

Arbeitsgruppe Sicherheit Kantone (AG SiKa)
Kantonale Expertengruppe Sicherheit (KES)

Entsorgungsprogramm 2016

Kommentar

Zürich, Januar 2019

Arbeitsgruppe Sicherheit Kantone (AG SiKa)

Dr. Thomas Flüeler (Vorsitz)	Kanton Zürich
Regula Rometsch (Sekretariat)	Kanton Zürich
Oliver Genoni	Kanton Aargau
Dr. Joachim Heierli	Kanton Schaffhausen
Erich Müller	Kanton Thurgau
Dr. Kurt Nyffenegger	Kanton Zürich

Kantonale Expertengruppe Sicherheit (KES)

Dr. Hans Rudolf Keusen
Prof. Dr. Kalman Kovári
Prof. Dr. Stefan Schmid
Prof. Dr. Alan P. Green

Bezug: Baudirektion Kt. Zürich, AWEL, Abt. Energie, Stampfenbachstr. 12, 8090 Zürich
www.radioaktiveabfaelle.zh.ch (>Ausschuss der Kantone)

1. Einleitung und Vorgaben

Gemäss Kernenergiegesetz (KEG), in Kraft seit 2005, haben die Entsorgungspflichtigen für radioaktive Abfälle den Auftrag, ein Entsorgungsprogramm aufzustellen und periodisch anzupassen (KEG 2003, KEV 2004). Mit dem Entsorgungsprogramm 2016 (EP16) legte die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) ein aktualisiertes Programm vor, das den Zweck hat, die für die Entsorgung aller radioaktiven Abfälle der Schweiz notwendigen Arbeiten gesamtheitlich darzustellen sowie die konzeptuellen Vorgaben und Annahmen für die Auslegung der Anlagen und deren schrittweise Umsetzung aufzuzeigen (NTB 16-01, S. 7). Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) und die Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit (KNS) nahmen dazu im April 2018 Stellung. Das UVEK sah im Gegensatz zu einer früheren Auflage (EP08, NTB 08-01) im Mai 2018 davon ab, eine Vernehmlassung zum EP16 durchzuführen, «da dieses kein Bundesvorhaben, sondern ein technisches Programm der Entsorgungspflichtigen ist, das von den Bundesbehörden überprüft und überwacht wird» (BFE 2018b).

In seiner Stellungnahme zum Entsorgungsprogramm 2008 (EP08) hatte das ENSI von den Entsorgungspflichtigen gefordert, das «Forschungsprogramm als Teil des Entsorgungsprogramms» zu betrachten und dazu einen RD&D-Bericht zu erstellen (ENSI & BFE 2011, S. 40). Entsprechend verfügte der Bundesrat am 22. August 2013 zum EP08: Im RD&D-Plan sind «Zweck, Umfang, Art und zeitliche Abfolge der zukünftigen RD&D-Aktivitäten sowie der Umgang mit bestehenden Fragen zu dokumentieren. In den zukünftigen Entsorgungsprogrammen ist darzulegen, wie das Gesamtsystem «geologisches Tiefenlager» technisch und zeitlich umgesetzt werden soll und wie dabei die einzelnen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten miteinander und mit den Meilensteinen und Entscheidungen bei der Realisierung eines geologischen Tiefenlagers vernetzt sind. Hinsichtlich der Entscheidungen hat die Nagra aufzuzeigen, wann sie warum welche Forschungsvorhaben und Entwicklungen in Angriff nimmt und wo sie wann welche Schwerpunkte setzt. Für sicherheitsrelevante Entscheidungen sind verschiedene Alternativen zu betrachten und ein insgesamt für die Sicherheit günstiges Vorgehen zu wählen» (Bundesrat 2013, Ziff. 6.1f.). Die AG SiKa/KES teilt diese Zielsetzung uneingeschränkt und stuft ihre Umsetzung als dringlich ein.

Diesen Forschungsplan veröffentlichte die Nagra also zusammen mit dem EP16 als «The Nagra Research, Development and Demonstration (RD&D) Plan for the Disposal of Radioactive Waste in Switzerland» (NTB 16-02). Angesichts der schrittweisen Realisierung in einem sich über Jahrzehnte ausdehnenden Prozess ist gemäss Nagra eine «umfassende Planung der wissenschaftlichen und technischen Arbeiten erforderlich ... Diese Planung ist im vorliegenden Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrations-Plan ... (engl. Abkürzung RD&D) dokumentiert» (ebd., XI). «Als Planungsgrundlage für den vorliegenden RD&D-Plan dienen die eingereichten Vorschläge der Nagra für Etappe 2 des Sachplans, die zur Auswahl von geeigneten geologischen Standortgebieten ... führen werden ...» (ebd., XI).¹

Inzwischen hat der Bundesrat am 21. November 2018 eine Verfügung zum Entsorgungsprogramm der Entsorgungspflichtigen vom Dezember 2016 erlassen und darin Auflagen gemäss den Empfehlungen von BFE und ENSI aufgenommen (Bundesrat 2018). Auf derselben Grundlage erstellte er einen Bericht an National- und Ständerat mit dem Antrag, davon Kenntnis zu nehmen (Schweizerische Eidgenossenschaft 2018).

¹ Ziele und Erwartungen nach NTB 16-02: Forschungszweck, -umfang, -art und -ablauf (S. 3); Entscheidungsgrundlagen für Sicherheitsbeurteilungen (S. II, 3, 32, 61f., 178), für die Erfordernisse der Phasen der Lagerentwicklung (S. 65) und auch bereits des Sachplans (S. 32, 97); Erkennung von Massnahmen zum Wissensmanagement (S. 65), Schlüsselemente der strategischen Langzeitplanung (ebd.); Beitrag zur Prozessoptimierung und Entwicklung von Alternativen auf allen Ebenen (S. 3).

