
16. Sitzung der Kommission am 2. Oktober 2015

**Anhörung „Rückholung/Rückholbarkeit hoch radioaktiver Abfälle
aus einem Endlager, Reversibilität von Entscheidungen“**

Präsentation zum Kurzvortrag
von Prof. Dr. Simon Löw; Eidgenössische Technische Hochschule
(ETH), Zürich, Schweiz

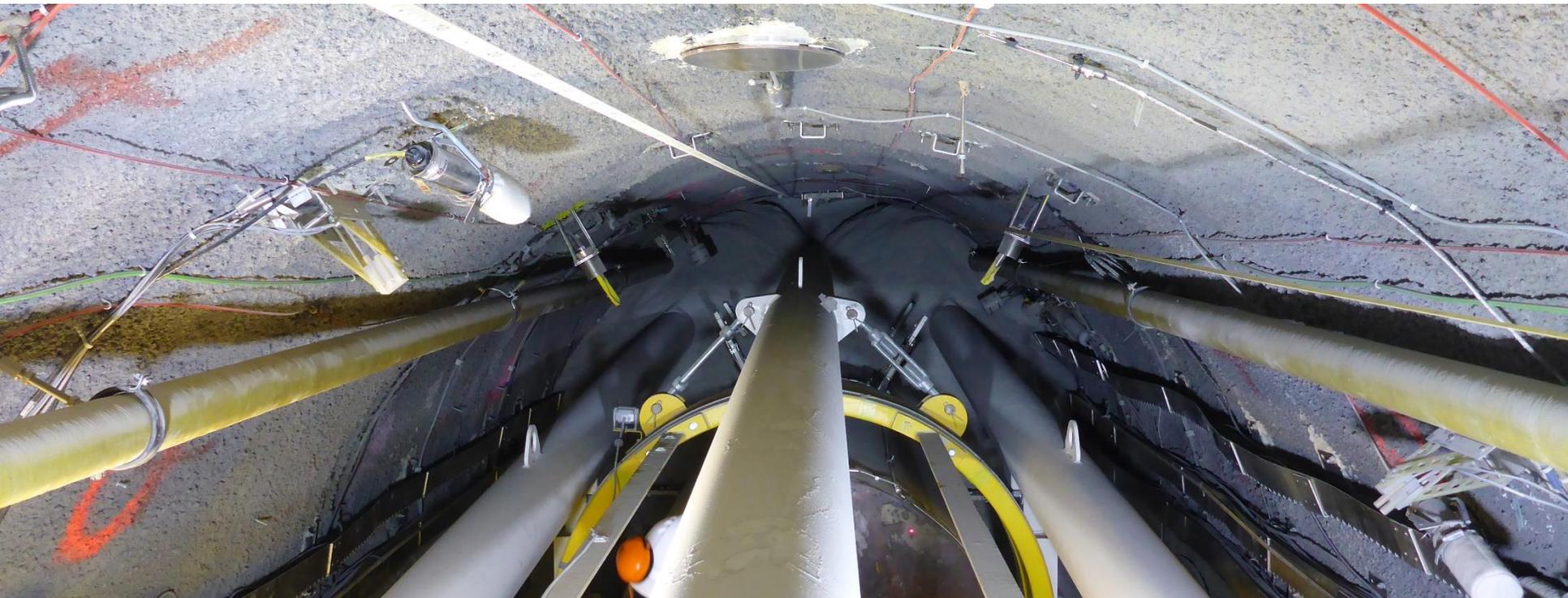
<p>Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe K-Drs. 130 e</p>

Das Konzept der Rückholbarkeit von radioaktiven Abfällen in der Schweiz

Prof. Dr. Simon Löw

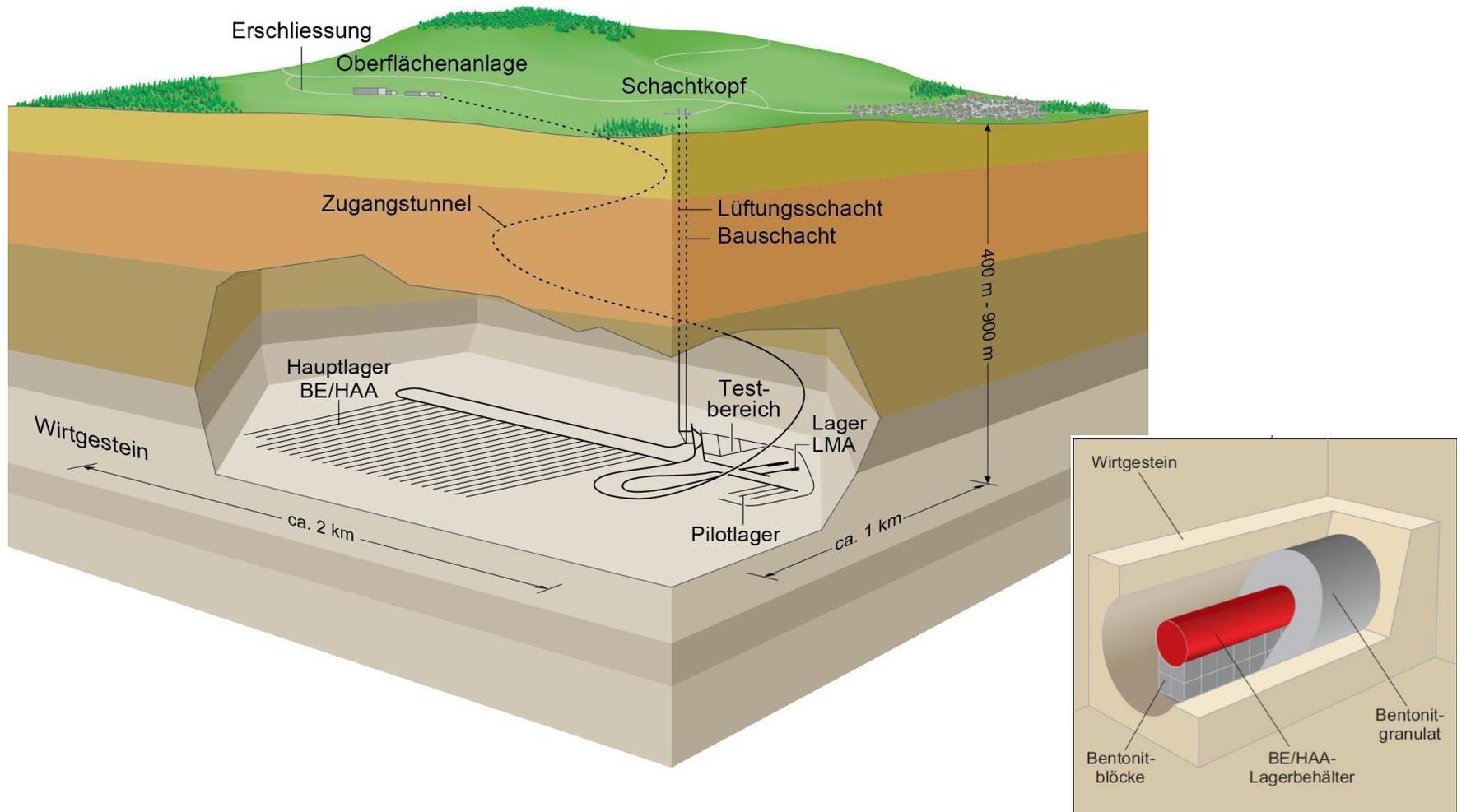
Professur für Ingenieurgeologie, ETH Zürich, Schweiz
Präsident Expertengruppe Geologische Tiefenlager, Schweiz

