

GUTACHTEN

zum Sondiergesuch NSG 20 Benken der Nagra

September 1995

1. Einleitung

1.1 Veranlassung

Am 8. November 1994 reichte die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra), gestützt auf die Verordnung über vorbereitende Handlungen vom 27. November 1989, beim Eidgenössischen Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement (EVED) das Sondiergesuch NSG 20 Benken ein. Es wird um die Bewilligung zur Ausführung einer etwa 1000 m tiefen Sondierbohrung, einschliesslich eines Untersuchungsprogrammes, auf dem Gebiet der Gemeinde Benken (Kanton Zürich) nachgesucht. Die Sondierbohrung dient der Abklärung der Eigenschaften von Opalinuston und der umgebenden Schichtfolge als potentiell Wirtgestein für ein Endlager für hochaktive Abfälle. Es stehen somit die geologisch-hydrogeologische Exploration sowie die Datenerhebung zur Kalibrierung der geplanten reflexionsseismischen Aufnahmen im Vordergrund. Die seismischen Erkundungen sind nicht bewilligungs-, jedoch meldepflichtig.

Neben anderen Fachstellen des Bundes hat die HSK aus ihrer Sicht zum Gesuch Stellung zu nehmen. Die Beurteilung erfolgt unter dem Blickwinkel der nuklearen Sicherheit eines potentiellen Endlagers.

1.2 Umfang des Gutachtens

Gemäss der Verordnung über vorbereitende Handlungen stehen bei der Beurteilung des Gesuches folgende Fragen im Vordergrund:

- Hat der Gesuchsteller die ihm zugänglichen geologischen und hydrogeologischen Informationen im Gesuch ausgewertet? (Kapitel 3)
- Sind die geplanten Untersuchungen geeignet, optimale Grundlagen für die spätere Beurteilung der Sicherheit eines Endlagers zu erbringen? (Kapitel 4)
- Wird das natürliche Isolationsvermögen der geologischen Schichten durch die geplanten Arbeiten nicht entscheidend beeinträchtigt? (Kapitel 5)

Vorgängig der Beantwortung dieser Fragen wird kurz auf den generellen Rahmen der geplanten Untersuchungen eingegangen (Kapitel 2). Im weiteren äussert sich die HSK zur Aufsicht und Begleitung der Sondierungen (Kapitel 6). Die HSK konnte sich bei der Erstellung des Gutachtens auf einen Expertenbericht der Kommission Nukleare Entsorgung (KNE) vom Mai 1995 abstützen.

Die Verordnung über vorbereitende Handlungen hält in Artikel 3 fest, dass eine Sondierbewilligung keinen Rechtsanspruch auf eine Bewilligung für die Lagerung radioaktiver Abfälle gibt. In diesem Sinne sind auch die Äusserungen dieses Gutachtens in keiner Weise als vorweggenommenes Urteil zu einem allfälligen künftigen Endlagerstandort aufzufassen.

2. Bedeutung der Untersuchungen im Rahmen des Endlagerprogrammes

Im Entscheid zum Projekt Gewähr kam der Bundesrat 1988 zum Schluss, dass für hochaktive Abfälle und für die aus der Wiederaufarbeitung stammenden langlebigen, -haltigen Abfälle der Sicherheitsnachweis erbracht sei. Nicht erbracht sei für diese Abfälle hingegen der Standortnachweis, das heisst, der Nachweis von genügend ausgedehnten Gesteinskörpern mit den erforderlichen Eigenschaften. Im übrigen forderte der Bundesrat in seinem Entscheid die Ausdehnung der Forschungsarbeiten auf nicht-kristalline Wirtgesteine (Sedimentgesteine), wobei auch andere als die bisher untersuchten Regionen in die Evaluation einzubeziehen seien.

Die Nagra kam dieser Forderungen nach und erstellte in der Folge ein Inventar der in Frage kommenden Formationen und Regionen. In einem 1988 veröffentlichten Bericht (NTB 88-25: Sedimentstudie Zwischenbericht), kam sie zum Schluss, dass die Arbeiten auf die Formationen Opalinuston und Untere Süsswassermolasse eingeeignet werden sollten.