2. Auftrag und Abgrenzung

Vom Ausschuss der Kantone (AdK), dem politischen Leitgremium der möglichen Standortkantone im laufenden Sachplan geologische Tiefenlager (SGT), erhielt dessen Fachgremium, die Arbeitsgruppe Sicherheit Kantone/Kantonale Expertengruppe Sicherheit (AG SiKa/KES²), im September 2017 den Auftrag, zum Entsorgungsprogramm 2016 – wie 2012 zum EP08 – Stellung zu beziehen.

Mit dem Entscheid des UVEK vom Mai 2018 wurden, wie erwähnt, weder der AdK noch die AG SiKa/KES um eine Stellungnahme gebeten. Gleichwohl erachtet es die AG SiKa/KES als sinnvoll und nötig, sich zum Entsorgungsprogramm 2016 im Sinn eines Kommentars zu äussern. Dieses Programm ist unseres Erachtens bei den weiteren, auf SGT-Etappe 2 folgenden Bemühungen um die Entsorgung der radioaktiven Abfälle von zentraler Bedeutung. Dieser Kommentar richtet sich an die im Sachplan beteiligten Akteure, insbesondere an Nagra und Bund.

In diesem Zusammenhang ist zu vermerken, dass der Haupttext des Berichts zum Entsorgungsprogramm (NTB 16-01) zur Hälfte, derjenige des Forschungsplans (NTB 16-02) zu fast zwei Dritteln Aspekte des SGT behandelt (Kap. 3 und 5.4 bzw. Kap. 6 und 7). Entsprechend ihrer Funktion richtet die AG SiKa/KES ihr Augenmerk auf grundsätzliche sicherheitsrelevante Aspekte, das Einengungsverfahren im SGT (NTB 16-01) und im Forschungsbericht (NTB 16-02) auf die Forschungsbereiche der Experten, welche die Grundlagen für den vorliegenden Kommentar lieferten. Die Überlegungen zum EP08, etwa zur Variantendiskussion von Lagerkonzepten oder zum Zeitplan, behalten auch für das EP16 ihre Gültigkeit (AG SiKa/KES 2012). Dementsprechend und im Hinblick auf zielgerichtete Erfordernisse in der gerade angelaufenen Etappe 3 des Sachplans hat die AG SiKa/KES drei Schwerpunkte gesetzt:

1. eine übergeordnete Beurteilung des Entsorgungsprogramms im Zusammenhang mit den Meilensteinen und Entscheidungen in Sachplan und Rahmenbewilligung (NTB 16-01) (Kapitel 3 unten)
2. grundsätzliche Bemerkungen zum Forschungsplan und zu den oben erwähnten damit verbundenen Forderungen des Bundesrats (NTB 16-02) (Kapitel 4)
3. eine fachspezifische Beurteilung ausgewählter Forschungsthemen (NTB 16-02) (Kapitel 5)

Wo passend, wird auf die Stellungnahmen von ENSI (ENSI 2018a/2018b) und KNS (KNS 2018) zum EP16 eingetreten. Vom BFE (BFE 2018a) zusätzlich analysierte Themen (Kosten und Finanzierung, Informationskonzept) werden nicht behandelt. Vorliegend auch nicht behandelt werden Aspekte, die im Hinblick auf ein umfassendes Systemverständnis mit entsprechendem Lagerkonzept zu beurteilen sind.³

3. Übergeordnete Beurteilung des Entsorgungsprogramms der Nagra (NTB 16-01)

Angesichts der Komplexität des Sachverhalts und ihrer Ressourcen beschränkt sich die AG SiKa/KES in der Analyse von NTB 16-01 kapitelweise auf ihr wichtig scheinende Grundaussagen und entsprechende Kritikpunkte.

² Ab dem Bundesratsentscheid vom 21.11.2018 zum Abschluss der Etappe 2 und Start der – letzten – Etappe 3 des Auswahlverfahrens SGT besteht die AG SiKa noch aus Vertretungen der verbleibenden möglichen Standortkantone Aargau, Schaffhausen, Thurgau und Zürich.

³ Gemäss Auftrag des AdK (AdK 2017, S. 20) wird die AG SiKa/KES in einem weiteren Dokument eine Grundlage schaffen für die Beurteilung des Sicherheitsnachweises, den die Nagra als Bestandteil des Rahmenbewilligungsgesuchs (nach heutiger Planung 2024 einzureichen) beibringen wird.

3.1 Zu «Einleitung und Zielsetzung»

Mit dem vorliegenden Dokument NTB 16-01 wird eine übergeordnete Darstellung der Arbeiten im schweizerischen Entsorgungsprogramm erreicht. Positiv hervorzuheben ist, dass der Forschungsbericht gemäss bundesrätlicher Vorgabe gleichzeitig mit dem Entsorgungsprogramm veröffentlicht wurde (im Gegensatz zum EP08 und zu NTB 09-06). Allerdings kann von einem eigentlichen (umfassenden) «strategischen Arbeitsprogramm» (S. 7) nicht gesprochen werden, da der vom Bundesrat geforderte «Umgang mit bestehenden offenen Fragen» (Bundesrat 2013, S. 23) nicht systematisch dokumentiert wird. So müsste die Abarbeitung von in Anhang 3 aufgelisteten Themen konkret aufgezeigt werden (S. A-19ff.).⁴

Die AG SiKa/KES weist auf Lücken hin, die gemäss den Vorgaben zu diesem Zeitpunkt geschlossen sein müssten. Insbesondere gilt dies für den vom Bundesrat geforderten und von der AG SiKa/KES unterstützten «Umgang mit bestehenden offenen Fragen» und für die «Vernetzung der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten mit den Meilensteinen und Entscheidungen» in den kommenden Projektphasen (Bundesrat 2013, S. 23). Die gegenseitigen Abhängigkeiten der einzelnen Arbeitspakete (NTB 16-01, Anhänge A.2 und A.3) und die Sequenz ihrer Abarbeitung sollten konkret aufgezeigt sein.

Die AG SiKa/KES erachtet die Vernetzung als eine wichtige Grundlage für anstehende Entscheidungsfindungen (Standortbekanntgabe, Rahmenbewilligungsgesuch).

