



Stellungnahme

zum

Auswahlverfahren Opalinuston im Zürcher Weinland

April 2002

Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte - AKEnd

**Stellungnahme zum
Auswahlverfahren Opalinuston im Zürcher Weinland**

<u>Inhalt</u>	Seite
Zusammenfassung	1
1 Anlass und Auftrag	6
2 Rahmenbedingungen der Entsorgung hochradioaktiver und langlebiger mittelradioaktiver Abfälle in der Schweiz	9
3 Entsorgungskonzept für hochradioaktive und langlebige mittelradioaktive Abfälle	15
3.1 Entwicklung	15
3.2 Kontrollierte geologische Langzeitlagerung (KGL)	17
3.3 Endlagertypen	18
4 Anforderungen an Endlagerstandorte und Auswahlverfahren	20
4.1 Schutzziele und allgemeine Anforderungen	20
4.2 Anforderungen an Endlagerstandorte	21
4.3 Anforderungen an Auswahlverfahren	22
5 Auswahlverfahren Endlagerstandort HAA/LMA	24
5.1 Verfahrensablauf	24
5.2 Verfahrensziele, Definition Standortnachweis	26
5.3 Bewilligungsverfahren, Information und Beteiligung der Öffentlichkeit	28
6 Darstellung und Beurteilung des Auswahlverfahrens	32
6.1 Verfahrensabschnitte und Beurteilungsphasen	32
6.2 Phase A - Kristallinprogramm: Auswahl, Untersuchung und Beurteilung Kristallin Nordschweiz	35
6.2.1 Einleitung	35
6.2.2 Wahl des Wirtgesteins "Kristallin"	36
6.2.3 Wahl des Untersuchungsgebietes "Nordschweiz"	36
6.2.4 "Projekt Gewähr 1985"	37
6.2.4.1 Projektziele	37
6.2.4.2 Geowissenschaftliches Erkundungsprogramm	39
6.2.4.3 Bewertung der Projekt-Ergebnisse durch die HSK	41
6.2.4.4 Beschluss des Bundesrates zum "Projekt Gewähr 1985"	42

	Seite	
6.2.5	Reserveoption Kristallin	43
6.2.6	Bewertung der Vorgehensweise Kristallin	44
6.3	Phase B - Sedimentprogramm: Untersuchung Sedimentgesteine, Konzentration auf Opalinuston und Untere Süßwassermolasse (USM)	46
6.3.1	Sedimentstudie - Zwischenbericht 1988 (NAGRA 1988)	46
6.3.2	Stellungnahmen von KNE und HSK zum Zwischenbericht 1988	49
6.3.3	Bewertung Phase B	51
6.4	Phase C - Sedimentprogramm: Festlegung auf Opalinuston und Zielgebiet Zürcher Weinland	52
6.4.1	Sedimentstudie - Zwischenbericht 1990 (NAGRA 1991)	52
6.4.1.1	Untersuchungen	52
6.4.1.2	Bewertung des Zwischenberichts 1990	53
6.4.1.3	Weiteres Vorgehen	54
6.4.1.3.1	Konzept für das weitere Verfahren im Zwischenbericht 1990	54
6.4.1.3.2	Bewertung des weiteren Vorgehens	55
6.4.2	Sedimentstudie - Zwischenbericht 1993 (NAGRA 1994a)	55
6.4.2.1	Untersuchungen und Ergebnisse	55
6.4.2.2	Bewertung des Zwischenberichts 1993	57
6.4.3	Lagebeurteilung durch die Verfahrensbeteiligten	58
6.5	Phase D - Sedimentprogramm: Festlegung des Bohrstandortes Benken	59
6.5.1	Sondiergesuch der NAGRA (NAGRA 1994b)	59
6.5.2	Behördliche Stellungnahmen zum Sondiergesuch	60
6.6	Zusammenfassende Bewertung des Verfahrensablaufs und Empfehlungen	61
7	Zitierte Schriften	67
8	Abkürzungsverzeichnis	72
Tab. 1	Wichtige Arbeiten/Entscheidungen von der Entwicklung des Entsorgungskonzeptes bis zur Sondierbohrung Benken und ihre Zuordnung zu den bei der Verfahrensbeurteilung unterschiedenen Auswahlphasen	33/34
Abb. 1	Vorgehensschritte im Rahmen des Sedimentprogramms mit Angabe der jeweiligen Aktivitäten und deren Ergebnissen sowie Lage der betrachteten Gebiete	47

Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte - AKEnd

Stellungnahme zum Auswahlverfahren Opalinuston im Zürcher Weinland

Zusammenfassung

Anlass und Auftrag

Die Schweizer Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) beabsichtigt, Ende des Jahres 2002 dem schweizerischen Bundesrat den Entsorgungsnachweis für die geologische Tiefenlagerung hochradioaktiver und langlebiger mittelradioaktiver Abfälle sowie abgebrannter Brennelemente vorzulegen. Der Entsorgungsnachweis besteht aus drei Einzelnachweisen: Sicherheitsnachweis, Standortnachweis und bautechnischer Nachweis. Er soll für das Wirtgestein Opalinuston geführt werden. Zur Vorbereitung des Standortnachweises ist im Bereich der Gemeinde Benken im an Deutschland grenzenden Zürcher Weinland bereits eine Erkundungsbohrung nieder gebracht worden.

Die Auswahl des Bohrstandortes und die - bei Gelingen des Standortnachweises - wahrscheinlich resultierende Identifizierung eines Standortgebietes für ein Tiefenlager^{+) in dieser Region sind Anlass von Protesten und Kritik in den grenznahen deutschen Gemeinden. Es wurde sogar der Verdacht erhoben, der Standort sei wegen seiner Nähe zur Grenze gewählt worden. Die Gemeinden haben den Wunsch geäußert, das Schweizer Auswahlverfahren von deutschen Behörden bzw. Experten überprüfen zu lassen. Die für gegenseitige Unterrichtung beim Bau und Betrieb grenznaher kerntechnischer Einrichtungen zuständige Deutsch-Schweizerische Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen (DSK) hat daraufhin beschlossen, durch den deutschen "Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AKEnd)" eine Stellungnahme zur Auswahl des Opalinustons im Zürcher Weinland erarbeiten zu lassen.}

Im Rahmen dieser Stellungnahme war anhand der über die verschiedenen Schritte des Auswahlverfahrens vorliegenden Unterlagen auftragsgemäß insbesondere zu beurteilen, "ob das Auswahlverfahren der guten internationalen Praxis entsprochen hat. Diese ist durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

^{+) Mit Inkrafttreten des in der parlamentarischen Behandlung befindlichen Kernenergiegesetzes werden in der Schweiz anstelle der Begriffes Endlager/Endlagerung die Begriffe Tiefenlager/Tiefenlagerung verwendet. Konzeptionell beziehen sich diese neuen Begriffe auf die "Kontrollierte geologische Langzeitlagerung"}

- breite Anlegung der Standortsuche,
- sukzessive Einengung in Frage kommender Gebiete an Hand geeigneter Kriterien,
- Nachvollziehbarkeit der Entscheide."

