



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI
Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN
Ispettorato federale della sicurezza nucleare IFSN
Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate ENSI



Gutachten zum Sondiergesuch NSG 18-01 – Sondierbohrungen Stadel 3



Gutachten zum Sondiergesuch NSG 18-01 – Sondierbohrungen Stadel 3

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	i
1 Einleitung	1
1.1 Veranlassung	1
1.2 Rechtliche Grundlagen	1
1.3 Inhalt und Umfang des Gutachtens	2
1.4 Ablauf der Gutachtenerstellung	3
2 Geologischer Bericht	4
2.1 Geologische Schichtfolge und einschlusswirksamer Gebirgsbereich	4
2.2 Tektonik	4
2.3 Hydrogeologie und Hydrochemie	5
3 Untersuchungsprogramm	6
3.1 Zielsetzung der Sondierbohrungen	6
3.2 Aktivitätsphasen der Sondierbohrungen Stadel 3	7
3.2.1 Bauphase	7
3.2.2 Betriebsphase	7
3.2.3 Beobachtungsphase	7
3.2.4 Verschlussarbeiten	7
3.3 Generelles Untersuchungs- und Bohrkonzzept	7
3.4 Vorgesehene Untersuchungen (Testarbeiten)	8
3.4.1 Geologie	8
3.4.2 Bohrlochgeophysik	9
3.4.3 Hydrogeologie und Hydrochemie	10
3.4.4 Geotechnik	10
3.4.5 Langzeitbeobachtung	10
3.5 Programmanpassungen	11
3.6 Auswahl des Bohrplatzes	11
4 Technische Gesuchsunterlagen	13
4.1 Örtliche Gegebenheiten	13
4.2 Platzerstellung und Platzausrüstung	13
4.3 Bohrkeller	14
4.4 Bohrarbeiten / Temporäre Anlagen	14

4.5	Diverses	15
4.5.1	Bohrspülung	15
4.5.2	Baustellensicherung	15
4.5.3	Brandschutz	15
5	Mögliche Auswirkungen auf Geologie und Umwelt	16
5.1	Einschlusswirksamer Gebirgsbereich	16
5.2	Grundwasserstockwerkstrennung	16
5.3	Induzierte Seismizität	16
5.4	Auftreten von Gas	17
5.5	Verfüllung / Versiegelung nach Abschluss der Arbeiten	18
6	Erdwissenschaftliche Dokumentation	20
7	Aufsicht und Begleitung	21
8	Zusammenfassung	22
9	Referenzen	23
Anhang 1	– Auflagenanträge des ENSI zum Sondiergesuch NSG 17-05	27
	Auflagenanträge zur Bauphase	27
	Auflagenanträge zur Betriebsphase	27
	Auflagenanträge zur Beobachtungsphase	29
	Auflagenanträge zu den Verschlussarbeiten	29
Anhang 2	– Hinweise des ENSI zum Sondiergesuch NSG 18-01	30

1 Einleitung

1.1 Veranlassung

Der Konzeptteil des Sachplans geologische Tiefenlager (SGT, BFE 2011) sieht vor, dass in Etappe 3 SGT die verbliebenen Standorte vertieft zu untersuchen und die geologischen Kenntnisse, falls nötig, mittels erdwissenschaftlicher Untersuchungen auf einen Stand zu bringen sind, der im Hinblick auf die Vorbereitung der Rahmenbewilligung(en) für geologische Tiefenlager einen aus sicherheitstechnischer Sicht vertieften Vergleich aufgrund verifizierter standortbezogener Daten ermöglicht.

Am 14. Dezember 2018 reichte die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) beim Bundesamt für Energie (BFE) das Sondiergesuch NSG 18-01 – Sondierbohrungen Stadel 3 ein. Mit diesem Gesuch wird, gestützt auf Art. 35 des Kernenergiegesetzes vom 21. März 2003 (KEG; SR 732.1), eine Bewilligung für erdwissenschaftliche Untersuchungen in Bezug auf das geologische Standortgebiet Nördlich Lägern beantragt. Von der Gesuchstellerin werden im Einzelnen folgende Bewilligungen beantragt (NSG 18-01, Kap. 8.3):

- Bewilligung für die Erstellung eines Bohrplatzes mit einer Geltungsdauer von 10 Jahren ab Rechtskraft;
- Bewilligung für den Betrieb des Bohrplatzes für die Dauer von 5 Jahren ab Baubeginn;
- Bewilligung zur Abteufung von bis zu drei Sondierbohrungen bis zu einer Teufe von 2000 m unter Terrain und zur Ausführung eines geowissenschaftlichen Untersuchungsprogramms;
- Bewilligung für die Erstellung und den Betrieb eines Bohrkellers, inkl. Zufahrt, für die Dauer von 45 Jahren (auf Gesuch verlängerbar bis 100 Jahre) nach Beendigung des Bohrbetriebs sowie
- Bewilligung, den Bohrplatz bei Bedarf erst nach Abschluss der Langzeitbeobachtung rückzubauen.
- Bewilligung für den Anschluss an das Mittelspannungsnetz, inkl. Zuleitungen zum Bohrplatz mit Betrieb einer temporären Trafostation auf dem Bohrplatz.

Am 28. Januar 2019 wurde das ENSI durch das federführende BFE beauftragt, eine sicherheitstechnische Beurteilung des eingereichten Gesuchs vorzunehmen und diese in einem Gutachten festzuhalten. Durch das ENSI werden die geologischen sowie Sicherheits- und Sicherungsaspekte beurteilt.

1.2 Rechtliche Grundlagen

Gemäss Art. 35 Abs. 1 KEG bedürfen erdwissenschaftliche Untersuchungen in möglichen Standortregionen, die dazu dienen, Kenntnisse im Hinblick auf ein geologisches Tiefenlager zu verschaffen, einer Bewilligung des zuständigen Departements. Art. 58 bis 60 der Kernenergieverordnung vom 10. Dezember 2004 (KEV; SR 732.11) spezifizieren die Gesuchsunterlagen. Art. 35 Abs. 2 KEG enthält die Voraussetzungen für die Erteilung der Bewilligung. Art. 36 KEG regelt den notwendigen Inhalt der Bewilligung.

Das Verfahren richtet sich nach dem kernenergierechtlichen Bewilligungsverfahren (Art. 49 Abs. 1 KEG). In diesem Rahmen beurteilt das ENSI als Fachbehörde, ob aus sicherheitstechnischer Sicht einer Bewilligungserteilung zugestimmt werden kann (Art. 72 Abs. 1 KEG). Bei dieser Bewertung prüft das ENSI nicht nur erdwissenschaftliche Aspekte im Hinblick auf die Standortsuche für ein geologisches Tiefenlager, sondern auch sicherheitstechnische Aspekte bei der Ausführung der vorgesehenen erdwissenschaftlichen Untersuchungen.

Das anwendbare Recht enthält keine eingehende Regelung zu den technischen Anforderungen an die Bauten und Anlagen für erdwissenschaftliche Untersuchungen. Als Beurteilungshilfe dienen dem ENSI anerkannte, fachlich genügend abgestützte private und kantonale Normen, Richtlinien und Standards wie

- die Normen des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins SIA;
- die Brandschutzvorschriften der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen VKF;
- die Normen der European Organisation for Technical Assessment EOTA;

sowie ausländische gesetzliche Vorgaben wie

- die Bergverordnung für Tiefbohrungen, Untergrundspeicher und für die Gewinnung von Bodenschätzen durch Bohrungen im Land Niedersachsen (BVOT);

soweit die Kriterien, auf welchen diese Unterlagen beruhen, mit den hier massgebenden Sicherheitsanforderungen vereinbar sind.

Ein erdwissenschaftliches Untersuchungsprogramm muss neuen Erkenntnissen angepasst werden können. Die Bewilligung kann daher nicht alle Untersuchungsschritte im Detail festlegen (Botschaft KEG 2001, Kap. 8.5.2.2). Diese Festlegung sowie die nötige Kontrolle geschehen mittels Freigaben (Art. 36 Abs. 1 Bst. b KEG). Die Nagra sieht vor, die freigabepflichtigen Bestandteile, d. h. die spezifisch durchzuführenden Untersuchungen, insbesondere die gewählten Bohrrichtungen und -tiefen sowie die für jeden Bohrlochabschnitt einzusetzenden Untersuchungs- und Testmethoden zu einem späteren Zeitpunkt in gesonderten Arbeitsprogrammen festzulegen und der Aufsichtsbehörde zur Freigabe einzureichen. Im Hinblick auf diese Arbeitsprogramme werden im vorliegenden Gutachten Auflagenanträge zuhanden des zuständigen Departements formuliert. Die Aufsicht über die erdwissenschaftlichen Untersuchungen liegt beim ENSI (siehe Kap. 7).

1.3 Inhalt und Umfang des Gutachtens

Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI nimmt neben weiteren Fachstellen des Bundes im Auftrag des BFE zum Gesuch Stellung. Seine Beurteilung erfolgt nach den Vorgaben des Kernenergiegesetzes (Art. 35 und 36 KEG) und der Kernenergieverordnung (Art. 58 bis 61 KEV). Zusätzlich zu diesen Vorgaben, werden aus sicherheitstechnischer Perspektive auch die für das ersuchte Vorhaben wichtigsten infrastrukturellen Bauwerke durch das ENSI beurteilt.

Im vorliegenden Gutachten bezieht das ENSI Stellung zu den in Grundzügen beantragten Untersuchungen (insb. zur Lage und räumlichen Ausdehnung des Vorhabens). Ergänzend werden mit Hilfe von Auflagenanträgen zuhanden der Bewilligungsbehörde diejenigen Untersuchungen festgelegt, welche erst nach Freigabe durch die Aufsichtsbehörde ausgeführt werden dürfen. Ausserdem wird der aus Sicht des ENSI notwendige Umfang der erdwissenschaftlichen Dokumentation festgelegt und das zukünftige Aufsichtsverfahren in seinen Grundzügen beschrieben.

Die Gesamtbeurteilung des ENSI orientiert sich an den folgenden drei Hauptfragestellungen:

1. Sind die geplanten Untersuchungen geeignet, die erforderlichen Grundlagen für die spätere Beurteilung der Sicherheit eines geologischen Tiefenlagers zu erbringen?
2. Ist durch die geplanten Aktivitäten die Eignung des betroffenen geologischen Standortgebiets bzw. des potentiellen, untertägigen Lagerperimeters gefährdet?
3. Kann dem Vorhaben im Allgemeinen, sowie dem beantragten Bohrplatz/-keller im Speziellen aus der Sicht von Sicherheit und technischer Machbarkeit zugestimmt werden?

Im vorliegenden Gutachten werden die gemäss den Vorgaben in Art. 58 KEV geforderten Gesuchsunterlagen in den nachfolgenden Kapiteln 2 «Geologischer Bericht», 3 «Untersuchungsprogramm» und

5 «Mögliche Auswirkungen auf Geologie und Umwelt» beurteilt. Die in Art. 58 KEV geforderten Übersichtskarten und -pläne sowie die Angabe der gewünschten Dauer wurden im Rahmen der vorgängigen Vollständigkeitsprüfung durch das BFE und das ENSI (ENSI 2019a) geprüft.

Die Prüfung und Beurteilung des ENSI erfolgte unter Mitwirkung von externen Experten. Hierzu zählen Mitarbeitende der Geologiebüros Dr. von Moos AG und Häring Geo-Project.

1.4 Ablauf der Gutachtenerstellung

Die Überprüfung der Gesuchsunterlagen der Nagra durch das ENSI und der Ablauf der Gutachtenerstellung umfassten die folgenden Schritte:

1. Einreichung des Sondiergesuchs NSG 18-01 – Sondierbohrungen Stadel 3 durch die Nagra am 14. Dezember 2018 beim BFE als Leitbehörde.
2. Vollständigkeitsprüfung des Sondiergesuchs und Zustellung der Ergebnisse an das BFE am 14. Januar 2019.
3. Überarbeitung des Gesuchs durch die Nagra entsprechend den Ergebnissen der Vollständigkeits- und inhaltlichen Grobprüfung und Neueinreichung beim BFE, Zustellung des überarbeiteten Sondiergesuchs am 28. Januar 2019 durch das BFE.
4. Detailprüfung des Sondiergesuchs durch das ENSI:
 - a. Erstellung der Gutachtenbeiträge: Überprüfung der überarbeiteten Gesuchsunterlagen, Prüfung und Zusammenfassung der Angaben der Gesuchstellerin, Darlegung der Beurteilungsgrundlagen sowie fachliche Beurteilung durch die zuständigen Fachsektionen des ENSI.
 - b. Zusammenführen der Gutachtenbeiträge zu einem Gutachtenentwurf und Redigieren des Entwurfs. Sichtung und Kommentierung des Gutachtenentwurfs durch die Geschäftsleitung des ENSI. Festlegung der Anträge für Nebenbestimmungen.
 - c. Zustellung des Gutachtenentwurfs an die Nagra zur Prüfung, ob die Angaben der Nagra im Gutachtenentwurf des ENSI korrekt zitiert bzw. zusammengefasst wurden, sowie Zustellung einer Kopie an das BFE zur Information.
 - d. Prüfung, Bewertung und ggf. Berücksichtigung der Verbesserungsvorschläge der Nagra.
 - e. Schlussredaktion des Gutachtenentwurfs sowie Zustellung des finalen ENSI-Gutachtens an das BFE (Juni 2019).

Das ENSI hat Kenntnis davon, dass die Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit (KNS) auf eigenen Wunsch keine Stellungnahme gemäss Art. 71 Abs. 3 KEG erstellt.

