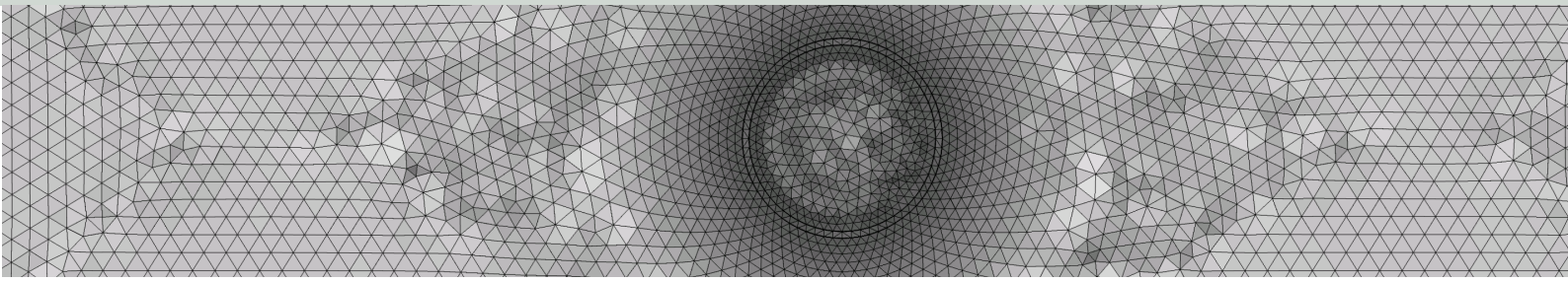
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

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



Beurteilung der Explorationskonzepte für Etappe 3 SGT

Expertenbericht

im Rahmen der Beurteilung des Vorschlags von mindestens zwei geologischen Standortgebieten pro Lagertyp, Etappe 2, Sachplan geologische Tiefenlager

B. Rick
H. Graf

Dr. von Moos AG

September 2016

Disclaimer:

Die im Bericht dokumentierten Ansichten und Schlussfolgerungen sind diejenigen der Autoren und stimmen nicht notwendigerweise mit denen des ENSI überein.

Auftraggeber: Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
5200 Brugg

Sachplan geologische Tiefenlager (SGT)
Etappe 2

Beurteilung der Explorationskonzepte für Etappe 3 SGT

Expertenbericht zuhanden des

Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI

Dr. von Moos AG — **Beratende Geologen und Ingenieure**
Geotechnisches Büro
Bachofnerstrasse 5, CH - 8037 Zürich
www.geovm.ch info@geovm.ch
Telefon +41 44 363 31 55 Fax +41 44 363 97 44

Filialen
Mäderstrasse 8, CH - 5401 Baden
Telefon +41 56 222 09 45 Fax +41 56 221 50 45
Dorfstrasse 40, CH - 8214 Gächlingen
Telefon +41 52 681 43 27 Fax +41 52 681 43 25

Bericht Nr. 8600-38a **22. September 2016**

Inhalt

Seite

Zusammenfassung

1. Einleitung 5
2. Unterlagen 6
   - 2.1 Berichte der Nagra 6
   - 2.2 Weitere Unterlagen 6
3. Vorgehen der Nagra 7
   - 3.1 Generelles Vorgehen 7
   - 3.2 Einschätzung der Explorierbarkeit 9
   - 3.3 Vorgesehene Untersuchungsmethoden 9
   - 3.4 Standortgebiet Zürich Nordost (ZNO) 12
   - 3.5 Standortgebiet Jura Ost (JO) 14
   - 3.6 Standortgebiet Nördlich Lägern (NL) 15
4. Vorgehen im Rahmen der Überprüfung 18
   - 4.1 Stellungnahme zum generellen Konzept 18
   - 4.2 Stellungnahme zum Standortgebiet Zürich Nordost 20
   - 4.3 Stellungnahme zum Standortgebiet Jura Ost 22
   - 4.4 Stellungnahme zum Standortgebiet Nördlich Lägern 23
5. Beantwortung der Leitfragen 25

Anhang

A1 Situation im Standortgebiet Zürich Nordost
A2 Situation im Standortgebiet Jura Ost
A3 Situation im Standortgebiet Nördlich Lägern

Zusammenfassung

Mit dem vom Bundesrat im Jahr 2008 genehmigten Konzept "Sachplan geologische Tiefenlager" wurde das Standortwahlverfahren für die Tiefenlager festgelegt und dessen Umsetzung in Angriff genommen. Gemäss diesem Sachplanverfahren erfolgt die Auswahl von Standorten für geologische Tiefenlager in drei Etappen.

Anfangs 2015 hat die Nagra für Etappe 2 zwei geologische Standortgebiete vorgeschlagen, in welchen jeweils sowohl das SMA-Lager als auch das HAA-Lager angeordnet werden können. Auch eine Kombination beider Lagertypen am gleichen Standort, ein sogenanntes Kombi-Lager, ist jeweils möglich. Es handelt sich dabei um die Standortgebiete Jura Ost (JO) und Zürich Nordost (ZNO). Mit den vorgeschlagenen Standortgebieten hat die Nagra ein Konzept der Standortuntersuchungen für SGT Etappe 3 eingereicht. Für den Fall, dass der Bundesrat am Ende der Etappe 2 zum Schluss kommt, Nördlich Lägern solle weiter untersucht werden, hat die Nagra 2016 vorsorglich auch ein Konzept der Standortuntersuchungen für das Standortgebiet Nördlich Lägern (NL) eingereicht.

Im Auftrag des ENSI wurden durch die Experten der Dr. von Moos AG die Explorationskonzepte für Etappe 3 gemäss den Leitfragen des ENSI überprüft. Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der Prüfung zusammengefasst. Die Experten haben ausschliesslich die geologischen Grundlagen und die Plausibilität, bzw. Zweckmässigkeit der Untersuchungen hinsichtlich geologisch-hydrogeologischer Fragestellungen überprüft. Bewilligungsrechtliche und Umweltspezifische Aspekte der Standortuntersuchungen (insbesondere Umweltschutzbelange der Sondiergesuche) sind nicht Gegenstand dieser Expertise. Die Beurteilung tiefbohrtechnischer Fragen sowie der Untersuchungsziele zur Anlagenplanung des Tiefenlagers sind ebenfalls nicht Gegenstand dieses Expertenmandats.

Gemäss Konzeptteil des SGT ist für Etappe 3 vorgesehen, die in Etappe 2 vorgeschlagenen Standortgebiete mit geowissenschaftlichen Methoden weiter zu untersuchen. Die Standortuntersuchungen werden durch die Nagra so geplant, dass in den Gebieten für die Lagerperimeter SMA und HAA - ihre Eignung vorausgesetzt - die Daten bis zum Rahmenbewilligungsgesuch (RBG) vollständig erarbeitet werden können. Als wichtigste Untersuchungsmethoden sieht die Nagra Geophysik (hauptsächlich Seismik), Bohrungen und Feldaufnahmen (u.a. Kartierungen) vor. Für das Standortgebiet Nördlich Lägern hat die Nagra in NAB 16-28 ein Konzept eingereicht, das die bereits in NAB 14-83 beschriebenen Standortuntersuchungen bzw. Konzepte ergänzt.

Die Standortuntersuchungen (3D-Seismik, Bohrungen und weitere erdwissenschaftliche Arbeiten) in Etappe 3 sollen u.a. wichtige Informationen bezüglich folgender Aspekte ergeben:
- Geometrie der geeigneten Lagerbereiche
- Strukturen innerhalb und in direkter Umgebung der Lagerbereiche
- Eigenschaften (inkl. Homogenität) des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (EG)
- Zustandsparameter des EG für die Analyse der Barrierenwirkung

- Langzeitentwicklung
- Mögliche Rohstoffvorkommen im Zusammenhang mit den Permokarbontrögen und ihren Rändern (Nutzungskonflikte)
- Geomechanische und geotechnische Informationen für die Planung der Oberflächenanlagen, der Zugangsbauwerke und des Lagerbereichs

Die Berichte NAB 14-83 und NAB 16-28 setzen den Rahmen für die geplanten seismischen Untersuchungen sowie die einzureichenden Gesuche für die bewilligungspflichtigen erdwissenschaftlichen Untersuchungen nach Kernenergiegesetz (Sondiergesuche). Die genauen Bohrpfade und die im Detail vorzunehmenden Untersuchungen werden im Verlauf der weiteren Planung festgelegt und die dazugehörigen Arbeitsprogramme werden den Aufsichtsbehörden zur Freigabe vorgelegt. Dabei soll flexibel auf die neu gewonnenen Erkenntnisse im Verlauf der Untersuchungen reagiert werden können.

Die Explorationskonzepte sind modular aufgebaut und nach Ansicht der Experten flexibel, um auf Erkenntnisse aus ersten Untersuchungsschritten bei den nachfolgenden Untersuchungen reagieren zu können. Sie decken stufengerecht die Verfeinerung der Datenbasis ab, beschreiben aber die vorgesehenen geowissenschaftlichen Standortuntersuchungen nur in den Grundzügen.

Die in NAB 14-83 dargestellten Explorationskonzepte für die Standortgebiete ZNO und JO sowie in NAB 16-28 für das Gebiet NL sind auf einer sehr übergeordneten Ebene formuliert; Vieles ist deshalb erst beispielhaft und modellhaft dargestellt. Das konzeptionelle Vorgehen erlaubt es jedoch, die Lagerperimeter und ihr Umfeld stufengerecht zu erkunden, sodass die Standortgebiete aus heutiger Sicht einen vergleichbaren Kenntnisstand erlangen werden. Insofern sind die dargestellten Explorationskonzepte nach Ansicht der Experten für die drei Standortgebiete ZNO, JO und NL zielführend.

Die vorgeschlagenen Explorationskonzepte geben nur erste grobe Vorinformationen zu den angesetzten Methoden für die bautechnische Erkundung in der Umgebung der Oberflächenanlagen sowie bei den Zugangsbauwerken.

Die genaue Lage der Zugangsbauwerke ist beim heutigen Planungsstand noch unbekannt. Der Detaillierungsgrad der bautechnischen Erkundung für Oberflächenanlagen und Untertagebauwerke der Zugänge (Rampen, Schächte) ist der Planungsstufe und dem erforderlichen Verständnis der relevanten Gefährdungsbilder anzupassen. Die hydrogeologischen und geotechnischen Untersuchungen an den Standortgebieten sollten nach Ansicht der Experten auch Aufschluss über die Charakteristik der Karststrukturen im Malm und im Muschelkalk liefern. Die zu erwartenden Karstphänomene (Auftretenswahrscheinlichkeit, Ausprägung und Erstreckung) sollten deshalb in Etappe 3 SGT vertieft untersucht werden. Untiefe Bohrungen im Malm verletzen den einschlusswirksamen Gebirgsbereich nicht. Es sollten deshalb - ähnlich wie die Quartärbohrungen - ergänzende Flachbohrungen zum besseren Verständnis der Karstphänomene vorgesehen werden.

1. Einleitung

Mit dem vom Bundesrat im Jahr 2008 genehmigten Konzept "Sachplan geologische Tiefenlager" wurde das Standortwahlverfahren für die Tiefenlager festgelegt und dessen Umsetzung in Angriff genommen. Gemäss diesem Sachplanverfahren erfolgt die Auswahl von Standorten für geologische Tiefenlager in drei Etappen.

Ende 2008 hat die Nagra für Etappe 1 sechs geologische Standortgebiete für das geologische Tiefenlager für die schwach- und mittelaktiven Abfälle (SMA) und drei für das geologische Tiefenlager für die hochaktiven Abfälle (HAA) vorgeschlagen. In Etappe 2 ist basierend auf einem sicherheitstechnischen Vergleich eine Einengung auf mindestens zwei geologische Standortgebiete pro Lagertyp für die weiteren Untersuchungen in Etappe 3 vorzunehmen.

Anfangs 2015 hat die Nagra für Etappe 2 zwei geologische Standortgebiete vorgeschlagen, in welchen jeweils sowohl das SMA-Lager als auch das HAA-Lager angeordnet werden können. Auch eine Kombination beider Lagertypen am gleichen Standort, ein sogenanntes Kombi-Lager, ist jeweils möglich. Es handelt sich dabei um die Standortgebiete Jura Ost (JO) und Zürich Nordost (ZNO). Mit den vorgeschlagenen Standortgebieten hat die Nagra ein Konzept der Standortuntersuchungen für SGT Etappe 3 eingereicht (NAB 14-83).

Ein Fachbericht der Arbeitsgruppe Sicherheit Kantone / Kantonale Expertengruppe Sicherheit vom Januar 2016 verlangt die weitere Untersuchung des Standortgebiets Nördlich Lägern (NL). Um relevante Verzögerungen zu vermeiden, falls der Bundesrat am Ende der Etappe 2 zum Schluss kommt, Nördlich Lägern solle weiter untersucht werden, hat die Nagra im April 2016 deshalb auch ergänzend ein Explorationskonzept für NL eingereicht (NAB 16-28).

Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI überprüft die von der Nagra eingereichten Unterlagen und die Vorschläge für die in Etappe 3 weiter zu untersuchenden Standorgebiete (inkl. Explorationskonzepte).

Im Auftrag des ENSI wurden durch die Experten der Dr. von Moos AG die Explorationskonzepte für Etappe 3 gemäss den Leitfragen des ENSI überprüft. Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der Prüfung zusammengefasst.

Die Experten haben ausschliesslich die geologischen Grundlagen und die Plausibilität, bzw. Zweckmässigkeit der Untersuchungen hinsichtlich geologisch-hydrogeologischer Fragestellungen überprüft. Bewilligungsrechtliche und Umweltspezifische Aspekte der Standortuntersuchungen (insbesondere Umweltschutzbelange der Sondiergesuche) sind nicht Gegenstand dieser Expertise. Die Beurteilung tiefbohrtechnischer Fragen sowie der Untersuchungsziele zur Anlagenplanung des Tiefenlagers sind ebenfalls nicht Gegenstand dieses Expertenmandats.

2. Unterlagen

2.1 Berichte der Nagra

[1] NTB 14-01 SGT Etappe 2: Sicherheitstechnischer Vergleich und Vorschlag der in Etappe 3 weiter zu untersuchenden geologischen Standortgebiete - Nagra Technischer Bericht, Dezember 2014

[2] NTB 14-02/VIII SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Oberflächenanlagen, Geologische Grundlagen, Dossier VIII, Charakterisierbarkeit und Explorierbarkeit - Nagra Technischer Bericht, Dezember 2014

[3] NAB 14-83: Konzepte der Standortuntersuchungen für SGT Etappe 3 - Nagra Arbeitsbericht, Dezember 2014

[4] NAB 16-28: Konzepte der Standortuntersuchungen für SGT Etappe 3, Nördlich Lägern - Nagra Arbeitsbericht, April 2016

[5] NAB 16-41: Zusammenfassende Darstellung der Zusatzdokumentation (Hauptbericht) - Nagra Arbeitsbericht, Juli 2016

2.2 Weitere Unterlagen

Für die inhaltliche Prüfung der quartärgeologischen Untersuchungsschwerpunkte wurde unser diesbezügliche Expertenbericht an das ENSI verwendet:

[6] Dr. von Moos AG (2015): Sachplan geologische Tiefenlager (SGT) Etappe 2, Prüfung Langzeitstabilität und Quartärgeologie, Expertenbericht zuhanden des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, ENSI 33/453

Zu Fragen der Untersuchungsschwerpunkte und Explorierbarkeit des Baugrundes für die Oberflächenanlagen und die Zugangsbauwerke wurden folgende Expertenberichte an das ENSI konsultiert:

[7] Dr. von Moos AG (2016): Sachplan geologische Tiefenlager (SGT) Etappe 2, Überprüfung des Schichtmodells und des GIS-Verschnittprozesses der Nagra, Expertenbericht zuhanden des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, ENSI 33/452

[8] Dr. von Moos AG (2016): Sachplan geologische Tiefenlager (SGT) Etappe 2, Bautechnische Beurteilung der Standortareale für Oberflächenanlagen, Expertenbericht zuhanden des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, ENSI 33/456

[9] SISKA (2015): Sachplan geologische Tiefenlager (SGT) Etappe 2, Grundlagen zur Beurteilung von Tiefenlagerprojekten im Hinblick auf Karstphänomene, Expertenbericht zuhanden des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, ENSI 33/472

[10] Basler & Hofmann (2015): Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2, Bautechnische Risikoanalyse, Prüfbericht zuhanden des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, ENSI 33/457

[11] Dr. von Moos AG (2015): Sachplan geologische Tiefenlager (SGT) Etappe 2, Nutzungskonflikte, Expertenbericht zuhanden des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, ENSI 33/454

3. Vorgehen der Nagra

3.1 Generelles Vorgehen

Die Nagra hat für die weiteren Untersuchungen für Etappe 3 des Sachplanverfahrens geologischer Tiefenlager zwei geologische Standortgebiete vorgeschlagen. In beiden Gebieten sieht die Nagra das Potential, das SMA- und das HAA-Lager gleichzeitig am selben Standort anzuordnen (sog. Kombi-Lager):

- Zürich Nordost (ZNO)
- Jura Ost (JO)

Mit Bericht NAB 14-83 legte die Nagra eine Planungsgrundlage für die weiteren Untersuchungen in den vorgeschlagenen Standortgebieten in Etappe 3 vor.

Mit Bericht NAB 16-28 ergänzt die Nagra die Konzepte für folgendes geologisches Standortgebbiet, in dem ebenfalls ein sogenanntes Kombi-Lager möglich ist:

- Nördlich Lägern (NL)

Gemäss Konzeptteil des SGT ist für Etappe 3 vorgesehen, die in Etappe 2 vorgeschlagenen Standortgebiete mit geowissenschaftlichen Methoden weiter zu untersuchen. Die Standortuntersuchungen werden durch die Nagra so geplant (NAB 14-83, NAB 16-28)), dass in allen Gebieten für die Lagerperimeter SMA und HAA - ihre Eignung vorausgesetzt - die Daten bis zum Rahmenbewilligungsgesuch (RBG) vollständig erarbeitet werden können. Gemäss Konzeptteil SGT (S. 49) müssen die geologischen Kenntnisse auf einen Stand gebracht werden, der einen Vergleich aus sicherheitstechnischer Sicht aufgrund verifizierter standortbezogener Daten ermöglicht.

Die **Datenbasis nach Etappe 2** beurteilt die Nagra wie folgt (NAB 14-83, S. 4): Die Grundlagen für die Vorschläge der Etappe 1 beruhten insbesondere auf Daten der 2-D-Seismik der Nagra und der Erdölindustrie. Daten zu den Wirt-, Rahmen- und Nebengesteinen lagen aus Tiefbohrungen in der näheren Umgebung der Standortgebiete sowie aus Erdsondenbohrungen vor. Diese Datenlage wurde in der Etappe 2 deutlich erweitert u.a. durch Auswertung neuerer Bohrungen (z.B. Geothermieprojekt Schlattingen, geophysikalische Untersuchungen in Bohrungen für Erdwärmesonden) sowie durch die Reprozessierung bestehender 2D-Seismikdaten in Ergänzung zu zusätzlichen 2D-Seismikkampagnen. In den sogenannten geologischen Lokalmodellen wurde die Geometrie des Untergrundes neu überarbeitet.

Die zu untersuchenden Bereiche innerhalb der Standortgebiete ergeben sich aus Sicht der Nagra hauptsächlich aus den optimierten und modellhaft modifizierten Lagerperimetern HAA und SMA, wobei für die Nagra das prioritäre Wirtgestein der Opalinuston ist.

Die Nagra definiert den Lagerperimeter als den Bereich innerhalb eines Standortgebiets, der aufgrund der derzeitigen Datenlage nach den im SGT anzuwendenden Kriterien für die Errichtung eines geologischen Tiefenlagers optimal erscheint (NAB 14-83, S. 2). Die für die einzelnen Lagertypen innerhalb der Standorgebiete vorgeschla-

genen Lagerperimeter werden in NTB 14-01 vorgestellt. Diese Lagerperimeter (potentiell geeignete Bereiche für das Tiefenlager) erklärt die Nagra zu ihrem räumlichen Erkundungsziel der Standortuntersuchungen für Etappe 3 (NAB 14-83, S. 2). Als wichtigste Untersuchungsmethoden sieht die Nagra Geophysik (hauptsächlich Seismik), Bohrungen und Feldaufnahmen (z.B. Kartierungen) vor.

Geologische Aspekte, die nach den Kriterien des Sachplans Unterschiede zwischen den vorgeschlagenen Lagerperimetern erkennen lassen, bezeichnet die Nagra als entscheidrelevante Merkmale (vgl. Hinweise für die Standortuntersuchungen NTB 14-01, Kap. 6). Diese bilden die Schwerpunkte für die Ergänzung der Datenbasis und sind von der Nagra in einer Ziel-Mittel-Zuordnung aufgenommen worden (NAB 14-83, Tab. 4.2-1, Tab. 4.3-1, Anhang 1; bzw. NAB 16-28, Anhang).

Die Standortuntersuchungen (Bohrungen und weitere erdwissenschaftliche Arbeiten) in Etappe 3 sollen u.a. wichtige Informationen bezüglich folgender Aspekte ergeben (NAB-14-83, S. 9):
- Geometrie der geeigneten Lagerbereiche
- Strukturen innerhalb und in direkter Umgebung der Lagerbereiche
- Eigenschaften (inkl. Homogenität) des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (EG)
- Zustandsparameter des EG für die Analyse der Barrierenwirkung
- Informationen zur Langzeitentwicklung
- Ergänzende Abklärungen zu möglichen Rohstoffvorkommen im Zusammenhang mit den Permokarbontrögen und ihren Rändern (Nutzungskonflikte)
- Unterlagen für die Anlagenplanung: Geomechanische und geotechnische Informationen für die Planung der Oberflächenanlagen, der Zugangsbauwerke und des Lagerbereichs

In den Konzepten der Standortuntersuchungen (NAB 14-83) werden die Untersuchungsmittel bis zum Rahmenbewilligungsgesuch diskutiert und es werden Ziele vorgegeben.

Die Nagra arbeitet mit einer Ziel-Mittel-Matrix (vgl. NAB 14-83, Anhang 1; NAB 16-28, Anhang). Dabei werden die Untersuchungsziele nach Fachdisziplinen geordnet aufgelistet, wobei die Ziele übergeordneten Zielsetzungen zugeordnet werden:
- Langzeitsicherheit (LZ)
- Technische Machbarkeit und Betriebssicherheit (T)
- Anordnung der Anlage in ihren Grundzügen (A)
- Abgrenzung der Lagerbereiche (LB)
- Beschreibung des Ist-Zustandes vor Baubeginn (I)

Den Zielen werden Erkundungsmethoden zugewiesen. Bei der Zuordnung zu den einzelnen Untersuchungsmitteln wird angegeben, welches Untersuchungsziel jedem Bohrungsperimeter (bzw. Seismik, Quartärbohrung etc.) mit welchem Gewicht zugeordnet wird.

Bei den Konzepten für die Standortuntersuchungen in SGT Etappe 3 müssen Grundsätze für die Anordnung in Bezug auf zu schützende und zu charakterisierende Bereiche im Untergrund eingehalten werden. So sind die standortbezogenen Untersuchungsziele zu erreichen, ohne dabei das Platzangebot in den Lagerperimetern wesentlich einzuschränken. Ein entscheidender Punkt ist in diesem Zusammenhang der Einfluss einer Untersuchungsmethode bzw. einer Versuchsanordnung auf den einschlusswirksamen Gebirgsbereich (diskutiert in NAB 14-83, S. 11ff; vgl. auch nachfolgendes Kapitel 3.3). In NAB 16-28 (S. 2) wird diesbezüglich vollumfänglich auf NAB 14-83 verwiesen.

3.2 Einschätzung der Explorierbarkeit

Die Explorationsverhältnisse im geologischen Untergrund und die Explorationsbedingungen an der Oberfläche werden in NTB 14-02-VIII detailliert diskutiert.

Die Erkundung mit 3D-Seismik bildet die wichtigste Grundlage für die räumlich abdeckende Beurteilung der strukturellen Situation unter Tage. Der Erkundung kleinräumiger Strukturen sind durch das Auflösevermögen der seismischen Wellen physikalische Grenzen gesetzt; ausserdem sind geringmächtige oder faziell variable Gesteine schwierig zu erkunden. Basierend auf den Erfahrungen aus der bereits 1997 ausgeführten 3D-Seismik im Standortgebiet Zürich Nordost erwartet die Nagra in der Nordschweiz unter guten Bedingungen physikalische Auflösungen im Bereich von etwa 10 - 20 m (NTB 14-02-VIII, S. 2).

Die Explorationsbedingungen an der Oberfläche für die Erkundung mit Bohrungen sind aufgrund der vergleichsweise geringen Ausmasse der Bohrplätze und der Flexibilität günstig (durch Schrägbohrungen und/oder abgelenkte Bohrungen können von unterschiedlichen Standort-Platzierungen aus die gleichen Bohrziele anvisiert werden). Je nach Geländebeschaffenheit, Besiedlung und Oberflächennutzung können dagegen die Bedingungen für die Durchführung einer 3D-Seismikkampagne erschwert sein.