Verfahrensablauf

Der Ablauf des Auswahlverfahrens ist für die Verfahrensbeurteilung in folgende Abschnitte bzw. Arbeitsphasen mit weiteren Arbeitsschritten untergliedert worden:

Entwicklung des Entsorgungskonzeptes

Phase A - Kristallinprogramm: Auswahl, Untersuchung und Beurteilung Kristallin Nordschweiz

Phase B - Sedimentprogramm: Untersuchung Sedimentgesteine, Konzentration auf Opalinuston und Untere Süßwassermolasse (USM)

Phase C - Sedimentprogramm: Festlegung auf Opalinuston und Zielgebiet Zürcher Weinland

Phase D - Sedimentprogramm: Festlegung des Bohrstandortes Benken

Konzeptentwicklung und Kristallinprogramm waren zwar nicht ausdrücklicher Bestandteil des Auswahlverfahrens Opalinuston, sie stellen aber wesentliche Grundlagen für die nachfolgenden Verfahrensphasen dar. Das gilt insbesondere für das Kristallinprogramm. Ausgestaltung und Abarbeitung des Auswahlverfahrens insgesamt sind maßgeblich durch den Bundesbeschluss zum Atomgesetz vom 6. Oktober 1978 beeinflusst worden, mit dem ein Entsorgungsnachweis für die schweizerischen Kernkraftwerke gefordert wurde. Er sollte von der Nagra mit dem "Projekt Gewähr 1985" geführt werden. Das Sedimentprogramm (Phasen B bis D) wurde im wesentlichen durch das nur teilweise befriedigende Ergebnis des "Projektes Gewähr 1985" ausgelöst.

Beurteilung

Bei der Beurteilung des Auswahlverfahrens ist zu berücksichtigen, dass es vor gut 20 Jahren begonnen wurde. Damals gab es keine international allgemein verfolgte Vorgehensweise zur Standortauswahl im Sinne einer "guten internationalen Praxis". Zur Entwicklung international angewandter Verfahrensregeln ist es bis heute noch nicht gekommen. Vor diesem Hintergrund ist festzustellen:

Unter Einbeziehung der Konzeptentwicklung mit Betrachtung möglicher Wirtgesteinsformationen in der Schweiz und des Kristallinprogramms hat das Auswahlverfahren insgesamt durch schrittweise Einengung zu dem letztlich gewählten Wirtgestein Opalinuston und zur möglichen Standortregion Zürcher Weinland geführt. Die Forderung

gen nach breiter Anlage der Standortsuche und sukzessiver Einengung sind damit erfüllt.

Für das Kristallinprogramm gilt diese Aussage allerdings nur mit Einschränkungen. Der geforderte breite Ansatz der Standortsuche war nach der Konzeptentwicklung zwar beabsichtigt; im Vorfeld bzw. im Zuge des "Projektes Gewähr 1985" war ein differenziertes schrittweises Vorgehen mit systematischer Einengung auf Formationen und Untersuchungsräume dann jedoch nicht erkennbar. Vielmehr wurde dem Kristallin der Nordschweiz der Vorzug vor anderen Optionen nicht zuletzt deswegen gegeben, weil man davon auf Grund konzeptioneller Erfahrungen aus Schweden Vorteile für die Verfahrensabwicklung erwartete.

Auf das Gesamtergebnis des Auswahlverfahrens hat sich das Fehlen eines vorab festgelegten systematischen Einengungsprozesses im Vorfeld des Kristallinprogramms nicht nachteilig ausgewirkt, da im Laufe des weiteren Verfahrens letztlich alle Wirtgesteinsoptionen und Regionen der Schweiz betrachtet worden sind.

Das Vorgehen in den nachfolgenden Verfahrensphasen des Sedimentprogramms ist in wesentlichen Teilen gut nachvollziehbar und begründet. Dasselbe gilt für die im Zuge des Verfahrens getroffenen Entscheide.

Im Rückblick stellt sich der Ablauf von Auswahlverfahrens insgesamt als iterativer Prozess dar, bei dem die Nagra mit Planung und Untersuchung den Verfahrensgang vorgegeben hat. Die zuständigen schweizerischen Behörden, insbesondere die HSK bzw. der Bundesrat, haben - gestützt auf Aussagen der sie beratenden Institutionen - durch kritische Begleitung der Untersuchungen und Interpretation der erzielten Ergebnisse modifizierend in den Ablauf eingegriffen. Dieser Prozess ist zwar in Protokollen und anderen internen Papieren dokumentiert und konnte vom AKEnd nachvollzogen werden. Für nicht am Verfahren Beteiligte ist er jedoch schwierig nachzuvollziehen, da die Existenz der Unterlagen wahrscheinlich nicht allgemein bekannt war. Entsprechendes gilt für die Gründe einiger Verfahrensentscheidungen und die Umsetzung von Anregungen der beratenden Fachinstitutionen durch die Nagra.

Aus heutiger Sicht wäre es für die Nachvollziehbarkeit des Verfahrens durch Außenstehende daher vorteilhaft gewesen, wenn vorab eine verbindliche Verfahrensstruktur mit definierten Meilensteinen zur öffentlichen Diskussion von Zwischenergebnissen und des weiteren Vorgehens festgelegt worden wäre.

Die in den einzelnen Verfahrensphasen zur Einengung herangezogenen Argumente waren zwar nicht durchgängig in formale bzw. gar quantitative Kriterien gekleidet, doch waren die zugrundeliegenden Anforderungen unter Betonung der wesentlichen Sicherheitsaspekte klar formuliert und für die sicherheitsorientierte Einengung geeignet. Insofern ist auch die Forderung nach sukzessiver Einengung an Hand geeigneter

ter Kriterien erfüllt. Die Auswahl des Opalinustons als Wirtgestein und des Zürcher Weinlands als mögliche Standortregion ist somit unter Sicherheitsaspekten als gerechtfertigt anzusehen.

Im Zusammenhang mit der Bewilligung von geowissenschaftlichen Untersuchungen haben die in der Schweiz vorgeschriebene umfassende Beteiligung der von den geplanten Maßnahmen betroffenen Personen und Gebietskörperschaften sowie eine umfangreiche Information der allgemeinen Öffentlichkeit stattgefunden. Information und Beteiligung gingen und gehen über das in manchen anderen Staaten noch heute übliche Maß hinaus.

Eine deutliche Inkonsistenz weist das Auswahlverfahren im Hinblick auf die in einzelnen Phasen verfolgten Ziele auf. Es war mit der Konzeptentwicklung aufgenommen worden, um einen Standort für die Errichtung eines Endlagers zu identifizieren. Mit dem "Projekt Gewähr 1985" trat dann die Führung des Standortnachweises für einen (allerdings mit realistischen Daten zu beschreibenden) "Modellstandort" als Bestandteil des 1978 mit Bundesbeschluss geforderten Entsorgungsnachweises in den Vordergrund. Standortnachweis und Auswahl eines konkreten Standortes zur Errichtung eines Endlagers wurden wegen der Dringlichkeit des Entsorgungsnachweises zeitlich entkoppelt.

Nach Abschluss des "Projektes Gewähr 1985" bestand zur Führung des Standortnachweises kein Zeitdruck mehr. Nachdem der schweizerische Bundesrat mit Beschluss zum "Projekt Gewähr 1985" vom 3. Juni 1988 der Nagra aufgegeben hatte, ihre Forschungsarbeiten auf Sedimente auszudehnen und dabei andere als die bis dahin betrachteten Regionen einzubeziehen, hätte die Entkoppelung von Standortnachweis und Auswahl eines konkreten Standortes also aufgehoben werden müssen. Erst 1996 wurde jedoch durch die zuständigen Institutionen ein klarer innerer Zusammenhang zwischen diesen beiden Zielsetzungen hergestellt. Zu diesem Zeitpunkt war der Auswahlprozess bereits weit fortgeschritten. Bis dahin waren die Sedimentuntersuchungen unter der Zielsetzung Entsorgungsnachweis gelaufen. Zumindest für Teile der deutschen Bevölkerung in der an das Zürcher Weinland angrenzenden Region herrschte daher der Eindruck vor, dass der Standortnachweis Ziel der Untersuchungen sei.