2 Geologischer Bericht

Mit Kapitel 2 «Geologischer Bericht (nach Art. 60 KEV)» des Gesuchs kommt die Nagra den in Art. 58 Bst. b und Art. 60 KEV formulierten Anforderungen an die Gesuchsunterlagen nach einem geologischen Bericht nach. Darin wird eine zusammenfassende Übersicht über den Kenntnisstand des geologischen Untergrunds im Umfeld des beantragten Bohrplatzes Stadel 3 gegeben. Des Weiteren werden der einschlusswirksame Gebirgsbereich (EG), die strukturgeologischen und tektonischen Verhältnisse sowie die regionale und lokale Hydrogeologie/-chemie für das zu untersuchende geologische Standortgebiet Nördlich Lägern zusammenfassend beschrieben. Das ENSI beurteilt die dargestellte Datenlage als ausreichend und zweckmässig im Hinblick auf die Beurteilung der Eignung der Untersuchungen sowie einer Beeinträchtigung des Standorts nach Art. 35 KEG.

2.1 Geologische Schichtfolge und einschlusswirksamer Gebirgsbereich

Die Angaben zur Geologie entsprechen dem aktuellen Kenntnisstand zum Zeitpunkt der Gesuchstellung. Durch zahlreiche Verweise auf weitere Referenzberichte werden die knapp gehaltenen Angaben des Gesuchs sinnvoll ergänzt. Das ENSI beurteilt den Umfang und Detaillierungsgrad der dargelegten Datenbasis als ausreichend für die Zielsetzung des Gesuchs. Die anhand dieser Datenbasis abgeleitete geologische Schichtfolge (vgl. NSG 18-01, Beilage 3, Prognoseprofil) wird bis zur beantragten Maximaltiefe von 2000 m u. T. als inhaltlich nachvollziehbar und plausibel beurteilt.

Damit die Eignung des geologischen Standortgebiets Nördlich Lägern nicht durch das ersuchte Vorhaben beeinträchtigt wird, ist der EG vor unnötiger Verletzung zu schützen. Der EG stellt denjenigen Teil des Untergrunds dar, welcher aufgrund seiner Barriereigenschaften den langfristigen Rückhalt radioaktiver Stoffe sicherstellt. Er setzt sich aus dem Wirtgestein sowie den oberen und unteren Rahmengesteinen zusammen. Die Obergrenze des EG wird durch die Oberkante des Effingen Members gebildet und auf 560 m u. T. erwartet. Das Wirtgestein für ein Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) sowie hochaktive Abfälle (HAA) ist der ab 740 m u. T. erwartete Opalinuston. Seine vertikale Mächtigkeit wird am Bohrplatz Stadel 3 mit 120 m veranschlagt. Die Untergrenze des EG wird durch die Basis der Bänkerjoch-Formation (Gipskeuper) gebildet und auf 1015 m u. T. vermutet. Nach Auffassung des ENSI ist der besonders zu schützende EG in den Gesuchsunterlagen, unter Berücksichtigung der existierenden Ungewissheiten, ausreichend detailliert räumlich abgrenzbar und korrekt dargestellt.

2.2 Tektonik

Die Darstellung der Tektonik des Standortgebiets bezieht sich insbesondere auf die Auswertung aufgenommener und reprozessierter 2D-Seismikdaten (z. B. NAB 13-10), die Kartierung sprödetektonischer Elemente in Oberflächenaufschlüssen (NAB 12-41), zusammengefasst im geologischen Synthesebericht zur Etappe 2 SGT (NTB 14-02-II) sowie auf spätere kinematische Bilanzierungen (NAB 14-105). Neuere Informationen auf Basis der 2016/17 gemessenen 3D-Seismik werden seitens ENSI hier nicht beurteilt, da die entsprechenden Abschlussberichte dem ENSI nicht vorliegen. Aufgrund der aus Etappe 2 SGT vorliegenden seismischen Daten sind jedoch die Position und Ausdehnung der begrenzenden tektonischen Elemente bis zur Basis Mesozoikum in genügendem Umfang bekannt.

Das Standortgebiet Nördlich Lägern ist Teil der Vorfaltenzone. Das mesozoische Deckgebirge liegt im Hangenden des Nordrandes und zentralen Bereichs des Nordschweizer Permokarbons (NAB 14-17). Nur abschnittsweise liegen wenig gestörte mesozoische Schichten vor, am wenigsten gestört gelagert ist der zentrale bis südliche Ostteil des Standortgebiets, während gegen Norden eine ausgehende zu meidende tektonische Zone angenommen (und aus Sicht der Nagra aufgrund der 3D-Seismik auch bestätigt) wird. Im Norden wird das Standortgebiet durch die regionalen Störungszonen der Siglistorf-Antiklinale und der Eglisau-Störung, im Süden durch die Stadel-Irchel-Antiklinale begrenzt und randlich tektonisch beeinflusst. Die Transportweite des mesozoischen Sedimentstapels liegt bei

ca. 200 m. Es gibt gemäss Nagra Anzeichen dafür, dass die Trogränder in der jüngeren geologischen Geschichte reaktiviert worden sind (Flexurbildung). Ebenso gibt es vage Anzeichen neotektonischer Aktivität entlang der Stadel-Irchel-Antiklinale (NTB 14-02-III).

Das ENSI ist mit dieser Darstellung der Tektonik einverstanden. Seitens Nagra noch nicht abschliessend interpretiert sind zurzeit die N-S- bis NNW-SSE-verlaufenden Störungszonen, die als Teil einer provisorischen Interpretation der 3D-Seismik berücksichtigt wurden (NSG 18-01, Fig. 6.1). Mehrere dieser Lineamente könnten sich gemäss Nagra (ENSI 33/721) noch als Artefakte herausstellen, so dass eine frühzeitige tektonische Interpretation zurzeit nicht sinnvoll ist.

2.3 Hydrogeologie und Hydrochemie

Die Beschreibung hydrogeologischer Einheiten (Abfolge der Grundwasserleiter und -stauer), die zugehörigen hydraulischen Durchlässigkeiten und hydrochemischen Zusammensetzungen wurden mit aktuellen, im Rahmen des Sachplans geologische Tiefenlager zusammengestellten und überprüften Unterlagen verglichen. Die Angaben der Gesuchstellerin entsprechen dem aktuellen Kenntnisstand und werden als belastbar beurteilt.

3 Untersuchungsprogramm

Mit dem Kapitel 3 «Untersuchungsprogramm (nach Art. 59 KEV)» des Gesuchs kommt die Nagra den in Art. 58 Bst. a und Art. 59 KEV formulierten Anforderungen an die Gesuchsunterlagen nach einem Untersuchungsprogramm nach. Das Untersuchungsprogramm beschreibt die Ziele und den voraussichtlichen Umfang der Untersuchungen am Bohrplatz Stadel 3 sowie deren Beginn und voraussichtliche Dauer. Das ENSI beurteilt die dargelegten Informationen als ausreichend und zweckmässig im Hinblick auf die Beurteilung der Eignung der Untersuchungen sowie einer Beeinträchtigung des Standorts nach Art. 35 KEG und zur Festlegung, welche Untersuchungen erst nach Freigabe durch die Aufsichtsbehörden ausgeführt werden dürfen (Art. 36 Abs. 1 Bst. b KEG).

3.1 Zielsetzung der Sondierbohrungen

Die im Gesuch formulierten Zielsetzungen (NSG 18-01, Kap. 3.1) sowie das dargestellte Untersuchungsprogramm (NSG 18-01, Kap. 3.2 und 3.3) stützen sich auf das im NAB 16-28 dokumentierte Explorationskonzept des Standortgebiets Nördlich Lägern. Dieses übergeordnete Konzept wurde vom ENSI im Rahmen seines sicherheitstechnischen Gutachtens zum Einengungsvorschlag geologischer Standortgebiete beurteilt (ENSI 33/540, Kap. 8). Dort wird vom ENSI festgehalten, dass die von der Nagra dargelegten Ziele der Standortcharakterisierung für Etappe 3 SGT nachvollziehbar und sinnvoll sind. Die Zielsetzungen der Standortuntersuchungen im Sondiergesuch sind inhaltlich identisch mit den im Explorationskonzept formulierten Zielsetzungen. In Übereinstimmung mit ENSI 33/540 weist das ENSI darauf hin, dass aus seiner Sicht Untersuchungen zur Verkarstung der Gesteine des Muschelkalks in den Zielsetzungen fehlen und diese im Arbeitsprogramm ggf. zu diskutieren sind.

Der Bohrplatz Stadel 3 liegt im zentralen Ostteil des Standortgebiets Nördlich Lägern. Gemäss NSG 18-01 (Kap. 6.2.2) sollen die Sondierbohrungen am Bohrplatz Stadel 3 dazu dienen, Kenntnisse über den nördlichen Teil des sich aus den provisorischen Interpretationsergebnissen der 3D-Seismik ergebenden «Untersuchungsperimeters Tiefbohrungen» zu gewinnen. Der Untersuchungsperimeter für Tiefbohrungen umfasst zukünftige, anhand der detaillierten Auswertung der 3D-Seismik abzugrenzende, potenzielle Lagerzonen. Dafür wurde ein Bohrplatz gesucht, welcher im randlichen Bereich des Untersuchungsperimeters Tiefbohrungen und damit ausserhalb des gemäss der 3D-Seismikinterpretation stärker tektonisch überprägten Bereichs sowie innerhalb der «Schwellenzone» des 'Braunen Doggers' liegt (NSG 18-01, Fig. 6.1). Zudem wurde ein Bohrstandort gesucht, welcher im westlichen Bereich der sogenannten «Schwellenzone» des 'Braunen Doggers' liegt (vgl. Fig. 6.1; vgl. Meier & Deplazes 2014).

Zur Zielsetzung der vorgesehenen Untersuchungen zählen neben den vom Standort des Bohrplatzes unabhängigen Analysen (Charakterisierung der Tiefenlage, Mächtigkeit, Fazies und Eigenschaften von Wirt- und Rahmengesteinen und begrenzenden Tiefenaquiferen, Untersuchungen zu den bautechnischen Verhältnissen im Opalinuston und in den darüber liegenden Gesteinsschichten sowie bei Bedarf exemplarische Charakterisierung von steilstehenden Störungszonen) auch für den Bohrplatz Stadel 3 spezifische Fragestellungen. Hierzu gehören die Bestimmung der Temperatur- und Spannungsverhältnisse bis in den prä-mesozoischen Sockel hinein. Nach Ansicht des ENSI ergänzen die vorgesehenen Untersuchungen am Bohrplatz Stadel 3 den bestehenden Kenntnisstand (vgl. Kap. 2). Die standortunabhängigen und -spezifischen Zielsetzungen der Sondierbohrungen Stadel 3 werden vom ENSI als sinnvoll beurteilt. Die Erfassung von Geometrie, Eigenschaften und Zustandsparameter des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs sowie der umliegenden geologischen Formationen wird daher als geeignet und erforderlich beurteilt, insbesondere im Hinblick auf eine Abgrenzung untertägiger potentieller Lagerzonen für ein allfälliges Rahmenbewilligungsgesuch.

3.2 Aktivitätsphasen der Sondierbohrungen Stadel 3

Im Gesuch werden von der Nagra die verschiedenen Aktivitäten in drei Phasen (Bau-, Betriebs- und Beobachtungsphase) gegliedert. Vor dem Hintergrund, dass es sich bei den ersuchten erdwissenschaftlichen Untersuchungen um ggf. langfristige Vorhaben handelt, welche Jahre bzw. Jahrzehnte dauern könnten, begrüsst das ENSI diese Unterteilung. Im Folgenden werden die drei Phasen definiert, auf welche das ENSI in seinen Auflagenanträgen Bezug nimmt.

3.2.1 Bauphase

Gemäss Gesuch umfasst die Bauphase die Erstellung und Erschliessung des Bohrplatzes inklusive Bau des Bohrkellers und der Foundation für das Bohrgerät. Des Weiteren umfasst die Bauphase die Installation des Bohrgeräts (NSG 18-01, S. 33 und 61). Das ENSI ist mit der Abgrenzung der Bauphase einverstanden.

3.2.2 Betriebsphase

Die Betriebsphase umfasst die Hauptaktivitäten am Bohrplatz. Gemäss Gesuch werden während der Betriebsphase die Sondierbohrungen Stadel 3 abgeteuft und das Untersuchungsprogramm mit seinen Testarbeiten durchgeführt. Sofern keine Langzeitbeobachtung erfolgt (s. u.), gehören zur Betriebsphase ebenso der Abbruch der Fundamente, der Rückbau des Bohrplatzes sowie die Rekultivierungsarbeiten (NSG 18-01, S. 61 f.). Das ENSI ist mit der Abgrenzung der Betriebsphase einverstanden. Ergänzend macht das ENSI darauf aufmerksam, dass, sofern keine Langzeitbeobachtung erfolgt, auch die Verfüll- und Versiegelungsarbeiten der erstellen Bohrlöcher (s. u.) zur Betriebsphase gehören.

3.2.3 Beobachtungsphase

Die optionale (Langzeit-)Beobachtungsphase oder Überwachungsphase beginnt gemäss Gesuch nach Abschluss der Betriebsphase. Hierfür wird die befestigte Bohrplatzfläche grösstenteils belassen; auch bleiben einzelne Werkleitungen für die Dauer der Beobachtungsphase vor Ort. Die Beobachtungsphase, welche Jahre bzw. Jahrzehnte dauern kann, umfasst die Nutzung des Bohrkellers sowie von Messeinrichtungen in den Bohrlöchern (NSG 18-01, S. 41 und 61). Das ENSI ist mit der Abgrenzung der Beobachtungsphase einverstanden. Diese Phase endet mit dem Abschluss der Verfüll- und Versiegelungsarbeiten.

