAG
- Übertägige Erkundung in der Schweiz erst in Etappe 3; Felslabor vor Ort kommt erst nach Standortentscheid
- Sonderbehandlung Standort Gorleben im StandAG
- Verfahrensleitung und Aufsicht sind in Deutschland die gleiche Organisation



# Warum hat es (bisher) in der Schweiz geklappt

- Klare Rollen
- Transparenz (regelmässige Berichte zum Verfahren in den Regionalkonferenzen, Begleitgruppen zu Bohrungen etc.)
- Viele Gremien, mit denen die Stakeholder involviert werden (Regionalkonferenzen, Technisches Forum Sicherheit, Fachgremium erdwissenschaftliche Untersuchungen)
- Die Schweizer haben ein anderes Demokratieverständnis (weniger «Protestfolklore», weniger «Schützengräben»).
- Pragmatismus, statt Ideologie



# Ausblick: Was kostet das alles?

<b>Gesamtkosten CHF 23.856 Mrd.</b>					
<b>Stilllegungskosten CHF 3.779 Mrd.</b>		<b>Entsorgungskosten CHF 20.077 Mrd.</b>			
		<b>Entsorgungskosten nach Betriebsende zulasten Fonds: CHF 11.2 Mrd. zulasten Bund: CHF 1.3 Mrd. Total: CHF 12.5 Mrd.</b>		<b>Entsorgungskosten während des Betriebs zulasten Betreiber CHF 7.6 Mrd.</b>	
CHF 2.8 Mrd.	CHF 1.0 Mrd.	CHF 6.0 Mrd.	CHF 6.5 Mrd.	CHF 6.1 Mrd.	CHF 1.5 Mrd.
bereits bezahlt	noch zu bezahlen*	bereits bezahlt	noch zu bezahlen**	bereits bezahlt	noch zu bezahlen

