



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI

# Anforderungen an ein geologisches Tiefenlager:

## Die ENSI-Richtlinie G03

Beitrag ENSI

Überregionales Ausbildungsmodul 2 - Sicherheit



# Was ist eine Richtlinie?



## Gesetzhierarchie:

Richtlinie

Verordnung

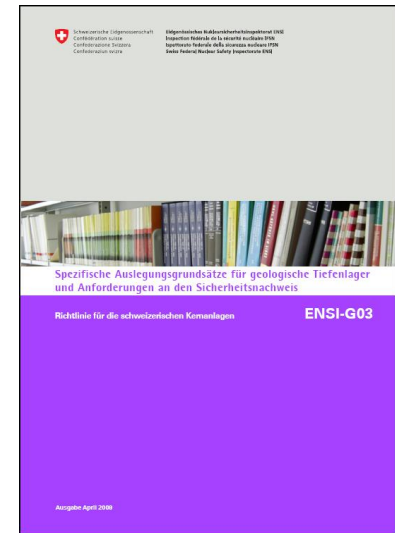
Gesetz

Verfassung



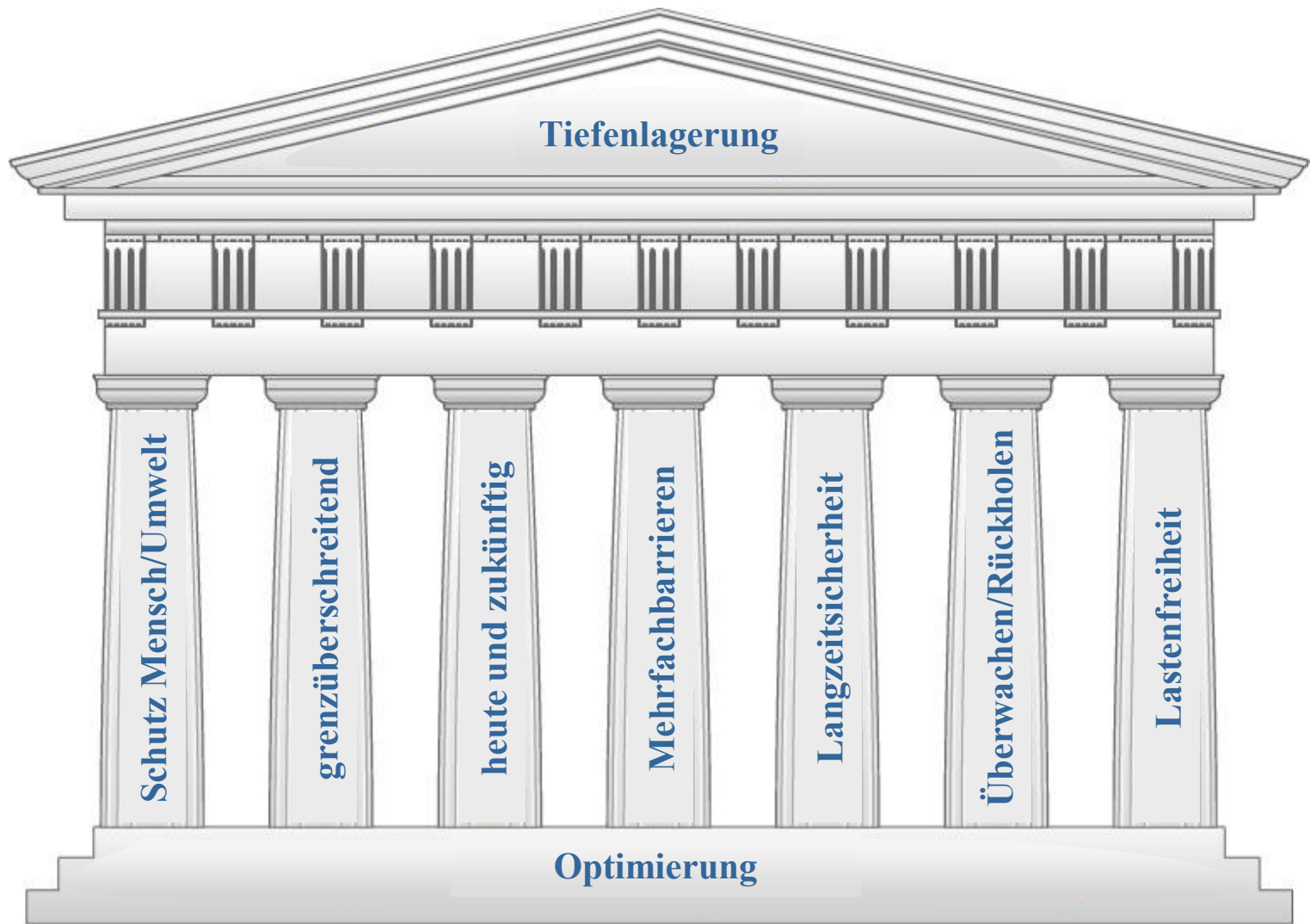
# Was ist eine Richtlinie?

