



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

Projekt, Thema, Gegenstand (Schlagwörter)

Entsorgungsnachweis

Datum

5. August 2003

AN-Nummer

**HSK 35/79**

Typ/Charakter

Aktennotiz

Aktenzeichen

35KFX.ENTSN

Klassifikation

Bearbeiter

A. Zurkinden / HL

Visum

Sachbearbeiter:

Vorgesetzter:

Seiten 10

Beilagen

Zeichnungen

## Folgerungen aus den Aussprachen über die Interpretation der Standortdaten Zürcher Weinland in der Studie des Öko-Instituts

### Zusammenfassung

Der Bericht des Öko-Instituts Darmstadt vom 5. Februar 2003 über die Standortdaten in der Region Benken enthält zahlreiche Aussagen und Folgerungen, die von den schweizerischen Experten nicht geteilt und nachvollzogen werden können. Zur Klärung der Sachverhalte hat die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) die Fachleute der an dieser Angelegenheit beteiligten oder interessierten Organisationen (Koordinationskommission Benken, Kantone Zürich und Schaffhausen, Bürgerinitiative Bedenken, Öko-Institut Darmstadt, Kommission Nukleare Entsorgung und Nagra) zu einer Aussprache eingeladen.

An den am 7. Mai und 27. Juni 2003 stattgefundenen Aussprachen wurden erdwissenschaftliche Fragen zu 11 Themen diskutiert. Dabei wurden Unklarheiten und Missverständnisse ausgeräumt sowie unkorrekte Folgerungen im Bericht des Öko-Instituts berichtigt. Die HSK hat die Ergebnisse der Diskussionen jeweils unter Zustimmung der Teilnehmer zusammengefasst. Im vorliegenden Bericht sind diese Zusammenfassungen dokumentiert.

Die HSK stellt fest, dass es dem Bericht des Öko-Instituts an wissenschaftlicher Qualität mangelt: Er enthält Fehler und berücksichtigt wichtige vorhandene Unterlagen nicht. Auf solchen fehler- und lückenhaften Grundlagen basierende Interpretationen sind nicht begründet. Der Bericht stiftete somit eine ungerechtfertigte Verunsicherung in der Öffentlichkeit.

Wichtige Aspekte der erdwissenschaftlichen Grundlagen zum Entsorgungsnachweis wurden mit den Aussprachen geklärt. Der vorliegende Bericht stellt jedoch keine Beurteilung des Entsorgungsnachweises dar. Die eingehende Überprüfung der Unterlagen zum Entsorgungsnachweis wird in einem Gutachten dokumentiert, das im Oktober 2004 vorliegen soll.

## **Teilnehmende an den Aussprachen**

<b>HSK:</b>	Dr. A. Zurkinden, Dr. P. Bitterli, Dr. E. Frank
<b>KK-Benken:</b>	Frau V. Strasser, Herr R. Schenk
<b>Kt. Zürich:</b>	H. Kunz, Dr. K. Nyffenegger
<b>Kt. Schaffhausen:</b>	Regierungsrat H. Bühl
<b>"Bedenken":</b>	Dr. J.J. Fasnacht
<b>Öko-Institut:</b>	Ing. G. Schmidt
<b>KNE:</b>	Prof. S. Löw, Prof. A. Wetzler, Dr. P. Hufschmied, Dr. R. Kipfer
<b>Nagra:</b>	Dr. A. Gautschi, Dr. A. Lambert, Dr. B. Frieg

## **Inhalt**

- 1 Veranlassung**
- 2 Durchführung der Aussprachen**
- 3 Klärungen zu den angesprochenen Themen**
  - 3.1 Spülungsverluste in der Sondierbohrung Benken
  - 3.2 Kalibrierung der Seismik
  - 3.3 Vertikalbewegungen
  - 3.4 Seismische Aktivität
  - 3.5 Aktive Störungszonen
  - 3.6 Gebirgsdurchlässigkeit
  - 3.7 Grundwasserchemismus und –alter
  - 3.8 Konfiguration der Gesteinskörper
  - 3.9 Prognostizierbarkeit der langfristigen Verhältnisse
  - 3.10 Auswertung der 3D-Seismik
  - 3.11 Entsorgungsnachweis
- 4 Schlussbemerkungen der HSK**