Die frühzeitige eindeutige Definition der Zielsetzung ist für die Öffentlichkeit deswegen so bedeutsam, weil das Beteiligungsinteresse von Personen, Personengruppen und der allgemeinen Öffentlichkeit, aber auch von Gebietskörperschaften, an Bewilligungsverfahren für vorbereitende Handlungen nicht zuletzt davon abhängig ist, welche Konsequenzen letztlich mit der Erkundungsmaßnahme verbunden sein können. Die Einschätzung dieser Konsequenzen bestimmt maßgeblich den Grad der subjektiven Betroffenheit und damit das Interesse an der Teilnahme an einem Verfahren mit. Daraus ergeben sich auch Konsequenzen für Art und Umfang der Information

und Beteiligung der Öffentlichkeit. Hier bestehen zwischen den Zielsetzungen "Standortnachweis im Rahmen des Entsorgungsnachweises" und "Identifizierung einer Standortregion für die spätere Benennung des tatsächlichen Endlagerstandortes" zweifellos erhebliche Unterschiede, die in der Vergangenheit nicht klar genug dargestellt wurden.

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.

Empfehlungen

Die erwähnten Unklarheiten hinsichtlich der Begründungen für bestimmte Entscheidungen und der Umsetzung von Verfahrens Anregungen durch die Nagra erschweren das Nachvollziehen des Verfahrens durch nicht unmittelbar Beteiligte. Sie sollten von den zuständigen Institutionen durch eine zusammenfassende Darstellung des Verfahrensablaufes mit den Begründungen für die getroffenen Entscheidungen in einem Kurzbericht für die allgemeine Öffentlichkeit beseitigt werden. Dabei sollte insbesondere auf den Stellenwert von Reserveoptionen im weiteren Entscheidungsprozess eingegangen werden.

Die Unschärfen bzw. Veränderungen in der Zielsetzung des Auswahlverfahrens wirken sich auf die Verfahrenstransparenz und die Nachvollziehbarkeit von Entscheidungen nachteilig aus. Sie bilden wahrscheinlich eine Ursache für die Kritik der deutschen Gebietskörperschaften am Ergebnis der Auswahl und für ihren Protest. Die verantwortlichen Institutionen sollten daher insbesondere die deutsche Öffentlichkeit über die genauen Ziele des Auswahlverfahrens ("modellhafter" Standortnachweis oder/und Auswahl eines konkreten Endlagerstandortes) und seine möglichen Konsequenzen unterrichten und gezielt in die weiteren Verfahrensschritte einbeziehen. Dabei ist auch auf die technischen und rechtlichen Unterschiede zwischen schweizerischen und deutschen Bewilligungs- bzw. Genehmigungsverfahren hinzuweisen. Hieran sollten sich auch die zuständigen deutschen Institutionen beteiligen.

1 Anlass und Auftrag

Die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) beabsichtigt, Ende des Jahres 2002 dem schweizerischen Bundesrat den Entsorgungsnachweis für die geologische Tiefenlagerung hochradioaktiver und langlebiger mittelradioaktiver Abfälle sowie abgebrannter Brennelemente im Opalinuston des Zürcher Weinlandes vorzulegen. Der Entsorgungsnachweis besteht aus drei Einzelnachweisen: Sicherheitsnachweis, Standortnachweis und bautechnischer Nachweis.

Ursprünglich waren die Untersuchungen für den Entsorgungsnachweis auf kristalline Gesteine der Nordschweiz gerichtet. Für diese Option waren von der Nagra im Rahmen des "Projektes Gewähr 1985" der Sicherheitsnachweis und der bautechnische Nachweis erbracht und vom schweizerischen Bundesrat anerkannt worden. Der Standortnachweis konnte dagegen nicht geführt werden. Der Bundesrat verlangte daher in seiner Beurteilung des "Projektes Gewähr 1985" von der Nagra die Ausdehnung der Untersuchungen für den Entsorgungsnachweis auf Sedimentgesteine (BUNDESRAT 1988). Die Kristallin-Arbeiten der Nagra liefen daraufhin im Jahre 1998 aus. Zuvor war das Mettauertal im nördlichen Kanton Aargau als Region identifiziert worden, in der die Untersuchungen bei Bedarf wieder aufgenommen werden könnten. Das Kristallin der Nordschweiz wird heute als Reserveoption betrachtet.

Die Forderung des Bundesrates von 1988 führte zur Prüfung verschiedener Sedimentgesteinsoptionen durch die Nagra. Für den heute als Wirtgestein für das geologische Tiefenlager vorgesehenen Opalinuston, eine ca. 100 m mächtige Tonsteinserie des Mittleren Jura, liegt noch keiner der genannten Einzelnachweise vor. Die für den Sicherheitsnachweis und den bautechnischen Nachweis erforderlichen Untersuchungen dieser Gesteinsformation werden unter anderem im Felslabor Mont Terri (Kanton Jura) durchgeführt. Für detailliertere Untersuchungen (Seismik, Tiefbohrung Benken) zur Führung des Standortnachweises wurde nach schrittweiser Einengung die an Deutschland grenzende Region Zürcher Weinland ausgewählt.

Die Auswahl dieser Region und die - bei Gelingen des Standortnachweises - wahrscheinlich resultierende Ausweisung eines Standortes für ein Tiefenlager in dieser Region sind Anlass von Protesten und Kritik in den grenznahen deutschen Gemeinden. Am 29. Januar 2001 lud das schweizerische Bundesamt für Energie (BFE) die umliegenden Gemeinden und Kreise zur einer Informationsveranstaltung ein. Dort wurde von Vertretern deutscher Gemeinden der Wunsch geäußert, das Schweizer Auswahlverfahren von deutschen Behörden bzw. Experten überprüfen zu lassen.

Dieser Wunsch wurde vom Bundesumweltministerium aufgegriffen und an die Deutsch-Schweizerische Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen (DSK) herangetragen. Die DSK ist zur Durchführung der zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Schweizer Eidgenossenschaft bestehenden völker-

rechtlichen Vereinbarung über die gegenseitige Unterrichtung beim Bau und Betrieb grenznaher kerntechnischer Einrichtungen gegründet worden. Die DSK hat beschlossen, durch den deutschen Arbeitskreis "Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AKEnd)" eine Stellungnahme zur Auswahl des Opalinustons im Zürcher Weinland erarbeiten zu lassen.

Die Beurteilung der Auswahl erfolgt anhand der über die verschiedenen Schritte des Auswahlverfahrens dem AKEnd vorliegenden Unterlagen. Es ist festzustellen (HSK 2001a), "ob das Auswahlverfahren der guten internationalen Praxis entsprochen hat. Diese ist durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- breite Anlegung der Standortsuche,
- sukzessive Einengung in Frage kommender Gebiete an Hand geeigneter Kriterien,
- Nachvollziehbarkeit der Entscheide."