3.2.4 Verschlussarbeiten

Nach Abschluss der Untersuchungen in den Sondierbohrungen bzw. gegebenenfalls erst nach Abschluss der Langzeitbeobachtungen werden die Sondierbohrungen nach dem Stand der Technik verfüllt oder versiegelt. Hierbei kommen die Bestimmungen der von verschiedenen deutschen Bundesländern erlassenen Tiefbohrverordnungen zur Anwendung (NSG 18-01, S. 83).

3.3 Generelles Untersuchungs- und Bohrkonzept

Zur Erreichung der gesetzten übergeordneten und bohrplatzspezifischen Untersuchungsziele sind von der Nagra Tiefbohrungen vorgesehen. Je nach Zielsetzung können dies Vertikal- und/oder Schrägbohrungen sowie auch aus der Vertikalen abgelenkte Bohrungen sein. Zur Bestimmung der Gesteinseigenschaften und/oder der Erfassung von Störungsgeometrien soll (Bohr-)Kernmaterial aus der Tiefe gewonnen werden. Die vom Bohrplatz Stadel 3 ausgehenden Tiefbohrungen werden mit ihren Bohrpfadern gemäss Nagra so angeordnet, dass die standortbezogenen Untersuchungsziele gemäss dem Explorationskonzept (NAB 16-28) erreicht werden können. Dabei werden sie so platziert, dass das Platzangebot innerhalb der untertägigen Lagerperimeter nicht wesentlich eingeschränkt wird. Die Reihenfolge der einzelnen Sondierbohrungen soll in Abhängigkeit ihrer Relevanz und der erwarteten Aussagekraft der

geplanten Untersuchungen festgelegt werden. Dieses generelle Untersuchungs- und Bohrkonzept wird – angepasst an die lokalen geologischen Verhältnisse und in Abhängigkeit von den letztendlich durchzuführenden Untersuchungen – in ein Bohr- und Verrohrungskonzept überführt. Dieses wird sich gemäss Nagra nicht grundsätzlich von den bereits bekannten und erfolgreich umgesetzten Konzepten der Nagra, wie beispielsweise denen der Sondierbohrungen Böttstein (NTB 85-12), Weiach (NTB 86-06), Riniken (NTB 86-07), Schafisheim (NTB 86-08), Kaisten (NTB 86-09), Leuggern (NTB 86-10), Siblingen (NTB 90-38) und insbesondere Benken (NTB 99-12) unterscheiden.

Aus Sicht des ENSI konnte die Nagra mit den o. g. Tiefbohrungen zeigen, dass die ersuchten Untersuchungen umsetzbar und wie die entsprechenden Arbeiten hierzu auszuführen sind. Des Weiteren hält es das ENSI für sinnvoll und nachvollziehbar, das auszuführende Bohr- und Verrohrungskonzept an Erkenntnisse aus den vorangegangenen Bohrungen anpassen zu können. Beim vorliegenden Kenntnisstand der Geologie ist davon auszugehen, dass sich die effektiven Absetztiefen der Verrohrungen nur beschränkt von den geplanten Tiefen unterscheiden werden. Die zu wählenden Bohrdurchmesser sind hingegen stark von den im Bohrloch vorgesehenen Untersuchungen in der Betriebs- und Beobachtungsphase abhängig. Das Bohr- und Verrohrungskonzept ist daher im Rahmen der Bewilligung erdwissenschaftlicher Untersuchungen noch nicht abschliessend festlegbar, sondern erst in nachfolgenden Schritten.

Auflagenantrag 3-1: Vor dem Beginn der Betriebsphase ist eine Freigabe der geplanten Arbeiten durch das ENSI zu beantragen. Hierzu ist vom Bewilligungsinhaber schriftlich in einem Arbeitsprogramm zu dokumentieren, wie die vorgesehenen Untersuchungen im Detail ausgeführt werden sollen. Pro Bohrung ist je ein separates Arbeitsprogramm einzureichen.

Auflagenantrag 3-2: Das zur Freigabe der Betriebsphase einzureichende Arbeitsprogramm muss ein detailliertes Bohrprogramm mit dem vorgesehenen Bohrfeld, dessen tolerierten Abweichungen, den geplanten Bohrdurchmessern sowie den geplanten Absetzpunkten der Verrohrung umfassen.

Auflagenantrag 3-3: Das zur Freigabe der Betriebsphase einzureichende Arbeitsprogramm muss einen Verrohrungs- und Zementationsplan umfassen, welcher aufzeigt, wie die Stabilität des Bohrloches sichergestellt, eine vertikale Zirkulation von Fluiden entlang des gesamten Bohrloches verhindert und die Kontrolle über die Gas- und Wasserführung im Bohrloch gewährleistet wird. Dabei sind die Mindestanforderungen an die Zementation und Massnahmen zur Qualitätsprüfung der Zementation zu erläutern. Ausserdem ist aufzuzeigen, wie viel tiefer als geplant mit dem vorgesehenen Verrohrungskonzept gebohrt werden kann und welche Untersuchungen im vertieften Bereich noch möglich sind, sollte dies aufgrund unerwarteter Geologie notwendig sein. Dabei sind die Optionen aufzuzeigen, wie und bis auf welche Tiefe die paläozoischen Sedimente, sofern vorhanden, untersucht werden könnten.

3.4 Vorgesehene Untersuchungen (Testarbeiten)

Im Gutachten zum Entsorgungsnachweis (HSK 35/99) wurde festgehalten, dass die Rahmengesteine und das Wirtgestein jeweils mit dem gleichen Aufwand untersucht und beschrieben werden sollen. Das ENSI geht daher davon aus, dass entsprechende Untersuchungen und Testarbeiten auch in den Sondierbohrungen Stadel 3 über den gesamten einschlusswirksamen Gebirgsbereich in vergleichbarem Umfang und Detaillierungsgrad ausgeführt werden.

3.4.1 Geologie

Die erste Sondierbohrung auf dem Bohrplatz Stadel 3 ist zum jetzigen Zeitpunkt als Vertikalbohrung bis ca. 50 m unter die Basis des Mesozoikums vorgesehen. Mit Hilfe einer Meisselbohrung soll zunächst der anstehende Fels erreicht werden. Anschliessend ist vorgesehen, die Bohrung als Kernbohrung bis zur Endteufe von ca. 1250 m u. T. auszuführen. Unter Umständen ist es denkbar, die Bohrung auch teilweise destruktiv abzuteufen (NSG 18-01, S. 15). Weitere, geneigte Bohrungen mit einer maximalen Abweichung gegenüber der Senkrechten von ca. 45° (Schrägbohrungen) sowie aus der Senkrechten

abgelenkte Bohrungen sind nach Bedarf vorgesehen. Das ENSI geht davon aus, dass bei allen Bohrungen mindestens der komplette einschlusswirksame Gebirgsbereich gekernt wird. Das ENSI merkt ausserdem an, dass für eine nachfolgende Schrägbohrung, der bereits im Detail geplante Bohrkeller (NSG 18-01, Beilage 8) nicht ausgelegt ist und es sehr wahrscheinlich einer späteren Anpassung des Bohrkellers gegenüber den vorgelegten Plänen bedarf. Diese allfällige Anpassung wäre aus Sicht des ENSI nur geringfügig (vgl. Kap. 4.3).

Die Angaben der Nagra zu den vorgesehenen geologischen Untersuchungen sind generisch gehalten und entsprechen den Untersuchungen, wie sie bereits bei früheren Bohrungen in der Nordschweiz ausgeführt worden sind. Das ENSI ist mit den Ausführungen grundsätzlich einverstanden und beurteilt den Detaillierungsgrad als für das Gesuch stufengerecht. Das ENSI geht davon aus, dass ein intensives Untersuchungsprogramm bzgl. tektonischer Elemente vorgesehen ist, das insbesondere auch der Frage nachgeht, inwiefern die verschiedenen lokal und regional vorhandenen Strukturelemente und insbesondere Abscherhorizonte innerhalb des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs nachweisbar sind.

Der Bohrplatz Stadel 3 liegt im zentralen Ostteil des Standortgebiets Nördlich Lägern und gemäss den provisorischen Interpretationsergebnissen der 3D-Seismik ausserhalb stärker tektonisch überprägter Bereiche (NSG 18-01, Fig. 6.1; ENSI 33/721). Das Gebiet des Bohrstandorts ist durch flaches Einfallen der mesozoischen Schichten charakterisiert, in denen jedoch auch flach einfallende Überschiebungen auftreten können. Daher erwartet das ENSI, dass die Bohrung auch dazu dienen wird, die beschränkte tektonische Zergliederung im zentralen Standortgebiet zu bestätigen, dass aber insbesondere auch das Vorhandensein flacher oder sogar schichtparalleler Bewegungszonen sowie südvergenger Strukturen geprüft wird.

Die im Spezifischen durchzuführenden Untersuchungen, insbesondere die gewählten Bohrrichtungen und -tiefen sowie die für jeden Bohrlochabschnitt einzusetzenden Untersuchungs- und Testmethoden, werden nach Aussage der Nagra in einem gesonderten Arbeitsprogramm festgelegt. Aus den Untersuchungen im Bohrloch sollen sich keine unnötigen Einschränkungen für die allfällige Datenerhebung in der nachfolgenden Beobachtungsphase ergeben (vgl. Kap. 3.4.5).

Auflagenantrag 3-4: Das zur Freigabe der Betriebsphase einzureichende Arbeitsprogramm muss eine detaillierte Beschreibung der einzusetzenden Untersuchungs- und Testmethoden umfassen.

3.4.2 Bohrlochgeophysik

Gemäss Nagra dienen die vorgesehenen bohrlochgeophysikalischen Messungen der Bestimmung petrophysikalischer Parameter (petrophysikalisches Logging), der Erfassung von Strukturen (Strukturlogging), der Erfassung bohrtechnischer Zusatzdaten (bohrtechnisches Logging) und der Aufnahme eines akustischen Geschwindigkeitsprofils (Bohrlochseismik). Die Messungen werden in der Regel vor dem Setzen der Verrohrung im offenen Bohrloch ausgeführt. Die Nagra beabsichtigt, das geophysikalische Messprogramm eng auf die Fragestellung und die technischen Randbedingungen in der jeweiligen Bohrung abzustimmen. Dabei will sie insbesondere die geologische Fragestellung gemäss Untersuchungsprogramm, die Abstimmung der Verfahren auf die Eigenschaften des Bohrlochs und der Bohrspülung, die Befahrbarkeit des Bohrlochs und das operative Risiko berücksichtigen. Das ENSI beurteilt die Angaben zur Bohrlochgeophysik im vorliegenden Gesuch als generisch, erachtet die Ausführungen im Rahmen des Bewilligungsverfahrens jedoch als stufengerecht.

Das ENSI weist darauf hin, dass die Bohrlochsohle und/oder die geologischen Formationen von Interesse für eine seismologische Langzeitbeobachtung instrumentiert werden könnten.

Auflagenantrag 3-5: Das zur Freigabe der Betriebsphase einzureichende Arbeitsprogramm muss als Bestandteil der Untersuchungs- und Testmethoden detaillierte Angaben zu den einzelnen bohrlochgeophysikalischen Messungen umfassen. Dabei ist auf allfällige Interferenzen zwischen verschiedenen Messungen/Messprogrammen einzugehen.

3.4.3 Hydrogeologie und Hydrochemie

Die von der Nagra vorgesehenen Untersuchungen zielen sowohl auf die Grundwasserleiter als auch die Grundwasserstauer und umfassen die hydraulische Durchlässigkeit, die hydraulischen Potenziale und die chemische Zusammensetzung des Grundwassers. Das ENSI erachtet diese Zielsetzung als umfassend und die Durchführung der entsprechenden Untersuchungen als sicherheitstechnisch erforderlich.

Die genannten Methoden und Verfahren zur Durchführung und Interpretation der Rohdaten stellen aus Sicht des ENSI eine breite und aktuelle Auswahl dar, welche im Rahmen des Arbeitsprogrammes zu detaillieren sein wird. Für eine zuverlässige Bestimmung der hydraulischen Potenziale wird voraussichtlich die optional vorgesehene Langzeitbeobachtung unerlässlich sein.

Auflagenantrag 3-6: Das zur Freigabe der Betriebsphase einzureichende Arbeitsprogramm muss die Eignung der einzelnen hydraulischen Versuche, Bohrlochlogs und Labormethoden zur Untersuchung der hydraulischen Eigenschaften von Grundwasserleitern und Porenwässern aus Grundwasserstauern vor dem Hintergrund der Daten- und Probengewinnung und der hydrochemischen Zielparameter näher beschreiben.

3.4.4 Geotechnik

Mit den geplanten geotechnischen Untersuchungen sollen gemäss der Nagra die relevanten Gesteine, die vorkommenden Trennflächen (sowie eventuelle Störungsflächen und -zonen) des Gebirges als Ganzes sowie die Gebirgsspannungen boden- und felsmechanisch charakterisiert werden. Diese Charakterisierung soll sich nicht nur auf den Bereich des Wirtgesteins bzw. des zukünftigen Tiefenlagers beschränken, sondern auch das Hangende und gegebenenfalls auch das Liegende einschliessen, um ein Gesamtbild für die Planung und Erstellung der möglichen zukünftigen Bauwerke (inkl. Rampen und Schächte) zu erhalten. Das ENSI beurteilt das Vorgehen der Nagra sowie die geplanten Laboruntersuchungen von Bohrkernen und In-situ-Messungen für die Bestimmung der felsmechanischen, mineralogischen und petrophysikalischen Eigenschaften als zweckmässig und abdeckend sowie die Durchführung der entsprechenden Untersuchungen als sicherheitstechnisch erforderlich (vgl. ENSI 33/540, Kap. 2.9).

