

## Bisherige Fragen zur Endlagersuche in der Schweiz

Die Fragen wurden auch von der deutschen Expertengruppe Schweizer Tiefenlager (ESchT) beantwortet. Die Antworten können Sie aus dem nachstehenden Link entnehmen:

<http://www.escht.de/downloads/eschtstellungnahmeteiliii.pdf>

**Lfd**

**Frage**

**Nr.**

1 Warum kommen im Schweizer Mittelland die tief liegenden Schichten des Opalinuston nicht als Endlagerstandorte in Betracht, müssen diese wirklich wegen den von der Schweiz geltend gemachten bautechnischen Anforderungen sowie technischen Schwierigkeiten ausscheiden.

**Antwort Nagra:**

- Bei der Abgrenzung der bevorzugten Bereiche bzw. der Standortgebiete ist gemäß Konzept SGT (vgl. Tab. 1) die bautechnische Machbarkeit ein wichtiger zu berücksichtigender Aspekt. Die maximale Tiefenlage unter Terrain ist einer der für die bautechnische Machbarkeit maßgebenden Faktoren. Für die Festlegung der maximalen Tiefenlage sind vor allem die geomechanischen Bedingungen maßgebend. Ab Überschreitung einer kritischen Tiefe wäre auch die insitu-Temperatur mit zu betrachten; in der Nordschweiz werden kritische Temperaturen (> 55°C) zwischen 1'100 m und 1'300 m unter Terrain erwartet, bei lokalen Anomalien schon in geringeren Tiefen.
- Bezüglich der geomechanischen Bedingungen sind einerseits die Stabilität der untertägigen Bauten (v.a. Lagerkammern) und andererseits die Auflockerung des Gebirges in der Umgebung der Lagerkammern und der Verschlussbauwerke maßgebend. Für Tongesteine, wie z.B. den hier angesprochenen Opalinuston, ergibt sich eine maximale Tiefe, unterhalb derer eine größerräumige Auflockerung des Gebirges in der direkten Umgebung der Hohlräume – auch mit massiven Stabilisierungsmaßnahmen – nicht mehr vermieden werden kann. Während ein erhöhter Aufwand für die Stabilisierung der Hohlräume bei der Abgrenzung der geologischen Standortgebiete in Kauf genommen wird, kann die größerräumige Auflockerung wegen potenziell ungünstiger Auswirkungen auf die Langzeitsicherheit nicht akzeptiert werden.
- Aus diesen Gegebenheiten und Überlegungen ergeben sich in

der Nord-Schweiz für das potenzielle Wirtgestein Opalinuston  
 Maximaltiefen von < 800 m (SMA) und < 900 m (für HAA).  
 Dadurch fallen die tiefer liegenden Vorkommen im  
 Molassebecken außer Betracht (Fig. 1-1).

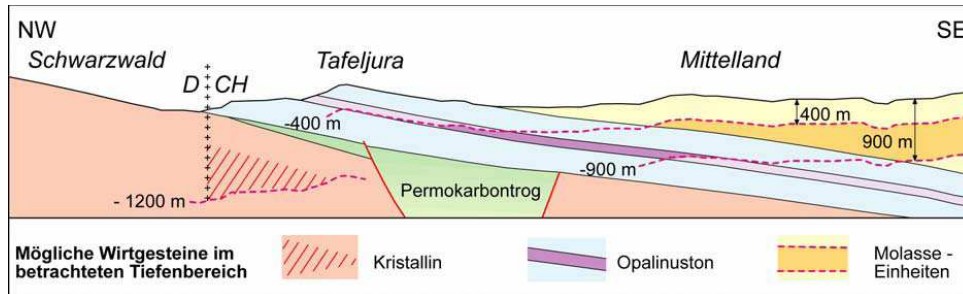


Fig. 1-1: Schematischer Profilschnitt durch die Nordostschweiz zur Herleitung der Verbreitungsbereiche der möglichen Wirtgesteine aufgrund der gegebenen Einschränkungen (Fig. 4-15 aus NTB 05-02; nicht maßstäblich, stark überhöht).

- Zum Vergleich: In anderen Ländern mit Tiefenlager-Projekten in Tongesteinen mit vergleichbaren Gesteinsfestigkeiten, wie z.B. Frankreich und Belgien, sind die Maximaltiefen (für HAA) bei < 600 m festgelegt.
- Im HAA-Lager sind ab ca. 650 m zusätzlich zu Felsankern und Netzen flächige Stützmittel (z.B. Liner aus Spritzbeton) notwendig. Dieses Ausbaukonzept hat die Nagra den Behörden in einem ergänzenden Bericht (NAB 09-07) vorgelegt.
- Die Nagra hat die Sensitivität der Tiefenlage geprüft und festgestellt, dass bei einer Erhöhung der maximalen Tiefenlage um 100-200 m keine grundsätzlich neuen Standortgebiete dazu kommen.

2 Es fällt auf, dass die geologische Formation, mit welcher der Entsorgungsnachweis für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) in den 80er Jahren erbracht wurde, nicht zu den vorgeschlagenen Standortregionen der Nagra gehört.

- a) Wie ist zu erklären, dass der Oberbauenstock (mit dem der Entsorgungsnachweis geführt wurde) nun nicht mehr die "Minimalkriterien für ein Endlager" (Zitat Dr. Fritschi, Nagra, im Bau- und Umweltausschuss des Landkreises Waldshut) erfüllt?
- b) Spielt bei dieser Einschätzung über die Eignung des Oberbauenstocks eine Steigerung des Abfallvolumens durch drei beantragte neue Kernkraftwerke eine Rolle (sollten diese bewilligt und gebaut werden)?

### **Antwort des BFE zu Frage 2a**

Das BFE weist bei Frage 2a) darauf hin, dass es zu dieser Frage einen Vorstoß von Nationalrat Bastien Girod gegeben hat, welche der Bundesrat bereits beantwortet hat (08.3978 - Radioaktive Abfälle. Beurteilung des Entsorgungsnachweises). Das Dokument befindet sich unter:

[http://www.parlament.ch/D/Suche/Seiten/geschaeft.aspx?gesch\\_id=20083978](http://www.parlament.ch/D/Suche/Seiten/geschaeft.aspx?gesch_id=20083978)

auf der Curia Vista-Datenbank des Parlaments.

(siehe auch unten: Zusatz: Interpellation „Radioaktive Abfälle. Beurteilung des Entsorgungsnachweises“)

### **Kommentar der Nagra zu Frage 2a**

- Der Entsorgungsnachweis für die schwach- und mittelaktiven Abfälle (SMA) wurde am Beispiel des Modellstandortes "Oberbauenstock" erbracht, bei welchem die Mergel-Formationen des Helvetikums das Wirtgestein bilden. Die Mergel-Formationen des Helvetikums werden auch in der Etappe 1 des SGT als bevorzugtes Wirtgestein vorgeschlagen. Es ist jedoch richtig, dass der Standort "Oberbauenstock" nicht als geologisches Standortgebiet vorgeschlagen wird; für die Mergel-Formationen des Helvetikums wird einzig das geologische Standortgebiet "Wellenberg" vorgeschlagen. Der ausschlaggebende Grund, den "Oberbauenstock" nicht vorzuschlagen, betrifft die geometrischen Verhältnisse, d.h. die ungenügenden Möglichkeiten zur Anordnung der Lagerkammern.
- Wie in NTB 08-03 beschrieben, werden die Platzverhältnisse der Mergel-Akkumulationen fallweise betrachtet unter Berücksichtigung der Ungewissheiten. Gegenüber den frühen 80er Jahren wird im jetzigen Sachplanverfahren den Raumreserven in der direkten Umgebung der Lagerkammern ein höherer Stellenwert gegeben (Mindestabstände zu Wirtgesteinsgrenzen und zu Erschließungsbauwerken, Überdeckung des Wirtgesteins, etc.). Dies führt gegenüber früher zu erhöhten Anforderungen an die Indikatoren "laterale Ausdehnung" (Mindestanforderung an Fläche  $> 3 \text{ km}^2$  sowie Mindestbreite von  $> 1 \text{ km}$  (Tab. 2.5-2 in NTB 08-03, S.71) oder Möglichkeit zur mehrstöckigen Lageranordnung) bzw. an das "Platzangebot", welche durch den Standort "Oberbauenstock" nicht erfüllt werden, sodass dieser Standort von der Nagra nicht als geologisches Standortgebiet vorgeschlagen wurde.