3.2 Zu «Herkunft, Art und Menge der radioaktiven Abfälle»

Mit den Dokumentationssystemen ISRAM und MIRAM verfügt die Nagra über umfassende Angaben zu Ist- und Sollzustand des Abfallinventars. Konservativerweise wird von einem Szenario ausgegangen, das 60 Jahre Kraftwerksbetrieb, neue Freigrenzen und Abklinglagerung laut revidierter Strahlenschutzverordnung (StSV 2017) unterstellt. Der Einlagerungsbetrieb des HAA-Lagers soll bis 2074 abgeschlossen werden (NTB 16-01, S. A-30). Die Stilllegung des jüngsten Kernkraftwerks Leibstadt (KKL) ist ab 2044 vorgesehen (S. A-38), somit verbleiben bis zum Ende des Einlagerungsbetriebs nur 30 Jahre. Für die Dimensionierung der Endlagerbehälter und Lagerstollen verwendete die Nagra für ihre Berechnungen jedoch eine Abklingdauer von 40 Jahren (für Uranoxid-Brennelemente, wie sie in Siedewasserreaktoren wie KKL verwendet werden). Für die in Druckwasserreaktoren verwendeten Mischoxid-Brennelemente berücksichtigte die Nagra eine Abklingdauer von 55 Jahren. Wenn das Kernkraftwerk Gösgen wie geplant im Jahr 2039 stillgelegt wird, beträgt die Abklingdauer der zugehörigen Brennelemente bis zum Ende der Einlagerung jedoch nur 35 Jahre (statt 55 Jahre). Entsprechend höher ist die Wärmeleistung der Brennelemente zum Zeitpunkt der Einlagerung. Vorgesehene Massnahmen sowie die Auswirkungen der teilweise verkürzten Abklingdauer auf den Platzbedarf der Lagerfelder sollten explizit aufgezeigt und quantifiziert werden. Entgegen den Angaben in EP08 (NTB 08-01, S. 15) wird eine Nachbehandlung von Abfällen zur Reduktion des Gehalts an Organika oder zur Metalleinschmelzung leider nicht mehr ins Auge gefasst. Diese Forderung wurde immer wieder von verschiedenen Seiten gestellt (z. B. KNS 2011, S. 6 und 18; Kanton Zürich 2012, S. 4; KNS 2017, S. 27; Kanton Zürich 2018, S. 8), denn Organika sind mögliche Komplexbildner für Radionuklide und Metallkorrosion führt zu erhöhtem Gasdruck in Tiefenlagern.

3.3 Zu «Die geologischen Tiefenlager»

Mit dem Konzept der geologischen Tiefenlagerung nach KEG wird das Prinzip der gestaffelten passiven Sicherheitsbarrieren gemäss international anerkanntem Konsens weiterverfolgt. Das Auswahlverfahren SGT hat bis Ende Etappe 2 zu einem bedeutend besseren erdwissenschaftlichen Kenntnisstand geführt. Das Lagerkonzept folgt den «klassischen» Eckpfeilern des

⁴ Ein Abgleich von NTB 16-02 mit seinem Vorgänger NTB 09-06 könnte den fortgeschrittenen Kenntnisstand dokumentieren.

Nagra-Konzepts (hochaktive Abfälle [HAA]: Stahlbehälter, Bentonitverfüllung, Streckenlagerung in langen unverzweigten Stollen), erweitert um Pilotlager, Kontrollierbarkeit und Rückholbarkeit. Das Konzept kann bis zur Eingabe des nuklearen Baubewilligungsgesuchs noch angepasst werden, lässt aber unseres Erachtens zum jetzigen Zeitpunkt zentrale Fragen offen: z. B. Platzbedarf im Hinblick auf die Dimensionierung von Temperatur und Gasdruck, Platzbedarf im Zusammenhang mit der Festlegung der Endlagerbehälter und Versiegelungsstrecken, Verschlussbauwerke, Zwischensiegel (S. 45), Ausbruchsicherung und Ausbau (S. 51), Verfüllung (S. 52), auch Behältermaterialien (ebd.). Auch wenn Arbeiten in den Untergrundlabors dazu gemacht wurden oder im Gang sind, fehlt nach wie vor ein Messkonzept zum seit 2005 gesetzlich geforderten Pilotlager. Eine entsprechende Empfehlung zu Inhalt und Umfang von Messungen hat auch die KNS formuliert (KNS 2018, Empfehlung 2, S. 29).

Die Berichte NTB 16-01 zum Entsorgungsprogramm und NTB 16-02 zum RD&D-Plan vom Dezember 2016 geben nur teilweise Aufschluss über die Vernetzung zwischen Auslegungsfragen und Erteilung der Rahmenbewilligung. Das EP16 stellt nicht dar, wie der Entscheidungsablauf in der Projektierung der Lagerfelder derzeit festgelegt ist und auf welchen Überlegungen er basiert, z. B. in Bezug auf die thermische Dimensionierung der HAA-Lagerfelder zur Bestimmung des Platzbedarfs als Parameter der Rahmenbewilligung.

3.4 Zu «Realisierungsplan für die geologischen Tiefenlager»

Nach Sachplan-Konzeptteil müsste heute, nach zehn Jahren Auswahlverfahren, der Standortentscheid gefällt sein. Die aktuelle Planung geht von einem zusätzlichen Jahrzehnt aus, bis ein geeigneter Standort gefunden sein soll. Der Sachplan ist also zeitlich im Verzug, nach Meinung der AG SiKa/KES nichtsdestotrotz inhaltlich auf Kurs, da die Ergebnisse insgesamt bisher zufriedenstellend sind. Die auf Empfehlung der kantonalen Experten erfolgte Ausdehnung der 2D-Seismik verbesserte die Datenlage deutlich und ermöglichte somit eine zufriedenstellende Vergleichbarkeit der Standortgebiete.

