



Bundesamt für Energie (Schweiz)
Office fédéral de l'énergie (Suisse)
Ufficio federale dell'energia (Svizzera)
Federal Office of Energy (Switzerland)

Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen
Division principale de la Sécurité des Installations Nucléaires
Divisione principale della Sicurezza degli Impianti Nucleari
Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate

5232 Villigen-HSK

Tel. 056 / 310 38 11

Fax : 056 / 310 39 07

Datum

10. April 2001

Aktenzeichen

HSK 23/62

Typ/Charakter

Bericht

Klassifikation

Bearbeiter

Dr. Peter Bitterli / SS

Visum

Projekt, Thema, Gegenstand (Schlagwörter)

Endlagerung, Hochaktive Abfälle, Standortwahl

Seiten 7

Beilagen

Zeichnungen

Kurzer Überblick über das Auswahlverfahren eines Sedimentstandortes für die Endlagerung hochaktiver Abfälle

Die Deutsch-Schweizerische Kommission (DSK) erarbeitet einen Bericht, in welchem das Verfahren, welches zur Auswahl des Opalinustons im Gebiet Zürcher Weinland führte, beurteilt wird. Diese Beurteilung soll aufgrund der bestehenden Dokumentation über die verschiedenen Schritte des Auswahlverfahrens erfolgen. Die wesentlichen Dokumente wurden bereits den von der deutschen Seite der DSK zugezogenen Experten zugestellt. In der vorliegenden Aktennotiz werden die entscheidenden Schritte bei der Auswahl eines Standortgebietes für Sedimentuntersuchungen zusammengefasst und die wichtigsten Referenzen, in denen die entsprechenden Entscheide begründet wurden, aufgeführt.

Inhalt:

1. Einleitung
2. Der Ablauf der Abklärungen von Sedimentgesteinen
3. Weitere Entwicklungen
4. Referenzen

Verteiler

BMU: HH. Matting, Nies, Arens
Experten D: HH. Appel, Baltes, Bräuer, Kühn
Nagra: Hr. Fritschi (3 Ex.)
HSK: HH. Jeschki, Schmocker, Nöggerath, Pfeiffer, Schwarz, Treier, Breutel,
Zurkinden, Vigfusson, Bitterli, Frank, Wanner
Sekretariate BAS, SAT, Stab

Ablage

Archiv

1 Einleitung

Der Bundesbeschluss zum Atomgesetz vom 6. Oktober 1978 [1] legt fest, dass Rahmenbewilligungen für Kernreaktoren nur erteilt werden, wenn die dauernde, sichere Entsorgung und Endlagerung der aus der Anlage stammenden radioaktiven Abfälle gewährleistet ist. Im Jahre 1978 legte der Verband der schweizerischen Elektrizitätswerke ein Konzept der nuklearen Entsorgung in der Schweiz vor [2], nach welchem unterschiedliche Endlager für die verschiedenen Abfallkategorien vorgesehen sind. Zur Entsorgung der hochaktiven Abfälle wurden neben kristallinen Gesteinen auch sedimentäre Gesteine als mögliche Wirtgesteine für ein Endlager aufgeführt. Die Betreiber der Kernkraftwerke und der Bund gründeten in der Folge die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra), die die Entsorgung der radioaktiven Abfälle vorbereiten soll.

Im Jahre 1985 legte die Nagra einen Entsorgungsnachweis mit einem Sicherheitsnachweis für ein Endlager im kristallinen Grundgebirge der Nordschweiz vor [3]. Dieser als "Projekt Gewähr 1985" bezeichnete Nachweis beruhte auf einer Sondierkampagne mit Seismik und Bohrungen im Gebiet der nördlichen Schweiz. Es stand dabei vorerst der Entsorgungsnachweis im Vordergrund, ohne Bezeichnung eines geeigneten Standorts. Die Beurteilung des Projektes Gewähr durch die Sicherheitsbehörden ergab, dass die technische Machbarkeit und der Sicherheitsnachweis in einem entsprechenden Gesteinskompartiment erbracht worden sei, dass jedoch der Nachweis genügend ausgedehnter, geeigneter Gesteinsschollen im kristallinen Grundgebirge fehle und vermutlich schwierig zu erbringen sei [4, 5]. Dies vor allem aus drei Gründen:

1. Unter dem grössten Teil des Untersuchungsgebietes wurde ein mächtiger Permokarbondrog angetroffen, das Grundgebirge unter diesem Trog liegt deshalb zu tief;
2. Das kristalline Grundgebirge der Nordschweiz ist sehr heterogen aufgebaut und erheblich tektonisiert;
3. Das Gebiet ist Exfiltrationszone für das kristalline Grundgebirge.

