



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 16-11 – Sondierbohrungen Trüllikon 1**





Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI

ENSI 33/578

# **Gutachten zum Sondiergesuch NSG 16-11 – Sondierbohrungen Trüllikon 1**

Brugg, September 2017



## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>i</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Veranlassung	1
1.2 Rechtliche Grundlagen	1
1.3 Inhalt und Umfang des Gutachtens	2
1.4 Ablauf der Gutachtenerstellung	3
<b>2 Geologischer Bericht</b>	<b>4</b>
2.1 Geologische Schichtfolge und einschlusswirksamer Gebirgsbereich	4
2.2 Tektonik	4
2.3 Hydrogeologie und Hydrochemie	5
<b>3 Untersuchungsprogramm</b>	<b>6</b>
3.1 Zielsetzung der Sondierbohrungen	6
3.2 Aktivitätsphasen der Sondierbohrungen Trüllikon 1	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 Bohrkonzept	7
3.4 Vorgesehene Untersuchungen (Testarbeiten)	8
3.4.1 Geologie	8
3.4.2 Bohrlochgeophysik	9
3.4.3 Hydrogeologie und Hydrochemie	9
3.4.4 Geotechnik	10
3.4.5 Langzeitbeobachtung	10
3.5 Programmanpassungen	11
3.6 Auswahl des Bohrplatzes	11
<b>4 Technische Gesuchsunterlagen</b>	<b>12</b>
4.1 Örtliche Gegebenheiten	12
4.2 Platzerstellung und Platzausrüstung	12
4.3 Bohrkeller	12
4.4 Bohrarbeiten / Temporäre Anlagen	13

4.5	Diverses	13
4.5.1	Bohrspülung	13
4.5.2	Baustellensicherung	14
4.5.3	Brandschutz	14
<b>5</b>	<b>Mögliche Auswirkungen auf Geologie und Umwelt</b>	<b>15</b>
5.1	Einschlusswirksamer Gebirgsbereich	15
5.2	Grundwasserstockwerkstrennung	15
5.3	Induzierte Seismizität	15
5.4	Auftreten von Gas	16
5.5	Verfüllung / Versiegelung nach Abschluss der Arbeiten	17
<b>6</b>	<b>Erdwissenschaftliche Dokumentation</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>Aufsicht und Begleitung</b>	<b>20</b>
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>21</b>
<b>9</b>	<b>Referenzen</b>	<b>22</b>
<b>Anhang 1 – Auflagenanträge des ENSI zum Sondiergesuch NSG 16-11</b>		<b>25</b>
	Auflagenanträge zur Bauphase	25
	Auflagenanträge zur Betriebsphase	25
	Auflagenanträge zur Beobachtungsphase	27
	Auflagenanträge zu den Verschlussarbeiten	27
<b>Anhang 2 – Hinweise des ENSI zum Sondiergesuch NSG 16-11</b>		<b>28</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Veranlassung

Der Konzeptteil des Sachplans geologische Tiefenlager (SGT, BFE 2008) 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 27. September 2016 reichte die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) beim Bundesamt für Energie (BFE) das Sondiergesuch NSG 16-11 – Sondierbohrungen Trüllikon 1 ein. Mit diesem Gesuch wird, gestützt auf Art. 35 des Kernenergiegesetzes (KEG), eine Bewilligung für erdwissenschaftliche Untersuchungen in Bezug auf das geologische Standortgebiet Zürich Nordost beantragt. Von der Gesuchstellerin werden im Einzelnen folgende Bewilligungen beantragt (NSG 16-11, 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 für den Anschluss an das Mittelspannungsnetz, inkl. Zuleitungen zum Bohrplatz mit Betrieb einer temporären Trafostation auf dem Bohrplatz.

Am 8. März 2017 wurde das ENSI durch das federführende BFE beauftragt, eine sicherheitstechnische Beurteilung des eingereichten Gesuchs vorzunehmen und diese in einem Gutachten festzuhalten. Durch das ENSI sollen dabei insbesondere die geologischen sowie Sicherheits- und Sicherungsaspekte beurteilt werden.