## 1 Veranlassung

Im Dezember 2002 hat die Nagra den Entsorgungsnachweis bei den Bundesbehörden eingereicht. Damit soll gezeigt werden, dass die dauernde, sichere Entsorgung und Endlagerung der hochaktiven und der langlebigen mittelaktiven Abfälle in der Schweiz möglich ist. Der von der Nagra eingereichte Entsorgungsnachweis bezieht sich auf ein Modelllager im Opalinuston des Zürcher Weinlands. Er stützt sich auf die Ergebnisse der regionalen erdwissenschaftlichen Untersuchungen in der Nordschweiz und auf die lokalen Untersuchungen in der Sondierbohrung Benken und der 3D-Seismik. Letztere sind in den Berichten der Nagra NTB 00-01 bzw. NTB 00-03 dokumentiert. Zudem bilden die Erkenntnisse aus dem Felslabor Mont Terri eine wichtige Basis. Mittlerweile hat die Nagra die drei grundlegenden Berichte zum Entsorgungsnachweis veröffentlicht, nämlich

- Konzept für die Anlagen und den Betrieb eines geologischen Tiefenlagers (NTB 02-02),
- Synthese der geowissenschaftlichen Untersuchungsergebnisse (NTB 02-03),
- Sicherheitsbericht (in Englisch) (NTB 02-05).

Die technische Überprüfung des Entsorgungsnachweises erfolgt nun durch die zuständigen schweizerischen Behörden. Die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) führt diese Überprüfung zusammen mit der Kommission Nukleare Entsorgung (KNE) und mit weiteren externen Experten durch. Diese Überprüfung wird in einem Gutachten dokumentiert, das im Oktober 2004 erscheinen soll. Neben der HSK wird auch die Eidg. Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (KSA) bis Ende 2004 zum Entsorgungsnachweis Stellung nehmen. Ferner wird eine von der OECD Nuklearenergie Agentur (NEA) zusammengesetzte internationale Expertengruppe die Sicherheitsanalyse zum Entsorgungsnachweis bewerten.

Im Auftrag der Bürgerinitiativen "Bedenken" und "Igel" hat das deutsche Öko-Institut Darmstadt den Bericht "Kritische Erstbewertung des Kenntnisstandes über die Eignung eines Endlagerstandorts und Beschreibung der Auswirkungen eines Endlagers in der Region Benken (Schweiz)" vom 5. Februar 2003 erstellt (nachfolgend kurz Öko-Studie genannt). In dieser Öko-Studie werden etliche erdwissenschaftliche Grundlagen, die aus den bisherigen Untersuchungen im Zürcher Weinland ermittelt wurden, in Frage gestellt. Die Öko-Studie stützt sich im wesentlichen auf die Ergebnisse der früheren 2D-Seismik (NTB 94-14) sowie auf die Zwischenberichte und den Untersuchungsbericht (NTB 00-01) zur Sondierbohrung Benken. Weitere wichtige Berichte der Nagra über die Untersuchungen im Zürcher Weinland, insb. der Bericht zur 3D-Seismik (NTB 00-03), wurden jedoch nicht berücksichtigt. Die drei oben aufgeführten Hauptberichte zum Entsorgungsnachweis waren zur Zeit der Erstellung der Öko-Studie noch nicht publiziert und wurden somit auch nicht berücksichtigt.

Zahlreiche Aussagen und Folgerungen der Öko-Studie können von den Mitgliedern der KNE, welche die HSK zu den erdwissenschaftlichen Fragestellungen im Zusammenhang mit der geologischen Tiefenlagerung von radioaktiven Abfällen berät, nicht geteilt und nachvollzogen werden. Die KNE hatte die von der Nagra durchgeführten Untersuchungen (3D-Seismik und Sondierbohrung Benken) und die Auswertung der Ergebnisse verfolgt. In ihrem Jahresbericht 2002 kam die KNE zum Schluss, dass die Dokumentation und Auswertung der Untersuchungen umfassend und sorgfältig erfolgte.

Angesichts dieser unterschiedlichen Bewertungen der erdwissenschaftlichen Grundlagen zum Entsorgungsnachweis wollte die HSK die Sachverhalte klären. Sie hat deshalb die Experten der an der Angelegenheit beteiligten oder interessierten Organisationen zu einer Aussprache eingeladen.

Eingeladen wurden

- die Koordinationskommission der Sondierbohrung Benken,
- der Kanton Zürich,
- der Kanton Schaffhausen,
- die Bürgerinitiative "Bedenken",
- das deutsche Öko-Institut Darmstadt,
- die Kommission Nukleare Entsorgung,
- und die Nagra.

