



Fragen und Antworten zum Forum «Zugangsbauwerke Schacht/Rampe» (12.9.2013)

1. Wie steht es mit der Absturzsicherheit der Fahrzeuge? (FG Sicherheit NL)

Antwort Nagra: Für die Förderung von Personen (Personal, Besucher) und Lasten (Endlagerbehälter in internen Transportbehälter, Verfüll- und Versiegelungsmaterial, etc.) steht für den Zugang nach Untertag sowohl für die Variante Schacht als auch die Variante Zugangstunnel erprobte Technologien zur Verfügung, die auch die notwendigen Sicherheitssysteme umfasst. Diese gewährleisten eine hohe Sicherheit gegenüber Absturz. Für beide Varianten bestehen aus dem Untertagbau grosse Erfahrungen, die zeigen, dass bei geeigneter Auslegung und sorgfältigem Betrieb (inkl. guter Wartung) eine hohe Sicherheit besteht (die teilweise beim Bergbau vorkommenden Unfälle sind zumeist auf Fehlinterpretation, Verletzung von Betriebsvorschriften und mangelhafte Wartung zurückzuführen). Auch für geologische Tiefenlager werden Förderanlagen sowohl für Schacht und als auch für Zugangstunnel für Personen und Lasten verwendet bzw. in Baugesuchen beantragt.

2. Welche Erfahrungen mit Schacht und Rampe bestehen in Deutschland – allgemein und in Bezug auf die Rückholbarkeit? (FG Sicherheit NL)

Antwort ENSI: Die deutschen Endlager (Schacht Konrad, Morsleben, Asse, Deutschland benutzt das Wort «Endlager» anstelle von «geologischem Tiefenlager») haben nur Schächte. In allen Fällen waren diese Schächte jedoch bereits vor der Nutzung der ehemaligen Bergwerke als Endlager vorhanden. Für die Schachanlage Asse II wurde eine Rückholung der Abfälle per Gesetz (Lex Asse) festgelegt. Die Rückholung der Abfälle wird gegenwärtig vorbereitet, die Umsetzung wird aber Jahre dauern. Die in der Asse vorhandene Schachanlage ist nicht Grund für die Rückholung der Abfälle.

3. Wird ein Protokoll gemacht? (FG Sicherheit NL)

Antwort BFE: Nein, ein Protokoll wird nicht erstellt, da die Referate aufgezeichnet und alle Fragen schriftliche beantwortet werden. Die Videos und die beantworteten Fragen werden danach den Mitgliedern aller Regionalkonferenzen auf der www.plattform-tiefenlager.ch zugänglich gemacht werden.

4. Wie sieht man das Problem mit dem Wasser mit Rampe oder mit Schacht? (FG Sicherheit NL)

Antwort ENSI: Jeder Standort hat seine individuellen geologischen, geotechnischen und hydrologischen Rahmenbedingungen, die eine spezifische Bewertung erfordern und zu unterschiedlichen Resultaten führen können.

Bei der Frage des Wasserzutritts in das Bauwerk ist zu unterscheiden zwischen Bauzustand (Bau) und Endzustand (Betrieb) des Bauwerkes. Die Möglichkeit eines grösseren Wasserzutritts ist im Bauzustand wesentlich grösser als im Endzustand. Dies hängt damit



zusammen, dass im Endzustand in aller Regel keine Überraschungen mehr auftreten, da zu diesem Zeitpunkt die konkreten Gegebenheiten im Untergrund bekannt sind und das Bauwerk mit Abdichtungsmassnahmen geschützt werden konnte. Ein Wasserzutritt im Bauzustand während des Vortriebs oberhalb des Opalinustons führt nicht zu einer Verschlechterung der Eigenschaften des Opalinustons, da dieser ja noch gar nicht erschlossen ist. Vor dem Eintreten in diejenigen Gesteine, deren Rückhaltewirkung berücksichtigt wird (d. h. Wirtgestein und Rahmengesteine) soll der Schacht oder die Rampe so ausgebaut sein, dass ein unkontrollierter Wasserzutritt klein gehalten wird. Dies ist bei der Rampe wie beim Schacht bautechnisch möglich.

Weder für einen Schacht noch für eine Rampe gibt es daher unüberwindbare bautechnische Hindernisse, da sowohl bei Schächten wie auch bei Rampen der Wasserzutritt ins Bauwerk mit geeigneten Massnahmen und einem entsprechenden Aufwand kontrolliert werden kann. Der Vollständigkeit halber ist festzustellen, dass hinsichtlich der Möglichkeit eines Wasserzutritts je nach Fragestellung teils der Schacht und teils die Rampe Vorteile besitzen. So ist zum Beispiel im Bauzustand die Wahrscheinlichkeit bei einem Schacht kleiner, einen Wasserzutritt zu erfahren, dafür sind aber die Schwierigkeiten im Vergleich zu einer Rampe grösser, diesen wieder unter Kontrolle zu bringen. Eine Abwägung der Kriterien kann abschliessend nur anhand eines konkreten Standortes mit seinen spezifischen Gegebenheiten erfolgen.

-
5. Wie weit geht der Zugang zu SMA- und HAA-Lager? (FG Sicherheit NL)

Antwort Nagra: Der Zugang nach Untertag für die geologischen Tiefenlager geht von der Terrainoberfläche (Oberflächenanlage bzw. Schachtkopfanlage) bis auf die Lagerebene im Wirtgestein. Dies bedeutet gemäss momentanem Planungsstand eine vertikale Distanz von rund 250 bis 800 m (SMA-Lager) und 450 bis 900 m (HAA-Lager); dies entspricht auch der Länge der Schachtzugänge. Die Länge des Zugangstunnels variiert zwischen rund 4 km und 10 km, je nach Standortgebiet bzw. Standortareal.

Weiter sind auf Lagerebene vom Schachtfuss bzw. vom Eintrittspunkt der Rampe horizontale Tunnels von deutlich mehr als hundert Metern Länge bis zur nächsten Lagerkammer vorgesehen.