**Tabelle 1:** Übersicht Gesamtkosten für Stilllegung und Entsorgung auf Basis KS16.

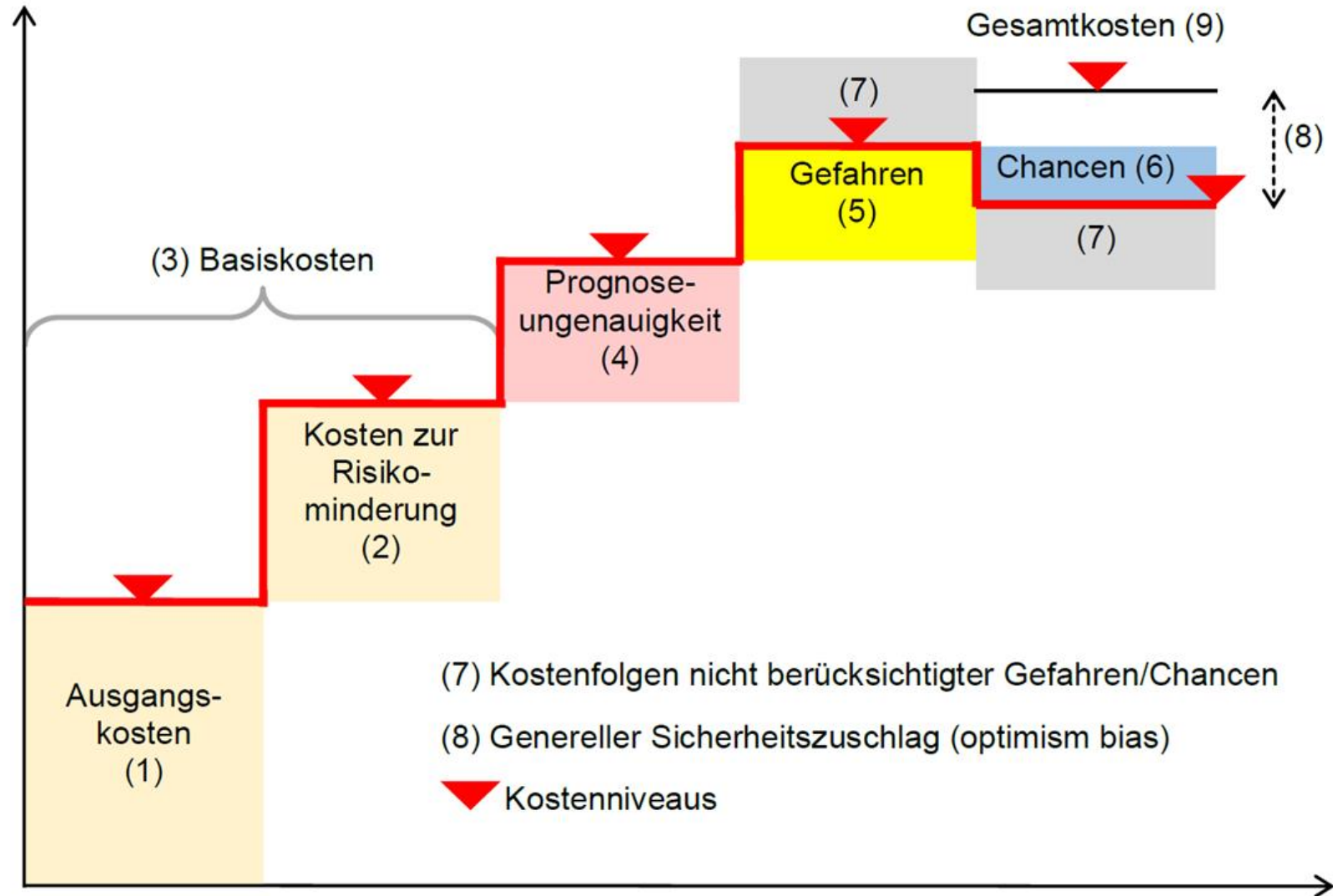
Fondbestand: 31.12.2020

\* Umfasst Beitragszahlungen der Betreiber und Zinserträge auf dem Fondsvermögen.

\*\* Umfasst Bundesbeiträge von CHF 1.3 Mrd. sowie Beitragszahlungen der Betreiber und Erträge auf dem Fondsvermögen

