

Markierung eines Tiefenlagers

Vollversammlung Jura Ost, 7. April 2022

Felix Altorfer
ENSI



Zweck Wissenserhalt/Markierung

Botschaft zu einem Kernenergiegesetz vom 28. Februar 2001

- Den besten Schutz gegen Gefährdung von Mensch und Umwelt bietet eine Kontrolle der Umgebung des Lagers. Eine Kontrolle ist allerdings nur möglich, wenn die nötigen **Kenntnisse über das Lager** vorhanden sind. Deshalb müssen umfassende diesbezügliche Informationen aufbewahrt werden.
- Dabei muss ein **Zugriff auf diese Daten über lange Zeit sichergestellt** sein. Die Daten können auch anderen Staaten oder internationalen Organisationen wie etwa der IAEA mitgeteilt werden.
- Als zusätzliche Massnahme zur Erhaltung der Kenntnisse über den Standort kann der Bundesrat die **Markierung des Endlagers** vorschreiben.



Gesetzliche Grundlagen

KEG Art. 40 Schutz des geologischen Tiefenlagers

- Der Schutzbereich ist der Raum im Untergrund, in dem Eingriffe die Sicherheit des Lagers beeinträchtigen könnten. Der Bundesrat legt die Kriterien für den Schutzbereich fest.
- Der Bundesrat sorgt dafür, dass die Informationen über das Lager, die eingelagerten Abfälle und den Schutzbereich aufbewahrt werden und die Kenntnisse darüber erhalten bleiben. Er kann entsprechende Daten anderen Staaten oder internationalen Organisationen mitteilen.
- Der Bundesrat schreibt die dauerhafte Markierung des Lagers vor.



Gesetzliche Grundlagen

KEV Art. 69 Verschluss

- Der Eigentümer eines geologischen Tiefenlagers hat beim Verschluss sämtliche noch offenen Teile des Tiefenlagers zu verfüllen und die für die Langzeitsicherheit und die Sicherung massgebenden Teile zu versiegeln.
- Mit dem Verschluss hat er insbesondere zu gewährleisten, dass die Markierung des geologischen Tiefenlagers dauerhaft ist.