-
6. Wenn es einen Störfall gibt, ist dann ein Schacht oder eine Rampe besser? (FG Sicherheit NL)

Antwort ENSI: Der Schacht ist der schnellere Fluchtweg, da er direkt von unten nach oben führt. Die Rampe ist der sicherere Fluchtweg, weil er auch funktioniert, wenn im Schacht die Liftanlage blockiert ist.

-
7. Gibt es einen Emergency-Exit? Gibt es eine Parallel-Rampe? (FG Sicherheit NL)

Antwort Nagra: Die untertägigen Anlagen in der Lagerzone sind über mindestens zwei räumlich getrennte Zugänge mit der Tagesoberfläche verbunden, welche ein sicheres Verlassen, eine Rettung bzw. Evakuierung auch bei Unterbruch eines einzelnen Zugangs zulassen. Bei langen Rampen gibt es entweder in geeigneten Abständen Verbindungen zu einem weiteren Zugangsbauwerk (z.B. Anschluss an Schacht) oder es wird ab einer



bestimmten Länge eine parallele Tunnelröhre mit Querverbindungen in bestimmten Abständen angeordnet.

8. Kann ein Sicherheitsstollen als Parallel-Rampe fungieren? (FG Sicherheit NL)

Antwort ENSI: Bei entsprechendem Ausbau (Lichtraumprofil, Schleppkurven, Beleuchtung, Fahrbahnbelag, Entwässerung, Bewetterung etc.) kann ein Sicherheitsstollen als Parallel-Rampe fungieren. Ein entsprechend ausgebauter Sicherheitsstollen könnte im Falle von Unterhaltsarbeiten (Belagsarbeiten, Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten etc.) in der Rampe als redundanter Transportweg dienen. Man hätte damit zwei gleichwertige Rampen nebeneinander (redundanter Fluchtweg).

9. Je länger der Weg ist, umso mehr Einflüsse auf den Transportweg sind da. Wie kann die Sicherheit gewährleistet werden? (FG Sicherheit NL)

Antwort ENSI: Bezogen auf Schacht und Rampe stimmt die Aussage, dass das längere gegenüber dem kürzeren Zugangsbauwerk mehr Einflüssen unterliegt, nicht pauschal. Der Grund ist, dass in der Bauphase unterschiedliche Massnahmen zur Verhinderung von Schäden ergriffen werden können und in der Betriebsphase auf Einflüsse unterschiedlich reagiert werden kann. Das heisst, dass bei der längeren Rampe gegenüber dem kürzeren Schacht die Gefahr nicht zwangsweise steigt, dass ein Schaden entsteht. Zur Gewährleistung der Sicherheit stehen für die Bau- und die Betriebsphase unter anderem folgende Aspekte im Vordergrund:

In der Bauphase:

- Präventive Sicherheit durch Baugrunderkundung und Standortwahl
- Gefährdungsanalyse und Massnahmen. Wahl von qualifizierten Unternehmen und entsprechender Ausrüstung
- Lokale Vorauserkundung während des Baus
- Vorhalten von Bauhilfsmassnahmen zur Begegnung und Begrenzung eines auftretenden Problems
 - Angepasstes Ausbruchkonzept

In der Betriebsphase:

- Redundante, d. h. mehrfach vorhandene Systeme
 - Einflüsse z. B. auf das Transportmittel
 - Zwischenschotts bzw. Schleusen für Brandfall oder Wassereintritt
-

10. Wie hoch ist der Unterhaltsaufwand in Bezug auf 100 Jahre oder noch länger? (FG Sicherheit NL)

Antwort Nagra: In den Kostenstudien werden die Kosten für den Unterhalt und den periodischen Ersatz von Komponenten berücksichtigt. Für das SMA- und das HAA-Lager wird für die von der Behörde für die Kostenberechnungen vorgeschriebene Dauer der Beobachtungsphase von 50 Jahren von Kosten in der Grössenordnung von rund 150 Mio. CHF ausgegangen.



11. Gibt es Muss-Kriterien für einen Schacht bzw. für eine Rampe? (FG Sicherheit NL)

Antwort ENSI: Nein, es gibt keine Muss-Kriterien, welche zwingend für einen Schacht oder eine Rampe sprechen. Bautechnisch sind beide machbar und über längere Zeit betreibbar.

12. (FG OFA SR)

- a) Wurden der von der KNS geforderte analytische Risikovergleich auf der Grundlage bekannter quantitativer Methoden für die Erschliessungsvarianten Schacht resp. Rampe inzwischen durchgeführt?
- b) wenn ja, mit welchem Ergebnis?
- c) wenn nein, weshalb wurde das vom ENSI bisher noch nicht veranlasst? Die Faktoren Zeit und Unabhängigkeit der Untersuchungen sind wichtig, handelt es sich beim analytischen Risikovergleich aus Sicht Langzeitsicherheit aus Sicht der KNS doch um Vorarbeiten für den Sicherheitstechnischen Vergleich, welcher mit der Berichte der Regionalkonferenzen zu ihrer Bewertung der Oberflächenanlagen beginnt.

Antwort ENSI: Vom einem generischen (d.h. standortunabhängigen) Standpunkt her sind sowohl Schächte wie Rampen bautechnisch machbar und können auf einen langfristig sicheren Betrieb ausgelegt werden. Beide haben sicherheitstechnische Vor- und Nachteile. Das ENSI verlangt in ENSI 33/170 («Anforderungen an die bautechnischen Risikoanalysen und an ergänzende Sicherheitsbetrachtungen für die Zugangsbauwerke in Etappe 2 SGT») bautechnische Risikoanalysen für alle vorgeschlagenen Standorte (d. h. alle Kombinationen aus Standortareal für Oberflächenanlagen, Zugangsbauwerken und untertägigen Anlagen). Damit ist die Forderung der KNS aufgenommen, aber noch nicht umgesetzt worden. Die Nagra wird in ENSI 33/170 aufgefordert, zu allen Vorschlägen zu Etappe 2 entsprechende bautechnische Risikoanalysen vorzunehmen. Das ENSI wird diese durch mehrere unabhängige Experten beurteilen lassen.