Der vorliegende Bericht enthält eine kurze Darstellung der Rahmenbedingungen für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in der Schweiz sowie Grundzüge des Schweizer Auswahlverfahrens. Kernstück ist die Darstellung und Beurteilung der Verfahrensphasen und -schritte, die letztlich zur Konzentration auf das Wirtgestein Opalinuston in der Standortregion Zürcher Weinland geführt haben.^{*)} Insgesamt werden dabei folgende Verfahrensabschnitte und -phasen mit weiteren Verfahrensschritten unterschieden:

Entwicklung des Entsorgungskonzeptes

Phase A - Kristallinprogramm: Auswahl, Untersuchung und Beurteilung Kristallin Nordschweiz

Phase B - Sedimentprogramm: Untersuchung Sedimentgesteine, Konzentration auf Opalinuston und Untere Süßwassermolasse (USM)

Phase C - Sedimentprogramm: Festlegung auf Opalinuston und Zielgebiet Zürcher Weinland

Phase D - Sedimentprogramm: Festlegung des Sondierstandortes Benken

Der Schwerpunkt der Betrachtungen liegt auf den drei Phasen des Sedimentprogramms. Die Entwicklung des Endlagerkonzeptes erleichtert das Verständnis der späteren Verfahrensschritte und wird daher in Kapitel 3 der Vollständigkeit halber kurz dargestellt. Das Kristallinprogramm diente der Identifizierung eines Modellstandortes für den Standortnachweis für ein Endlager für hochradioaktive und langlebige mittlradioaktive Abfälle. Es ist für das Verständnis des Gesamtverfahrens, insbesondere die breite Anlage der Standortsuche, unerlässlich und wird daher in

^{*)} Zur Abklärung der Sachverhaltsdarstellungen in diesem Bericht haben mit Nagra und HSK als den am Verfahren hauptsächlich beteiligten Institutionen zwei Abklärungsgespräche stattgefunden.

wesentlichen Grundzügen in Kapitel 6.2 behandelt; Vollständigkeit der Darstellung wird dabei nicht angestrebt.

Die einzelnen Phasen bzw. die damit verbundenen Entscheidungen und das Gesamtverfahren sind unter Beachtung der Merkmale der "guten internationalen Praxis" daraufhin zu prüfen, ob sie formal und inhaltlich schlüssig und nachvollziehbar sind. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich wichtige internationale Grundregeln für Standortauswahl und -beurteilung erst deutlich nach der Entwicklung und Inangriffnahme des Schweizer Auswahlverfahrens herauskristallisiert haben. Ein international allgemein akzeptiertes, differenziertes Regelwerk zum Vorgehen bei der Standortauswahl existiert bis heute nicht.

2 Rahmenbedingungen der Entsorgung hochradioaktiver und langlebiger mittelradioaktiver Abfälle in der Schweiz

Kernenergieprogramm

In der Schweiz gibt es fünf Kernkraftwerke mit einer Gesamtkapazität von 3,2 GWe. Ihr Beitrag zur schweizerischen Stromproduktion liegt bei etwa 40 %. Die Kraftwerke sind zwischen 1969 und 1984 in Betrieb gegangen. Die Kraftwerke sind für eine Betriebsdauer von 40 Jahren ausgelegt. Ihre Betriebsdauer ist jedoch unbefristet genehmigt. Gegenwärtig wird diskutiert, eine Verlängerung der Betriebszeit über 40 Jahre hinaus von einem Bundesbeschluss mit fakultativem Referendum abhängig zu machen (BUNDESRAT 2001).

Abgebrannte Brennelemente werden in England und Frankreich wiederaufgearbeitet. Die Wiederaufarbeitung soll mit Verabschiedung des neuen Kernenergiegesetzes (s.u.: Rechtlicher Rahmen) verboten werden (BFE 2000).

Abfälle aus dem Kraftwerksbetrieb werden gegenwärtig an den Kraftwerksstandorten zwischengelagert. Für Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung bestehen Lagermöglichkeiten im Bundeszwischenlager (BZL) und beim Paul-Scherrer-Institut (Forschungsreaktor). Mit dem Bau des zentralen Zwischenlagers (ZWILAG) steht für alle Abfälle, einschliesslich derer aus den Wiederaufarbeitungsanlagen, bis zur endgültigen Verbringung in Tiefenlager (s.u.: Rechtlicher Rahmen) genügend Zwischenlagerkapazität zur Verfügung.

Abfälle

Unter Annahme einer Betriebszeit der Kraftwerke von 40 Jahren (s.o.: Kernenergieprogramm) und bei Wiederaufarbeitung von - entsprechend bestehenden Wiederaufarbeitungsverträgen - 1.000 t Uranoxid werden folgende Abfallvolumina zu entsorgen sein (EKRA 2000):

- 75.300 m³ schwach- und mittelradioaktive Abfälle, einschliesslich 4.000 m³ Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung (Abfallkategorie SMA),
- 2.000 m³ langlebige mittelradioaktive Abfälle, vor allem aus der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente (Abfallkategorie LMA),
- 4.130 m³ hochradioaktive Abfälle (Abfallkategorie HAA), davon 4.000 m³ abgebrannte Uran- und MOX-Brennelemente.

Die Abfälle der Kategorie SMA einerseits sowie die Abfälle der Kategorien LMA und HAA sollen in zwei Tiefenlagern entsorgt werden (Kap. 3.3). Dabei gilt der Grundsatz der Entsorgung in der Schweiz. Für die Abfallkategorien LMA und HAA wird allerdings die Entsorgung im Ausland im Rahmen einer internationalen Lösung nicht aus-

geschlossen.

Rechtlicher Rahmen

Rechtsgrundlage für die Entsorgung radioaktiver Abfälle aus der Energieerzeugung ist das Atomgesetz von 1959 (Bundesgesetz über die friedliche Verwendung der Atomenergie und den Strahlenschutz). Danach sind Genehmigung und Aufsicht von kerntechnischen Anlagen Aufgaben der schweizerischen Bundesbehörden. Konkrete Entsorgungsregelungen enthält das Gesetz nicht. Es befindet sich in der Neugestaltung als Kernenergiegesetz (s.u.).

Auf Grund eines Bundesbeschlusses zum Atomgesetz aus dem Jahr 1978 (BUNDESBESCHLUSS 1978) ist die Erteilung der Betriebsbewilligung für Kernkraftwerke an einen Entsorgungsnachweis gebunden (s.u.: Entsorgungsnachweis). Zugleich wurde darin die Endlagerung als abschließender Entsorgungsweg festgeschrieben. Die Entsorgungspflicht wird den Abfallerzeugern zugewiesen. Sie haben auch die Kosten zu tragen. Der Bund behält sich allerdings das Recht vor, im Bedarfsfall die Abfälle auf Kosten der Erzeuger selbst zu entsorgen. Er ist zudem für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung zuständig.

Das Atomgesetz soll durch das Kernenergiegesetz ersetzt werden, das sich gegenwärtig im Gesetzgebungsprozess befindet. Das Kernenergiegesetz wird mit Einführung des Konzeptes der "kontrollierten geologischen Langzeitlagerung" die Möglichkeit einräumen, der abschließenden Endlagerung eine Phase der Lagerbeobachtung mit erleichteter Rückholung von Abfällen voranzustellen (Kap. 3.2). Folgerichtig ist im Gesetzentwurf nicht mehr von Endlagerung die Rede, sondern von geologischer Tiefenlagerung. Das Gesetz regelt auch die Bereitstellung der langfristig erforderlichen finanziellen Ressourcen für die Entsorgung und die Realisierung der Tiefenlagerung.

Das Strahlenschutzgesetz von 1991 schreibt im Hinblick auf die Entsorgung radioaktiver Abfälle vor, dass in der Schweiz erzeugte Abfälle auch dort beseitigt werden müssen. Unter besonderen Bedingungen sind allerdings Ausnahmen möglich.

Wichtigstes technisches Regelwerk für die Endlagerung radioaktiver Abfälle ist die Richtlinie R-21 "Schutzziele für die Endlagerung radioaktiver Abfälle" von 1993 (HSK/KSA 1993). Die Erstfassung stammt aus dem Jahr 1980 (HSK/KSA 1980). Darin werden nicht nur die radiologischen Schutzziele für die Endlagerung genannt, sondern auch konzeptionelle Vorgaben für die Endlagerung gegeben (Kap. 4).

Verbindliche Regelungen für die Auswahl von Endlagerstandorten enthält die Richtlinie nicht. Auf die Festlegung von Kriterien zur Standortwahl wurde vielmehr verzichtet, um dem Antragsteller Flexibilität bei der Auslegung des Endlagers einzuräumen (NAGRA 1988).