## **2 Durchführung der Aussprachen**

Alle angeschriebenen Organisationen haben der Einladung Folge geleistet. Die erste Aussprache fand am 7. Mai 2003 in Zürich statt. Dabei wurde zunächst der Sachverhalt hinsichtlich der Spülungsverluste in der Sondierbohrung Benken diskutiert. Aus Zeitgründen konnte an diesem Gespräch nur ein Teil der weiteren von der KNE in Frage gestellten Aussagen der Öko-Studie besprochen werden. Diese Diskussion wurde deshalb an einer zweiten Aussprache am 27. Juni 2003 weitergeführt und abgeschlossen.

Zweck der Aussprachen war es, die angesprochenen Sachverhalte zu klären und Unklarheiten oder Missverständnisse auszuräumen. Dabei soll nicht die ganze Öko-Studie, sondern in der Studie angesprochene wichtige Grundlagen zum Entsorgungsnachweis angegangen werden. An beiden Aussprachen wurden erdwissenschaftliche Fragen diskutiert, mit dem Ziel, diese mit den Vertretenden der eingeladenen Gruppierungen abschliessend zu behandeln. Diese Fragen beziehen sich vorwiegend auf das Kapitel 6 der Öko-Studie, das als Leitfaden für die Diskussionen diente. Zu jedem angesprochenen Thema wurden von den KNE-Experten Fragen zu gewissen Aussagen der Öko-Studie gestellt, Erläuterungen vom Verfasser gegeben und eine kurze Diskussion geführt. Die HSK hat die Ergebnisse der Diskussionen jeweils unter Zustimmung der Teilnehmenden zusammengefasst.

Im vorliegenden Bericht stellt die HSK diese Zusammenfassungen in der Reihenfolge der angesprochenen Themen zusammen. Der Berichtsentwurf wurde den Teilnehmenden an den Aussprachen zur Vernehmlassung zugestellt. Sofern die abgegebenen Kommentare zur Vervollständigung und Präzisierung der an den Aussprachen gezogenen Folgerungen beigetragen haben, wurden sie in den vorliegenden Bericht eingebaut. Der Bericht wird der Öffentlichkeit bekannt gegeben.

## **3 Klärungen zu den angesprochenen Themen**

### **3.1 Spülungsverluste in der Sondierbohrung Benken**

Als erstes Thema wurde der Sachverhalt hinsichtlich der Spülungsverluste in der Sondierbohrung Benken diskutiert. In der Öko-Studie wird postuliert (S. 119), dass Verluste an Bohrspülung auch im Bereich des Opalinuston erfolgt sind. Daraus wird geschlossen, dass im Opalinuston durchlässige Schichten vorkommen.

In der Sondierbohrung Benken kam das sogenannte Rotationsbohrverfahren mit Druckspülung zur Anwendung. Bei diesem Verfahren wird die Spülung durch das Bohrgestänge nach unten zur Bohrkronen gepumpt und läuft dann passiv durch den Ringraum zwischen Bohrlochwand und Bohrgestänge wieder zur Oberfläche in die Stapeltanks zurück. Das Bohrloch wird abschnittsweise verrohrt. In noch unverrohrten Abschnitten kann zurücklaufende Bohrspülung in dort vorhandenen durchlässigen Schichten austreten. Solche Spülungsverluste sind in der Sondierbohrung Benken vorgekommen.

Anhand der vorgelegten Datenaufzeichnungen und der Erläuterungen dazu konnte eindeutig festgestellt werden, dass die aufgetretenen Spülungsverluste nicht in den Opalinuston, sondern in den weit darüber liegenden Malmkarst erfolgten. Der Malmaquifer blieb beim Durchbohren der darunter liegenden tonig-mergeligen Schichten vorerst noch unverrohrt, so dass Verluste an zurückzirkulierender Bohrspülung weiterhin in den Malmkarst erfolgten konnten. Diese Spülungsverluste wurden dann mit dem Einbau der 9<sup>5/8</sup>-Verrohrung (Absetzteufe 564m) unterbunden. Nach dieser Verrohrung fanden bei offenem Bohrloch im Opalinuston keine Spülungsverluste statt.