13. (FG OFA SR)

- a) Hat die Arbeitsgruppe Lagerauslegung 2011/2012 einen Forschungsauftrag Lagerkonzept/Lagerauslegung gemäss Empfehlung KNS erteilt, welcher auch den Stellungnahmen der Standortkantone zum Entsorgungsprogrammes 2008 Rechnung trägt?
- b) Wurde im Rahmen dieses Auftrags der Einfluss der Abfallqualität und der Endlagerbehältergrössen auf die Langzeitsicherheit geprüft?
- c) Wenn ja mit welchem Ergebnis?
- d) Wenn diese Untersuchungen nicht im Sinne der KNS Empfehlung durchgeführt wurden, mit welcher Begründung?

Antwort ENSI: Das Forschungsprojekt «Lagerauslegung» beschäftigt sich seit 2011 mit den in der Frage aufgebrachten Aspekten. Bei der Frage, inwieweit die heute angedachten Endlagerbehälter auf die Wirtgesteine und Standorte in der Schweiz optimiert sind, muss neben diesem Aspekt der Langzeitsicherheit auch daran gedacht werden, dass eine



Umverpackung der Abfälle mit zusätzlichen Personendosen und je nach Verfahren evtl. mit neuen radioaktiven Abfällen verbunden ist. Alle Aspekte (also derjenige der Langzeitsicherheit des Lagers, der sicheren Handhabung der Abfälle im Lager sowie auch derjenige der Betriebssicherheit einer entsprechenden Anlage zum Umpacken/Umkonditionieren der Abfälle) müssen gegeneinander abgewogen werden. Handlungsbedarf ergibt sich unmittelbar nur dann, wenn die Nagra nicht zeigen kann, dass das von ihr verfolgte Konzept die von den Behörden geforderten Anforderungen an die Sicherheit erfüllt.

In der Ende August 2013 vom Bundesrat verabschiedeten Verfügung zum Entsorgungsprogramm wird die Nagra explizit aufgefordert, die in der Frage geforderten Abklärungen periodisch durchzuführen und gegebenenfalls entsprechende Schritte einzuleiten.

14. Bevor über Schacht oder Rampe entschieden wird, braucht es eine vollständige, sicherheitstechnische Analyse. (M. Munz)

- a) Wurden die Fragen bezüglich Sicherheit während der Betriebsdauer, der Überwachungsphase und der Langzeitsicherheit des Tiefenlagers vollständig analysiert?
- b) Wenn ja, mit welchem Resultat? Ist die Analyse zugänglich?
- c) Wenn nein, warum wurde diese Analyse noch nicht erstellt und wann ist sie zu erwarten? Welche Fachleute werden beigezogen?

Antwort ENSI: Die Lagerrealisierung ist ein schrittweiser Prozess. Dabei werden Sicherheitsaspekte wiederholt betrachtet. Im aktuellen Projektstand («Vorstudie») sind detaillierte Sicherheitsanalysen nur unter Annahmen und zum Teil Abschätzungen möglich (vgl. NTB 13-01).

Bezüglich Schacht und Rampe hat das ENSI von der Nagra gefordert, standortspezifische bautechnische Risikoanalysen durchzuführen. Die Anforderungen dazu finden sich in ENSI 33/170. Diese Analysen werden zusammen mit den Vorschlägen zu Etappe 2 des Sachplanes eingereicht. Zur Überprüfung der Vorschläge der Nagra und der eingereichten bautechnischen Risikoanalysen wird das ENSI die Ingenieurgeologie der ETH Zürich, das Ingenieurbüro Basler & Hofmann und weitere Fachexperten im In- und Ausland beiziehen. Eine vollständige sicherheitstechnische Analyse, wie in der Frage gefordert ist beim aktuellen Projektstand noch nicht sinnvoll.

15. Damit der Opalinuston seine gewünschte Wirkung bezüglich Tiefenlager entfalten kann, darf er nicht gestört werden. (M. Munz)

- a) Welche Folgen sind zu erwarten, wenn Opalinuston über kilometerlange Kavernen trotzdem gestört wird?
- b) Schächte sind für den Betrieb eines Tiefenlagers in jedem Fall notwendig. Warum wird eine zusätzliche Störung des Untergrunds durch Rampen überhaupt in Betracht gezogen?

Antwort Nagra:

Frage a)

Durch eine geeignete Anordnung der Bauwerke und deren Auslegung (Lage der Bauwerke, Hohlraum-Querschnitte, Ausbau, Bauvorgang, Verfüllung und Versiegelung der Hohlräume)



können die Auswirkungen auf die Barrierenwirkung des Wirtgesteins klein gehalten werden. Dazu trägt auch das Selbstabdichtungsvermögen der betrachteten Wirtgesteine bei. Wie die Resultate der Sicherheitsanalysen zeigen, liegen die berechneten Dosen auch für sehr ungünstige Annahmen deutlich unter dem behördlichen Schutzkriterium.

Frage b)

Bei einer geeigneten Anordnung und Auslegung einer Rampe kann deren Auswirkung auf die Barrierenwirkung des Wirtgesteins klein gehalten werden. Wie die Resultate der Sicherheitsanalysen zeigen, liegen die berechneten Dosen auch für sehr ungünstige Annahmen deutlich unter dem behördlichen Schutzkriterium. Die Resultate zeigen auch, dass die Unterschiede zwischen Schacht und Rampe klein sind.

Es werden deshalb auch Rampen in Betracht gezogen, weil diese eine grössere Flexibilität bezüglich Platzierung des Standortareals für die Oberflächenanlage (seitlicher Versatz des Standortareals gegenüber dem untertägigen Lagerperimeter möglich) und beim Betrieb ergeben.

16. Untertagbauwerke müssen in der Regel ständig entwässert werden. (M. Munz)

- a) Wie wird die besondere Gefahr des ständigen Wasserzuflusses, eines Wassereintruchs sowie einer Flutung des Lagers bei Schacht oder Rampe während dem Bau, dem Betrieb, der Überwachung und nach dem Verschluss beurteilt?
- b) Wie verändert sich die Eigenschaft von Opalinuston bei einem Wassereintruch?