Photo: FE Experiment Felslabor Mont Terri



Anlagenelemente von HAA-Tiefenlager in der Schweiz

Quelle: NTB 08-01



Lagerstollen BE/HAA

Gesetzliche Vorgaben zur Überwachung und Rückholung

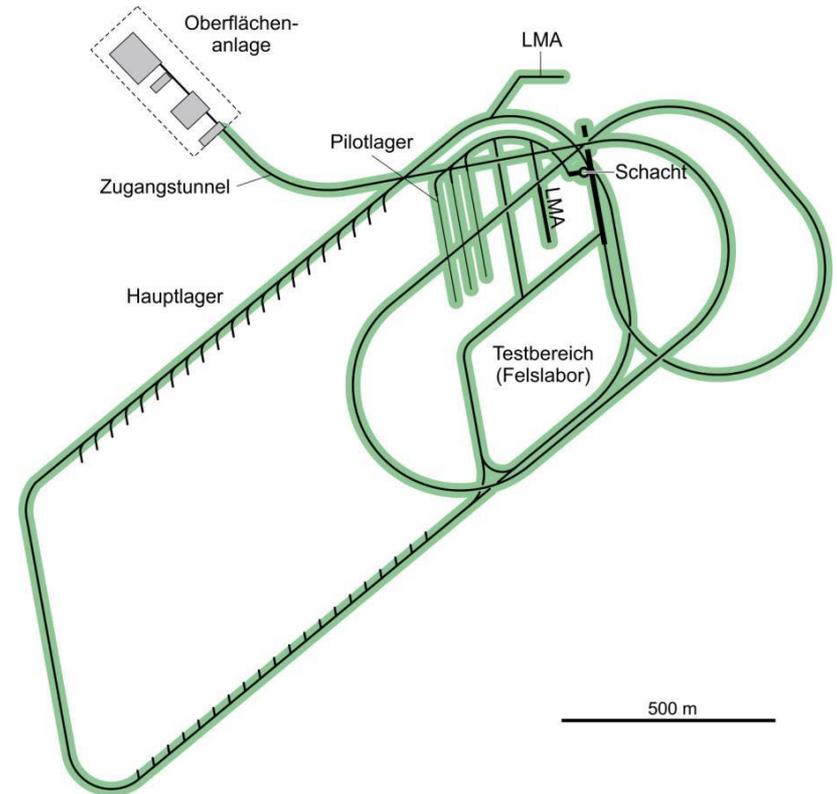
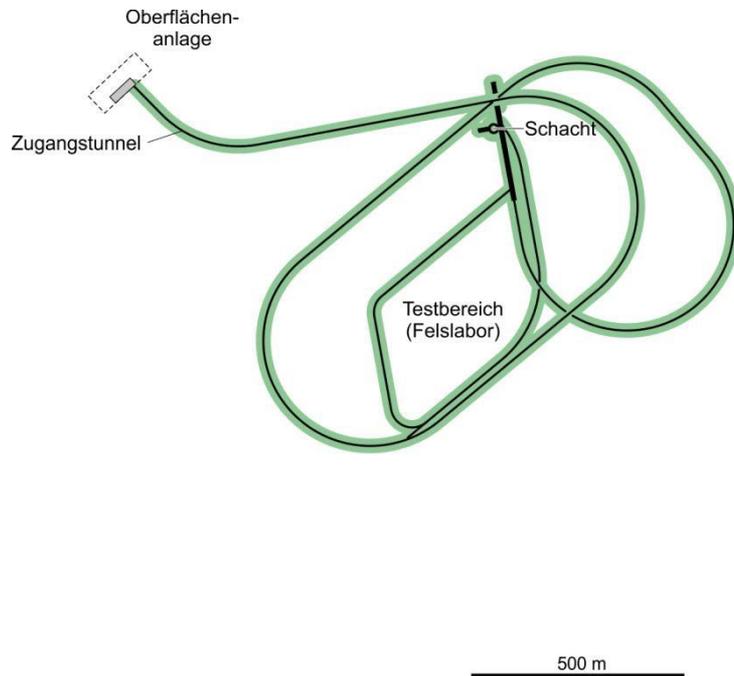
- Ein geologisches Tiefenlager besteht aus dem **Hauptlager** zur Aufnahme der radioaktiven Abfälle, aus einem **Pilotlager** und aus **Testbereichen** (Art. 64 KEV).
- Ein geologisches Tiefenlager ist so auszulegen, dass **Vorkehrungen zur Erleichterung von Überwachung und Reparaturen des Lagers oder zur Rückholung der Abfälle die passiven Sicherheitsbarrieren nach dem Verschluss des Lagers nicht beeinträchtigen** und dass das Lager innert einiger Jahre verschlossen werden kann (Art. 11 Abs. 2c,d KEV).
- Das **Konzept für eine allfällige Rückholung der Abfälle** ist mit dem Baubewilligungsgesuch für das geologische Tiefenlager dem ENSI zur Prüfung und Genehmigung vorzulegen (G03 ENSI).
- Vor Inbetriebnahme des Tiefenlagers sind (in den Testbereichen) die **sicherheitsrelevanten Techniken zu erproben und deren Funktionstüchtigkeit nachzuweisen**. Das betrifft insbesondere:
 - a. das Einbringen des Verfüllmaterials;
 - b. **das Entfernen des Verfüllmaterials** zwecks allfälliger Rückholung von Abfallgebinden;
 - c. **die Technik zur Rückholung von Abfallgebinden** (Art. 65 Abs. 2b,c KEV).
- Für geologische Tiefenlager wird die Betriebsbewilligung erteilt, wenn ... **die Rückholung der radioaktiven Abfälle bis zu einem allfälligen Verschluss ohne grossen Aufwand möglich ist** (Art 37, KEG)
- Der Eigentümer eines geologischen Tiefenlagers hat nach Einlagerung der Abfallgebinde die Lagerkavernen und -stollen zu verfüllen. Er hat die Verfüllung so vorzunehmen, dass die Langzeitsicherheit gewährleistet und eine **Rückholung der Abfälle ohne grossen Aufwand** möglich ist. (Art. 67 KEV).
- Das Departement ordnet die **Überwachung** an und legt die **Dauer der Beobachtungsphase** fest. Es kann diese bei Bedarf verlängern. (Art. 68 KEV).
- Der Bundesrat ordnet nach Ablauf der Beobachtungsphase die **Verschlussarbeiten** an, wenn der dauernde Schutz von Mensch und Umwelt gewährleistet ist. Nach ordnungsgemäsem Verschluss kann der Bundesrat eine weitere, befristete Überwachung anordnen (Art 69, KEG)