Die Bundesinstanzen (KNE, KSA und HSK) konnten diesen Auswahlsschritt nachvollziehen. Sie beurteilten aber die räumliche Einengung der Untersuchungsgebiete als verfrüht. In der Folge erarbeitete die Nagra in Absprache mit den Behörden ein Untersuchungskonzept, das unter anderem eine regionale Seismik-Kampagne im Opalinuston-Gebiet und eine überregionale Studie der Unteren Süsswassermolasse auf der Basis bestehender Seismik-Linien umfasste.

Diese Untersuchungen wurden in den Jahren 1990-1993 ausgeführt. Sie ergaben für beide Formationen positive Resultate. Die Variante Opalinuston erhielt den Vorzug, da die seismischen Abklärungen in dieser Formation wesentlich einfacher sind und weil hier keine weiteren regionalen Abklärungen mehr erforderlich sind. Die Untere Süsswassermolasse bleibt Reserveoption. KNE, KSA und HSK erklärten sich anlässlich einer Lagebeurteilung am 16. Februar 1994 mit diesem Vorgehen einverstanden.

Das Untersuchungsprogramm sieht nun vor, dass das Gebiet Zürcher Weinland mit einer 3D-Seismik-Kampagne weiter abgeklärt wird. Mittels der im Sondiergesuch beantragten Bohrung soll die Seismik kalibriert werden. Die Bohrung dient weiter der bereits in früheren Bohrungen begonnenen Charakterisierung des Opalinustons und der umgebenden Formationen.

Der Bohrstandort wurde in Absprache mit den Kantons- und Gemeindebehörden festgelegt. Aufgrund der übersichtlichen geologischen Verhältnisse ist die Lokation der Bohrstelle im Sondiergebiet nicht entscheidend. Da die Bohrdaten für die Kalibrierung der seismischen Linien von grossem Nutzen sind, sollte aus diesem Blickwinkel die Bohrung möglichst frühzeitig in Angriff genommen werden.

Das EVED hat nach dem Beschluss des Bundesrates zum Projekt Gewähr die Berichterstattung der Nagra geregelt (Schreiben vom 20. Dezember 1988). Dabei wurde festgelegt, dass die Nagra nach Abschluss der Feldarbeiten in den Sedimentgesteinen, auf der Basis der dann vorliegenden Ergebnisse des Untersuchungsprogrammes, eine integrale Sicherheitsanalyse für ein Modellendlager (HAA/LMA-Abfälle) in diesen Formationen erstellt. Die Sicherheitsbehörden werden seither anlässlich periodischer Informationssitzungen über den Fortschritt der diesbezüglichen Arbeiten informiert.

3. Geologisch-hydrogeologische Verhältnisse im Untersuchungsgebiet

3.1 Geologische Verhältnisse

Im geologischen Bericht des Sondiergesuches stellt die Nagra die wichtigsten Fakten zur Geologie und Hydrogeologie des Untersuchungsgebietes zusammen. Die Angaben sind sehr knapp gehalten. Zahlreiche weitere Berichte der Nagra ergänzen aber das Gesuch zu einem aktuellen Überblick über den gegenwärtigen Kenntnisstand. Nachfolgend werden die entscheidenden Punkte kurz kommentiert.

Das Zürcher Weinland liegt am nördlichen Rand des Molassebeckens. Das Gebiet ist weitgehend mit quartären Lockergesteinen bedeckt, so dass die Struktur des Felsuntergrundes nicht aus Oberflächenbefunden abgeleitet werden kann. In der näheren Umgebung des Gebietes wurden bis anhin keine Tiefbohrungen abgeteuft, die lithologischen Angaben müssen deshalb aus entfernteren Gebieten projiziert werden. Da es sich bei den im Vordergrund stehenden jurassischen Formationen um marine Sedimentgesteine handelt, sind die lithologischen Variationen eher gering und regional prognostizierbar. Das Prognoseprofil dürfte demnach die realen Verhältnisse annähernd richtig wiedergeben.