## 1.2 Rechtliche Grundlagen

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. 58 bis 60 der Kernenergieverordnung (KEV) 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 technischer Sicht einer Bewilligungserteilung zugestimmt werden kann (Art. 72 Abs. 1 KEG). Bei dieser sicherheitstechnischen 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 niedersächsische Tiefbohrverordnung (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 im spezifischen 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 (Art. 136 Abs. 4 Bst. b der Strahlenschutzverordnung (StSV); 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 der KEV (Art. 58) 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 2016) 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 sowie die ehemaligen ENSI-Mitarbeitenden Dr. Peter Bitterli und Dr. Erik Frank.

## **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 16-11 – Sondierbohrungen Trüllikon 1 durch die Nagra am 27. September 2016 beim BFE als Leitbehörde.
2. Vollständigkeitsprüfung des Sondiergesuchs und Zustellung der Ergebnisse durch das BFE am 3. Januar 2017.
3. Überarbeitung des Gesuchs durch die Nagra entsprechend den Ergebnissen der Vollständigkeits- und inhaltlichen Grobprüfung und Neueinreichung beim BFE, Zustellung des überarbeiteten Sondiergesuchs am 8. März 2017 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. Zustellung der aus der öffentlichen Auflage (13. März bis 26. April 2017) eingegangenen Einsprachen durch das BFE, Sichtung der Einsprachen und ggf. Berücksichtigung durch das ENSI.
  - c. 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.
  - d. 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.
  - e. Prüfung, Bewertung und ggf. Berücksichtigung der Verbesserungsvorschläge der Nagra.
  - f. Schlussredaktion des Gutachtenentwurfs sowie Zustellung des finalen ENSI-Gutachtens an das BFE (September 2017).

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 Trüllikon 1 gegeben. Des Weiteren werden der einschlusswirksame Gebirgsbereich, die strukturgeologischen und tektonischen Verhältnisse sowie die regionale und lokale Hydrogeologie/-chemie für das zu untersuchende geologische Standortgebiet Zürich Nordost 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 16-11, 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 Zürich Nordost nicht durch das ersuchte Vorhaben beeinträchtigt wird, ist der einschlusswirksame Gebirgsbereich (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 Rahmensteinen zusammen. Die Obergrenze des EG wird durch die Oberkante der Effinger Schichten gebildet und auf 740 m u. T. erwartet. Das Wirtgestein für ein Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) sowie hochaktive Abfälle (HAA) ist der ab 835 m u. T. erwartete Opalinuston. Seine vertikale Mächtigkeit wird am Bohrplatz Trüllikon 1 mit 100 m veranschlagt. Die Untergrenze des EG wird durch die Basis der Bänkerjoch-Formation (Gipskeuper) gebildet und auf 1120 m u. T. vermutet. Nach Auffassung des ENSI ist der besonders zu schützende einschlusswirksame Gebirgsbereich in den Gesuchsunterlagen, unter Berücksichtigung der existierenden Ungewissheiten, ausreichend detailliert räumlich abgrenzbar und korrekt dargestellt.

### 2.2 Tektonik

Die Darstellung der Tektonik des Standortgebiets durch die Nagra bezieht sich insbesondere auf den geologischen Synthesebericht zur Etappe 2 SGT (NTB 14-02-II). Zur Abklärung der tektonischen Verhältnisse am Standort der Bohrung Trüllikon 1 liegt eine 3D-Seismik vor (NTB 00-03), aufgrund derer die Position und Ausdehnung der umliegenden tektonischen Elemente bis zur Basis Mesozoikum gut bekannt sind. Das ENSI ist mit der Darstellung durch die Nagra grundsätzlich einverstanden. Darin sind alle gegenwärtig bekannten Elemente enthalten.

Aufgrund der Ergebnisse aus der Tiefbohrung Benken wird von der Nagra vermutet, dass unterhalb der mesozoischen Schichtabfolge kristallines Gestein des Kristallinhorsts von Benken ansteht (NAB 14-17).