Antwort ENSI:

Frage a)

In der Bauphase ist die Gefahr eines Wasserzutritts am höchsten. Die Massnahmen dagegen müssen standortspezifisch betrachtet werden und sollten unter anderem die folgenden Aspekte umfassen :

- Prävention / Reduktion der Gefährdungen durch Baugrunderkundung und Standortwahl, Gefährdungsanalyse und Planung von Gegenmassnahmen.
- Planung bautechnischer Massnahmen, so dass ein unkontrollierter Wasserzutritt nach dem Beginn des Vortriebs in Wirt- und Rahmengesteine verhindert wird.
- Vorsorge durch Vorhalten von geeignetem Material und Maschinen, um einen Wasserzutritt stoppen zu können.
- Die vorhandene Evakuierungszeit in einem Notfall ist bei einem Schacht geringer, da dieser schneller 'vollläuft'. Im Schachtfuss würde der Wasserstand schneller ansteigen, da nur ein geringeres Volumen zur aufnahme des Wasseranfalls zur Verfügung steht. Entsprechend sorgfältig ist die Evakuierung zu planen.

Während Betrieb- und Beobachtungsphase ist die Gefahr eines Wasserzutritts deutlich reduziert. Mögliche Massnahmen können unter anderem umfassen:

- Der Wasserzutritt in den Schacht oder die Rampe wird im Fussbereich und auch zuvor in regelmässig angeordnete Sammelkrägen gefasst und mittels eines redundanten Pumpensystems an die Oberfläche gepumpt.
- Das Eingangsportal am Zugangsbauwerk muss in hochwassergefährdeten Regionen höher als der sicherheitsrelevante Hochwasserpegel liegen.



- Es ist ein geeignetes Abdichtungskonzept zu wählen, welches flexibel genug ausgestaltet ist, dass auch zu einem späteren Zeitpunkt zuverlässig der Wasserzutritt in das Bauwerk eingedämmt werden kann.

Nach einem Verschluss des Lagers ist die Gefahr sehr klein, dass ein Wasserzutritt einen grösseren Einfluss hat. Nach ordnungsgemäsem Verschluss sollten keine baulich relevanten Hohlräume mehr vorhanden sein, in die das Wasser zutreten kann. Durch den Einbau von wasserundurchlässigen Tunnelverfüllungen wird das Wasser an der Eindringstelle gebunden und die Tunnelfüllung quillt an und dichtet ab.

Frage b)

Opalinuston hat die Eigenschaft, durch Quellen grössere Mengen an Wasser aufnehmen zu können und damit Risse und Klüfte wieder auszuheilen. Bei der Aufnahme von sehr viel Wasser (wie z.B. durch einen grossen und lang anhaltenden Wasserzutritt) verliert das Gestein jedoch zusehends seine Festigkeit und beginnt zu «fliessen». Bereits bestehende Tunnelbauwerke sind durch die eingebauten Stützmittel stabil, der Opalinuston würde aber durch einen grossen Wasserzutritt Schaden nehmen. Daher sind Massnahmen baulicher und organisatorischer Art einzuplanen, um einen Wasserzutritt in den Gesteinen oberhalb von Wirtgestein und Rahmengesteinen auszuschliessen und einen entsprechenden Wasserfluss in die tonigen Schichten der Rahmengesteine und des Wirtgesteins wirksam zu verhindern.

-
17. Die Suche nach Oberflächenstandorten wird vorangetrieben bevor die sicherheitstechnischen Fragen bezüglich Schacht oder Rampe geklärt sind. Wie wird dieses Vorgehen gerechtfertigt? (M. Munz)

Antwort BFE: Siehe Referat Dr. Monika Jost am Forum «Zugangsbauwerke Schacht/Rampe» (Video) und Newsletter Tiefenlager, Nr. 10 (Editorial).

Antwort ENSI: An einem Seminar mit verschiedenen am Sachplan beteiligten Behörden im Sommer 2012 wurde gemeinsam festgestellt, dass als Resultat einer generischen, das heisst standortunabhängigen Betrachtung sowohl Schacht als auch Rampe bautechnisch machbar sind und weder Schacht noch Rampe unüberwindliche sicherheitstechnische Mängel aufweisen. Eine weitergehende Detailanalyse der Zugangsbauwerke muss durch die Nagra standortspezifisch erfolgen: Die Erschliessungsvarianten müssen anhand *konkreter* Standortareale und einer *konkreten* geologischen Situation evaluiert werden. Mittels bautechnischer Risikoanalysen muss die Nagra standortspezifisch aufzeigen, dass die vorgeschlagenen Zugangsbauwerke sicher gebaut, betrieben und verschlossen werden können.

-
18. Ist meine Schlussfolgerung richtig, dass die Beherrschung der zirkulierenden Tiefenwässer für eine grössere Wassermenge, also in der Rampe, risikoreicher ist als für eine kleine Wassermenge und dass deshalb in der Abwägung Schacht vs. Rampe die Rampenlösung schlechter abschneidet? Wenn nein, bitte, warum nicht? (FG Sicherheit NL)

Antwort ENSI: Die zirkulierenden Tiefenwässer können bei beiden Zugangsbauwerken beherrscht werden. Beim NEAT-Tunnel am Gotthard kamen zum Beispiel auch beide Zugangstypen zum Einsatz (Schacht von Sedrun, Rampe bei Faido).



Richtig ist, dass, sofern eine hydrogeologische Schichtung vorliegt, die dem Tiefenwasser zugewandte Fläche der Verschalung des Zugangsbauwerkes bei einer Rampe grösser ist, als bei einem Schacht. Ist ein horizontal liegender Grundwasserleiter z. B. 50 m dick, so wird er von einem vertikalen Schacht auf einer Streckenlänge von 50 m durchdrungen, bei einer Rampe mit 10% Steigung aber auf einer Streckenlänge von 500 m. In einer Rampe wäre daher bei vergleichbarem Aufwand für die Abdichtung mit insgesamt grösseren Wassermengen zu rechnen.

In Bezug auf die Langzeitsicherheit und das in diesem Kontext betrachtete Risiko muss zwischen dem Bauzustand und dem Endzustand eines Zugangsbauwerkes unterschieden werden. Während des Vortriebs im Bauzustand ist in erster Linie mit grösseren Wassermengen zu rechnen. Diese Wässer treten hauptsächlich im vordersten Bereich des Tunnelvortriebs (Schacht wie Rampe) auf. Mit Abdichtungsmassnahmen wie einer Tunnelverkleidung oder Injektionen kann der Wasseranfall stark reduziert und kontrolliert werden.

