

## Mehrfache Sicherheitsbarrieren

### Hochaktive Abfälle

Ab etwa 2040 wird für die Direktlagerung verbrauchter Brennelemente aus den Kernkraftwerken sowie für hochaktive Abfälle aus der Wiederaufbereitung ein geologisches Tiefenlager benötigt. Die Nagra hat nachgewiesen, dass Opalinuston ein geeignetes Lagergestein ist. Hochaktive Abfälle benötigen etwa 200'000 Jahre, bis ihre Aktivität auf diejenige von Natururan abgeklungen ist.

### Zweites Tiefenlager

Auch für schwach- und mittelaktive Abfälle wird in der Schweiz ein geologisches Tiefenlager benötigt (ab 2035). Schwach- und mittelaktive Abfälle benötigen etwa 30'000 Jahre, bis sich ihre Aktivität nicht mehr von ihrer Umgebung unterscheidet.

### Sicherheitsbarrieren

Um ein Austreten radioaktiver Stoffe zu verhindern, werden die Abfälle in mehrere Hüllen eingeschlossen, die alle wie Barrieren wirken:

- Die Glasmatrix mit den darin verschmolzenen hochaktiven Abfällen korrodiert kaum.
- Der Metallbehälter (Stahl oder Kupfer, Durchmesser 1 m, Wandstärke 15 bis 25 cm) verhindert die Freisetzung radioaktiver Stoffe während mindestens 100'00 Jahren.
- Die Stollenverfüllung aus Bentonit (Ton) ist sehr gering durchlässig, quillt bei Feuchtigkeitszutritt auf und kann dadurch Risse und Klüfte abdichten. Die Tonminerale binden Schadstoffe.
- Der Lagerstollen (Durchmesser 2,5 m) liegt im Wirtgestein (Schichtdicke ca. 100 m). Dieses muss gering durchlässig und mechanisch stabil sein und die technischen Barrieren schützen, zum Beispiel vor Gletschererosion. Es kann ebenfalls Schadstoffe binden.

### Einlagerung

Der Metallbehälter mit den hochaktiven Abfällen wird auf Schienen von den Anlagen an der Oberfläche zur Umladeschleuse eines Lagerstollens transportiert, die sich rund 400 bis 900 Meter unter der Erdoberfläche befindet. Auf einem Einlagerungstrolley rollt er – gebremst durch eine Seilwinde – zum Einlagerungsort im Stollen. Der Stollen wird anschliessend mit Bentonit verfüllt.

### Rückholbarkeit

Das Konzept der Tiefenlagerung schreibt vor, dass die Abfälle rückholbar sind, denn spätere Generationen kennen vielleicht bessere Entsorgungsmethoden oder wollen das eingelagerte Uran als Rohstoff nutzen.

### Unterschiedliche Risiken

Bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle sind höchst unterschiedliche Risiken zu berücksichtigen. An erster Stelle steht die menschliche Gesellschaft, deren Entwicklung nicht vorhersagbar ist. Ein geologisches Tiefenlager muss deshalb auch ohne menschliches Zutun funktionieren. Aktive Systeme, die Energie oder Überwachung brauchen, sind daher nicht akzeptabel. Passive Systeme, die auch funktionieren, wenn sie sich selbst überlassen werden, sind hingegen geeignet. Mit dem Konzept der mehrfachen Barrieren wird diesem Umstand Rechnung getragen.

Ein weiteres Risiko ist bewegtes Wasser. Radioaktive Teilchen, die den Gebinden vielleicht nach Tausenden von Jahren entweichen könnten, dürfen nicht in die belebte Umwelt gelangen. Ein Tiefenlager wird deshalb in weitgehend wasserundurchlässigen Schichten angelegt, zum Beispiel in Opalinuston.

Ein letztes Risiko ist schliesslich die Gefahr, dass die eingelagerten Abfälle freigelegt werden könnten, sei es durch Erosion oder durch einen Gletschervorstoss. Da ein geologisches Tiefenlager jedoch mehrere hundert Meter unter der heutigen Erdoberfläche angelegt wird, darf man davon ausgehen, dass es nicht freigelegt wird, bevor die Aktivität der Abfälle abgeklungen ist.

Als Lagerstandort werden Gebiete gewählt, wo Erdbeben selten und die geologischen Verhältnisse stabil sind.

### Was macht das Ausland?

Viele Länder nutzen die Kernenergie. Sie alle müssen hochaktive Abfälle und verbrauchte Brennstäbe sowie schwach- und mittelaktive Abfälle lagern und entsorgen, ebenso die Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung. Einige dieser Länder sind in der Lagerfrage schon weit fortgeschritten. So gibt es zum Beispiel in Deutschland, Finnland, Frankreich, Grossbritannien, Schweden, Japan und den USA Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle. Lager für hochaktive Abfälle sind in mehreren Ländern geplant oder im Bau (Finnland).



Metallbehälter mit hochaktiven Abfällen



Hydraulikwagen zur Umlagerung des Metallbehälters



Lagerstollen (400 bis 900 Meter unter der Erdoberfläche)