- In seiner Eigenschaft als Aufsichtsbehörde oder gestützt auf einen Auftrag in einer Verordnung erlässt das ENSI **Richtlinien**.
- **Richtlinien** sind Vollzugshilfen, die rechtliche Anforderungen konkretisieren und eine einheitliche Vollzugspraxis erleichtern.
- **Richtlinien** konkretisieren den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik.
- Das ENSI kann im Einzelfall Abweichungen von den Anforderungen in einer **Richtlinie** zulassen, wenn die vorgeschlagene Lösung in Bezug auf die nukleare Sicherheit und Sicherung mindestens gleichwertig ist.





# Die Säulen der Sicherheit





# Wie misst man den Schutz?

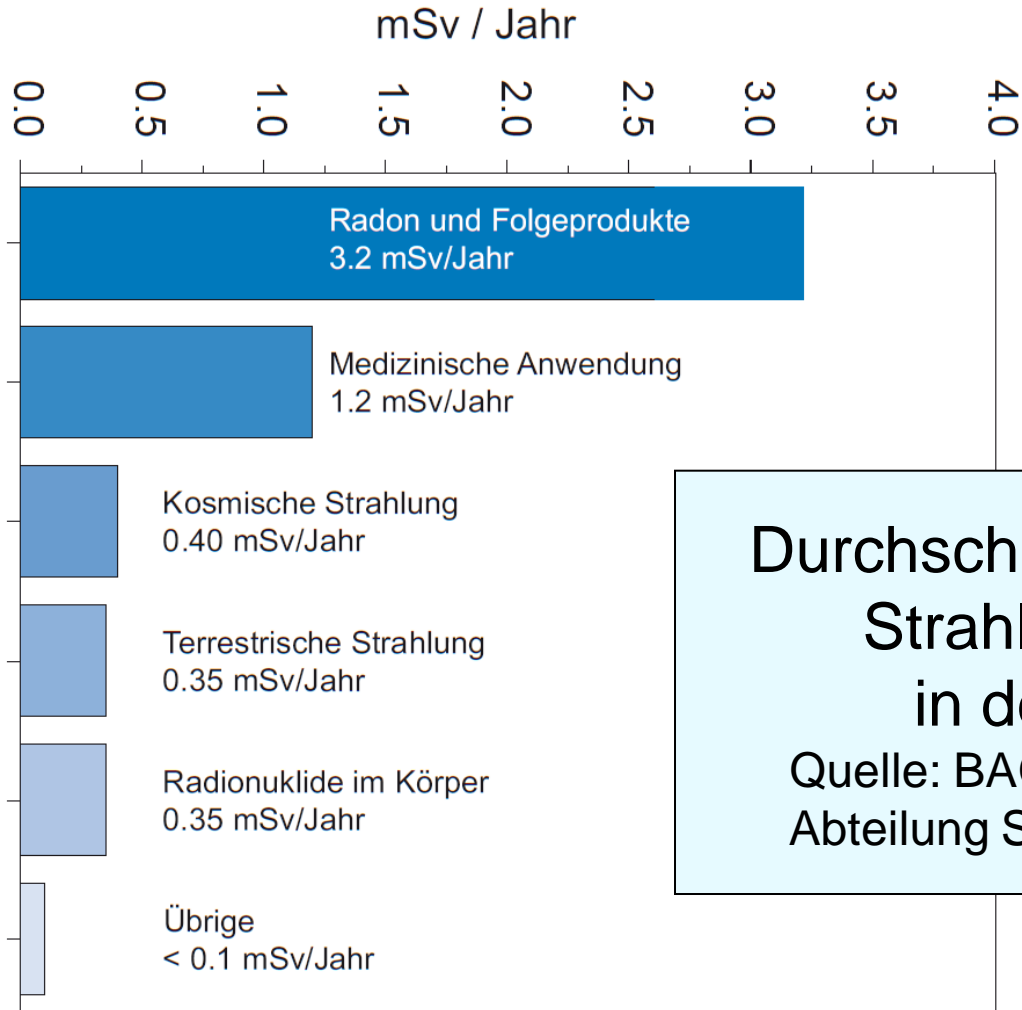


## Zwei Schutzkriterien:

1. **Dosiskriterium:** Für jede als wahrscheinlich eingestufte zukünftige Entwicklung darf die Freisetzung von Radionukliden zu keiner Individualdosis führen, die 0.1 mSv pro Jahr überschreitet.
2. **Risikokriterium:** Die als wenig wahrscheinlich eingestuften, unter Schutzkriterium 1 nicht betrachteten, zukünftigen Entwicklungen dürfen zusammen kein zusätzliches radiologisches Gesundheitsrisiko einer Einzelperson darstellen, das grösser als ein Millionstel pro Jahr ist.