3.3 Vorgesehene Untersuchungsmethoden

Seismik

Horizonte im geologischen Untergrund, die seismische Wellen reflektieren, können mit Hilfe von **3D-Seismik** abgebildet werden. Seismik (Vibrationsseismik oder Schussseismik) wurde in vergangenen Kampagnen der Nagra mit gutem Erfolg eingesetzt.

Bei den geplanten 3D-Seismikmessungen werden in NAB 14-83 sowie in NAB 16-28 Ziele und ungefähre Ausdehnung beschrieben. Die Seismik dient zur Schaffung eines Gesamtüberblicks über die dreidimensionale Geometrie des Untergrundes. Ziel der Untersuchungen sind Mächtigkeits- und Tiefenmodelle der Wirt- und Rahmengesteine im und um die Lagerperimeter SMA und HAA. Die Seismikperimeter umfassen die Lagerperimeter und begrenzende geologische Elemente von Relevanz. Sie berücksichtigen die möglichen Verläufe von Zugangsbauwerken und die geplanten Tiefbohrungen (NAB 14-83, S. 11).

Die Seismik hat - anders als Tiefbohrungen - keinen Einfluss auf die Barriereeigenschaften des EG (NAB 14-83, S. 11).

Tiefbohrungen

Zur Charakterisierung der Eigenschaften des EG sowie ggf. der unterliegenden mesozoischen und älteren Gesteine sollen **Tiefbohrungen** (Bohrpfade vertikal, geneigt oder abgelenkt) eingesetzt werden. Diese werden so angeordnet, dass die standortbezogenen Untersuchungsziele erreicht werden, ohne das Platzangebot in den Lagerperimetern wesentlich einzuschränken.

Tiefbohrungen durch den EG stellen grundsätzlich auch nach ihrer Verfüllung potentielle Fliesspfade dar (NAB 14-83, S. 15). Die Nagra sieht deshalb einen Abstand von 100 m zwischen den Teilen des Bohrpfades und sicherheitsrelevanten Anlagenteilen vor.

In nachfolgenden Schritten, die gemäss dem Konzept ausgeführt werden, aber beim aktuellen Planungsstand noch nicht im Detail ausgearbeitet sind (und deshalb im Rahmen dieser Expertise auch nicht geprüft werden), werden die Untersuchungen stufenweise präzisiert (NAB 14-83, S. 8).

- Für die zu planenden Sondierbohrungen sind (entsprechend dem Kernenergiegesetz) Gesuche für bewilligungspflichtige erdwissenschaftliche Untersuchungen erforderlich. Diese werden von der Nagra als **Sondiergesuche** bezeichnet. Für jeden Bohrplatz wird ein separates Sondiergesuch eingereicht. Die Bewilligung muss umfassend sein; d.h. spätere Konkretisierungen dürfen sich nur in der durch die Bewilligung festgelegten räumlichen und methodischen Umhüllenden bewegen.
- Die endgültige Festlegung von Anzahl und Richtung der Bohrpfade sowie des Untersuchungsprogramms erfolgt für jeden Bohrplatz in einem **Arbeitsprogramm**, das von der Aufsichtsbehörde freigegeben wird.
- Während der Bohrung kann in Abstimmung mit den Aufsichtsbehörden eine Anpassung des Untersuchungsprogramms vorgenommen werden.

In NAB 14-83 und NAB 16-28 werden auf Stufe Explorationskonzept Bohrlokationen grob als **Bohrungsperimeter** definiert (Radius ca. 300 m). Die Bohrungsperimeter für die Tiefbohrungen geben nur die ungefähre Lage der Bohrplätze an. Eine definitive Festlegung erfolgt erst im Rahmen der Ausarbeitung der zugehörigen Sondiergesuche (NAB 14-83, S. 7). Bei der Platzierung der Bohrungsperimeter im Standortgebiet NL wurde das gleiche Vorgehen wie in NAB 14-83 beschrieben angewendet (NAB 16-28, S. 16). Unter Berücksichtigung der Oberflächenbedingungen werden die Bohrplätze in den Sondiergesuchen parzellengenau definiert. Das detaillierte Untersuchungsprogramm und die Anzahl und Richtung der Bohrpfade für jeden Bohrplatz werden erst mit den durch die Aufsichtsbehörde freizugebenden Arbeitsprogrammen festgelegt. Die Bohrungsperimeter werden so angeordnet, dass eine Interpolation von Eigenschaften und Zustandsparametern innerhalb der Lagerperimeter möglich ist.

Die Nagra rechnet damit, dass in den vorgeschlagenen Standortgebieten bereits mit einer überschaubaren Anzahl von Tiefbohrungen - infolge der kleinen Variation der Struktur des Untergrundes und der Eigenschaften des Opalinuston in den tektonisch ungestörten Bereichen der Nordschweiz - verlässliche Aussagen zum Schichtmodell und zu den Eigenschaften des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs möglich sind. Unter Berücksichtigung der zu untersuchenden Flächen rechnet die Nagra pro Standortgebiet mit ca. 3 bis 4 Tiefbohrungen (NAB 14-83, S. 15; NAB 16-28, Zusammenfassung). Zusätzliche Sondierungen erachtet sie nur dann für sinnvoll, wenn die Charakterisierung eines Zugangskorridors dies erfordert. Im Explorationskonzept sind vorläufig 7 Bohrungsperimeter für ZNO, 8 Bohrungsperimeter für JO und 7 Bohrungsperimeter für NL vorgesehen; die definitive Auswahl und Reihenfolge der Bohrstandorte erfolgt im Zuge der weiteren Planung.

Untiefe Bohrungen

Untiefe Bohrungen werden zur Quartär- und Baugrunderkundung eingesetzt. Diese können bei Bedarf gekernt werden. Ihre Positionierung richtet sich nicht nach den Lagerperimetern, sondern orientiert sich an der Ausdehnung und Lage des zu untersuchenden Objekts (z.B. Baugrunduntersuchung bei den Oberflächenanlagen und den Zugangsbauwerken, Überprüfung von übertieften glazialen Felsrinnen etc.).

Für alle Standortgebiete werden Bohrungsperimeter für untiefe Bohrungen zur Erkundung des Quartärs und des Baugrundes in der Umgebung der Oberflächenanlage vorgeschlagen.

Die untiefen Bohrungen (Quartär- und Baugrunderkundung) erreichen in keinem Fall den EG (NAB 14-83, S.12).

Sonstige Untersuchungen

Weitere Untersuchungen an der Oberfläche (standortspezifische und erdwissenschaftliche Studien etc.) werden in NAB 14-83 (S. 32 und S. 48) sowie NAB 16-28 (S. 20) nur knapp umrissen. Dazu gehören u.a. Oberflächenkartierungen, Aufschlussaufnahmen, Detailanalysen der Topografie, neotektonische Feldstudien, Verdichtung von Gravimetriedaten.

Diese haben keinen Einfluss auf den einschlusswirksamen Gebirgsbereich.

3.4 Standortgebiet Zürich Nordost (ZNO)

Das Standortgebiet hat eine Fläche von ca. 50 km^2, die von der Nagra in NAB 14-83 dargestellten Lagerperimeter bedecken innerhalb des Standortgebiets ca. 4 km^2 für das SMA bzw. ca. 5 km^2 für das HAA.

Das Standortgebiet ZNO ist bisher durch die Sondierbohrung Benken (Tiefbohrung) und eine 3D-Seismik charakterisiert worden. Die lokale strukturelle Situation ist im Standortgebiet nach Ansicht der Nagra bereits gut erfasst. Für das Standortgebiet Zürich Nordost wird die Explorierbarkeit des Wirtgesteins Opalinuston mit seismischen Verfahren in NTB 14-02-VIII als gut eingestuft. Die Kontinuität des mesozoischen Schichtstapels ist aus dem seismischen Gesamtbild generell gut zu erschliessen, dies trotz lokal eingeschränkter seismischer Kontinuität der regionalen Markerhorizonte (z.B. Basis Tertiär, Basis Malm; vgl. Fig. 3.4-4 in NTB 14-02-VIII, S. 27).

Hingegen ist die Ausdehnung des Kristallins gegen Norden unter den Lagerperimeter SMA nicht bekannt. Im nördlichen Teil des Standortgebiets ist nicht eindeutig belegt, ob unter dem Mesozoikum direkt das kristalline Grundgebirge oder - wie im Süden des Standortgebiets - ein weiterer Trog mit paläozoischen Sedimenten liegt (NAB 14-83, S. 19). Am Rand des Lagerperimeters HAA und in der weiteren Umgebung liegen glazial übertiefte Täler; deren Tiefe, Genese und Alter ist nur in groben Zügen bekannt.

Wichtige Merkmale für die Untersuchungen (zusammengefasst aus Tab 4.2-1 in NAB 14-83; die Nagra katalogisiert die Merkmale zur Verwendung in ihrer Ziel-Mittel-Matrix mit M01 bis M08):

- Störungsdichte (M01 bis M03)
- Bestätigung Tiefenlage des EG (M04)
- glazial übertiefte Rinnen (M05)
- Mächtigkeit und Faziesverteilung in den Rahmengesteinen (M06)
- Mächtigkeit und Qualität des Wirtgesteins (M07)
- Ausdehnung des kristallinen Grundgebirges unter dem Lagerperimeter im Hinblick auf Störungsreaktivierung und Nutzungskonflikte (M08)

Es ist zunächst eine **Ergänzung der bestehenden 3D-Seismik** vorgesehen (im Norden des Standortgebietes), für die die Nagra mit generell guten Explorationsbedingungen rechnet (NTB 14-02-VIII, S. 42). Durch die komplizierte Situation im Bereich des Rheins mit dem Rheinfall, durch die dichte Besiedlung und schwierige Topographie kann es aber zu einer lokal eingeschränkten Qualität der 3D-Seismik kommen.

Es werden **7 Bohrungsperimeter für Tiefbohrungen** im Standortgebiet angeordnet, von denen nach heutiger Einschätzung der Nagra ca. vier Tiefbohrungen ausreichend sein werden. Die Platzierung berücksichtigt die bereits ausgeführte Sondierbohrung Benken.

Die Nagra zeigt Varianten für die Nutzung der Bohrungsperimeter auf, welche flexibel auf die Ergebnisse der vorausgegangenen Seismik reagieren (NAB 14-83, S. 30).

Untiefe Bohrungen sollen Informationen zu folgenden Themen liefern:

- Verständnis der Entwicklung der lokalen Erosionsbasis über die letzten 2.5 Mio Jahre durch Untersuchung der Paläorinnen und Deckenschotter-Vorkommen in der Region Schaffhausen. Dazu sollen - ggf. nach Vorerkundung mit geophysikalischen Methoden - glazial übertiefte Rinnen durch 9 Kernbohrungen erbohrt werden.
  In NAB 14-83 (S. 31) genannt werden folgende Quartäruntersuchungen:
  - Klettgau-Rinne (Q2)
  - Rheinfall-Rinne (Q3)
  - Neuhauserwald-Rinne (Q4)
  - Deckenschottervorkommen von Buechbüel (Q1) und Kohlfirst (Q5)
  - Rudolfinger Rinne (Q6)
  - Marthalen-Rinne (Q7)
  - Andelfinger Rinne (Q8, Q9)
- Baugrund im Bereich der Oberflächenanlagen und der oberen Teile der Zugangsbauwerke. Art und Anzahl der Baugrundsondierungen werden im Konzept nicht bestimmt.

Die Nagra sieht vor weitere Untersuchungen (ggf. auch mit Bohrungen) durchzuführen, wenn sich im Laufe der Standortuntersuchung die Notwendigkeit dazu ergibt (NAB 14-83, S. 31).

3.5 Standortgebiet Jura Ost (JO)

Das Standortgebiet SMA hat eine Fläche von ca. 60 km^2 (das innerhalb der SMA-Fläche liegende Standortgebiet HAA hat eine Fläche von ca. 30 km^2), die Lagerperimeter bedecken innerhalb der Standortgebiete ca. 4.6 km^2 für das SMA bzw. ca. 11.9 km^2 für das HAA (vgl. Fig. 4.3-1 in NAB 14-83).

Das Standortgebiet ist bisher durch die Sondierbohrung Riniken (Tiefbohrung) am Ostrand des SMA-Standortgebiets und 2D-Seismik-Linien verschiedener Kampagnen (letztmals 2011/12) charakterisiert worden. Die lokale strukturelle Situation ist im Standortgebiet nach Ansicht der Nagra bereits gut erfasst. Die Geometrie des mesozoischen Schichtstapels im Bereich des Wirtgesteins Opalinuston wird von der Nagra als mit seismischen Verfahren ebenfalls gut explorierbar eingestuft (NTB 14-02-VIII, S. 30).