Kleinräumige Störungen sollten sich gemäss Auswertung der 3D-Seismik auf einen Vertikalversatz kleiner als 7 m beschränken. Aufgrund der knapp nordöstlich des Bohrstandorts in Nordwest-Südost-Richtung verlaufenden Neuhausen-Störung könnten sich am Bohrstandort Trüllikon 1 ebenfalls isolierte Störungen mit gleicher Streichrichtung finden.

## **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 Trüllikon 1 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 16-11, Kap. 3.1) sowie das dargestellte Untersuchungsprogramm (NSG 16-11, Kap. 3.2 und 3.3) stützen sich auf das im NAB 14-83 dokumentierte Explorationskonzept des Standortgebiets Zürich Nordost. 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 Trüllikon 1 liegt im östlichen Teil des Standortgebiets Zürich Nordost. Gemäss NSG 16-11 (Kap. 6.2.2) sollen die Sondierbohrungen am Bohrplatz Trüllikon 1 dazu dienen, Kenntnisse über den östlichen Teil des zu charakterisierenden Bereichs (HAA-Lagerperimeter) zu gewinnen. Dafür wurde ein Bohrplatz gesucht, welcher am Ostrand der im Sondiergesuch (NSG 16-11, Fig. 6.1) ausgewiesenen HAA-Lagerperimeter, knapp südwestlich der Neuhausen-Störung und innerhalb des 3D-Seismikgebiets liegt. Es wird angemerkt, dass der in Fig. 6.1 dargestellte «ergänzende Lagerperimeter HAA (nach NAB 16-41)» nicht mit dem in NAB 16-41 dokumentierten Lagerperimeter HAA-ZNO-aL10-r-manuell übereinstimmt. Zudem entspricht der in Fig. 6.1 dargestellte «alternative Lagerperimeter SMA (nach NTB 14-01, NAB 14-83)» nicht dem in NTB 14-01 und NAB 14-83 dokumentierten Lagerperimeter SMA-ZNO-mLE-u.

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 Trüllikon 1 spezifische Fragestellungen. Hierzu gehören die Abklärung der Existenz bzw. Absenz von paläozoischen Sedimenten, die Bestimmung der Temperatur- und Spannungsverhältnisse bis in den prä-meso-zoischen Sockel hinein sowie die Abklärung bzgl. der Frage, ob südwestlich der Neuhausen-Störung (bzw. ausserhalb des Sicherheitsabstands gemäss Fig. 6.1) mit einer kleinräumigen tektonischen Beanspruchung des Wirtgesteins zu rechnen ist. Nach Ansicht des ENSI ergänzen die vorgesehenen Untersuchungen am Bohrplatz Trüllikon 1 den bestehenden Kenntnisstand (vgl. Kap. 2). Die standortunabhängigen und -spezifischen Zielsetzungen der Sondierbohrungen Trüllikon 1 werden vom ENSI als sinnvoll beurteilt, insbesondere vor dem Hintergrund, dass sich die Nordostgrenzen der HAA-Lagerperimeter im Standortgebiet Zürich Nordost am Verlauf der Neuhausen-Störung orientieren. 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 Lagerbereiche für ein allfälliges Rahmenbewilligungsgesuch.

## **3.2      Aktivitätsphasen der Sondierbohrungen Trüllikon 1**

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 16-11, S. 35 und 63). 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 Trüllikon 1 abgeteuft und das Untersuchungsprogramm mit seinen Testarbeiten durchgeführt. Hierzu gehören auch der Abbruch der Fundamente, der Rückbau des Bohrplatzes sowie die Rekultivierungsarbeiten (NSG 16-11, S. 63). Das ENSI merkt hierzu an, dass sich im Gesuch auch eine abweichende Festlegung der Betriebsphase findet (NSG 16-11, S. 42), nach welcher der Rückbau (d. h. Aufhebung der befestigten Bohrplatzfläche mit Nebenanlagen, Entfernung eingebrachter Fremdmaterialien wie Kieskoffer, Bitumenbeläge und Betonfundamente sowie (teilweiser) Rückbau von Werkleitungen) und die Rekultivierungsarbeiten nicht Bestandteil der Betriebsphase wären. In seinen Ausführungen zählt das ENSI die Rückbau- und Rekultivierungsarbeiten zur Betriebsphase hinzu, da auch bei diesen Arbeiten von regelmässig wachzunehmenden Aktivitäten am Bohrplatz (Lärmentwicklung, Baustellenverkehr etc.) auszugehen ist.