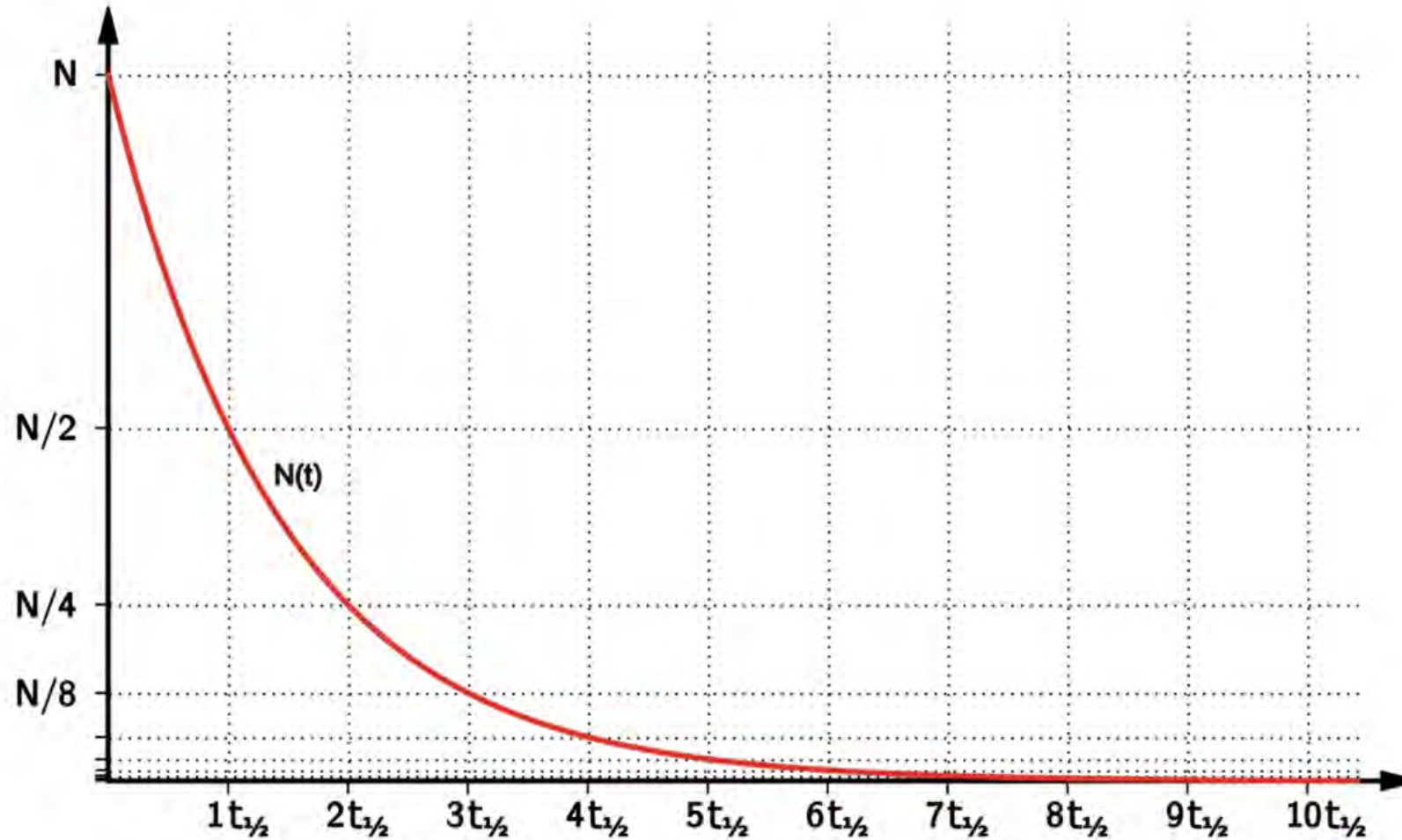
Vorgaben des ENSI zur Markierung

Erläuterungsbericht zur Richtlinie ENSI-G03

- Die Möglichkeiten zur Markierung von Endlagern werden seit vielen Jahren von verschiedenen Ländern untersucht. Keines dieser Länder und keines der Projekte, die bisher verfolgt wurden, geht von einer Markierungsdauer von einer Million Jahre aus.
- Grundlage dafür ist die Überlegung, dass weder natürliche noch künstliche Barrieren, Überreste oder Quellen, sondern nur erkennbar an sie adressierte Mitteilungen intelligente Wesen vom Eindringen in geologische Tiefenlager abhalten können.
- Der generell akzeptierte Zeitraum für die Markierung liegt im Bereich von einigen tausend Jahren. Dies wird auch durch Überlegungen zur signifikanten Abnahme der Radiotoxizität der eingelagerten Abfälle über diesen Zeitraum gestützt.