### **Antwort der Nagra zu Frage 2b**

- Bei den Indikatoren "laterale Ausdehnung" bzw. "Platzangebot" wird vom "umhüllenden Abfallinventar" ausgegangen.
- Dieses "umhüllende Abfallinventar" geht konzeptgemäß von den absehbaren Abfällen aus und berücksichtigt den 60-jährigen Betrieb der heute bestehenden KKW's und eine Sammelperiode für die Abfälle aus den Bereichen "Medizin, Industrie und Forschung" bis 2120 aus und berücksichtigt zusätzlich auch die Abfälle aus der Produktion von 5 GWe während 60 Jahren. Dies entspricht etwa der Stromproduktion von 3 großen KKW's mit einer angenommenen Betriebszeit von 60 Jahren und ist in diesem Sinne kompatibel mit den 2008 eingereichten Rahmenbewilligungsgesuchen für neue KKW's.

**Zusatz: Interpellation „Radioaktive Abfälle. Beurteilung des Entsorgungsnachweises“**

*Eingereicht von NR Girod Bastien (19. Dezember 2008)*

**Eingereichter Text**

Anlässlich einer öffentlichen Sitzung des Bau- und Umweltausschusses des Landkreises Waldshut (Deutschland) informierte die Nagra über die Suche in der Schweiz nach einem Endlager für radioaktive Abfälle in der Schweiz. Auf die Frage nach dem Entsorgungsnachweis für SMA-Abfälle antwortete Dr. Markus Fritschi (Mitglied der Geschäftsleitung der Nagra) gemäß Protokoll, dass der Oberbauenstock "bei der Standortwahl herausfalle, da dieser die Minimalkriterien nicht erfülle".

In diesem Zusammenhang wird der Bundesrat gebeten, folgende Fragen zu beantworten:

1. Aus welchen Gründen erfüllt der Standort Oberbauenstock die Minimalkriterien nicht mehr?
2. Sollte er in Anbetracht dieser Äußerungen des Nagra-Vertreters nicht den 1988 gutgeheißenen Entsorgungsnachweis für schwach- und mittelaktive Abfälle für nichtig erklären und den Entsorgungsnachweis für SMA erneuern?
3. Offensichtlich hat sich nach nur 20 Jahren die Erfüllung der Mindestkriterien für eine sichere Lagerung von SMA so stark geändert, dass der 1988 als gut beurteilte Standort heute nicht mehr als ideal angesehen wird. Wie kann er sicherstellen, dass der am Beispiel des Zürcher Weinlandes erbrachte Entsorgungsnachweis für HAA zu einem zukünftigen Zeitpunkt nicht mehr als ideal beurteilt wird und somit auch die heute zur Auswahl stehenden Standorte überholt sind?
4. Wie kann er sicherstellen, dass ein möglicher Erkenntnisgewinn und eine neue Einschätzung der Sicherheit der Lagerung von HAA den Wechsel des Lagerungskonzeptes hin zu einer sichereren Lagerung erlauben?

5. Sollte er nicht aufgrund der Schwierigkeit von Prognosen zur Sicherheit der Lagerung von HAA einen kompletten Verschluss der Lager für HAA-Abfälle ablehnen und eine gute Rückholbarkeit der Abfälle befürworten?

**Antwort des Bundesrates vom 06.03.2009**

Der vom Kernenergiegesetz (KEG) geforderte Entsorgungsnachweis soll zeigen, dass die nukleare Entsorgung in der Schweiz grundsätzlich möglich ist. Konkret bedeutet dies, dass sich ein Wirtgestein in einer bestimmten Region vorbehaltlich weiterer Untersuchungen für die Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle eignen würde. Der Entsorgungsnachweis ist erforderlich für die bestehenden Kernkraftwerke (Art. 106 Abs. 2 KEG) und eine Voraussetzung für die Erteilung der Rahmenbewilligung von neuen Kernkraftwerken (Art. 13 Abs. 1 Ziff. d KEG). Er ist jedoch kein Standortentscheid und auch kein Bewilligungsgesuch für ein konkretes Lagerprojekt.

Die Standortwahl erfolgt im Rahmen des mehrstufig angelegten Sachplans geologische Tiefenlager. Am 17. Oktober 2008 hat die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) ihre Vorschläge für mögliche geologische Standortgebiete beim Bundesamt für Energie (BFE) eingereicht. Die Nagra musste sich dabei ausschließlich auf die vom Bundesrat im Sachplan festgelegten sicherheitstechnischen Kriterien stützen. Am Ende von Etappe 1 wird der Bundesrat über die Aufnahme der von der Nagra vorgeschlagenen geologischen Standortgebiete in den Sachplan entscheiden. Voraussetzung ist, dass die strengen Sicherheitsanforderungen für das vorgeschlagene Abfallinventar erfüllt sind. Dies wird zurzeit von den Sicherheitsbehörden geprüft.

Zu den gestellten Fragen nimmt der Bundesrat im Einzelnen wie folgt Stellung:

1. Die Aussage des Nagra-Vertreters steht im Zusammenhang mit der Beurteilung der Standortgebietsvorschläge gemäß Sachplan geologische Tiefenlager und berücksichtigt, dass sich die Anforderungen bezüglich der Platzverhältnisse und des heute zu betrachtenden größeren Lagerinventars (längere Betriebsdauer der bestehenden KKW und möglicher neuer KKW) inzwischen geändert haben. So zeigt nach den Aussagen der Nagra bei den früheren potenziellen Standorten schon die Überprüfung der geometrischen Verhältnisse, dass die Ausdehnung der meisten Vorkommen aufgrund der heutigen Anforderungen ungenügend ist; dies gilt auch für das von der Nagra untersuchte Gebiet Oberbauenstock (früher Oberbauen) (Nagra NTB 08-03, Seiten 219/220). Etappe 1 des Auswahlverfahrens soll nämlich zu geologischen Standortgebieten führen, welche maximale Anforderungen erfüllen und langfristig die höchstmögliche Sicherheit gewährleisten.

2./3. Der Entsorgungsnachweis für schwach- und mittelaktive Abfälle, den

die Nagra im Jahre 1985 am Beispiel Oberbauenstock führte, hatte zum Ziel, die grundsätzliche Machbarkeit eines sicheren Endlagers für die schwach- und mittelaktiven Abfälle aufzuzeigen. Dieser Nachweis wurde 1988 vom Bundesrat nach eingehender Prüfung anerkannt. Da sich an der grundsätzlichen Machbarkeit nichts geändert hat, ist eine Erneuerung nicht notwendig.

Ende 2002 reichte die Nagra den Entsorgungsnachweis für hochaktive Abfälle beim Bund ein. Nach Abschluss einer umfassenden Überprüfung und einer positiven Bewertung des Nachweises durch die Bundesbehörden sowie aufgrund internationaler Expertisen hat der Bundesrat den Entsorgungsnachweis am 28. Juni 2006 gutgeheißen.

Bei der Wahl eines Standorts für geologische Tiefenlager für schwach- und mittelaktive sowie für hochaktive Abfälle müssen die bestehenden Kenntnisse im Rahmen des rund 10-jährigen Auswahl- und Rahmenbewilligungsverfahrens sowie bei den danach folgenden Bau- und Betriebsbewilligungsverfahren schrittweise vertieft und dokumentiert, d. h. aktualisiert werden. Die maximalen Lagerkapazitäten werden dann in der Rahmenbewilligung für die geologischen Tiefenlager verbindlich festgelegt. In jedem Bewilligungsschritt findet eine sicherheitstechnische Begutachtung durch die Behörden statt. Dieses schrittweise Vorgehen erlaubt insbesondere, offene Fragen zeitgerecht zu beantworten und neue Erkenntnisse laufend zu nutzen.

4./5. 1999 setzte das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation die Expertengruppe "Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle" (Ekra) ein. Diese erhielt den Auftrag, Grundlagen zu erarbeiten, um die zur Debatte stehenden Entsorgungskonzepte zu vergleichen. Die Ekra kam in ihrem Bericht zum Schluss, dass einzig die geologische Tiefenlagerung den erforderlichen langfristigen Schutz von Mensch und Umwelt gewährleisten kann. Sie entwickelte deshalb das Konzept der "kontrollierten geologischen Langzeitlagerung". Dieses verbindet die Endlagerung mit der Möglichkeit, die radioaktiven Abfälle nach Abschluss der Einlagerung während einer gewissen Zeit zu überwachen und ohne großen Aufwand zurückzuholen. Vor dem Verschluss des Lagers sind eine längere Beobachtungsphase sowie der Betrieb eines Pilotlagers vorgesehen. Kontrolle, Unterhalt und Rückholung sind somit während mehreren Generationen möglich. Das Ekra-Konzept wurde als "geologisches Tiefenlager" in das KEG aufgenommen.

3 Außer dem Wellenberg gibt es noch weitere Mergel-Formationen in der Schweiz, welche für Endlagerung geeignet sein könnten.

a) Neben dem Wellenberg werden im Nagra-Bericht NTB 08-03 (S. 220) ausdrücklich das Muotathal und Wartau als Vorkommen bezeichnet, welche die Mindestanforderungen an ein Endlager erfüllen. Aufgrund von „Ungewissheiten betreffend Geometrie der Akkumulation“ schlägt die Nagra diese jedoch nicht vor. Ist die Einschätzung zutreffend, dass der Wellenberg vorgeschlagen

wurde, da dieser bereits eingehend untersucht ist, Muotathal und Wartau hingegen nicht vorgeschlagen wurden, da vergleichbare Untersuchungen dort nicht unternommen wurden?