# Wieviel ist 0.1 mSv pro Jahr?

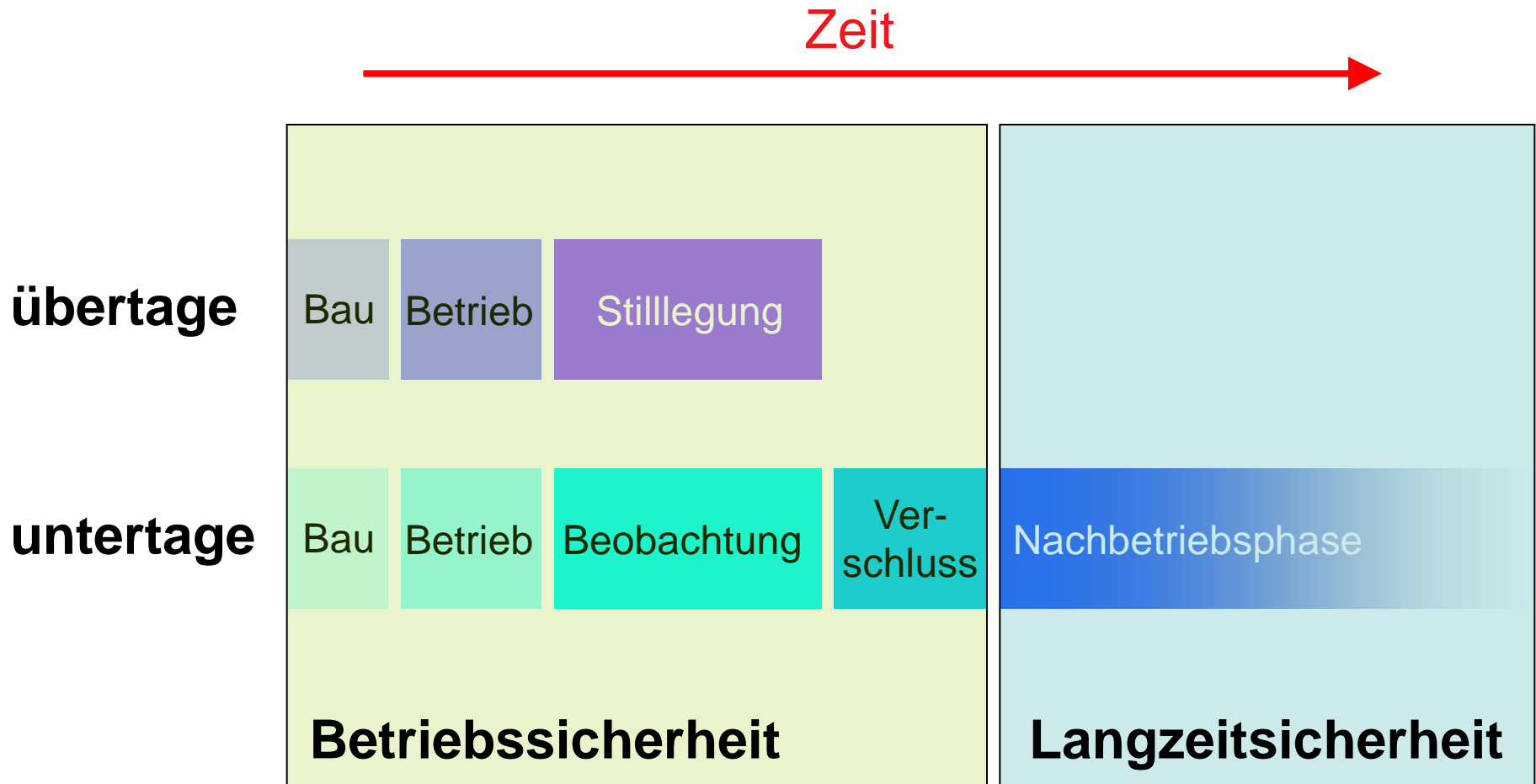


Durchschnittliche jährliche  
Strahlenbelastung  
in der Schweiz

Quelle: BAG, Jahresbericht der  