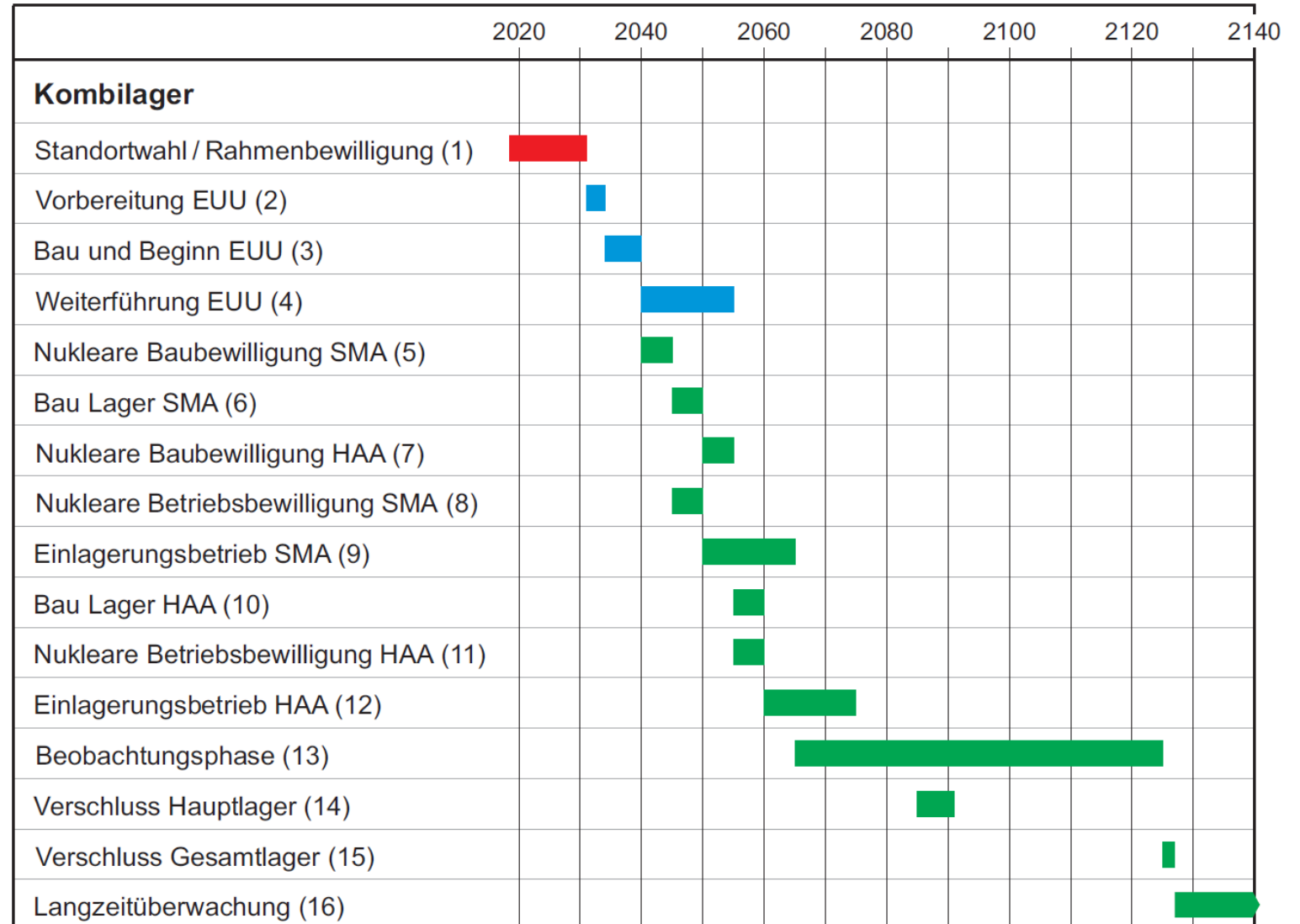
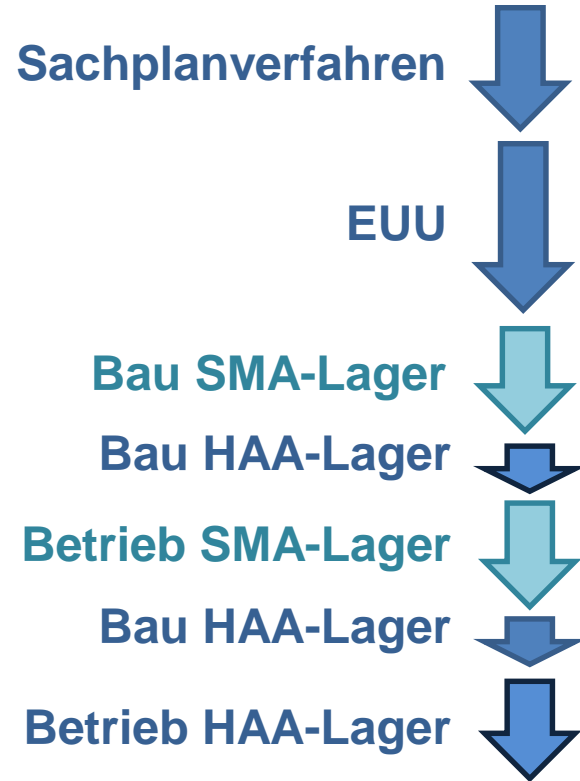