Wenn der Tunnelvortrieb den Opalinuston erreicht, werden sich die Tunnelabschnitte im Bereich der zirkulierenden Tiefenwässer schon im Endzustand, d. h. abgedichteten Zustand befinden. Zu diesem Zeitpunkt sind überraschend anfallende Wassermengen äusserst selten, da sie mindestens ein Teilversagen der Abdichtungsmassnahmen voraussetzen. Zur Beherrschung eines solchen Wasseranfalls sind effiziente Interventionsmöglichkeiten entscheidend, was einen raschen und flexiblen Zugang zu den Wasserzutrittsstellen voraussetzt. Diese Flexibilität ist in einer Rampe wesentlich grösser als in einem Schacht. In Bezug auf die zirkulierenden Tiefenwässer sind in der Risikoanalyse sich teilweise widersprechende Kriterien gegeneinander abzuwägen. Eine grössere Mantelfläche und damit ein potentiell grösserer Wasserzutritt stehen einer besseren Interventionsmöglichkeit bei einem überraschenden Wasserzutritt gegenüber. Ob ein Schacht respektive eine Rampe besser abschneidet, kann schlussendlich nur anhand eines konkreten Standortes beurteilt werden.

-
19. Zum Zeitpunkt der Abfassung des NTB 02-03 (Entsorgungsnachweis HAA) gab es nur wenige Erfahrungen mit absturzsicherem Verbringen der Gebinde mittels Fördereinrichtungen in vertikalen Schächten. In Schweden und Finnland haben sich für die seit langem in Betrieb befindlichen Endlager für schwach- und mittelaktive Abfälle Rampentransporte – sogar für LKW-Transport - bewährt. Dies liegt auch daran, dass dort diese Lager maximal 70 m Untertag liegen und der Kategorie SMA zugeordnet sind. (FG Sicherheit NL (mit Anpassung der Frage auf Bitte des Fragestellers am 20.08.2013))
- Liegt zum heutigen Zeitpunkt, nach nun mehr 11 Jahren, ein solcher Machbarkeits-Nachweis vor, der seitens der Genehmigungsbehörde ENSI als akzeptabel erscheint?
 - Wenn nein, macht dann die Fortführung des internationalen Entwicklungsprogramms des Konsortiums ESDRED Sinn?
 - Werden Überlegungen angestellt, die Vertrauenswürdigkeit der zu findenden Lösung der Bevölkerung gegenüber so klar und einfach zu machen, wie es bereits heute den Anschein für einen Machbarkeitsnachweis bei der Rampen-Transport-Lösung hat?



Antwort Nagra:

Frage a)

Für Fördereinrichtungen in vertikalen Schächten bestehen mehrere detaillierte Untersuchungen (teilweise auch experimenteller Art), welche die Sicherheit dieser Einrichtungen aufzeigen. Auch die Betriebserfahrungen zeigen, dass bei geeigneter Auslegung und sorgfältigem Betrieb (inkl. guter Wartung) ein hohes Niveau an Sicherheit gewährleistet werden kann. Zusätzlich liegen für geologische Tiefenlager auch Untersuchungen zu Sicherheitssystemen vor für den (hypothetischen) Fall des Versagens der Förderseile. Weiter ist zu beachten, dass z.B. im US-Endlager WIPP seit vielen Jahren eine Schachtförderanlage für die Einlagerung von Endlagerbehältern verwendet wird und für das finnische HAA-Lager wurde ein Baugesuch mit einer Schachtförderanlage eingereicht.

Frage b)

Die Nagra verfolgt die Entwicklungs- und Projektierungsarbeiten für Förderanlagen für Schacht und Rampe der wichtigen Endlagerorganisationen. Das EU-Projekt ESDRED hat sich nicht direkt mit der Förderung über Schacht bzw. Rampe beschäftigt; ESDRED war auf den Einlagerungsvorgang in die Lagerkammern (inkl. Fragen zur Verfüllung und Versiegelung) fokussiert.

Frage c)

Die Nagra informiert in den verschiedenen Gremien über ihre Projekte (inkl. zur Förderung von Personen, Endlagerbehältern und weiterem Material nach Untertag). Weiter werden die für die verschiedenen Meilensteine erforderlichen Berichte auch der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Diese Berichte werden für wichtige Themen für die breitere Öffentlichkeit ergänzt mit Faktenblättern bzw. Broschüren.

Antwort ENSI:

Frage a)

Seitens ENSI liegt keine Beurteilung der finnischen Fördereinrichtung vor. Die Tatsache, dass diese Rampentransporte seit geraumer Zeit durchgeführt wurden, weist aber darauf hin, dass diese Förderung bereits bei der Auslegung für die finnische Aufsichtsbehörde STUK ausreichende Sicherheit geboten hat. Der seither sichere Betrieb der Fördereinrichtungen bestätigt diese Einschätzung.

-
20. Ich bin der Überzeugung, dass die Verfüllung und Versiegelung eines senkrechten Schachtes wesentlich präziser durchgeführt werden kann als diejenige eines horizontal bzw. schräg verlaufenden Hohlraums (Schacht/Stollen). Ich begründe dies mit der asymmetrischen Arbeitsweise in solchen Hohlräumen. In einem vertikalen Schacht unterliegt das einzubringende Verfüllgut immer den gleichen Bedingungen, was die Schwerkraft angeht. In einer Rampe dagegen sind Arbeiten, die «über Kopf» durchgeführt werden müssen, schwieriger als die auf dem Boden. Dies gilt selbst, wenn man beispielsweise mit Shotcrete-Maschinen oder ähnlichem arbeiten sollte. Ist meine Behauptung richtig? Wenn nein, bitte, warum nicht? (FG Sicherheit NL)

Antwort ENSI: Die Überlegung wirkt plausibel, inhaltlich hängt die Beurteilung jedoch vom Verfüllungskonzept ab. Auch in einer Rampe muss nicht zwingend «über Kopf» (d. h. gegen das Dach einer Rampe hin) gearbeitet werden. Auch die Rampe lässt sich mit hochdichtem,



fliessfähigem Material (zum Beispiel SCC-Beton – self compacting concrete) dank der Schwerkraft gleichmässig verfüllen. Würde dann noch Bentonit beigemischt, dann hätte man für den Kraftschluss auch noch eine expansive Komponente dabei. Ähnliche Methoden werden bei der Verfüllung von fast horizontalen Kanälen verwendet. Eine Beurteilung Schacht respektive Rampe muss basierend auf einer konkreten Situation sowie einem detaillierten Verfüllungskonzept erfolgen.