Zusammenfassung der Gesetzlichen Vorgaben

- Das Gesetz fordert eine **Rückholbarkeit ohne grossen Aufwand bis zum Verschluss** (KEG, Art. 37).
- Die **Techniken zur Entfernung des Verfüllmaterials und der Rückholung der Abfallbinden** sind in Testbereichen zu erproben und nachzuweisen. (KEV, Art. 65).
- Die Vorkehrungen zur begrenzten Rückholbarkeit **dürfen die passiven Sicherheitsbarrieren nicht beeinträchtigen** (KEV, Art 11).
- **Das geologische Tiefenlager** (Verhalten der Abfälle, Verfüllung und Wirtgestein) ist bis zum Verschluss **zu überwachen**; ein wichtiges Element dieser zeitlich beschränkten Beobachtungsphase ist das **Pilotlager** (KEV, Art. 66).
- **Nach dem Verschluss** kann der Bundesrat eine befristete zusätzliche **Überwachung** anordnen (KEG, Art 39).

Nukleare Baubewilligung (l) und Betriebsbewilligung (r)

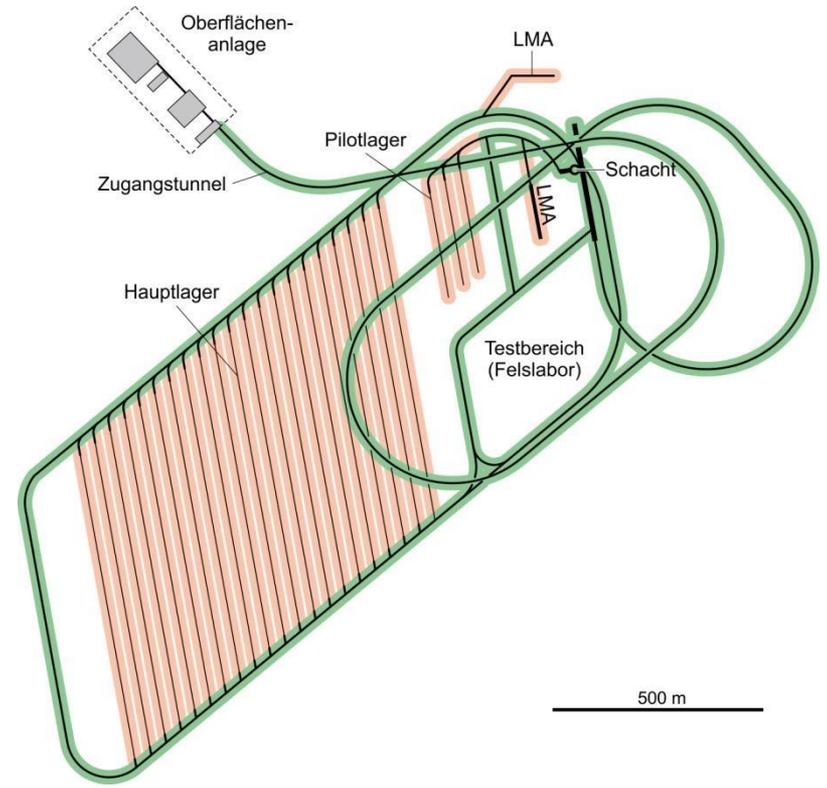
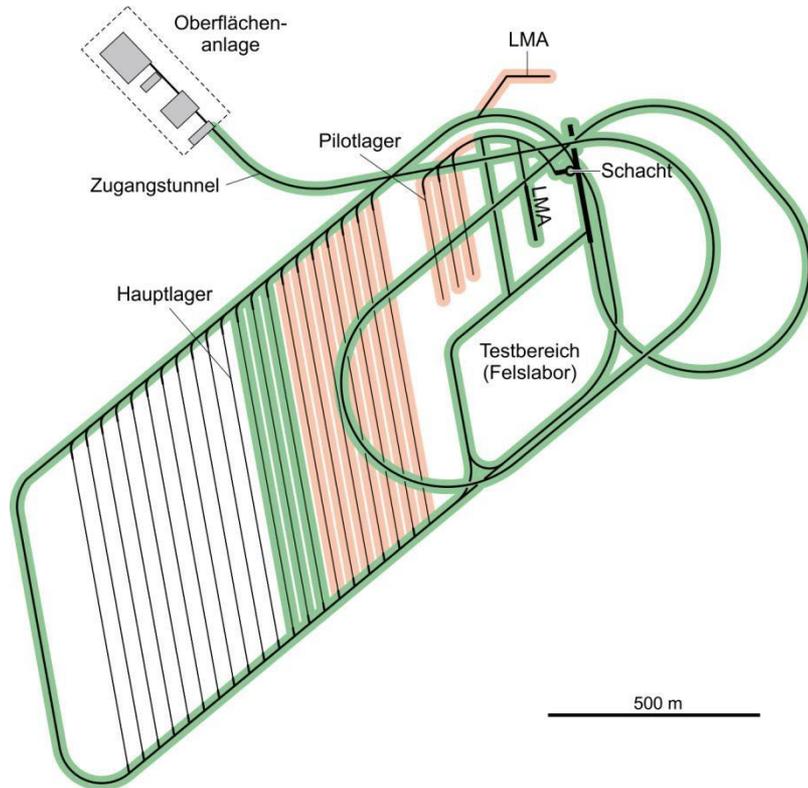
Quelle: Nagra 2013



 Sollen zugänglich
 Stollen verfüllt

Betriebsphase (I) und Beobachtungsphase 1 (~ 10 Jahre ?)