Das Standortgebiet befindet sich vollständig über dem Nordschweizer Permokarbontrog, innerhalb der östlichen Vorfaltenzone und somit im Einflussbereich der Fernschubtektonik (NAB 14-83, S. 37). Die Quartärbedeckung des Gebiets ist über weite Flächen sehr gering bis praktisch fehlend. Übertiefte Täler und Deckenschottervorkommen sind nur östlich des Standortgebiets im Aaretal bekannt. Für das Verständnis der Entwicklung der lokalen Topografie sind Untersuchungen im Fricktal angezeigt.

Wichtige Merkmale für die Untersuchungen (zusammengefasst aus Tab 4.3-1 in NAB 14-83; die Nagra katalogisiert die Merkmale zur Verwendung in ihrer Ziel-Mittel-Matrix mit M01 bis M08):

- Störungsdichte (M01 bis M03), insbesondere tektonische Beanspruchung des Wirtgesteins durch flache Überschiebungen in der Vorfaltenzone und nahe der Jura-Hauptüberschiebung
- Bestätigung Tiefenlage des EG (M04)
- Bedeutung übertiefter Felsrinnen für die Erosionsszenarien (M05)
- Mächtigkeit und Faziesverteilung in den Rahmengesteinen (M06)
- Mächtigkeit und Qualität des Wirtgesteins (M07)
- Grundgebirgsgeologie unter dem Lagerperimeter im Hinblick auf Störungsreaktivierung und Nutzungskonflikte (M08)

Es ist vorerst eine **ausgedehnte 3D-Seismik** vorgesehen. Diese dient der Schaffung eines Gesamtüberblicks über die dreidimensionale Geometrie des Untergrundes in den Lagerperimetern HAA und SMA. Im Nordosten und Osten berücksichtigt die Messauslage mögliche Trasseeverläufe der Zugangsrampe vom Standortareal JO3+ für die Oberflächenanlage in die beiden Lagerperimeter (NAB 14-83, S. 42). Die Nagra rechnet für die 3D-Seismik - wie im Gebiet ZNO - ebenfalls mit guten Explorationsbedingungen (NTB 14-02-VIII, S. 47).

Es werden **8 Bohrungsperimeter für Tiefbohrungen** im Standortgebiet angeordnet, von denen nach heutiger Einschätzung der Nagra ca. fünf Tiefbohrungen ausreichend sind. 7 Bohrungsperimeter sind in einem etwa gleichmässigen Raster um die Lagerperimeter verteilt, 1 Bohrungsperimeter liegt zwischen der Position des Standortareals JO3+ und den Lagerperimetern und ist für die Charakterisierung des Rampenkorridors vorgesehen.

Die Nagra zeigt Varianten für die Nutzung der Bohrungsperimeter auf, welche flexibel auf die Ergebnisse der vorausgegangenen Seismik reagieren (NAB 14-83, S. 46).

Untiefe Bohrungen sollen Informationen zu folgenden Themen liefern:

- Verständnis der Entwicklung der lokalen Erosionsbasis über die letzten 2.5 Mio Jahre durch Untersuchung der Paläorinnen und Deckenschotter-Vorkommen in der Umgebung des Unteren Aaretals.
  Dazu können - ggf. nach Vorerkundung mit geophysikalischen Methoden - glazial übertiefte Rinnen erbohrt werden.
  In NAB 14-83 (S. 47) genannt werden folgende Quartäruntersuchungen (6 Bohrstandorte):
  - Rinikerfeld-Rinne (Q1)
  - Unteres Aaretal (Q5)
  - Deckenschottervorkommen von Bruggerberg (Q2), Iberig (Q3), Langenloo (Q4)
  - Fricktal (Q6)
- Baugrund im Bereich der Oberflächenanlagen. Art und Anzahl der Baugrundsondierungen werden im Konzept nicht bestimmt.

Die Nagra sieht vor weitere Untersuchungen (ggf. auch mit Bohrungen) durchzuführen, wenn sich im Laufe der Standortuntersuchung die Notwendigkeit dazu ergibt (NAB 14-83, S. 47).

3.6 Standortgebiet Nördlich Lägern (NL)

Das Standortgebiet hat eine Fläche von ca. 64 km^2, wobei die von der Nagra in NAB 16-28 dargestellten Lagerperimeter im Osten des Standortgebietes liegen und 4.5 km^2 für das SMA bzw. 10.7 km^2 für das HAA bedecken.

Das Standortgebiet NL ist bisher durch die Sondierbohrung Weiach (Tiefbohrung) wenig ausserhalb des nordwestlichen Randes des HAA-Standortgebietund 2D-Seismik-Linien verschiedener Kampagnen charakterisiert worden. Die lokale strukturelle Situation ist im Standortgebiet nach Ansicht der Nagra bereits gut erfasst. Die geologische Situation wird von der Nagra als mit seismischen Verfahren ebenfalls gut explorierbar eingestuft (NTB 14-02-VIII, S. 29).

Tektonisch betrachtet liegt das Standortgebiet Nördlich Lägern innerhalb der östlichen Vorfaltenzone und somit im Einflussbereich der Fernschubtektonik. Das Standortgebiet wird im Norden und Süden von tektonischen Elementen begrenzt. Im Norden sind dies die Siglistorf-Antiklinale und die Eglisau-Störung, im Süden die Stadel-Irchel-Antiklinale (NAB 16-28, Beilage 1).

Das Standortgebiet Nördlich Lägern befindet sich gemäss der aktuellen Interpretation von 2D- Seismikdaten vollständig über dem Nordschweizer Permokarbontrog. Die seismischen Daten implizieren, dass der Nordrand des Standortgebiets mit der nördlichen Trograndzone zusammenfällt. Die Sondierbohrung Weiach erbohrte in diesem Bereich 1'029 m mächtige Permokarbonsedimente und erreichte das kristalline Grundgebirge in einer Tiefe von 2'020 m. Im zentralen Bereich des Standortgebiets wird letzteres wesentlich tiefer vermutet. Im Nordwesten schliesst sich an diese Lagerperimeter eine Flexurzone über dem Nordrand des Permokarbontrogs an. Diese Zone wurde als zu meidende tektonische Zone eingestuft und zur Abgrenzung der Lagerperimeter verwendet. Für Etappe 3 werden 3D-Seismik und Bohrungsperimeter so angeordnet, dass zusätzliche Daten für diese Zone gewonnen werden können und den verbliebenen Ungewissheiten bezüglich der Tiefenlage des Wirtgesteins Rechnung getragen wird (NAB 16-28, S. 4).

Die Ost- Süd- und Westbegrenzungen des HAA- und des SMA-Lagerperimeters gemäss NTB 14-01 ergeben sich aus der Tiefenlage des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs, die durch das Fehlen einer nahen Tiefbohrung ausschliesslich auf Seismikdaten beruht und daher noch mit vergleichsweise grossen Ungewissheiten behaftet ist. Solche sind durch die Untersuchungen weiter einzuengen.

Im zentralen Bereich des östlichen Standortgebiets ist in den oberen Rahmengesteinen eine seismofazielle Schwellenzone erkennbar. Der lithologische Aufbau dieser Schwellenzone ist zum aktuellen Zeitpunkt nicht bekannt. Die Schwellenzone kann einen Einfluss auf die Barriereneigenschaften der oberen Rahmengesteine des Opalinustons haben.

Ganz im Osten des Standortgebiets ist oberhalb des HAA- und SMA-Lagerperimeters die glazial übertiefte Glattalrinne ausgebildet. Die Basis dieser Rinne wurde an mehreren Stellen erbohrt. Es verbleiben aber Ungewissheiten betreffend Geometrie, Genese und Alter der Rinnen.

Wichtige Merkmale für die Untersuchungen (zusammengefasst aus Tab 2.2-1 in NAB 16-28; die Nagra katalogisiert die Merkmale zur Verwendung in ihrer Ziel-Mittel-Matrix mit M01 bis M08):

- Störungsdichte (M01 bis M03)
- Bestätigung Tiefenlage des EG (M04)
- glazial übertiefte Rinnen (M05)
- Mächtigkeit und Faziesverteilung in den Rahmengesteinen (M06)
- Mächtigkeit und Qualität des Wirtgesteins (M07)
- Ausdehnung des kristallinen Grundgebirges unter dem Lagerperimeter im Hinblick auf Störungsreaktivierung und Nutzungskonflikte (M08)

Es ist vorerst eine ausgedehnte 3D-Seismik vorgesehen. Diese dient der Schaffung eines Gesamtüberblicks über die dreidimensionale Geometrie des Untergrundes in den Lagerperimetern HAA und SMA. Die geplante 3D-Seismik-Anordnung umfasst nicht nur den Bereich der Lagerperimeter, sondern auch die nördlich angrenzende zu meidende tektonische Zone und die südlichen und östlichen Bereiche des Standortgebiets, wo der Opalinuston in grösserer Tiefenlage vorliegt. Ausserdem werden auch die das Standortgebiet begrenzenden tektonischen Elemente (Siglistorf-Antiklinale und Eglisau-Störung im Nord- bis Nordwesten bzw. Nordosten sowie Stadel-Irchel-Antiklinale im Süden) abgebildet.

Es werden **7 Bohrungsperimeter für Tiefbohrungen** im Standortgebiet angeordnet, von denen nach heutiger Einschätzung der Nagra ca. vier Tiefbohrungen ausreichend sein werden. Die Platzierung berücksichtigt die bereits ausgeführte Sondierbohrung Weiach.

Die Nagra zeigt Varianten für die Nutzung der Bohrungsperimeter auf, welche flexibel auf die Ergebnisse der vorausgegangenen Seismik reagieren (NAB 16-28, S. 16).

Untiefe Bohrungen sollen Informationen zu folgenden Themen liefern:

- Verständnis der Entwicklung der lokalen Erosionsbasis über die letzten 2.5 Mio Jahre durch Untersuchung der Paläorinnen und Deckenschotter-Vorkommen im und in der Umgebung des Standortareals.
  In NAB 16-28 (S. 19) genannt werden folgende Quartäruntersuchungen (10 Untersuchungszonen):
  - Paläo-Rinnen am Rhein (Q1, Q2)
  - Deckenschottervorkommen (Q3 bis Q8)
  - Glattal-Rinne (Q9, Q10)
- Baugrund im Bereich der Oberflächenanlagen. Art und Anzahl der Baugrundsondierungen werden im Konzept nicht bestimmt.

Die Nagra sieht vor weitere Untersuchungen (ggf. auch mit Bohrungen) durchzuführen, wenn sich im Laufe der Standortuntersuchung die Notwendigkeit dazu ergibt (NAB 16-28, S. 19).

4. Vorgehen im Rahmen der Überprüfung

Die Experten haben ausschliesslich die geologischen Grundlagen und das Sondierkonzept (Stufe Vorstudie gemäss SIA 112) überprüft. Fragen der Raum- und Umweltverträglichkeit der in den Bohrungsperimetern vorgesehenen Arbeiten sowie tiefbohrtechnische Aspekte sind nicht Gegenstand dieser Expertise.

Die Berichte NAB 14-83 und NAB 16-28 setzen den Rahmen für die einzureichenden Gesuche für die bewilligungspflichtigen erdwissenschaftlichen Untersuchungen nach Kernenergiegesetz (Sondiergesuche). Die genauen Bohrpfade und die im Detail vorzunehmenden Untersuchungen werden im Verlauf der weiteren Planung festgelegt, und die dazugehörigen Arbeitsprogramme werden den Aufsichtsbehörden zur Freigabe vorgelegt. Dabei soll flexibel auf die neu gewonnenen Erkenntnisse im Verlauf der Untersuchungen reagiert werden können.

Im vorliegenden Bericht wird deshalb primär das methodische Vorgehen und die Nachvollziehbarkeit des Konzepts beurteilt. Im Anhang findet sich je Standortgebiet ein Situationsplan mit den vorgesehenen Bohrungsperimeter.

4.1 Stellungnahme zum generellen Konzept

Für die Beurteilung, ob das Konzept zielführend ist, wurden folgende Faktoren speziell geprüft:

1 Deckt das konzeptuelle Vorgehen stufengerecht die Verfeinerung der Datenbasis ab?

2 Ist das Konzept anpassungsfähig; d.h. können neue Erkenntnisse laufend in die Untersuchungsprogramme umgesetzt werden?

3 Wird die Bedeutung der Einwirkungen auf den EG durch die verschiedenen Mehoden diskutiert?

4 Wird der Erkenntnisgewinn bei den einzelnen Bohrperimetern ausgewiesen?

Zu 1: Das Konzept ist nachvollziehbar beschrieben und ausreichend dokumentiert. Es deckt stufengerecht die Verfeinerung der Datenbasis ab. Mit Hilfe des Arbeitsinstruments "Ziel-Mittel-Matrix" (Anhang 1 in NAB 14-83, Anhang in NAB 16-28) können die übergeordneten Zielsetzungen und Untersuchungsziele den Untersuchungsmethoden zugeordnet werden. Dabei wird transparent ersichtlich, dass zur Zielerreichung verschiedene Mittel, dies auch in Kombination, eingesetzt werden können.

Zu 2: Die Ausführung ist anpassungsfähig: z.B. werden bewilligte, aber durch neu gewonnene Erkenntnisse nicht mehr erforderliche Sondiergesuche ruhen gelassen (NAB 14-38, S. 8). Andererseits können im Verlauf der Standortuntersuchungen

Erkenntnisse in die detaillierten Arbeitsprogramme einfliessen. Überprüfungen des Bohrprogramms und des Erkenntnisgewinns sind durch die Nagra beispielsweise bei Vorliegen der 3D-Seismik und später im Verlauf der Bohrkampagne vorgesehen (NAB 14-83, S. 44; NAB 16-28, S. 18). Zudem kann die Nagra jederzeit auch weitere Sondiergesuche einreichen. Die Experten begrüssen diese Flexibiliät und das stufenweise Vorgehen (Konzept, Sondiergesuch, Arbeitsprogramm, Anpassungsmöglichkeit in Abstimmung mit der Bewilligungsbehörde auch während der Bohrung).

Zu 3: Die Thematik Schutz des EG vor unnötigen Eingriffen / Verletzungen wird im NAB 14-83 Kapitel 3 aus Sicht der Experten nachvollziehbar und stufengerecht für die aktuell modellhafte Auslegung des Sondierkonzepts beschrieben. Die Experten gehen jedoch davon aus, dass dem Aspekt Verletzung der Barriereneigenschaften durch Tiefbohrungen (inkl. der in-situ-Versuche) sowie der vorgesehenen Massnahmen zu deren Begrenzung im Rahmen der Sondiergesuche und der Bestimmung der Bohrpfade ausführlich Rechnung getragen wird. Die Nagra sieht eine Vertiefung dieser Thematik vor (NAB 14-83, S. 15).

Zu 4: Die Grundsätze der Anordnung der Untersuchungen werden nachvollziehbar und plausibel dargelegt. Das Konzept ist stufengerecht auf sehr übergeordneter Höhe formuliert; entsprechend wird der Erkenntnisgewinn bei den einzelnen Bohrungsperimetern auf einer eher generellen Stufe behandelt, wobei modellhaft aufgezeigt wird, wie sich die Bohrungsperimeter ergänzen können. Bei der aktuellen Anordnung und unter Berücksichtigung von geneigten Bohrungen ergeben sich beispielsweise auf Zielniveau Basis Opalinuston auch Bereiche, die von verschiedenen Bohrungsperimetern aus erreicht werden können. Wichtige Details zur Beurteilung des Erkenntnisgewinns einer konkreten Bohrung wie Bohrpfade, gekernte Strecken, vorgesehene Versuche, oder die genaue Anzahl der Baugrundsondierungen etc. können und sollen deshalb auf der nächsten Bewilligungsstufe (Sondiergesuche nach Art. 35 f KEG) definiert und beurteilt werden.

Nicht angegeben werden im Explorationskonzept die Anzahl und Standorte der Aufzeitbohrungen zur Seismik. Diese sind Teil der Seismikuntersuchungen und nicht bewilligungspflichtig im Sinne des Kernenergiegesetzes. Aus diesen in der Regel nicht gekernten Bohrungen werden jedoch geologische Erkenntnisse gewonnen, die hinsichtlich der Quartärmächtigkeit und der Felsunterlage ergänzende Informationen liefern.

Dem methodischen Vorgehen der Nagra können die Experten zustimmen. Wie die Erfahrungen aus der früheren 3D-Seismik im Weinland zeigen, ist durch dieses Untersuchungsmittel ein grosser Informationszuwachs zu erwarten. Die Kombination mit den Ergebnissen der Tiefbohrungen zur Kalibration der Seismik wird die heutigen Unsicherheiten bei der Tiefenzuordnung verkleinern. Die Nagra hat in Etappe 2 im Rahmen der lokalen Schichtmodelle für den Markerhorizont Basis Opalinuston auch ein sogenanntes Unsicherheitsraster erstellt, das bei der Berechnung der massge-

benden Lagerperimeter berücksichtigt wurde (vgl. ENSI 33/452). Das Flächenraster (Maschenweite 25 m), welches innerhalb der Standortgebiete an jedem Punkt die zum heutigen Kenntnissstand quantifizierbare Unsicherheit der Tiefenlage des Markers Basis Opalinuston angibt, soll deshalb aufgrund der in SGT Etappe 3 gewonnenen Erkenntnisse aktualisiert werden.

Die Schachtkopfstandorte für die Erschliessung des Lagers sind zum heutigen Zeitpunkt noch nicht festgelegt. Durch die Bezeichnung der Standortareale für die Oberflächenanlage sind hingegen die Startpunkte von allfälligen Rampen weitgehend festgelegt; die bautechnische Beurteilung des Standortareals und der oberflächennahen Lockergesteinsstrecke von Zugangsbauwerken muss durch Sondierung des Baugrundes stufengerecht verifiziert werden (vgl. ENSI 33/456).

4.2 Stellungnahme zum Standortgebiet Zürich Nordost (ZNO)

Als "wichtige Merkmale" betrachtet die Nagra geologische Aspekte, die nach den Kriterien des Sachplans Unterschiede zwischen vorgeschlagenen Lagerperimetern erkennen lassen (NAB 14-83, S. 3). Im Rahmen der stufengerechten Plausibilitätsprüfung erachten die Experten die in NAB 14-83 generell umschriebenen standortspezifischen Untersuchungsziele im Standortgebiet Zürich Nordost (ZNO) für sinnvoll. Die Vollständigkeit ist angesichts der zahlreichen involvierten Fachbereiche nicht im vorliegenden Bericht sondern im Gutachten des ENSI zu beurteilen. Nachstehend formulieren wir einige Hinweise zu ausgewählten Untersuchungszielen.

Der **Seismikperimeter** für die ergänzenden Messungen deckt den Lagerperimeter SMA des Standortgebiets ZNO gut ab. Er überlappt mit der vorhandenen 3D-Seismik. Damit auch die Voraussetzungen gegeben für einen direkten Qualitätsvergleich der alten mit den neuen Daten. Für ein verfeinertes Mächtigkeits- und Tiefenmodell der Wirt- und Rahmengesteine muss sich die Tiefenkalibration auf Bohrungsdaten abstützen (NAB 14-83, S. 27). Die Experten regen deshalb an, den Seismikperimeter im Süden soweit auszudehnen, dass auch die bestehende Tiefbohrung Benken sowie das Standortareal ZNO-6b im Perimeter miterfasst werden. Dies verbessert zum einen die Vergleichsmöglichkeiten der alten mit der neuen Seismik (direkte Validierung an der Bohrung) und könnte andererseits die Informationsgenauigkeit entlang potentieller Zugangsrampen vom Standortareal ZNO-6b aus verbessern (insbesondere ist eine gegenüber der alten 3D-Seismik verbesserte Auflösung der Markerhorizonte Basis Tertiär und Basis Malm von Interesse).

Die 7 **Bohrungsperimeter für die Tiefbohrungen** sind in etwa gleichmässig um die Lagerperimeter SMA und HAA verteilt. Dies lässt unterschiedliche Kombinationen zu und im Verlauf der Untersuchungen kann auf die Ergebnisse der Seismik reagiert werden. Angesichts der konzeptionellen Bearbeitungstiefe des Explorationskonzepts kann zu einzelnen Bohrungsperimetern zum heutigen Zeitpunkt nicht im Detail Stellung genommen werden.

Das Standortgebiet hat eine Fläche von ca. 50 km^2. Bei den von der Nagra in NAB 14-83 (Fig. 4.2-1) dargestellten Lagerperimetern für das SMA von ca. 3.8 km^2 und für das HAA von ca. 5.0 km^2 handelt es sich um die manuell angepassten und modellhaft modifizierten Perimeter (die genauen Kriterien der manuellen Optimierung sind uns nicht bekannt, die Grundsätze sind in NTB 14-01 Kap. 4.2.3 beschrieben). Die als massgebend für den Einengungsprozess im Rahmen von Etappe 2 im NTB 14-01 als mLE-r bezeichneten und im Expertenbericht ENSI 33/452 geprüften Lagerperimeter haben grössere Flächen von 6.5 km^2 für das SMA bzw. 7.3 km^2 für das HAA, wobei die in NAB 14-83 dargestellten Bereiche jedoch jeweils innerhalb der geprüften Lagerperimeter liegen. Für die Erkundung der von der Nagra definierten optimierten Lagerperimeter beurteilen die Experten die vorgesehenen Bohrungsperimeter als vernünftig gewählt.

Wichtig erscheint den Experten darauf hinzuweisen, dass gemäss dem Expertengutachten SISKA zur **Karstproblematik** (ENSI 33/472) neben der Erkundung der Karstphänomene im Malm (wichtig für Zugangsbauwerke) betreffend der Langzeitstabilität auch die Karstfrage im Muschelkalk in Etappe 3 näher untersucht werden soll. Dies ist bei der Ziel-Mittel-Matrix (NAB 14-83, Anhang 1; insbesondere Punkte 4.1 bis 4.5) noch nicht eingeflossen. Die Erkundung des Muschelkalkaquifers erfordert aber auch, dass im Umfeld beider Lagerperimeter (SMA und HAA) mindestens je 2 Tiefbohrungen bis unter die Basis Muschelkalk geführt werden. Für den Lagerperimeter HAA ist mit BP4, BP5 und der vorhandenen Bohrung Benken dies modellhaft in Tab. 4.2-3 von NAB 14-83 so dargestellt; für den Lagerperimeter SMA müsste aber ergänzend zu BP1 auch BP2 nicht nur knapp bis unter Top Muschelkalk sondern vollständig durch den Muschelkalk gebohrt werden.

Es werden von der Nagra 9 Untersuchungszonen für **quartärgeologische Untersuchungen** (u.a. Bohrungen in den Felsrinnen) vorgeschlagen. Dabei sieht die Nagra vor, sofern erforderlich, Bohransatzpunkte zunächst mit geophysikalischen Methoden vorzuerkunden (NAB 14-83, S. 31). Die Experten halten dies grundsätzlich für ein zielführendes Vorgehen. Die Platzierung der Bohrungen sowie die Ausführung weiterer untiefer Bohrungen sollte aber - wie vorgesehen - auch auf der Basis der neuen Erkenntnisse aus der 3D-Seismik erfolgen. Die Experten gehen davon aus, dass Bohrungen für quartärgeologische Untersuchungen vollständig gekernt werden.

Grundsätzlich sind Stratigraphie und Alter der Sedimentfüllung aller übertieften Rinnen in und im Umfeld des Standortgebietes von Bedeutung als Grundlage für eine gesamthafte genetische Analyse der eiszeitlichen Erosions- und Ablagerungsgeschichte im Umfeld der Lagerperimeter (vgl. Expertenbericht Quartär, ENSI 33/453). Betreffend das Standortgebiet Zürich Nordost sollten deshalb für ein verbessertes Prozessverständnis gleichwertig wie die von der Nagra oben erwähnten Rinnen ebenso die Existenz und Lage der vermuteten Felshochzonen zwischen Rudolfingen und Flaach-Rinne bzw. zwischen Niderholz-Rinne und Flaach-Rinne verifiziert werden. Zudem sollte die in der vorhandenen Seismik sichtbare Niderholzrinne (vgl. ENSI 33/453) sondiert werden.

4.3 Stellungnahme zum Standortgebiet Jura Ost (JO)

Im Rahmen der stufengerechten Plausibilitätsprüfung erachten die Experten die in NAB 14-83 generell umschriebenen standortspezifischen Untersuchungsziele im Standortgebiet Jura Ost (JO) für sinnvoll. Die Vollständigkeit ist angesichts der zahlreichen involvierten Fachbereiche - wie im Fall des Standortgebiets ZNO - nicht im vorliegenden Bericht sondern im Gutachten des ENSI zu beurteilen. Nachstehend formulieren wir einige Hinweise zu ausgewählten Untersuchungszielen.