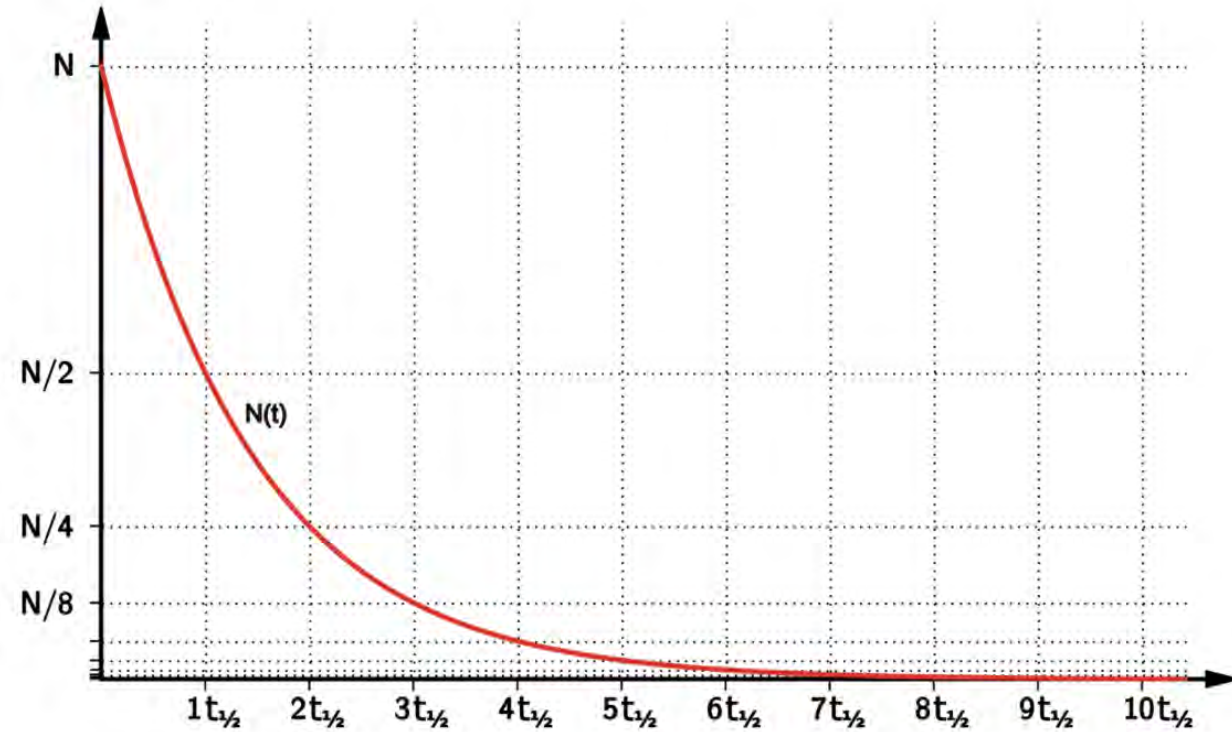
Radioaktive Stoffe zerfallen





Radioaktive Stoffe zerfallen

Isotop	Halbwertszeit	spezifische Aktivität
^{131}I	8 Tage	4.600.000.000.000 Bq/mg
^3H	12,33 Jahre	370.000.000.000 Bq/mg
^{137}Cs	30 Jahre	3.300.000.000 Bq/mg
^{239}Pu	24.110 Jahre	2.307.900 Bq/mg
^{235}U	703.800.000 Jahre	80 Bq/mg
^{238}U	4.468.000.000 Jahre	12 Bq/mg
^{232}Th	14.050.000.000 Jahre	4 Bq/mg





Vorgaben zum Wissenserhalt

Erläuterungsbericht zur Richtlinie ENSI-G03

- Die Erstellung mehrerer Exemplare der Dokumentation soll die langzeitbeständige Archivierung und ihre Aufbewahrung an unterschiedlichen Orten durch den Bund ermöglichen, um den Verlust durch zerstörerische Ereignisse zu vermeiden.
- Bei der Lebensdauer der Informationsträger geht es nicht nur um die Langzeitbeständigkeit des Mediums (z. B. Papier, Film, digitale Datenträger), sondern auch um die voraussichtliche Dauer des Fortbestehens der Technologie zum Lesen der Informationsträger.
- Es sind Datenträger zu bevorzugen, die mit verhältnismässig einfachen Mitteln lesbar und kopierbar sind.



Vorgaben zum Wissenserhalt

Erläuterungsbericht zur Richtlinie ENSI-G03

- Das Aufbewahren von verständlicher und allgemein zugänglicher Information über ein geologisches Tiefenlager hilft, die Wahrscheinlichkeit eines unbeabsichtigten menschlichen Eindringens herabzusetzen.
- Es darf aber kein notwendiges Sicherheitselement für die Langzeitsicherheit eines geologischen Tiefenlagers sein, da das Funktionieren der Informationsübermittlung über sehr lange Zeiten nicht garantiert werden kann.
- →Wissenserhalt als Ergänzung zur Markierung



Probleme bei der Markierung

- **Zeit: Heute**
- Heutige Warmzeit mit Acker- und Wiesland im Talboden und an den flacheren Talflanken.
- Die Egg und Lägern sind von bewirtschaftetem Mischwald bewachsen.