Quelle: Nagra 2013

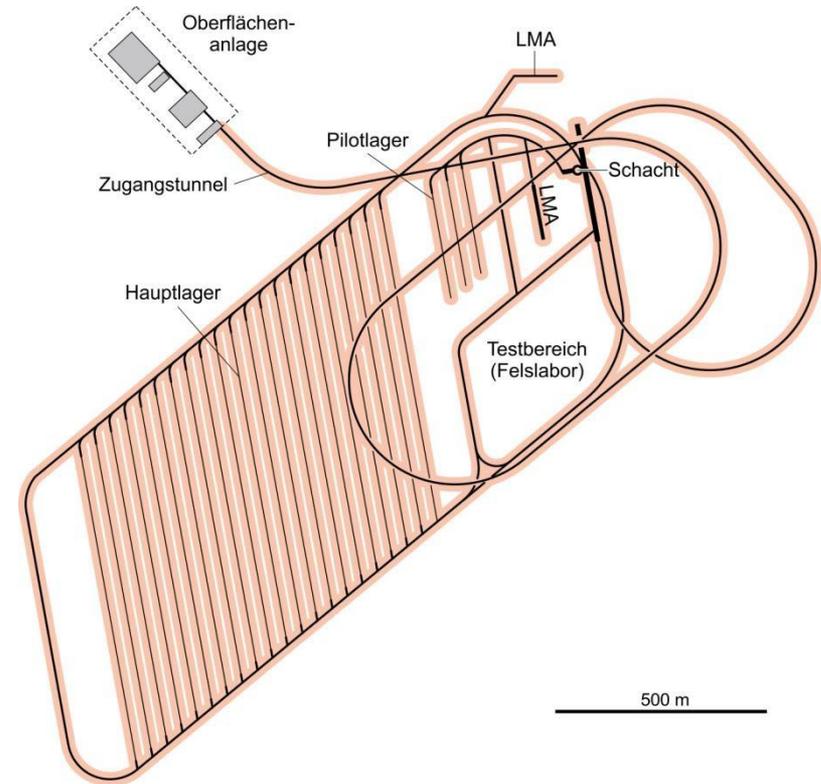
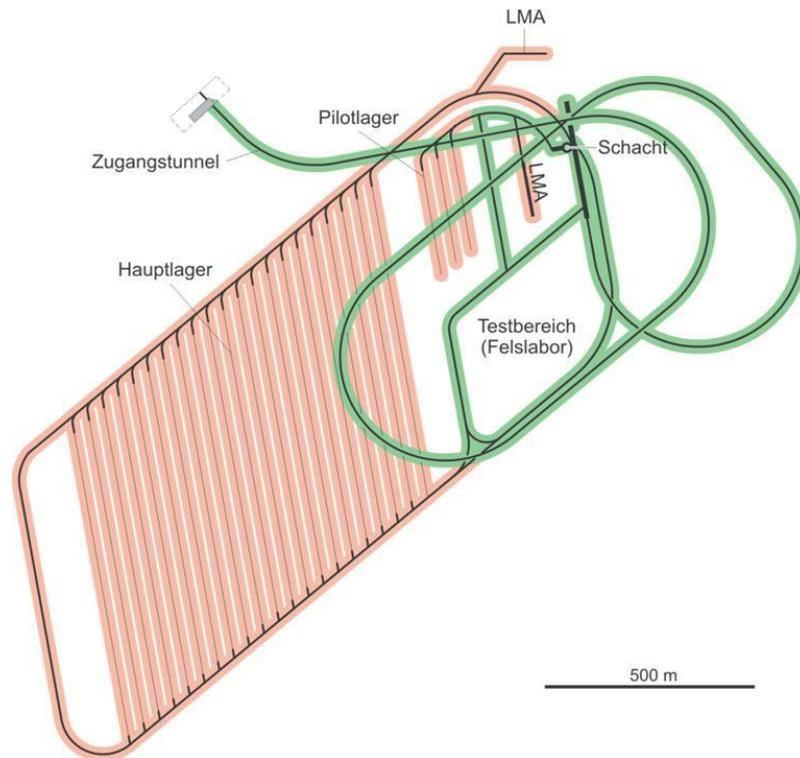


 Sollen zugänglich
 Stollen verfüllt

Rückholbarkeit «ohne grossen Aufwand» durch Entfernen des Verfüllmaterials und Auslagerung der Endlagerbehälter

Beobachtungsphase 2 (≥ 50 Jahre ?) und Verschluss (r)

Quelle: Nagra 2013

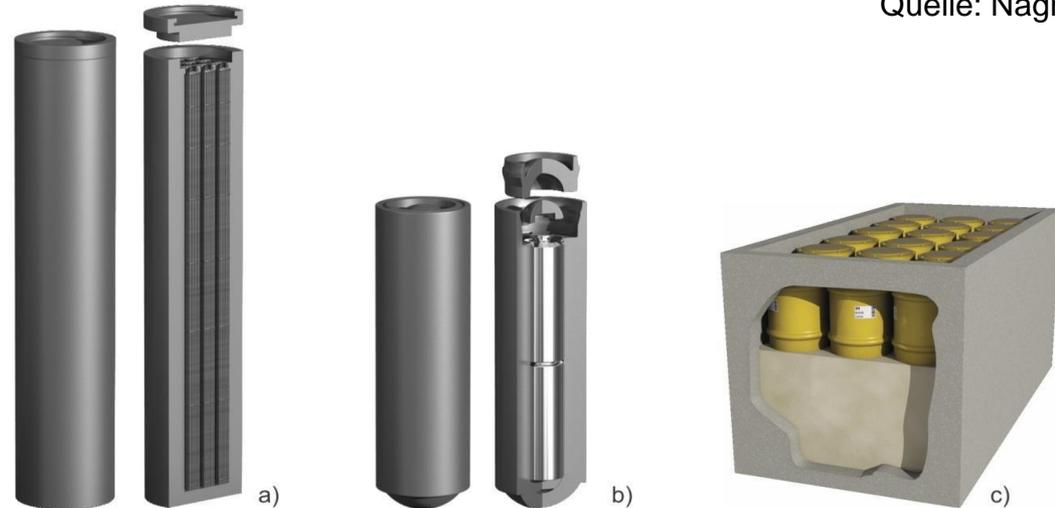


Sollen zugänglich
Stollen verfüllt

Rückholbarkeit «ohne grossen Aufwand» einige 100 Jahre
durch Entfernen des «weichen» Verfüllmaterials

Abfallgebinde und Endlagerbehälter in der Schweiz

Quelle: Nagra 2013



	BE-ELB	HAA-ELB	SMA/LMA-ELB
Länge / Breite	< 5 m / Ø 1.05m	< 3.4m / Ø 0.95m	4.5 m x 2.5 m
Volumen	3.8 – 4.4 m ³	2.4 m ³	≤ 26 m ³
Masse	< 30 t	< 15 t	≤ 80 t
Materialisierung	Stahl	Stahl	Beton / Einkorn-Mörtel
Oberflächentemperatur	< 120°C	<< 120°C	Gebirgstemperatur
Oberflächendosisleistung	Hoch	Hoch	Klein
Integrität (Auslegung)	> 1000 Jahre	> 1000 Jahre	Einige 100 Jahre

Experimente zur Rückholbarkeit im Felslabor Mont Terri

EB Experiment Einbau:
Heizelement auf verdichteten
Bentonitblöcken, teilweise
verfüllt mit Bentonitgranulat