Abteilung Strahlenschutz, 2009



# Betrieb - Nachbetrieb





# Unterirdische Teile des Lagers

## Hauptlager:

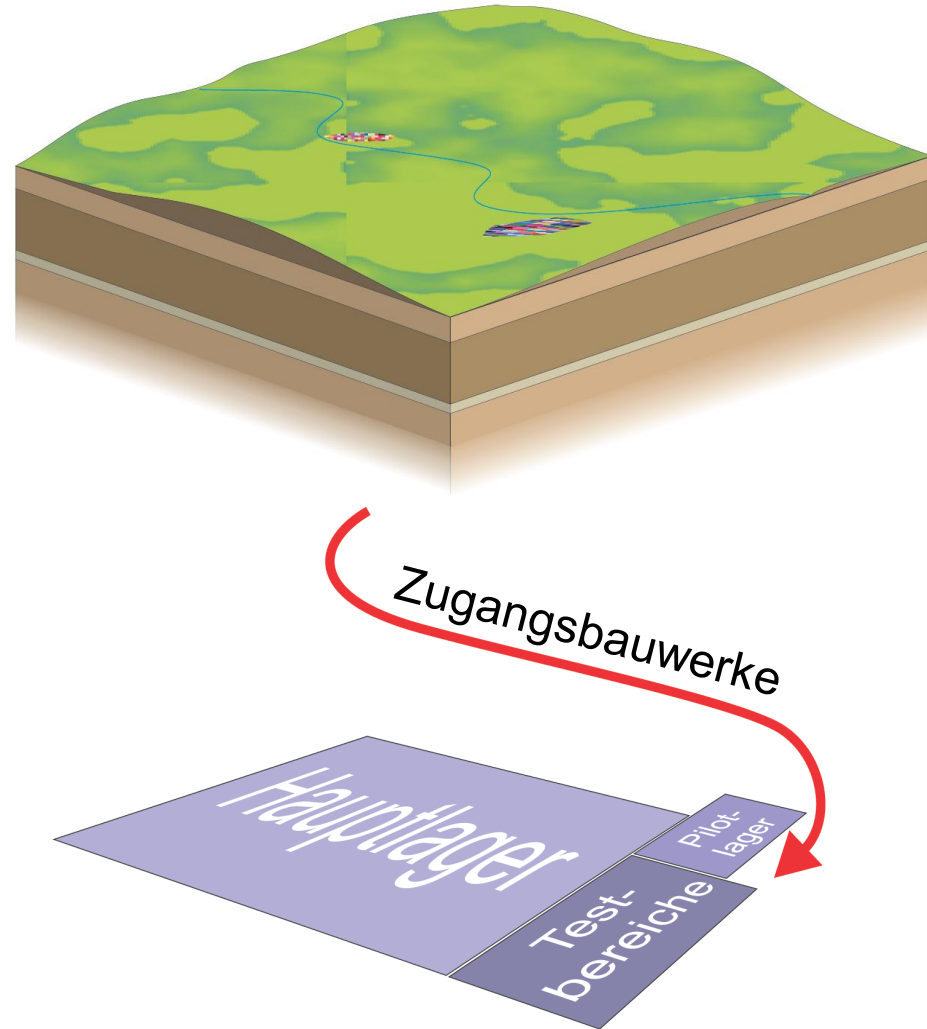
Nimmt Hauptmenge des Abfalls auf.