Quelle: Mammutmuseum, Niederwenigen



Probleme bei der Markierung

- **Vor etwa 500 000 Jahren**
- Grösste Vergletscherung der Nordschweiz mit Vorstoss des Walensee-Rhein-Gletschers bis zum Hochrhein.
- Vermutlich war nur der Lägernkamm (rechts) eisfrei. Im Hintergrund der Alpennordrand mit dem Säntis.



Quelle: Mammutmuseum, Niederwenigen



Probleme bei der Markierung

- **Vor etwa 160 000 Jahren**
- Zusammenhängende kalten Seen im Wehntal und unteren Glatttal.
- Die Gletscherstirn lag im Raum Kloten.
- Permafrost und eine lockere Vegetation aus Gräsern, Kräutern und einzelnen Wacholder- und Weidenbüschen.



Quelle: Mammutmuseum, Niederwenigen



Probleme bei der Markierung

Fragen

- Oberirdische Markierung sinnvoll?
- Unterirdische Markierung nützlich? (Keine Sichtbarkeit)
- Was heisst eigentlich dauerhafte Markierung?



Quelle: Mammutmuseum, Niederwenigen



Markierung (Beispiele)

Römischer Meilenstein, 1534 aufgefunden

- Eine zeitgenössische Chronik meldet darüber: «Zuo Baden im Ergö unterhalb gegen Brugg ward im mayen durch ainen bursman mitt dem pfluog in ainem acker ain staine sul 9 schuo lang gefunden, von Kayser Traiano gemacht, was by der zit, das solicher Kayser gelept hatt, 1434 jar verloffnen»
- Bis 1712 stand der Meilenstein neben dem Landvogteischloss; nach der Eroberung der Stadt Baden haben ihn die Zürcher entwendet; er steht jetzt im Landesmuseum.





Markierung (Beispiele)