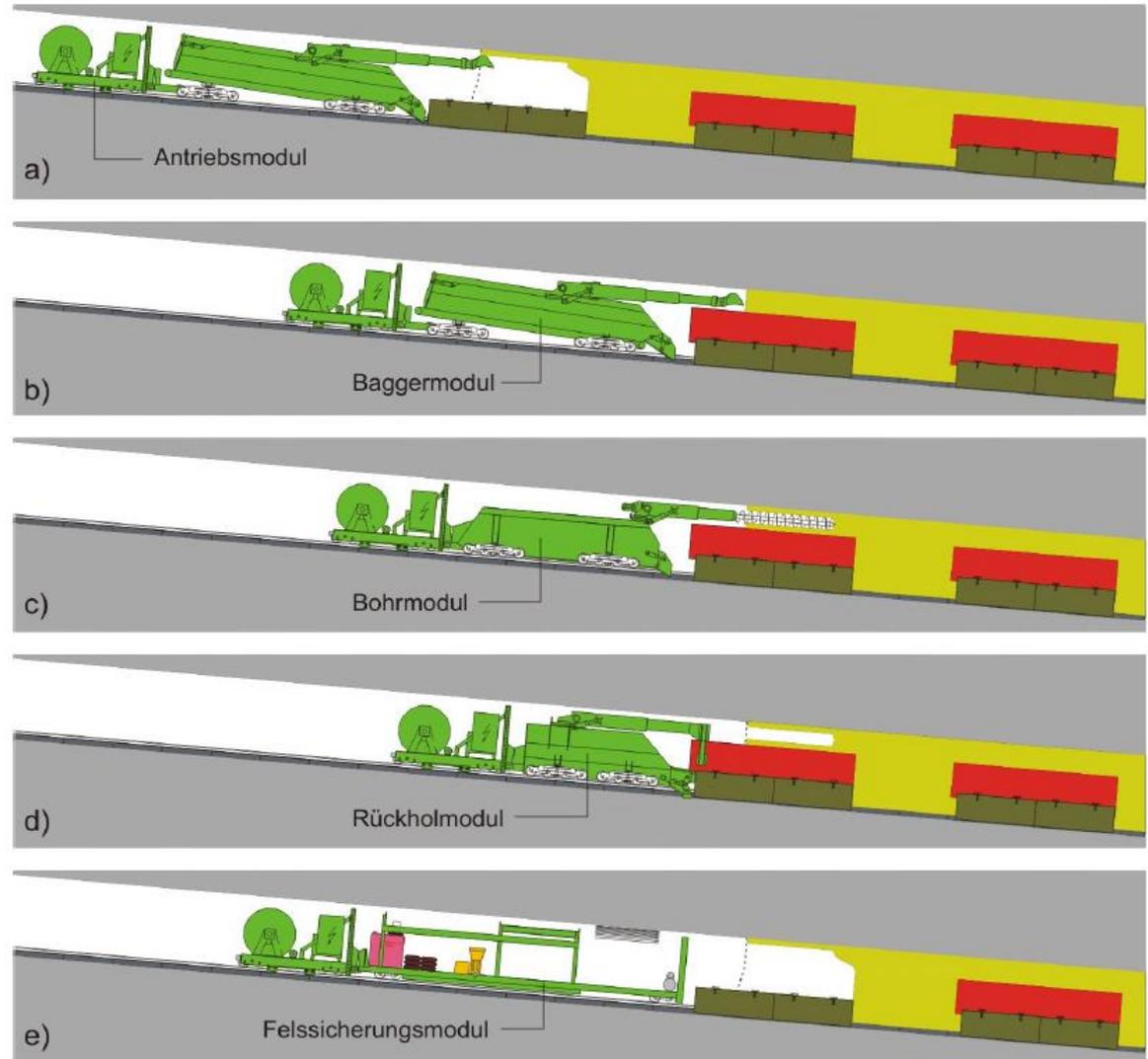


EB Experiment Rückbau:
Heizelement umgeben von
gequollenem Bentonitgranulat

(nach Ausbau 2013)



Technisches Konzept und Rückholungsschritte (2)