Für die an der Sondierbohrung und an ihrer Überwachung beteiligten Wissenschaftler war dieser Sachverhalt stets klar. Die entsprechende Dokumentation ist lückenlos; sie ist auf verschiedene Berichte und Messprotokolle verteilt, von denen wie üblich nicht alle veröffentlicht wurden, den Mitgliedern der Koordinationskommission jedoch zur Verfügung standen. Für die damals an der Bohrung nicht beteiligten Wissenschaftler gestaltete sich deshalb der Nachvollzug des Sachverhalts schwieriger.

Die HSK ist befriedigt, dass Klarheit über diese Angelegenheit geschaffen wurde. Sie hat dieses erste Ergebnis der Aussprache in ihrer Medienmitteilung vom 8. Mai 2003 der Öffentlichkeit bekannt gegeben.

### **3.2 Kalibrierung der Seismik**

In der Öko-Studie wird aufgeführt (Seiten 105-106), dass die Sondierbohrung Benken zur Kalibrierung der im Winter 1991/1992 durchgeführten 2D-Seismik abgeteuft wurde. An der Aussprache wurde diese Aussage wie folgt richtig gestellt:

Die 1991/1992 durchgeführte regionale 2D-Seismik im Gebiet nördlich Lägern – Zürcher Weinland wurde anhand der Tiefbohrungen Weiach, Siblingen, Herdern und Lindau kalibriert. Die Auswertungsergebnisse wurden von der Nagra ausführlich dargelegt und dokumentiert (NTB 94-14). Die später abgeteuft Sondierbohrung Benken diente hingegen zur Kalibrierung der 1997 durchgeführten lokalen 3D-Seismik, mit der in einem weiteren Schritt ein rund 50 km<sup>2</sup> grosses Gebiet des Zürcher Weinlands detailliert erkundet wurde. Die Ergebnisse der 3D-Seismik sind im Bericht NTB 00-03 der Nagra, der 2001 publiziert und der Öffentlichkeit vorgestellt wurde, ausführlich dokumentiert. Dieser Bericht wird in der Öko-Studie nicht aufgeführt und bei der Erstbewertung der Untersuchungsergebnisse nicht berücksichtigt.

### **3.3 Vertikalbewegungen**

Auf Seite 110 der Öko-Studie wird aufgeführt, dass mit einer für die Alpen geltenden Hebungsrate von 1 mm/a die Integrität des rund 450 m tief liegenden Opalinustons (inkl. hangende tonige Schichten) bereits nach weniger als 45'000 Jahren beeinträchtigt würde. Zu dieser Aussage wird Folgendes festgehalten:

Die Zahl von 45'000 Jahren ist um eine Zehnerpotenz zu klein (Rechenfehler): Bei einer angenommenen konstanten Hebungsrates von 1 mm/a mit schritthaltender Erosion würden die hangenden tonigen Schichten des Opalinustons nach ca. 450'000 Jahren an der Oberfläche liegen.

Eine Hebungsrates von 1 mm/a ist ferner für die Region Zürcher Weinland wissenschaftlich nicht begründet. Der in den Berichten der Nagra verwendete Wert von 0.1 mm/a ist für diese Region eine vorsichtige Schätzung, da gemäss Fachliteratur (z.B. Schlussbericht zum nationalen Forschungsprogramm NFP20, 1997) die geodätisch ermittelten Vertikalbewegungen (Referenzpunkt Aarburg) in diesem Gebiet bei Null oder negativen Werten (Senkung) liegen. Mit einer anhaltenden Hebungsrates von 0.1 mm/a und mit entsprechender Erosion würde der Opalinuston erst nach mehreren Millionen Jahren an der Oberfläche freigelegt.

Die Nagra hat die Problematik von Hebung und Erosion in den Berichten zum Entsorgungsnachweis behandelt. Neben geodätischen Messungen werden auch geologische Fakten zur Bestimmung von Vertikalbewegungen herangezogen. Die HSK ist daran, mit ihren Experten die von der Nagra hergeleiteten Szenarien der künftigen geologischen Langzeitentwicklung zu überprüfen.