Die HSK regte deshalb in ihrem Gutachten an, die Untersuchungen auf Sedimentgesteine auszuweiten. Dies vor allem wegen der im Vergleich zum kristallinen Grundgebirge homogeneren Beschaffenheit der in Betracht kommenden Sedimentabfolgen und der besseren Prognostizier- und Explorierbarkeit des geologischen Aufbaus. Der Bundesrat folgte in seiner Entscheidung dieser Argumentation und forderte die Nagra auf, die Arbeiten auf "nicht-kristalline Wirtgesteine (Sedimente)" auszuweiten [6].

2 Der Ablauf der Abklärungen von Sedimentgesteinen

Mit dem technischen Bericht NTB 88-25 [7] kam die Nagra dieser Forderung einen ersten Schritt nach und präsentierte eine Auswahl von sieben potentiellen Wirtgesteinsformationen: Rotliegend-Abfolgen des Perms; Anhydritgruppe; Wellengebirge und Gipskeuper der Trias; Opalinus-Ton; Effinger-Schichten (inkl. Oxford-Tone der Ajoie) des Jura; Untere sowie Obere Süsswassermolasse des Tertiärs.

Die sicherheitsrelevanten Eigenschaften dieser Optionen wurden zusammengestellt und verglichen. Gesucht wurden geologisch einfach gebaute, tektonisch ruhige Gebiete. Die Gesteinseigenschaften, die im Vordergrund standen, waren: Ausreichende Mächtigkeit, geringe Durchlässigkeit und gutes Rückhaltevermögen für Radionuklide. Die Verbreitung entsprechender Formationen wurde in einem Tiefenbereich von 300-1200m auskartiert.

Aufgrund dieser Studien wurden zwei Optionen, nämlich die Untere Süsswassermolasse und der Opalinuston, für weitere Untersuchungen ausgewählt. Für beide Optionen wurden Untersuchungsprogramme erstellt und insbesondere wurden auch hydrogeologische Modelle entwickelt sowie erste Sicherheitsabschätzungen gemacht. Letztere ergaben, dass sowohl in der Unteren Süsswassermolasse wie auch im Opalinuston eine sichere Endlagerung möglich sein dürfte. In einem weiteren Schritt wurden potentielle Standortregionen näher beschrieben (6 im Opalinuston, 2 in der Unteren Süsswassermolasse). Aus diesen 8 Optionen hat die Nagra schliesslich zwei Standortregionen im Opalinuston ("Nördlich der Lägern" und "Zürcher Weinland") für eingehendere Untersuchungen einschliesslich Felduntersuchungen ausgewählt. Bei den Standortregionen in der Molasse wurde das Gebiet "östlich der Limmat" etwas günstiger beurteilt und für weitere Molasseuntersuchungen vorgeschlagen. Die Nagra regte an, die Auswahlsschritte mit den Behörden und ihren Experten, sowie weiteren interessierten Fachkreisen zu diskutieren und so möglichst frühzeitig einen Konsens über das weitere Vorgehen zu erzielen.

In ihrer Stellungnahme vom April 1990 nahm die HSK als Aufsichtsbehörde zur Sedimentstudie Stellung [8]. Sie stützte sich dabei auch auf ein Gutachten der Kommission Nukleare Entsorgung (KNE) [9]. Gemäss HSK-Stellungnahme zeige die Studie, dass die Sedimentformationen gute Möglichkeiten für die Endlagerung der hochaktiven Abfälle bieten könnten. Die Auswahl der Wirtgesteinsoptionen Untere Süsswassermolasse und Opalinuston konnte sie im Wesentlichen mittragen. Sie kam jedoch zum Schluss, dass das Auswahlprozedere von potentiellen Standortgebieten im Hinblick auf den vorhandenen Kenntnisstand zu rasch vorangetrieben worden sei. Die regionale Einengung sei verfrüht, da die entsprechenden Datengrundlagen noch fehlten. Die Einschränkung auf engere Standortgebiete solle erst nach der Durchführung reflexionsseismischer Untersuchungskampagnen vorgenommen werden. Im Weiteren regte sie die Ausdehnung der Arbeiten auf das westliche Molassebecken an. Mit dem breit angelegten Vorgehen sollte genügend lang eine gewisse Flexibilität des Programms erhalten bleiben.