- b) In NTB 08-03 steht auch: „Es ist nicht auszuschließen, dass wegen ungünstiger Aufschlussverhältnisse (Schuttbedeckung) und der komplexen tektonischen Verhältnisse im Helvetikum noch weitere, heute nicht bekannte Mergel-Akkumulationen von größerem Ausmaß existieren. Aufgrund der heutigen Kenntnisse können solche Vorkommen aber auch nicht annäherungsweise lokalisiert werden“ (S. 219). Teilt die ESchT die Auffassung der Nagra, dass weitere Vorkommen mit heute verfügbaren Methoden nicht zu lokalisieren sind?

**Antwort Nagra zu 3a):**

- Bei allen drei genannten Vorkommen sind die Mindestanforderungen erfüllt.
- Informationen zur Geometrie der tektonischen Mergel-Anhäufungen Muotathal und Wartau basieren auf Profilkonstruktionen.
- Die Erfahrungen am Wellenberg haben gezeigt, dass die obersten 400 m des Wirtgesteins aufgrund von Dekompaktionseffekten eine stark erhöhte hydraulische Durchlässigkeit aufweisen. Ab 400 m nehmen die Durchlässigkeiten ab, die Dekompaktionseffekte sind aber noch bis in Tiefen von rund 600 m erkennbar (s. Fig. 4.3-24 in NTB 08-04). Diese Gegebenheit wurde auch bei der Bewertung der übrigen Vorkommen berücksichtigt (verschärfte Anforderungen).
- Unter Berücksichtigung der verschärften Anforderungen und der Maximaltiefe im Hinblick auf die bautechnische Machbarkeit ist das Platzangebot in den Vorkommen Muotathal und Wartau für ein Tiefenlager sehr knapp und demzufolge das Realisierungsrisiko aus Sicht der Nagra zu groß. Im Fall Muotathal stellt das von der Nagra in NTB 08-04 gezeigte Profil eine optimistische Ergänzung des Profils von Oberholzer (1933) dar. Weiter östlich verlaufende Profile aus Oberholzer (1933) zeigen, dass durchaus mit der Einschuppung und Einfaltung großer kalkiger Deckensegmente gerechnet werden muss, wodurch das Platzangebot für ein Lager drastisch reduziert würde. Auch im Fall von Wartau sind die Ungewissheiten bezüglich Platzverhältnisse aufgrund der schräg einfallenden Schichtung so groß, dass das Realisierungsrisiko als zu hoch eingestuft wird.
- Bei beiden Vorkommen ist zudem die Situation bezüglich Explorierbarkeit sehr schwierig. Die potenziellen Vorkommen müssten mit stark geneigten Schrägbohrungen (Fallwinkel bis 30°) von z.T. mehr als 1500 m Länge erkundet werden. Im Fall von Muotathal würden die Bohrungen durch großblockigen

Gehängeschutt führen, im Fall von Wartau sind die Bohransatzpunkte z.T. in schwer zugänglichem, hochgelegenen Gelände. Insgesamt müssen die Explorationsverhältnisse im geologischen Untergrund sowie die Explorationsbedingungen an der Oberfläche als sehr ungünstig bewertet werden.

- Die Etappe 1 SGT geht vom aktuellen Stand der geologischen Kenntnisse aus; zusätzliche Untersuchungen stehen in dieser Etappe nicht zur Diskussion

### **Antwort der KNE zu 3 b**

Im Rahmen der Etappe 1 des SGT haben die Entsorgungspflichtigen vom heutigen geologischen Kenntnisstand auszugehen. Zusätzliche Felduntersuchungen sind in Etappe 1 nicht vorgesehen. Für Etappe 1 ist demzufolge zu prüfen, ob die in Figur 5.2.-19 in NTB 08-03 ausgeschiedenen Standorte vollständig sind. Diese Überprüfung der Mergel Formationen im Helvetikum erfolgte durch die swisstopo und nicht durch die KNE. swisstopo betrachtet die ausgeschiedenen Mergelakkumulationen im Helvetikum mit Ausnahme der westlichen Flanke des Engelbergertales als vollständig (Mitteilung Möri 9.12.09). Sie hält in ihrem Expertenbericht (ENSI 33/067, S.38) vom Februar 2010 zudem fest, dass aufgrund der heute vorhandenen geologischen Kenntnisse von den 18 geprüften grösseren Mergel-Akkumulationen im Helvetikum nur die Palfris-Formation beim Standortgebiet Wellenberg die verschärften Anforderungen an die räumlichen Verhältnisse erfüllt.

Die KNE hat die sicherheitstechnische und bautechnische Eignung aller Standortgebiete überprüft und kommt bei den Mergel Akkumulationen im Helvetikum zum Teil zu anderen Bewertungen als die Nagra. Insbesondere scheint es der KNE wichtig, dass nur schwach tektonisierte Gebiete mit möglichst unbedeutender neotektonischer Aktivität als bevorzugte Standortregionen in Betracht gezogen werden. Dies führt dazu, dass die KNE das Standortgebiet Wellenberg trotz einiger sehr positiver Eigenschaften (grosse Mächtigkeit und gute Barriereneigenschaften in einer Tiefe von > 550 m u.T.) als deutlich weniger geeignet einstuft als die bevorzugten Standortgebiete in der Nordschweiz. Diese Bewertung wird in der Stellungnahme der KNE (Kapitel 5, Abschnitt 5.3) im Detail erklärt und vertieft begründet.

- 4 Im Optionenbericht der Nagra aus dem Jahr 2005 war die untere Süsswassermolasse als Reserveoption genannt. Nun soll (gemäß Nagra) die Süsswassermolasse als Option mangels Eignung ausscheiden. Begründet wurde die Nicht-Eignung auf öffentlichen Informationsveranstaltungen und im Bau- und Umweltausschuss des Landkreises Waldshut stets mit geologischem Wissen, welches bereits im Jahre 2005 bekannt war. Wie ist die geänderte Einschätzung bezüglich der Eignung der unteren Süsswassermolasse bei gleichem geologischem Wissen



(d.h. bei unveränderter Bewertungsgrundlage) zu begründen?

### Antwort der Nagra

- Von den 180-360 m mächtigen Marnes Bariolées s.l. kommen nur die 130 – 200 m mächtigen, tonreichen Marnes Bariolées **s.str.** als potenziell mögliches Wirtgestein in Frage (s. Fig. 5.3-31 in NTB 08-04). Die anderen Bereiche enthalten reichlich Sandsteine, welche ein Lager verunmöglichen.
- Gegenüber dem Kenntnisstand 2005 (Optionenbericht NTB 05-02) stehen aufgrund umfangreicher Zusatzarbeiten (Kompilation aller verfügbaren Ergebnisse von hydraulischen Tests, synthetische 3D-Seismik, Feldbegehung mit Profs. Matter/Schlunegger, Univ. Bern, hydraulische Tests in drei Bohrungen in der vergleichbaren OSM, etc.) neue Unterlagen zur Verfügung (s. Kap. 4.3.5 in NTB 08-04).
- Es verbleibt als einziger Vorteil der Marnes Bariolées ihre großräumige Verbreitung im westlichen Molassebecken. Nachteilig für die Marnes Bariolées sind die darin enthaltenen durchlässigen Rinnengürtel (Ablagerungen mäandrierender Flusssysteme); auch wenn diese weniger häufig auftreten als in der übrigen USM (s. Fig. 4.3-32 in NTB 08-04).
- Die Mindestanforderung an die (vertikale) hydraulische Durchlässigkeit ist zwar knapp erfüllt, die verschärften Anforderungen an die horizontale Durchlässigkeit jedoch nicht; deshalb wurde die Option Marnes Bariolées in der USM zurückgestellt ('Ausweichen' mit Lagerkammern schwierig).
- Die Exploration einzelner Rinnengürtel mit 3D-Seismik ist in der Praxis nicht möglich (zu geringe Mächtigkeit, unterschiedliche seismische Impedanz der verschiedenen Rinnengürtel aufgrund unterschiedlicher diagenetischer Zementation).
- Weiter bestehen Hinweise auf großräumigen ('langsamen') Stofftransport: Die verbreiteten Öl- und Gas-Anzeichen (das Öl stammt aus einem marinen Muttergestein aus dem tieferen Molassebecken) und das Fehlen größerer Kohlenwasserstoff-Vorkommen hat dazu geführt, dass die Erdölgeologen die USM als *leaky cap rock* bezeichnen (Greber et al. 2004). Bei der Migration der Kohlenwasserstoffe tragen vermutlich auch Störungen mit einer erhöhten Transmissivität bei. Ein weiterer Hinweis auf großräumigen langsamen advektiven Stofftransport ist die schief zu Formationsgrenzen

verlaufende hydrochemische Zonierung (Schmassmann 1990).