### **3.4 Seismische Aktivität**

Auf Seite 115 der Öko-Studie wird auf widersprüchliche Angaben hinsichtlich der Erdbebenintensitäten hingewiesen; es wird aufgeführt, dass Erdbeben der Intensität VII im Zürcher Weinland vorgekommen sind. Hierzu wird Folgendes festgehalten:

In den vergangenen Jahren hat eine wissenschaftlich fundierte Untersuchung der seismischen Aktivität in der Nordschweiz stattgefunden, deren Ergebnisse in verschiedenen Berichten der Nagra und des Schweizerischen Erdbebendienstes dokumentiert wurden. Die historischen Erdbeben können auch den publizierten Erdbebenkatalogen entnommen werden. Eine genaue Betrachtung der vorliegenden Daten zeigt, dass Erdbeben der Intensität VII wohl in umliegenden Gebieten nicht aber in der Untersuchungsregion Zürcher Weinland selbst vorgekommen sind. Die neueren vom schweizerischen Erdbebendienst und von Deutscher Seite (Landesamt für Geologie und Rohstoffe, Baden-Württemberg) zusammengestellten Datensätze zeigen, dass das Zürcher Weinland in der niedrigsten Erdbebengefährdungszone liegt. Die Erdbebengefährdung nimmt in Richtung Bodenseegraben - Schwäbische Alb und Rheintalgraben deutlich zu.

Die seismische Aktivität im Zürcher Weinland ist in den Unterlagen zum Entsorgungsnachweis und den referenzierten Hintergrundsberichten behandelt. Im Rahmen ihrer Überprüfung werden die HSK und ihre Experten die Erdbebengefährdung eines allfälligen Tiefenlagers beurteilen.

### **3.5 Aktive Störungszonen**

Auf Seite 111 der Öko-Studie ist festgehalten, dass eine Reaktivierung der vorhandenen Störungen sowie die Anlage von neuen Störungen, die durch höhere Durchlässigkeiten gekennzeichnet sind, nicht auszuschliessen sind. Zu dieser Aussage wird Folgendes festgehalten:

Mit der Reaktivierung der bestehenden Randstörungen des Bodenseegrabens muss gerechnet werden. Ein Tiefenlager muss deshalb mit einem Sicherheitsabstand zu diesen Störungen angelegt werden. Die Frage des notwendigen Abstandes wird bei der Überprüfung des Entsorgungsnachweises diskutiert. Das Untersuchungsgebiet ist genügend ausgedehnt, um ein Lager mit dem nötigen Abstand zu den Randstörungen des Bodenseegrabens platzieren zu können.

Im Bereich eines intakten Wirtgesteinsblocks, wie er mit der 3D-Seismik abgegrenzt wurde, wird die Bildung neuer Störungen und neuer Wasserwegsamkeiten im Opalinuston aus felsmechanischen Gründen (Selbstabdichtungsvermögen) wie auch aufgrund der geologisch-hydrogeologischen Be-

funde (Störungen in Tunnels und Bohrungen erwiesen sich als dicht) als sehr unwahrscheinlich erachtet. Die hydrochemischen Verhältnisse und Isotopensignaturen sowie die hydraulische Trennung der Grundwasserstockwerke über und unter dem Opalinuston zeigen, dass der Opalinuston über Zeiträume von Millionen von Jahren dicht geblieben ist.

Die Nagra hat dieses Thema für den Entsorgungsnachweis untersucht. Sie hat dabei die Entstehungsgeschichte des Opalinustons einbezogen. Die diesbezüglichen Ausführungen werden von der HSK und ihren Experten überprüft.

### **3.6 Gebirgsdurchlässigkeit**

Gemäss Öko-Studie (Seiten 117-118) sollen die Intervallstrecken für die Untersuchung der Gesteinsdurchlässigkeit höchstens 10 m betragen. Bei den ermittelten Durchlässigkeiten, die zwischen  $10^{-12}$  und  $10^{-14}$  m/s liegen, könnten mit grösseren Intervallstrecken erheblich durchlässigere Schichten in einem ansonsten undurchlässigen Gestein übersehen werden. Daraus folgt die Öko-Studie (S. 119), dass die durchgeführten Untersuchungen zu den hydrogeologischen Parametern nicht repräsentativ sind. Zu diesen Aussagen wurde Folgendes festgehalten:

Mit den in der Sondierbohrung Benken durchgeführten hydraulischen Testverfahren, die dem neuesten Stand der Technik entsprechen, wurde die Transmissivität des Testintervalls erfasst. Die Länge der Testintervalle in den geringdurchlässigen Gesteinsschichten lag im Meter- bis Dekameterbereich. Die Transmissivität stellt das Integral der Durchlässigkeit über die getestete Gesteinsstrecke dar, wovon die mittlere Durchlässigkeit der Gesteinsstrecke abgeleitet wird. Eine erheblich durchlässigere Schicht im Testintervall würde sich in einer höheren Transmissivität des Intervalls äussern. Es können somit keine erheblich durchlässigere Schichten übersehen werden. Die durchgeführten hydraulischen Messungen in der Sondierbohrung Benken waren zweckmässig und lieferten repräsentative Transmissivitäten und Durchlässigkeiten.