Im Juni 1990 legte die Nagra einen zweiten Zwischenbericht zur Sedimentstudie vor [10]. Der Bericht fasst die Resultate der Untersuchungen zum Sedimentprogramm für die Periode 1988-1990 zusammen. Es handelt sich dabei um Seismikauswertungen, Bohrungen in der Molasse, Beobachtungen in Tunneln, Literaturstudie zur sedimentären Architektur der Unteren Süsswassermolasse, Untersuchungen zum Quellverhalten des Opalinustons, neotektonische Abklärungen, Beobachtung der Erdbebenaktivität und hydrogeologische Modellierungen. Anlässlich von Besprechungen der Bundesbehörden mit der Nagra, am 24. August und am 20. November 1990 einigte man sich darauf, die beiden Sedimentionsoptionen Untere Süsswassermolasse und Opalinuston weiter zu verfolgen und insbesondere weitere Felduntersuchungen durchzuführen. Im Weiteren wurde der Umfang der Untersuchungsprogramme festgelegt [11]. Eine Arbeitsgruppe von HSK und KNE begleitete in der Folge die Sedimentarbeiten und nahm insbesondere zu den Untersuchungsprogrammen der Nagra Stellung. HSK und KNE bildeten eine Gruppe, die insbesondere das Molasseprogramm intensiv begleitete. Die HSK liess im westlichen Molassegebiet (Gebiet Yverdon) eigene Abklärungen durchführen, da ihr dort

Seismik zur Verfügung stand, zu der die Nagra keinen Zugriff hatte. Anlässlich eines Pressegesprächs der Nagra, am 9. April 1991 in Baden, gab die Nagra bekannt, dass die Sedimentuntersuchungen mit zwei Teilprogrammen weitergeführt werden, nämlich erste Felduntersuchungen im Opalinuston und eine regionale Studie in der Unteren Süsswassermolasse. Die Ergebnisse dieser Programme sollten anlässlich einer Lagebeurteilung mit den Experten des Bundes im Hinblick auf das weitere Vorgehen diskutiert werden [12].

1994 publizierte die Nagra eine Übersicht der Arbeiten von 1990-1994 [13] und fasste die Resultate zusammen. Die Untersuchungen im Opalinuston umfassten die Auswertung der Reflexionsseismikkampagne 1991/92 inkl. Auswertung der Aufzeitbohrungen, Kartierung der Felsoberfläche, Abklärung der Rohstoffverhältnisse, Faziesstudie Keuper-Malm, Geotechnik Opalinuston, Inventar hydraulischer Bohrlochdaten des Opalinustons, Interpretation ausgewählter hydraulischer Bohrlochtests in der Nordschweiz, Evaluation von Explorationsstrategien, Apatit-Spaltspuren-Analysen in Nagra-Bohrungen, Literaturstudie "Fluid-Migration" in Störungen von Tongesteinen und von Tonstein-Sandstein-Wechselfolgen, Wasserführung des Opalinustons in Tunneln, Auswertung des Forschungsprojektes "Gebirgseigenschaften mächtiger Tonsteinserien" des Geologischen Landesamtes Baden-Württemberg und sicherheitstechnische Aspekte des Opalinustons. Im Projekt Untere Süsswassermolasse wurden folgende Untersuchungen durchgeführt: Inventar hydraulischer Bohrlochdaten in der Unteren Süsswassermolasse, Möglichkeiten der Seismik bei der Erfassung der fluviatilen Architektur der Molasseablagerungen, Charakterisierung der Unteren Süsswassermolasse mit Hilfe der Bohrungen des Erdsondenfeldes Burgdorf, Möglichkeiten und Grenzen petrophysikalischer Logs zur Abgrenzung von Architekturelementen der Molasse, Ergebnisse der Geothermiebohrung Bassersdorf, Synthese des Aufbaus der Unteren Süsswassermolasse im zentralen und östlichen Mittelland und eine vergleichbare Studie in westlichen Mittelland.

Wichtigste Erkenntnis dieser Arbeiten war die ruhige tektonische Lagerung des Gebietes Zürcher Weinland. Zwischen der Nordfront des Jurafernschubes und dem Südrand des Bodenseegrabens verblieb hier ein Gebiet, das sich durch ausserordentlich ruhigen geologischen Bau auszeichnete und das insbesondere von den einschneidenden tektonischen Ereignissen der jüngeren Erdgeschichte in der Nordschweiz weitgehend verschont blieb. Die Nagra sah ihre seinerzeitige Wahl des Wirtgesteins Opalinuston als Option erster Priorität für den Entsorgungsnachweis bestätigt.