Auflagenantrag 3-7: Das zur Freigabe der Betriebsphase einzureichende Arbeitsprogramm muss eine detaillierte Beschreibung der geplanten geotechnischen In-situ-Messungen, als Bestandteil der Untersuchungs- und Testmethoden, sowie der Laborversuche an Bohrkernmaterial umfassen.

3.4.5 Langzeitbeobachtung

Gemäss Nagra (NSG 18-01, S. 19, 41 und 82 f.) soll nach Abschluss des Untersuchungsprogramms (Betriebsphase) bei Bedarf eine Langzeitbeobachtung erfolgen. Ziel der Langzeitbeobachtung ist die Ermittlung von «ungestörten» hydraulischen Potenzialen, von repräsentativen hydraulischen Parametern im regionalen Massstab sowie die allfällige Entnahme von Wasserproben. Dazu werden in bestimmten Bohrlochabschnitten Zugänge zur zu beobachtenden Formation erstellt (z. B. mittels Perforation der Verrohrung, Zementfenster, offener Bohrlochstrecke) und diese instrumentiert. Nach Abschluss der Langzeitbeobachtung, welche Jahrzehnte dauern kann, sollen die Sondierbohrungen gemäss vorliegendem Stand der Technik verfüllt und versiegelt werden (vgl. Kap. 5.5).

Die Angaben der Nagra zu den vorgesehenen Langzeitbeobachtungen sind generisch gehalten. Das ENSI ist mit den Ausführungen grundsätzlich einverstanden und beurteilt den Detaillierungsgrad im Rahmen des Bewilligungsverfahrens als stufengerecht. Aus Sicht des ENSI können Langzeitbeobachtungen wertvolle erdwissenschaftliche Daten liefern, da insbesondere hydrogeologische Parameter durch die Bohrarbeiten gestört und somit unter Umständen während der Betriebsphase nicht repräsentativ sein könnten. Nach Abschluss der Arbeiten am Bohrloch stellen sich in der Regel jedoch die natürlichen Verhältnisse wieder ein, welche mittels langjähriger kontinuierlicher Überwachung erfasst werden können. Das ENSI erachtet die vorgesehene Langzeitbeobachtung daher als zielführend, um die notwendige Datenbasis im Hinblick auf die allfällige Rahmenbewilligung erheben zu können.

Auflagenantrag 3-8: Das zur Freigabe der Betriebsphase einzureichende Arbeitsprogramm muss ein Konzept der allfälligen (Langzeit-)Beobachtung umfassen. Dabei sind die sich daraus ergebenden Anforderungen an die Betriebsphase aufzuzeigen.

Auflagenantrag 3-9: Zur Freigabe der Beobachtungsphase ist dem ENSI ein detailliertes Langzeitbeobachtungsprogramm einzureichen. Dieses muss mindestens Angaben zu Umfang und Dauer der geplanten Beobachtungen, zur Methodik und zu den Messsystemen sowie zur Dokumentation umfassen.

3.5 Programmanpassungen

Um eine möglichst optimale Datenerhebung erreichen zu können, ist es aus Sicht des ENSI zielführend, dass auch während den Untersuchungen, d. h. nach Freigabe der Betriebsphase, eine grösstmögliche Flexibilität erhalten bleibt. Für das ENSI sind deshalb Anpassungen am Bohr- und Untersuchungsprogramm zweckmässig, sofern sich daraus ein Mehrwert im Hinblick auf die Zielsetzungen der Bohrung resp. den zu erwartenden Erkenntnisgewinn ergibt. Zu diesen Anpassungen könnten Anpassungen an der Bohrtechnik und den Testverfahren sowie das Ergänzen oder Weglassen einzelner Programmteile zählen. Bei Programmergänzungen ist ggf. abzuklären, ob dafür eine Freigabe oder eine Bewilligungsänderung notwendig ist.

3.6 Auswahl des Bohrplatzes

Durch die Vorgabe einer Mindestgrösse des Bohrplatzes stellt die Nagra sicher, dass der für das Vorhaben notwendige Platz vorhanden ist. Weiterhin stellt die Vorgabe an eine begrenzte Neigung des vorhandenen Terrains am Bohrplatz sicher, dass keine umfangreichen Terrainveränderungen und baulichen Massnahmen zur Erstellung des Bohrplatzes und der Zufahrt erforderlich sind und dass der Platzverbrauch auf das notwendige Minimum beschränkt wird. Der gewählte Standort des Bohrplatzes erfüllt die von der Nagra aufgestellten Vorgaben.

Der Bohrplatz befindet sich am Nordrand des sogenannten «Untersuchungsperimeter Tiefbohrungen» (NSG 18-01, Fig. 6.1). Dieser berücksichtigt die in der 3D-Seismik kartierten Störungen (ENSI 33/721) und konkretisiert damit zielführend den mittels Tiefbohrungen innerhalb des Standortgebiets zu charakterisierenden untertägigen Bereich. Der Bohrplatz Stadel 3 ist für eine Vertikalbohrung und vier Schrägbohrungen in Richtung Ostnordost, Südsüdost, Westsüdwest und Nordnordwest ausgelegt (NSG 18-01, S. 81). Mit diesen fünf Bohrungen können repräsentative Abfolgen innerhalb des Untersuchungsperimeters Tiefbohrungen erkundet werden. Der einschlusswirksame Gebirgsbereich wird bei allen fünf Bohrpfad durchteuft, bei einer Schrägbohrung in Richtung Nordnordwest allerdings ausserhalb des Untersuchungsperimeter Tiefbohrungen. Die Schrägbohrung in Richtung Westsüdwest erfasst im Tiefenbereich des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs die mittels 3D-Seismik konkretisierte Westgrenze der «Schwellenzone» des 'Braunen Doggers'. Vom Bohrplatz Stadel 3 können somit eine Reihe von relevanten geologischen Elementen untersucht und somit die erforderlichen Grundlagen für die spätere Beurteilung eines geologischen Tiefenlagers erstellt bzw. ergänzt werden.

Der Bohrplatz Stadel 3 liegt im Gewässerschutzbereich A_u mit geringer Grundwassermächtigkeit, ausserhalb des nutzbaren Grundwasservorkommens. Das Grundwasser wird westlich des Bohrplatzes in ca. 450 – 600 m Distanz in mehreren Fassungen zu Brauchwasserzwecken genutzt. Im Gesuch sind entsprechende Schutzmassnahmen wie Versiegelung des Bohrplatzes, Entwässerung, Ölabscheider, Bohrkeller, Absetzen eines Standrohres bis in den anstehenden Fels aufgeführt, sodass eine Verunreinigung des Grundwassers vermieden werden kann. Die Wirksamkeit der vorgeschlagenen Schutzmassnahmen wurde vom ENSI nicht geprüft.

Zusammenfassend hält das ENSI fest, dass der Bohrplatz Stadel 3 in Bezug auf die Zielsetzungen der Untersuchungen (vgl. Kap. 3.1) als repräsentativ beurteilt wird. Aufgrund der Platzierung am Nordrand des Untersuchungsperimeters Tiefbohrungen sowie nahe der Westgrenze der «Schwellenzone» des

'Braunen Doggers' ist davon auszugehen, dass ergänzende erdwissenschaftliche Daten von grosser Aussagekraft gewonnen werden können. Ausserdem beurteilt das ENSI die Auswahl des Bohrplatzes aus bohrtechnischer Sicht als sinnvoll.

4 Technische Gesuchsunterlagen

Mit dem Kapitel 5 «Technische Gesuchsunterlagen (nach Art. 58 KEV)», den Figuren 5.1, 5.3, 6.1 und 7.1 sowie den Beilagen 4 bis 9 des Gesuchs kommt die Nagra den in Art. 58 Bst. d KEV formulierten Anforderungen an die Gesuchsunterlagen nach.

4.1 Örtliche Gegebenheiten

Der Bohrplatz liegt auf einer nahezu ebenen landwirtschaftlichen Fruchtfolgefläche. Das nächstgelegene Wohnhaus liegt in einem Abstand von 350 m, getrennt durch einen bewaldeten Hügel. Die Auslegung des Bohrplatzes ist flächenmässig grosszügig. Mit der Anpassung an die begrenzenden Wege ist der Bohrplatz zweckmässig angelegt (Abbildung 1). Die Anordnung der Nebenanlageteile und Abstellflächen erscheint für eine Vertikalbohrung logisch. Ein Kanalisationsanschluss ist nicht vorhanden. Zur Entwässerung soll Regenwasser wie Schmutzwasser in Schlamm tanks gesammelt werden und mit Tankwagen abgeführt werden. Das ENSI hat keine Einwände zur Auslegung des Bohrplatzes.



Abbildung 1: Bohrgelände Stadel 3 mit Infotafel, verplockter Zufahrt und Bohrkeller.

4.2 Platzerstellung und Platzausrüstung

Die vorliegenden Pläne sind generischer Art und für das Gesuch stufengerecht. Gemäss NSG 18-01, Beilage 5, ist praktisch für den ganzen Bohrplatz ein Fahrbahnbelag mit einer Entwässerung vorgesehen. Im Bereich des Bohrgerätes ist eine Betonplatte vorgesehen, welche sämtliche Lasten aufnehmen können sollte.

Auflagenantrag 4-1: Vor Beginn der Bauphase sind dem ENSI aktualisierte und bereinigte Pläne einzureichen, welche einen Detaillierungsgrad aufweisen, wie er für die Ausschreibung der Bauarbeiten notwendig ist.

4.3 Bohrkeller

Der Bohrkeller inklusive Fundamente aus Stahlbeton ist, sofern er nach den Erkenntnissen aus dem Bau des Bohrkellers Bülach angepasst und erstellt (siehe Auflagenantrag 4-2) wird, dazu geeignet, die anfallenden Lasten der Bohranlage aufzunehmen, die während der Bohrarbeiten benötigten Absperrvorrichtungen zu installieren und eventuell anfallendes Schmutzwasser oder austretende Bohrspülung sowie austretenden Zement etc. aufzufangen.

Der Durchmesser der fünf Hilfsstandrohre (1 × vertikal, 4 × schräg) erlaubt eine maximale Bohrmeisselgrösse von 20" (NSG 18-01, Kap. 3.3 und Beilage 8). Basierend auf seinen Erfahrungen mit der Vertikalbohrung Bülach 1-1 (ENSI 2019c) geht das ENSI davon aus, dass eine Schrägbohrung nach dem Abteufen einer Vertikalbohrung mit der Bohrkellerauslegung gemäss NSG 18-01, Beilage 8, nicht umsetzbar ist. Der nötige Bohrlochabschluss (*well head*) der Vertikalbohrung ragt mit seinen Abgängen für Messinstallationen in die Bohrlochachsen der Schrägbohrungen. Das ENSI empfiehlt die Dimensionierung/Auslegung des Bohrkellers im Rahmen der Freigabe der Bauphase anzupassen, sodass zwischen den Eingängen zu den Schrägbohrungen und der Vertikalbohrung genügend Platz vorhanden ist. Dabei ist auch zu beachten, dass Bohrlochabschlüsse auf Schrägbohrungen eventuelle weitere Schrägbohrungen gleichfalls nicht behindern dürfen.

Auflagenantrag 4-2: Zur Freigabe der Bauphase ist der Bohrkeller aus Stahlbeton nach den aktuell gültigen «Tragwerksnormen» (SIA 260 bis SIA 267) zu projektieren und nachfolgend entsprechend auszuführen. Verankerungen im Beton sind gemäss den aktuell gültigen Vorgaben der European Organisation of Technical Approvals (EOTA 2010, 2013a,b) bzw. nach der Norm DIN EN 1992-4, sofern erschienen, auszuführen. Die Abdichtung (Wasserdichtigkeit) des Bohrkellers ist nach den aktuell gültigen «Abdichtungsnormen» (SIA 270 bis SIA 274 und SIA 281 bis SIA 284) zu projektieren und nachfolgend entsprechend auszuführen.

Auflagenantrag 4-3: Das zur Freigabe der Betriebsphase einzureichende Arbeitsprogramm muss aufzeigen, wie eine nachfolgende Schrägbohrung mit einem Bohrlochabschluss auf der vorgängigen Vertikalbohrung und ggf. bei gleichzeitigem Betrieb von Beobachtungsinstrumenten in der Vertikalbohrung ausgeführt werden kann.

4.4 Bohrarbeiten / Temporäre Anlagen

Im Gesuch NSG 18-01, Beilage 5, ist die Anordnung der temporären Anlagen ersichtlich. Beilage 5 ist ein generischer Plan, der die temporären Anlagen bis auf das Bohrgerät und die begleitenden Aggregate und Abstellflächen (z. B. Stangenlager) nach Ansicht des ENSI in stufengerechtem Detaillierungsgrad aufzeigt. Die Anordnung der temporären Anlagen dürfte innerhalb des Bohrplatzes nach Bekanntwerden des Bohrgerätes bzw. im Verlaufe des Bohrbetriebs über mehrere Bohrungen hinweg noch Anpassungen, respektive Verschiebungen erfahren.

Auflagenantrag 4-4: Zur Freigabe der Betriebsphase ist dem ENSI die definitive Anordnung der Bohranlage und der peripheren Anlageteile für die Vertikalbohrung und die Schrägbohrungen einzureichen. Die Aufstellung und Organisation des Bohrplatzes muss den Anforderungen der Tiefbohrverordnung des Landes Niedersachsen (BVOT) genügen.