### Referenzen

Greber, E., Leu, W. & Schegg, R. (2004): Hydrocarbon Habitat and Potential of Switzerland – An evaluation of the oil and gas potential of Switzerland based on public well data, seismic lines and basin modelling results. Unpubl. Int. Rep., Geoform Ltd., Minusio.

Schmassmann, H. (1990): Hydrochemische Synthese Nordschweiz: Tertiär- und Malm-Aquifere. Nagra Tech. Ber. NTB 88-07.

5 Tiefer gelegene Opalinustonsschichten scheiden gemäß Nagra aus, da die Stollen ab einer gewissen Tiefe mit Beton stabilisiert werden müssten und Beton ungünstige chemische Eigenschaften für ein Endlager aufweise.

- a) Ist die Notwendigkeit der Stabilisierung mit Beton Stand der Technik oder Stand der Wissenschaft? Besteht in der Fachwelt Einigkeit über diese Notwendigkeit oder gibt es andere Möglichkeiten die bauliche Sicherheit der Anlagen zu garantieren?
- b) Es fällt auf, dass beim oberflächennahen Felslabor Mont Terri Spritzbeton verwendet wurde. Kann bei geringeren Tiefen die Notwendigkeit von Betoneinsatz ausgeschlossen werden?
- c) Sind das jetzt vorgesehene Füllmaterial (zur Verfüllung der Stollen bei Verschluss) sowie andere Materialien, welche im Untergrund verbaut werden sollen hinsichtlich ihrer chemischen Eigenschaften unproblematisch?

### Antwort der KNE

Das Ausbaukonzept der Nagra für HAA-Tiefenlager besteht gemäss NTB 08-04 im intakten Gestein aus Ankern und Netzen (Kopfschutz). In tektonisch stärker beanspruchten Gebieten und/oder Formationen mit deutlich herabgesetzter Gesteinsfestigkeit sind Zusatzmassnahmen, bestehend aus einer gering mächtigen Spritzbetonlage aus niedrig-pH-Zement sowie ein verstärkter Sohlausbau, vorgesehen (NTB 08-04). Untersuchungen der ETH, welche im Rahmen der Überprüfung des Sachplans Etappe 1 ausgeführt wurden, kommen zum Schluss, dass die vorgesehenen Tiefenlagen (Mindestanforderung an die maximale Tiefenlage aus bautechnischer Sicht <900 m.u.T.; Verschärfte Anforderungen in der östlichen Subjurassischen Zone <800 m.u.T.) für den Opalinuston mit diesem Ausbaukonzept nicht realisierbar sind (Expertenbericht Amann und Löw, 2009). In der Folge hat die Nagra in NAB 09-07 neue alternative Ausbaukonzepte vorgelegt. Diese Ausbaukonzepte umfassen:

- ④ Kurze Felsanker mit Kopfschutz (Netz) ohne gebirgsstützende Wirkung
- ④ Systemankerung aus geeigneten Kurzankern mit schnell wirkenden,

kurzen Felsankern (Reibrohranker; L=1.8m) hinter dem TBM Kopf versetzt

- ⌚ Systemankerung aus radialen Kurzankern mit schnell wirkenden, kurzen Felsankern (Reibrohranker; L=1.8m) vor der Tunnelvortriebseinrichtung versetzt
- ⌚ Systemankerung aus radialen Langankern ( $\geq 2.5\text{m}$ )
- ⌚ Spritzbeton (d=7 cm) mit Stahlfasern oder Armierungsnetz
- ⌚ Stahlträger (Stahlbogen-Ringausbau) aus 1 TH Profil 16/48 pro Laufmeter, evtl.mit Spritzbeton
- ⌚ Tübbingausbau (Spreitzübbinge ohne vordefinierten Ringspalt, gegebenenfalls gelochte Tübbingelemente, um die Abdichtung des Ringspaltes zu gewährleisten)

Gemäss Amann und Löw (2009) werden vollflächige Sicherungskonzepte (Spritzbeton, Stahlträger oder Tübbinge) wahrscheinlich selbst im intakten Material mit nur vereinzelt Klüften (TJ) bei grösseren Überlagerungen ( $> 700\text{ m}$ ) notwendig werden. Innerhalb tektonischer Einheiten, welche Klüfte in relevanten Abständen und Eigenschaften enthalten (VZ, SJ), muss davon ausgegangen werden, dass bereits bei geringeren Überdeckungen Ausbaukonzepte mit grosser stützender Wirkung notwendig werden.

Falls Ausbaukonzepte mit konventionellem Spritzbeton oder Tübbing gewählt würden, sind die resultierenden Porenwässer in der Regel hoch-alkalisch ( $\text{pH}>13$ ) und lösen quellbare Tonminerale im Bentonit und Schichtsilikate in tonreichen Wirtgesteinen. Unter diesen Bedingungen erfolgt im Wirtgesteine anschliessend eine Ausfällung von Sekundärmineralien wie Calcit, Zeolit und Ca-Al-Silikat-Hydraten (CASH Phasen), welche die Selbstabdichtung und Sorptionseigenschaften des Wirtgesteins reduzieren. Montmorillonit im Bentonit wandelt sich vermutlich in Illit um, was die Permeabilität und Kationenaustauschkapazität negativ beeinflusst. Da sich die mineralogischen Veränderungen im Wirtgestein nur ein paar Meter weit ausbreiten, sind die Auswirkungen dieser zement-gebundenen Stützmittel auf die Bentonitbarriere grösser als auf die Geosphäre. Massiver Stahleinbau erhöht die Menge der produzierten Korrosionsgase. Die Auswirkungen der neuen Ausbaukonzepte (insbesondere Tübbinge und Spritzbeton) auf die Langzeitsicherheit des HAA-Tiefenlagers sind darum von der Nagra im Detail zu überprüfen.

Das Ausbaukonzept ist zukünftig genauer zu spezifizieren, da es Auswirkungen auf die Begrenzung der HAA-Standortgebiete haben kann. Für das bisherige Ausbaukonzept gemäss NTB 08-03 ergibt sich aus der reduzierten Tiefenlage eine Verkleinerung der Standortgebiete. Für die neuen Ausbaukonzepte (gemäss NAB 09-07) wären vermutlich bautechnisch auch grössere Tiefen für HAA-Lager möglich (mehr als 900 respektive 800 m.u.T.). Die HAA-Gebiete Bözberg und Nördlich Lägern werden im Süden

durch den Faltenjura begrenzt. Südlich des Faltenjuras liegt der geringermächtige Opalinuston in einer Tiefe von 1100-1400 Meter (und mehr). Obwohl nicht im Detail untersucht erscheint diese Tiefe für ein HAA-Tiefenlager nach dem heutigen Konzept nicht optimal zu sein.

## **Ergänzungen der Nagra zu Frage 5**

### *1. Ausbaukonzepte für HAA-Lagerstollen*

Grundsätzlich teilt die Nagra die Beurteilung der KNE in Bezug auf die bautechnische Machbarkeit von HAA-Lagerstollen im Opalinuston in grosser Tiefe. Mit den Aufsichtsbehörden sind denn auch bereits im Verlauf der Überprüfungsphase mögliche bautechnische Massnahmen diskutiert und in einem ergänzenden Bericht (NAB 09-07) dokumentiert worden. Die Vorschläge der Nagra basierten bezüglich der Machbarkeit von Lagerstollen in Tiefen bis 900 m, insbesondere in Gebieten mit weniger günstigen Gebirgseigenschaften, von Anfang an auch auf der Annahme, dass Lagerstollenausbauten erforderlich sein könnten.

Bezüglich *Ausbaukonzept* und *Bauvorgang* wurden mehrere Ansätze aufgezeigt, wie die Stollen, vor allem auch im Fokus der Langzeitsicherheit, erstellt und gesichert werden können. Insbesondere wurde die Möglichkeit untersucht, nach etwa jedem zehnten Behälter einen grösseren Abstand zwischen zwei Behältern vorzusehen, um dort mit speziellen Massnahmen (Einbau einer Zwischenversiegelung) allfällige Fliesswege im Grenzbereich Bentonit/Ausbau/ Wirtgestein wirkungsvoll zu unterbinden. Das ENSI hat im Rahmen seiner Überprüfung der Nagra-Vorschläge (zu SGT-Etappe 1) u.a. auch entsprechende Fragen an die Nagra gerichtet. In ihren Antworten hat die Nagra die Ansätze ihrer Ausbaukonzepte dargelegt und dokumentiert (vgl. untenstehende Figur 5 aus dem NAB 09-29).