Anlässlich einer Lagebeurteilung der Sedimentprojekte am 16. Februar 1994, stellten die Behörden fest [14], dass die Untersuchungen für beide Wirtgesteinsvarianten positive Resultate erbracht haben. Im Falle der Unteren Süsswassermolasse blieben allerdings Zweifel, ob die faziellen Verhältnisse der fluviatilen Sedimente ("Sandstein-Channels" mit erhöhter Durchlässigkeit in mergeligen Überschwemmungsablagerungen) mit den verfügbaren Untersuchungsmethoden mit der erforderlichen Detaillierung erfasst werden könnten. Für den Opalinuston wurde festgehalten, dass er sich als Wirtgestein für ein Endlager eignen könnte. Weiter wurde anerkannt, dass die Variante Opalinuston erhebliche zeitliche Vorteile bei der Erkundung biete, da mit den damals vorliegenden Daten bereits ein Zielgebiet bezeichnet werden konnte. Die Variante Untere Süsswassermolasse hätte eine weitere Untersuchungskampagne zur Einengung auf ein kleineres Gebiet erfordert. Alle Beteiligten trugen den Entscheid zur Einengung auf den Opalinuston mit, da sie in dieser Variante deutliche Vorteile sahen und zudem nur mit dieser Variante die Möglichkeit eines Entsorgungsnachweises innert nützlicher Frist gegeben

war. Die Molassevariante wurde als Reserveoption beibehalten. Die Wahl des Zürcher Weinlandes als Zielgebiet für den Opalinuston war unbestritten. Die Untersuchungen sollen mit einem 3-D-Seismik Programm weitergeführt und gleichzeitig soll ein Sondiergesuch für eine Eichbohrung eingereicht werden.

Im November 1994 reichte die Nagra das Sondiergesuch NSG 20 für eine Bohrung auf dem Gemeindegebiet von Benken (Kanton Zürich) ein [15]. Massgeblich für die Wahl des Bohrstandortes waren nicht geologische Gründe, sondern die Möglichkeit der Weiterverwendung des Bohrplatzes an diesem Ort. Aufgrund der ruhigen geologischen Lagerung war der Ort der Bohrung innerhalb des Untersuchungsgebietes nicht von Bedeutung, da die Bohrung lediglich das Ziel hatte, die Gesteinsserie zu beproben und die 3-D-Seismik geologisch zu eichen. Im Mai 1995 nahm die Kommission Nukleare Entsorgung (KNE) zum Sondiergesuch der Nagra Stellung [16]. Sie betonte einmal mehr, dass sie der Sedimentoption gegenüber der Kristallinoption erste Priorität einräumt. Angesichts der Bedeutung des Opalinustons für den Standortnachweis forderte sie die Einrichtung eines Felslabors in diesem Gestein. Im Gutachten der HSK vom September 1995 [17] wurde der Ablauf des Auswahlverfahrens zusammengefasst und das Vorhaben geologisch-hydrogeologisch beurteilt. Auch die KSA nahm zum Verfahren Stellung [18].

Das Vorgehen, wie es bei der Auswahl eines Sedimentstandortes zur Anwendung kam, entspricht im grossen Ganzen den Empfehlungen der International Atomic Energy Agency (IAEA), wie sie im Safety Guide: Siting of Geological Disposal Facilities (Safety Series No-11.G-4.1), Wien 1994, festgehalten sind.

3 Weitere Entwicklungen

Der auf der Option Opalinuston basierende Entsorgungsnachweis, den die Nagra erbringen soll, umfasst drei Nachweise:

- Nachweis der technischen Machbarkeit,
- Sicherheitsnachweis und
- Standortnachweis.

Für die Beurteilung der ersten zwei Nachweise stehen Kriterien zur Verfügung, nicht aber für den Standortnachweis. Die HSK hat deshalb zusammen mit den anderen betroffenen Behörden und mit der Nagra, ein Konzept und Kriterien für die Beurteilung des zu erbringenden Standortnachweises erarbeitet [19].

Im Jahre 1999 setzte der Bundesrat die Expertengruppe "Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle" (EKRA) ein, die die Konzepte für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle kritisch beurteilen sollte. Die EKRA entwickelte das Konzept der kontrollierten geologischen Langzeitlagerung [20]. Das neue Konzept schaltet vor der geologischen Endlagerung ein Phase mit Überwachung des Lagers und mit erleichterter Rückholbarkeit des Abfallgutes ein; der Verschluss erfolgt erst, wenn ein gesellschaftlicher Konsens darüber vorliegt. Das EKRA-Konzept stellt keine grundsätzlich neuen Anforderungen an die Standortsuche, da das Endziel nach wie vor ein geologisches Endlager ist.