Auflagenantrag 4-5: Zur Freigabe der Betriebsphase sind dem ENSI die Minimalanforderungen einzureichen, welche an den Bohrunternehmer und dessen Bohrgerätschaften in der Ausschreibung gestellt wurden. Die Angaben müssen mindestens umfassen:

- a) Hakenlast, Hebewerk, Kraftdrehkopf, Drehmoment, Druckkontrolle (*preventer*), Spülleistung der Pumpen, Schlammbehandlung, Düsenstock (*choke manifold*), Transformer, Notstromaggregate, Tanks, Silos;
- b) Anforderung an die personellen Ressourcen am Bohrplatz, an die Qualifikationen der Bohrmannschaft und die erforderlichen Referenzen;

- c) Qualitätsansprüche an die Verschleissteile wie Gestänge, Seilkernausrüstung und Meissel.

Auflagenantrag 4-6: Das zur Freigabe der Betriebsphase einzureichende Arbeitsprogramm muss einen Ablaufplan zu den Bohrarbeiten mit einem Zeit-Teufen-Diagramm umfassen.

4.5 Diverses

4.5.1 Bohrspülung

Im Gesuch NSG 18-01, Kap. 5.7.3 wird die Behandlung der Spülflüssigkeit bis zu deren Entsorgung beschrieben, jedoch nicht, um welche Art von Spülung es sich handelt. Eine Spezifikation der Bohrspülung ist auf Stufe Gesuch nicht notwendig. Zur Wahl stehen heutzutage mehrere Spülkonzepte, um die gewünschten Eigenschaften wie Gewicht, Viskosität, pH-Wert, Aufbau des Filterkuchens und Quellverhinderung der Formation einzustellen. Das ENSI geht davon aus, dass die Bohrspülung im Hinblick auf die Stabilität des Bohrlochs und die vorgesehenen hydrochemischen Analysen von Wasserproben optimiert ist.

Gemäss den Angaben im NSG 18-01, Kap. 5.7.3, ist vorgesehen, dass die eingesetzten Bohrspülungen aufbereitet und fachgerecht entsorgt werden. Hierzu wird die Spülflüssigkeit zunächst in einem Schlammbecken gesammelt und anschliessend entsprechend ihrer Zusammensetzung behandelt. Die entzogenen Feststoffe sollen einer geeigneten Entsorgung zugeführt werden.

Auflagenantrag 4-7: Zur Freigabe der Betriebsphase ist dem ENSI ein Bohrspülkonzept einzureichen, welches einen Beschrieb zum Umgang mit wassergefährdenden Zuschlagstoffen umfasst, sofern diese zum Einsatz kommen oder auf dem Bohrplatz gelagert werden. Die fachgerechte Aufbereitung der zu entsorgenden Spülflüssigkeit ist ebenfalls im Spülkonzept zu behandeln.

4.5.2 Baustellensicherung

Im Gesuch NSG 18-01, Kap. 5.4.3, wird darauf hingewiesen, dass der Bohrplatz gesichert und der Zutritt geregelt werde. Um den gesamten Bohrplatz wird ein Bauzaun erstellt. Das ENSI begrüsst diese Massnahmen.

Auflagenantrag 4-8: Zur Freigabe der Betriebsphase ist dem ENSI ein Sicherungskonzept einzureichen. Dieses Konzept muss Informationen bzgl. Zugangskontrolle während und ausserhalb aktiver Arbeitsphasen auf dem Bohrplatz beinhalten.

4.5.3 Brandschutz

Das Thema Brandschutz wird im Sondiergesuch NSG 18-01 nicht speziell behandelt.

Auflagenantrag 4-9: Zur Freigabe der Betriebsphase sind dem ENSI ein Brandschutzkonzept und ein Alarmierungsplan bei Feuer auf dem Bohrgelände einzureichen. Dafür sind die aktuellen Schweizerischen Brandschutzvorschriften, insbesondere die Brandschutzrichtlinie 12-15 (VKF 2017) zu beachten.

5 Mögliche Auswirkungen auf Geologie und Umwelt

Mit dem Kapitel 7 «Mögliche Auswirkungen der Untersuchungen auf die Geologie und Umwelt (nach Art. 58 KEV)» (NSG 18-01, S. 79 bis 85) kommt die Nagra den in Art. 58 Bst. c KEV formulierten Anforderungen an die Gesuchsunterlagen nach. Das Kapitel beschreibt und bewertet ausgewählte Aspekte zu den Auswirkungen der geplanten Sondierbohrungen am Bohrplatz Stadel 3 auf die Geologie und Umwelt. Im vorliegenden Kapitel wird vom ENSI nicht auf mögliche Auswirkungen auf die Umwelt im Sinne der Umweltschutzgesetzgebung eingegangen.

5.1 Einschlusswirksamer Gebirgsbereich

Unter Berücksichtigung der Zielsetzungen und der vorgesehenen Untersuchungen am Bohrplatz Stadel 3 (vgl. Kap. 3.1 und 3.4) beurteilt das ENSI die im Gesuch ausgewiesene Umhüllende der möglichen Bohrpfade (NSG 18-01, S. 80 f.), welche auch als möglicher Einflussbereich bezeichnet wird (NSG 18-01, Fig. 7.1), als nachvollziehbar.

Die Nagra hat die Auswirkungen von Sondierbohrungen auf die Barrierenwirksamkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs anhand von generischen dreidimensionalen Modellrechnungen zur Radionuklid Ausbreitung untersucht (NAB 15-13; NAB 17-04). Als Sicherheitsabstand zwischen sicherheitsrelevanten Anlageteilen eines geologischen Tiefenlagers und einer tiefen Bohrung legt die Nagra einen Mindestwert von 50 m fest, wobei für die spätere Anordnung der unterirdischen Bauwerke zusätzlich allfällig aufgelockerte Bereiche des Tiefenlagers und der Sondierbohrung zu berücksichtigen sind. Aufgrund eigener Berechnungen kann das ENSI die Modellrechnungen und Betrachtungen der Nagra nachvollziehen und stimmt – basierend auf der aktuellen Datengrundlage – dem von der Nagra festgelegten Sicherheitsabstand von 50 m (exklusive aufgelockerter Bereiche) zu. Das ENSI geht heute davon aus, dass die Nagra nach Überprüfung der Eigenschaften des Wirtgesteins vor Ort die Gültigkeit des Sicherheitsabstandes von mindestens 50 m im Hinblick auf die Baubewilligung für geologische Tiefenlager erneut überprüfen muss.

Sofern die im Gesuch ausgewiesene räumliche Umhüllende der möglichen Bohrpfade mit den Untersuchungen nicht verlassen und sofern der Sicherheitsabstand von mindestens 50 m zu sicherheitsrelevanten Anlageteilen eines späteren Tiefenlagers eingehalten wird, ergeben sich aus Sicht des ENSI daraus keine wesentlichen Einschränkungen bezüglich der Platzierung eines allfälligen geologischen Tiefenlagers innerhalb des geologischen Standortgebiets Nördlich Lägern. Die Eignung des Standortgebiets Nördlich Lägern wird durch die geplanten Untersuchungen nicht beeinträchtigt.

5.2 Grundwasserstockwerkstrennung

Die zur Trennung der Aquifere beschriebene Vorgehensweise sieht diverse zementierte Verrohrungen vor, insbesondere ein Standrohr im Lockergesteinsbereich. Es ist vorgesehen, die Qualität der Einbauten und der Zementation mittels eines bohrtechnischen Loggings (vgl. Kap. 3.4.2) zu überprüfen. Das ENSI erachtet die beschriebene Vorgehensweise als angemessen und dem Stand der Technik entsprechend. Eine detaillierte Planung des Verrohrungsschemas wird bereits im Auflagenantrag 3-3 (Kap. 3.3) gefordert.

5.3 Induzierte Seismizität

Aufgrund der geplanten Bohr- und Testarbeiten in den Sondierbohrungen und unter Berücksichtigung der Tatsache, dass es sich um relativ un tiefe Bohrungen in den mesozoischen Deckschichten handelt, schätzt die Nagra die Wahrscheinlichkeit für spürbare induzierte Seismizität als gering ein. Gemäss

Nagra werden bei den Sondierbohrungen keinerlei Stimulationsmassnahmen zur Erhöhung der Transmissivität in den verschiedenen Gesteinsformationen durchgeführt. Lediglich bei Durchführung der geplanten hydraulischen Tests und/oder bei Spannungsbestimmungen können gemäss Nagra geringe Mengen von Frischwasser bzw. Formationswasser zum Einsatz kommen, welche jedoch mit wesentlich geringerem Wasservolumen als bei hydraulischen Stimulationen injiziert werden.

Induzierte Seismizität kann auftreten, wenn im Untergrund substantielle Druck- und Volumenänderungen herbeigeführt werden. Weder im dargelegten Bohrkonzzept noch im Untersuchungsprogramm sind signifikante, den Formationsdruck verändernde Operationen vorgesehen. Aus Sicht des ENSI erscheint das Risiko induzierter Seismizität aufgrund der heute vorliegenden Erkenntnisse sehr klein. Das ENSI erwartet analog zur Nagra keine signifikante, d. h. an der Erdoberfläche spürbare induzierte Seismizität.

Bei Bohrungen kann aus Sicht des ENSI nie vollständig ausgeschlossen werden, dass kleinere Gasvorkommen angetroffen werden (s. Kap. 5.4, Auftreten von Gas). Eine technische Gegenmassnahme bei Gaszutritt sieht das Einpumpen von beschwerter Bohrspülung vor. Hierdurch kann die Entstehung von kleineren Scherbrüchen im Untergrund und damit von induzierter Seismizität nicht vollständig ausgeschlossen werden. Aufgrund der zur Diskussion stehenden Spülmengen in der Grössenordnung von einigen Zehner Kubikmetern, sind Erschütterungen mit einer Magnitude grösser als 2.0 unwahrscheinlich. Der Aussage der Nagra, dass Erdbeben erst ab Magnitude 2.0 bis 2.5 spürbar sind, kann das ENSI in dieser Allgemeinheit nicht folgen, da dies u. a. vom lokalen Untergrund und von der Distanz zum Erdbebenherd abhängig ist, welche bei durch Bohrungen induzierter Seismizität sehr gering ist. Unter Verweis auf das Naturgefahrenportal des Bundes¹, die Wissenssammlung des Schweizerischen Erdbebendienstes² sowie auf Weidmann (2002) sind bei Erdbeben mit einer Magnitude kleiner 2.0 keine erheblichen Beeinträchtigungen des Wohlbefindens in der Nachbarschaft oder Sachschäden zu erwarten.

Da die tatsächlich auszuführenden Untersuchungen noch nicht festgelegt sind und damit auch der Verlauf der Bohrpfade nicht bekannt ist, erwartet das ENSI, dass das Thema induzierte Seismizität im Rahmen des Arbeitsprogramms erneut dargelegt wird. Dabei sind auch allfällige neue Erkenntnisse aus den 3D-seismischen Untersuchungen bzgl. der Lage von Störungen sowie die fortgeschrittene Planung bzgl. der auszuführenden Testarbeiten, insbesondere der hydraulischen Tests und Spannungsbestimmungen, zu berücksichtigen.

Im Hinblick auf eine allfällige Beweissicherung (vorgänig zum Bau eines geologischen Tiefenlagers) weist das ENSI darauf hin, dass dazu Nullmessungen der natürlichen Seismizität vor Beginn der Bohrarbeiten durchgeführt werden sollten.

Auflagenantrag 5-1: Das zur Freigabe der Betriebsphase einzureichende Arbeitsprogramm muss das Gefährdungsbild «induzierte Seismizität» unter Berücksichtigung der technischen Auslegung der Bohrung sowie der vorgesehenen Testarbeiten umfassen.

Auflagenantrag 5-2: Zur Freigabe der Betriebsphase sind dem ENSI für die Dauer des Bohrbetriebs Betrachtungen zur Störfallvorsorge und -beherrschung, für unvorhergesehene Ereignisse wie z. B. seismische Aktivität einzureichen. Zusätzlich ist dem ENSI vor Beginn der Betriebsphase eine Alarmorganisation inkl. eines Organigramms der Baustellenorganisation einzureichen.

5.4 Auftreten von Gas

Die Nagra sieht eine kontinuierliche Gasüberwachung der Bohrspülung vor, was eine Standard-Sicherheitsmassnahme bei Spülbohrungen ist. In der Spülrinne werden nicht nur Kohlenwasserstoffe, sondern vor allem die Konzentration von Schwefelwasserstoff überwacht. Aus Sicht des ENSI sind Messungen

¹ <http://www.naturgefahren.ch/home/umgang-mit-naturgefahren/erdbeben/gefahrenstufen-erdbeben.html> (Stand April 2019)

² <http://www.seismo.ethz.ch/de/knowledge/things-to-know/impacts/> (Stand April 2019)

weiterer Gase aus wissenschaftlicher Sicht angezeigt, aber aus sicherheitstechnischen Gründen nicht notwendig. Hinweise auf allfällige Gaszutritte müssen neben der Gasüberwachung auch über die Kontrolle der Spülungsbilanz im Spültank erkannt werden können.

Im geologischen Synthesebericht zur Etappe 2 SGT (NTB 14-02-VII) wird für den Bohrplatz Stadel 3 ein Potenzial für Erdgas in dichten Schichten (*tight gas*) im zentralen Bereich des Nordschweizer Permo-karbons ausgemessen. In der Bohrung Weiach sind geringe Mengen Schwefelwasserstoffgas aufgetreten (NTB 86-06). In der Bohrung Eglisau-II wurden vorübergehende Zutritte von Schwefelwasserstoff und Methan beobachtet (Büchi 1959; Cadisch 1959).