Zuständige Institutionen, Behörden

Bewilligungen (Genehmigungen) für Endlager (und andere Kernanlagen) sowie für die notwendigen erdwissenschaftlichen Untersuchungen, sogenannte "vorbereitende Handlungen" (s.u.: Bewilligungsverfahren u. 5.3), erteilt der schweizerische Bundesrat. Federführend ist das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK). Das nachgeordnete Bundesamt für Energie (BFE) ist für die Durchführung und Organisation von Genehmigungsverfahren zuständig. Regelungs- und Aufsichtsbehörde ist die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) am BFE. Sie legt außerdem die Anforderungen an Endlager fest und beurteilt die Antragsunterlagen.

Die genannten Institutionen werden durch verschiedene Beratungsgremien unterstützt. Zu nennen sind insbesondere die Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung (AGNEB), die Kommission Nukleare Entsorgung (KNE) und die Eidgenössische Kommission für die Sicherheit der Kernanlagen (KSA).

Verantwortlich für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle sind die Abfallverursacher. Sie haben dazu 1972 die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) gegründet. Genossenschafter sind die Energieerzeugungsunternehmen und der für die Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung verantwortliche Bund (vertreten durch das Eidgenössische Departement des Innern). Die Nagra betreibt Forschung und Entwicklung auf dem Endlagersektor und ist für die Standortauswahl sowie für den Entsorgungsnachweis zuständig. Für Errichtung und Betrieb von Entsorgungsanlagen werden besondere lokale Betreiberinstitutionen gegründet, die bereits für die Antragstellung zuständig sind (z.B. für das geplante geologische SMA-Tiefenlager Wellenberg die "Genossenschaft für Nukleare Entsorgung Wellenberg, GNW").

Entsorgungsnachweis

Zur Zeit der Entwicklung des Entsorgungskonzeptes durch Kraftwerksbetreiber und Nagra (VSE et al. 1978) hat in der Schweiz eine intensive Diskussion über die Nutzung der Kernenergie im Allgemeinen und die Konkretisierung des Atomgesetzes im Hinblick auf die Entsorgung im Besonderen stattgefunden. Sie hat sich 1978 im erwähnten Bundesbeschluss zum Atomgesetz (s.o.: Rechtlicher Rahmen) niedergeschlagen, in dem der Entsorgungsnachweis für Kernkraftwerke gefordert wird. Auf Grund dieses Beschlusses hat die Erteilung der Betriebsbewilligungen für Kernkraftwerke zur Voraussetzung, dass die "dauernde, sichere Entsorgung und Endlagerung der radioaktiven Abfälle gewährleistet ist". Dieser Entsorgungsnachweis umfasst

- den Sicherheitsnachweis, der zeigen soll, dass in der Schweiz die Endlagerung radioaktiver Abfälle entsprechend den Schutzziele und Anforderungen der Richtlinie R-21 (s. Rechtlicher Rahmen und Kap. 4.1) sicher möglich ist,

- den Standortnachweis, mit dem der Nachweis der dauernden, sicheren Entsorgung und Endlagerung für einen bestimmten Standort zu führen ist,
- den bautechnischer Nachweis, mit dem zu belegen ist, dass aus bautechnischer Sicht keine Bedenken gegen die Erstellung eines Endlagers bestehen.

Für die bereits in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke hat das Eidgenössische Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement (EVED, heute UVEK) 1979 ergänzend verfügt, dass "erteilte Betriebsbewilligungen entfallen, wenn bis 31. Dezember 1985 kein Projekt vorliegt, welches für die sichere Entsorgung und Endlagerung der aus den Kernkraftwerken stammenden radioaktiven Abfälle Gewähr bietet."

Die Forderung nach dem Entsorgungsnachweis war der Anstoß für das "Projekt Gewähr 1985" der Nagra, in dessen Rahmen der Entsorgungsnachweis geführt werden sollte (s.u.: Stand der Endlagerung).

Bewilligungsverfahren

Die Realisierung von Endlagern bedarf der Bewilligung durch den schweizerischen Bundesrat (BUNDESBESCHLUSS 1978). Das Bewilligungsverfahren wird phasenweise abgewickelt: Rahmenbewilligung, Bewilligungen für Bau, Betrieb und Verschluss des Endlagers (Kap. 5.3). Die Rahmenbewilligung erfordert - nach Vorbereitung durch den Bundesrat - zusätzlich die Zustimmung des Parlaments. Der Bewilligung durch den Bundesrat bedürfen auch die im Vorfeld der einzelnen Phasen zur Realisierung von Endlagern erforderlichen Untersuchungen, die sogenannten "vorbereitende Handlungen" (VERORDNUNG 1979 bzw. VERORDNUNG 1989; Kap. 5.3). Hierunter fallen auch die im Zusammenhang mit der Standortauswahl für ein HAA/LMA-Tiefenlager bisher durchgeführten geowissenschaftlichen Vorarbeiten und Erkundungsmaßnahmen. Je nach Rechtslage in den Kantonen (z.B. im Bergrecht) kann die Zustimmung des betreffenden Kantons für einzelne Bewilligungen erforderlich sein.

Stand der Endlagerung

Nachdem der schweizerische Bundesrat den Betrieb der Kernkraftwerke vom Nachweis der Entsorgung der dabei anfallenden radioaktiven Abfälle abhängig gemacht hatte (s.o.: Entsorgungsnachweis), hat die Nagra das "Projekt Gewähr 1985" geplant und durchgeführt. Damit sollte bis Ende 1985 gezeigt werden, dass die sichere Endlagerung aller Kategorien radioaktiver Abfälle in der Schweiz möglich ist.

Die von der Nagra 1985 vorgelegten Ergebnisse (Kap. 6.2.4.2) sind vom Bundesrat 1988 wie folgt beurteilt worden (BUNDESRAT 1988):

- Für schwach- und mittelradioaktive Abfälle ist der vollständige Entsorgungsnachweis erbracht worden (Standortnachweis für den Standort Oberbauenstock im Kanton Uri).
- Für hochradioaktive Abfälle und mittelradioaktive Abfälle mit langlebigen Radionukliden sind der Sicherheitsnachweis und der bautechnische Nachweis erbracht worden, und zwar für die Endlagerung in kristallinen Gesteinen der Nordschweiz. Der Standortnachweis konnte nicht geführt werden.

Die Voraussetzungen für den Weiterbetrieb von Kernkraftwerken bzw. die Erteilung neuer Betriebsbewilligungen wurden damit als erfüllt betrachtet. Für den noch ausstehenden Standortnachweis für das Endlager für hochradioaktive Abfälle und mittelradioaktive Abfälle mit langlebigen Radionukliden wurde keine Frist festgesetzt.

Für die Endlagerung kurzlebiger schwach- und mittelradioaktiver Abfälle hat die Nagra 1993 den Standort Wellenberg im Kanton Nidwalden benannt. 1994 wurde der Antrag auf Rahmenbewilligung gestellt. In einer Volksentscheid im Kanton Nidwalden ist die Zustimmung zur (vom Bundesrat und den zuständigen Fachinstitutionen befürworteten) Rahmenbewilligung im Jahre 1995 jedoch abgelehnt worden. Der Bundesrat hat das Verfahren daraufhin ausgesetzt. Gegenwärtig läuft ein neues Bewilligungsverfahren für die untertägige Standorterkundung mit einem Sondierstollen. Die Abstimmung der Kantonsbevölkerung über den Antrag ist für das Jahr 2002 vorgesehen.