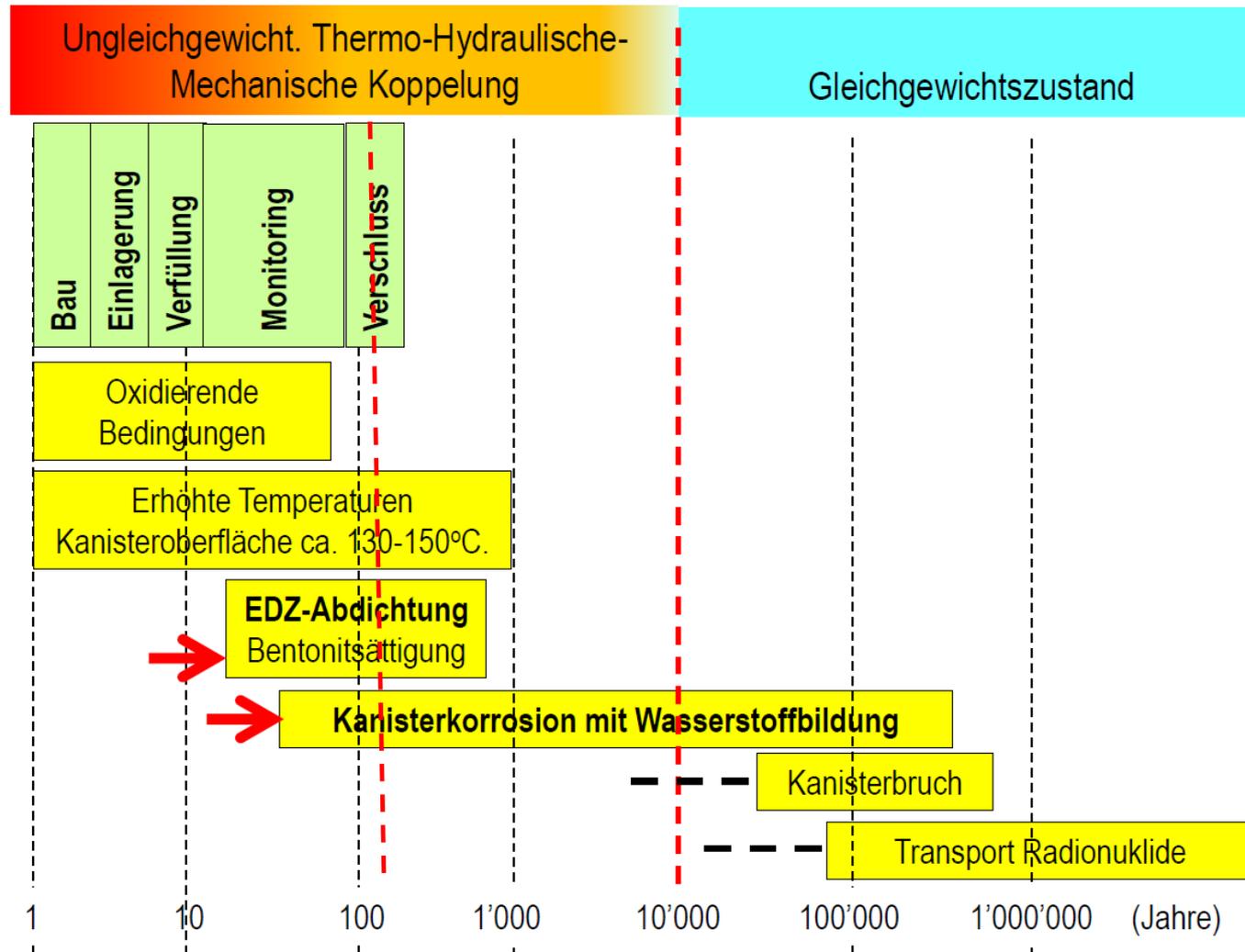


Quelle: NTB 02-02

Persönliche Kommentare zum Konzept der “kontrollierten geologischen Langzeitlagerung”

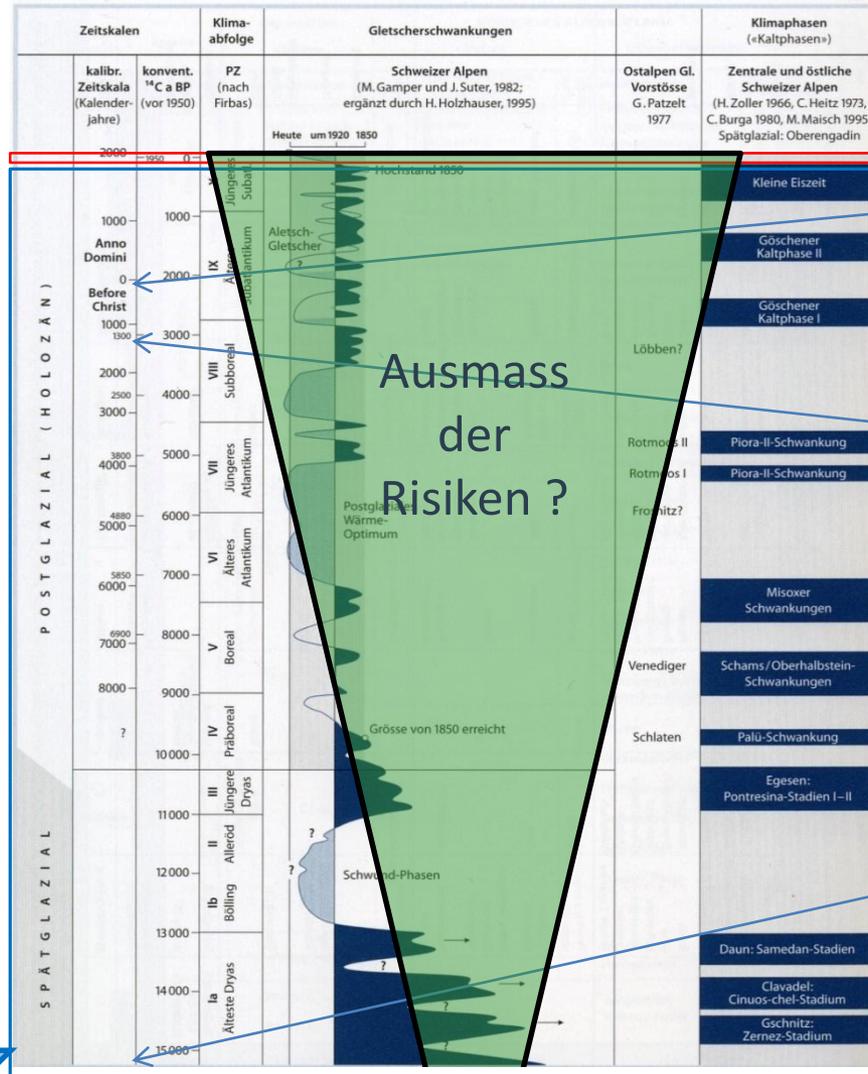
- Das Konzept der Beobachtungsphase ergänzt wichtige Langzeitexperimente, welche vor der Betriebsbewilligung ausgeführt werden müssen.
- Ein Abbau von Ungewissheiten für den Nachweis der Langzeitsicherheit ist mit der Überwachung während einer Beobachtungsphase nur begrenzt möglich.
- Die Dauer der Beobachtungsphase bis zum Verschluss, korrespondierend mit der geforderten Rückholbarkeit „ohne grossen Aufwand“, ist zeitlich im Gesetz nicht fixiert.
- Die Anforderungen an die Beobachtungsphase und den Verschluss müssen konkretisiert werden.
- Die in der Schweiz geforderte Rückholung „ohne grossen Aufwand“ ist insbesondere von der Art der Verfüllmaterialien (Bentonitgranulat) und der Hohlraumstabilität (gering, flächenhafte Stützmittel erforderlich) abhängig.
- Nach dem ordnungsgemässen Verschluss oder nach Ablauf der Überwachungsfrist untersteht das Tiefenlager nicht mehr der Kernenergiegesetzgebung.