Der Opalinuston des Zürcher Weinlandes ist Teil einer Gesteinsabfolge des sogenannten schwäbischen Faziesraums. Die schwäbische Fazies (offenmariner Schelf) zeichnet sich durch ein Vorherrschen tonig-mergeliger Gesteinsformationen aus. Diese paläogeographi-

sche Situation ist für das Projekt von ausschlaggebender Bedeutung, denn der rund 110 m mächtige Opalinuston wird hier im Hangenden und Liegenden von mächtigen Serien tonig-mergeliger Gesteine umgeben. Der gesamte, weitgehend gering durchlässige Schichtstapel erreicht mehr als 400 m Mächtigkeit.

Der tektonische Bau des Gebietes muss weitgehend aus reflexionsseismischen Daten abgeleitet werden. Dazu steht einerseits die 1991/92 gewonnene Seismik der Nagra zur Verfügung, andererseits durchziehen zahlreiche Linien der Erdöl-Industrie das Gebiet. Das Datenmaterial erlaubt eine fundierte Interpretation des tektonischen Aufbaus. Die Auswertung der neuen Nagra-Seismik stand der HSK in Form eines Berichtentwurfes zur Verfügung.

Aufgrund der Resultate der Auswertung wurde ein strukturgeologisches Modell des Untersuchungsgebietes erstellt. Es konnten die folgenden tektonischen Zonen auskartiert werden:

- die nördliche Front des Kettenjuras
- die sogenannte Vorfaltenzone
- der autochthone Tafeljura
- der Hegau-Bodensee-Graben

Für die Wahl des Untersuchungsgebietes stand der autochthone Tafeljura im Vordergrund, da hier die Schichtfolge ruhig gelagert ist und im Vergleich zu den anderen Gebieten eine verhältnismässig einfache geologische Geschichte erlebt hat. Neben diesen strukturgeologischen Randbedingungen ist die Tiefenlage des Opalinustons ein entscheidendes Kriterium, da aus sicherheits- und bautechnischen Gründen eine Lagertiefe von etwa 400-1000 m unter Terrain angestrebt wird.

Das Gebiet des Zürcher Weinlandes kann im Rahmen der geologischen und bautechnischen Kriterien als ideal bezeichnet werden. Es ist Teil des autochthonen Tafeljuras und wird von keiner grösseren Störung durchzogen. Die Tiefenlage des Opalinustons liegt im geforderten Rahmen. Die Auswahl des Gebietes durch die Nagra kann somit nachvollzogen werden, das Gebiet weist gegenüber den anderen untersuchten Regionen markante Vorteile auf.

3.2 Hydrogeologische Verhältnisse

Zur Hydrogeologie des Untersuchungsgebietes liegen nur wenig konkrete Angaben vor. Wie bereits erwähnt, wurden in der Region keine Tiefbohrungen abgeteuft, so dass Angaben über die Grundwasserverhältnisse im tieferen Untergrund weitgehend fehlen. Der Opalinuston befindet sich inmitten einer gering durchlässigen Gesteinsabfolge, die zwischen den regionalen Karst-Aquiferen des Oberen Muschelkalkes und des Malms liegt. Unterschiedliche Druckhöhen in diesen Aquiferen weisen auf die Grundwasser stauende Wirkung des Opalinustons und seiner Umgebung hin. Über die Bedeutung einiger lokaler Aquifere (Schilfsandstein, Lias etc.) ist ebenfalls wenig bekannt, da sie starken regionalen Variationen unterliegen. Die Exfiltrationsgebiete des Malm-Aquifers liegen beim Rheinfluss oder bei Kaiserstuhl,

während der Muschelkalk-Aquifer im Gebiet von Koblenz in den Rhein exfiltriert. Der östlichste Teil der Untersuchungsregion liegt nahe der Grundwasserscheide zum Neckargebiet.

Im Rahmen der Sedimentstudie 1988 wurden regionale Grundwasserfließmodelle erarbeitet. Es zeigte sich, dass aufgrund der allgemein geringen Potentialdifferenzen die Bereiche mit Aufwärts- und Abwärtsströmung nicht präzise abgeschätzt werden können. Die Vertikalgradienten sind vermutlich gering, sie weisen vor allem im südöstlichen Gebiet eher nach unten, in den Muschelkalk-Aquifer.