Während der Bohrarbeiten muss das Bohrloch daher jederzeit gegen allfällige Gaszutritte abgesperrt werden können. Dazu stehen prinzipiell unterschiedliche Vorrichtungen zur Verfügung. Aus Sicht des ENSI muss eine Absperrvorrichtung zum Einsatz kommen, welche den Anforderungen der Tiefbohrverordnung im Land Niedersachsen (BVOT) genügt. Zum kontrollierten Abführen von Gas muss eine Gasableitung mit dem notwendigen System von Drosselventilen (*choke manifold*) installiert sein. Diese minimalen Sicherheitsvorrichtungen werden im Gesuch nicht im Detail aufgeführt, und sind daher vor Beginn der Arbeiten näher zu spezifizieren.

Auflagenantrag 5-3: Zur Freigabe der Betriebsphase ist dem ENSI ein Beschrieb der vorgesehenen Gasüberwachung mit Spezifikation der Messmethodik, Angabe der zu überwachenden Gase und Angabe der vorgesehenen Alarmwerte einzureichen.

Auflagenantrag 5-4: Zur Freigabe der Betriebsphase ist dem ENSI ein Beschrieb der vorgesehenen Gasabsperrvorrichtungen und der Drosselvorrichtungen zum kontrollierten Ablassen von Gasen unter Überdruck einzureichen.

Auflagenantrag 5-5: Zur Freigabe der Betriebsphase sind dem ENSI für die Dauer des Bohrbetriebs Betrachtungen zur Störfallvorsorge und -beherrschung, für unvorhergesehene Ereignisse wie z. B. Gaszutritte einzureichen. Zusätzlich ist dem ENSI vor Beginn der Betriebsphase eine Alarmorganisation inkl. eines Organigramms der Baustellenorganisation einzureichen.

5.5 Verfüllung / Versiegelung nach Abschluss der Arbeiten

Die Nagra sieht vor, die Sondierbohrungen nach Abschluss des Untersuchungsprogramms mit seinen Testarbeiten oder nach Abschluss der (Langzeit-)Beobachtungsphase gemäss vorliegendem Stand der Technik zu verfüllen oder falls gefordert zu versiegeln (NSG 18-01, S. 83). Das ENSI (bzw. die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen HSK als Vorgängerorganisation) hat bereits früher die Verfüllung und Versiegelung diverser Bohrungen der Nagra in der Nordschweiz aufsichtlich begleitet. Aufgrund dieser Erfahrungen beurteilt das ENSI die Gesuchsunterlagen dazu als stufengerecht und erwartet, dass mit dem Arbeitsprogramm ein Verfüll- und Versiegelungskonzept für jede Bohrung vorgelegt wird. Das Bohrloch muss dabei derart verfüllt und versiegelt werden, dass das natürliche Isolationsvermögen der geologischen Barriere sowie die hydraulische Trennung der Grundwasserstockwerke wiederhergestellt und die (Langzeit-)Sicherheit eines allfälligen späteren Tiefenlagers gewährleistet werden kann.

Ein verbindliches Verfüll- und Versiegelungsprogramm ist nach Ansicht des ENSI erst nach Abschluss des Untersuchungsprogramms mit seinen Testarbeiten zweckmässig, da der Zustand des Bohrlochs einen entscheidenden Einfluss auf das anzuwendende Vorgehen hat. Es sind erprobte Verfüll- und Versiegelungsmassnahmen zu verwenden, wie sie beispielsweise von der Nagra bereits bei früheren Tiefbohrungen (Nordschweiz, Wellenberg) angewandt wurden. Die Wirksamkeit des gewählten Verfüll- und Versiegelungsprogramms muss bohrlochspezifisch (z. B. durch eine sicherheitsanalytische Betrachtung) bestätigt und dokumentiert werden.

Auflagenantrag 5-6: Das zur Freigabe der Betriebsphase einzureichende Arbeitsprogramm muss ein Verfüllungs- und Versiegelungskonzept umfassen, welches auf erprobten Massnahmen basiert. Zusätzlich ist aufzuzeigen, wie die Qualität und Wirksamkeit von Verfüllung und Versiegelung geprüft werden. Eine qualitätsgerechte Verfüllung und Versiegelung muss auch bei einem unvorhergesehenen Abbruch der Untersuchungen gewährleistet sein.

Auflagenantrag 5-7: Das zur Freigabe der Verschlussarbeiten (Einbringen und Prüfen von Verfüllung und Versiegelung) dem ENSI einzureichende Verfüllungs- und Versiegelungsprogramm muss Beschreibungen der angetroffenen Verhältnisse im Bohrloch, des Vorgehens bei der Verfüllung und Versiegelung, der vorgesehenen Verfüll- und Versiegelungsmaterialien und deren Langzeitbeständigkeit sowie die vorgesehenen Qualitätssicherungsmassnahmen umfassen.

6 Erdwissenschaftliche Dokumentation

Gemäss Art. 36 Abs. 1 Bst. c KEG legt die Bewilligung für erdwissenschaftliche Untersuchungen den Umfang der erdwissenschaftlichen Dokumentation fest. Die aus den Untersuchungen gewonnenen erdwissenschaftlichen Daten sind nach Art. 72 Abs. 1 KEV der geologischen Informationsstelle des Bundes zu übermitteln. Das ENSI beschränkt sich im Folgenden auf die Dokumentation und Archivierung der Daten und Proben, welche für die Durchführung seiner Aufsichtstätigkeit und der weiteren Begleitung der Lagerrealisierung notwendig sind.

Auflagenantrag 6-1: Das zur Freigabe der Betriebsphase einzureichende Arbeitsprogramm muss festlegen, welche erdwissenschaftlichen Daten und aus der Bohrung gewonnenen Proben (Bohrkernmaterial, Bohrklein, Wasser- und Gasproben etc.) dokumentiert und archiviert werden sollen. Die Dokumentation und Archivierung haben derart zu erfolgen, dass für einen gewählten Tiefenlagerstandort die Ergebnisse der erdwissenschaftlichen Untersuchungen langfristig während allen Phasen der an diesem Standort durchgeführten Lagerrealisierung (Rahmenbewilligung, Bau, Betrieb, Beobachtung, Verschluss) zur Verfügung stehen. Dazu sind insbesondere Angaben zu machen, ob und wie das Probenmaterial für die verschiedenen Untersuchungsziele nach Stand von Wissenschaft und Technik konditioniert und archiviert wird.

Auflagenantrag 6-2: Während der Dauer der Betriebsphase hat periodisch eine schriftliche Berichterstattung über den Stand der Arbeiten und über die wichtigsten Ergebnisse zuhanden des ENSI zu erfolgen. Die Periodizität wird durch das ENSI im Rahmen der Aufsichtstätigkeit festgelegt.

Auflagenantrag 6-3: Nach Abschluss der Betriebsphase der jeweiligen Bohrung sind die Ergebnisse in einem Schlussbericht zu dokumentieren und dem ENSI einzureichen.

7 Aufsicht und Begleitung

Das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) ist als Bewilligungsbehörde für den Vollzug einer von ihm erlassenen Bewilligung zuständig. Im Fall einer Bewilligung für erdwissenschaftliche Untersuchungen delegiert es diese Aufgabe an das BFE. Das BFE ist für alle Bereiche zuständig, die nicht dem ENSI als Aufsichtsbehörde zugewiesen sind (vgl. unten).

Die Durchführung der erdwissenschaftlichen Untersuchungen wird nach der Bewilligungserteilung beaufsichtigt (Art. 72 KEG). Aufsichtsbehörde betreffend Aspekte der Sicherheit von erdwissenschaftlichen Untersuchungen nach KEG (insbesondere Eignung der Untersuchungen zur Erbringung der erforderlichen Grundlagen für die spätere Beurteilung der Sicherheit eines geologischen Tiefenlagers, Erhaltung der Eignung des Standorts für ein geologisches Tiefenlager sowie Sicherheit und technische Machbarkeit der Untersuchungen) ist das ENSI (Art. 70 Abs. 1 KEG, Art. 6 Bst. a KEV, Art. 184 Abs. 3 Bst. b Strahlenschutzverordnung vom 26. April 2017 (StSV; SR 814.501)). Die Zuständigkeit des ENSI wird auch im Konzeptteil des Sachplans geologische Tiefenlager (BFE 2011) festgehalten. Im Rahmen seiner Aufsichtstätigkeit über die erdwissenschaftlichen Untersuchungen kann das ENSI auf dem Bohrplatz Kontrollen durchführen (Art. 73 Abs. 2 KEG). Des Weiteren erteilt das ENSI die jeweilige Freigabe der drei Aktivitätsphasen einer Sondierbohrung sowie der Verschlussarbeiten (vgl. Kap. 3.2). In den Freigabeverfahren werden grundsätzlich Fachgebiete behandelt, welche in den Aufsichtsbereich des ENSI fallen. Sofern notwendig, kann das ENSI als Leitbehörde der Freigabeverfahren zusätzlich Fachbehörden des Bundes sowie Fachstellen der von den Untersuchungen betroffenen Kantone und Gemeinden beiziehen.

Auflagenantrag 7-1: Vor Beginn der Bauphase ist dem ENSI ein Dokument zum Qualitätsmanagement, inkl. Qualitätsüberwachungsplan, nach anerkannten Standards einzureichen. Dazu gehört eine klar definierte Organisation mit Beschreibung und Abgrenzung der Aufgabenbereiche und Verantwortlichkeiten (Organigramm). Für die Aufsicht und Begleitung müssen Ansprechpartner und Kontakte für das Tagesgeschäft wie auch bei Störfallsituationen klar erkennbar ausgewiesen werden. Mutationen am Organigramm, den Ansprechpartnern, Kontakten und bzgl. Verantwortlichkeiten sind dem ENSI zeitgerecht bekannt zu geben.

8 Zusammenfassung

Gemäss Art. 35 Abs. 1 des Kernenergiegesetzes (KEG) bedürfen erdwissenschaftliche Untersuchungen in möglichen Standortregionen, die dazu dienen, Kenntnisse im Hinblick auf ein geologisches Tiefenlager zu verschaffen, einer Bewilligung des zuständigen Departements. Art. 35 Abs. 2 KEG definiert die Voraussetzungen für die Erteilung der Bewilligung. Das Verfahren richtet sich nach Kernenergie-recht. In diesem Rahmen hat das ENSI als Fachbehörde beurteilt, ob aus sicherheitstechnischer Sicht einer Bewilligungserteilung zugestimmt werden kann. Durch das ENSI werden im vorliegenden Gutachten nicht nur erdwissenschaftliche Aspekte im Hinblick auf die Standortsuche für ein geologisches Tiefenlager, sondern auch sicherheitstechnische Aspekte bei der Ausführung der vorgesehenen erdwissenschaftlichen Untersuchungen beurteilt. Neben den Vorgaben der Kernenergiegesetzgebung richtet sich das ENSI nach Beurteilungshilfen wie anerkannten, fachlich genügend abgestützten privaten und kantonalen Normen, Richtlinien und Standards sowie ausländischen gesetzlichen Vorgaben, soweit die Kriterien, auf welchen diese Unterlagen beruhen, mit den für die Beurteilung massgebenden Sicherheitsanforderungen vereinbar sind.

Mit dem Sondiergesuch NSG 18-01 – Sondierbohrungen Stadel 3 beantragt und begründet die Nagra die Abteufung von bis zu drei Sondierbohrungen (vertikal, schräg oder abgelenkt) sowie die Durchführung eines geowissenschaftlichen Untersuchungsprogramms. Während der Bohrstandort parzellengenau festgelegt wird, ist das Untersuchungsprogramm gemäss den gesetzlichen Vorgaben nur in seinen Grundzügen dargelegt.

Das ENSI beurteilt die geplanten Untersuchungen zusammenfassend am Bohrplatz Stadel 3 als geeignet, um erforderliche Grundlagen für die spätere Beurteilung der Sicherheit eines geologischen Tiefenlagers zu schaffen. Sofern die räumliche Umhüllende der möglichen Bohrpfade nicht verlassen und sofern ein Sicherheitsabstand von mindestens 50 m zu sicherheitsrelevanten Anlageteilen eines späteren Tiefenlagers eingehalten wird, bestehen aus Sicht des ENSI keine wesentlichen Einschränkungen bezüglich der Platzierung eines allfälligen geologischen Tiefenlagers innerhalb des geologischen Standortgebiets Nördlich Lägern. Die Eignung des Standorts wird durch die geplanten Untersuchungen folglich nicht signifikant beeinträchtigt. Bei sachgemäsem Einsatz technischer Massnahmen ist aus Sicht des ENSI nicht mit Auswirkungen auf die Umwelt sowie einer Beeinträchtigung Dritter zu rechnen, welche sich aufgrund geologischer Aspekte, wie induzierter Seismizität oder Gas, aus den Untersuchungen ergeben könnten. Zusammenfassend – unter Berücksichtigung der formulierten Auflagenanträge – ergeben sich aus Sicht des ENSI keine Einwände gegen die im Gesuch NSG 18-01, Kap. 8.3, formulierten Anträge.

Anhang 1 des Gutachtens fasst die Auflagenanträge des ENSI, untergliedert nach den Betriebsphasen der Untersuchungen, zusammen. Sie dienen der Sicherstellung der Aufsichtsfunktion des ENSI, einer sicheren Realisierung des geplanten Vorhabens sowie dem Vollzug der Bewilligung im Allgemeinen. Anhang 2 fasst die Hinweise des ENSI zusammen. Diese behandeln die Erwartungen des ENSI bzgl. den geplanten Untersuchungen.