# Kostenermittlung





# ...bis zum Lagerverschluss







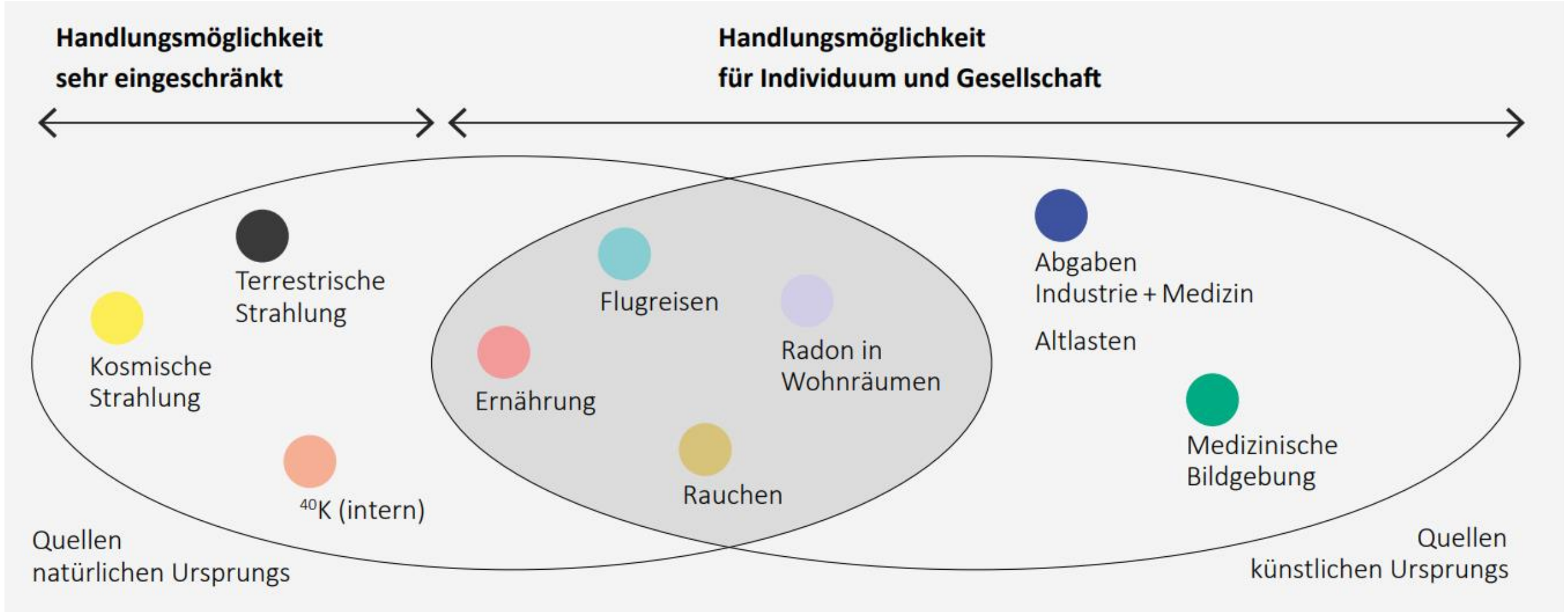
# Messlatte für die Sicherheit

In der Schweiz gilt:

- Die aus einem Endlager austretende Dosis darf nicht mehr als **0.1 mSv pro Jahr** betragen.
  - Kriterium gilt grenzüberschreitend.
  - Kriterium gilt nicht nur für heute, sondern auch für die Zukunft.
  - Betrachtungszeitraum von maximal einer Million Jahre