7. Zeiträume der Rückholbarkeit und Beobachtung



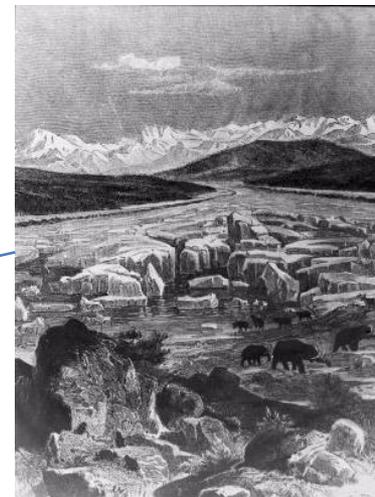
Quelle: Bossart 2013

7. Zeiträume der Rückholbarkeit

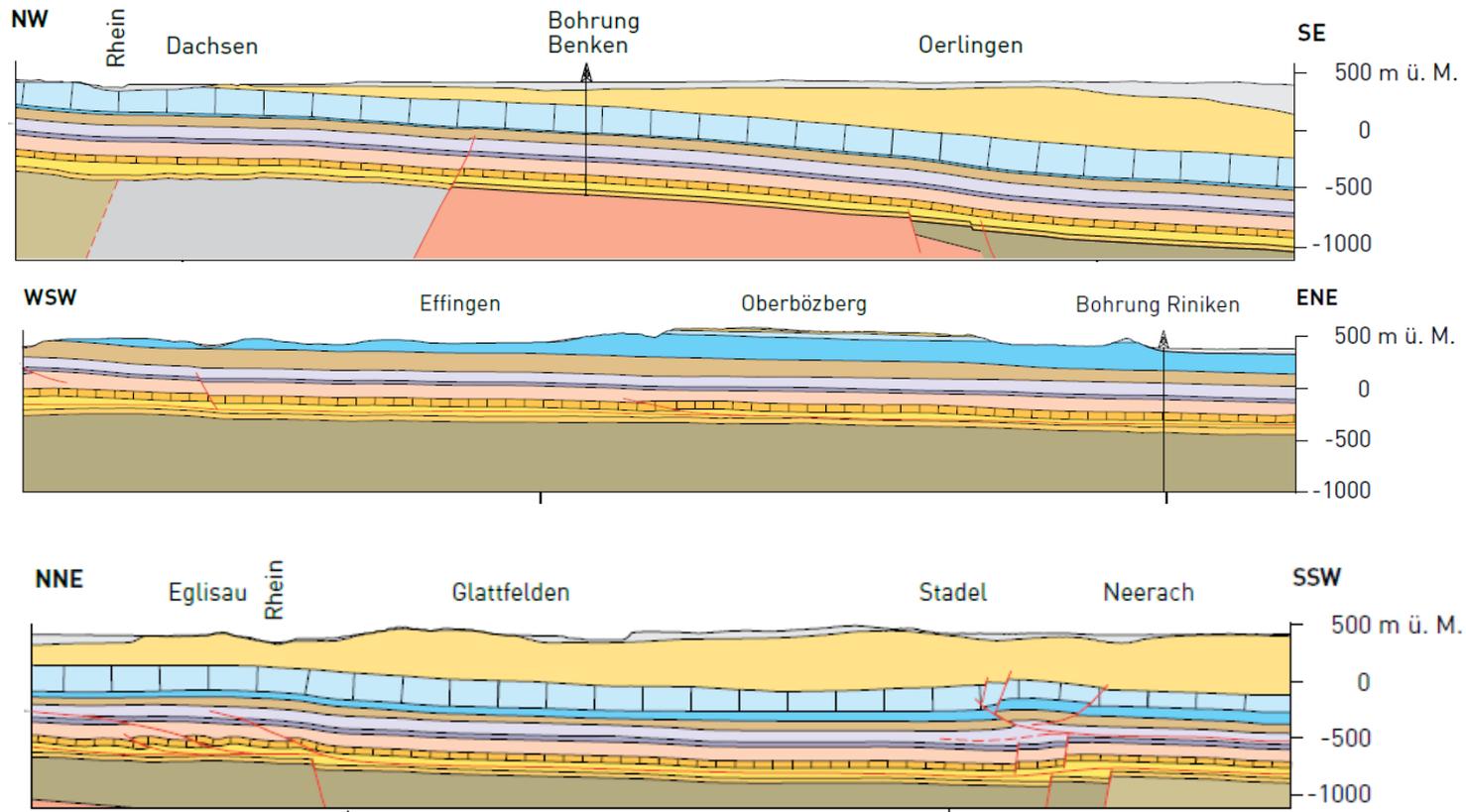


Geologische Langzeitsicherheit HAA: 100 x 15'000 Jahre

«Langzeitsicherheit»