9 Referenzen

- BFE (2011): Sachplan geologische Tiefenlager – Konzeptteil. Bundesamt für Energie, Bern.
- Botschaft KEG (2001): Botschaft des Bundesrates vom 28. Februar 2001 zu den Volksinitiativen «MoratoriumPlus – Für die Verlängerung des Atomkraftwerk-Baustopps und die Begrenzung des Atomrisikos (MoratoriumPlus)» und «Strom ohne Atom – Für eine Energiewende und die schrittweise Stilllegung der Atomkraftwerke (Strom ohne Atom)» sowie zu einem Kernenergiegesetz. Bundesblatt Nr. 26 vom 3. Juli 2001, BBl 2001 2665.
- Büchi U.P. (1959): Bohrung Eglisau Nr. 2 – Ergebnisse der technischen Tests. Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure 26, 15-16. DOI: 10.5169/seals-190170.
- BVOT: Bergverordnung für Tiefbohrungen, Untergrundspeicher und für die Gewinnung von Bodenschätzen durch Bohrungen im Land Niedersachsen vom 20. September 2006, Deutschland.
- Cadisch J. (1959): Geologische Ergebnisse der Mineralquellenbohrung Eglisau II. Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure 26, 5-8. DOI: 10.5169/seals-190168.
- DIN EN 1992-4: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 4: Bemessung der Verankerung von Befestigungen in Beton. Deutsches Institut für Normung e. V., Norm-Entwurf, Berlin, 2013.
- ENSI (2018): Tiefbohrung Bülach - Freigabe der Bauphase Teil 2. Brief Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Brugg.
- ENSI (2019a): Ergebnis der Vollständigkeits-/Grobprüfung Sondiergesuch NSG 18-01. Brief Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Brugg.
- ENSI (2019b): Tiefbohrung Trüllikon 1 - Freigabe der Bauphase Teil 2. Brief Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Brugg.
- ENSI (2019c): Tiefbohrungen Bülach - Freigabe der Betriebsphase Vertikalbohrung Bülach 1-1. Brief Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Brugg.
- ENSI 33/540: Sicherheitstechnisches Gutachten zum Vorschlag der in Etappe 3 SGT weiter zu untersuchenden geologischen Standortgebiete, Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Gutachten, Brugg, 2017.
- ENSI 33/721: Fachsitzung «Platzierung TBO Stadel 3». Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Aktennotiz, Brugg, 2019.
- EOTA (2010): European Technical Approval Guidelines: ETAG 001 Metal Anchors for Use in Concrete – Annex C: Design Methods for Anchorages. Richtlinie European Organisation of Technical Approvals, Brüssel.
- EOTA (2013a): European Technical Approval Guidelines: ETAG 001 Metal Anchors for Use in Concrete – Annex E: Assessment of Metal Anchors under Seismic Action. Richtlinie European Organisation of Technical Approvals, Brüssel.
- EOTA (2013b): Technical Reports: TR045 Design of Metal Anchors For Use In Concrete Under Seismic Actions. Technical Report European Organisation of Technical Approvals, Brüssel.
- HSK 35/99: Gutachten zum Entsorgungsnachweis der Nagra für abgebrannte Brennelemente, verglaste hochaktive sowie langlebige mittelaktive Abfälle (Projekt Opalinuston). Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen, Würenlingen, 2005.
- KEG: Kernenergiegesetz vom 21. März 2003, Schweiz, SR 732.1.

- KEV: Kernenergieverordnung vom 10. Dezember 2004, Schweiz, SR 732.11.
- NAB 12-41: Characterisation of Cenozoic brittle deformation of potential geological siting regions for radioactive waste repositories in Northern Switzerland based on structural geological analysis of field outcrops. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Arbeitsbericht, Wettingen, 2012.
- NAB 13-10: Regionale strukturgeologische Zeitinterpretation der Nagra 2D-Seismik 2011/12. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Arbeitsbericht, Wettingen, 2013.
- NAB 14-17: Tektonische Karte des Nordschweizer Permokarbons: Aktualisierung basierend auf 2D-Seismik und Schweredaten. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Arbeitsbericht, Wettingen, 2014.
- NAB 14-105: Regionale geologische Profilschnitte durch die Nordschweiz und 2D-Bilanzierung der Fernschubdeformation im östlichen Faltenjura: Arbeitsbericht zu SGT-Etappe 2. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Arbeitsbericht, Wettingen, 2015.
- NAB 15-13: Modellrechnungen zur Radionuklidfreisetzung bei einem tiefen Bohrloch in unmittelbarer Nähe eines geologischen Tiefenlagers. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Arbeitsbericht, Wettingen, 2015.
- NAB 16-28: Konzepte der Standortuntersuchungen für SGT Etappe 3 – Nördlich Lägern. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Arbeitsbericht, Wettingen, 2016.
- NAB 17-04: Evaluation der Auswirkungen der für Etappe 3 geplanten Tiefbohrungen im Standortgebiet Nördlich Lägern auf die sicherheitstechnische Eignung dieses Standortgebiets. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Arbeitsbericht, Wettingen, 2017.
- NSG 18-01: Gesuch um Erteilung einer Bewilligung für erdwissenschaftliche Untersuchungen im Standortgebiet Nördlich Lägern (NL) – Sondierbohrungen Stadel 3. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Sondiergesuch, Wettingen, 2018.
- NTB 14-02-II: SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlage: Geologische Grundlagen: Dossier II: Sedimentologische und Tektonische Verhältnisse. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2014.
- NTB 14-02-III: SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlage: Geologische Grundlagen: Dossier III: Geologische Langzeitentwicklung. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2014.
- NTB 14-02-VII: SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlage: Geologische Grundlagen: Dossier VII: Nutzungskonflikte. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2014.
- NTB 85-12: Sondierbohrung Böttstein – Bau- und Umweltaspekte; Bohrtechnik. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 1985.
- NTB 86-06: Sondierbohrung Weiach: Bau- und Umweltaspekte; Bohrtechnik. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 1986.
- NTB 86-07: Sondierbohrung Riniken: Bau- und Umweltaspekte; Bohrtechnik. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 1988.
- NTB 86-08: Sondierbohrung Schafisheim – Bau- und Umweltaspekte; Bohrtechnik. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 1991.

- NTB 86-09: Sondierbohrung Kaisten – Bau- und Umweltaspekte; Bohrtechnik. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 1986.
- NTB 86-10: Sondierbohrung Leuggern – Bau- und Umweltaspekte; Bohrtechnik. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 1989.
- NTB 90-38: Sondierbohrung Siblingen – Bau- und Umweltaspekte; Bohrtechnik. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 1994.
- NTB 99-12: Sondierbohrung Benken – Bohrtechnik; Bau- und Umweltaspekte. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2001.
- SIA 260: Grundlagen der Projektierung von Tragwerken. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Norm, Zürich, 2013.
- SIA 261: Einwirkung auf Tragwerke. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Norm, Zürich, 2014.
- SIA 262: Betonbau. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Norm, Zürich, 2013.
- SIA 263: Stahlbau. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Norm, Zürich, 2013.
- SIA 264: Stahl-Beton-Verbundbau. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Norm, Zürich, 2013.
- SIA 265: Holzbau. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Norm, Zürich, 2012.
- SIA 266: Mauerwerk. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Norm, Zürich, 2015.
- SIA 267: Geotechnik. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Norm, Zürich, 2013.
- SIA 270: Abdichtungen und Entwässerungen – Allgemeine Grundlagen und Abgrenzungen. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Norm, Zürich, 2014.
- SIA 271: Abdichtungen von Hochbauten. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Norm, Zürich, 2007.
- SIA 272: Abdichtungen und Entwässerungen von Bauten unter Terrain und im Untertagbau. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Norm, Zürich, 2009.
- SIA 273: Abdichtungen von befahrbaren Flächen im Hochbau. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Norm, Zürich, 2008.
- SIA 274: Abdichtung von Fugen in Bauten – Projektierung und Ausführung. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Norm, Zürich, 2010.
- SIA 281: Dichtungsbahnen – Kunststoff-Dichtungsbahnen, bitumenhaltige Dichtungsbahnen und Ton-Dichtungsbahnen – Produkte- und Baustoffprüfungen, Werkstoffbezeichnungen. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Norm, Zürich, 2013.
- SIA 282: Flüssig aufzubringende Abdichtungen – Produkte- und Baustoffprüfung, Konformitätsbescheinigung. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Norm, Zürich, 2011.
- SIA 283: Gussasphalt für Abdichtungen, Schutz- und Nutzsichten, Bodenbeläge und Estriche im Hochbau – Produkte- und Baustoffprüfungen, Eigenschaften und Konformität. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Norm, Zürich, 2009.

SIA 284: Fugendichtstoffe für nicht befahrbare Fugen in Bauten – Baustoffprüfung, Eigenschaften und Konformität. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Norm, Zürich, 2011.

StSV: Strahlenschutzverordnung vom 22. Juni 1994, Schweiz, SR 814.501.

UVEK (2018a): Verfügung des UVEK betreffend Gesuch vom 24. August 2017 um Erteilung einer Bewilligung für erdwissenschaftliche Untersuchungen (Sondiergesuch NSG 17-02), Sondierbohrung Bülach, Standortregion Nördlich Lägern (NL). Verfügung Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bern.

UVEK (2018b): Verfügung des UVEK betreffend Gesuch vom 26. September 2016 um Erteilung einer Bewilligung für erdwissenschaftliche Untersuchungen (Sondiergesuch NSG 16-11), Sondierbohrung Trüllikon 1, Standortregion Zürich Nordost (ZNO). Verfügung Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bern.

VKF (2017): Brandschutzrichtlinie 12-15: Brandverhütung und organisatorischer Brandschutz. Richtlinie Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen, Bern.

Weidmann M. (2002): Erdbeben in der Schweiz. Chur, Verlag Desertina.

Anhang 1 – Auflagenanträge des ENSI zum Sondiergesuch NSG 17-05

Auflagenanträge zur Bauphase

- 4-1 Vor Beginn der Bauphase sind dem ENSI aktualisierte und bereinigte Pläne einzureichen, welche einen Detaillierungsgrad aufweisen, wie er für die Ausschreibung der Bauarbeiten notwendig ist.
- 4-2 Zur Freigabe der Bauphase ist der Bohrkeller aus Stahlbeton nach den aktuell gültigen «Tragwerksnormen» (SIA 260 bis SIA 267) zu projektieren und nachfolgend entsprechend auszuführen. Verankerungen im Beton sind gemäss den aktuell gültigen Vorgaben der European Organisation of Technical Approvals (EOTA 2010, 2013a,b) bzw. nach der Norm DIN EN 1992-4, sofern erschienen, auszuführen. Die Abdichtung (Wasserdichtigkeit) des Bohrkellers ist nach den aktuell gültigen «Abdichtungsnormen» (SIA 270 bis SIA 274 und SIA 281 bis SIA 284) zu projektieren und nachfolgend entsprechend auszuführen.
- 7-1 Vor Beginn der Bauphase ist dem ENSI ein Dokument zum Qualitätsmanagement, inkl. Qualitätsüberwachungsplan, nach anerkannten Standards einzureichen. Dazu gehört eine klar definierte Organisation mit Beschrieb und Abgrenzung der Aufgabenbereiche und Verantwortlichkeiten (Organigramm). Für die Aufsicht und Begleitung müssen Ansprechpartner und Kontakte für das Tagesgeschäft wie auch bei Störfallsituationen klar erkennbar ausgewiesen werden. Mutationen am Organigramm, den Ansprechpartnern, Kontakten und bzgl. Verantwortlichkeiten sind dem ENSI zeitgerecht bekannt zu geben.

Auflagenanträge zur Betriebsphase

- 3-1 Vor dem Beginn der Betriebsphase ist eine Freigabe der geplanten Arbeiten durch das ENSI zu beantragen. Hierzu ist vom Bewilligungsinhaber schriftlich in einem Arbeitsprogramm zu dokumentieren, wie die vorgesehenen Untersuchungen im Detail ausgeführt werden sollen. Pro Bohrung ist je ein separates Arbeitsprogramm einzureichen.
- 3-2 Das zur Freigabe der Betriebsphase einzureichende Arbeitsprogramm muss ein detailliertes Bohrprogramm mit dem vorgesehenen Bohrpfad, dessen tolerierten Abweichungen, den geplanten Bohrdurchmessern sowie den geplanten Absetzpunkten der Verrohrung umfassen.
- 3-3 Das zur Freigabe der Betriebsphase einzureichende Arbeitsprogramm muss einen Verrohrungs- und Zementationsplan umfassen, welcher aufzeigt, wie die Stabilität des Bohrloches sichergestellt, eine vertikale Zirkulation von Fluiden entlang des gesamten Bohrloches verhindert und die Kontrolle über die Gas- und Wasserführung im Bohrloch gewährleistet wird. Dabei sind die Mindestanforderungen an die Zementation und Massnahmen zur Qualitätsprüfung der Zementation zu erläutern. Ausserdem ist aufzuzeigen, wie viel tiefer als geplant mit dem vorgesehenen Verrohrungskonzept gebohrt werden kann und welche Untersuchungen im vertieften Bereich noch möglich sind, sollte dies aufgrund unerwarteter Geologie notwendig sein. Dabei sind die Optionen aufzuzeigen, wie und bis auf welche Tiefe die paläozoischen Sedimente, sofern vorhanden, untersucht werden könnten.
- 3-4 Das zur Freigabe der Betriebsphase einzureichende Arbeitsprogramm muss eine detaillierte Beschreibung der einzusetzenden Untersuchungs- und Testmethoden umfassen.
- 3-5 Das zur Freigabe der Betriebsphase einzureichende Arbeitsprogramm muss als Bestandteil der Untersuchungs- und Testmethoden detaillierte Angaben zu den einzelnen bohrlochgeophysikalischen Messungen umfassen. Dabei ist auf allfällige Interferenzen zwischen verschiedenen Messungen/Messprogrammen einzugehen.