21. Ist Nagra, die für die Erbringung des Machbarkeitsnachweises für den Schacht in einem internationalen Entwicklungskonsortium partizipiert und den Schachttransport per Stahlseil-Technologie favorisiert, in der Lage, die Akzeptanzfrage zur Zufriedenheit von ENSI und der Bevölkerung in Bälde zu lösen? (FG Sicherheit NL)

Antwort Nagra: Zurzeit gibt es kein formelles Konsortium der Verantwortlichen für die Entsorgung radioaktiver Abfälle, das sich mit der Entwicklung von Förderanlagen beschäftigt. Die Nagra pflegt jedoch einen intensiven Informationsaustausch mit Organisationen, die sich mit Förderanlagen auseinandersetzen. Die diesbezüglich vorhandenen Informationen zeigen, dass sowohl die Förderung von Personen, Endlagerbehälter und weiterem Material nach Untertag über den Schacht als auch die Förderung über eine Rampe als geeignete und sichere Lösungen betrachtet werden.

22. Warum ist es nicht zulässig, bei einer OFA in einer Kiesgrube den Verbindungstunnel zum Zugangskopf zum Tiefenlager direkt durch den ein für allemal veränderten Grundwasserleiter zu führen? (FG Sicherheit NL (zusätzliche, am 20.08.2013 eingereichte Frage))

Antwort Nagra: Die Nagra gibt dem Schutz des Grundwassers einen hohen Stellenwert. Deshalb wird bei den enger betrachteten Standortarealen eine Querung des genutzten Grundwassers vermieden. Damit wird eine Beeinträchtigung des Grundwasserträgers durch Einbauten vermieden und es wird auch der allfällige Eintrag von Stoffen in Grundwasser während der Bauphase verhindert. Damit ist sichergestellt, dass durch den Bau und Betrieb der geologischen Tiefenlager die Grundwasserleiter mit nutzbarem Grundwasser nicht unzulässig verändert werden.

23. Sicherheit ist nicht verhandelbar - Was passiert, wenn bei der Erkundung festgestellt wird, dass kein Tiefenlagerstandort optimal ist? (Gruppenarbeit am Forum)

Antwort ENSI: Sicherheit ist nicht verhandelbar und hat im Sachplan geologische Tiefenlager oberste Priorität. Wenn aufgrund von Sicherheitsanalysen festgestellt wird, dass keines der gegenwärtig vorgeschlagenen Standortgebiete die gesetzlich geforderten Schutzziele einhalten kann, müssen am Lagerkonzept und allenfalls an den Abfällen Optimierungen vorgenommen werden. Sollten auch diese nicht zum Ziel führen, muss nach anderen Möglichkeiten gesucht werden.

ABER: Das ENSI rechnet in keiner Weise mit diesem Fall: Dass sowohl ein SMA-Lagerstandort als auch ein HAA-Lagerstandort in der Schweiz die Sicherheitsanforderungen erfüllen kann, ist in den so genannten Entsorgungsnachweisen (am Oberbauenstock für SMA und im Zürcher Weinland für HAA) seitens Nagra bereits gezeigt und von den Aufsichtsbehörden bestätigt worden.



-
24. Sicherheit ist nicht verhandelbar - Wer bestimmt dann zuletzt, was «sicher» bedeutet? (Gruppenarbeit am Forum)

Antwort ENSI: Sicherheit ist nicht verhandelbar und hat im Sachplan geologische Tiefenlager oberste Priorität. Was als «sicher» und was als «Restrisiko» akzeptiert wird, muss die Gesellschaft bestimmen. Der gesellschaftliche Konsens wird in einem Gesetz (hier im Kernenergiegesetz) festgelegt. Das ENSI hat an der Formulierung dieses Gesetzes mitgearbeitet und setzt sich gegenüber den Betreibern von Kernanlagen (also auch von geologischen Tiefenlagern) für eine konsequente Umsetzung ein.

25. Wo und wie wird der ausgebrochene Opalinuston definitiv deponiert? (Gruppenarbeit am Forum)

Antwort ENSI: Diese Frage muss im Dialog zwischen dem Projektanten (Nagra), der Region und den örtlichen bzw. kantonalen Behörden gelöst werden. Eine Deponierung ausserhalb der Region ist ebenso möglich. Möglichkeiten für Lösungen finden sich in den Machbarkeitsstudien der Nagra zu den von den Regionalkonferenzen vorgeschlagenen Standorten für Oberflächenanlagen.

26. Weitere Ausführungen zum Begriff «quellendes Gebirge». Opalinuston quillt wenn Wasser dazu kommt. Ist dies der Begriff quellendes Gebirge? (Gruppenarbeit am Forum)

Antwort ENSI: Der Begriff «Quellen» bezeichnet die Volumenzunahme eines Materials infolge Wassereinlagerung. Enthält ein Gestein quellfähige Minerale, spricht man von «quellendem Gebirge». Wenn das freie Quellen eines Gebirges durch eine Tunnelschale behindert wird, entsteht ein Quelldruck im Gebirge, der durch die Tunnelschale aufgenommen werden muss.

Der quellfähige Opalinuston besitzt die Eigenschaft der Selbstabdichtung, d. h. dass beim Eindringen von Wasser entlang von Klüften und Rissen diese automatisch durch den Quellvorgang geschlossen und abgedichtet werden.