Was die künftige Planung angeht, besteht in folgenden Punkten Anpassungsbedarf. Die AG SiKa/KES empfiehlt, die Versiegelungstechnik intensiver als geplant zu erproben und zu entwickeln. Deren Funktionstüchtigkeit sollte nicht erst in den Testbereichen (S. 76), sondern vorher schon nachgewiesen werden – beispielsweise im Forschungslabor Mont Terri (vgl. Empfehlung 3 der KNS, KNS 2018, S. 30). Mit der vom Gesetz geforderten Beobachtungsphase sollte so schnell wie möglich, spätestens mit Einreichung des Gesuchs für die nukleare Betriebsbewilligung, begonnen werden (entgegen Angaben auf S. 81), damit der Ausgangszustand erfasst wird und die Zeitreihe maximiert werden kann. Ob eine Beobachtungsdauer von 50 Jahren nach Abschluss der Einlagerung ausreicht, ist nicht bekannt und wird auch nicht begründet; richtigerweise kann sie bei Bedarf angepasst werden (S. 86). Zur Beurteilung von Umfang und Erfolg der Qualitätssicherung und des Wissenstransfers wären Ausführungen zu den (internen und externen) Reviews hilfreich (S. 89, beispielsweise in Erweiterung von NTB 02-05, App. 4). Die «Überlieferung von Informationen an künftige Generationen» (S. 90) sollte nach Meinung der AG SiKa/KES auf der Basis einer systematischen und vollständigen Dokumentation der Planung und Projektierung des Tiefenlagers geschehen, die nicht nur für die ausführende Generation, sondern auch für folgende Generationen transparent erscheint. Dies hat der AdK in seiner Stellungnahme zu Etappe 2 festgehalten (AdK 2017, Empfehlung Nr. 2). Dabei geht es nicht nur um die Archivierung von Information, sondern um die Frage, wie das Wissen zu Konzept und Systemverständnis, Erkenntnissen und Erfahrungen weitergegeben wird (in Wissenschaft, Ingenieurwesen, Betriebsorganisationen, Entscheidungsträgern, Politik, Verwaltung und verschiedenen Öffentlichkeiten).

4. Grundsätzliche Bemerkungen zum Forschungsplan der Nagra (NTB 16-02)

Wie eingangs erwähnt sollen gemäss Bundesrat mit dem Forschungsprogramm (RD&D-Plan) «Zweck, Umfang, Art und zeitliche Abfolge der zukünftigen RD&D-Aktivitäten sowie der Umgang mit bestehenden offenen Fragen» dokumentiert sowie «miteinander und mit den Meilensteinen und Entscheidungen bei der Realisierung eines geologischen Tiefenlagers vernetzt» werden (Bundesrat 2013, Auflagen 6.1 und 6.2). Die AG SiKa/KES vermisst eine Auflistung und Bearbeitung der offenen Fragen sowie der Forschungsprojekte, welche zu deren Beantwortung durchgeführt werden. Zudem fehlen Angaben, bis zu welchem Zeitpunkt entsprechende Forschungsergebnisse erwartet werden und wie diese bei der Projektierung des Tiefenlagers berücksichtigt werden. Zuhanden des ENSI muss die Nagra denn auch die «offenen Fragen» erst in künftigen Entsorgungsprogrammen als «vollständige Auflistung» behandeln «zusammen mit Angaben darüber, wie und innert welcher Frist» deren Beantwortung vorgesehen ist (ENSI 2018a, S. 34, 41, 43, 48). Eine entsprechende Empfehlung gibt auch die KNS ab (KNS 2018, S. 30, Empfehlung 4). Diese Empfehlungen unterstützt die AG SiKa/KES. Sie ist jedoch der Meinung, dass es sinnvoller gewesen wäre, diese Angaben schon im vorliegenden Entsorgungsprogramm 2016 zu liefern, dies insbesondere im Zusammenhang mit dem Forschungsbedarf in den nächsten zehn Jahren, also dem Zeitraum der für die Standortwahl entscheidenden SGT-Etappe 3.

In NTB 16-02 ist nicht ausgeführt, inwiefern die Forschungsergebnisse der vergangenen Forschungsperiode bei der Lösung praktischer Probleme berücksichtigt wurden. Ebenso fehlt ein konkreter Bezug, wie die künftige Forschung und Entwicklung in die Tiefenlagerplanung und -projektierung in Etappe 3 einfließen sollen. Deshalb unterstützt die AG SiKa/KES die Forderung des ENSI nach einer «vernetzten Darstellung einzelner Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten miteinander und mit den Meilensteinen und Entscheidungen bei der Realisierung eines geologischen Tiefenlagers» (ENSI 2018a, S. 48-49). Sie teilt auch die Meinung des ENSI, dass die Nagra in künftigen RD&D-Plänen «zu jedem Forschungsgebiet die Ergebnisse der Forschungsprojekte und Experimente» aufzeigen soll (ebd., S. 49). Damit führt das ENSI noch nicht erfüllte Teile der Auflagen des Bundesrats (Auflagen 6.1 und 6.2) in Form neuer Empfehlungen für Auflagen weiter bzw. verschiebt die Frist für deren Erfüllung (ebd., S. 48-49; ENSI 2018b). Die AG SiKa/KES begrüsst, dass «getroffene Entscheide zusammen mit deren Begründungen in einer Form dokumentiert werden sollen, die langfristigen Bestand hat, damit sie auch künftig nachvollziehbar bleiben» (ebd., S. 48-49). Dies entspricht der Empfehlung Nr. 2 des AdK in dessen Stellungnahme zu Etappe 2 (AdK 2017).