Bei der Entsorgung der hochradioaktiven und langlebigen mittelradioaktiven Abfälle war es nach Ansicht des Bundesrates bzw. der ihn beratenden Institutionen, insbesondere der HSK (1986), nach dem "Projekt Gewähr 1985" offen, ob in den bis dahin bevorzugt betrachteten kristallinen Gesteinen der Nordschweiz überhaupt ein ausreichend großer geeigneter Gesteinskomplex nachgewiesen werden könnte. Der Bundesrat verpflichtete die Nagra deshalb, ihre Untersuchungen zur Endlagerung hochradioaktiver und langlebiger mittelradioaktiver Abfälle auf Sedimentgesteine auszuweiten (BUNDESRAT 1988).

Nach einer Phase der schrittweisen Prüfung verschiedener Sedimentgesteinsformationen, zuletzt Untere Süßwassermolasse und Opalinuston, konzentrieren sich die Untersuchungen der Nagra zur Auswahl des Standortes für ein HAA/LMA-Tiefenlager heute auf den Opalinuston. Nach flächendeckender seismischer Erkundung eines 50 km² großen Untersuchungsgebietes im Zürcher Weinland (Kanton Zürich) mittels 3D-Seismik wurde dort bei Benken in den Jahren 1998 und 1999 eine Sondierbohrung zur Charakterisierung des Opalinustons niedergebracht. Die Ergebnisse sind im Hinblick auf einen Standort für ein Endlager bzw. HAA/LMA-Tiefenlager ermutigend.

Für ein Tiefenlager im Opalinuston sind noch alle Einzelnachweise des Entsorgungsnachweises, also auch der Sicherheitsnachweis und der bautechnische Nachweis, zu führen. Untersuchungen im Opalinuston zur Vorbereitung dieser Nachweise werden unter anderem im Felslabor Mont Terri (Kanton Jura) durchgeführt. Die Nagra beabsichtigt, den vollständigen Entsorgungsnachweis dem Bundesrat im Jahr 2002 vorzulegen.

3 Entsorgungskonzept für hochradioaktive und langlebige mittelradioaktive Abfälle

3.1 Entwicklung

Nach einleitenden Untersuchungen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle ab Ende der sechziger Jahre haben die Energieversorgungsunternehmen und die Nagra erstmals 1978 ein geschlossenes Entsorgungskonzept vorgelegt (VSE et al. 1978).

Unter Endlagerung wurde die definitive Beseitigung der radioaktiven Abfälle außerhalb des Lebensraumes der Menschen verstanden. In der Formulierung "außerhalb des Lebensraumes" kommt zum Ausdruck, dass damals für schwach- und mittelradioaktive Abfälle noch die Entsorgung im Meer erwogen (Meeresboden) bzw. praktiziert (Versenkung: 1969 bis 1982) wurde. 1983 wurde endgültig entschieden, für alle Abfälle eine Endlagermöglichkeit in der Schweiz zu suchen (NAGRA 1983), wenngleich eine internationale Entsorgungslösung nicht ausgeschlossen wurde.

Die Endlagerung radioaktiver Abfälle an der Erdoberfläche ist vor allem wegen der hohen Besiedlungsdichte und Nutzungsintensität in der Schweiz nie ernstlich in Erwägung gezogen worden (VSE et al. 1978). Unter Endlagerung wurde also praktisch von Anfang die Lagerung in geologischen Formationen verstanden, und zwar in neu zu erstellenden Bergwerken. Lediglich für verglaste hochaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung war anfangs noch die Endlagerung in tiefen Bohrlöchern erwogen und geprüft worden (VSE et al. 1978, NAGRA 1980c). Diese Option ist 1983 endgültig aufgegeben worden (NAGRA 1983).

Die ursprüngliche Planung sah drei Endlagertypen mit unterschiedlicher technischer Ausgestaltung und unterschiedlicher Tiefenlage für unterschiedliche Abfallkategorien vor (VSE et al. 1978). Seit 1985 sind nur noch zwei Endlager vorgesehen (NAGRA 1985b; Kap. 3.3).

Für das Endlager für hochradioaktive und langlebige mittelradioaktive Abfälle sind von der Nagra (NAGRA 1985a) folgende Festlegungen getroffen worden:

- Endlagerung in tiefen geologischen Formationen (einige hundert Meter im Wirtgestein),
- bergmännisch errichtete Strecken (Bergwerk),
- begrenzte Tiefe, max. 1.200 m wegen des Einflusses der Gebirgstemperatur,
- Abstand von 1.500 bis 2.000 m zu postmesozoischen Störungszonen,
- vollständiger Einschluss für mindestens 1.000 Jahre, erreichbar durch technische Barrieren,

- zusätzlich Isolation für einige 10.000 Jahre, erreichbar durch technische und natürliche Barrieren.

Die Endlagerkonzeption folgte von Anfang an dem Mehrbarrierenprinzip mit - in Abhängigkeit vom Endlagertyp - unterschiedlichen technischen Barrieren und unterschiedlicher relativer Bedeutung der technischen und natürlichen Barrieren. Dabei wurde zwischen Freisetzungsbarrrieren und Zeitbarrieren unterschieden (NAGRA 1985c). Freisetzungsbarrrieren begrenzen wirksam die Freisetzung radioaktiver Stoffe aus dem Endlager, während Zeitbarrieren den Eintritt der radioaktiven Stoffe in die Biosphäre wirksam verzögern.

Bei der Endlagerung hochaktiver und langlebiger mittelaktiver Abfälle wurde und wird dem Sicherheitsbeitrag der natürlichen Barrieren besondere Bedeutung zugemessen (VSE et al. 1978). Im einzelnen kommen ihnen folgende wesentliche Schutzfunktionen zu (NAGRA 1988):

- Überdeckung: Schutz vor unbeabsichtigtem menschlichen Zugriff,
- Tiefenlage: Schutz vor Erosion,
- stabile Gesteinsscholle: Schutz vor tektonischer Beanspruchung.

Das Barrierensystem muss seine Funktion nach Verschluss des Endlagers wartungsfrei, also passiv, erfüllen (HSK/KSA 1993: Richtlinie R-21).

Die Rückholbarkeit von Abfällen aus dem Endlagerbergwerk ist nach den einschlägigen Regeln zwar nicht ausgeschlossen, war aber bis in die jüngste Vergangenheit ausdrücklich nicht Bestandteil der verfolgten Endlagerkonzepte. Nach Richtlinie R-21 (HSK/KSA 1993) sollen Endlager nach Aufnahme der vorgesehenen Abfallmengen auf jeden Fall innerhalb weniger Jahre verschlossen werden können. Maßnahmen zur Erleichterung der Rückholung oder zur Überwachung der Anlage dürfen nicht zu Sicherheitseinbußen führen.

Ausgelöst durch die politische Diskussion über die Zukunft der Kernenergie bzw. die Novellierung des Atomgesetzes (Kap. 2) und über den Standort für das Endlager für schwach- und mittelaktive Abfälle (Wellenberg, Kanton Nidwalden) hat sich seit Mitte der neunziger Jahre eine konzeptionelle Entwicklung weg von der "baldigen" Endlagerung ergeben. Im Jahr 2000 hat die "Expertengruppe Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle (EKRA)" ihren Bericht mit dem Konzept der "kontrollierten geologischen Langzeitlagerung" vorgestellt (Kap. 3.2), der im Auftrag des Vorstehers des Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) erarbeitet wurde (EKRA 2000).