### **3.2.3      Beobachtungsphase**

Die optionale (Langzeit-)Beobachtungsphase oder Überwachungsphase beginnt gemäss Gesuch nach Abschluss der Betriebsphase. Die Beobachtungsphase, welche Jahre bzw. Jahrzehnte dauern kann, umfasst die Nutzung des nicht abgebrochenen Bohrkellers sowie von Messeinrichtungen in den Bohrlöchern (NSG 16-11, S. 42 und 63). 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 deutschen Tiefbohrverordnung (BVOT) zur Anwendung (NSG 16-11, S. 83).

## **3.3      Generelles Untersuchungs- und Bohrkonzzept**

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 Trüllikon 1 ausgehenden Tiefbohrungen werden mit ihren Bohrpfeilen gemäss Nagra so angeordnet, dass die standortbezogenen Untersuchungsziele gemäss dem Ex-

plorationskonzept (NAB 14-83) 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 Bohrkonzzept wird – angepasst an die lokalen geologischen Verhältnisse und in Abhängigkeit von den letztendlich durchzuführenden Untersuchungen – in ein Bohr- und Verrohrungskonzzept 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 Verrohrungskonzzept 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 Verrohrungskonzzept 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 Verrohrungskonzzept 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 Trüllikon 1 über den gesamten einschlusswirksamen Gebirgsbereich in vergleichbarem Umfang und Detaillierungsgrad ausgeführt werden.

#### **3.4.1 Geologie**

Die Nagra sieht für die erste, vertikale Bohrung eine gekerkerte Strecke bis 50 m unter die Basis des Mesozoikums vor. Unter Umständen können Teile dieser Bohrung auch destruktiv ausgeführt werden, insbesondere gegen Ende der Bohrung. Weitere, geneigte Bohrungen mit einer maximalen Abweichung

gegenüber der Senkrechten von ca. 45° (Schrägbohrungen) 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 Bohrung, der im Detail geplante Bohrkeller (NSG 16-11, Beilage 8) nicht ausgelegt ist und es unter Umständen 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.

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 Datenerhebungen 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 Bestimmung von Schichtgrenzen (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.

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 16-11, S. 21, 42 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. Die für die Langzeitbeobachtung geplante Infrastruktur (Bohrkeller mit Einstiegs- und Revisionsöffnung, gekofferte Zufahrt sowie Energie- und Telekommunikationsleitungen (NSG 16-11, Beilage 9) ist angemessen reduziert. Im Übrigen sind die Langzeitbeobachtungssysteme in der Regel wartungsarm ausgelegt. Deshalb erachtet das ENSI eine solche Langzeitbeobachtung als auf das Notwendige beschränkt.

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 der Mindestgrösse des Bohrplatzes von ca. 5000 m<sup>2</sup> 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 werden kann. Der gewählte Standort des Bohrplatzes erfüllt die von der Nagra aufgestellten Vorgaben.

Der Bohrplatz befindet sich am östlichen Ende des Standortgebietes und an der östlichen Peripherie des im Sondiergesuch ausgewiesenen ergänzenden HAA-Lagerperimeters. Der Bohrplatz Trüllikon 1 ist für Vertikalbohrungen sowie für Schrägbohrungen in Richtung Norden, Osten, Süden und Westen ausgelegt (NSG 16-11, S. 80). Mit der Vertikalbohrung und der Schrägbohrung in westlicher Richtung können repräsentative Abfolgen innerhalb des Lagerperimeters und mit der Schrägbohrung in südlicher Richtung kann eine repräsentative Abfolge knapp innerhalb des Lagerperimeters erkundet werden. Mit Schrägbohrungen in nördlicher sowie östlicher Richtung kann eine repräsentative Abfolge ausserhalb des Lagerperimeters und die Strukturierung der Neuhausen-Störung erkundet werden. Vom Bohrplatz Trüllikon 1 kann 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 Trüllikon 1 liegt im Gewässerschutzbereich üB ausserhalb von bekannten Grundwasservorkommen.