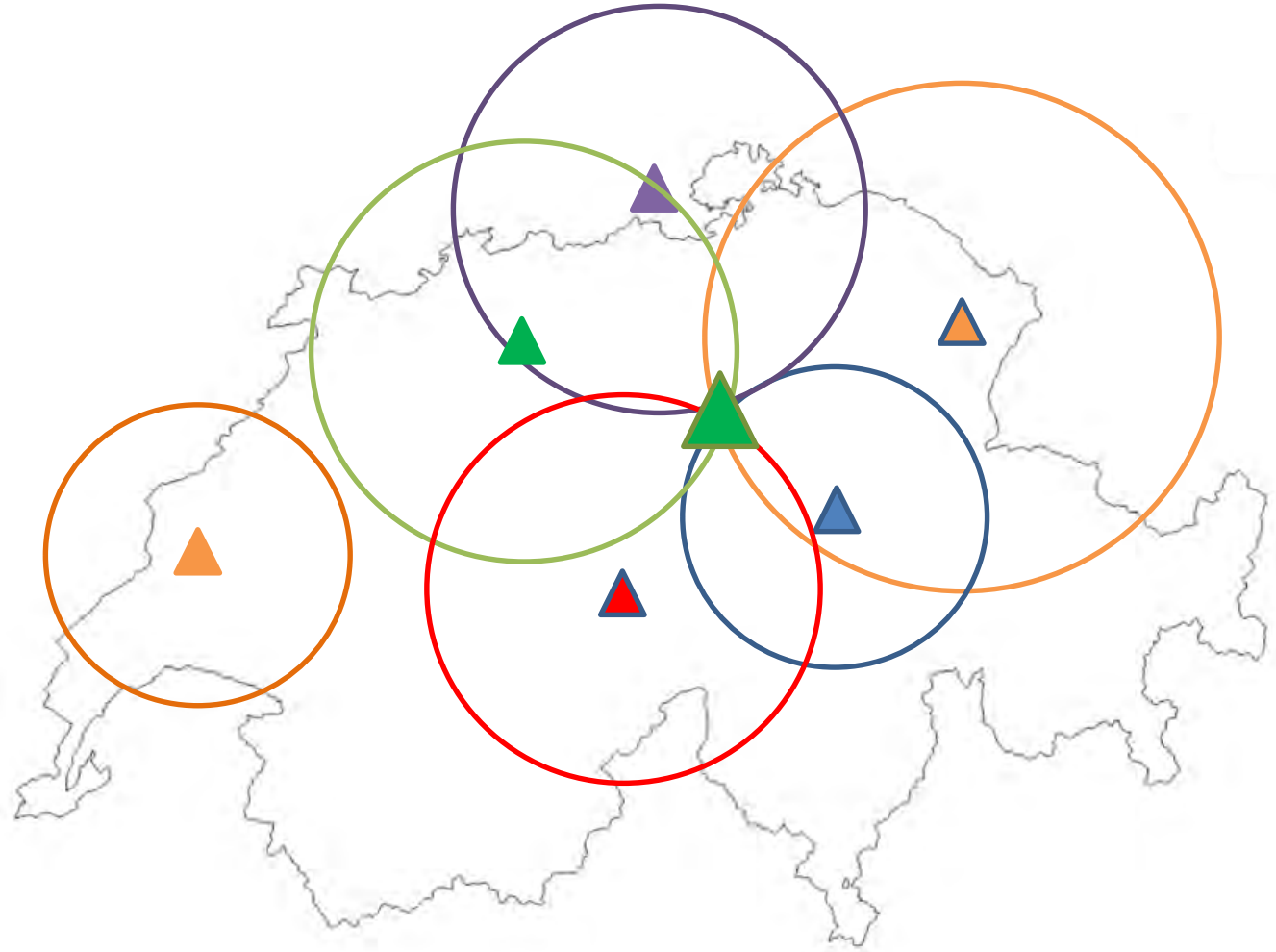
Römischer Meilenstein, 1534 aufgefunden

- «Dem Kaiser Nerva Traianus, dem Sohn des vergötterten Nerva, dem erlauchten Überwinder der Germanen, Oberpriester, Inhaber der tribunzinischen Gewalt, Konsul zum zweiten Mal und zum dritten Mal designiert, dem Vater des Vaterlandes, 85 römische Meilen.»
- Aus der Ämterbezeichnung des Kaisers lässt sich als Zeit der Aufstellung das Jahr 99 nach Christus bestimmen. Die 85 milia passuum (tausend Schritte) bezeichnen den Abstand von der Landeshauptstadt Aventicum: 85 römische Meilen zu 1,48 Kilometer; es ergibt sich daraus eine Strecke von 125,8 Kilometern, die ziemlich genau stimmt.





Markierung (Beispiele)





Markierung

Fragen bei der Umsetzung des Markierungsgebots

- Oberirdisch/Unterirdisch?
- **Nutzen/Schaden?**
- Mehrsprachigkeit?
- Ort Tiefenlager?
- Inhalt Tiefenlager?
- Verschleppung der Markierung?



Wissenserhalt (Beispiele)

Vergilius Vaticanus

- 400 n. Chr. illuminiertes Manuskript
- 76 Blätter mit 50 Miniaturen (Aeneis des Vergil)





Wissenserhalt (Beispiele)

600 Jahre Hotel Blume

- 1421 wurde der Besitzer Bernard Dörflinger überführt, weil er mehr von der Quelle am Kurplatz abzapfte, als ihm zustand.
- Man verbot ihm und seinen Nachfolgern, die Bäder der «Blume» baulich zu verändern.
- Kürzlich brachten Grabungen römische Mauern zum Vorschein, die teilweise deckungsgleich mit den Eingangsmauern der «Blume» sind → schon in Römerzeiten stand hier ein Gebäude.