3.2 Kontrollierte geologische Langzeitlagerung (KGL)

Die kontrollierte geologische Langzeitlagerung wird im Entwurf zum neuen Kernenergiegesetz, das sich gegenwärtig in der parlamentarischen Beratung befindet (Kap. 2), unter der Bezeichnung "geologische Tiefenlagerung" als verbindliches Entsorgungskonzept für die radioaktiven Abfälle in der Schweiz vorgeschlagen. Kernstück ist nach wie vor die Endlagerung der Abfälle in tiefen geologischen Formationen (Kap. 3.1); denn nur durch die passive Sicherheit bei der Endlagerung nach dem Mehrbarrierenprinzip können Mensch und Umwelt auf Dauer zuverlässig vor den Abfällen geschützt werden (EKRA 2000). Allerdings wird dem in der Gesellschaft artikulierten Bedürfnis nach Kontrolle der Lagerfunktionen und Reversibilität der Endlagerung durch Einführung einer Phase der Lagerüberwachung und technisch einfacher Rückholbarkeit der Abfälle Rechnung getragen. Die Dauer dieser Phase ist (noch) nicht definiert.

Das kontrollierte geologische Langzeitlager besteht aus drei Einheiten:

Das **Hauptlager** nimmt den überwiegenden Anteil der Abfälle auf. Es wird abschnittsweise verfüllt und versiegelt, sobald die vorgesehenen Abfälle eingelagert worden sind. Das Lager soll so ausgelegt werden, dass die Rückholung der Abfälle technisch einfach bleibt.

Das **Testlager** wird als erster Teil der Gesamtanlage errichtet und als Untertagelabor betrieben. Die Ergebnisse dienen der Absicherung von Modellvorstellungen zur Langzeitsicherheit des Endlagers und damit als Grundlage der für die Betriebsbewilligung erforderlichen Nachweise.

Im **Pilotlager** wird ein repräsentativer Teil des Gesamtinventars gelagert. Die technischen Barrieren werden über die Betriebszeit des Hauptlagers hinaus überwacht. Geeignete Untersuchungen dienen der abschließenden Bestätigung von Modellannahmen im Rahmen des Nachweises der Langzeitsicherheit. Die erzielten Erkenntnisse bilden außerdem die Grundlage für die "tournusmäßig" zu treffende Entscheidung, ob das Lager endgültig verschlossen oder weiter überwacht werden soll, ob die technischen Barrieren im Hauptlager überprüft und gegebenenfalls repariert werden müssen oder gar die Rückholung von Abfällen erforderlich ist.

Das Konzept der kontrollierten geologischen Langzeitlagerung gilt für beide heute verfolgten Endlagertypen (Kap. 3.3). Es erfährt derzeit seine konkrete Ausgestaltung am Beispiel des geplanten Endlagers für schwach- und mittelaktive Abfälle Wellenberg, indem die in den einzelnen Lagerteilen durchzuführenden Untersuchungen und Maßnahmen sowie das etappenweise Vorgehen bis zum Verschluss des Lagers entwickelt werden.

3.3 Endlagertypen

Die in der Schweiz zu entsorgenden Abfälle wurden zu Beginn der konkreten Endlagerplanung nach Herkunft, Strahlungsintensität bzw. Radiotoxizität sowie Halbwertszeit charakteristischer Nuklide und erforderlichem Isolationszeitraum in drei Kategorien eingeteilt und drei Endlagertypen mit bestimmten Abfallinventaren zugeordnet (VSE et al. 1978):

Endlager Typ A

Im wesentlichen für schwachradioaktive Abfälle mit kurzlebigen Radionukliden aus Kraftwerksbetrieb, Stilllegung bzw. Abbruch von Kernkraftwerken sowie aus Medizin, Industrie und Forschung (Abfallkategorie I). Der erforderliche Zeitraum für die Isolation der Abfälle von der Biosphäre wurde im Bereich einiger Jahrzehnte gesehen. Das Lager sollte in oberflächennahen Kavernen oder Bunkern untergebracht werden. Der entscheidende Sicherheitsbeitrag sollte von den technischen Barrieren geleistet werden.

Endlager Typ B

Für schwach- und mittelradioaktive Abfälle aus Kraftwerksbetrieb und Forschung mit einem Isolationsbedarf von einigen hundert Jahren (Abfallkategorie II). Das Endlager soll in geologischen Formationen errichtet werden und die Radionuklide für mindestens 500 Jahre von der Biosphäre isolieren.

Endlager Typ C

Für hochradioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung mit langlebigen Radionukliden (Abfallkategorie III). Das Endlager soll in tiefliegenden geologischen Formationen eingerichtet werden und die sichere Isolation der Abfälle für einen Zeitraum von mindestens 10.000 Jahren gewährleisten.

Zu Beginn der Endlagerplanungen wurde die größte Dringlichkeit für die Errichtung eines Endlagers bei den schwach- und mittelradioaktiven Betriebsabfällen der Abfallkategorie II gesehen (VSE et al. 1978, NAGRA 1981). Die Bereitstellung eines betriebsbereiten Endlagers Typ B sollte daher bereits Mitte der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts erfolgen. Für Lagertyp C wurde die Bereitstellung für den Beginn der Anlieferung von hochradioaktiven Wiederaufarbeitungsabfällen aus Frankreich und England angestrebt. Damit wurde für Anfang der neunziger Jahre gerechnet. Bis 1985 sollten der Endlagerstandort gewählt, die Detailprojekte entwickelt und die erforderlichen Sicherheitsberichte erarbeitet werden.

Für ein Endlager des Typs A wurde keine besondere Dringlichkeit gesehen (VSE et al. 1978). 1985 wurden dann die dafür vorgesehenen Abfälle dem Endlager Typ B zugeordnet, so dass auf ein Endlager vom Typ A verzichtet werden konnte (NAGRA

1985b). Im Zusammenhang mit der Diskussion über Standorte für das Endlager des Typs B wurde seither das für diesen Lagertyp vorgesehene Abfallspektrum dahingehend verändert, dass er nur noch kurzlebige schwach- und mittelradioaktive Abfälle aufnehmen soll (NAGRA 1992). Das genaue Inventar des geplanten Endlagers Welenberg befindet sich derzeit noch in Diskussion.

Auch an der Abfallzuordnung für das Endlager Typ C haben sich gegenüber der Konzeptionsvorstellung im Jahr 1978 Änderungen ergeben. Das Endlager muss nach dem vorgesehenen Verbot der Wiederaufarbeitung (Kap. 2) auch abgebrannte Brennelemente aufnehmen sowie diejenigen Abfallarten, die nicht mehr in das Lager des Typs B kommen sollen.

Nach diesen Veränderungen gilt heute eine Aufteilung der Abfälle auf zwei Lagertypen, nämlich

geologisches Tiefenlager SMA

für kurzlebige schwach- und mittelradioaktive Abfälle (ehemals Endlager Typ B).

geologisches Tiefenlager HAA/LMA

für abgebrannte Brennelemente, hochaktive Abfälle und langlebige mittelradioaktive Abfälle (ehemals Endlager Typ C).

4 Anforderungen an Endlagerstandorte und Auswahlverfahren

4.1 Schutzziele und allgemeine Anforderungen

Ausformulierte Zielvorgaben oder konkrete Vorgaben für das Vorgehen bei der Standortauswahl für Endlager gibt es in der Schweiz nicht. Selbstverständliches Ziel ist es jedoch, einen Standort zu identifizieren, der hohe Wahrscheinlichkeit für die Einhaltung der für die Endlagerung geltenden Schutzziele und damit Aussicht auf ein erfolgreiches Bewilligungsverfahren bietet.

Die grundlegenden Anforderungen an Endlagerstandorte müssen aus folgenden in der Richtlinie R-21 von November 1993 (HSK/KSA 1993) festgelegten und unabhängig vom Endlagertyp gültigen Schutzzielen abgeleitet werden:

Schutzziel 1

"Die Freisetzung von Radionukliden aus einem verschlossenen Endlager infolge realistischerweise anzunehmender Vorgänge und Ereignisse soll zu keiner Zeit zu Individualdosen führen, die 0,1 mSv/a überschreiten."