Die Kenntnisse zur Hydrogeologie des Untersuchungsgebietes sind heute noch gering. Ein wichtiges Ziel der geplanten Sondierbohrung ist deshalb die Erhebung standortbezogener hydrogeologischer Daten. Allem voran müssen die Aquifere des Mesozoikums umfassend charakterisiert werden.

4. Beurteilung der Sondierungen

4.1 Rahmen der Untersuchungen

Die beantragten Untersuchungen sollen ein für die Endlagerung hochaktiver Abfälle geeignetes Gesteinsvorkommen im Gebiet des Zürcher Weinlandes nachweisen. Als Mittel dazu dienen hochauflösende 3D-Seismik und eine Bohrung. Die Bohrung soll neben der Kalibrierung der Seismik-Daten die sicherheitstechnischen und bautechnischen Eigenschaften des Gesteins abklären. Die Nagra beabsichtigt mit den erhobenen Daten einen Standortnachweis für das gesamte, etwa 50 km² umfassende, Areal zu erbringen. Es wird somit kein Standort präzise festgelegt; dies wäre Gegenstand einer späteren Standortcharakterisierung mit einer weiteren Explorationsphase.

Mit dem vorgeschlagenen Programm können aus der Sicht der HSK die nötigen Daten zum Erarbeiten eines Standortnachweises und zu dessen Beurteilung gewonnen werden. Das vorgeschlagene Vorgehen, eine 3D-Seismik-Kampagne mit einer Bohrung zu kombinieren, ist bei den zu erwartenden geologischen Verhältnissen erfolgversprechend.

4.2 Untersuchungsprogramm mit der Bohrung

Im Sondiergesuch werden die geplanten Arbeiten nur stichwortartig aufgeführt. Die detaillierte Planung der Arbeiten wird einem zukünftigen Arbeitsprogramm vorbehalten. Die Kommentare der HSK beschränken sich deshalb auf einige grundsätzliche Bemerkungen. Die HSK möchte sich aber zum Arbeitsprogramm äussern, bevor dieses definitiv festgelegt wird. Sie schlägt deshalb eine entsprechende Auflage vor.

Auf der Basis der vorliegenden Angaben ergeben sich bereits heute folgende Bemerkungen:

- Die Nagra beabsichtigt eine Basis-Bohrung bis in den Muschelkalk abzuteufen und möchte sich die Option einer weiteren Vertiefung bis unter die Basis des Mesozoikums offenhalten. Die HSK ist der Ansicht, dass die Vertiefungsoption ins Dach des Grundgebirges (vermutlich oberes Perm, Rotliegend-Formation) ausgeführt werden sollte. Die bis ins Grundgebirge vertiefte Bohrung erlaubt es, die tieferen Reflektoren der Seismik präziser zu charakterisieren, womit sich bessere Grundlagen für die strukturgeologischen Auswertungen der Seismik ergeben. Die HSK regt eine entsprechende Auflage an, die die Nagra verpflichtet, die Bohrung bis unter die Basis des Mesozoikums abzuteufen.
- Die Vertiefungsoption bis zum Dach des Grundgebirges erlaubt die Charakterisierung des Buntsandstein-Aquifers. Über die Druckverhältnisse in diesem regional ausgedehnten Aquifer ist im Untersuchungsgebiet bislang nichts bekannt. In den früher erstellten hydrodynamischen Modellierungen wurde der Buntsandstein-Aquifer nicht berücksichtigt, da er unterhalb dem Muschelkalk-Aquifer und der Anhydritgruppe liegt. Eine Charakterisierung dieses Aquifers, insbesondere sein Potential im Vergleich zu den höher liegenden Aquiferen, ist aber für zukünftige Modellierungen von Interesse. Im mittleren Muschelkalk des östlichen Gebietes treten die Evaporite zunehmend zurück, es könnte deshalb im Vergleich zu den westlichen Gebieten eine Verbindung zum Muschelkalk bestehen. Mit der Vertiefungsoption können die Potentialverhältnisse im Liegenden des Wirtgesteins mit vertretbarem Aufwand abgeklärt werden.
- Im Zusammenhang mit der Auswertung der Seismik von 1991/92, aber auch bei entsprechenden Untersuchungen des Kernmaterials und der geophysikalischen Daten der Bohrung Weiach, ergaben sich Hinweise, dass die Schichten des Rotliegenden der nördlichen Schweiz ein beträchtliches Potential für Gaslagerstätten beinhalten (NIB 94-14 und Aktennotiz Kempter, Okt. 1994). Es würde sich um geklüftete Reservoirs in Gesteinen mit niedriger Permeabilität handeln, sogenannte "tight reservoir plays". Dieser Lagerstättentyp ist erst seit einigen Jahren bekannt, entsprechende Erfahrungen stammen weitgehend aus Gebieten in anderen Erdteilen. Die Abklärung der Rotliegend-Formation im Hinblick auf dieses mögliche Rohstoffpotential ist nötig, falls im vorgesehenen Wirtgestein ein Endlagerprojekt realisiert werden soll. Entsprechende Gastests müssten demnach im Rahmen einer ersten Standortbohrung ausgeführt werden.