*Figur 5 (aus NAB 09-29): Ausbaukonzept BE/HAA-Lagerstollen mit Zwischenversiegelung.*

Die langfristig potenziell unerwünschten *Auswirkungen alkalischer Porenwässer* (von degradierenden zementhaltigen Ausbauten) auf das Wirtgestein waren bereits vor bald zehn Jahren im Rahmen der Arbeiten für den Entsorgungsnachweis Gegenstand eingehender Untersuchungen. Die Nagra konnte darlegen, dass die Auswirkungen auf den Opalinuston räumlich sehr beschränkt sind und die Eigenschaft des Wirtgesteins als effiziente Transportbarriere (in vertikaler Richtung) nicht beeinträchtigen (z.B. NTB 02-03, Kapitel 7.5.2). Trotzdem werden bereits seit 2005 im Rahmen von internationalen Forschungs- und Entwicklungsprogrammen diese Fragen, einschliesslich der möglichen Wirkung auf Bentonit, weitergehend untersucht. Die Arbeiten umfassen namentlich die Entwicklung von Niedrig-pH-Zement und -Beton (*'ESDRED: Low pH Shotcrete for Rock Support'*). Dazu gehören auch umfangreiche Eignungs- und Demonstrationsversuche mit Niedrig-pH-Spritzbeton zur Felsicherung (u.a. 2006 im Versuchsstollen Hagerbach; s. NAB 07-02).

Die Verwendung von Niedrig-pH-Spritzbeton wurde schliesslich im Felslabor

Mont Terri (bei seiner Erweiterung im Jahr 2008) getestet und demonstriert: Im „Experiment SR“ (*'Low pH Shotcrete for Rock Support'*) konnte der Einsatz dieses Betons für die Ausbruchsicherung (von Nische 4) erfolgreich aufgezeigt werden; die Publikation der Ergebnisse ist in Bearbeitung.

Die Weiterentwicklung von alternativen Ausbaukonzepten für Lagerstollen bleibt ein zentrales Element der Nagra-Planung auf dem Gebiet „Forschung und Entwicklung“ (vgl. NTB 09-06, S. 96: *„Conceptual design studies will be carried out to develop alternative tunnel lining and support designs as well as to define optimised construction methods. The safety requirements will be incorporated into the design studies, including assessment of interactions of low pH shotcrete with bentonite.“*). So wurden z.B. im Rahmen der Entwicklung von Niedrig-pH-Spritzbeton oder -Zementen bereits weiterführende Projekte in Angriff genommen (*'The pH measuring project'*, Joint venture SKB, Posiva, Enresa, Nagra, NUMO & JAEA). Zurzeit in Planung ist schliesslich der Grossversuch *„Full emplacement experiment“ (FE)*, wo im Felslabor Mont Terri im Massstab 1:1 die Behältereinlagerung sowie das Langzeitverhalten von Bentonitverfüllung und Wirtgestein getestet werden sollen; die Vorbereitungsarbeiten untertage beginnen voraussichtlich noch im Jahr 2010.

Diese Entwicklungsarbeiten erlauben im Zuge der weiteren Vertiefung und Reifung der Projekte, die Ausbaukonzepte schrittweise präziser und vor allem *stufengerecht* zu spezifizieren, nicht zuletzt unter Berücksichtigung der mit zunehmender Projektdauer ergänzten Datenlage der geomechanischen Randbedingungen (SGT Etappe 3).

## *2. Könnte die Möglichkeit des Baus eines Tiefenlagers in tieferen Lagen zu einer Vergrösserung der Auswahl an geologischen Standortgebieten führen?*

In ihrer Antwort zu Frage 5 schreibt die KNE: *„Die HAA-Gebiete Bözberg und Nördlich Lägern werden im Süden durch den Faltenjura begrenzt. Südlich des Faltenjuras liegt der geringermächtige Opalinuston in einer Tiefe von 1100-1400 Meter und mehr.“*

Diesem Befund schliesst sich die Nagra an (s. untenstehende Figur 5.2-6 aus dem NTB 08-04).

Zudem verweist die Nagra auf ihre Antwort zur Frage 1 des TFS. Darin wurde bereits erläutert, nach welchen Gesichtspunkten und Vorgaben die maximalen Tiefenlagen unter Terrain hergeleitet worden sind (geomechanische Bedingungen, in-situ-Temperaturen). Im letzten Punkt der Nagra-Antwort zu TFS-Frage 1 steht denn auch bereits: *„Die Nagra hat die Sensitivität der Tiefenlage geprüft und festgestellt, dass bei einer Erhöhung der maximalen Tiefenlage um 100-200 m keine grundsätzlich neuen Standortgebiete dazu kommen“.*

### **Referenzen**

NAB 09-07: Standortunabhängige Grundlagen Anlagen und Betrieb SGT-ZE / SUG 2.3 Alter-natives Ausbaukonzept ("Liner concept") für BE/HAA-Lagerstollen (November 2009).

NAB 07-02: ESDRED: Low pH Shotcrete for Rock Support. Spraying Tests in the Hagerbach Test Gallery (August 2007).

NTB 02-03: Projekt Opalinuston: Synthese der geowissenschaftlichen Untersuchungsergebnisse. Entsorgungsnachweis für abgebrannte Brennelemente, verglaste hochaktive sowie langlebige mittelaktive Abfälle (Dezember 2002).

NTB 09-06: The Nagra Research, Development and Demonstration (RD&D) Plan for the Disposal of Radioactive Waste in Switzerland (November 2009).

NAB 09-29: SGT Etappe 1. Fragen des ENSI und seiner Experten und zugehörige Antworten der Nagra.

- 6 Ist das Auswahlverfahren der Nagra rein an den im Sachplan geologische Tiefenlager festgehaltenen Schutzzielen erfolgt oder wurden bestimmte Ausschlüsse aufgrund konzeptueller Vorentscheide vorgenommen, die unmittelbar nichts mit den Schutzzielen zu tun haben? Könnten insbesondere mit anderen (jetzt ausgeschlossenen) geologischen Formationen die Schutzziele auch erreicht werden, wenn andere als die jetzt vorgesehenen technischen Barrieren zum Einsatz kämen?

#### **Antwort des ENSI**

a) Das Auswahlverfahren hat gemäss den im Konzeptteil des Sachplans geologische Tiefenlager festgelegten sicherheitstechnischen Kriterien und aufgezeigten Schritten zu erfolgen. Das ENSI prüft in seinem Gutachten, ob diese Vorgaben von der Nagra umgesetzt wurden.

b) Gemäss den Vorgaben im Konzeptteil erarbeiten die Entsorgungspflichtigen in Etappe 1 Vorschläge für geologische Standortgebiete. Die Auswahl basiert ausschliesslich auf den Kriterien hinsichtlich Sicherheit und technischer Machbarkeit. Die geologischen Standortgebiete werden definiert durch für die Lagerung der radioaktiven Abfälle geeignete geologische Gesteinskörper im Untergrund.

Die Kernenergieverordnung (Art. 11, Abs. 2 Bst. b) schreibt vor, dass die Langzeitsicherheit eines geologischen Tiefenlagers durch gestaffelte, passiv wirkende, technische und natürliche Barrieren (Mehrfachbarrierensystem) zu gewährleisten ist.

Die Wirksamkeit des Mehrfachbarrierensystems darf nicht hauptsächlich von der Wirksamkeit einer einzelnen Barriere abhängig sein. Für das ENSI kommen deshalb Lagerkonzepte, die die Langzeitsicherheit ausschliesslich durch technische Barrieren sicherstellen, nicht in Frage. Wegen den sehr grossen Zeiträumen, über welche die Barrierenwirkung und Langzeitsicherheit aufzuzeigen ist, kommt der geologischen Barriere eine besondere Bedeutung zu.

Es gilt dabei, die sicherheitstechnischen Anforderungen nicht bloss knapp zu erreichen (beispielsweise mit erweiterten technischen Barrieren), sondern zu zeigen, dass das ganze Tiefenlager samt einschlusswirksamen Gebirgsbereich robust gegenüber möglichen zukünftigen Entwicklungen ist. Das ENSI gewichtet deshalb die Qualität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs aufgrund der längerfristig beständigen sicherheitsrelevanten Eigenschaften besonders hoch ein.

- 7 Kann die sicherheitstechnische Bewertung der vorgeschlagenen Standortregionen im weiteren Einengungsprozess bzw. die von der NAGRA schon jetzt vorgenommene Priorisierung hinsichtlich der Eignung der Standorte auf die vorhandene geologische Datenlage gestützt werden oder sind hier noch weitere vertiefende Untersuchungen nötig, wie etwa das Auffahren eines Untersuchungsbergwerkes nötig.