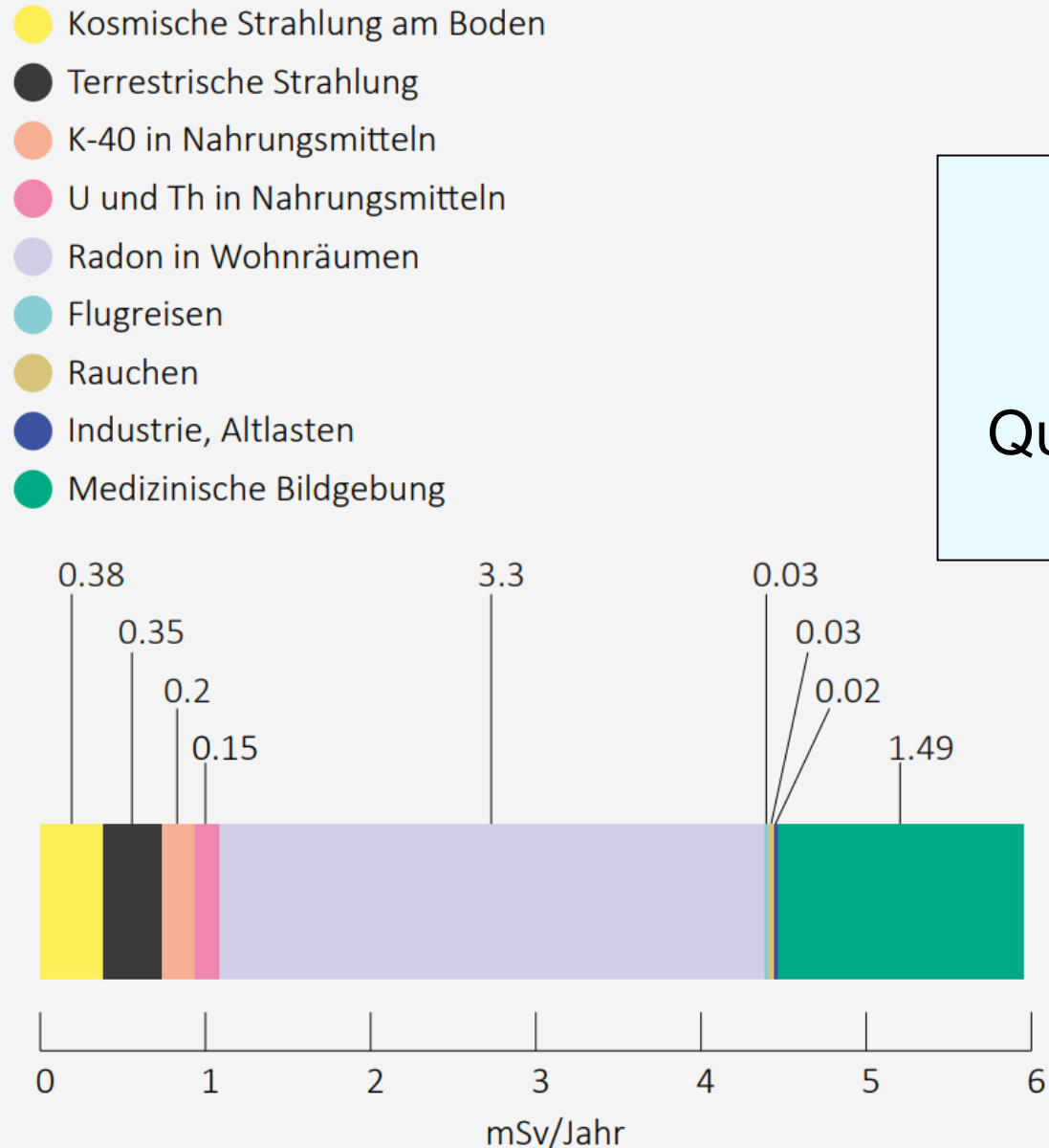
# Wieviel ist „0.1 mSv pro Jahr“?



(BAG, Jahresbericht 2020)



# Wieviel ist „0.1 mSv pro Jahr“?



Durchschnittliche jährliche Strahlenbelastung in der Schweiz: **«rund 6 mSv»**  
Quelle: Bundesamt für Gesundheit, (vgl. Jahresbericht 2020)