Von den vorgeschlagenen 8 **Bohrungsperimetern für Tiefbohrungen** sind 7 in etwa gleichmässig um die Lagerperimeter SMA und HAA verteilt; der Bohrungsperimeter BP8 liegt etwas weiter entfernt, jedoch dient er der Charakterisierung eines Zugangsbauwerks. Die Anordnung lässt unterschiedliche Kombinationen zu und im Verlauf der Untersuchungen kann auf die Ergebnisse der Seismik reagiert werden. Angesichts der konzeptionellen Bearbeitungstiefe des Explorationskonzepts kann zu einzelnen Bohrungsperimetern zum heutigen Zeitpunkt nicht im Detail Stellung genommen werden. Es fällt auf, dass mit BP3, BP4, BP7 (bei vertikaler Ausführung) insgesamt 3 Bohrungen den Lagerperimeter durchbohren. Um dem Grundsatz "Schutz des EG vor unnötigen Eingriffen / Verletzungen" (vgl. Kap. 4.1) nachzukommen, ist im Rahmen der Bohrgesuche die Erfordernis aller 3 Bohrstandorte kritisch zu hinterfragen (vgl. auch diesbezügliche Anmerkungen der Nagra zu BP7 in NAB 14-83, S. 45).

Das Standortgebiet hat eine Fläche von ca. 60 km^2. Bei den von der Nagra in NAB 14-83 (Fig. 4.3-1) dargestellten Lagerperimetern für das SMA von ca. 4.6 km^2 und für das HAA von ca. 11.9 km^2 handelt es sich um die manuell angepassten und modellhaft modifizierten Perimeter (die genauen Kriterien der manuellen Optimierung sind uns nicht bekannt, die Grundsätze sind in NTB 14-01 Kap. 4.2.3 beschrieben). Die als massgebend für den Einengungsprozess im Rahmen von Etappe 2 im NTB 14-01 als mLE-r bezeichneten und im Expertenbericht ENSI 33/452 geprüften Lagerperimeter haben grössere Flächen von 23.4 km^2 für das SMA bzw. 15.0 km^2 für das HAA, wobei die in NAB 14-83 dargestellten Bereiche jedoch jeweils innerhalb der geprüften Lagerperimeter liegen. Für die Erkundung der von der Nagra definierten optimierten Lagerperimeter beurteilen die Experten die vorgesehenen Bohrungsperimeter als vernünftig gewählt.

Auch im Standortgebiet JO gilt unser Hinweis (vgl. Anmerkung zu ZNO), dass gemäss dem Expertengutachten SISKA zur **Karstproblematik** (ENSI 33/472) betreffend der Langzeitstabilität auch die Karstfrage im Muschelkalk in Etappe 3 näher untersucht werden soll. Dies ist bei der Ziel-Mittel-Matrix (NAB 14-83, Anhang 2; insbesondere Punkte 4.1 bis 4.5) noch nicht eingeflossen. Die Erkundung des Muschelkalkaquifers erfordert aber auch, dass im Umfeld beider Lagerperimeter (SMA und HAA) mindestens je 2 Tiefbohrungen bis unter die Basis Muschelkalk geführt werden. Für den Lagerperimeter HAA ist mit BP1 und BP5 dies modellhaft in Tab. 4.3-3 von NAB

14-83 so dargestellt; aus Sicht der Experten müssten deshalb - für den Lagerperimeter HAA sowie insbesondere für den Lagerperimeter SMA - ergänzend auch BP2, BP3 und BP7 nicht nur knapp bis unter Top Muschelkalk sondern vollständig durch den Muschelkalk gebohrt werden.

Es werden von der Nagra 6 Untersuchungszonen für **quartärgeologische Untersuchungen** (u.a. Bohrungen in Felsrinnen) vorgeschlagen. Die Experten halten es auch im Standortgebiet JO (analog dem vorgesehenen Vorgehen in ZNO; vgl. NAB 14-83, S. 31) für sinnvoll, Bohransatzpunkte zunächst mit geophysikalischen Methoden vorzuerkunden. Die Experten gehen davon aus, dass Bohrungen für quartärgeologische Untersuchungen vollständig gekernt werden.

Grundsätzlich sind Stratigraphie und Alter der Sedimentfüllung aller übertieften Rinnen in und im Umfeld des Standortgebietes von Bedeutung als Grundlage für eine gesamthafte genetische Analyse der eiszeitlichen Erosions- und Ablagerungsgeschichte im Umfeld der Lagerperimeter (vgl. Expertenbericht Quartär, ENSI 33/453). Das Explorationskonzept trägt diesem Anliegen Rechnung. Zum heutigen Zeitpunkt sind keine Ansätze von weiteren Quartärrinnen im Standortgebiet erkennbar. Es sollte jedoch ggf. auf neue Erkenntnisse aus der 3D-Seismik reagiert werden.

4.4 Stellungnahme zum Standortgebiet Nördlich Lägern (NL)

Im Rahmen der stufengerechten Plausibilitätsprüfung erachten die Experten die in NAB 16-28 generell umschriebenen standortspezifischen Untersuchungsziele im Standortgebiet Nördlich Lägern (NL) für sinnvoll. Die Vollständigkeit ist angesichts der zahlreichen involvierten Fachbereiche - wie im Fall der Standortgebiete ZNO und JO - nicht im vorliegenden Bericht sondern im Gutachten des ENSI zu beurteilen. Nachstehend formulieren wir einige Hinweise zu ausgewählten Untersuchungszielen.

Von den vorgeschlagenen 7 **Bohrungsperimetern für Tiefbohrungen** sind 6 in etwa gleichmässig um die Lagerperimeter SMA und HAA verteilt; der Bohrungsperimeter BP7 liegt etwas weiter entfernt, jedoch dient er der Charakterisierung der ausgeschiedenen zu meidenden Zone südwestlich der Bohrung Weiach. Die Anordnung lässt unterschiedliche Kombinationen zu und im Verlauf der Untersuchungen kann auf die Ergebnisse der Seismik reagiert werden. Angesichts der konzeptionellen Bearbeitungstiefe des Explorationskonzepts kann zu einzelnen Bohrungsperimetern zum heutigen Zeitpunkt nicht im Detail Stellung genommen werden. Die Aufteilung auf "mögliche Varianten" für die Kombination tatsächlich auszuführender Tiefbohrungen (NAB 16-28, S. 18) erachten die Experten als Indiz dafür, dass die Nagra die Standortuntersuchungen möglichst flexibel an die Ergebnisse der Untersuchungen anpassen wird. Wie bereits in Kap. 4.1 erwähnt, begrüssen die Experten grundsätzlich diese Flexibilität. Welche der drei skizzierten Varianten oder allenfalls eine weitere Variante

gewählt wird, kann zum heutigen Zeitpunkt noch nicht beurteilt werden. Die definitive Auswahl und Reihenfolge der Bohrstandorte erfolgt im Zuge der weiteren Planung.

Das Standortgebiet hat eine Fläche von ca. 64 km^2, wobei die von der Nagra in NAB 16-28 dargestellten Lagerperimeter im Osten des Standortgebietes liegen und 4.5 km^2 für das SMA (SMA-NL-aL1-r) bzw. 10.7 km^2 für das HAA (HAA-NL-aL2-r) bedecken. Der von der Nagra in NAB 16-41 (S. 83) als neuer Referenzfall bezeichnete Lagerperimeter HAA-NL-aL1-r (max. Tiefenlage 850 m unter Terrain gegenüber früher 900 m u.T.) ist mit 7.7 km^2 Fläche etwas kleiner, liegt aber innerhalb des in NAB 16-28 ausgeschiedenen Gebiets. Für die Erkundung der von der Nagra definierten optimierten Lagerperimeter beurteilen die Experten die vorgesehenen Bohrungsperimeter als vernünftig gewählt.

Auch im Standortgebiet NL gilt unser Hinweis (vgl. Anmerkung zu ZNO), dass gemäss dem Expertengutachten SISKA zur **Karstproblematik** (ENSI 33/472) betreffend der Langzeitstabilität auch die Karstfrage im Muschelkalk in Etappe 3 näher untersucht werden soll. Dies ist bei der Ziel-Mittel-Matrix (NAB 16-28, Anhang; insbesondere Punkte 4.1 bis 4.5) noch nicht eingeflossen. Die Erkundung des Muschelkalkaquifers erfordert aber auch, dass im Umfeld beider Lagerperimeter (SMA und HAA) mindestens je 2 Tiefbohrungen bis unter die Basis Muschelkalk geführt werden. Für den Lagerperimeter HAA ist mit BP2 und BP5 dies modellhaft in Tab. 2.2-3 von NAB 16-28 so dargestellt; aus Sicht der Experten müssten deshalb ergänzend auch BP3 und BP6 nicht nur knapp bis unter Top Muschelkalk sondern vollständig durch den Muschelkalk gebohrt werden.

Es werden von der Nagra 10 Untersuchungszonen für **quartärgeologische Untersuchungen** (u.a. Bohrungen in Felsrinnen) vorgeschlagen. Die Experten halten es auch im Standortgebiet NL (analog dem vorgesehenen Vorgehen in ZNO; vgl. NAB 14-83, S. 31) für sinnvoll, Bohransatzpunkte zunächst mit geophysikalischen Methoden vorzuerkunden. Die Experten gehen davon aus, dass Bohrungen für quartärgeologische Untersuchungen vollständig gekernt werden.

Grundsätzlich sind Stratigraphie und Alter der Sedimentfüllung aller übertieften Rinnen in und im Umfeld des Standortgebietes von Bedeutung als Grundlage für eine gesamthafte genetische Analyse der eiszeitlichen Erosions- und Ablagerungsgeschichte im Umfeld der Lagerperimeter (vgl. Expertenbericht Quartär, ENSI 33/453). Das Explorationskonzept trägt diesem Anliegen Rechnung. Die Experten gehen davon aus, dass die Quartärbohrungen vollständig gekernt werden. Zum heutigen Zeitpunkt sind keine Ansätze von weiteren Quartärrinnen im Standortgebiet erkennbar. Es sollte jedoch ggf. auf neue Erkenntnisse aus der 3D-Seismik reagiert werden.

Anders als in NAB 14-83 (Fig. 4.2-7 und 4.3-7) sind in NAB 16-28 (Fig. 2.2-7) die Perimeter für Baugrunduntersuchungen bei den Standortarealen der Oberflächenanlagen nicht dargestellt. Die Experten gehen davon aus, dass es sich dabei nur um eine

redaktionelle Unterlassung handelt. In NAB 16-28 (S. 20) wird nämlich explizit und im Wortlaut identisch zu den Formulierungen in NAB 14-83 (S. 32, bzw. S. 48) erwähnt, dass eine bautechnische Erkundung bei den Oberflächenanlagen und den oberen Teilen der Zugangsbauwerke durch untiefe Bohrungen möglich ist.

5. Beantwortung der Leitfragen

5.1 Leitfrage 1

Ist das im NAB 14-83 dargestellte Explorationskonzept zielführend und genügend, um in Etappe 3 SGT einen Standortvergleich durchführen sowie den Entscheid der Standortwahl fällen zu können?

Die Explorationskonzepte sind modular aufgebaut und flexibel, um auf Erkenntnisse aus ersten Untersuchungsschritten bei den nachfolgenden Untersuchungen reagieren zu können. Sie decken stufengerecht die Verfeinerung der Datenbasis ab, beschreiben aber die vorgesehenen geowissenschaftlichen Standortuntersuchungen nur in den Grundzügen.

Die in NAB 14-83 dargestellten Explorationskonzepte für die Standorte ZNO und JO sind auf einer sehr übergeordneten Ebene formuliert; Vieles ist deshalb erst beispielhaft und modellhaft dargestellt. Dies trifft auch für das in NAB 16-28 analog dargestellte Explorationskonzept für den Standort NL zu. Das konzeptionelle Vorgehen erlaubt es jedoch, die Lagerperimeter und ihr Umfeld an allen Standortgebieten (ZNO, JO, NL) stufengerecht zu erkunden, sodass die Standortgebiete aus heutiger Sicht einen vergleichbaren Kenntnisstand erlangen werden. Insofern sind die dargestellten Explorationskonzepte für alle Standorte zielführend.

Dem Detaillierungsgrad kann aus Sicht der Experten zugestimmt werden. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass als weitere Beurteilungsschritte die Sondiergesuche (sowie die nachfolgenden Arbeitsprogramme) folgen. Die Experten empfehlen Sondier-Detailfragen im Rahmen der Sondiergesuche und Arbeitsprogramme zu prüfen und zu beurteilen (z.B. Kernstrecken, Bohrpfade, erforderliche Zieltiefen etc.).

5.2 Leitfrage 2

Gibt es Unterschiede am generellen Vorgehen, das die Nagra für das Standortgebiet Nördlich Lägern vorsieht (NAB 16-28) im Vergleich zum Vorgehen für die Standortgebiete ZNO und JO (in NAB 14-83)?

Die vorgeschlagenen Standortuntersuchungen folgen dem gleichen Ansatz und sind konzeptionell gleichwertig aufgebaut.

5.3 Leitfrage 3

Werden in NAB 16-28 Aussagen gemacht, die die in NAB 14-83 gemachten Aussagen zu den Standortgebieten ZNO und JO relativieren?