4.3 Seismik-Programm

Die Nagra beabsichtigt, das gewählte Gebiet mit Reflexionsseismik eingehender abzuklären. Es soll dabei 3D-Seismik zur Anwendung kommen, die nach der Auswertung den räumlichen Aufbau der Gesteinsdiskontinuitäten darstellen kann. Das Gebiet wird bei dieser Methode engmaschig mit seismischen Linien belegt, die Registrierung der Signale erfolgt auf mehreren Linien gleichzeitig.

Da bereits die konventionelle Seismik-Kampagne 1991/92 Resultate hoher Qualität geliefert hat, darf man bei den geplanten 3D-Aufnahmen eine hervorragende Abbildungsqualität er-

warten. Zusammen mit den Daten der Sondierbohrung dürften sich damit gute Grundlagen für eine Standortcharakterisierung ergeben.

Die seismischen Untersuchungen sind, wie bereits erwähnt wurde, nicht Gegenstand des Sondiergesuches, sie sind aber meldepflichtig und unterstehen der Aufsicht der HSK in Vertretung des Bundesamtes für Energiewirtschaft. Bohrung und Seismik bilden beim vorliegenden Untersuchungsprogramm eine Einheit, nur zusammen versprechen sie optimale Grundlagen für das Projekt eines Standortnachweises. Die HSK wird aus diesem Grunde auch zum Arbeitsprogramm der Seismik-Kampagne Stellung nehmen.

5. Verfüllung und Versiegelung des Bohrlochs

Zur Erkundung des Standortgebietes wird mit der Bohrung ein erster Eingriff in den Wirtgesteinskörper vorgenommen. Artikel 8 der Verordnung über vorbereitende Handlungen verlangt, dass in einem Bericht dargelegt wird, dass das natürliche Isolationsvermögen der geologischen Schichten im Hinblick auf die Endlagerung nicht entscheidend beeinträchtigt wird. Es muss aufgezeigt werden, dass die Bohrung nach Abschluss der Untersuchungen verfüllt und versiegelt werden kann.

Das Bohrloch muss derart verfüllt werden, dass die Barriereneigenschaften des Wirtgesteinskörpers intakt bleiben; es werden somit an die Qualität der Verfüllung hohe Anforderungen gestellt. Nach Abschluss der entsprechenden Arbeiten muss ein Zustand vorliegen, der sich bezüglich der Barrierenwirkung des Gesteins nicht wesentlich von den Anfangsbedingungen unterscheidet.

Entsprechende Arbeiten zur Erarbeitung eines Verfüll-Konzeptes für Bohrungen sind bei der Nagra seit einiger Zeit im Gang; erste Berichte dazu liegen vor. Im Zusammenhang mit den Untersuchungen für ein Endlager für schwach- und mittelaktive Abfälle am Standort Wellenberg ist eine Bohrloch-Verfüllung in absehbarer Zeit notwendig. Die technischen Grundlagen, die dabei erarbeitet werden, können auch beim Opalinuston-Programm einfließen.