27. Wo, bei Schacht oder Rampe, haben natürliche Einflüsse (Flut, Erdbeben) oder Sabotageangriffe (z.B. Bombenabwurf) grössere Einflüsse beim Einlagern der Abfälle? (Gruppenarbeit am Forum)

Antwort ENSI: Die Antwort hängt vom jeweiligen Standort ab. Generell können folgende Aussagen gemacht werden:

- Der Eingang zum Zugangsbauwerk muss in hochwassergefährdeten Regionen höher als das Katastrophenhochwasser liegen. Eine Flutung der Zugänge wäre bei einem Schacht wie auch bei einer Rampe problematisch. Bei Bedarf sind Schleusentore vorzusehen.
- Untertagebauwerke sind generell durch Erdbeben weniger gefährdet als Bauwerke an der Erdoberfläche. Der Grund ist, dass sie nicht durch Aufschaukelungseffekte in stärkere Schwingungen gebracht werden können als der Boden selbst, da sie durch diesen umschlossen sind und gehalten werden. Grössere Schäden an Untertagebauwerken



(Schacht wie Rampe) sind nur bei Bauwerken zu erwarten, welche direkt durch Bodenverschiebungen oder tektonische Brüche betroffen sind. Zonen mit einer solchen Gefährdung kommen jedoch als Lagerstandorte nicht in Frage.

- Sabotage: Ein direkter Bombenwurf in den Schacht könnte zu einer Detonation auf Einlagerungsniveau führen. Bei einer Rampe könnte der Zugang wohl zerstört werden, jedoch wäre eine Detonation auf Einlagerungsniveau wohl auszuschliessen und auch die Schäden durch die Druckwelle und die Hitze wären auf dem Einlagerungsniveau bei einer Rampe viel geringer als bei einem Schacht.
- Ein Schacht wäre im Sabotagefall schnell als Ganzes unbrauchbar oder zerstört, wenn tragende Bauteile betroffen sind oder die Förderanlage beschädigt ist. Eine Rampe wäre allenfalls teilweise beschädigt und könnte einfacher repariert werden.

28. Ist die Langzeitüberwachung (1 Mio. Jahre) bei Rampe oder Schacht besser zu gewährleisten? Welche Überwachungsmethoden werden erfolgen? (Gruppenarbeit am Forum)

Antwort ENSI: Eine Langzeitüberwachung über 1 Mio. Jahre wird es nicht geben, denn es gibt keine Garantie für eine menschliche Gesellschaft, die über so lange Zeiträume die Verantwortung für die Überwachung übernehmen kann. Die Langzeitsicherheit muss auch ohne eine solche Überwachung garantiert werden.

Die Überwachung von Schächten und Rampen bis zur Verfüllung des untertägigen Bauwerks bzw. bis zum Verschluss der Anlage wird mindestens in einer radiologischen Überwachung der Abluft während des Lagerbetriebs bestehen. Weiter werden Schächte und Rampen bezüglich Gefahren durch Deformation und Wasserzutritte überwacht.

29. Was wären die Folgen, wenn unser Grundwasser radioaktiv verseucht würde? (Gruppenarbeit am Forum)

Antwort ENSI: Die Kontamination des Grundwassers durch radioaktive Stoffe ist durch den Betreiber einer Oberflächenanlage auszuschliessen oder auf ein unbedenkliches Mass zu minimieren (die entsprechenden Grenzwerte werden bei der Auslegung der Anlage vom Projektanten vorgeschlagen und seitens der Aufsicht in einem Abgabereglement festgelegt). In einem Störfallbericht ist ferner aufzuzeigen, welche Mengen an Radioaktivität bei auslegungsüberschreitenden Störfällen auftreten können und wie die Einwirkung der Radioaktivität auf die umliegende Bevölkerung minimiert werden kann, so dass es nicht zu gesundheitsschädigenden Auswirkungen kommt.

30. Geht man davon aus, dass Schacht und Rampe von einer gemeinsamen OFA ausgehen? Wenn nein, welcher Zugang sollte für den Transport der HAA verwendet werden? (Gruppenarbeit am Forum)

Antwort Nagra: Die Rampe würde in jedem Fall bei der OFA beginnen. Je nach geometrischen Bedingungen (Standortareal mit OFA direkt über Lagerperimeter) kann der Schachtkopf auch auf dem Standortareal der OFA platziert werden. Sonst wird ein separates Areal für die Schachtkopfanlage verwendet. Die Förderung der in interne Transportbehälter



verpackten Endlagerbehälter erfolgt über dasjenige Zugangsbauwerk (Rampe oder Schacht), welches beim Standortareal der OFA beginnt.

31. Ist die Erkundung für die Rampe durch Schrägbohrung möglich (welche Radian können dabei ausgeführt werden)? (Gruppenarbeit am Forum)

Antwort ENSI: Eine Erkundung mit Bohrkernentnahme und Kurvenverlauf ist nur sehr bedingt möglich, aber keinesfalls in Form einer wendelartigen Rampe und über die geforderte Länge. Falls nötig liesse sich die Rampe in Teilabschnitte zerlegen und erkunden. Handelt es sich um eine Rampe mit annähernd gleichbleibendem Richtungsverlauf, sind Schrägbohrungen über die gesamte Tiefe denkbar.

Eine Möglichkeit ist auch eine über die Länge begrenzte Vorauserkundung über wenige Dekameter, immer im Wechsel zwischen Vorauserkundung und Vortrieb. Eine solch begrenzte Vorauserkundung käme wahrscheinlich im Zusammenspiel mit einer Serie von vertikalen Erkundungsbohrungen von der Oberfläche her zum Einsatz.

32. Wie gross sind Anhydrit-Einschlüsse und können diese sicher lokalisiert werden? (Gruppenarbeit am Forum)

Antwort Nagra: Für die in SGT-Etappe 1 festgelegten geologischen Standortgebiete und die in Diskussion stehenden Standortareale sind die resultierenden Korridore für den Zugang nach Untertag so, dass die gut bekannten Gesteinsschichten mit Anhydrit (Gipskeuper, Mittlerer Muschelkalk) mit den Zugangsbauwerken nicht gequert werden müssen. «Anhydrit-Einschlüsse» im Sinne von lokal begrenzten Schuppen oder Schollen sind in den übrigen, ruhig gelagerten Sedimentformationen (Jura-Epoche) der Nordschweiz nicht bekannt. Dies bedeutet, dass mit den Zugängen nach Untertag keine Anhydrit-Einschlüsse durchfahren werden.