**Antwort des ENSI:**

Der Sachplan Geologische Tiefenlager legt für das Standortauswahlverfahren einen schrittweisen Einengungsprozess fest, welcher basierend auf dem aktuellen Stand der geologischen Kenntnisse in drei Etappen zu Standorten für SMA- und HAA-Lager führt. Etappe 1 führt zu Vorschlägen potentiell geeigneter geologischer Standortgebiete, innerhalb welcher in den darauf folgenden nächsten Etappen 2 und 3 geeignete Standorte weiter evaluiert und schliesslich ein Standort pro Lagertyp festgelegt werden. Mit dieser schrittweisen Einengung ist eine stufenweise Vertiefung der Sicherheitsbetrachtungen von der Etappe 1 bis Etappe 3 verbunden. Wo nötig, sind in Etappe 2 und Etappe 3 die geologischen Kenntnisse schrittweise zu ergänzen.

Die generische Sicherheitsbetrachtung in Etappe 1 hat zum Ziel, ausgehend von einem definierten Abfallinventar die quantitativen Anforderungen und Vorgaben an die geologische Barriere herzuleiten und die standortrelevanten Kriterien soweit möglich zu quantifizieren. Sie gilt nicht als Sicherheitsnachweis für geologische Tiefenlager.

Die Analyse stützt sich beim Abfallinventar und den technischen Barrieren soweit möglich auf spezifische Daten oder, falls solche nicht vorliegen oder nicht einfach zu erheben sind, auf generische (allgemeine, typische) Materialkennwerte. Für die geologischen Barrieren werden generische Eigenschaften verwendet, die durch die vorhandenen Kenntnisse und Erfahrungen belegbar sind.

Der Konzeptteil des Sachplans geologische Tiefenlager schreibt vor, dass die Entsorgungspflichtigen für die in Etappe 2 geforderten provisorischen Sicherheitsanalysen die Notwendigkeit ergänzender Untersuchungen vor Beginn der Etappe 2 mit dem ENSI abklären müssen.

Die Kenntnisse über die Standorte müssen die Durchführung einer solchen Sicherheitsanalyse erlauben; gegebenenfalls sind sie durch Untersuchungen zu ergänzen. Die verwendeten geologischen Daten müssen die aktuelle Situation am Standort für die provisorische Sicherheitsanalyse adäquat wiedergeben und die vorhandenen relevanten Ungewissheiten berücksichtigen.

Um die Frage allenfalls zusätzlicher Untersuchungen transparent zu klären, werden die Entsorgungspflichtigen nach Abschluss der behördlichen Prüfungen in Etappe 1 einen Bericht erstellen, in dem für jede Standortgebiete anhand des Wissensstands dargelegt wird, ob und welche ergänzenden Untersuchungen für die Sicherheitsanalysen in Etappe 2 nötig

sind. Das ENSI prüft diesen Bericht und hält in seiner Stellungnahme zuhanden der Entsorgungspflichtigen fest, ob und welche Untersuchungen durchzuführen sind.

In Etappe 3 gilt es, die verbliebenen Standorte vertieft zu untersuchen und die standortspezifischen geologischen Kenntnisse falls nötig mittels erdwissenschaftlichen Untersuchungen (Seismik, Bohrungen) auf einen Stand zu bringen, der im Hinblick auf die Vorbereitung der Rahmenbewilligung einen vertieften Vergleich aus sicherheitstechnischer Sicht ermöglicht.

- 8 Bei der Lagerung von hochradioaktiven Atommüll im Tongestein bestehen noch viele offene Fragen, wie z. B. die Frage, wie sich der beim Durchrosten der Lagerfässer oder Castoren frei werdende Wasserstoff auf die Dichtheit des Tongesteins auswirkt. Lässt der heutige Kenntnisstand schon einen fundierten sicherheitstechnischen Vergleich zwischen Standorten zu oder sollte im weiteren Einengungsprozess noch einige Jahre zugewartet werden, bis heute noch offene Fragen geklärt sind?

**Antwort Nagra:**

- Die Behälter für den Transport und für die Zwischenlagerung der hochaktiven Abfälle sind nicht für den Einsatz im Tiefenlager konzipiert. Dazu werden speziell auf die Anforderungen der Langzeitsicherheit ausgelegte Endlagerbehälter verwendet, für die grundsätzlich verschiedene Materialien in Frage kommen. Dazu gehört auch der von der Nagra als Referenz-Option vorgesehene Stahl, welcher die behördlichen Anforderungen des Einschlusses über mehr als 1000 Jahre deutlich übertrifft (es wird eine Einschlussdauer von mind. 10'000 Jahren erwartet).
- Die Auswirkungen der Gasbildung als Folge der Korrosion von Stahl (für die Option "*Behälter aus Stahl*") wurden von der Nagra im Rahmen des Entsorgungsnachweises evaluiert und von den Behörden und ihren Experten geprüft, mit dem Befund dass die grundsätzliche Machbarkeit der sicheren Lagerung der hochaktiven Abfälle trotz Gasbildung infolge Behälterkorrosion gegeben ist. Bei den hochaktiven Abfällen (inkl. abgebrannte Brennelemente) würde grundsätzlich auch die Möglichkeit bestehen, einen Behälter mit Kupferhülle zu verwenden, welcher zu vernachlässigbarer Gasbildung führt. Diese Alternative wurde auch im Entsorgungsnachweis aufgeführt.
- Die Machbarkeit der sicheren Lagerung von HAA im Opalinuston ist also auch unter Berücksichtigung der Gasbildung durch die Behörden anerkannt. Weiter ist zu berücksichtigen, dass der Einfluss der Gasbildung auf den Opalinuston nicht vom Standort



abhängt. Es liegen also alle Unterlagen vor, um jetzt im laufenden Verfahren eine fundierte Standortevaluation durchzuführen.

- Im Rahmen des Entsorgungsnachweises hat die Nagra als alternative Option auch einen Behältertyp mit Kupferumhüllung in Betracht gezogen und sicherheitstechnisch analysiert (siehe Sicherheitsbericht NTB 02-05). Ein Entscheid, welcher Behältertyp für die Lagerung der HAA verwendet werden wird, muss erst zu einem viel späteren Zeitpunkt gefällt werden.

- 9 Die Standorte für die Oberflächenanlagen eines künftigen Tiefenlagers sollen bisher nur anhand von raumplanerischen Kriterien festgelegt werden, bei denen die Frage der Sicherheit der Oberflächenanlagen und des Tiefenlagers von der Schweiz bewusst mit dem Argument ausgeblendet wird, das Tiefenlager müsse die Sicherheitsanforderungen ja unabhängig vom gewählten Standort erfüllen, so dass bei der raumplanerischen Beurteilung die Sicherheit nicht von Bedeutung sei.

Diese Vorgehensweise entspricht nicht dem deutschen Verständnis bei der raumplanerischen Beurteilung von Risikoanlagen, bei der beispielsweise Fragen der Risikominimierung, wie etwa die Anordnung der Anlagen in einem weniger dicht besiedelten Gebiet, die Einhaltung von Schutz- und Sicherheitsabständen gegenüber einer Wohnbebauung etc, eine Rolle spielen. Wie wird diese Vorgehensweise der Schweiz von deutschen Experten beurteilt?

**Antwort der ESchT:**

Die Anordnung der Anlagen (an der Tagesoberfläche) ist nicht Gegenstand des Prozesses der Benennung potenzieller Standortgebiete im Rahmen der Etappe 1 des Schweizer Sachplanverfahrens Geo-logische Tiefenlager und der vorliegenden Stellungnahme der ESchT. Die Identifizierung von Standortgebieten für die Tiefenlagerung in Etappe 1 erfolgt ausschliesslich aufgrund sicherheitstechnischer und geologischer Kriterien und ist bezogen auf die Langzeitsicherheit. Dies schliesst ein, dass die Sicherheit auch während der Betriebs- und Verschlussphase gewährleistet sein muss. Das im SGT skizzierte Lagerkonzept wird in Etappe 2 bzgl. der provisorischen Sicherheitsanalysen relevant. Der SGT war bereits Gegenstand einer früheren ESchT-Stellungnahme (ESchT 2007).

**(Siehe auch:** Stellungnahme der ESchT zur ersten Etappe des Schweizer Standortauswahlverfahrens für ein geologisches Tiefenlager. Teil III: Erläuterungen zu Fragen der Begleitkommission Schweiz (BeKo), Frage 9, Seite 13)

Referenz

ESchT 2007: Expertengruppe-Schweizer-Tiefenlager: Stellungnahme zum

Konzeptteil „Sachplan Geo-logische Tiefenlager“ basierend auf dem Entwurf vom 11.01.2007. – www.escht.de, März 2007.

- 10 Können in den vorgeschlagenen Standortgebieten tektonische Verwerfungen für einen Zeitraum von 100.000 oder gar einer 1.000.000 Jahre wirklich sicher ausgeschlossen werden?