Ein endgültiges Verfüll-Programm wird zweckmässigerweise erst nach Abschluss der Untersuchungen festgelegt, da der Zustand des Bohrlochs einen entscheidenden Einfluss auf das Vorgehen hat. Die Wirksamkeit eines gewählten Verfüll-Programmes muss standortspezifisch durch eine sicherheitsanalytische Betrachtung bestätigt werden, wenn die Nagra die Option eines Endlagers offen hält. In der Bewilligung soll die Nagra verpflichtet werden, vor der Verfüllung des Bohrlochs der HSK ein entsprechendes Verfüll-Programm zur Genehmigung vorzulegen.

6. Aufsicht und Begleitung

Die HSK ist zur Erfüllung ihrer späteren Aufgaben darauf angewiesen, die geplanten Sondierarbeiten zu begleiten. Die Begleitung der Untersuchungen wird dabei von der Aufsicht im engeren Sinne unterschieden:

- Die *Aufsicht* dient dem Überwachen der Sondierkampagne mit dem Ziel, die Einhaltung der gestellten Forderungen und Auflagen zu prüfen. Die Aufsicht hat somit eine Kontrollfunktion.
- Die *Begleitung* ist das wissenschaftliche Verfolgen der Sondierungen und der Auswertungen. Sie hat den Zweck, die Gewinnung der Daten zu beobachten und sich dabei ein Bild von der Qualität der erhobenen Daten zu machen. Gegebenenfalls können zusätzliche Untersuchungen angeordnet werden.

Die Verordnung über vorbereitende Handlungen fasst beide Tätigkeiten unter dem Begriff der Aufsicht zusammen. Die HSK beantragt deshalb mit der Aufsicht über die vorbereitenden Handlungen in Benken, gemäss Art. 15 der Verordnung, beauftragt zu werden.

7. Schlussfolgerungen und Auflagen

Die Sondierungen, für welche die Nagra eine Bewilligung nachsucht, entsprechen dem Entscheid des Bundesrates zum Projekt Gewähr. Zielsetzung der Untersuchungen ist ein Standortnachweis im Wirtgestein Opalinuston. Die Gesuchsunterlagen sind zwar knapp gehalten, sie stellen aber die wesentlichen Kenntnisse zur Geologie und Hydrogeologie des Gebietes dar. Zahlreiche weitere Berichte der Nagra bestätigen und ergänzen die Angaben des Gesuches. Die gewählten Untersuchungsmittel, 3D-Seismik und eine Bohrung zur Kalibrierung der Seismik und zur Charakterisierung des Gesteins, sollten aus heutiger Sicht genügend Grundlagen für die vorgesehene Zielsetzung liefern. Die als Option vorgesehene Vertiefung der Bohrung bis ins Grundgebirge soll realisiert werden. Konzepte zur Verfüllung und Versiegelung von Bohrlöchern liegen vor, ein spezifisches Programm kann erst nach Abschluss der Untersuchungen definitiv ausgearbeitet werden.

Aus der Sicht der HSK kann dem vorliegenden Gesuch der Nagra für eine Sondierbohrung auf dem Gebiet der Gemeinde Benken entsprochen werden. Die HSK empfiehlt, die Bewilligung mit folgenden Auflagen zu erteilen:

- Das Arbeitsprogramm der Sondierbohrung bedarf einer Freigabe der HSK.
- Die Sondierbohrung soll gemäss den Angaben im Sondiergesuch (Vertiefungsoption) bis unter die Basis des Mesozoikums abgeteuft werden.
- Zwecks Freigabe der Verfüllung der Bohrung ist der HSK ein entsprechendes Verfüll- und Versiegelungs-Programm zur Genehmigung vorzulegen.
- Die HSK ist mit der Aufsicht über die vorbereitenden Handlungen gemäss Art. 15 der Verordnung beauftragt.