Die Experten sind bei ihrer Prüfarbeit auf keine Aussagen gestossen, welche die in NAB 14-83 vorgestellten Explorationskonzepte für die Standortgebiete ZNO und JO in Frage stellen würden.

5.4 Leitfrage 4

Ist die von der Nagra formulierte Gegenüberstellung zwischen Explorationszielen und -untersuchungen (Ziel-Mittel-Matrix) sinnvoll und vollständig?, wenn nein, welche Aspekte fehlen?

Bei der von der Nagra vorgesehenen Ziel-Mittel-Matrix handelt es sich um einen methodischen Ansatz, der aus Sicht der Experten nachvollziehbar die einzusetzenden Mittel den übergeordneten Fragestellungen bzw. Untersuchungszielen zuordnet. Die Matrix ist sehr umfassend und nach Ansicht der Experten einzig durch untiefe Bohrungen zur Untersuchung der Karstphänomene im Malm zu ergänzen (vgl. Leitfrage 8).

5.5 Leitfrage 5

Sind die Bohrlokationen für Tiefenbohrungen sinnvoll verteilt oder werden zu schützende Gebiete für die spätere Lagerplatzierung unnötig perforiert? Wären in NL zusätzliche Untersuchungen z.B. des Permokarbontrogs vorzusehen?

Die Explorationskonzepte sind so ausgelegt, dass die aus heutiger Sicht zu schützenden Gebiete für einen Lagerperimeter bestmöglichst vor unnötiger Perforation verschont werden. Die Anordnung der Bohrungsperimeter lässt unterschiedliche Kombinationen zu, im Verlauf der Untersuchungen kann auf die Ergebnisse der Seismik reagiert werden, und die genauen Bohrpfade sind aktuell noch nicht bestimmt. Angesichts der konzeptionellen Bearbeitungstiefe des Explorationskonzepts kann deshalb zu einzelnen Bohrungsperimetern zum heutigen Zeitpunkt nicht im Detail Stellung genommen werden.

Die Frage der Notwendigkeit zusätzlicher Untersuchungen des Permokarbontrogs (in den Standortgebieten JO und NL) hängt u.a. von folgenden Informationsbedürfnissen ab:

(1) Liegen unter den Standortgebieten nutzbare Vorkommen von Energierohstoffen, welche zu einem Nutzungskonflikt führen können?

(2) Sind an den Trogrändern tektonische Zergliederungen und reaktivierbare Störungen vorhanden?

zu 1: Es ist nicht vollständig auszuschliessen, dass unterhalb der Lagerperimeter in den Standortgebieten JO und NL innerhalb des Permokarbontrogs nutzbare Energierohstoffe vorhanden sind (ENSI 33/454). Mit ergänzenden Bohrungen kann dies zwar punktuell überprüft, trotzdem aber nicht über mehrere km^2 abschliessend beurteilt werden. In ENSI 33/454 werden als Nutzungskonflikte Konstellationen betrachtet, bei denen die heutige oder zukünftige Nutzung von Ressourcen durch ein Tiefenlager inkl. Zugangsbauwerke verunmöglicht oder beeinträchtigt wird, oder wenn eine erhebliche Wahrscheinlichkeit des unbeabsichtigten menschlichen Eindringens in das Tiefenlager besteht (NTB 14-02-VII, S.1). Für die einzelnen Standortgebiete wird im NTB 14-02-VII das Potenzial im Permokarbon für nutzbare Kohlenwasserstoffe und die vermutete Rohstoffmenge hergeleitet: Im Standortgebiet Jura Ost wird zwar ein Potenzial für Erdgas in dichten Sandsteinen des Permokarbon angenommen, in der Bohrung Riniken an dessen Ostrand wurde jedoch kein Gas nachgewiesen. Im Standortgebiet Nördlich Lägern werden Potenziale für verschiedene (un-) konventionelle Gaslagerstätten sowie für Kohlebergbau vermutet.
Im definitiven Standortgebiet (Rahmenbewilligungsverfahren) empfehlen die Experten in ENSI 33/454 (S. 11) die Erschliessung und Nutzung von Kohlenwasserstofflagerstätten unter dem Lagerperimeter (inkl. eines lateralen Schutzbereiches) auszuschliessen. Zusätzliche Untersuchungen des Permokarbontrogs unterhalb der Standortgebiete JO bzw. NL durch Tiefbohrungen würden zwar den Informationsstand betreffend Rohstoffsituation punktuell erweitern, nach Ansicht der Experten – unter Berücksichtigung der Empfehlungen in ENSI 33/454 – den Standortvergleich in SGT Etappe 3 aber nicht massgeblich beeinflussen.

zu 2: Das Störungsinventar und die tektonische Zergliederung werden prioritär durch die seismischen Untersuchungen abgedeckt. Im Standortgebiet NL umfasst die geplante 3D-Seismik-Anordnung nicht nur den Bereich der Lagerperimeter, sondern auch die nördlich angrenzende zu meidende tektonische Zone und die südlichen und östlichen Bereiche des Standortgebiets, wo der Opalinuston in grösserer Tiefenlage vorliegt. Ausserdem werden auch die das Standortgebiet begrenzenden tektonischen Elemente Siglistorf-Antiklinale im Nord- bis Nordwesten sowie Stadel-Irchel-Antiklinale im Süden abgebildet.

Wie erwähnt, würden im Standortgebiet NL zusätzliche Tiefbohrungen in den Permokarbontrog (in Ergänzung zur bestehenden Bohrung Weiach) zwar den Informationsstand betreffend Rohstoffsituation punktuell erweitern. Gemäss NTB 14-01 (Fig. 4.4-4, S. 247: Potential vorhanden infolge Überlagerung mehrerer möglicher Lagerstättentypen) wäre insbesondere das Gebiet am Nordwestrand, wo das Standortgebiet die nördliche Trograndzone überlappt, von Interesse. Nach Ansicht der Experten – unter Berücksichtigung der Empfehlungen in ENSI 33/454 – sind zusätzliche Bohrungen durch den Permokarbontrog für den Standortvergleich in SGT Etappe 3 aber nicht zwingend erforderlich.

5.6 Leitfrage 6

Ist das für das Standortgebiet NL vorgeschlagene Gebiet für 3-D-seismische Untersuchungen aufgrund der gewählten Lagerperimeter (und deren räumlichen Ungewissheiten) und der relevanten geologischen Elemente sinvoll gewählt?

Die geplante 3D-Seismik-Anordnung umfasst nicht nur den Bereich der Lagerperimeter, sondern auch die nördlich angrenzende zu meidende tektonische Zone und die südlichen und östlichen Bereiche des Standortgebiets, wo der Opalinuston in grösserer Tiefenlage vorliegt. Ausserdem werden auch die das Standortgebiet begrenzenden tektonischen Elemente (Siglistorf-Antiklinale und Eglisau-Störung im Nord- bis Nordwesten bzw. Nordosten sowie Stadel-Irchel-Antiklinale im Süden) abgebildet. Die Experten erachten diese Auslage für sinnnvoll.

5.7 Leitfrage 7

Sind die Bohrlokationen für Flachbohrungen (Quartäruntersuchungen) sinnvoll gewählt oder gäbe es zusätzliche oder grundsätzlich alternative Lokationen, deren Untersuchung für die quartäre Entwicklungsgeschichte sinnvoll wäre?

Aus Sicht der Experten sind die vorgeschlagenen Zonen für Quartäruntersuchungen (u.a. auch Flachbohrungen) für die einzelnen Standortgebiete sinnvoll gewählt.

Die vorgesehenen methodischen Ansätze (die Experten gehen von vollständig gekernten Flachbohrungen aus) sind sinnvoll, angemessen und entprechen dem Stand der Technik, bzw. den bestehenden quartärgeologischen Kenntnissen. Weitere Untersuchungen werden sich aus den Ergebnissen der ausgeführten Explorationen sicherlich ergeben. Aus heutiger Sicht genügt das vorgelegte Sondierkonzept.

5.8 Leitfrage 8

Sind die angesetzten Methoden geeignet, um eine Erkundung der kritischen Stellen für die Zugangsbauwerke vorzunehmen?

Das vorgeschlagene Explorationskonzept gibt nur erste grobe Vorinformationen zu den angesetzten Methoden für die bautechnische Erkundung in der Umgebung der Oberflächenanlagen und Zugangsbauwerke. Eine Detaillierung des Vorgehens für die Baugrunduntersuchungen bei den Oberflächenanlagen kann im Rahmen der Arbeitsprogramme erfolgen.

Zu den kritischen Stellen für die Zugangsbauwerke gehören:

- Lockergesteins-Strecken
- Strecken in verkarstungsfähigen Gesteinen

Der Prüfingenieur für die Zugangsbauwerke beurteilt die Gefährdungen im Zusammenhang mit Karst als äusserst systemrelevant (ENSI 33/457, Kap. 2.4). Entsprechend sollen die hydrogeologischen und geotechnischen Untersuchungen an den Standorten Aufschluss über die Charakteristik der Karststrukturen liefern (u.a. Grösse, räumliche Ausdehnung, Füllung, Lageunsicherheiten, Wasseranfall). Die zu erwartenden Karstphänomene (Auftretenswahrscheinlichkeit, Ausprägung und Erstreckung) sollten deshalb in Etappe 3 SGT vertieft untersucht werden. Das Ziel betreffend Karst von untiefen Bohrungen ist es, die Verkarstung des Malms (inkl. Übergang Molasse-Malm) zu charakterisieren. Idealerweise sollten einige Bohrungen nahe an den geplanten Zugangsbauwerken im Malm abgeteuft werden. Die meisten Bohrungsperimeter für Tiefbohrungen sind in diesem Zusammenhang in allen betrachteten Standortgebieten eher zu weit entfernt. Die Tiefbohrung BP8 im Standortgebiet Jura Ost erscheint den Experten sinnvoll platziert, um eine Zugangsrampe zu charakterisieren. Ein einzelner Nadelstich zur Beurteilung dieser bautechnisch wichtigen Frage ist aber zu wenig.

Die genaue Lage der Zugangsbauwerke ist beim heutigen Planungsstand noch unbekannt. Der Detaillierungsgrad der bautechnischen Erkundung für Oberflächenanlagen (Sicherung von tiefen Hanganschnitten, vgl. ENSI 33/456) und Untertagebauwerke der Zugänge (Rampen, Schächte) ist der Planungsstufe und dem erforderlichen Verständnis der relevanten Gefährdungsbilder anzupassen. Diesbezüglich zeichnen sich für die Zugangsbauwerke in ZNO, JO und NL Unterschiede ab. Nach übereinstimmender Meinung der Experten (ENSI 33/452, ENSI 33/472) ist die Vorerkundung im Malmkarst in Etappe 3 vorzunehmen. Untiefe Bohrungen im Malm verletzen den einschlusswirksamen Gebirgsbereich nicht. Es sollten deshalb - ähnlich wie die Quartärbohrungen - ergänzende Flachbohrungen zum besseren Verständnis der Karstphänomene vorgesehen werden.