5. Ausgewählte Fachthemen aus dem Forschungsplan der Nagra (NTB 16-02)

5.1 Geowissenschaftliche Fragen insbesondere aus Sicht der Seismik

Die fünf erdwissenschaftlichen Forschungsbereiche⁵ werden als zufriedenstellend behandelt eingestuft, auch wenn nicht ersichtlich ist, warum einzelne sehr detailliert bearbeitet, andere dagegen nur gestreift werden. Umfassende Abklärungen potenziell aktiver Strukturen sind in Etappe 3 nötig, und zwar mit verschiedenen geophysikalischen und geologischen Methoden. Die beim Geothermieprojekt St. Gallen vorgefundene hydraulische Verbindung zwischen dem Obersten Dogger und darunterliegenden vormesozoischen Schichten (möglicherweise permo-

⁵ 7.2.1 Investigations at the selected sites during SGT 3, 7.2.2.1 Development of site descriptive models, 7.2.2.2 Geological conditions (tectonics and sedimentology), 7.2.2.3 Geomechanical conditions, 7.2.2.4 Hydrogeological and hydrogeochemical conditions.

karbonische Einheiten) weist beispielhaft auf bis heute unbekannte hydrogeologische Überraschungen hin, die den Bau eines Tiefenlagers beeinflussen könnten (Diehl u. a. 2017). Entsprechend muss die regionale Hydrogeologie gemäss den Überlegungen in AG SiKa/KES 2017 (S. 21) vertieft untersucht werden. Die in NTB 16-02, S. 106, aufgeführten vorgeschlagenen Ansätze zur Abschätzung subseismischer Störungen (NAB 14-88) sind nicht ausreichend, existieren doch geeignete Methoden, die mit Daten aus der nun vorliegenden, qualitativ hochstehenden 3D-Seismik arbeiten. Für Etappe 3 ist es zweckdienlich und gemäss Konzeptteil notwendig (BFE 2008/2011, S. 65), Bewertungskriterien für die verbleibenden Standortgebiete aufzustellen, da im Gegensatz zur Negativplanung in Etappe 2 abschliessend die Wahl eines sicherheitstechnisch geeigneten Standorts erfolgen muss.⁶

5.2 Langzeitentwicklung und Erosion

Die AG SiKa/KES stimmt mit dem vorliegenden Text überein, dass sowohl für Standortvergleich, Standortauswahl wie auch Sicherheitsnachweis am schliesslich gewählten Standort die Erosion eine entscheidende Rolle spielt. Auch in NTB 16-02 (S. 113-118) werden die massgebenden Erosionsprozesse nach den drei wichtigsten Aspekten gegliedert: (i) Entwicklung der lokalen Erosionsbasis, (ii) Absenkung der lokalen Topografie (Denudation) und (iii) glaziale Übertiefungen (Tiefenerosion).

Entwicklung der lokalen Erosionsbasis

Die AG SiKa/KES ist mit der Nagra der Ansicht, dass der Entwicklung der lokalen Erosionsbasis eine grosse Bedeutung zukommt. Dazu wird in NTB 16-02 ein Schwergewicht auf die absolute Altersdatierung mit verschiedenen Methoden gelegt. Bei deren Beurteilung über die Lumineszenz-Eigenschaften vermisst die AG SiKa/KES aber den Hinweis, dass diese nur für relativ junge Ablagerungen (<120 000 J.) zuverlässige Resultate liefern. Insbesondere besteht nach wie vor grosse Ungewissheit über den Zeitpunkt, ab dem die Höheren Deckenschotter eingeschnitten wurden (1 oder 2 Mio. Jahre vor heute?). Grund dafür ist, dass auch heute noch eine nur einigermaßen zuverlässige Datierung der höheren Terrassen fehlt. Nur ein fokussiertes Forschungsprogramm ermöglicht es, künftige Erosionsszenarien abzuschätzen und damit einen soliden Sicherheitsnachweis zu führen. Leider lassen sich aus NTB 16-02 auch keine Angaben entnehmen zur Absenkung der Erosionsbasis im «Basisfall»⁷ bzw. «Basisfall neu»⁸ und im «pessimistischen Fall»⁹ bzw. «pessimistischen Fall neu»¹⁰ (vgl. NTB 14-02/III, S. 66-69, und AG SiKa/KES 2017, Beilage 3, Fig. 4 und 5).

Absenkung der lokalen Topographie (Denudation)

Denudation kann zu einer übermässigen Reduktion der das Lager abdeckenden Schichten, im schlimmsten Fall zu dessen Freisetzung führen. Ausserdem kann damit einhergehende Dekompaktion eine erhöhte Durchlässigkeit für Radionuklide nach sich ziehen (NTB 16-02, S. 113). Die Aussagen, wie diese Probleme angegangen werden sollen, sind allerdings ausgesprochen vage. Es fehlt ein Forschungsfokus zur Erosion, eine Priorisierung der Schwerpunkte, die in Etappe 3 vorgesehen sind. Bezüglich Abschätzung künftiger Erosion in den voraussichtlich in Etappe 3 verbleibenden geologischen Standortgebieten wird – weder in NTB 16-01 noch in NTB 16-02 – Bezug genommen auf die einschlägigen Feststellungen und Empfehlungen der AG SiKa/KES (2016 bzw. 2017). Dies ist für uns nicht nachvollziehbar, da vor allem für die Region Jura Ost die entsprechenden, einengenden Auswirkungen in gewissen Teilregionen ausschlaggebend sind.

⁶ Die Bewertungskriterien in Etappe 2 waren mit Mängeln behaftet, so dass sich die auf ihnen beruhende Zurückstellung des Standorts Nördlich Lägern als unhaltbar erwies (vgl. AG SiKa/KES 2016).

⁷ «Basisfall» nach Nagra-Szenario 1: total 125 m Eintiefung.

⁸ «Basisfall neu» nach AG SiKa/KES: total 175 m Eintiefung.

⁹ «Pessimistischer Fall» nach Nagra-Szenario 3a: total 200 m Eintiefung (pessimistisch für ZNO und NL), Szenario 3b: total 175 m Eintiefung (pessimistisch für JO).

¹⁰ «Pessimistischer Fall neu» nach AG SiKa/KES: total 250 m Eintiefung (für alle Gebiete).

Glaziale Übertiefungen (Tiefenerosion)

Die AG SiKa/KES vermisst konkrete Ansätze zur Untersuchung der komplexen Thematik «Prozesse glazialer Übertiefungen» hinsichtlich der vielfältigen und massgebenden Faktoren und Aspekte¹¹, die zu einer glazialen Tiefenerosion und der damit verbundenen Eintiefung des Felsuntergrundes führen. Diese können bekanntlich bis mehrere hundert Meter unter die Kote der lokalen Erosionsbasis reichen. So fehlen auch die näheren Vorgehensansätze, wie bis zur Standortfestlegung eine quantitative Abschätzung der möglichen Absenkung durch glaziale Tiefenerosion erreicht werden kann.