Zusammenfassend hält das ENSI fest, dass der Bohrplatz Trüllikon 1 in Bezug auf die Zielsetzungen der Untersuchungen (vgl. Kap. 3.1) als repräsentativ beurteilt wird. Aufgrund der Nähe zu diversen strukturellen Elementen und der Lage innerhalb eines HAA-Lagerperimeters ist davon auszugehen, dass ergänzende erdwissenschaftliche Daten von wichtiger Aussagekraft gewonnen werden können. Ausserdem beurteilt das ENSI die Auswahl des Bohrplatzes aus (bohr-)technischer Sicht als sinnvoll.

## 4 Technische Gesuchsunterlagen

Mit dem Kapitel 5 «Technische Gesuchsunterlagen (nach Art. 58 KEV)» sowie den Figuren 5.1, 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 landwirtschaftlichen Fruchtfolgefläche angrenzend an die Kantonsstrasse und einen Wald. Das nächstliegende dauerhaft bewohnte Gebäude liegt in über 300 m Distanz. Die Auslegung des Bohrplatzes ist flächenmässig ausreichend. Mit der rechteckigen Form des Bohrplatzes sind eine gute Ausnutzung und eine Optimierung der Betriebsabläufe gegeben. Die Anordnung der Nebenanlageteile und Abstellflächen (z. B. Stangenlager) erscheint für eine Vertikalbohrung logisch. Zur Entwässerung soll Regenwasser der kommunalen Regenabwasserleitung zugeführt werden. Das Schmutzwasser soll in Schlamm tanks gesammelt werden und mit Tankwagen abgeführt werden. Das ENSI hat keine Einwände zur Auslegung des Bohrplatzes.

### 4.2 Platzerstellung und Platzausrüstung

Die vorliegenden Pläne sind generischer Art und für das Gesuch stufengerecht. Gemäss NSG 16-11, 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 inkl. Fundamente aus Stahlbeton ist, sofern nach dem Stand der Technik ausgelegt und erstellt (siehe Auflagenantrag 4-2), gut 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". Das ENSI beurteilt diese Dimensionierung zur Bohrung der Standrohrstrecke als ausreichend. Nicht ersichtlich ist hingegen, wie nach dem Abteufen der Vertikalbohrung anschliessend eine Schrägbohrung nach Norden oder nach Süden angesetzt werden kann. Ausgehend von einem Verrohrungsschema, bei welchem mindestens zwei Verrohrungen (13<sup>3</sup>/<sub>8</sub>" und 9<sup>5</sup>/<sub>8</sub>" bis zur Oberfläche gezogen werden, ist ein Bohrlochabschluss (*well head*) notwendig, der minimal einen Meter über den Boden des Bohrlochkellers herausragen würde. Schon in diesem Fall erscheint nach Ansicht des ENSI der Zugang für eine weitere Bohrung durch die nach Norden und Süden vorbereiteten Schrägeingänge platzmässig problematisch. Es ist darüber hinaus davon auszugehen, dass in der Vertikalbohrung bereits diverse Beobachtungsinstallationen eingebaut sein werden. Die diversen Zu- und Abgänge, Kabel und Leitungen benötigen zusätzlichen Platz und sind vor mechanischen Verletzungen zu schützen. Es ist für das ENSI zurzeit nicht klar, wie bei solchen Platzverhältnissen Schrägbohrungen vom gleichen Bohrkeller aus nach Norden und Süden abgeteuft werden sollen. Dieselbe Frage stellt sich auch für eine anschliessende Schrägbohrung nach Osten oder Westen, sofern vorgängig eine Schrägbohrung nach Westen oder nach Osten abgeteuft wurde.