Nach Vorliegen aller erforderlichen Bewilligungen hat die Nagra die Sondierbohrung Benken ausgeführt. Die Sondierarbeiten in der 1007 m tiefen Bohrung dauerten von September 1998 bis Mai 1999. Anschliessend wurde ein Langzeitbeobachtungssystem der Druckverhältnisse ins Bohrloch eingebaut. Vorgängig dazu wurde im Frühjahr 1997 im ausgewählten Standortgebiet ein umfangreiches 3D-Seimikprogramm durchgeführt. Die erzielten Ergebnisse sind von ausgezeichneter Qualität. Die detaillierte Auswertung der Resultate aus der Bohrung und aus der Seimik kommt zum Abschluss. Die abschliessende Berichterstattung ist für den Sommer 2001 geplant. Die Ergebnisse sind im Hinblick auf den zu erbringenden Entsorgungsnachweis ermutigend. Die Einreichung des Projekts Entsorgungsnachweis Opalinuston ist auf Ende 2002 angesagt.

4 Referenzen

- [1] 6. Oktober 1978
Bundesbeschluss zum Atomgesetz vom 6. Oktober 1978.
- [2] 9. Februar 1978
Konzepte für die nukleare Entsorgung in der Schweiz. Verband schweiz.
Elektrizitätswerke (VSE), Gruppe der Kernkraftwerksbetreiber und –Projektanden,
Konferenz der Überlandwerke (UeW), Nagra.
- [3] Januar 1985
Nagra: Projektberichte NGB 85-01 bis NGB 85-08, Projekt Gewähr 1985
- [4] September 1986
HSK 23-28: Gutachten zum Projekt Gewähr 1985 der Nationalen Genossenschaft für die
Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra).
- [5] März 1987
HSK 23.29: Technischer Bericht zum Gutachten über das Projekt Gewähr.
- [6] 3. Juni 1988
Bundesratsentscheid: Nukleare Entsorgung; Projekt Gewähr, Materielle Beurteilung.
- [7] Oktober 1988
Nagra Technischer Bericht 88-25: Sedimentstudie – Zwischenbericht 1988 (Text- und
Beilagenband).
- [8] April 1990
HSK 23/34: Stellungnahme zur Sedimentstudie der Nagra (NTB 88-25).
- [9] Februar 1990
Kommission Nukleare Entsorgung (KNE): Stellungnahme zur Sedimentstudie der Nagra
(NTB 88-25).

- [10] Juni 1991
Nagra Technischer Bericht 91-19: Sedimentstudie – Zwischenbericht 1990
(Zusammenfassende Übersicht der Arbeiten von 1988 bis 1990).
- [11] 4. Januar 1991
Bundesamt für Energie: Ergebnisse der Besprechung vom 20. 11. 1990 zum weiteren
Vorgehen der Nagra im Sediment-Untersuchungsprogramm.
- [12] 9. April 1991
Presserohstoff – Pressegespräch der Nagra: Regionale Untersuchungen von zwei
Wirtgesteinen.
- [13] August 1994
Nagra Technischer Bericht 94-10: Sedimentstudie – Zwischenbericht 1993
(Zusammenfassende Übersicht der Arbeiten von 1990 bis 1994 und Konzept für weitere
Untersuchungen).
- [14] 18. März 1994
HSK: Lagebeurteilung der Sedimentprojekte. Protokoll der Sitzung vom 16. Februar 1994.
- [15] November 1994
Nagra Sondiergesuch NSG 20 Benken: Gesuch um Erteilung einer Bewilligung für die
Durchführung eines Sondier- und Untersuchungsprogrammes in der Gemeinde Benken
(ZH).
- [16] Mai 1995
Kommission Nukleare Entsorgung, KNE: Stellungnahme zu den Sondiergesuchen
NSG 19 und NSG 20 der Nagra.
- [17] September 1995
HSK: Gutachten zum Sondiergesuch NSG 20 Benken der Nagra.
- [18] September 1995
Eidg. Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (KSA): Stellungnahme zum Gesuch
NSG 20 der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle um Ertei-
lung einer Bewilligung für die Durchführung eines Sondier- und Untersuchungsprogramms
in der Gemeinde Benken (ZH).
- [19] 25. Januar 1999
HSK 23/57: Entsorgungsnachweis für HAA/LMA – Option Endlager im Opalinuston.
Beurteilungskonzept für den Standortnachweis.
- [20] 31. Januar 2000
Expertengruppe Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle (EKRA):
Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle.