Entsorgungsnachweis: Etappe auf einem langen Weg

Historischer Abriss der bisherigen Entscheidungen und Tätigkeiten im Hinblick auf die geologische Tiefenlagerung der hochaktiven Abfälle in der Schweiz

HSK

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

Inhaltsverzeichnis

Vorwort des Direktors der HSK		3
Die nukleare Entsorgung kurz erklärt		4
Der gesetzliche Rahmen		6
Historischer Abriss		
Bis 1978	Das ursprüngliche Entsorgungskonzept: Mehrere Optionen aufgezeigt	8
1979–1984	Einengung auf die Option Kristallin	10
1985–1988	Forderung zur Ausdehnung auf Sedimentgesteine	12
1988–1994	Auf zwei Schienen weiterfahren: Sedimente und Kristallin	13
1995–1999	Opalinuston untersucht, Kristallin zurückgestellt	16
Ab 2000	Entsorgungsnachweis auf der Option Opalinuston	18

Impressum

Die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) ist die Sicherheitsbehörde des Bundes auf dem Gebiet der Kernenergie. Organisatorisch ist sie dem Bundesamt für Energie (BFE) angegliedert, welches dem Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) angehört.

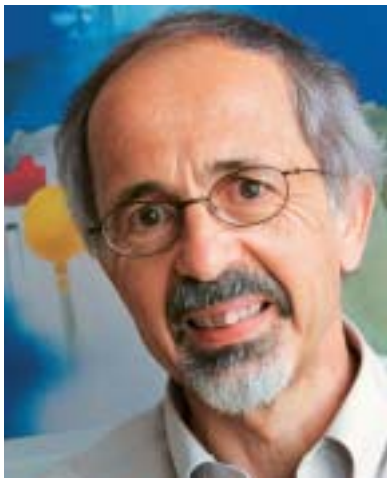
Postadresse
HSK
CH-5232 Villigen-HSK
Telefon +41(0)56 310 38 11
Telefax +41(0)56 310 39 95
und +41(0)56 310 39 07
Internet www.hsk.ch

Foto-Nachweise
Nagra: Seite 16
KKG: Seite 4
KKB: Seite 8
Comet: Seiten 1, 9, 13

Titelbild/Umschlag
Sondierbohrung der Nagra in Leuggern, Kanton Aargau

HSK-AN-5262
August 2005

Vorwort



Ulrich Schmocker, Direktor der HSK

Mit dem Einreichen des Projekts Opalinuston schloss die Nagra im Dezember 2002 ihre Dokumentation zum Entsorgungsnachweis für hochaktive und langlebige mittelaktive Abfälle ab. Dieses Projekt soll aufzeigen, dass die dauernde Entsorgung und Endlagerung dieser Kategorien von radioaktiven Abfällen in der Schweiz möglich ist.

Damit rückte das Zürcher Weinland verstärkt ins Rampenlicht. Einwohnerinnen und Einwohner dieser Region stellen sich selbst und den Behörden die berechtigte Frage: «Warum gerade bei uns?»

Das Bundesamt für Energie (BFE) beauftragte die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), die Entscheidungen im Zusammenhang mit der nuklearen Entsorgung, die Wahl des Opalinustons im Zürcher Weinland sowie den Stellenwert des Entsorgungsnachweises in einem für die Öffentlichkeit bestimmten Bericht zu dokumentieren.

Die vorliegende Broschüre dient diesem Zweck. Zunächst wird die nukleare Entsorgung kurz erklärt: Um was geht es? Wie können radioaktive Abfälle entsorgt werden? Welches sind die Grundzüge der geologischen Tiefenlagerung? Auch der gesetzliche Rahmen wird gesteckt: Was soll der Entsorgungsnachweis? Wer ist wofür zuständig? Welches sind die gesetzlichen Anforderungen?

Es folgt dann der Hauptteil, ein historischer Abriss über die getroffenen Entscheide mit den damaligen Begründungen und über die unternommenen Tätigkeiten im Hinblick auf die geologische Tiefenlagerung der hochaktiven Abfälle. Den interessierten Leserinnen und Lesern wollen wir mit der vorliegenden Broschüre zeigen, wie man beim Entsorgungsnachweis zum Opalinuston im Zürcher Weinland gekommen ist. Ziel ist eine transparente Erklärung dieser Wahl.

U. Schmocker

Die nukleare Entsorgung kurz erklärt

Um was geht es?

Die in der Schweiz anfallenden radioaktiven Abfälle müssen dauernd und sicher entsorgt werden.

Radioaktive Abfälle gibt es, seit radioaktive Substanzen in Medizin, Industrie und Forschung eingesetzt werden. Der Anfall nahm mit dem Beginn der militärischen Anwendung der Kernspaltung in den Vierzigerjahren und verstärkt mit der friedlichen Nutzung der Kernenergie ab 1950 zu. Bei diesen Anwendungen der Kernenergie entstehen unter anderem die unmittelbaren Rückstände der Kernspaltung, die hochaktiven Abfälle.

Radioaktive Abfälle senden ionisierende Strahlen aus, die an Lebewesen (Menschen, Tieren und Pflanzen) Schäden verursachen können. Diese Abfälle müssen deshalb gesammelt, verpackt, aufbewahrt und dauerhaft beseitigt werden. Die Eigenschaften der radioaktiven Abfälle variieren stark, weshalb die Gefährdung sehr unterschiedlich sein kann. Die Massnahmen zur Handhabung und Entsorgung von radioaktiven Abfällen müssen der potenziellen Gefährdung angepasst werden. Die höchsten Anforderungen stellen die hochaktiven Abfälle. Der vorliegende Bericht bezieht sich auf die Entsorgung dieser Art von Abfällen.

Fässer für radioaktiven Abfall in einem Zwischenlager.

Wie können radioaktive Abfälle entsorgt werden?

«Die geologische Endlagerung ist die einzige Methode zur Entsorgung der radioaktiven Abfälle, welche den Anforderungen an die Langzeitsicherheit (bis zu mehr als 100 000 Jahren) entspricht.»

Zitat aus dem Schlussbericht der EKRA, der Expertengruppe Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle, Januar 2000.

Weltweit sind viele Möglichkeiten zur Entsorgung von radioaktiven Abfällen in Erwägung gezogen und untersucht worden. Nahe liegend mag eine Vernichtung der Radioaktivität erscheinen; eine solche Vernichtung ist aber nicht möglich. Radioaktivität nimmt aufgrund des Zerfalls der Radionuklide mit der Zeit mehr oder weniger rasch ab. Radioaktivität kann aber nicht durch chemische Behandlung oder durch Mikroorganismen vernichtet werden. Mittels der so genannten Transmutation kann man höchstens langlebige Radionuklide in kürzerlebige umwandeln. Ein solches Verfahren bedingt aber eine hochentwickelte Wiederaufarbeitung zur Abtrennung der langlebigen Radionuklide von den übrigen Abfällen. Es verpflichtet zudem zu einer weiterentwickelten und langfristigen, über mehrere Jahrhunderte andauernden Nutzung der Kernenergie. In Frankreich z.B. wird die Möglichkeit der Transmutation weiter untersucht.

Da die Radioaktivität nicht einfach vernichtet werden kann, müssen die radioaktiven Abfälle anderweitig entsorgt werden. So wurde in Erwägung gezogen, radioaktive Abfälle weg von der Erde in die Sonne oder ins Weltall zu schiessen. Die Kosten sowie die Gefahr eines misslingenden Abschusses mit Verstreuung der Radioaktivität über die Erde wurden aber als unzumutbar hoch eingeschätzt. Verschiedenste Optionen einer Entsorgung auf der Erde (z.B. auf dem Meeresboden, im Meeresgrund, in der Subduktionszone einer Tiefseerinne, im Eis der Antarktis) wurden evaluiert: Allen diesen Optionen mangelt es an Kontrollierbarkeit. Es wurde auch vorgeschlagen, die radioaktiven Abfälle unter ständiger Kontrolle zu lagern. Eine solche Lagerung fordert aber eine sehr langfristige Stabilität der Gesellschaft über Zehntausende von Jahren, die nicht vorausgesetzt werden kann.

Radioaktive Abfälle müssen derart entsorgt werden, dass der Schutz von Mensch und Umwelt dauernd gewährleistet ist und künftigen Generationen keine unzumutbaren Lasten und Verpflich-

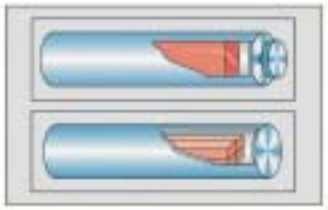
tungen auferlegt werden. Im Hinblick auf diese Zielsetzung hat sich in der Fachwelt ab etwa Mitte der Sechzigerjahre weltweit das Konzept der Endlagerung der hochaktiven Abfälle in tiefen, stabilen geologischen Formationen der kontinentalen Erdkruste durchgesetzt. Damit sollen die radioaktiven Abfälle langfristig vom menschlichen Lebensraum fern gehalten werden.

Grundzüge der geologischen Tiefenlagerung

In tiefen, stabilen geologischen Formationen sind die Vorgänge und die Stoffkreisläufe nach menschlichem Ermessen extrem langsam: Sie erstrecken sich über geologische Zeiträume, d.h. über Millionen von Jahren.

Unter der geologischen Tiefenlagerung wird nicht einfach das Vergraben von Abfällen verstanden. Ein geologisches Tiefenlager umfasst mehrfache und verschiedenartige technische und natürliche Barrieren. Diese Barrieren sollen den Einschluss und die Rückhaltung der Abfälle bewerkstelligen. Sie müssen passiv funktionieren, d.h. ohne Notwendigkeit von Überwachung und Instandhaltung. Eine Überwachung kann aber erfolgen und ist in den meisten Projekten auch vorgesehen.

Ein geologisches Tiefenlager wird so ausgelegt, dass die eingelagerten radioaktiven Abfälle im Laufe der Zeit mehrheitlich innerhalb des Lagers zu unschädlichen Stoffen zerfallen. Ein absoluter Einschluss sämtlicher Abfälle über alle Zeiten ist nicht möglich und auch nicht nötig. Das gesamte Lagersystem mit den technischen und natürlichen Barrieren muss aber gewährleisten, dass Radionuklide oder andere Schadstoffe nur in unschädlicher Menge in den menschlichen Lebensraum geraten können. Mit einer Sicherheitsanalyse muss dies glaubhaft nachgewiesen werden. Dabei sind alle denkbaren zukünftigen Einwirkungen auf das Lagersystem zu betrachten.

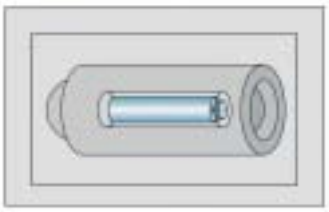


Glasmatrix in Stahlkokille
Einschluss:
- Radionuklide in Glas eingeschlossen

Verminderung der Radionuklidfreisetzung:
- Niedrige Glaskorrosionsrate

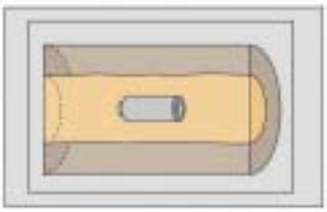
Abgebrannte Brennelemente
Einschluss:
- Radionuklide in Brennstofftabletten und Hüllrohren eingeschlossen

Verminderung der Radionuklidfreisetzung:
- Niedrige Auflösungsrate der Brennstofftabletten und Hüllrohre



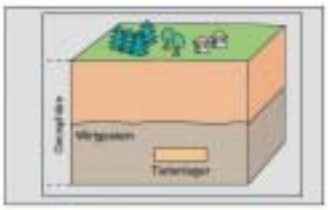
Stahlbehälter
Einschluss:
- Verhindert Wasserzutritt und Radionuklidfreisetzung für mehr als 10000 Jahre

Verminderung der Radionuklidfreisetzung:
- Korrosionsprodukte sorgen für günstigen Chemismus
- Korrosionsprodukte nehmen die Radionuklide auf



Bentonitverfüllung
Einschluss:
- Lange Dauer bis zur Wiederaufsättigung mit Wasser
- Plastizität (Selbstabdichtung nach physikalischer Störung)

Verminderung der Radionuklidfreisetzung:
- Niedrige Transportraten für gelöste Stoffe (Diffusion)
- Verzögerung des Radionuklidtransports (Sorption)
- Niedrige Radionuklidlöslichkeit im Porenwasser



Geologische Barrieren – Wirtgestein
Einschluss:
- Keine Wasser führenden Systeme
- Mechanische Stabilität

Verminderung der Radionuklidfreisetzung:
- Begrenztes Wasserangebot
- Verzögerung des Radionuklidtransports (Sorption, Kolloid-Filtration)

Geologische Barrieren – Geosphäre
Einschluss:
- Schutz der technischen Barrieren (z.B. vor Gletschererosion)

Verminderung der Radionuklidfreisetzung:
- Verzögerung des Radionuklidtransports (Sorption)
- Reduktion der Radionuklidkonzentration (Verdünnung, radioaktiver Zerfall)

Beispiel eines Systems von Sicherheitsbarrieren.

Der gesetzliche Rahmen

Zunächst Machbarkeit aufzeigen: Entsorgungsnachweis

Zu Beginn der friedlichen Nutzung der Kernenergie in der Schweiz stand die Realisierung der zur Entsorgung der radioaktiven Abfälle benötigten geologischen Tiefenlager noch in ferner Zukunft. Der Gesetzgeber wollte sich aber frühzeitig vergewissern, dass eine spätere Entsorgung der schweizerischen Abfälle möglich sein wird. So legte er im Bundesbeschluss zum Atomgesetz vom 6. Oktober 1978 eine entsprechende Voraussetzung für die Erteilung der Rahmenbewilligung für ein neues Kernkraftwerk fest: Die dauernde und sichere Entsorgung und Endlagerung der aus der Anlage stammenden radioaktiven Abfälle muss gewährleistet sein.

Mit dem Entsorgungsnachweis muss also im Sinne eine Machbarkeitsstudie aufgezeigt werden, dass eine sichere geologische Tiefenlagerung der radioaktiven Abfälle in der Schweiz möglich ist. Es handelt sich dabei nicht um ein Projekt, das an einem konkreten Standort effektiv auszuführen wäre. Der Nachweis muss sich aber auf erdwissenschaftliche Daten abstützen, die aus Sondierungen gewonnen werden.

Dann Tiefenlager realisieren

Der Nachweis der Machbarkeit ist ein wichtiges Zwischenziel auf dem Weg zur Vorbereitung der geologischen Tiefenlagerung; schliesslich müssen die benötigten Tiefenlager aber realisiert werden. Die Pflicht zur Entsorgung der radioaktiven Abfälle und die grundsätzlichen Anforderungen an die geologische Tiefenlagerung sind im Kernenergiegesetz vom 21. März 2003 festgelegt, das am 1. Februar 2005 in Kraft gesetzt wurde. Eingehendere Bestimmungen, besonders betreffend die Elemente eines geologischen Tiefenlagers (u.a. Testbereiche, Pilotlager, Verfüllung und Verschluss), sind in der Kernenergieverordnung festgehalten. Die detaillierten Anforderungen an die Langzeitsicherheit sind in der Richtlinie HSK-R-21 konkretisiert.

Zur Realisierung eines geologischen Tiefenlagers sind gemäss Kernenergiegesetz eine Reihe von Bewilligungen erforderlich, beginnend mit der Rahmenbewilligung. Hingegen ist das Auswahlverfahren für die Bezeichnung von Lager-Standorten, das vorgängig zu einem Rahmenbewilligungsverfahren auszuführen ist, im Kernenergiegesetz nicht geregelt. Ein solches Verfahren mit entsprechenden Auswahlkriterien wird zurzeit unter der Federführung des Bundesamtes für Energie unter Mitwirkung der Kantone erarbeitet.

Abfallverursacher verpflichtet

Dem Verursacherprinzip entsprechend legt das Kernenergiegesetz die Pflicht zur Entsorgung auf die Abfallverursacher. Das sind in erster Linie die Betreiber der Kernkraftwerke. Radioaktive Abfälle entstehen aber auch in der Medizin, Industrie und Forschung (MIF-Abfälle); für die Entsorgung dieser Abfälle ist der Bund zuständig. Die Betreiber der Kernkraftwerke und der Bund (für die MIF-Abfälle) haben die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) gegründet. Die Nagra ist für die notwendigen Vorbereitungsarbeiten

Wesentliche, die nukleare Entsorgung betreffende Elemente des Kernenergiegesetzes:

- Verursacherprinzip: Die Abfallverursacher (hauptsächlich die Kernkraftwerksbetreiber) sind für die sichere Entsorgung auf eigene Kosten verpflichtet (Art. 31, Abs. 1).
- Der Bund übernimmt die Entsorgungspflicht für radioaktive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung (Art. 33, Abs. 1).
- Schweizerische radioaktive Abfälle sind grundsätzlich in der Schweiz zu entsorgen (Art. 30, Abs. 2).
- Zur dauerhaften Entsorgung sind radioaktive Abfälle in ein geologisches Tiefenlager zu verbringen (Art. 31, Abs. 2).
- Ein geologisches Tiefenlager ist eine Anlage im geologischen Untergrund, die verschlossen werden kann, sofern der dauernde Schutz von Mensch und Umwelt durch passive Barrieren sichergestellt wird (Art. 3, Bst. c).
- Bis zum Verschluss müssen die eingelagerten radioaktiven Abfälle ohne grossen Aufwand zurückgeholt werden können (Art. 37, Abs. 1, Bst. b).
- Vor dem Verschluss wird das Verhalten des Lagers während einer Beobachtungsphase überwacht (Art. 39).
- Ein geologisches Tiefenlager ist eine Kernanlage, für welche eine Reihe von Bewilligungen und Verfügungen nötig sind:
  - Rahmenbewilligung (Erteilung durch Bundesrat, Genehmigung durch Parlament, fakultatives Referendum) (Art. 12),
  - Baubewilligung (vom Departement UVEK) (Art. 15),
  - Betriebsbewilligung (vom Departement UVEK) (Art. 19 und 37),
  - Verfügung zum Verschluss (vom Bundesrat) (Art. 39),
  - Feststellungsverfügung zur Entlassung aus der Kernenergiegesetzgebung (vom Bundesrat) (Art. 40).
- Erdwissenschaftliche Untersuchungen im Hinblick auf die geologische Tiefenlagerung bedürfen einer Bewilligung des Departements UVEK (Art. 35).
- Mit jeder Bewilligung werden sämtliche nach Bundesrecht notwendigen Bewilligungen erteilt; das kantonale Recht ist zu berücksichtigen, soweit es das Projekt nicht unverhältnismässig einschränkt (Art. 49).
- Die Entsorgungspflichtigen müssen das beabsichtigte Vorgehen in einem Entsorgungsprogramm mit Finanzplan festlegen, das vom Bundesrat zu genehmigen ist.

Prinzipien der Endlagerung
(aus Richtlinie HSK-R-21)

Prinzip 1: Die Endlagerung radioaktiver Abfälle darf nur eine geringe zusätzliche Strahlenexposition der Bevölkerung zur Folge haben.

Prinzip 2: Bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle ist der Schutz der Umwelt so zu gewährleisten, dass die Artenvielfalt nicht gefährdet und die Nutzung von Bodenschätzen nicht unnötig eingeschränkt wird.

Prinzip 3: Die Risiken für Mensch und Umwelt aus der Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Schweiz dürfen auch im Ausland und in Zukunft nicht höher sein, als sie in der Schweiz heute zulässig sind.

Prinzip 4: Die Langzeitsicherheit eines Endlagers ist durch gestaffelte passive Sicherheitsbarrieren zu gewährleisten.

Prinzip 5: Allfällige Vorkehrungen zur Erleichterung von Überwachung und Reparaturen eines Endlagers oder Rückholung der Abfälle dürfen die passiven Sicherheitsbarrieren nicht beeinträchtigen.

Prinzip 6: Die Vorsorge für die Endlagerung der radioaktiven Abfälle ist eine Aufgabe, die der heutigen nutzniessenden Gesellschaft zukommt und nicht auf künftige Generationen überwälzt werden darf.

Schutzziele der Endlagerung
(aus Richtlinie HSK-R-21)

Schutzziel 1: Die Freisetzung von Radionukliden aus einem verschlossenen Endlager infolge realistischerweise anzunehmender Vorgänge und Ereignisse soll zu keiner Zeit zu jährlichen Individualdosen führen, die 0,1 mSv übersteigen.

Schutzziel 2: Das aus einem verschlossenen Endlager infolge unwahrscheinlicher, unter Schutzziel 1 nicht berücksichtigter Vorgänge und Ereignisse zu erwartende radiologische Todesfallrisiko für eine Einzelperson soll zu keiner Zeit ein Millionstel pro Jahr übersteigen.

Schutzziel 3: Nach dem Verschluss eines Endlagers sollen keine weiteren Massnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit erforderlich sein. Das Endlager soll innert einiger Jahre verschlossen werden können.

wie Forschung und erdwissenschaftliche Untersuchungen sowie für die rechtzeitige Bereitstellung der benötigten Tiefenlager zuständig.

Führungsrolle des Bundes

Die Pflicht zur Entsorgung ist grundsätzlich den Abfallverursachern auferlegt; der Bund übernimmt aber eine Führungsrolle. In dieser Hinsicht wird von den Entsorgungspflichtigen ein so genanntes Entsorgungsprogramm inklusive Finanzplan verlangt. Dabei haben die Entsorgungspflichtigen aufzuzeigen, wie sie ihrer Pflicht nachzukommen gedenken. Die Fachstellen des Bundes, das Bundesamt für Energie und die HSK, prüfen das Entsorgungsprogramm und wachen darüber, dass es eingehalten wird.

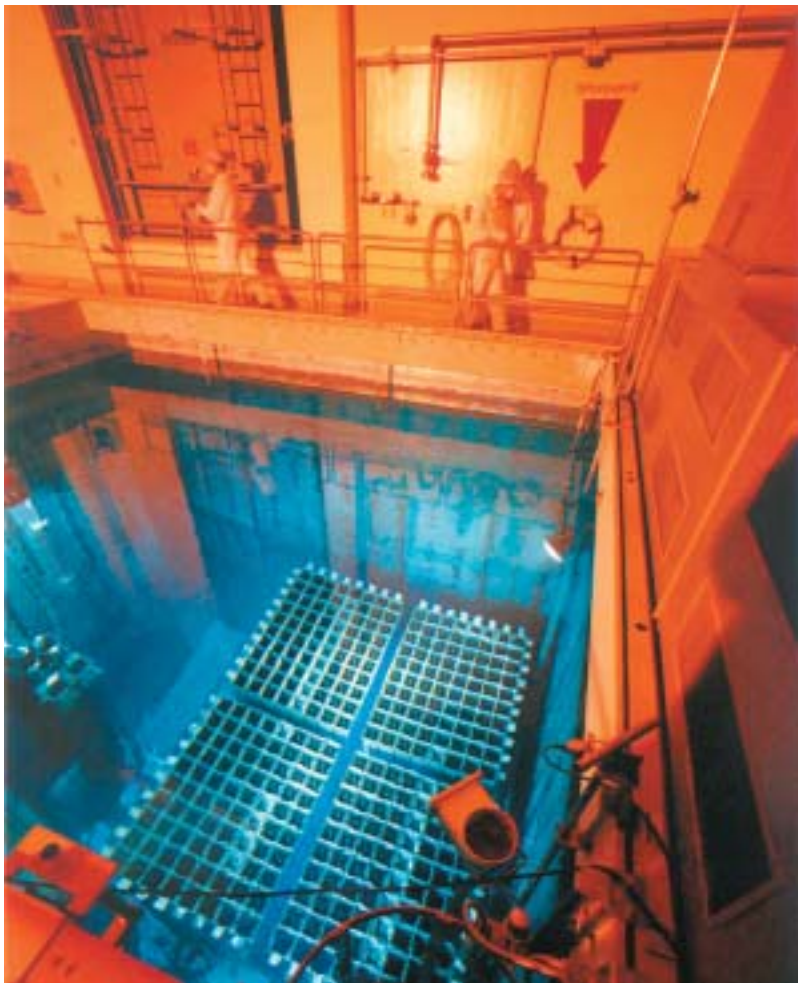
Aufsicht durch die HSK

Die HSK ist mit der Aufgabe betraut, die in der Schweiz durchgeführten Entsorgungsarbeiten zu überwachen. Sie überprüft sämtliche zur Bewilligung vorgelegten Projekte. Bei der Realisierung der Projekte kontrolliert sie die Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften und der Auflagen der Bewilligungsbehörde. In der Ausübung dieser Tätigkeiten versteht sich die HSK als Treuhänderin der Öffentlichkeit: Die HSK übt ihre Aufsicht unabhängig von politischen und wirtschaftlichen Interessen aus; ihre Entscheide dienen dem Schutz der Bevölkerung, des Personals der Kernanlagen und der Umwelt.

Die HSK hat in ihrer Richtlinie HSK-R-21 „Schutzziele für die Endlagerung radioaktiver Abfälle“ schon früh präzisiert, was eine sichere Endlagerung bedeutet. Diese Richtlinie wurde 1993 revidiert und ist in dieser Form heute noch gültig, auch nach Inkrafttreten der neuen Kernenergiegesetzgebung. In dieser Richtlinie sind die Prinzipien der Tiefenlagerung sowie die Sicherheitsanforderungen in Form von Schutzzielen festgehalten. Insbesondere darf aus einem Tiefenlager keine jährliche Strahlenexposition erfolgen, die 0,1 Millisievert übersteigt. Das ist ein strenger Grenzwert; er entspricht einem kleinen Bruchteil der natürlichen Strahlenexposition und liegt im internationalen Vergleich im unteren Wertebereich.

Tätigkeitsphasen und gesetzliche Meilensteine bei der Realisierung eines geologischen Tiefenlagers

Historischer Abriss



Blick in das Brennelement-Lagerbecken eines Kernkraftwerkes.

Bis 1978

Das ursprüngliche Entsorgungskonzept: Mehrere Optionen aufgezeigt

Als die ersten Kernkraftwerke in der Schweiz gebaut und in Betrieb genommen wurden (1969 Beznau 1, 1971 Beznau 2, 1971 Mühleberg) stellte sich das Problem der Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Schweiz vorerst nicht. Für die abgebrannten Brennelemente war die Wiederaufarbeitung, insbesondere zur Rückgewinnung des Plutoniums, vorgesehen; die ersten Verträge mit ausländischen Wiederaufarbeitungsfirmen enthielten keine Klausel betreffend die Rücknahme der dabei entstehenden Abfälle. Auch wurden die aus dem Betrieb der Kernkraftwerke anfallenden schwach- und mittelaktiven Abfälle gleich wie die radioaktiven Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung der Meeresversenkung zugeführt; die Schweiz beteiligte sich an den unter der Ägide der OECD durchgeführten internationalen Versenkungskampagnen im Nordatlantik.

Bald zeichnete sich aber ab, dass die anfänglich praktizierten Entsorgungsmethoden nicht nachhaltig sein würden. Einerseits kündigten die Wiederaufarbeitungsfirmen die Pflicht zur Rücknahme der aus dem Wiederaufarbeitungsprozess entstehenden radioaktiven Abfälle an. Andererseits zeigte sich ein steigender internationaler politischer Druck gegen die Meeresversenkung; nach der Kampagne im Jahr 1982 wurde diese Entsorgungsmethode aufgegeben.

Diese Situation veranlasste die schweizerische Elektrizitätswirtschaft bereits in den Siebzigerjahren zur Ausarbeitung eines Entsorgungskonzepts für alle radioaktiven Abfälle. Die Kernkraftwerksbetreiber gründeten 1972 die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra). Der Bund ist wegen seiner Verantwortung für die Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung auch Genossenschafter der Nagra.

Parallel dazu führten die politischen Diskussionen zum Bundesbeschluss zum Atomgesetz vom 6. Oktober 1978. In diesem wurden die Entsorgungspflicht entsprechend dem Verursacherprinzip festgelegt sowie die Gewährleistung der dauernden, sicheren Entsorgung und Endlagerung der radioaktiven Abfälle (Entsorgungsnachweis) als Voraussetzung für die Bewilligung neuer Kernkraftwerke gefordert.

Das Konzept «Die nukleare Entsorgung der Schweiz» wurde im Februar 1978 vom Verband schweizerischer Elektrizitätswerke und von der Nagra veröffentlicht. Es handelte sich um eine Auslegeordnung, mit welcher Optionen zur Beseitigung der radioaktiven Abfälle in der Schweiz aufgezeigt wurden.

Sicherheitsbehälter für den Transport abgebrannter Brennelemente.

Das Entsorgungskonzept 1978 sah drei Endlager vor:

– Endlagertyp A Oberflächennahes Lager, vorwiegend für radioaktive Abfälle aus der Stilllegung der Kernkraftwerke
– Endlagertyp B Lager in geologischen Formationen für schwach- und mittelaktive Abfälle
– Endlagertyp C Lager in tiefen geologischen Formationen für hochaktive Abfälle.

Für ein Lager des Typs A spielt die Geologie keine massgebende Rolle. Für ein Lager des Typs B, besonders aber für eines des Typs C werden dem geologischen Umfeld zwei wesentliche Schutzfunktionen zugewiesen:

– Das Wirtgestein, d.h. die das Lager aufnehmende Gesteinsschicht, muss tektonisch stabil sein; auch langfristig dürfen keine wesentlichen Verschiebungen in der Gesteinsschicht stattfinden.
– Es muss eine genügende Überdeckung vorliegen, damit das Lager gegen menschliche Eingriffe und gegen natürliche Vorgänge an der Erdoberfläche (z.B. Erosion) geschützt ist.

Für die beiden Endlagertypen B und C wurde im Entsorgungskonzept 1978 auf möglicherweise geeignete Wirtgesteinsformationen hingewiesen. Für das Lager des Typs C für hochaktive Abfälle wurden folgende Wirtgesteine in Betracht gezogen:

– Steinsalz und Anhydrit
– ungeklüftetes Kristallin
– Ton und Mergel
– geologische Formationen mit stagnierendem fossilem Wasser.

1979–1984

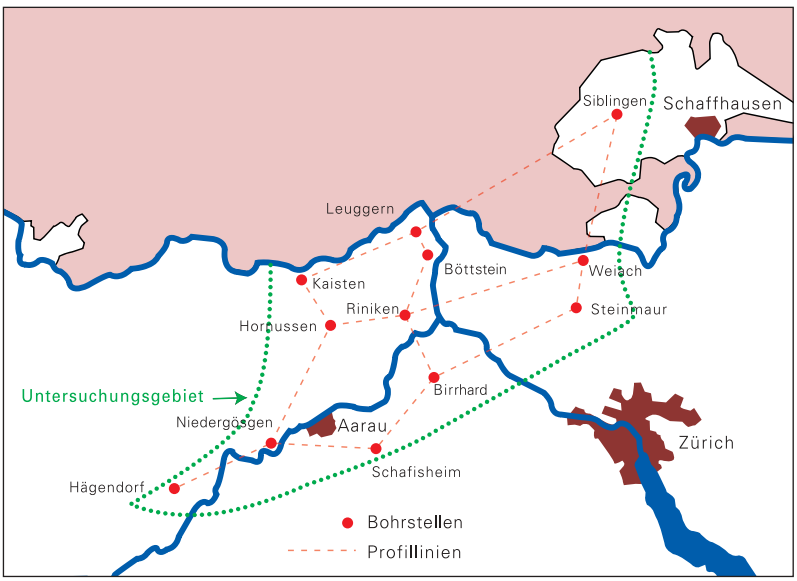
Einengung auf die Option Kristallin

Im Auftrag der Kernkraftwerkbetreiber führt die Nagra – die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle – die Vorbereitungsarbeiten zur geologischen Tiefenlagerung der radioaktiven Abfälle durch. Hinsichtlich der hochaktiven Abfälle entschied sie, die Option Kristallin in erster Priorität zu verfolgen.

Gründe der Nagra für die Wahl des Kristallins als Wirtgestein

– Bestehende Erkenntnisse aus ausländischen Projekten (insb. Schweden) liegen bereits vor.
– Die guten felsmechanischen Eigenschaften (z.B. Standfestigkeit) erleichtern Bau und Betrieb eines Lagers.
– Aufgrund der damaligen Kenntnisse wurde angenommen, dass grossräumige ungestörte Gesteinsblöcke mit geringer Wasserbewegung im kristallinen Grundgebirge der Nordschweiz vorliegen.
– Es bestehen keine Rohstoffkonflikte.

Die Wahl der Nordschweiz als Untersuchungsgebiet hängt eng mit der Wahl des Kristallins als Wirtgestein zusammen. Zunächst muss der tektonische Aufbau der Region möglichst ungestört und langfristig stabil sein; die Alpen und der Faltenjura sind aus diesem Grund auszuschliessen. Ferner soll das Lager in einer Tiefe zwischen 500 m und 1000 m errichtet werden können; Kristallin liegt nur in der Nordschweiz in dieser Tiefe vor. Somit ergab sich das im Vergleich zur ganzen Schweiz eher kleine Untersuchungsgebiet zwischen den Kantonen Solothurn und Schaffhausen im Mittelland der Nordschweiz.



Standorte der zwölf beantragten Kristallinbohrungen.

Die Bundesbehörden (BFE, HSK) waren an diesem Entscheidungsprozess nicht beteiligt.

Ihrem Entscheid entsprechend reichte die Nagra im November 1979 das Gesuch zur Einrichtung eines Felslabors im kristallinen Gestein der Grimsel ein. Im Juni 1980 folgten zwölf Gesuche um Ausführung von reflexionsseismischen Messungen und von Tiefbohrungen ins kristalline Grundgebirge der Nordschweiz.

Zwölf Anträge der Nagra für Kristallinbohrungen

SO: Hägendorf, Niedergösgen,
AG: Kaisten, Hornussen, Leuggern, Böttstein, Riniken, Birrhard, Schafisheim
ZH: Weiach, Bachs/Steinmaur
SH: Siblingen.

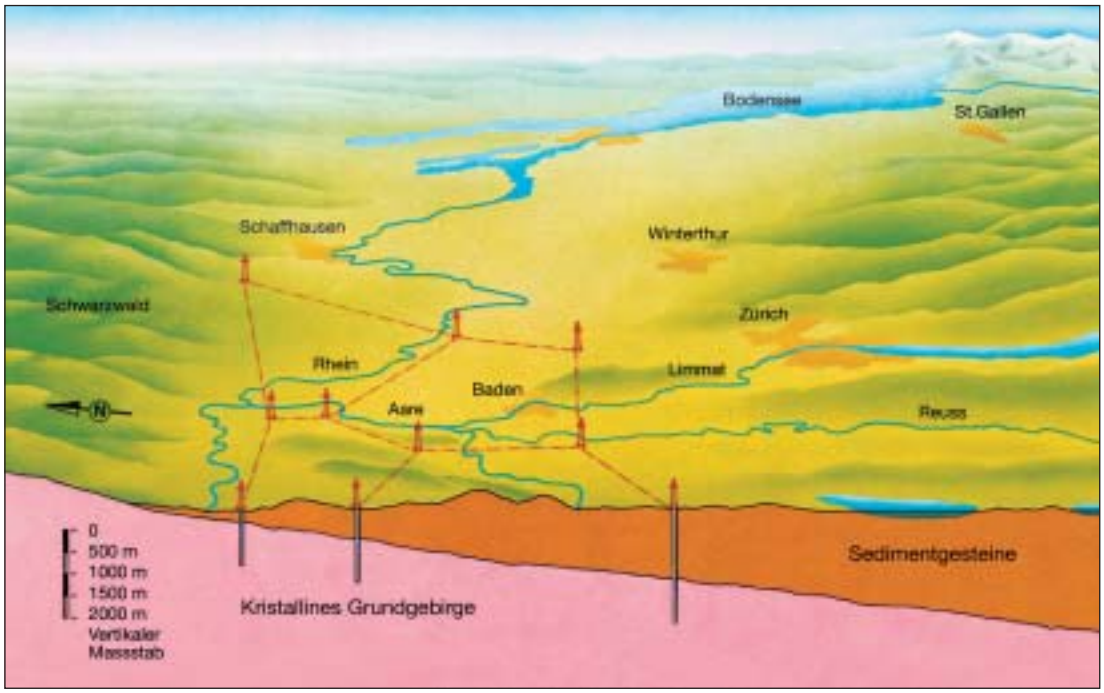
Aufgrund des Gutachtens der HSK erteilte der Bundesrat die gemäss der damaligen Verordnung über vorbereitende Handlungen erforderliche Bewilligung der beantragten Sondierbohrungen im Februar 1982 mit einer Reihe von Auflagen. Zwischen Oktober 1982 und Februar 1985 hat die Nagra die sechs Bohrungen Böttstein, Weiach, Riniken, Schafisheim, Kaisten und Leuggern unter Aufsicht der zuständigen Behörden abgeteuft. Wegen des langen Gerichtsverfahrens bis zur rechtskräftigen Bewilligung wurde die siebte Sondierbohrung in Siblingen erst von September 1988 bis April 1989 ausgeführt.

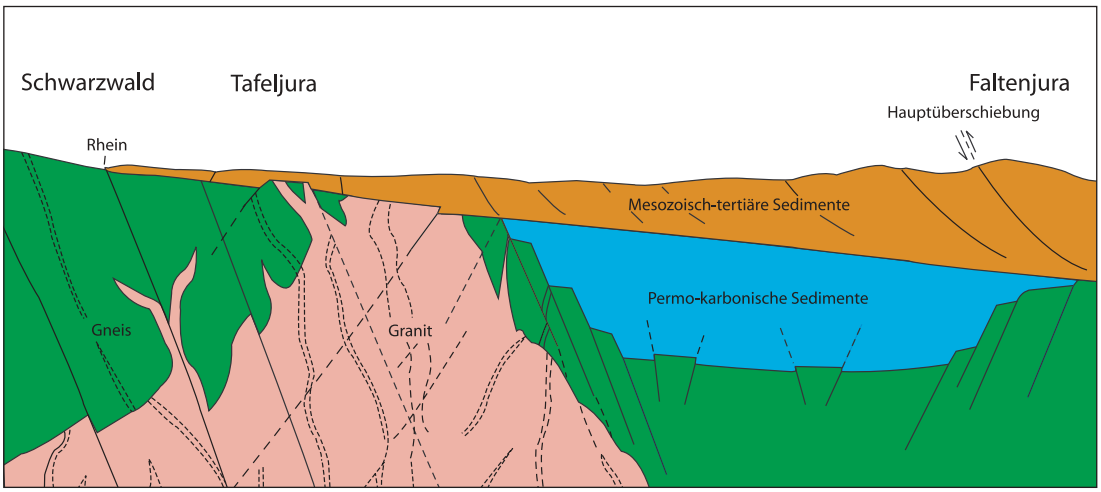
Sondierbohrungen in das Grundgebirge der Nordschweiz

Standort	Abteufung	Endtiefe
Böttstein	Oktober 1982 – Juni 1983	1501 m
Weiach	Januar – November 1983	2482 m
Riniken	Januar 1983 – Januar 1984	1801 m
Schafisheim	November 1983 – Juni 1984	1306 m
Kaisten	Februar – Juni 1984	1306 m
Leuggern	Juli 1984 – Februar 1985	1689 m
Siblingen	September 1988 – April 1989	1522 m

Für jede durchgeführte Sondierbohrung hat der Bundesrat eine Aufsichtskommission unter der Leitung der HSK eingesetzt. In den Kommissionen waren alle mit der Aufsicht betrauten kommunalen, kantonalen und Bundesbehörden vertreten. Die Aufsichtskommissionen hatten die gegenseitige Information der Behörden und die Koordination der Aufsicht zur Aufgabe.

Die Sondierbohrungen zielten auf das kristalline Grundgebirge. Da dieses unter Sedimentgesteinen liegt, mussten auch diese durchbohrt werden. Die Nagra hat dabei die Sedimentschichten,





Vorstellungen über das Grundgebirge der Nordschweiz vor und nach der Kartierung des Nordschweizer Permokarbontroges.

die sich allenfalls für die Errichtung eines Endlagers eignen könnten, wie z.B. den Opalinuston, ebenfalls untersucht.

Die erdwissenschaftlichen Erkundungen des Kristallins brachten eine Überraschung: In der Sondierbohrung Böttstein wurde das kristalline Grundgebirge etwa wie erwartet in einer Tiefe von 315 m angetroffen. In der Sondierbohrung Weiach wurde es hingegen erst in einer Tiefe von 2112 m gefunden. Mit dieser Bohrung wurde nachgewiesen, dass das kristalline Grundgebirge der Nordschweiz von einem mächtigen Trog durchschnitten ist, der mit sehr alten Sedimentgesteinen des Erdaltertums (Perm und Karbon) gefüllt ist. Die vorgängig durchgeführten seismischen Messungen wurden anhand der Bohrdaten der Sondierbohrung Weiach neu kalibriert. So hat die Nagra den rund 10 km breiten und mindestens 40 km langen Nordschweizer Permokarbontrog auskartiert. Die Sondierbohrung Riniken lag in der Mitte dieses Permokarbontroges und wurde in einer Tiefe von ca. 1800 m eingestellt, ohne das kristalline Grundgebirge zu erreichen. Wegen des entdeckten Permokarbontroges hat die Nagra die vorgesehenen Sondierbohrungen Hägendorf, Niedergösgen, Hornussen, Birrhard und Bachs/Steinmaur nicht mehr durchgeführt.

Die regionale Geologie des kristallinen Grundgebirges hat sich aufgrund der Untersuchungsergebnisse komplexer als angenommen erwiesen. Von der Idealvorstellung eines grossräumig ungeklüfteten Kristallins musste abgekommen werden. Nicht nur die Gesteinseigenschaften, sondern auch die hydrogeologischen Verhältnisse, die in den Bohrungen ermittelt wurden, waren schwer auf ein ausgedehntes Gesteinsvolumen übertragbar.

1985–1988

Forderung zur Ausdehnung auf Sedimentgesteine

Der Bundesbeschluss zum Atomgesetz vom 6. Oktober 1978 fordert einen Entsorgungsnachweis als Voraussetzung für die Rahmenbewilligung neuer Kernkraftwerke. In Anlehnung an diesen Beschluss verfügte das damalige Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschafts-Departement (EVED) als Bedingung für den Weiterbetrieb der bestehenden Kernkraftwerke, dass bis 31. Dezember 1985 ein Projekt vorliege, welches für die sichere Entsorgung und Endlagerung der aus den Kernkraftwerken stammenden radioaktiven Abfälle Gewähr biete. Die Betreiber der Kernkraftwerke beauftragten die Nagra mit der Ausarbeitung des verlangten Projekts. So entstand das «Projekt Gewähr 1985».

Das Projekt Gewähr sollte aufzeigen, dass die sichere Endlagerung der radioaktiven Abfälle in der Schweiz machbar ist: Es sollte die grundlegenden Zweifel an der Durchführbarkeit der Abfallentsorgung ausräumen und mögliche Lösungswege zeigen, die aufgrund des Standes von Wissenschaft und Technik mit grosser Wahrscheinlichkeit gangbar sind. Ein ausführungsreifes Projekt wurde nicht verlangt. Die benutzten erdwissenschaftlichen Daten mussten jedoch durch Sondierergebnisse erhärtet sein.

Die Beantwortung der Gewährsfrage war ein wichtiges Zwischenziel auf dem Weg zur Vorbereitung der geologischen Tiefenlagerung der radioaktiven Abfälle. Für das Projekt Gewähr hatte die Nagra ihre Arbeiten mittelfristig zu intensivieren und zu beschleunigen. Sie reichte das Projekt im Januar 1985 ein. Das Projekt basierte auf zwei Lagern. Für die schwach- und mittelaktiven Abfälle hatte die Nagra ein Lager im Mergel des Oberbauenstocks im Kanton Uri zugrunde gelegt. Für die hochaktiven Abfälle wählte sie, ihrem früheren Entscheid entsprechend, die Option Kristallin. Die erdwissenschaftlichen Daten dazu stammten vorwiegend aus der Sondierbohrung Böttstein, der ersten Kristallinbohrung.

Die Hauptdokumentation zum Projekt Gewähr 1985 liegt als achtbändiger Projektbericht NGB 85-01 bis 08 vor. Zusätzlich besteht eine englische Zusammenfassung (NGB 85-09). Diese Hauptberichterstattung stützt sich auf ca. 150 technische Berichte, in denen spezifische Fachfragen behandelt oder Untersuchungsergebnisse dargestellt sind.

Die zuständigen Sicherheitsbehörden des Bundes, die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), die Eidg. Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (KSA) und die Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung (AGNEB), haben das Projekt einer eingehenden technischen Überprüfung unterzogen. Die HSK zog dabei diverse externe Experten bei, die besondere Fragestellungen bearbeiteten.

Die überprüfenden Behörden waren sich einig, dass der Entsorgungsnachweis für die schwach- und mittelaktiven Abfälle mit dem von der Nagra vorgelegten Projekt erbracht wurde. Hinsichtlich der hochradioaktiven Abfälle wurde die Gewährsfrage in drei Teilnachweise unterteilt:

– Die erste Frage lautete, ob die Sicherheit des Endlagers genügend nachgewiesen sei unter der Voraussetzung, dass der gesamte Endlagerbereich die Referenzeigenschaften aufweist, die aus den Beobachtungen in der Sondierbohrung Böttstein abgeleitet worden sind.
– Die zweite Frage lautete, ob ein Endlagerstandort existiert und sich finden lasse, der nicht nur lokal, sondern in einem hinreichend grossen Gebiet alle jene Eigenschaften hat, die für einen positiven Sicherheitsnachweis notwendig sind.
– Drittens musste die Realisierung des Endlagers mit den zur Verfügung stehenden Mitteln der Technik möglich sein.

Die überprüfenden Behörden kamen zu positiven Schlüssen was die Sicherheits- und die Machbarkeitsfrage betrifft. Aus ihrer Sicht blieb die Antwort auf die Standortfrage jedoch offen: Die mit dem Projekt Gewähr vorgelegten erdwissenschaftlichen Grundlagen genügten nicht für eine positive Beantwortung. Die HSK kam zur Ansicht, dass die Suche nach einem geeigneten Standort im kristallinen Grundgebirge der Nordschweiz schwierig, aufwendig und ohne Garantie auf Erfolg sei.

Der Bundesrat schloss sich dem Urteil der Fachstellen an. In seinem Entscheid vom 3. Juni 1988 stellte er hinsichtlich der hochaktiven Abfälle fest, dass der Sicherheitsnachweis, nicht aber der Standortnachweis erbracht sei; aus bautechnischer Sicht bestünden keine Bedenken. Er forderte die Bewilligungsinhaber der Kernkraftwerke auf, die Forschungsarbeiten im Hinblick auf die Endlagerung der hochaktiven Abfälle auf nichtkristalline Wirtgesteine, d.h. Sedimentgesteine, auszudehnen. Bis zum erneuten Entscheid des Bundesrats über den nachzuholenden Standortnachweis sollen die Betriebsbewilligungen der bestehenden Kernkraftwerke in Kraft bleiben. Für den nachzuholenden Standortnachweis legte der Bundesrat keinen Termin fest.

1988 –1994

Auf zwei Schienen weiterfahren: Sedimente und Kristallin

Nach dem Bundesratsentscheid zum Projekt Gewähr stand für die Nagra die Realisierung des Lagers für schwach- und mittelaktive Abfälle im Vordergrund. Die Feldarbeiten zum Programm für die hochaktiven Abfälle wurden nach Abschluss der Kristallinbohrungen mit geringerer Intensität weitergeführt.

Sedimente

Gemäss der Aufforderung des Bundesrats im Entscheid zum Projekt Gewähr hatte die Nagra ein Wirtgestein, das sich für ein Tiefenlager für hochaktive Abfälle eignen könnte, und eine Untersuchungsregion, wo Erkundungen durchgeführt werden sollen, auszuwählen.

Das entsprechende Auswahlverfahren begann 1986, als sich der Bundesratsentscheid zum Projekt Gewähr bereits abzeichnete. Es endete 1994 nach mehreren Zwischenschritten mit der Wahl des Opalinustons im Zürcher Weinland und mit dem Einreichen des Gesuchs für die Sondierbohrung Benken. Die entsprechenden Sedimentstudien sind in drei Berichten der Nagra dokumentiert (NTB 88-25, NTB 91-19 und NTB 94-10).

Erster Schritt: Auswahl geeigneter Wirtgesteine

Ausgehend von der ganzen Schweiz präsentierte die Nagra vorerst eine Auswahl von sieben potenziellen Wirtgesteinen. Anhand bestehender Kenntnisse über sicherheitsrelevante Eigenschaften und über die Verbreitung dieser Wirtgesteine in der Schweiz hat die Nagra die zwei Optionen Untere Süsswassermolasse und Opalinuston für weitere Untersuchungen ausgewählt. Die HSK und die Kommission Nukleare Entsorgung (KNE) haben dieser Wahl zugestimmt.

Von der Nagra in Betracht gezogene Sedimentgesteine

- Rotliegendes (Perm)
- Anhydritgruppe (Trias)
- Gipskeuper (Trias)
- Opalinuston (Jura)
- Effinger Schichten (Jura)
- Untere Süsswassermolasse (Tertiär)
- Obere Süsswassermolasse (Tertiär)

Zweiter Schritt: Vervollständigung der Datenbasis

Nach dem ersten Schritt verlangte die HSK eine Vervollständigung der Daten zu den zwei gewählten Wirtgesteinen für die weitergehende Auswahl. Die Nagra führte zu diesem Zweck gezielte Felduntersuchungen im Opalinuston durch, insb. die 2D-Seismik-Kampagne 1991/92. Ferner wertete sie bestehende Daten über die Untere Süsswassermolasse aus.

Von der Nagra herangezogene sicherheitsrelevante Eigenschaften zur Wahl des Wirtgesteins

Ausschlusskriterien:
- Tektonische/seismische Komplexität
- Ungenügende (< 300 m) oder zu grosse (> 1200 m) Überdeckung

Beurteilungskriterien:
- Genügende Ausdehnung und Mächtigkeit (mindestens 100 m) des Wirtgesteins
- Günstige geo- und hydrochemische Verhältnisse
- Geringe Durchlässigkeit des Wirtgesteins
- Ausreichend nachweisbare Fliesssysteme
- Potenzial zur Selbstabdichtung von Klüften und Störungen, z.B. durch Quellfähigkeit der Tone
- Geologische Langzeitstabilität der Wirtgesteinsformation
- Verdünnungspotenzial in Grund- und/oder Oberflächengewässern
- Nachweisbarkeit der angenommenen Standorteigenschaften und ihrer zeitlichen Entwicklung

Vibratoren für seismische Aufnahmen.

Dritter Schritt: Wahl des Wirtgesteins

Die Resultate der Untersuchungen und Auswertungen haben gezeigt, dass die Option Opalinuston gegenüber der Unteren Süsswassermolasse eindeutige sicherheitsgerichtete Vorteile bietet. Die Nagra beschloss deshalb, die Option Opalinuston in erster Priorität zu verfolgen. Sie hat die Untere Süsswassermolasse als Reserveoption zurückgestellt.

Nachteile der Unteren Süsswassermolasse gegenüber Opalinuston

– Heterogener Aufbau
– Insbesondere von Sandsteinrinnen durchzogen
– Erschwerte Extrapolation der Daten
– Erheblicher Explorationsaufwand

Vierter Schritt: Wahl der Untersuchungsregion

Die Abgrenzung der Untersuchungsregion mit Opalinuston erfolgte ebenfalls anhand sicherheitsgerichteter Kriterien. Die angewendeten Kriterien sind in der Region Zürcher Weinland gegenüber den anderen in Frage kommenden Regionen mit Opalinuston eindeutig besser erfüllt. Deshalb wählte die Nagra das Zürcher Weinland zur Durchführung von erdwissenschaftlichen Untersuchungen. Sie bezeichnete die Regionen Jurasüdfuss-Bözberg und Tafeljura nördlich der Lägern als Reservegebiete.

Kriterien der Nagra für die Wahl von Regionen mit Opalinuston

– Tiefenlage zwischen 400 m und 1000 m
– Mächtigkeit mindestens 100 m
– Ruhige, tektonisch ungestörte Lagerung
– Keine Anzeichen für neotektonische Aktivitäten

Abgrenzung durch die Nagra von Regionen mit Opalinuston

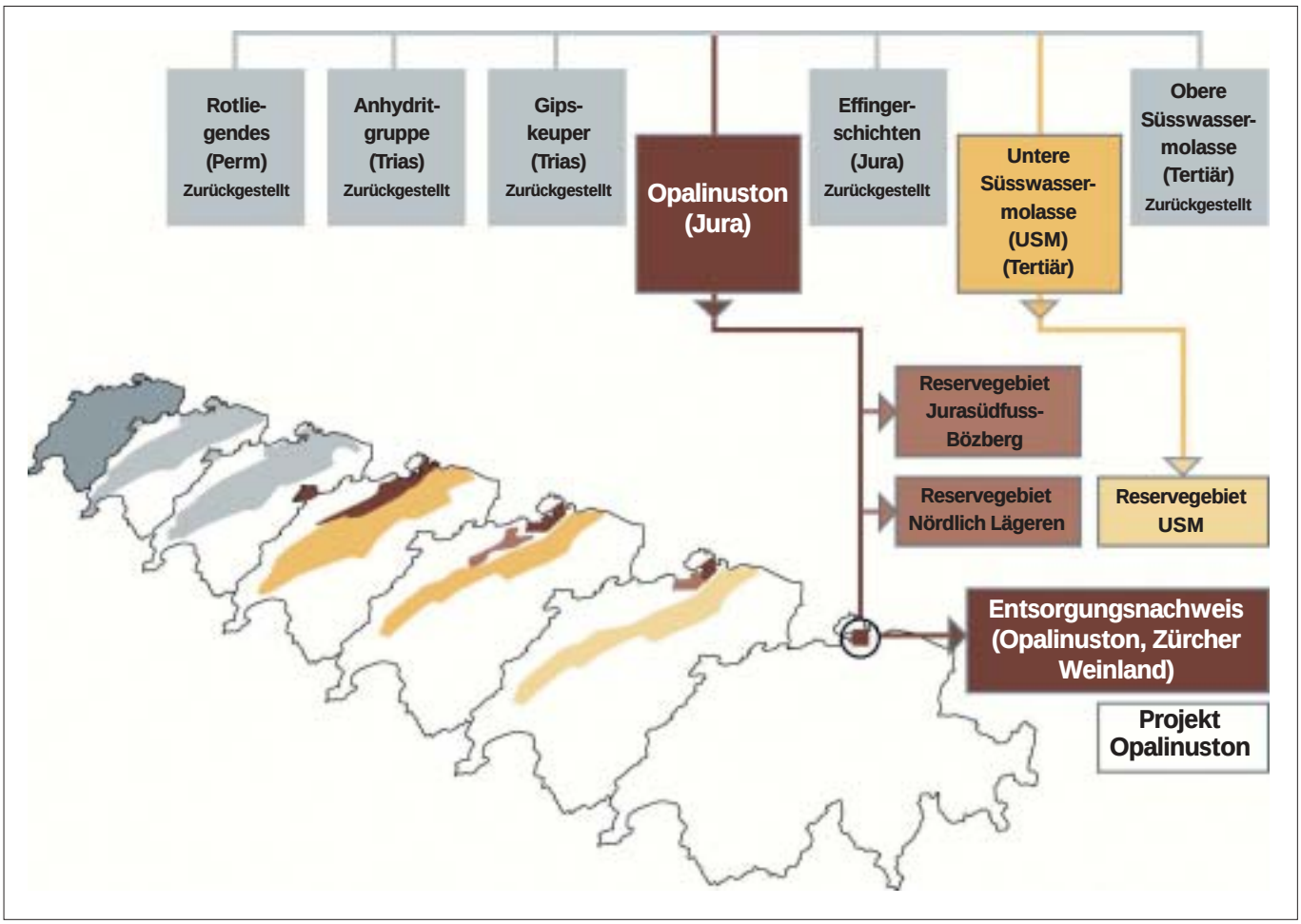
Ausgeschlossene Regionen:
– Kettenjura
– Oberrheingraben
– Raurakische Senke
– Basler Tafeljura

Mögliche Regionen:
– Ajoie
– Jurasüdfuss-Bözberg
– Tafeljura zwischen Herznacher Tal und Aare
– Tafeljura nördlich der Lägern
– Zürcher Weinland
– Reiat

Verbleibende Regionen nach erster Einengung:
– Jurasüdfuss-Bözberg
– Tafeljura nördlich der Lägern
– Zürcher Weinland

Gewählte Untersuchungsregion:
– Zürcher Weinland

Systematische Auswahl durch die Nagra des Sedimentgesteins und der Untersuchungsregion.



Behördliche Beurteilung

Die zuständigen Bundesstellen (HSK und KNE) haben der Wahl des Opalinustons als Wirtgestein und der Abgrenzung des Zürcher Weinlands als Untersuchungsregion im Frühjahr 1994 zugestimmt. In der Folge reichte die Nagra im November 1994 das Gesuch für die Sondierbohrung Benken ein.

Mehrere Jahre später, anlässlich von Informationsveranstaltungen Schweiz-Deutschland zum schweizerischen Entsorgungsprogramm, äusserten die Vertreter deutscher Gemeinden den Wunsch, dass deutsche Experten das Verfahren beurteilen sollten, das zur Wahl des Opalinustons im Zürcher Weinland führte. In Absprache mit der Deutsch-Schweizerischen Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen (DSK) hat das deutsche Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) den deutschen Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd) mit der Beurteilung beauftragt. In seinem Schlussbericht vom April 2002 kommt der AkEnd zum Schluss, dass das angewendete Auswahlverfahren den damaligen Anforderungen entsprochen hat. Insbesondere seien die Standortsuche breit angelegt worden und die schrittweise Einengung anhand sicherheitsgerichteter Kriterien erfolgt.

Gesamturteil des AkEnd zur Wahl des Opalinustons im Zürcher Weinland

«Insgesamt gesehen erfüllt das Schweizer Auswahlverfahren die Anforderungen, die international an ein solches Verfahren gestellt werden. Die unter dem Gesichtspunkt der Sicherheit getroffene Auswahl des Zürcher Weinlandes als bevorzugte Option für ein HAA/LMA-Tiefenlager in der Schweiz ist als gerechtfertigt anzusehen. Der Vorwurf, die Grenznähe des Zürcher Weinlandes wäre Antrieb für die Auswahl gewesen, ist zurückzuweisen.»
(HAA/LMA heisst hochaktive und langlebige mittelaktive Abfälle).

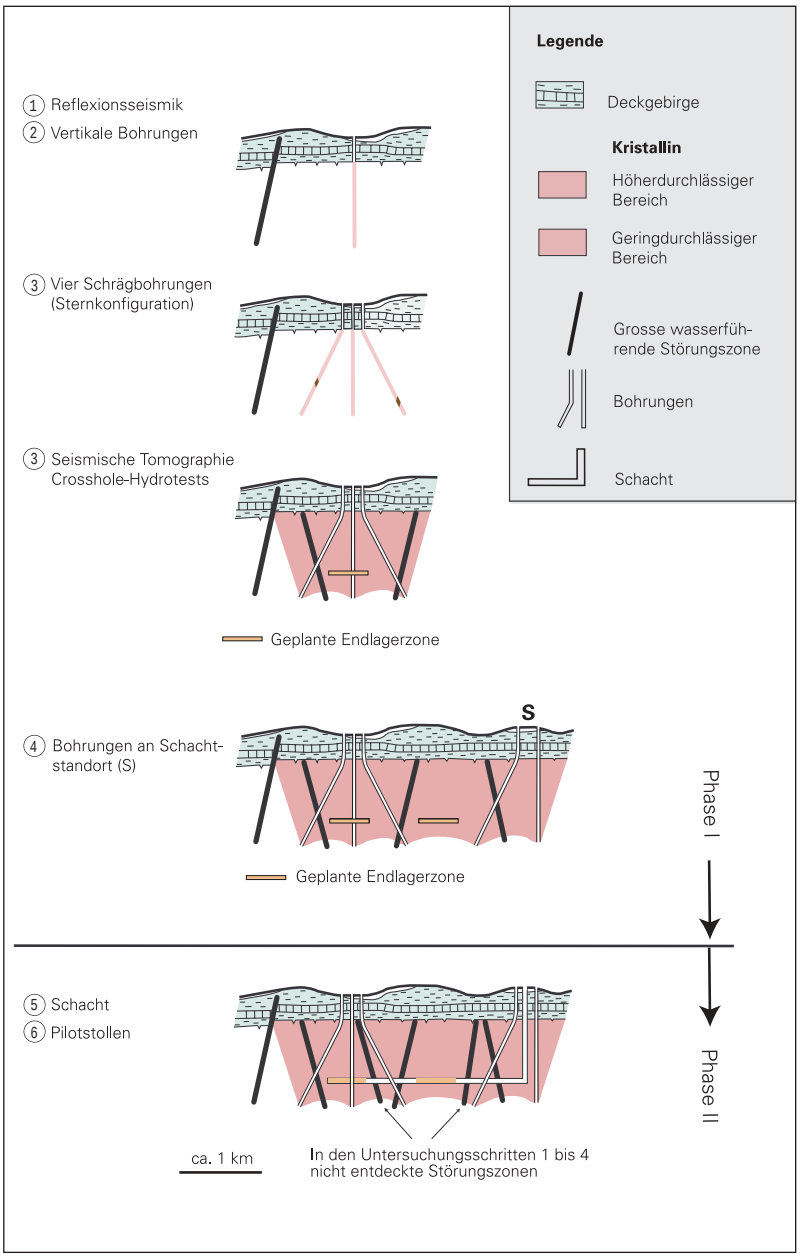
Auch die HSK hat im Nachhinein zum durchgeführten Auswahlverfahren Stellung genommen. In ihrem Bericht (HSK 23/74 vom November 2002) hat sie insbesondere den Stellenwert und die Zielsetzung des Auswahlverfahrens beleuchtet.

Kristallin

Parallel zu den Sedimentstudien führte die Nagra das Kristallin-Programm weiter. In das Projekt Gewähr flossen die Resultate der ersten Kristallinbohrungen ein. Ab 1989 lagen die Ergebnisse aller Kristallinbohrungen vor. Das gab der Nagra den Anlass zur Erarbeitung einer Geosynthese (NTB 93-09 vom Mai 1994), welche sämtliche Kenntnisse zum kristallinen Grundgebirge der Nordschweiz umfasst. Auf diesen erdwissenschaftlichen Grundlagen wurde die Sicherheitsanalyse (NTB 93-22 vom Juli 1994) gegenüber dem Projekt Gewähr aufdatiert.

Gemäss der Geosynthese Kristallin verblieben zwei potenzielle Untersuchungsgebiete: das Gebiet West im nördlichen Teil des Kantons Aargau und das Gebiet Ost im Kanton Schaffhausen. In Anbetracht der gewonnenen Kenntnisse entwickelte die Nagra ein neuartiges Konzept für die weitere Untersuchung des kristallinen Grundgebirges, das aus einem Stern schräger Bohrungen rund um ein vertikales zentrales Bohrloch besteht. Gleichzeitig mit dem Gesuch für die Sondierbohrung Benken stellte sie das Gesuch für entsprechende Sondierbohrungen in Leuggern/Böttstein.

Untersuchungskonzept der Nagra für das kristalline Grundgebirge.



1995 – 1999

Opalinuston untersucht, Kristallin zurückgestellt

Im Juni 1995 wurde die Erteilung der nach kantonalem Recht erforderlichen bergrechtlichen Konzession für das geplante Tiefenlager für schwach- und mittelaktive Abfälle am Standort Wellenberg in einer Volksabstimmung im Kanton Nidwalden abgelehnt. Dadurch wurde die Realisierung dieses Lagers politisch blockiert.

Die Nagra intensivierte ihre Tätigkeiten zum Programm für die hochaktiven Abfälle.

Sedimente

Auf Initiative der Nagra stellte die Landeshydrologie und -geologie im Herbst 1994 beim Kanton Jura ein Gesuch für die Errichtung eines Felslabors im Sondierstollen des Autobahntunnels unter dem Mont Terri. Mit der Bewilligung dieses Vorhabens wurde die Durchführung eines internationalen Forschungsprogrammes im Opalinuston ermöglicht.

1997 führte die Nagra die so genannte 3D-Seismik-Kampagne im Zürcher Weinland durch. Die Aufnahmen ergaben Daten vorzüglicher Qualität zum geologischen Aufbau des Zürcher Weinlands.

Aufgrund der Gutachten und Stellungnahmen der Fachstellen des Bundes (HSK, KSA und KNE) erteilte der Bundesrat am 15. Mai 1996 die atomrechtliche Bewilligung für die Sondierbohrung Benken. Diese diente der Kalibrierung der Seismik-Resultate und der Charakterisierung der Gesteine. Nachdem alle erforderlichen Bewilligungen rechtskräftig vorlagen, hat die Nagra die Sondierbohrung

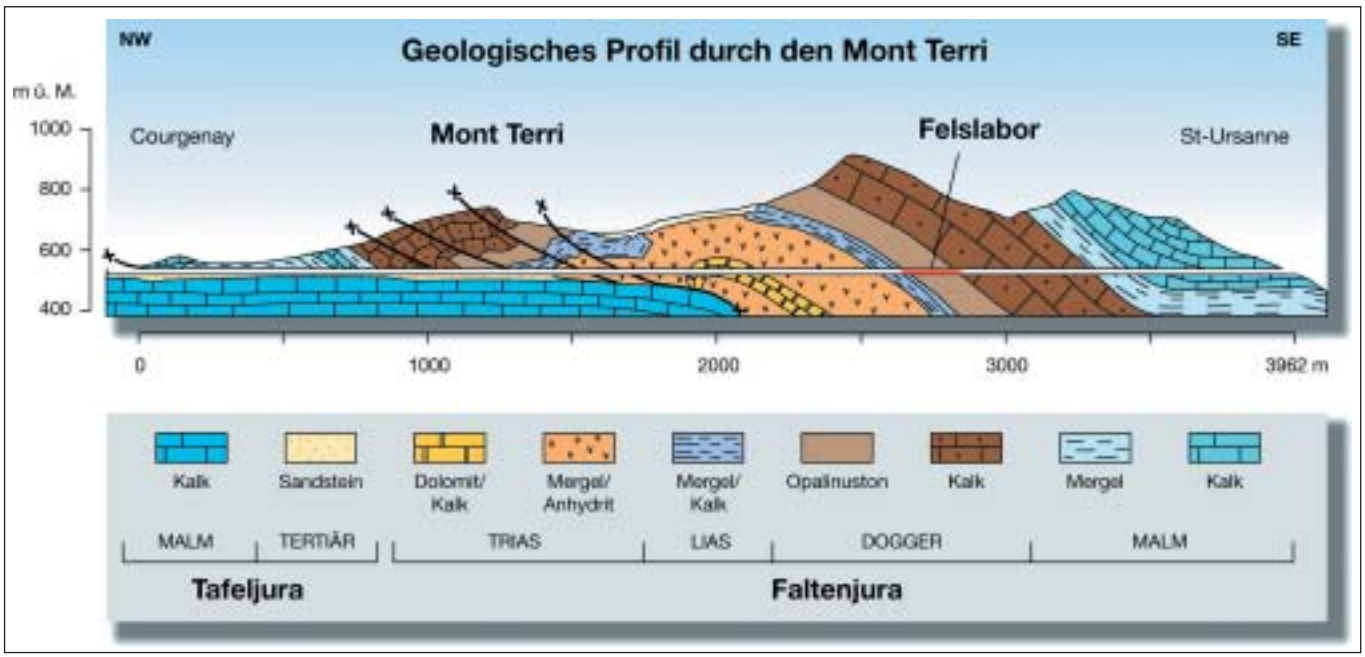
Benken zwischen September 1998 und Mai 1999 auf 1007 m abgeteuft. Anschliessend hat sie ein Langzeitbeobachtungssystem in das Bohrloch eingebaut.

Bohrkerne aus der Sondierbohrung Benken förderten Opalinuston zu Tage, welcher sich durch eine sehr geringe Wasserdurchlässigkeit auszeichnet (oben rechts).

Geologisches Profil durch den Mont Terri im Kanton Jura (unten).

Kristallin

Die zuständigen Bundesstellen, insbesondere die KNE, beurteilten den Standort Leuggern/Böttstein, für welchen die Nagra ein Sondiergesuch eingereicht hatte, aufgrund der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse als ungünstig. Daraufhin setzten die Bundesbehörden die «Arbeitsgruppe Kristallin Nordschweiz» ein. Diese erhielt den Auftrag aufzuzeigen ob, und falls ja in welchem Gebiet und mit welchen Methoden, das kristalline Grund-



3D-Seismik-Kampagne im Zürcher Weinland.

gebirge der Nordschweiz weiter untersucht werden sollte. Die einberufene Arbeitsgruppe, bestehend aus Vertretern der Nagra, der KNE und der HSK, kam im Juni 1996 zum Schluss, dass die Kristallin-Untersuchungen in der Vorwaldscholle im nördlichen Teil des Kantons Aargau fortgesetzt werden sollten.

Daraufhin zog die Nagra das Sondiergesuch Leuggern/Böttstein zurück. Dem vereinbarten Vorgehen entsprechend führte sie Ende 1996 im Mettauertal eine Reflexionsseismik-Kampagne durch. Die Resultate der Seismik erlaubten es aber nicht, das Gebiet weiter einzugrenzen.

Im Juni 1998, nachdem die Ergebnisse der 3D-Seismik im Zürcher Weinland vorlagen, beschloss die Nagra, vorerst keine Gesuche für weitere Sondierbohrungen im kristallinen Grundgebirge der Nordschweiz einzureichen. Sie legte das Schwergewicht der Feldarbeiten auf die Erkundung des Opalinustons im Zürcher Weinland und stellte das Kristallin als Reserve-Option zurück. Die Bundesbehörden haben dieses Vorgehen der Nagra zur Kenntnis genommen.

Zu dieser Zeit überprüfte die HSK die Sicherheitsanalyse Kristallin-I, mit welcher die Nagra 1995 eine abschliessende Auswertung der Untersuchungen im kristallinen Grundgebirge der Nordschweiz präsentierte. Die Überprüfung dieses Projekts wurde mehrmals unterbrochen und erst im Jahre 2004 mit der Veröffentlichung der Stellungnahme abgeschlossen (HSK 23/73 vom Juli 2004). Die HSK kommt zum Schluss, dass die Sicherheit eines geologischen Tiefenlagers für hochaktive Abfälle im Kristallin gewährleistet ist, wenn ein genügend grosser Gesteinskörper mit den in der Sicherheitsanalyse Kristallin-I beschriebenen Eigenschaften gefunden wird. Sie ist aber der Ansicht, dass sich seit Projekt Gewähr 1985 die Aussichten kaum verbessert haben, einen solchen Gesteinskörper mit der erforderlichen Zuverlässigkeit zu finden und dessen Eigenschaften schlüssig nachzuweisen.

Schlussfolgerungen der «Arbeitsgruppe Kristallin Nordschweiz»

- Das parallele Verfolgen der Programme Kristallin und Opalinuston ist sinnvoll.
- Die weitere Erkundung des Kristallins soll in der Vorwaldscholle (Mettauertal im nördlichen Aargau) erfolgen.
- Vorerst soll eine Seismikkampagne zur Lokalisierung geeigneter Bohrstandorte durchgeführt werden.
- Mit Vertikal- und Schrägbohrungen sollen dann die geologische Struktur und die Hydrogeologie erkundet werden.
- Der Erfolg dieses Untersuchungsprogramms ist in Bezug auf den angestrebten Standortnachweis ungewiss.

Ab 2000

Entsorgungsnachweis auf der Option Opalinuston

Die Nagra hat die ausgewerteten Resultate aus der 3D-Seismik im Zürcher Weinland (NTB 00-03) und aus der Sondierbohrung Benken (NTB 00-01) ausführlich dokumentiert. Diese Resultate wurden im Jahre 2001 der Öffentlichkeit in der Schweiz und im angrenzenden Deutschland präsentiert.

Anhand der Auswertung der aus der 3D-Seismik gewonnenen Daten ist es der Nagra gelungen, die in der Sondierbohrung Benken ermittelten geophysikalischen Eigenschaften der Gesteinsformationen auf das ganze Untersuchungsgebiet auszudehnen. Die Resultate haben die erwartete ruhige Lagerung ohne tektonische Störungen der Gesteinsschichten im Zürcher Weinland nachgewiesen.

Die erhaltenen Resultate bestätigen, dass die Wahl des Opalinustons im Zürcher Weinland als zu untersuchendes Sedimentgestein gut getroffen wurde. Sie stellen günstige Voraussetzungen hinsichtlich der geologischen Tiefenlagerung hochaktiver Abfälle dar. Die Nagra beschloss daher, den noch ausstehenden Entsorgungsnachweis auf der Basis dieser erdwissenschaftlichen Grundlagen zu erbringen.

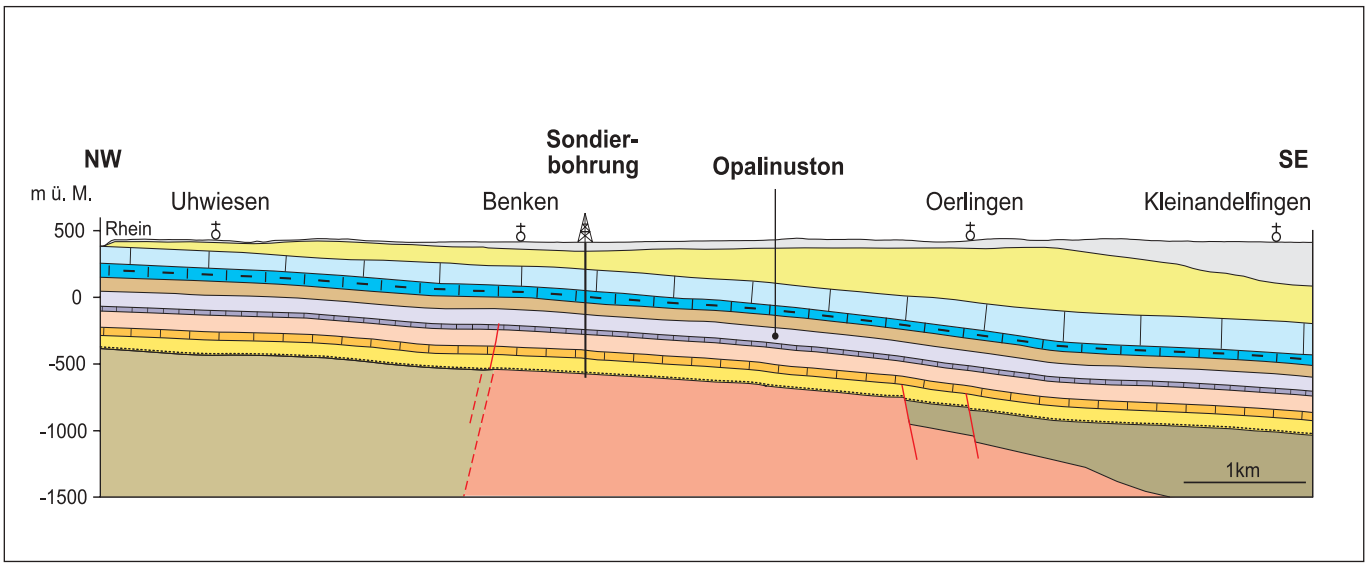
Ein Modelllager im Opalinuston weist deutliche Unterschiede zu einem Lager im kristallinen Grundgebirge auf, wie es mit dem Projekt Gewähr vorgelegt wurde. Das Wirtgestein Opalinuston und die umgebende geologische Situation im Zürcher Weinland beeinflussen die Auslegung eines allfälligen Tiefenlagers sowie das Zusammenwirken der technischen und natürlichen Sicherheitsbarrieren; sie stellen zudem neue bautechnische Herausforderungen. Ein auf der Option Opalinuston beruhender Entsorgungsnachweis muss daher erneut alle drei Teilnachweise des Entsorgungsnachweises umfassen.

Der Entsorgungsnachweis ist kein kernenergierechtlicher Bewilligungsschritt; er ist auch keine Standortfestlegung für die Realisierung eines geologischen Tiefenlagers. Er ist der Nachweis über die grundsätzliche Machbarkeit eines Tiefenlagers für abgebrannte Brennelemente, verglaste hochaktive Abfälle und langlebige mittelaktive Abfälle in einer bestimmten geologischen Formation.

Die Nagra hat am 20. Dezember 2002 mit dem Projekt Opalinuston den gesetzlich verlangten

Die drei Teilnachweise des Entsorgungsnachweises

- Sicherheitsnachweis: Dieser muss zeigen, dass im gewählten Wirtgestein, mit den aufgrund von Sondierbefunden nachgewiesenen geologischen und hydrogeologischen Eigenschaften und mit den technischen Barrieren, die Langzeitsicherheit des Tiefenlagers gewährleistet ist.
- Standortnachweis: Dieser muss aufgrund dokumentierter Untersuchungsergebnisse zeigen, dass ein genügend grosser Wirtgesteinskörper mit den im Sicherheitsnachweis festgehaltenen Eigenschaften existiert, so dass die Realisierung eines Tiefenlagers im besagten Standortgebiet mit guter Aussicht auf Erfolg in Angriff genommen werden könnte.
- Machbarkeitsnachweis: Dieser muss zeigen, dass im gewählten Wirtgestein ein Tiefenlager unter Einhaltung der Sicherheitsvorschriften mit den heute vorhandenen technischen Mitteln gebaut, betrieben und langfristig sicher verschlossen werden kann.



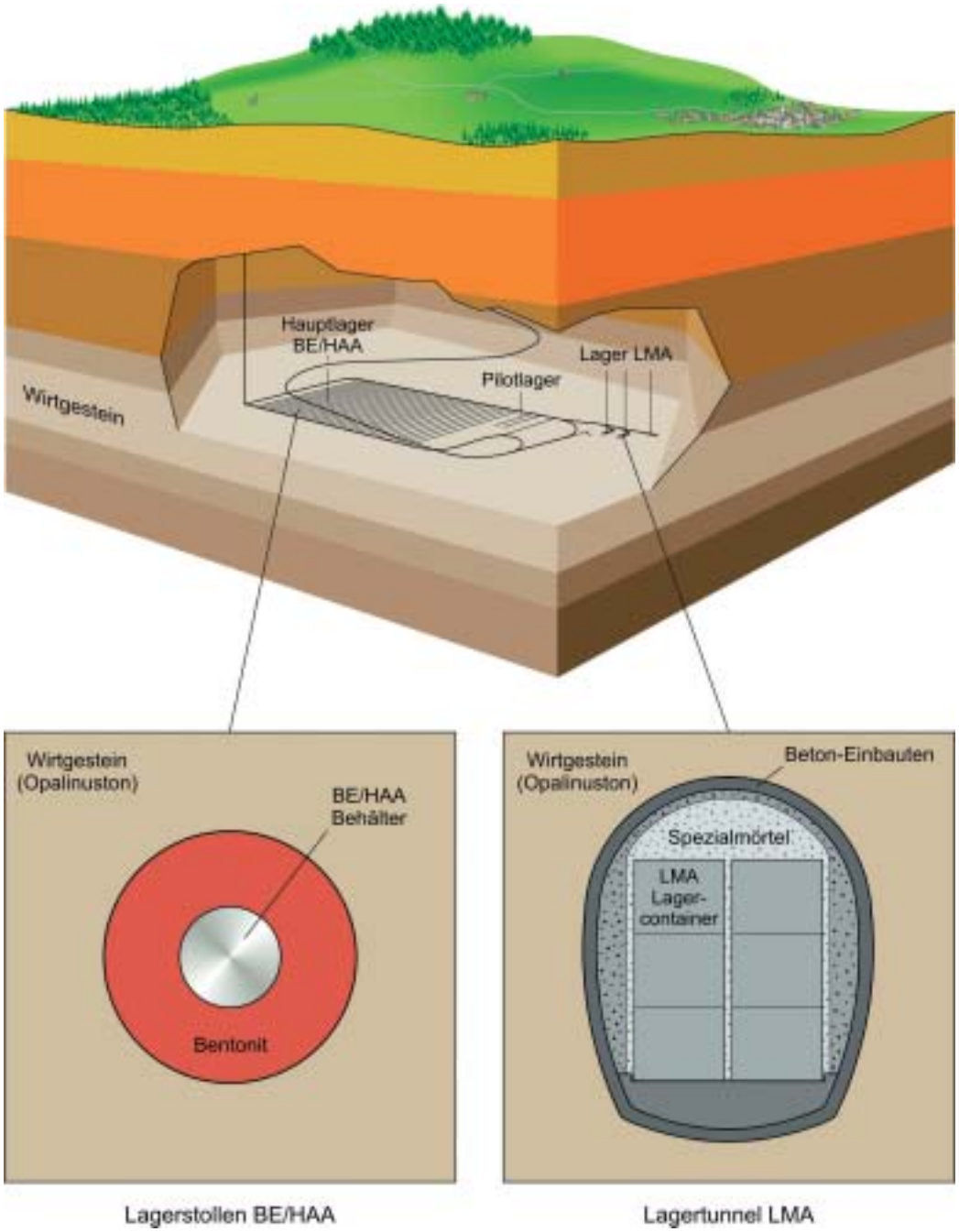
Ruhige Lagerung der geologischen Schichten im Zürcher Weinland.

Hauptberichte der Nagra zum Entsorgungsnachweis

– NTB 02-02: Konzept für die Anlage und den Betrieb eines geologischen Tiefenlagers
– NTB 02-03: Synthese der geowissenschaftlichen Untersuchungsergebnisse
– NTB 02-05: Safety Report (Sicherheitsbericht, in Englisch)

Entsorgungsnachweis eingereicht. Die entsprechenden Berichte wurden im Jahre 2003 veröffentlicht. Die Dokumentation besteht aus drei Hauptberichten, die sich auf rund 130 Referenzberichte abstützen.

Bei der Überprüfung des vorgelegten Projekts wendeten die zuständigen Bundesorgane (HSK, KSA und KNE) im Voraus definierte Beurteilungskriterien an.



BE = abgebrannte Brennelemente / HAA = hochaktive Abfälle
LMA = langlebige mittelaktive Abfälle

Schematische Ansicht eines Tiefenlagers im Opalinuston.

Herausgeber
Hauptabteilung für die Sicherheit
der Kernanlagen (HSK)
CH-5232 Villigen-HSK
Telefon +41(0)56 310 38 11
Telefax +41(0)56 310 39 95
und +41(0)56 310 39 07

© HSK, August 2005

Zu beziehen bei
Hauptabteilung für die Sicherheit
der Kernanlagen (HSK)
Informationsdienst
CH-5232 Villigen-HSK
oder per E-Mail
Infodienst@hsk.ch

Abrufbar unter
www.hsk.ch