Zur Bestimmung der kleinräumigen Gebirgsdurchlässigkeit (cm-Bereich) wurden ergänzend zu den Bohrloch-Packertests auch zahlreiche Untersuchungen an Bohrkernproben im Labor durchgeführt. Die Messungen bestätigten die sehr geringe Durchlässigkeit des Opalinustons.

### **3.7 Grundwasserchemismus und -alter**

In der Öko-Studie wird kritisiert (Seiten 119-120), dass die hydrochemischen Untersuchungen der Tiefen- und Porenwässer und die Altersbestimmungen nur an wenigen Proben durchgeführt wurden; sie seien ungenau und unzureichend. Zu diesen Punkten wird Folgendes festgehalten:

Der Opalinuston und die tonig-mergeligen Rahmengesteine zeichnen sich durch eine sehr geringe Durchlässigkeit aus. Die konventionelle Entnahme von Wasserproben war deshalb nicht möglich. Es wurden daher neue Methoden zur Gewinnung von Wasserproben entwickelt. Diese Schwierigkeiten bei der Entnahme von Wasserproben sind ein positives Zeichen hinsichtlich der Einschlusswirksamkeit des vorgesehenen Wirtgesteins. Anhand der entnommenen Proben konnte die Zusammensetzung des Porenwassers untersucht werden. Aufgrund der chemischen Zusammensetzung und der Isotopensignaturen des Porenwassers wurde gezeigt, dass im Opalinuston noch Anteile von sehr altem, salinem Formationswasser vorliegen. Die hydrochemischen und isotopengeochemischen Datensätze zu den Tiefen- und Porenwässern sind im Untersuchungsbericht der Sondierbohrung Benken (NTB 00-01) umfassend dokumentiert.

Aus der Verteilung der natürlichen Tracer im Porenwasser geht ferner hervor, dass Diffusion der dominierende Prozess für den Stofftransport darstellt; der advective, mit der Bewegung des Tiefenwassers erfolgende Stofftransport ist von untergeordneter Bedeutung. Die Diffusionsprozesse lau-

fen sehr langsam ab, sie geben wichtige Rückschlüsse über die Einschusswirksamkeit des vorgesehenen Wirtgesteins über geologische Zeiträume. In der Öko-Studie wird nicht darauf hingewiesen, dass die Ausbreitungsprozesse im Opalinuston durch Diffusion dominiert sind.

### **3.8 Konfiguration der Gesteinskörper**

In der Öko-Studie wird auf Seite 121 aufgeführt, dass der Opalinuston mit einer Mächtigkeit von 93.5 m keine ausreichende Ausdehnung für ein Tiefenlager besitzt. Eine Mächtigkeit von mindestens 150 m sei bei einer Gebirgsdurchlässigkeit von  $10^{-12}$  m/s als günstig anzusehen. Hierzu wird Folgendes festgehalten:

Bei der Bezeichnung der geologischen Schichten müssen chronostratigraphische (nach dem Alter der Ablagerung) und lithostratigraphische (nach der Beschaffenheit des Gesteins) Bezeichnungen unterschieden werden. Im Hinblick auf die geologische Tiefenlagerung ist die Gesteinsbeschaffenheit (Lithostratigraphie) von ausschlaggebender Bedeutung. In der Sondierbohrung Benken weisen die Schichten mit Murchisonae-Alter dieselbe Beschaffenheit auf wie die Opalinustonschicht; sie gehören somit zur lithologischen Einheit des Opalinustons. Die Mächtigkeit des Opalinustons, des eigentlichen Wirtgesteins, beträgt damit 113 m.

Oberhalb und unterhalb des Opalinustons liegen weitere sehr undurchlässige Gesteinsschichten vor. Über eine Strecke von nahezu 300 m beträgt die Gesteinsdurchlässigkeit, mit Ausnahme des Wedelsandsteins, höchstens  $10^{-12}$  m/s. Der ca. 30 m mächtige Wedelsandstein weist in der Sondierbohrung Benken eine mittlere Durchlässigkeit von  $2 \cdot 10^{-12}$  m/s auf, was an sich auch als undurchlässig gilt. Die Nagra zählt jedoch den Wedelsandstein nicht zum Wirtgestein sondern zu den oberen Rahmengesteinen. In der Sondierbohrung Benken weist das einschusswirksame Gestein mit einer Durchlässigkeit von höchstens  $10^{-12}$  m/s zwischen 538 m und 698 m eine Gesamtmächtigkeit von 160 m auf.