5.3 Geomechanik/Bautechnik/Langzeitsicherheit

Die Thematik Geomechanik/Bautechnik/Langzeitsicherheit wird in elf Forschungsbereiche eingeteilt.¹² Im Folgenden weist die AG SiKa/KES auf Mängel und kritische Punkte hin, die bereits früher¹³ klar zu Tage getreten sind.

Materialeigenschaften des Opalinustons – Gebirgsmodelle

Die Darstellung des heutigen Wissensstands muss von der Tatsache ausgehen, dass in Etappe 2 unter all den durchgeführten Triaxialversuchen am Opalinuston nur ein einziger Versuch strengen wissenschaftlichen Kriterien genügte (ENSI 2015). Anstatt von «robust geomechanical tests» oder «more robust testing protocols» (NTB 16-02, S. 129) zu sprechen, sollte präziser beschrieben werden, wie die erwartete grosse Menge von verwertbaren Bohrkernen aus den geplanten Sondierbohrungen der Etappe 3 untersucht werden soll. Die klare Angabe von Umfang, Zweck und Ablauf der geplanten Untersuchungen der Bohrkernsowie deren Einfluss auf die Entscheidungsfindung im Sachplan ist von grosser Bedeutung. Für die Laborversuche braucht es Leitlinien für die Auswahl und Vergleichbarkeit der zu prüfenden Bohrkernsowie eine Liste der durchzuführenden Versuche. Es sollte aufgezeigt werden, welche Versuche der Erstellung der Bauwerke (Bautechnik) und welche dem Nachweis der Langzeitsicherheit (lagerbedingte Einflüsse, Auflockerungszone usw.) dienen. Die Konditionierung der Bohrkerns nach der Entnahme, die Aufsättigung sowie die Kontrolle des Porenwasserdrucks bei den Triaxialversuchen sollten korrekt protokolliert werden.

In Bezug auf die Gebirgseigenschaften von Opalinuston ist zu erwähnen, dass Anfang Etappe 3 noch kein von Nagra und ENSI anerkanntes Gebirgsmodell vorliegt. Bei der mit dem Begriff «up- and downscaling» angedeuteten Vorgehensweise (NTB 16-02, S. 104) sollten die aus Mine-by-Versuchen gewonnenen Erkenntnisse – soweit auf andersartige Verhältnisse übertragbar – berücksichtigt werden. Als wichtigste Grundlage dafür müssten, wie erwähnt, die möglichen Bohrlochversuche, die Auswertung der Kernaussbeute und die auszuführenden Laborversuche in den Grundzügen festgelegt sein.

Auflockerungszone

Dem Thema der bautechnisch bedingten Auflockerungszone (*Excavation-Damaged Zone*, EDZ) wird ein eigener Forschungsbereich gewidmet (7.5.3.4, S. 196ff.). Eine Zone erhöhter Durchlässigkeit in der Umgebung der Hohlräume gewinnt jedoch erst an Bedeutung, falls die inhärente Fähigkeit des Wirtgesteins zur Selbstabdichtung vernachlässigt wird, dies im Sinn

¹¹ Massgebende Faktoren bzw. Parameter für die Bildung glazialer Übertiefungen sind beispielsweise: Geometrie bzw. Morphologie der Gletschersohle, Tiefenlage und Beschaffenheit der Felsoberfläche, Beschaffenheit des Gletschereises, Temperaturverteilung im Gletscherkörper, Eisüberlagerungshöhe, Schmelzwasserführung sowie Abstand zum «Gletschertor» (vgl. AG SiKa/KES 2017, Beilage 3, S. 20).

¹² 7.2.2.3 Geomechanical conditions, 7.2.3.3 Geomechanical processes, 7.2.3.5 Self-sealing, 7.4.1 Development of generic design concepts and operating schemes, 7.4.2 Adaptation of generic repository concepts to specific sites, 7.4.3 Tunnel construction concepts and materials technology for the support of SF/HLW emplacement drifts, 7.4.8 Repository (sealing and) closure, 7.5.2.1 The SF/HLW near-field, 7.5.2.2 The L/ILW near-field, 7.5.3.4 EDZ and the mechanical evolution of the surrounding Opalinus Clay, 7.5.3.5 Chemical evolution in the EDZ and the surrounding Opalinus Clay.

¹³ NAB 14-81, NAB 16-41 und NAB 16-45.

von «What if»-Fällen. Aufgrund von Beobachtungen und Feldmessungen (Deformationen, Porenwasserdruck, geophysikalische Grössen usw.) kann die EDZ empirisch ermittelt werden. Nebst Experimenten im Mont Terri (mit nachgewiesener EDZ im 2m-Bereich¹⁴) sind auch umfangreiche Untersuchungen in den Felslabors Mol/Belgien und Bure/Frankreich durchgeführt worden. Numerische Berechnungen plastischer Zonen können zwar im Sinn einer Prognose Hinweise auf solche Zonen geben, es wurde jedoch bereits anderswo (AG SiKa/KES 2016) angemerkt, dass solche rechnerisch ermittelten plastischen Zonen keine Aussage zur Veränderung der Durchlässigkeit in der Umgebung der Hohlräume zulassen. Die rechnerische Simulation einer möglichen Ausbildung der EDZ (NTB 16-02, S.198) ist mit Vorbehalt zu betrachten. Man denke an die unübersehbaren notwendigen Annahmen bezüglich

- Beschreibung des Gebirges vor dem Auffahren (Matrix, Klüftung usw.)
- Ausbildung einer Bruchzone (EDZ) infolge Tunnelbau
- Simulation der Selbstabdichtung

Wie in NTB 16-02 festgehalten, wird die Auflockerungszone – abgesehen von Tiefenlage, Vortriebsmethode sowie Art und Zeitpunkt des Einbringens der Ausbruchsicherung – von den lokalen Besonderheiten der Geologie (Tongehalt, Klüftung, Schichtung, Schichtrichtung usw.) bestimmt. Die tatsächliche Ausbildung der EDZ lässt sich deshalb erst im Rahmen der erdwissenschaftlichen Untersuchungen untertags ermitteln; und auch da kann die Veränderung der Durchlässigkeit nur mittels anderer, assoziierter Parameter wie der elektrischen Leitfähigkeit ermittelt werden. Hilfreich wären Felslabor-Tests im 100m-Bereich, um die Skaleneffekte zu untersuchen.

Selbstabdichtung

Das Phänomen der Selbstabdichtung ist ein Schlüsselthema, das Nagra und Sicherheitsbehörden seit dem Entsorgungsnachweis 2002 (NTB 02-05) beschäftigt. Auch in NTB 16-02 wird betont, dass einer der Gründe für die Wahl von Opalinuston als Wirtgestein dessen – sogar in der Natur beobachtetes – Vermögen sei, tektonische oder bautechnisch bedingte Klüfte und Risse im Lauf der Zeit zu schliessen (z. B. S. 132f.). Diese Eigenschaft des Opalinustons ist unumstritten, wissenschaftlich klar begründet und durch Beobachtungen im Feld bestätigt.

Der Simulation der Prozesse der Selbstabdichtung in der EDZ sind inhärente Grenzen gesetzt. Es müssen so viele Stoffgesetze und Materialparameter angenommen werden, dass die erzielten Resultate – wie immer sie ausfallen mögen – stets angezweifelt werden können. Aus NTB 16-02 geht nicht hervor, ob und wie der Forschungsbereich «Selbstabdichtungsvermögen» «mit den Meilensteinen und Entscheidungen bei der Realisierung eines geologischen Tiefenlagers» (Bundesrat 2013, Ziff. 6.1f.) vernetzt ist.

Bautechnische Aspekte (Projektierung und Bauausführung)

Die Bautechnik betreffen die Forschungsbereiche 7.4.1 (*Generic design concept*) und 7.4.3 (*Tunnel construction concepts*). Hier macht sich einmal mehr das Fehlen eines Referenzprojekts nachteilig bemerkbar. Die früher aufgedeckten Mängel in NAB 14-81, NAB 16-45 und NAB 16-46 (vgl. AG SiKa/KES 2016) finden sich unverändert im Bericht NTB 16-02 wieder. Man denke nur an die Zwischensiegel und die Machbarkeit der Anlage. Jene hat die Nagra bereits aufgegeben, diese wird seit dem Entsorgungsnachweis nicht mehr in Frage gestellt.

6. Folgerungen

Mit dem «Entsorgungsprogramm 2016 der Entsorgungspflichtigen» (NTB 16-01) wird eine übergeordnete Darstellung der Arbeiten im schweizerischen Entsorgungsprogramm vorgelegt.

¹⁴ Bossart u. a. 2002.

Es kann aber zu diesem Zeitpunkt kaum von einem umfassenden «strategischen Arbeitsprogramm» (ebd., S. 7) gesprochen werden. Der vom Bundesrat geforderte «Umgang mit bestehenden offenen Fragen» (Bundesrat 2013, S. 23) wird aus Sicht der AG SiKa/KES nicht systematisch genug dokumentiert. Dies gilt insbesondere für Bereiche, die in der soeben angelaufenen – den Sachplan geologische Tiefenlager abschliessenden – Etappe 3 ausreichend abgedeckt werden müssen. Es ist nicht erkennbar, wie und wo die Ergebnisse der vergangenen Forschungsperiode in die Lösung praktischer Probleme in der Etappe 2 eingeflossen sind. Zudem werden Hinweise zum Setzen von Schwerpunkten und zum zeitlichen Ablauf der Forschungs- und Entwicklungsprojekte vermisst. Die AG SiKa/KES erachtet es als notwendig, dass die Vernetzung der Forschungsvorhaben und der Arbeitspakete des EP16 zum Zeitpunkt der Standortbekanntgabe und des Rahmenbewilligungsgesuchs vorliegt, da sie eine wesentliche Entscheidungsgrundlage für diese Prozesse bildet.

Angesichts der überwältigenden Breite an Forschungsbedarf in der Entsorgung radioaktiver Abfälle ist eine umfassende Beurteilung der Forschungs- und Entwicklungsvorhaben der Entsorgungspflichtigen nicht möglich. Die fünf erdwissenschaftlichen Bereiche werden als zufriedenstellend behandelt eingestuft. Die AG SiKa/KES bedauert, dass die Bearbeitung der Themenkreise Geomechanik-Bautechnik-Langzeitsicherheit die gleichen Mängel und Widersprüche aufweist, die bereits früher klar zu Tage getreten sind; sie wurden in den Berichten der AG SiKa/KES (2016/2017) aufgeführt. Eine Methodenanalyse und das Studium einiger ausgewählter Bereiche des Forschungsprogramms 2016 lässt aufgrund der Lektüre von NTB 16-01 und NTB 16-02 Zweifel aufkommen, ob die Vorgaben des Bundesrats aus seiner Verfügung zum Entsorgungsprogramm 2008 eingehalten werden. Die AG SiKa/KES unterstützt diese Vorgaben und weist auf ihre Dringlichkeit hin. Das Fazit wird bestätigt durch die Stellungnahmen von ENSI und KNS, die eine Weiterführung der einschlägigen bundesrätlichen Auflagen empfehlen. Diese Empfehlungen sind inzwischen vom Bundesrat als Auflagen für weitere Entsorgungsprogramme aufgenommen worden (Bundesrat 2018).

Das vorliegende Dokument wurde vom Ausschuss der Kantone (AdK) mit Zirkularbeschluss vom 21. Januar 2019 in zustimmendem Sinn zur Kenntnis genommen.

7. Referenzen

AG SiKa/KES (2012). Anhörung zum Entsorgungsprogramm 2008. Stellungnahme. August 2012. Ausschuss der Kantone AdK, c/o Baudirektion Kt. Zürich, Zürich.

AG SiKa/KES (2016). Sachplan Geologische Tiefenlager (SGT) Etappe 2. Fachbericht vom 11. Januar 2016 zum 2x2-Vorschlag der Nagra.

AG SiKa/KES (2017). Sachplan Geologische Tiefenlager (SGT) Etappe 2. Fachbericht zu Etappe 2. August 2017.

AdK, Ausschuss der Kantone (2017). Sachplan geologische Tiefenlager. Stellungnahme zu Etappe 2. September 2017. AdK, c/o Baudirektion Kt. Zürich, Zürich.

BFE, Bundesamt für Energie (2008/2011). Sachplan geologische Tiefenlager. Konzeptteil. Aktualisierung November 2011. Bern.

BFE (2018a). Entsorgungsprogramm 2016 der Entsorgungspflichtigen. Stellungnahme des BFE. 17. April 2018.

BFE (2018b). Stellungnahmen zum Entsorgungsprogramm 2016 liegen vor. Medienmitteilung vom 24. Mai 2018.

Bossart, P., Meier, P. M., Moeri, A., Trick, T., Mayor, J. C. (2002). Geological and hydraulic characterisation of the excavation disturbed zone in the Opalinus Clay of the Mont Terri Rock Laboratory. Eng. Geol., 66, 19-38.

Bundesrat (2013). [Verfügung vom 28. August 2013] zum Entsorgungsprogramm der Entsorgungspflichtigen ... vom Oktober 2008.

Bundesrat (2018). [Verfügung vom 21. November 2018] zum Entsorgungsprogramm der Entsorgungspflichtigen vom Dezember 2016.

Diehl, T., Kraft, T., Kissling, E., & Wiemer, S. (2017). The induced earthquake sequence related to the St. Gallen deep geothermal project (Switzerland): Fault reactivation and fluid interactions imaged by microseismicity. *J. Geophys. Res. (Solid Earth)*, 122, 7272–7290.

ENSI, Eidg. Nuklearsicherheitsinspektorat & BFE (2011). Stellungnahme zum Entsorgungsprogramm 2008 der Entsorgungspflichtigen. ENSI 33/110. Brugg.

ENSI (2015). Amann F., Vogelhuber M. Expert report. Assessment of geomechanical properties of intact Opalinus Clay. Expertenbericht ENSI 33/461.

ENSI (2018a). Stellungnahme zum Entsorgungsprogramm 2016 der Entsorgungspflichtigen. ENSI 33/592.

ENSI (2018b). Empfehlungen und Hinweise aus der Beurteilung des Entsorgungsprogramms und des RD&D-Plans 2016. ENSI 33/593.

Kanton Zürich (2012). Regierungsratsbeschluss Nr. 1089. Entsorgungsprogramm und Umgang mit den Empfehlungen in den Gutachten und Stellungnahmen zum Entsorgungsnachweis (Anhörung). www.zh.ch/internet/de/aktuell/rrb/suche.html.

Kanton Zürich (2018). Regierungsratsbeschluss Nr. 264. Sachplan geologische Tiefenlager, Etappe 2 (Stellungnahme). www.zh.ch/internet/de/aktuell/rrb/suche.html.

KEG (Kernenergiegesetz) vom 21.3.2003. SR 732.1.

KEV (Kernenergieverordnung) vom 10.11.2004. SR 732.11.

KNS, Eidg. Kommission für nukleare Sicherheit (2011). Stellungnahme zum Entsorgungsprogramm 2008. KNS 23/262. Brugg.

KNS (2017). Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2, Stellungnahme zum sicherheitstechnischen Vorschlag der in Etappe 3 weiter zu untersuchenden geologischen Standortgebiete; KNS-02820.

KNS (2018). Stellungnahme des ENSI zum Entsorgungsprogramm 2016 der Entsorgungspflichtigen. Stellungnahme der KNS. KNS-02858.

NAB 14-81, Nagra (2014a). Beurteilung der Tiefenlage in Bezug auf die geotechnischen Bedingungen: Grundlagen für die Abgrenzung und Bewertung der Lagerperimeter. Nagra Arbeitsbericht (NAB). Nagra (Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle), Wettingen.

NAB 14-88, Nagra (2014b). Lanyon, G. W. & Madritsch, H. Simulation of layout determining fault networks based on 2D-seismic interpretations: Implications for subsurface space reserves in geological siting regions in northern Switzerland.

NAB 16-41, Nagra (2016c). ENSI-Nachforderung zum Indikator «Tiefenlage im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit» in SGT Etappe 2. Prüfung der Lager- und Barrierenkonzepte.

NAB 16-45, Nagra (2016d). ENSI-Nachforderung zum Indikator «Tiefenlage im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit» in SGT Etappe 2. Projektkonzepte für die Lagerkammern und Versiegelungsstrecken und deren Bewertung.

NTB 02-05, Nagra (2002). Project Opalinus Clay. Safety Report. Demonstration of disposal feasibility for spent fuel, vitrified high-level waste and long-lived intermediate-level waste (Entsorgungsnachweis). Nagra Technischer Bericht (NTB).

NTB 08-01, Nagra (2008). Entsorgungsprogramm 2008 der Entsorgungspflichtigen.

NTB 09-06, Nagra (2009). The Nagra Research, Development and Demonstration (RD&D) plan for the disposal of radioactive waste in Switzerland.

NTB 14-02/III, Nagra (2014c). SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlage. Geologische Grundlagen. Dossier III. Geologische Langzeitentwicklung.

NTB 16-01, Nagra (2016a). Entsorgungsprogramm 2016 der Entsorgungspflichtigen. Dezember 2016.

NTB 16-02, Nagra (2016b). The Nagra Research, Development and Demonstration (RD&D) plan for the disposal of radioactive waste in Switzerland. December 2016.

Schweizerische Eidgenossenschaft (2018). Bericht über das Entsorgungsprogramm 2016 der Entsorgungspflichtigen vom 21. November 2018.

StSV (Strahlenschutzverordnung) vom 26.4.2017 (Stand am 1.1.2019). SR 814.501.