**Antwort ENSI:**

Bei der Wahl der Standortgebiete ist gemäß Konzeptteil zum Sachplan geologische Tiefenlager das sicherheitstechnische Kriterium der Langzeitbeständigkeit (Kriterium 2.1) zu berücksichtigen. Beurteilt wird damit die geologische Langzeitstabilität des Standortes und der Gesteinseigenschaften, insbesondere die Möglichkeit einer Beeinträchtigung und Veränderung des Isolationsvermögens des Wirtgesteins bzw. des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches durch geologische Prozesse wie Störung des Gesteinsverbandes durch differenzielle Bewegungen (Zerschierung, Reaktivierung von Brüchen und Störungszonen, Bildung neuer Wasser- und Gaswegsamkeiten) verursacht durch neotektonische Aktivität (u.a. Seismizität), geo-chemische Vorgänge (Lösungsprozesse, Karstbildung, Wasser-Gesteins-Wechselwirkungen) oder seltene geologische Ereignisse wie die Bruchbildung im Zusammenhang mit starken Erdbeben oder Vulkanismus.

Die Sicherheit eines geologischen Tiefenlagers beruht auf dem Konzept der gestaffelten passiven Sicherheitsbarrieren. Jede Barriere leistet dabei einen Beitrag zur Langzeitsicherheit. Das Konzept ist so angelegt, dass mehrfache Redundanzen bestehen müssen. Wird eine einzelne Barriere durch einen Vorgang in der Zukunft geschwächt, muss die Sicherheit des Tiefenlagers immer noch gewährleistet sein. Für die in der Frage angesprochenen sehr langen Betrachtungszeiträumen müssen die möglichen Risiken, die von tektonischen Bewegungen ausgehen können, anhand einer systematischen Szenarien- und Sicherheitsanalyse qualitativ und quantitativ aufgezeigt und die Ergebnisse an den in der ENSI-Richtlinie G03 festgelegten Schutzkriterien gemessen werden.

Die Suche geologischer Standortgebiete ist mit oben genanntem Kriterium 2.1 so ausgelegt, dass tektonischen Störungen prinzipiell ausgewichen wird und dass die für die Barrierenwirksamkeit notwendige Stabilität des gewählten Gebietes anhand der erdgeschichtlichen Entwicklung aufgezeigt und nachgewiesen werden muss.

- 11 Die Stadt Laufenburg/Baden, ist bei dem Standortvorschlag Bözberg auch betroffen, kann Sie Schadensersatzansprüche an die Nagra stellen? z.B. Verlust der Attraktivität als Tourismusort, Werteverlust bei Immobilien, Bauplätzen ect. ?

Antwort des Landratsamtes Waldshut auf der Grundlage von Broschüren des Bundesamtes für Energie:

Die sicherheitstechnischen Anforderungen an die geologische Tiefenlagerung sind in der Richtlinie Ensi-G03, "Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis", des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats (ENSI) präzisiert. Gemäß dieser Richtlinie müssen radioaktive Abfälle so entsorgt werden, dass der Schutz von Mensch und Umwelt vor deren ionisierender Strahlung dauernd gewährleistet ist, ohne dass künftigen Generationen unzumutbare Lasten und Verpflichtungen auferlegt werden. Die Risiken, die in der Zukunft aus der geologischen Tiefenlagerung in der Schweiz entstehen, dürfen nicht größer sein, als sie heute in der Schweiz zulässig sind. Für jede als wahrscheinlich eingestufte zukünftige Entwicklung eines verschlossenen geologischen Tiefenlagers darf die Freisetzung von Radionukliden zu keiner Individualdosis führen, die 0,1 mSv pro Jahr überschreitet. Dieser Wert beträgt einige Prozente der mittleren natürlichen Strahlenexposition, ist klein im Vergleich zu den räumlichen Schwankungen der natürlichen Strahlenexposition und stellt auch keine Gefährdung für Tier- und Pflanzenarten dar.

Im Auftrag des Bundesamts für Energie wurde in einer Studie (Rütter + Partner) untersucht, wie ein Tiefenlager die Lebensqualität und den Wohlstand einer Region beeinflusst. Das Expertenteam hat dafür die Auswirkungen von fünf verschiedenen Lagerprojekten im In- und Ausland verglichen. Gemäß der Studie hat ein Lager eher positive wirtschaftliche Effekte. Vor allem die Baubranche profitiert. Weder Boden- und Liegenschaftspreise noch die Bevölkerungszahlen haben sich an den untersuchten Standorten negativ entwickelt. Tourismus und Biolandbau können hingegen unter einem Negativ-Image leiden.

Die Auswirkungen eines geologischen Tiefenlagers, wie z. B. die Entwicklung der Boden- und Liegenschaftspreise, werden im Rahmen des Auswahlverfahrens untersucht. Sollten durch die Planung, den Bau oder Betrieb eines geologischen Tiefenlagers negative Auswirkungen auf eine Region festgestellt werden, sind **Kompensationsmaßnahmen** zu ergreifen. Diese werden in Zusammenarbeit mit der Standortregion erarbeitet und von den Entsorgungspflichtigen finanziert.

Für **Abgeltungen** gibt es keine Rechtsgrundlage. Aufgrund der Erfahrungen im In- und Ausland ist davon auszugehen, dass eine Standortregion Abgeltungen erhalten wird. Der Konzeptteil sorgt dafür, dass die Festlegung von Abgeltungen transparent und nicht losgelöst vom Sachplanverfahren verläuft. So sollen Abgeltungen in Etappe 3 ausgehandelt und von den Entsorgungspflichtigen erst geleistet werden, wenn eine rechtskräftige Rahmenbewilligung vorliegt. Damit wird eine Standortregion für eine Leistung abgegolten, welche sie für die Lösung einer nationalen Aufgabe leistet. Für die Verteilung und Verwendung der Abgeltungen erarbeitet die Standortregion Vorschläge zuhanden der betroffenen Kantone und Gemeinden der Standortregion. Bezüglich Abgeltungen ist wichtig festzuhalten, dass jede Region ihren eigenen Charakter aufweist. Aussagen zu Entschädigungen bzw. zu allfälligen Abgeltungen für die Standortgemeinden müssen demnach mit dem

jeweiligen regionalen Bezug diskutiert werden. In den regionalen, partizipativen Gremien, die im "Sachplan geologische Tiefenlager" vorgesehen sind, wird die Frage von begleitenden Maßnahmen thematisiert.

Der Bund zahlt keine **Entschädigungen**. Gemäß Kernenergiegesetz haben die Abfallverursacher alle Kosten zu tragen. Privatrechtliche Vereinbarungen über die Abgeltung von gemeinnützigen Leistungen sind nicht ausgeschlossen. Solche Vereinbarungen wurden beispielsweise beim ZWILAG in Würenlingen für die Standort- und deren Anrainergemeinden abgeschlossen.

- 12 Bereits bei der Festlegung des Planungssperimeters sind mögliche Auswirkungen auf Deutschland zu prüfen. Die Argumentation der Schweiz, den Planungssperimeter nur auf Schweizer Staatsgebiet zu beschränken, weil nur dort die Oberflächenanlagen errichtet werden können, verkennt, dass die raumordnerischen und sozio-ökonomischen Auswirkungen dieser Anlagen an der Grenze nicht halt machen werden. Diese im Konzeptteil des Sachplans angelegte Beschränkung führt dazu, dass bei der Festlegung der Standorte für die Oberflächenanlagen deren Auswirkungen nur in einem Halbkreis auf Schweizer Seite betrachtet werden. Methodisch besteht bei dieser Vorgehensweise die Gefahr, dass die Oberflächenanlagen wegen vermeintlich "fehlender" Restriktionen auf deutscher Seite (wie etwa Abstände zu schützenswerten Naturräumen, Siedlungsschwerpunkten, etc.) zwangsläufig in Richtung Rhein rücken. Der Planungsraum muss deshalb auch auf das benachbarte deutsche Gebiet erstreckt werden. Wie beurteilt die ESchT den raumordnerischen Prüfungsansatz der Schweiz?

Antwort Landratsamt Waldshut:

Da auf diese Frage seitens der Schweiz noch keine befriedigende Antwort gegeben wurde, hat sich Landrat Bollacher, auch in seiner Eigenschaft als Vorsitzender des Regionalverbandes Hochrhein-Bodensee, mit nachstehendem Schreiben vom 08.02.2010 nochmals an Herrn Bundesrat Leuenberger gewandt.

„Herrn Bundesrat  
Moritz Leuenberger  
Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr,  
Energie und Kommunikation UVEK  
Bundeshaus Nord  
Kochergasse 10  
3003 Bern  
SCHWEIZ

08.02.2010

Sehr geehrter Herr Bundesrat Leuenberger,

der Landkreis Waldshut und die Region Hochrhein-Bodensee haben zusammen mit ihren Gemeinden das Schweizer Verfahren zur Suche nach einem Endlager für radioaktive Abfälle bisher grundsätzlich positiv begleitet. Eine offene Informationspolitik und die Berücksichtigung deutscher Positionen an der ein oder anderen Stelle haben diese unsere Haltung wesentlich befördert.