33. Was ist die Ursache der bei den Geothermiebohrungen ausgelösten Erdbeben? (Gruppenarbeit am Forum)

Antwort ENSI: Im Zusammenhang mit Geothermiebohrungen sind aus verschiedenen Gründen Erdbeben beobachtet worden. In Verfahren, bei denen durch hohe Wasserdrucke das Gestein lokal aufgesprengt wird, um Wegsamkeiten für heisses Wasser zu schaffen, werden beim Aufsprengen des Gesteins kleine Erdbeben ausgelöst. Diese liegen gewöhnlich unterhalb der Wahrnehmungsgrenze an der Oberfläche. In Basel (Deep Heat Mining Projekt) wurde durch hohe Wasserdrucke eine Störungszone entfestigt und es kam im Winter 2006/2007 zu einem schwachen Erdbeben (Stärke 3.4). In St. Gallen wurden bei der Geothermiebohrung am 20. Juli 2013 ein Erdbeben der Magnitude 3.5 gemessen. Nach Auskunft des Schweizerischen Erdbebendienstes steht dieses Beben in direktem Zusammenhang mit eingeleiteten Massnahmen, um einen festgestellten Gas-Wasser-Austritt zu bekämpfen.



34. Wie gross ist ein Schacht- bzw. eine Rampenanlage? (Gruppenarbeit am Forum)

Antwort Nagra: In NTB 11-01 sind die Oberflächenanlage (mit Portal für die Rampe, evtl. für den Schacht im Falle der Einlagerung über den Schacht) und die Schachtkopfanlage beschrieben und der Platzbedarf ausgewiesen. Für die Oberflächenanlage beträgt der Platzbedarf für SMA ca. 5 ha und für HAA ca. 8 ha (vgl. Kap. 4.2 in NTB 11-01) und für ein Schachtkopfareal für zwei Schächte ca. 2 ha, vgl. Kap. 4.4 in NTB 11-01; ein einzelner Lüftungsschacht braucht deutlich weniger Platz (ca. 0.5 ha).

Die Länge der Schächte bzw. die Länge der Rampe sind in Antwort zu Frage 5 aufgeführt. Die Querschnittsfläche für Schacht bzw. Rampe liegt zwischen 50 und 100 m².

35. Die heutigen Tunnels/Schächte sind alle 300 Meter über dem Meer, wir arbeiten dann aber bei 400 Meter unter dem Meer - was ist hier zu erwarten? (Gruppenarbeit am Forum)

Antwort ENSI: Die Höhenangaben über oder unter dem Meer sind nicht relevant. Wichtiger sind die hydrogeologischen Verhältnisse vor Ort. Man kann auch auf 2000 Meter über dem Meer Wasser haben und auf 2000 Meter unter dem Meer nicht. Es gibt viele Beispiele für Tunnel/Schächte unter dem Meer hindurch (Eurotunnel, Elbtunnel, Wesertunnel, Seikan-Tunnel, Grosser Belt, Holland-Tunnel, Eiksundtunnel (mit Tiefen bis zu 287m direkt unter dem Meeresspiegel)).

Zu erwarten ist grundsätzlich, dass die Temperaturen mit der Tiefe ansteigen, die Logistik und Bewetterung aufwändiger wird und der statische Auflockerungsdruck mit der Tiefe zunimmt. Mit zunehmender Tiefe nimmt der Wasserdruck in wasserführenden Schichten zu und es wird schwieriger abzudichten. In der Schweiz ist jedoch viel Erfahrung vorhanden, zumal es diverse Tunnel mit weit über 1000 Meter Überlagerung und entsprechenden Wasserdrücken gibt.

36. Welche Erdbebenwahrscheinlichkeit wird bei den Tiefenlagern einbezogen? (Gruppenarbeit am Forum)

Antwort ENSI: Bezüglich Erdbeben weist die Schweiz eine geringe bis mittlere Gefährdung auf. Die Wahl der Standortgebiete in Etappe 1 des Sachplans geologische Tiefenlager hat sich auf Gebiet mit geringer Erdbebenaktivität beschränkt. Für die Oberflächen- und untertägigen Anlagen wird ein Auslegungserdbeben definiert werden, auf das die Bausubstanz auszulegen ist. Untertägige Anlagen sind weniger durch Erdbeben gefährdet, da hier nur beschränkt frei schwingende Gebäudeteile vorhanden sind.

37. Ist die Verformung der Schächte ein Problem bezüglich der Rückholbarkeit? (Gruppenarbeit am Forum)

Antwort ENSI: Grosse Verformungen können insbesondere beim Bau des Schachts auftreten. Während des Baus werden die Verformungen permanent überwacht und, falls sie zu gross werden, können entsprechende Gegenmassnahmen ergriffen werden. Nach dem Ausbau des Schachts sind nur noch minimale Verformungen zu erwarten. Sie können im Rahmen einer periodisch vorzunehmenden Bauwerksprüfung überwacht werden. Sollten sich wider Erwarten nach längerer Zeit grössere Verformungen einstellen, wäre der Schacht



entsprechend zu sanieren, wofür es entsprechend der Ursache verschiedene Lösungsmöglichkeiten gibt. Damit kann dafür gesorgt werden, dass ein Schacht für den Fall einer Rückholung bis zum Verschluss der Anlage kontinuierlich zur Verfügung steht.

38. Ist ein Risikomanagement vorgesehen? Durch wen? (Gruppenarbeit am Forum)

Antwort ENSI: Ja. Das Risikomanagement besteht in einer Störfallanalyse bei der Planung. Das Risikomanagement ist Sache des Projektanden bzw. Betreibers. Dieser evaluiert, auf welche Störfälle die Anlage ausgelegt wird (diese Störfälle müssen beherrscht werden) und welche Störfälle beim Bau und Betrieb der Anlage nicht eingeplant werden müssen (die Auswirkungen solcher Störfälle müssen auf ein akzeptables Risiko reduziert werden). Das ENSI überprüft die angenommenen Szenarien und entsprechend getroffenen Massnahmen und fordert gegebenenfalls Nachbesserungen.