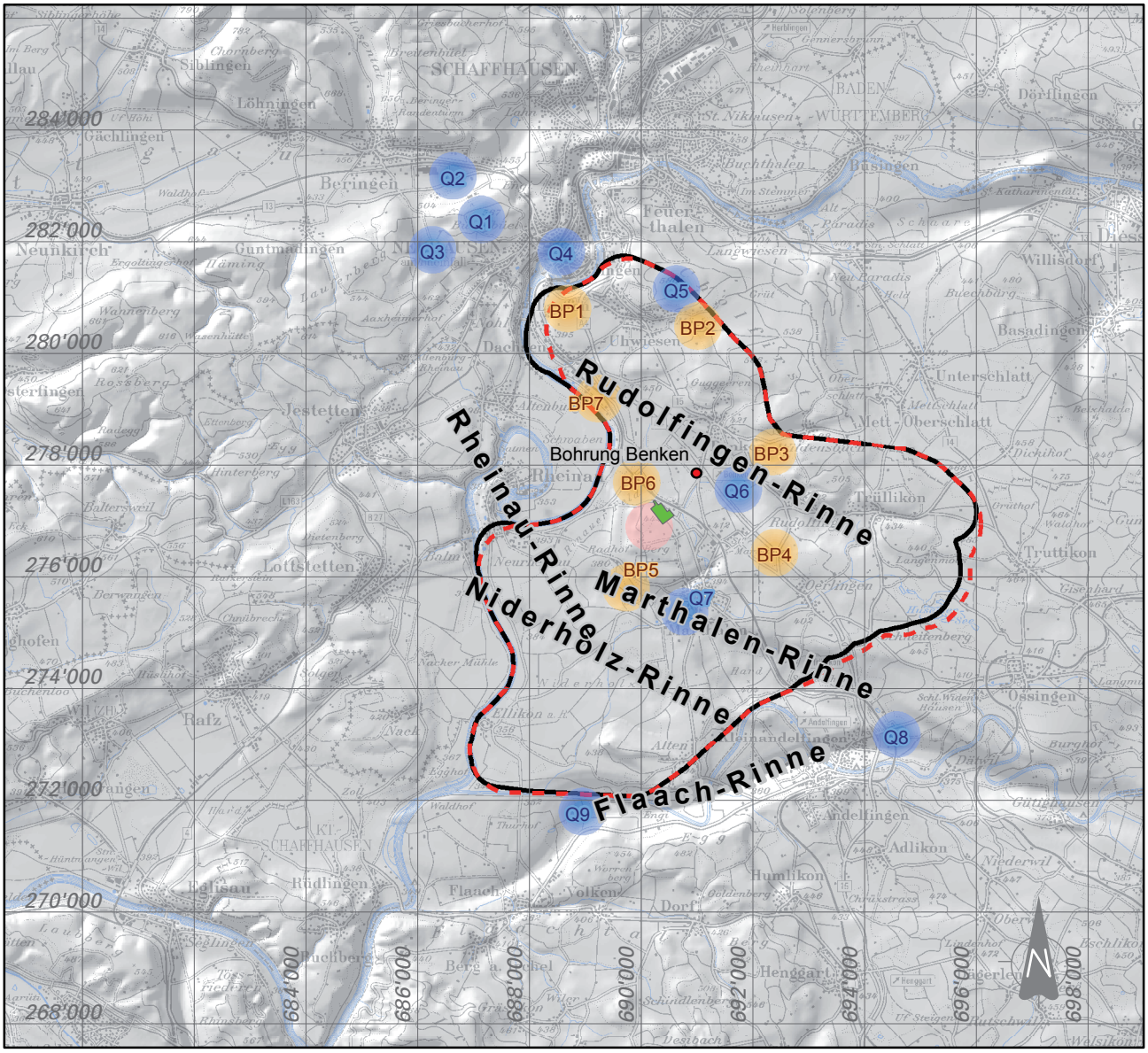
Die angesetzten Methoden (Seismik, Bohrungen inkl. geophysikalischer und hydraulischer Tests im Bohrloch) gehören zu den Standard-Erkundungsmitteln für die Baugrundabklärung im Untertagebau. Damit insbesondere die Bohrungen für die bautechnischen Fragestellungen zielgerichtet ausgelegt werden können, sind zur Planung der Bohrpfade auch konzeptionelle Überlegungen zu vertiefen (Hohlraumdetektierung im Karst, möglicher Verlauf der Felsoberfläche etc.). Die Experten gehen davon aus, dass die entsprechenden Vorabklärungen in die Begründung der Sondiergesuche und Arbeitsprogramme eingehen werden.

Bericht 8600-38a
Ri/GH/SF

Dr. von Moos AG, Geotechnisches Büro

bearbeitet von
Beat Rick
Hansruedi Graf

Standortgebiet Zürich Nordost 1:120'000



Legende:

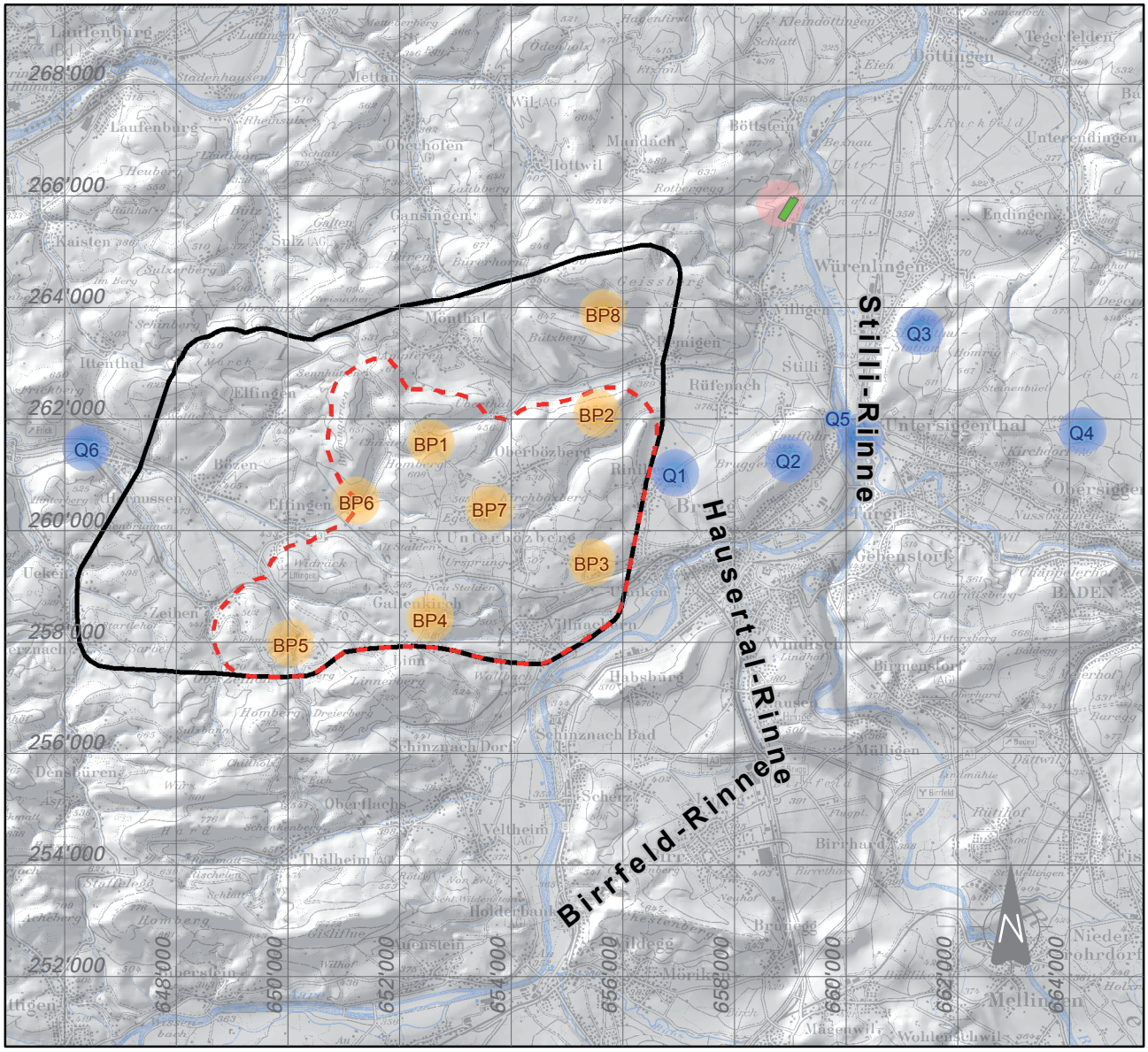
- Bohrung Benken
- Oberflächenanlage
- Perimeter Baugrunduntersuchung
- Bohrungsperimeter Tiefbohrung mit Nummer
- Untersuchungszone Quartär mit Nummer
- Standortgebiet HAA
- Standortgebiet SMA

Relief: Basis Quartär (Felsoberfläche) gemäss Nagra

Bohrungsperimeter gemäss NAB14-83

Dr. von Moos AG
Geotechnisches Büro
Beratende Geologen und Ingenieure
8037 Zürich / 5401 Baden / 8214 Gächlingen
www.geovm.ch

Standortgebiet Jura Ost 1:120'000



Legende:

- Oberflächenanlage
- Perimeter Baugrunduntersuchung
- Bohrungsperimeter Tiefbohrung mit Nummer
- Untersuchungszone Quartär mit Nummer
- Standortgebiet HAA
- Standortgebiet SMA

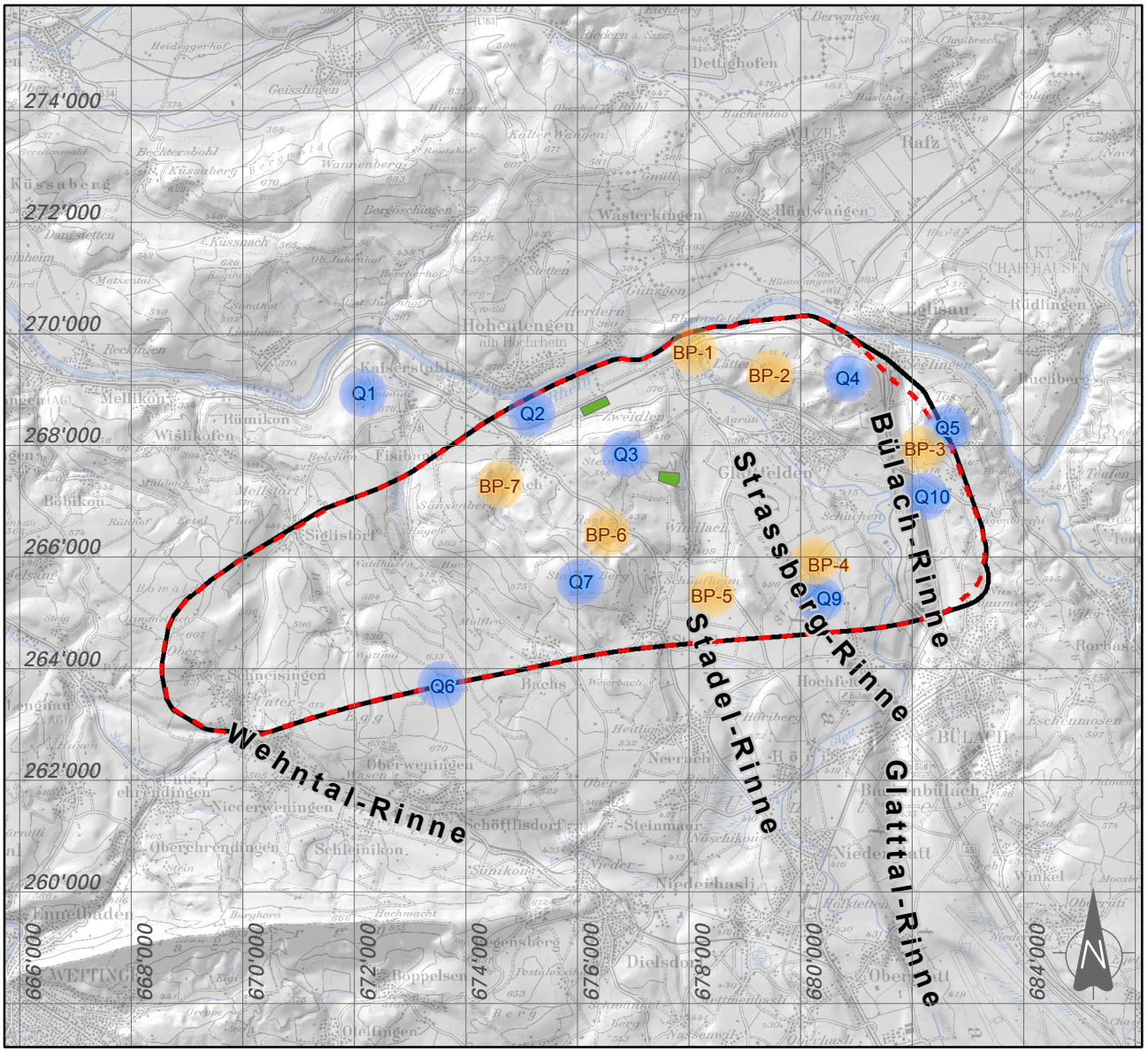
Relief: Basis Quartär (Felsoberfläche) gemäss Nagra

Bohrungsperimeter gemäss NAB14-83

Zürich, 22.9.2016/KD
8600-38-A2_Bohrstandorte-JO.ai

Dr. von Moos AG
Geotechnisches Büro
Beratende Geologen und Ingenieure
8037 Zürich / 5401 Baden / 8214 Gächlingen
www.geovm.ch

Standortgebiet Nördlich Lägern 1:120'000



Legende:

- Oberflächenanlage
- Bohrungsperimeter Tiefbohrung mit Nummer
- Untersuchungszone Quartär mit Nummer
- Standortgebiet HAA
- Standortgebiet SMA

Relief: Basis Quartär (Felsoberfläche) gemäss Nagra

Bohrungsperimeter gemäss NAB16-28

Zürich, 22.9.2016/KD
8600-38-A3-Bohrstandorte-NL.ai

Dr. von Moos AG
Geotechnisches Büro
Beratende Geologen und Ingenieure
8037 Zürich / 5401 Baden / 8214 Gächlingen www.geovm.ch

ENSI 33/455

ENSI, CH-5200 Brugg, Industriestrasse 19, Telefon +41 56 460 84 00, E-Mail Info@ensi.ch, www.ensi.ch