Im Kontext mit der Einbeziehung deutscher Gemeinden in das Schweizer Partizipationsverfahren beobachte ich in letzter Zeit leider eine zunehmende Verhärtung, die mir Sorge bereitet.

Kern des Problems ist der enge, raumplanerische Ansatz des Schweizer Partizipationsverfahrens, bei dem Fragen der Sicherheit eines Tiefenlagers von vornherein ausgeblendet werden sollen. Das deutsche Forum Endlager-Dialog, das von den Bürgerinitiativen im Wendland bis hin zur Nuklearindustrie reicht und Vertreter von Bundes- und Landesbehörden, der evangelischen Kirche und kommunale Vertreter mit einschließt, kam bei der Analyse des Schweizer Partizipationsverfahrens erst kürzlich zu dem Schluss, dass dessen Ansatz, mit der Bevölkerung nicht über mögliche Sicherheitsfragen, Umwelt- und Störfallauswirkungen zu sprechen, sondern letztlich nur einen Dialog über die Anordnung der Oberflächenanlagen, deren Auswirkungen und Kompensationsfragen zu führen, für Deutschland keinen weiter bedenkenswerten Weg darstellt.

Sehr geehrter Herr Bundesrat, die Akzeptanz für das Sachplanverfahren und für einen möglichen Endlagerstandort in Grenznähe hängt für die Region, Landkreise und Kommunen entscheidend davon ab, ob deutsche betroffene Gemeinden in das Verfahren einbezogen werden.

Von Vertretern des Bundesamtes für Energie (BFE) ist mir in zahlreichen Gesprächen informell versichert worden ist, dass die Schweiz Wege finden werde, dem Anliegen deutscher Gemeinden nach direkter Beteiligung am Partizipationsprozess großzügig Rechnung zu tragen. Die politischen Gremien im Landkreis Waldshut hatten aufgrund dieser Aussagen die

grundsätzlichen Bedenken gegen den methodischen Ansatz zurückgestellt, um zumindest beim Beteiligungsverfahren eine von allen Seiten getragene Lösung zu erreichen. Insbesondere ist mir vom BFE mehrfach informell versichert worden, dass alle Gemeinden, die in einem Umkreis von 5 km um das geologische Standortgebiet liegen, in dem auch die raumplanerische Bestandsaufnahme vorgenommen werden soll, auf jeden Fall als „Betroffene“ anzusehen seien.

Dies ist nun leider nicht mehr der Fall. Der Planungssperimeter wurde inzwischen wesentlich enger gezogen. Die Kriterien für die Teilnahme an der Partizipation werden noch enger interpretiert. In der Folge sind weniger Gemeinden betroffen. Die kritischen Stimmen mehren sich. Es zeigt sich immer deutlicher, dass die von uns schon in der Vernehmlassung zum Sachplan kritisierten Abgrenzungskriterien willkürlich und nicht konsistent sind. Insbesondere einige deutsche Grenzgemeinden äußern gar, dass man die deutschen Nachbargemeinden vom Verfahren auszugrenzen versuche.

Lassen Sie mich am Beispiel der deutschen Gemeinde Dettighofen die Problematik darstellen. Dettighofen ist eine kleinere Gemeinde in unmittelbarer Grenznähe, in die in den vergangenen Jahrzehnten viele in der Schweiz arbeitende Grenzgänger zugezogen sind. Die Gemeinde ist Mitglied der Agglomeration Schaffhausen. Sie war vom BFE bisher immer als betroffen angesehen worden, weil sie innerhalb des „fiktiven“ 5 km-Planungssperimeters liegt. Sie soll sich nunmehr an der regionalen Partizipation in der Standortregion „Nördlich Lägeren“ nicht mehr unmittelbar beteiligen dürfen, da sie die Voraussetzungen nach dem Kriterienkatalog nicht mehr erfüllt, konkret wegen der fehlenden Mitgliedschaft in der Hochrheinkommission. Dies erscheint mir aufgrund der anliegenden Karte unverständlich, denn wäre Dettighofen eine Schweizer Gemeinde, würde diese mit Sicherheit im Planungssperimeter liegen.

Mutatis mutandis gilt dies auch für Bad Säckingen. Die Stadt weist mit ihren Gesundheitseinrichtungen eine Atypik gegenüber der Betroffenheit anderer deutscher und Schweizer Gemeinden auf. Ihre Strukturen hängen stark von einem positiven Gesundheitsimage ab. Ein Endlagerstandort in unmittelbarer Nähe könnte möglicherweise zu einem Imageverlust führen.

Darüber hinaus liegen Teile des faktischen Heilquellenschutzgebietes auch auf der Gemarkung der Gemeinde Murg, die als betroffene Gemeinde angesehen wird, zudem werden unmittelbare Zuflüsse zu den Heilquellen auch aus der Schweiz vermutet.

Die Reihe der Beispiele ließe sich um weitere Gemeinden, etwa Gottmadingen im Landkreis Konstanz oder Blumberg im Schwarzwald-Baar-Kreis erweitern. Für die weitere Haltung von Regionalverband, Landkreisen, Städten und Gemeinden wird es entscheidend darauf ankommen, ob mehr Gemeinden als bisher vorgesehen in das Partizipationsverfahren einbezogen werden. Eine verbindliche Zusage noch in Etappe 1 würden wir sehr begrüßen.

Ich hoffe sehr geehrter Herr Bundesrat Leuenberger, dass Sie Ihren Einfluss geltend machen und zur Lösung dieses Problems beitragen. Dies ist unser gemeinsamer Lebens- und Wirtschaftsraum, und wir wollen nicht streitende Nachbarn werden, sondern auch diese Angelegenheit regeln im Sinne der grenzüberschreitenden Vernunft.

Vielen Dank für Ihre Bemühungen.

Mit freundlichen Grüßen

gez.:

Tilman Bollacher

Landrat und

Vorsitzender des Regionalverbandes Hochrhein-Bodensee“

- 13 In der heutigen ZDF-Sendung "Abenteuer Wissen" wurde von mehreren Studien über das erhöhte Leukämie-Risiko bei Kindern in der Nähe von Kernkraftwerken berichtet, das sich strahlenbiologisch anscheinend nicht erklären lässt. Kann von einem Endlager ein vergleichbares Risiko ausgehen?

**Antwort des ENSI:**

Die angesprochene deutsche Studie (KiKK) stellt zwar ein statistisch signifikant erhöhtes Krebs- und Leukämierisiko für Kinder fest, die in einem Abstand von weniger als 5 km zu einem Kernkraftwerk wohnen. Wodurch dieses Risiko entsteht, kann die Studie aber nicht erklären, da die errechneten Dosen durch Direktstrahlung und/oder Abgaben viel zu tief sind, um Krebs- oder Leukämie zu verursachen. Für jemanden, der 50 Jahre

in diesem 5-km-Umkreis lebt, akkumuliert sich eine Dosis zwischen 0,000002 und 0,0003 mSv! Dies ist nur ein Bruchteil der *jährlichen* natürlichen Belastung von rund 1.5 mSv. Bei Dosen unter 1 mSv kann man zwar mit Annahmen Risiken berechnen, allfällig hervorgerufene Auswirkungen sind aber aufgrund vieler anderer Einflüsse nicht direkt messbar.

Die Studie berücksichtigte kein Tiefenlager. Bei einem verschlossenen Tiefenlager ist die Direktstrahlung aufgrund der Abschirmung durch die Gesteinsschichten vernachlässigbar. Dosen könnten höchstens durch aus dem Tiefenlager stammende Radionuklide entstehen, die in die Biosphäre gelangen. Die gesetzlichen Auflagen bestimmen, dass diese allfällig entstehenden Dosen höchstens ein Bruchteil der jährlichen natürlichen Dosis sein dürfen.

Die CANUPIS-Studie des Bundes wird sich auf die Kernkraftwerke der Schweiz beschränken. Resultate sind nicht vor Mitte 2010 zu erwarten.

Für die Ermittlung der langjährigen Risiken und der Folgedosen, die in der Praxis häufig für einen Zeitraum von 50 Jahren berechnet oder geschätzt werden, ist die komplexe Durchmischung einer Population zu beachten, die sich auch zeitlich verändert und die Risiken beeinflusst. So wird ein Kleinkind, das im Vergleich zu Erwachsenen deutlich strahlenempfindlicher ist, mit den Jahren ebenfalls weniger strahlenempfindlich. Gleichzeitig wird es aber wiederum weitere Kleinkinder geben, die die Strahlenempfindlichkeit der Population wieder erhöhen können.

Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, dass nur sehr wenige konkrete Fakten über die Entstehung von Leukämie bei Kindern bekannt sind. Man stützt sich gegenwärtig auf Hypothesen, zu denen aber noch keine konkreten biologischen oder medizinischen Daten vorliegen. So vermuten die Fachleute, dass die kindliche Leukämie auch durch Viren verursacht werden kann.