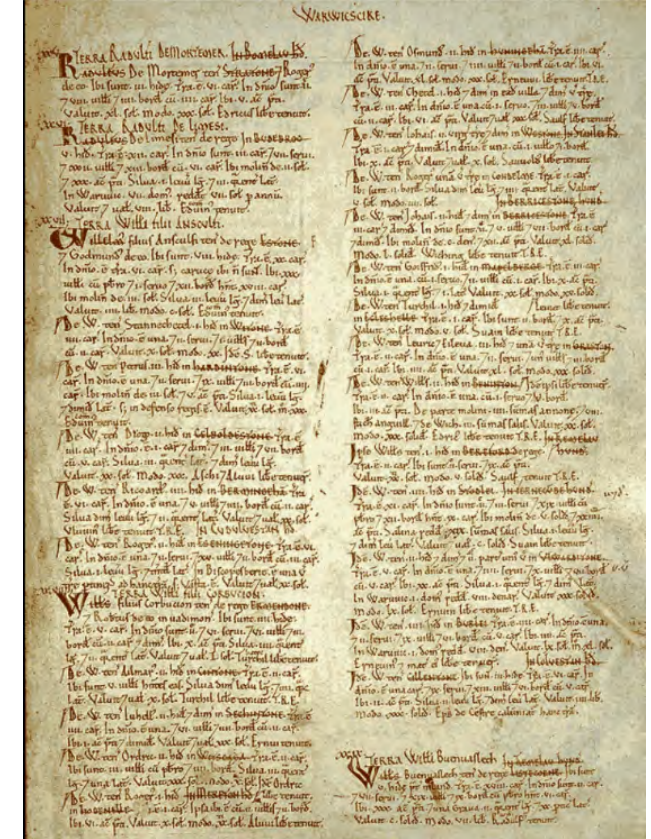


Das elegante Atrium ist das eigentliche Markenzeichen des Hotel «Blume» in Baden AG. Quelle: Dominic Büttner



Wissenserhalt (Beispiele)

- 1984 bis 1986 beteiligten sich mehr als eine Million Menschen aus ganz Grossbritannien am „BBC Domesday Project“. Kinder aus mehr als 9000 Schulen sammelten statistische Daten, persönliche Gedanken und Erinnerungen. Das alles wurde auf Laserdiscs gespeichert.
- Bereits zwei Jahrzehnte später existierte kein Disc-Player mehr, die die Daten lesen konnte, sie mussten sehr aufwendig erneut lesbar gemacht werden.
- „Domesday Book“, ein Grundbuch für ganz England aus dem Jahre 1086, heute noch problemlos lesbar – im Original auf Pergament.





Wissenserhalt (Beispiele)

Britisches Parlament darf sein Pergament behalten

- Grossbritannien bewahrt eine jahrhundertealte Tradition und wird Abschriften seiner Gesetze weiter auf Pergament anfertigen.
- Damit hob die Regierung eine zuvor getroffene Entscheidung auf, nach der künftige Gesetze stattdessen auf Archivpapier geschrieben werden sollten.
- MP John Gray argumentierte 2016: "Vellum hält 5000 Jahre und Archivpapier nur ein paar hundert. Wir haben die wichtigsten historischen Dokumente der britischen Geschichte nur deswegen, weil sie auf Vellum geschrieben wurden."



Wissenserhalt (Beispiele)

Fazit

- Wissenstransfer über mehrere Jahrhundert möglich
- Beständigkeit der Materialien (Stein, Pergament, Papier)
- Verständlichkeit (Lokalsprache? Latein? Chinesisch?)

*oben Hieroglyphen (14 Zeilen)
in der Mitte Demotisch (32 Zeilen)
unten Altgriechisch (54 Zeilen)*