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 16-11, 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 deutschen Tiefbohrverordnung 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 16-11, 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, 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 16-11, 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 16-11, Kap. 5.4.3 wird darauf hingewiesen, dass der Bohrplatz mit einem Bauzaun gesichert und der Zutritt geregelt wird. Im Situationsplan (Beilage 5) ist eine Umzäunung eingetragen.

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 16-11 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 16-11, 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 vom Bohrplatz Trüllikon 1 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 Trüllikon 1 (vgl. Kap. 3.1 und 3.4) beurteilt das ENSI die im Gesuch ausgewiesene Umhüllende der möglichen Bohrpfade (NSG 16-11, S. 80 f.), welche auch als möglicher Einflussbereich bezeichnet wird (NSG 16-11, Fig. 7.1), als nachvollziehbar.

Die Nagra hat die Auswirkungen von Sondierbohrungen auf die Barrierenwirksamkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs anhand von generischen dreidimensionalen Modellrechnungen zur Radionuklidenausbreitung untersucht (NAB 15-13; NAB 15-39). 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, bestehen aus Sicht des ENSI keine wesentlichen Einschränkungen bezüglich der Platzierung eines allfälligen geologischen Tiefenlagers innerhalb des geologischen Standortgebiets Zürich Nordost. Die Eignung des Standortgebiets Zürich Nordost 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 untefe 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 Trans-

missivität 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 Druck 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 eine 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. von der Distanz zum Erdbebenherd abhängig ist, welche bei durch Bohrungen induzierter Seismizität sehr gering ist. Unter Verweis auf das Naturgefahrenportal des Bundes<sup>1</sup>, die Wissenssammlung des Schweizerischen Erdbebendienstes<sup>2</sup> 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 tatsächlichen auszuführenden Untersuchungen noch nicht festgelegt 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 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 weiterer Gase aus wissenschaftlicher Sicht angezeigt, aber aus sicherheitstechnischen Gründen nicht

---

<sup>1</sup> <http://www.naturgefahren.ch/home/umgang-mit-naturgefahren/erdbeben/gefahrenstufen-erdbeben.html> (Stand Mai 2017)

<sup>2</sup> <http://www.seismo.ethz.ch/de/knowledge/things-to-know/impacts/> (Stand Mai 2017)

notwendig. Hinweise auf allfällige Gaszutritte müssen neben der Gasüberwachung auch über die Kontrolle der Spülungsbilanz im Spültank erkannt werden können.

In der Sondierbohrung Benken lagen keine Hinweise auf auftretende Kohlenwasserstoffgase oder Schwefelwasserstoff vor (NTB 00-01). Im geologischen Synthesebericht zur Etappe 2 SGT (NTB 14-02-VII) wird für den Bohrplatz Trüllikon 1 kein Potenzial für Kohlenwasserstoffe ausgewiesen. Das Auftreten gefährlicher Ansammlungen von Gasen im Untersuchungsgebiet erachtet das ENSI ebenso als gering, es kann dennoch nicht vollständig ausgeschlossen werden. 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 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 im Arbeitsprogramm 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 und zu versiegeln. 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 bohrungsspezifisch (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 wird. 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 KEG legt die Bewilligung für erdwissenschaftliche Untersuchungen den Umfang der erdwissenschaftlichen Dokumentation fest. Die aus den Untersuchungen gewonnenen erdwissenschaftlichen Daten sind nach Art. 72 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 hat 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

Die Durchführung der erdwissenschaftlichen Untersuchungen wird nach der Bewilligungserteilung beaufsichtigt (vgl. Art. 36 Abs. 1 und Art. 73 Abs. 2 KEG). Aufsichtsbehörde betreffend technischer Sicherheitsaspekte (insbesondere Eignung der Untersuchungen zur Erbringung der erforderlichen Grundlagen für die spätere Beurteilung der Sicherheit eines geologischen Tiefenlagers, Erhaltung der Eignung des Standorts als geologisches Tiefenlager sowie Sicherheit und technische Machbarkeit der Untersuchungen) ist das ENSI (Art. 70 Abs. 1 KEG, Art. 6 Bst. a KEV, Art. 136 Abs. 4 Bst. b StSV). Die Zuständigkeit des ENSI wird auch im Konzeptteil des Sachplans geologische Tiefenlager (BFE 2008) festgehalten. Um eine zielgerichtete Mitwirkung der Fachstellen der von den Untersuchungen betroffenen Kantone und Gemeinden zu gewährleisten, kann eine Begleitgruppe gebildet werden. Im Rahmen der Aufsichtstätigkeit über die erdwissenschaftlichen Untersuchungen kann das ENSI auf dem Bohrplatz Inspektionen durchführen (Art. 73 KEG).

Auflagenantrag 7-1: Vor Beginn der Bauphase ist dem ENSI rechtzeitig 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 enthält 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 technischer 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 anerkannte, fachlich genügend abgestützte private und kantonale Normen, Richtlinien und Standards sowie ausländische gesetzliche Vorgaben, soweit die Kriterien, auf welchen diese Unterlagen beruhen, mit den für die Beurteilung massgebenden Sicherheitsanforderungen vereinbar sind.

Mit dem Sondiergesuch NSG 16-11 – Sondierbohrungen Trüllikon 1 beantragt und begründet die Nagra die Abteufung von drei Sondierbohrungen (vertikal oder schräg) 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 Trüllikon 1 als geeignet, um erforderliche Grundlagen für die spätere Beurteilung der Sicherheit eines geologischen Tiefenlagers zu erbringen. 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 Zürich Nordost. 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 16-11, 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.

## 9 Referenzen

- BFE (2008): 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.
- BVOT: Bergverordnung für Tiefbohrungen, Untergrundspeicher und für die Gewinnung von Bodenschätzen durch Bohrungen im Land Niedersachsen vom 20. September 2006, Deutschland,
- 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 (2016): Ergebnis der Vollständigkeits-/Grobprüfung Sondiergesuche JO und ZNO. 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.
- 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 14-17: Tektonische Karte des Nordschweizer Permokarbondrogs: Aktualisierung basierend auf 2D-Seismik und Schweredaten. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Arbeitsbericht, Wettingen, 2014.
- NAB 14-83: Konzepte für die Standortuntersuchungen der Etappe 3. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Arbeitsbericht, Wettingen, 2014.
- 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 15-39: Evaluation der Auswirkungen der für Etappe 3 geplanten Sondierbohrungen in den Standortgebieten Jura Ost und Zürich Nordost auf die sicherheitstechnische Eignung dieser Standortgebiete. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Arbeitsbericht, Wettingen, 2015.

- NAB 16-41: ENSI-Nachforderung zum Indikator "Tiefenlage im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit" in SGT Etappe 2 – Zusammenfassende Darstellung der Zusatzdokumentation (Hauptbericht). Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Arbeitsbericht, Wettingen, 2016.
- NSG 16-11: Gesuch um Erteilung einer Bewilligung für erdwissenschaftliche Untersuchungen im Standortgebiet Zürich Nordost (ZNO) – Sondierbohrungen Trüllikon 1. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Sondiergesuch, Wettingen, 2016.
- NTB 00-01: Sondierbohrung Benken – Untersuchungsbericht (Textband & Beilagenband). Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2001.
- NTB 00-03: 3D-Seismik: Räumliche Erkundung der mesozoischen Sedimentschichten im Zürcher Weinland. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2001.
- NTB 14-01: SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlage: Sicherheitstechnischer Bericht zu SGT-Etappe 2: Sicherheitstechnischer Vergleich und Vorschlag der in Etappe 3 weiter zu untersuchenden geologischen Standortgebiete. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2014.
- 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-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.
- 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 16-11

### 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 rechtzeitig 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.

### 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 Verrohungs- 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 deutschen Tiefbohrverordnung 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 Gasabsperrovorrichtungen 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 wird. 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 hat 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 16-11

- 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. 3.4 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 Trüllikon 1 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 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. 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 weist das ENSI darauf hin, dass dazu Nullmessungen der natürlichen Seismizität vor Beginn der Bohrarbeiten durchgeführt werden sollten.



ENSI 33/578

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