### **3.9 Prognostizierbarkeit der langfristigen Verhältnisse**

Bezugnehmend auf Literaturstellen aus den Jahren 1988 und 1989 wird in der Öko-Studie (Seite 123) aufgeführt, dass hinsichtlich der geologischen Langzeitentwicklung der Zeitpunkt der Anlage der Störungen und Flexuren in der Umgebung der Untersuchungsregion aus den Unterlagen nicht hervorgeht. Hierzu wird Folgendes festgehalten:

Die tektonischen Untersuchungen wurden seit der in der Öko-Studie zitierten Literatur weitergeführt und dokumentiert; es liegen zahlreiche neuere Publikationen vor. Im Bericht der Nagra zur 3D-Seismik (NTB 00-03) wird die tektonische Entwicklung des Zürcher Weinlandes und die Altersermittlung der Störungen und Flexuren ausführlich dargelegt und dokumentiert.

In der Berichterstattung zum Entsorgungsnachweis behandelt die Nagra die möglichen Langzeitentwicklungen der geologischen Verhältnisse im Bericht NTB 99-08, der im Mai 2003 publiziert wurde. Im Rahmen ihrer Überprüfung legen die HSK und ihre Experten ein besonderes Augenmerk auf diese langfristigen Prognosen.

### **3.10 Auswertung der 3D-Seismik**

In der Öko-Studie wird aufgeführt (Seiten 127, 128 und 132), dass die 3D-Seismik, mit einer Maschenweite von 2 bis 4 km für die Seismiklinien, keinen Aufschluss über kleinräumige geologische Strukturen gibt und es nicht erlaubt, die Befunde aus der Sondierbohrung Benken auf das ganze Untersuchungsgebiet zu übertragen. Zu diesen Aussagen wird Folgendes festgehalten:



In der Öko-Studie sind die beiden durchgeführten reflexionsseismischen Kampagnen verwechselt worden (siehe auch Abschnitt 3.2). Die Ausführungen in der Öko-Studie beziehen sich auf die 1991/1992 durchgeführte regionale 2D-Seismik im Gebiet Lägern – Zürcher Weinland (NTB 94-14), die irrtümlicherweise als 3D-Seismik bezeichnet wird. Die 1997 in einem rund 50 km<sup>2</sup> grossen Gebiet durchgeführte lokale 3D-Seismik (NTB 00-03) ist in der Öko-Studie nicht erwähnt und bei der Beurteilung nicht berücksichtigt.

Die Maschenweite der Linien der lokalen 3D-Seismik betrug 180 m. Die Auflösung ist sehr gut (Meterbereich) und erlaubt auch kleine geologische Strukturen abzubilden. Die Ergebnisse der 3D-Seismik wurden in erster Linie mit den Befunden der Sondierbohrung Benken kalibriert; es wurden aber auch weitere Tiefbohrungen (Weiach, umliegende Erdölbohrungen) sowie regionale Kenntnisse über die Beschaffenheit der Gesteine in die Auswertung miteinbezogen. Die Qualität der 3D-Seismik erlaubt die Extrapolation der Lagerungsverhältnisse und des strukturellen Aufbaus auf die ganze Untersuchungsregion.

### **3.11 Entsorgungsnachweis**

In der Öko-Studie wird auf Seite 133 kritisiert, dass der Opalinuston lediglich mit der Sondierbohrung Benken detailliert untersucht wurde; ein Entsorgungsnachweis, der sich auf die Ergebnisse einer einzigen Bohrung stützt, stelle kein hohes Sicherheitsniveau dar. Ferner verursache das angewendete Bohrverfahren (Auffahren bis 395 m mit Rollenmeissel statt kernen) Wissenslücken, die durch von der Öffentlichkeit nicht einsehbaren Modellrechnungen überbrückt werden müssen. Zu diesen Ausführungen wird Folgendes festgehalten:

Der Opalinuston wurde vorgängig zur Sondierbohrung Benken bereits in den Bohrungen Beznau, Schafisheim, Riniken und Weiach detailliert untersucht. Wichtige Datensätze wurden auch aus Erdölbohrungen (u.a. Herdern, Berlingen, Kreuzlingen, Meersburg) gewonnen. In Ergänzung dazu wird der Opalinuston seit über 10 Jahren im Felslabor Mont Terri ausführlich untersucht und charakterisiert. Zusätzlich liegen detaillierte hydrogeologische Beobachtungen im Opalinuston aus insgesamt über 6000 m Tunnelaufschlüssen in Opalinustongestein vor (Strassen- und Eisenbahntunnels). Der Opalinuston wurde ferner im Rahmen eines Forschungsprojektes des geologischen Landesamtes Baden-Württemberg mit 18 tiefen und 29 flachen Kernbohrungen im angrenzenden süddeutschen Raum umfassend untersucht. Über den Opalinuston liegen somit genügende Kenntnisse zur Führung des Entsorgungsnachweises vor.

In der Sondierbohrung Benken wurden bis zu einer Tiefe von 395 m die Gesteinsschichten mit dem Rollenmeissel durchbohrt. Diese Schichten sind für die Sicherheit eines allfälligen Tiefenlagers von untergeordneter Bedeutung. Die Gesteinsbruchstücke aus dieser Bohrstrecke wurden zwecks lithologischer Beschreibung der so durchfahrenen Gesteinsschichten lückenlos analysiert. Ferner wurden auch in dieser Bohrstrecke geophysikalische Bohrlochmessungen durchgeführt. Die zur Charakterisierung der mit dem Rollenmeissel durchbohrten Gesteinsschichten notwendigen Daten wurden somit lückenlos und adäquat ermittelt; hierfür waren keine Modellrechnungen erforderlich. Dieses Vorgehen entspricht dem fachlich üblichen Vorgehen bei Bohrungen. Sämtliche erdwissenschaftlichen Ergebnisse sind im Untersuchungsbericht zur Sondierbohrung Benken (NTB 00-01) dokumentiert und veröffentlicht.

## **4 Schlussbemerkungen der HSK**

Zu zahlreichen, für den Entsorgungsnachweis wichtigen Aussagen in der Öko-Studie, die von den schweizerischen Experten, insbesondere der KNE, nicht geteilt und nachvollzogen werden können,

wurden die Sachverhalte anlässlich der beiden Aussprachen vom 7. Mai und 27. Juni 2003 eindeutig geklärt. Unklarheiten und Missverständnisse wurden ausgeräumt sowie unkorrekte Folgerungen im Öko-Bericht berichtigt. Die HSK bedankt sich hiermit bei den zur Aussprache eingeladenen Organisationen für die Bereitschaft zur Mitwirkung bei der Klärung der besagten Sachverhalte und bei den teilnehmenden Fachleuten für die sachlichen und offenen Diskussionen.

Die HSK stellt fest, dass die Öko-Studie an der gebotenen wissenschaftlichen Qualität mangelt: Sie enthält Fehler (vgl. Kapitel 3) und berücksichtigt wichtige vorhandene Unterlagen (insb. den Bericht zur 3D-Seismik) nicht. Auf solchen fehler- und lückenhaften Grundlagen basierende Interpretationen sind nicht begründet. Die Öko-Studie gerät deshalb unter massive Kritik der KNE. Die Öko-Studie wurde an mehreren Anlässen der Öffentlichkeit vorgestellt; so wurde eine ungerechtfertigte Verunsicherung gestiftet. Fundierte sachliche Kritik und Anregungen nimmt die HSK gerne entgegen. In dieser Hinsicht wird im Rahmen der Überprüfung des Entsorgungsnachweises ein technisches Forum etabliert, das von der HSK organisiert wird.

Die im vorliegenden Bericht gesammelten zusammenfassenden Folgerungen zu den in den Aussprachen diskutierten Themen klären wichtige Aspekte der erdwissenschaftlichen Grundlagen zum Entsorgungsnachweis. Sie stellen jedoch keine vorweggenommene Beurteilung des Entsorgungsnachweises durch die HSK dar. Die Überprüfung der umfangreichen Unterlagen hat erst kürzlich begonnen und wird noch ca. ein Jahr lang andauern. Die Ergebnisse der eingehenden Überprüfung des Entsorgungsnachweises durch die HSK und ihre Experten wird in einem Gutachten dokumentiert, das im Oktober 2004 vorliegen soll.