## Pilotlager:

Nimmt repräsentative Abfallmenge auf, dient der Verifikation, dass alles wie vorgesehen abläuft.

## Testbereiche:

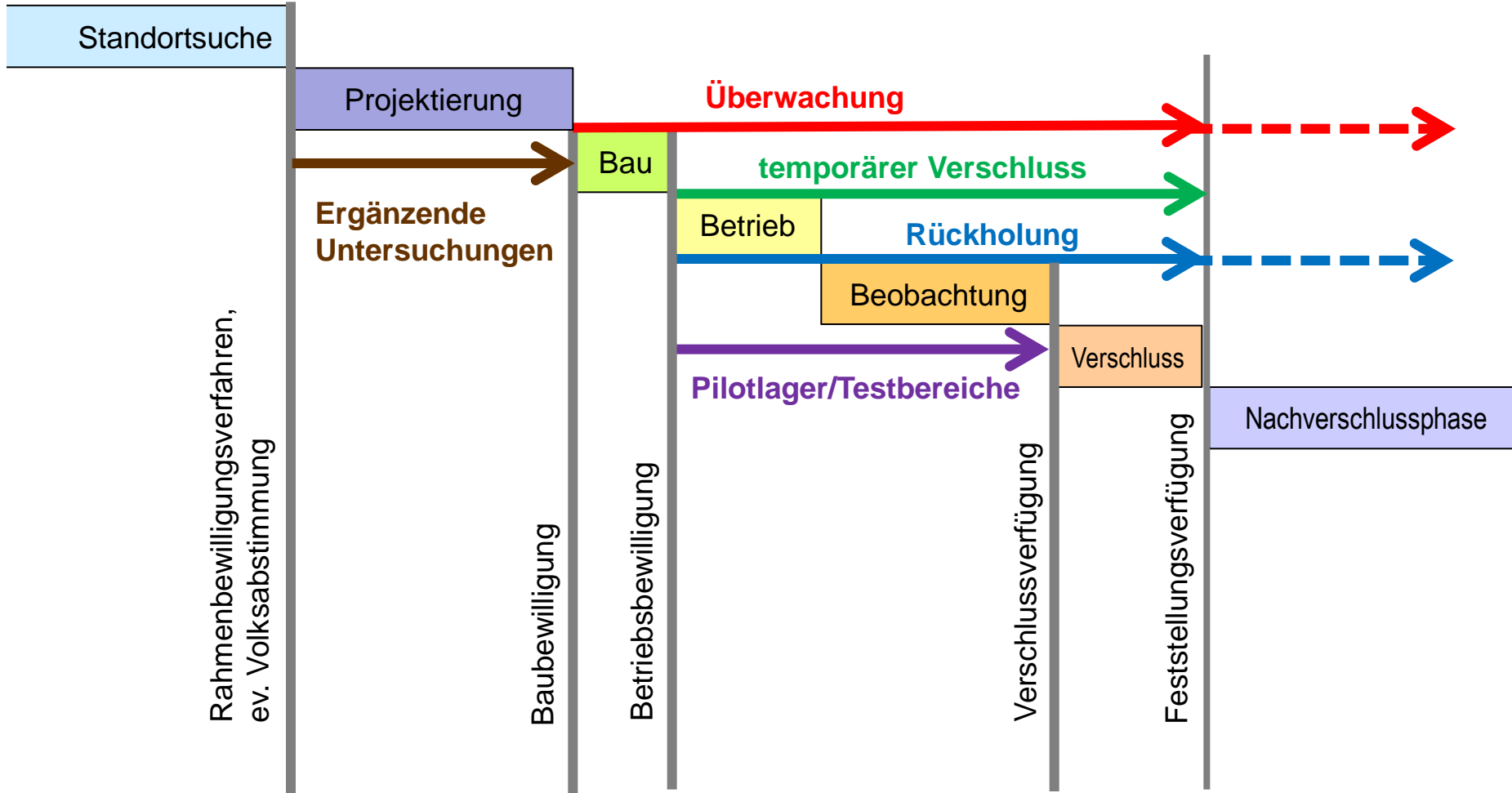
Felslabor vor Ort, dient der Verifikation der Lagerparameter und dem Testen von Methoden







# Realisierungsschritte Tiefenlager





# Rückholung ohne grossen Aufwand

- Lagerkonzept = Geologische Tiefenlagerung mit Überwachung und **zeitlich begrenzter Rückholbarkeit**.
- **Rückholbarkeit ohne grossen Aufwand** bedeutet, dass bis zum Lagerverschluss eine geplante Rückholbarkeit mit bereitstehenden Geräten erfolgen kann.
- Die **Rückholtechniken** müssen vor der ersten Einlagerung von Abfällen erprobt und gezeigt worden sein.
- Auch **nach Verschluss** ist eine Rückholung der Abfälle möglich, solange Information über das Lager verfügbar ist.



# Überwachung



- Die Überwachung betrifft die Umgebung (Umweltüberwachung), das Pilotlager (Monitoring des Pilotlagers), das Hauptlager sowie die Testbereiche („untertägige Standortcharakterisierung“).
- Die Überwachung beginnt vor dem Bau und endet frühestens mit dem Verschluss des Lagers.
- Die Überwachung umfasst:
  - Radioaktivität von Grundwasser, Gewässern, Böden, Atmosphäre, Abluft, Abwasser
  - Verformung von Stollen, Kavernen und der Oberfläche
  - Temperaturentwicklung hochaktiver Abfälle
  - Betriebsüberwachung (sorgfältige Dokumentation aller Arbeitsschritte)
- Nach Verschluss des Lagers kann der Bundesrat eine zusätzliche Überwachung anordnen.



# Schutz des Lagers im Betrieb



- Sicherungsanforderungen wie bei anderen Kernanlagen
- Auslegung gegen Störfälle, Störfallbeherrschung und Berichterstattung
- Betriebliche und bauliche Massnahmen gegen Wassereinträge
- Temporärer rascher Verschluss (im Falle unerwarteter Entwicklungen wie Kriege, Epidemien)
- Kontinuierliche Optimierung und Dokumentation



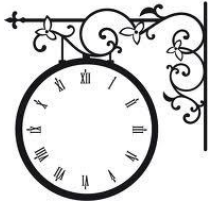
# Schutz des Lagers nach Verschluss

- Vorgängige Abklärung auf Nutzungskonflikte
- Koordination mit Kantonen bzgl. Bewilligungen für Untertagebauten
- Markierung des Standorts
- Redundante Dokumentation
- Absichtliches menschliches Eindringen und gezielter Schädigung des Lagers wird nicht betrachtet





# Wie lang muss ein Lager sicher sein?



- Ein Teil der radioaktive Stoffen ist langlebig. Aber: Je langsamer ein radioaktiver Stoff zerfällt, desto weniger strahlt er.
- Nach 100'000 bis 200'000 Jahren hat die Radiotoxizität aller Abfälle um einen Faktor 1000 abgenommen. Für schwachaktive Abfälle ist die Radiotoxizität bereits nach 20'000 Jahren unterhalb derer eines Granitgesteins.
- Radioaktivität klingt nie vollständig ab. Es gibt sehr langlebige Elemente (z.B. Uran). Damit ist der Endzustand eines HAA-Lagers mit einer Uranlagerstätte zu vergleichen.
- Eine Aussage über die geologische Entwicklung weit über eine Million Jahre hinaus ist unrealistisch.