- 3-6 Das zur Freigabe der Betriebsphase einzureichende Arbeitsprogramm muss die Eignung der einzelnen hydraulischen Versuche, Bohrlochlogs und Labormethoden zur Untersuchung der hydraulischen Eigenschaften von Grundwasserleitern und Porenwässern aus Grundwasserstauern vor dem Hintergrund der Daten- und Probengewinnung und der hydrochemischen Zielparameter näher beschreiben.
- 3-7 Das zur Freigabe der Betriebsphase einzureichende Arbeitsprogramm muss eine detaillierte Beschreibung der geplanten geotechnischen In-situ-Messungen, als Bestandteil der Untersuchungs- und Testmethoden, sowie der Laborversuche an Bohrkernmaterial umfassen.
- 3-8 Das zur Freigabe der Betriebsphase einzureichende Arbeitsprogramm muss ein Konzept der allfälligen (Langzeit-)Beobachtung umfassen. Dabei sind die sich daraus ergebenden Anforderungen an die Betriebsphase aufzuzeigen.
- 4-3 Das zur Freigabe der Betriebsphase einzureichende Arbeitsprogramm muss aufzeigen, wie eine nachfolgende Schrägbohrung mit einem Bohrlochabschluss auf der vorgängigen Vertikalbohrung und ggf. bei gleichzeitigem Betrieb von Beobachtungsinstrumenten in der Vertikalbohrung ausgeführt werden kann.
- 4-4 Zur Freigabe der Betriebsphase ist dem ENSI die definitive Anordnung der Bohranlage und der peripheren Anlageteile für die Vertikalbohrung und die Schrägbohrungen einzureichen. Die Aufstellung und Organisation des Bohrplatzes muss den Anforderungen der Tiefbohrverordnung des Landes Niedersachsen (BVOT) genügen.
- 4-5 Zur Freigabe der Betriebsphase sind dem ENSI die Minimalanforderungen einzureichen, welche an den Bohrunternehmer und dessen Bohrgerätschaften in der Ausschreibung gestellt wurden. Die Angaben müssen mindestens umfassen:
- a) Hakenlast, Hebewerk, Kraftdrehkopf, Drehmoment, Druckkontrolle (*preventer*), Spülleistung der Pumpen, Schlammbehandlung, Düsenstock (*choke manifold*), Transformator, Notstromaggregate, Tanks, Silos;
 - b) Anforderung an die personellen Ressourcen am Bohrplatz, an die Qualifikationen der Bohrmannschaft und die erforderlichen Referenzen;
 - c) Qualitätsansprüche an die Verschleissteile wie Gestänge, Seilkernausrüstung und Meissel.
- 4-6 Das zur Freigabe der Betriebsphase einzureichende Arbeitsprogramm muss einen Ablaufplan zu den Bohrarbeiten mit einem Zeit-Teufen-Diagramm umfassen.
- 4-7 Zur Freigabe der Betriebsphase ist dem ENSI ein Bohrspülkonzept einzureichen, welches einen Beschrieb zum Umgang mit wassergefährdenden Zuschlagstoffen umfasst, sofern diese zum Einsatz kommen oder auf dem Bohrplatz gelagert werden. Die fachgerechte Aufbereitung der zu entsorgenden Spülflüssigkeit ist ebenfalls im Spülungskonzept zu behandeln.
- 4-8 Zur Freigabe der Betriebsphase ist dem ENSI ein Sicherheitskonzept einzureichen. Dieses Konzept muss Informationen bzgl. Zugangskontrolle während und ausserhalb aktiver Arbeitsphasen auf dem Bohrplatz beinhalten.
- 4-9 Zur Freigabe der Betriebsphase sind dem ENSI ein Brandschutzkonzept und ein Alarmierungsplan bei Feuer auf dem Bohrgelände einzureichen. Dafür sind die aktuellen Schweizerischen Brandschutzvorschriften, insbesondere die Brandschutzrichtlinie 12-15 (VKF 2017) zu beachten.
- 5-1 Das zur Freigabe der Betriebsphase einzureichende Arbeitsprogramm muss das Gefährdungsbild «induzierte Seismizität» unter Berücksichtigung der technischen Auslegung der Bohrung sowie der vorgesehenen Testarbeiten umfassen.

- 5-2 Zur Freigabe der Betriebsphase sind dem ENSI für die Dauer des Bohrbetriebs Betrachtungen zur Störfallvorsorge und -beherrschung, für unvorhergesehene Ereignisse wie z. B. seismische Aktivität einzureichen. Zusätzlich ist dem ENSI vor Beginn der Betriebsphase eine Alarmorganisation inkl. eines Organigramms der Baustellenorganisation einzureichen.
- 5-3 Zur Freigabe der Betriebsphase ist dem ENSI ein Beschrieb der vorgesehenen Gasüberwachung mit Spezifikation der Messmethodik, Angabe der zu überwachenden Gase und Angabe der vorgesehenen Alarmwerte einzureichen.
- 5-4 Zur Freigabe der Betriebsphase ist dem ENSI ein Beschrieb der vorgesehenen Gasabsperrvorrichtungen und der Drosselvorrichtungen zum kontrollierten Ablassen von Gasen unter Überdruck einzureichen.
- 5-5 Zur Freigabe der Betriebsphase sind dem ENSI für die Dauer des Bohrbetriebs Betrachtungen zur Störfallvorsorge und -beherrschung, für unvorhergesehene Ereignisse wie z. B. Gaszutritte einzureichen. Zusätzlich ist dem ENSI vor Beginn der Betriebsphase eine Alarmorganisation inkl. eines Organigramms der Baustellenorganisation einzureichen.
- 5-6 Das zur Freigabe der Betriebsphase einzureichende Arbeitsprogramm muss ein Verfüllungs- und Versiegelungskonzept umfassen, welches auf erprobten Massnahmen basiert. Zusätzlich ist aufzuzeigen, wie die Qualität und Wirksamkeit von Verfüllung und Versiegelung geprüft werden. Eine qualitätsgerechte Verfüllung und Versiegelung muss auch bei einem unvorhergesehenen Abbruch der Untersuchungen gewährleistet sein.
- 6-1 Das zur Freigabe der Betriebsphase einzureichende Arbeitsprogramm muss festlegen, welche erdwissenschaftlichen Daten und aus der Bohrung gewonnenen Proben (Bohrkernmaterial, Bohrklein, Wasser- und Gasproben etc.) dokumentiert und archiviert werden sollen. Die Dokumentation und Archivierung haben derart zu erfolgen, dass für einen gewählten Tiefenlagerstandort die Ergebnisse der erdwissenschaftlichen Untersuchungen langfristig während allen Phasen der an diesem Standort durchgeführten Lagerrealisierung (Rahmenbewilligung, Bau, Betrieb, Beobachtung, Verschluss) zur Verfügung stehen. Dazu sind insbesondere Angaben zu machen, ob und wie das Probenmaterial für die verschiedenen Untersuchungsziele nach Stand von Wissenschaft und Technik konditioniert und archiviert wird.
- 6-2 Während der Dauer der Betriebsphase hat periodisch eine schriftliche Berichterstattung über den Stand der Arbeiten und über die wichtigsten Ergebnisse zuhanden des ENSI zu erfolgen. Die Periodizität wird durch das ENSI im Rahmen der Aufsichtstätigkeit festgelegt.
- 6-3 Nach Abschluss der Betriebsphase der jeweiligen Bohrung sind die Ergebnisse in einem Schlussbericht zu dokumentieren und dem ENSI einzureichen.

Auflagenanträge zur Beobachtungsphase

- 3-9 Zur Freigabe der Beobachtungsphase ist dem ENSI ein detailliertes Langzeitbeobachtungsprogramm einzureichen. Dieses muss mindestens Angaben zu Umfang und Dauer der geplanten Beobachtungen, zur Methodik und zu den Messsystemen sowie zur Dokumentation umfassen.

Auflagenanträge zu den Verschlussarbeiten

- 5-7 Das zur Freigabe der Verschlussarbeiten (Einbringen und Prüfen von Verfüllung und Versiegelung) dem ENSI einzureichende Verfüllungs- und Versiegelungsprogramm muss Beschreibungen der angetroffenen Verhältnisse im Bohrloch, des Vorgehens bei der Verfüllung und Versiegelung, der vorgesehenen Verfüll- und Versiegelungsmaterialien und deren Langzeitbeständigkeit sowie die vorgesehenen Qualitätssicherungsmassnahmen umfassen.

Anhang 2 – Hinweise des ENSI zum Sondiergesuch NSG 18-01

- Kap. 3.1 In Übereinstimmung mit ENSI 33/540 weist das ENSI darauf hin, dass aus seiner Sicht Untersuchungen zur Verkarstung der Gesteine des Muschelkalks in den Zielsetzungen fehlen und diese im Arbeitsprogramm ggf. zu diskutieren sind.
- Kap. 3.2.2 Ergänzend macht das ENSI darauf aufmerksam, dass, sofern keine Langzeitbeobachtung erfolgt, auch die Verfüll- und Versiegelungsarbeiten der erstellten Bohrlöcher zur Betriebsphase gehören.
- Kap. 3.4 Im Gutachten zum Entsorgungsnachweis (HSK 35/99) wurde festgehalten, dass die Rahmengesteine und das Wirtgestein jeweils mit dem gleichen Aufwand untersucht und beschrieben werden sollen. Das ENSI geht daher davon aus, dass entsprechende Untersuchungen und Testarbeiten auch in den Sondierbohrungen Stadel 3 über den gesamten einschlusswirksamen Gebirgsbereich in vergleichbarem Umfang und Detaillierungsgrad ausgeführt werden.
- Kap. 3.4.1 Das ENSI geht davon aus, dass bei allen Bohrungen mindestens der komplette einschlusswirksame Gebirgsbereich gekernt wird.
- Kap. 3.4.1 Das ENSI merkt ausserdem an, dass für eine nachfolgende Schrägbohrung, der bereits im Detail geplante Bohrkeller (NSG 18-01, Beilage 8) nicht ausgelegt ist und es sehr wahrscheinlich einer späteren Anpassung des Bohrkellers gegenüber den vorgelegten Plänen bedarf.
- Kap. 3.4.1 Das ENSI geht davon aus, dass ein intensives Untersuchungsprogramm bzgl. tektonischer Elemente vorgesehen ist, das insbesondere auch der Frage nachgeht, inwiefern die verschiedenen lokal und regional vorhandenen Strukturelemente und insbesondere Abscherhorizonte innerhalb des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs nachweisbar sind.
- Kap. 3.4.1 Das Gebiet des Bohrstandorts ist durch flaches Einfallen der mesozoischen Schichten charakterisiert, in denen jedoch auch flach einfallende Überschiebungen auftreten können. Daher erwartet das ENSI, dass die Bohrung auch dazu dienen wird, die beschränkte tektonische Zergliederung im zentralen Standortgebiet zu bestätigen, dass aber insbesondere auch das Vorhandensein flacher oder sogar schichtparalleler Bewegungszonen sowie südvergenter Strukturen geprüft wird.
- Kap. 3.4.2 Das ENSI weist darauf hin, dass die Bohrlochsohle und/oder die geologischen Formationen von Interesse für eine seismologische Langzeitbeobachtung instrumentiert werden könnten.
- Kap. 4.3 Das ENSI beurteilt diese Dimensionierung zur Bohrung der Standrohrstrecke aufgrund seiner Erfahrungen mit den Bohrplätzen Bülach (ENSI 2018; UVEK 2018a) und Trüllikon 1 (ENSI 2019b; UVEK 2018b) als nicht ausreichend und empfiehlt im Rahmen der Freigabe der Bauphase eine Vergrösserung des Durchmessers der Hilfsstandrohre auf 30" (analog zu Bülach und Trüllikon 1).
- Kap. 4.3 Basierend auf seinen Erfahrungen mit der Vertikalbohrung Bülach 1-1 (ENSI 2019c) geht das ENSI davon aus, dass eine Schrägbohrung nach dem Abteufen einer Vertikalbohrung mit der Bohrkellerauslegung gemäss NSG 18-01, Beilage 8, nicht umsetzbar ist. Der nötige Bohrlochabschluss (*well head*) der Vertikalbohrung ragt mit seinen Abgängen für Messinstallationen in die Bohrlochachsen der Schrägbohrungen. Das ENSI empfiehlt die Dimensionierung/Auslegung des Bohrkellers im Rahmen der Freigabe der Bauphase anzupassen, sodass zwischen den Eingängen zu den Schrägbohrungen und der Vertikalbohrung genügend Platz vorhanden ist. Dabei ist auch zu beachten, dass

Bohrlochabschlüsse auf Schrägbohrungen eventuelle weitere Schrägbohrungen gleichfalls nicht behindern dürfen.

- Kap. 4.5.1 Das ENSI geht davon aus, dass die Bohrspülung im Hinblick auf die Stabilität des Bohrlochs und die vorgesehenen hydrochemischen Analysen von Wasserproben optimiert ist.
- Kap. 5.1 Das ENSI geht heute davon aus, dass die Nagra nach Überprüfung der Eigenschaften des Wirtgesteins vor Ort die Gültigkeit des Sicherheitsabstandes von mindestens 50 m im Hinblick auf die Baubewilligung für geologische Tiefenlager erneut überprüfen muss.
- Kap. 5.3 Im Hinblick auf eine allfällige Beweissicherung (vorgänig zum Bau eines geologischen Tiefenlagers) weist das ENSI darauf hin, dass dazu Nullmessungen der natürlichen Seismizität vor Beginn der Bohrarbeiten durchgeführt werden sollten.

ENSI 33/726

ENSI, CH-5200 Brugg, Industriestrasse 19, Telefon +41 (0)56 460 84 00, e-mail: info@ensi.ch, www.ensi.ch