8. Auswirkungen der Rückholung ohne grossen Aufwand auf die Sicherheit: Zugangsbauwerke durchfahren Tiefenaquifere



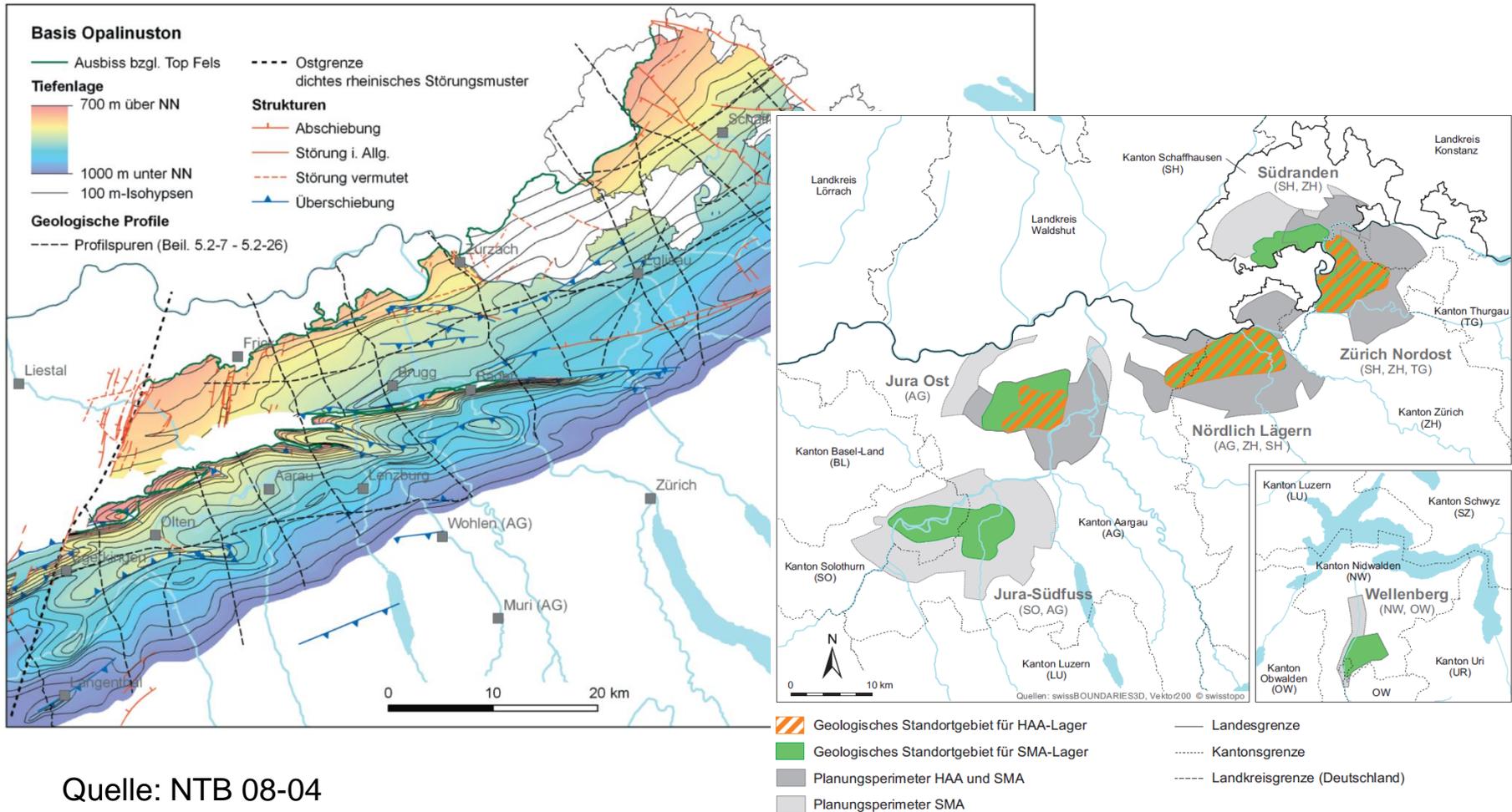
Geologisches Profil Bohrung Benken

Tiefe (m)	Gesteinseinheiten	Alter (Jahre)
0	Torf und eiszeitliche Seeablagerungen	0 bis 25 000
68.0	Grundmoräne	Quartär
199.0	Untere Süsswasser-molasse	Tertiär
ca. 20 bis 25 Mio.	Bohmerz-Formation	ca. 34 bis 55 Mio.
ca. 150 Mio.	Oberer Malmkalke	Malm
154 Mio.	Mittlere Malmmergel	Jura
159 Mio.	Wohlgeschichtete Kalke bis Glaukonit-Sandmergel	Dogger
176 Mio.	Ancops-Oolith bis Wedelsandstein-Formation	Opalinuston
180 Mio.	Murchisonae-Schichten	Lias
208 Mio.	Jurensis-Mergel bis Psiloceras-Schichten	Keuper
229 Mio.	Rhät bis Gipskeuper	Muschelkalk
251 Mio.	Lettenkohle	Buntsandstein
251 Mio.	Trigonodus-Dolomit	Grundgebirge (Kristallin, älter als 300 Mio.)
251 Mio.	Hauptmuschelkalk	
251 Mio.	Anhydritgruppe (mit Salz)	
251 Mio.	Wellengebirge	
975.6		
983.3		
1007.0		

8. Beispiel von Wassereinbrüchen aus Störungen u. Karst

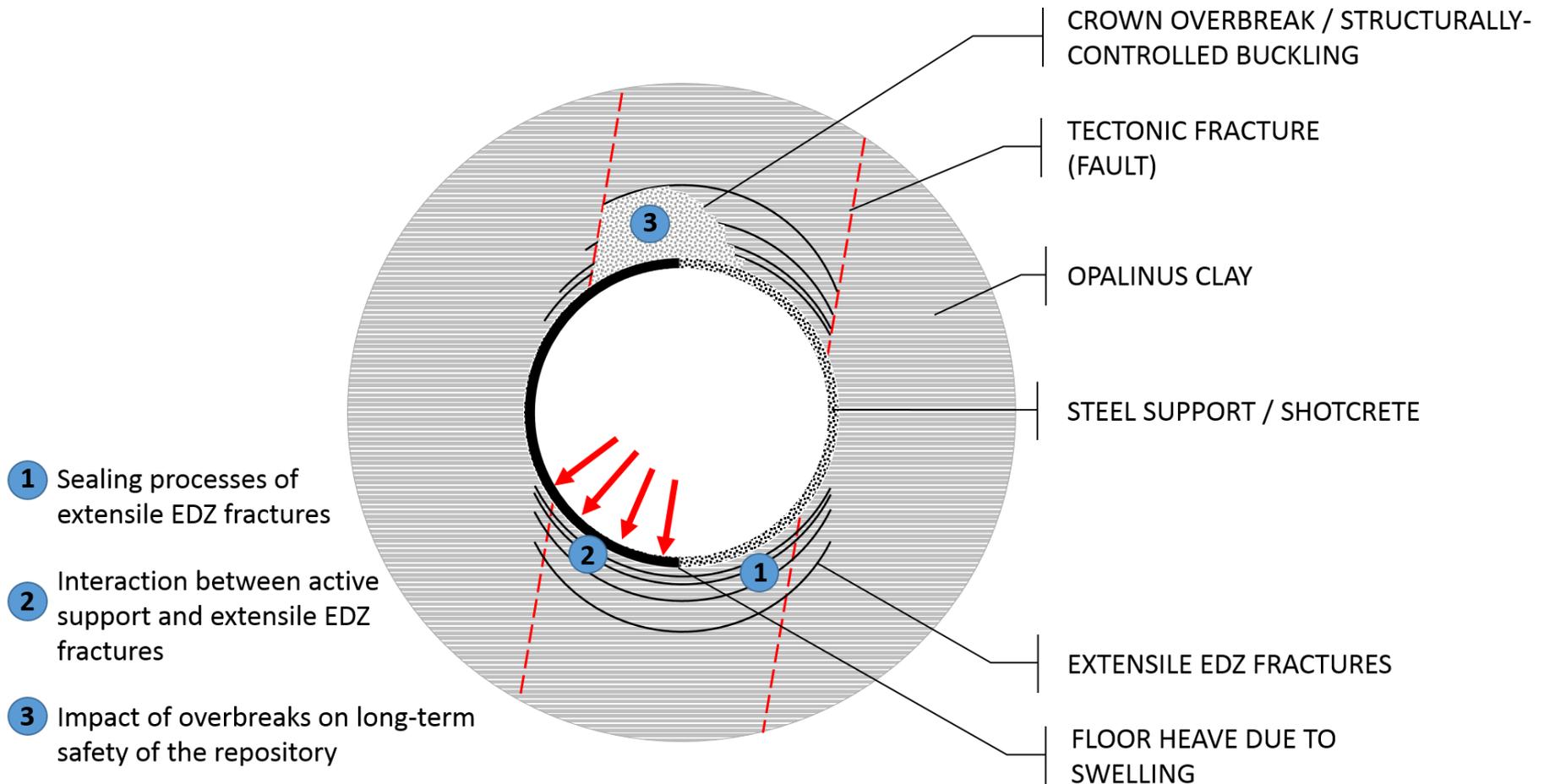


10. Auswirkungen des Lagerkonzeptes und der Rückholbarkeit auf die Standortsuche in der Schweiz



Quelle: NTB 08-04

10. Auswirkungen des Lagerkonzeptes und der Rückholbarkeit auf die Standortsuche in der Schweiz



Fragen zur Reversibilität

Ich bevorzuge einen pragmatischen Ansatz ohne allzu detaillierten Vorgaben, basierend auf:

- Offenem fachlichen Diskurs und Zugänglichkeit aller Daten
- Unabhängigen und Prüfinstanzen
- Ausgewogener fachlicher Kompetenz der verschiedenen Fachgremien
- Partizipation der Öffentlichkeit
- Einem Verfahren ohne politischen Eingriffe
- Prüfkriterien mit adäquatem Detaillierungsgrad
- Stufengerechten Nachweisen der Machbarkeit und Sicherheit
- Periodischer Überprüfung der Lagerkonzepte