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."

Die Richtlinie enthält darüber hinaus folgende Prinzipien, die zur Einhaltung dieser Schutzziele zu beachten sind:

- Durch die Endlagerung nur geringe zusätzliche Strahlenexposition der Bevölkerung.
- Keine Gefährdung der Artenvielfalt und keine unnötige Einschränkung der Nutzung von Bodenschätzen.
- Risiken für Mensch und Umwelt durch Endlagerung (in der Schweiz) auch außerhalb der Schweiz und in Zukunft nicht höher als heute in der Schweiz zulässig.
- Gestaffelte passive Sicherheitsbarrieren (Mehrbarrierenkonzept).

- Vorkehrungen zur Erleichterung von Überwachung und Reparatur oder Rückholung von Abfällen dürfen die passiven Sicherheitsbarrieren nicht beeinträchtigen.
- Vorsorge für die Endlagerung darf nicht auf künftige Generationen überwältzt werden.

Ausdrücklich nicht gefordert wird, den unter Sicherheitsaspekten besten Standort zu suchen. Vielmehr müssen am ausgewählten Standort die genannten Schutzziele nachweislich eingehalten werden.

4.2 Anforderungen an Endlagerstandorte

Die in Kap. 4.1 genannten Schutzziele und allgemeinen Anforderungen der Richtlinie R-21 (HSK/KSA 1993) finden sich teilweise bereits in der Erstfassung der Richtlinie aus dem Jahr 1980 (HSK/KSA 1980) und waren seitdem Grundlage für die Standortauswahl. Anders als bei der Standortwahl für das Endlager des Typs B hat die Nagra bei den hochradioaktiven und langlebigen mittelradioaktiven Abfällen bewusst darauf verzichtet, detaillierte Kriterien oder gar Kriterienlisten für die Standortauswahl zu entwickeln (NAGRA 1988). Sie hat aber aus den allgemeinen Vorgaben der Richtlinie R-21 die für die Sicherheit eines Endlagers wichtigen Standorteigenschaften abgeleitet und die im Hinblick auf die Funktion von Endlagern jeweils günstigen Verhältnisse beschrieben. Bei den einzelnen Entscheidungsschritten der Standortauswahl wurde dann geprüft, wieweit die betrachteten Wirtgesteinstypen und Standortregionen diesen Erwartungen bzw. Anforderungen entsprechen.

Bereits im Zuge der Konzeptentwicklung waren konkrete Standortanforderungen für ein Endlager des Typs C formuliert worden (VSE et al. 1978). Für die Führung des Standortnachweises im Rahmen des "Projektes Gewähr 1985" sind dann ergänzend die in Kap. 3.1 angeführten konzeptionellen Festlegungen getroffen worden (NAGRA 1985a).

Konkrete behördliche Anforderungen sind im Zusammenhang mit der Standortwahl für das Endlager des Typs B durch die HSK (1985) formuliert worden. Sie gelten nach NAGRA (1988) auch für Endlager des Typs C:

- gute geologische Prognostizierbarkeit,
- schwaches topographisches Relief (Endlagerzone deutlich unterhalb der Talsohle),
- einfache und leicht zu sondierende hydrogeologische Verhältnisse,
- möglichst große unterirdische Wasserfließzeiten zur Biosphäre (Vermeiden von Exfiltrationszonen),
- tektonisch und seismisch ruhige Zone.

In der Praxis hat sich insbesondere die Forderung nach Lage des Endlagerstandortes in einer tektonisch und seismisch ruhigen Zone auch ohne formale oder gar quantitative Kriterienfestlegung wie ein Ausschlusskriterium ausgewirkt; denn sie führte - unabhängig vom Wirtgestein - zum Ausschluss seismisch aktiver Regionen mit kompliziertem Bauplan, insbesondere also der Alpen und des Faltenjura.

Die jüngste Entwicklung der kontrollierten geologischen Langzeitlagerung bzw. Tiefenlagerung schlägt sich in den Anforderungen an Endlagerstandorte nicht nachhaltig nieder. Allerdings besteht für ein entsprechendes Lager wegen der funktionalen Gliederung in mehrere Lagerteile ein größerer Raumbedarf als bei einem herkömmlichen Endlager.

4.3 Anforderungen an Auswahlverfahren

Nach dem in Kap. 1 beschriebenen Auftrag an den deutschen "Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte" ist das schweizerische Auswahlverfahren für ein HAA/LMA-Endlager auf breite Anlegung der Standortsuche, auf sukzessive Einengung in Frage kommender Gebiete an Hand geeigneter Kriterien und auf Nachvollziehbarkeit der Entscheide zu prüfen. Diese Anforderungen beschreiben grob die "gute internationale Praxis" bei der Standortauswahl (HSK 2001a). Mit ihrer Einhaltung soll sicher gestellt werden, dass die sicherheitsorientierten technisch-wissenschaftlichen Anforderungen an Endlagerstandorte bereits bei der Standortwahl berücksichtigt werden.

Eine "gute internationale Praxis" im Sinne eines allgemein befolgten standardisierten detaillierten Regelwerkes für Standortauswahlverfahren gibt es bis heute nicht. Allerdings zeichnen sich heute gewisse Gemeinsamkeiten beim Vorgehen verschiedener Staaten bei der Auswahl von Endlagerstandorten ab. Charakteristische Merkmale von Auswahlverfahren sind danach die schrittweise Einengung in Frage kommender Gebiete und die Anwendung sicherheitsorientierter Kriterien. In allgemeiner Form haben sie ihren Niederschlag bereits in Empfehlungen der IAEA (1989, 1994) gefunden.

Nach negativen Erfahrungen bei der Umsetzung der Ergebnisse von Auswahlverfahren für HAA-Endlager besteht heute international Übereinstimmung (z.B. KEG 1992, NEA 2000, NAS 2001), dass bei der Standortauswahl neben technisch-wissenschaftlichen auch ethische und gesellschaftliche Aspekte beachtet werden müssen. Sie sind beispielsweise eine wichtige Grundlage für die Entwicklung eines Auswahlverfahrens durch den "Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte" in Deutschland (AKEND 2001).

In der Schweiz sind ethische und gesellschaftliche Aspekte der Entsorgung radioaktiver Abfälle bereits in das Konzept der kontrollierten geologischen Langzeitlagerung

(Kap. 3.2) eingeflossen (EKRA 2000). Wichtige ethische Anforderungen sind danach die Sicherheit von Mensch und Umwelt sowie Gerechtigkeit gegenüber heutigen und künftigen Generationen. Fragen der Standortwahl werden im EKRA-Bericht zwar nicht behandelt, doch müssen die ethischen und gesellschaftlichen Grundprinzipien der EKRA konsequenterweise auch für die Standortauswahl für HAA-Tiefenlager gelten, soweit sie übertragbar sind. Für das letztlich zum Zürcher Weinland führende Auswahlverfahren sind sie wegen der zeitlichen Diskrepanz zwischen Durchführung des Auswahlverfahrens und Prinzipienentwicklung allerdings nur dann bedeutsam, wenn aus ethischer Sicht Zweifel am Ergebnis des Auswahlverfahrens bestünden.

Breite Anlage, schrittweises Vorgehen mit allmählicher Einengung und Transparenz sind ein erster Beitrag, die Gerechtigkeit des Verfahrens und die demokratische Legitimität der Einzelentscheide und des Gesamtergebnisses eines Auswahlverfahrens zu sichern und für Verfahrensbeteiligte, Betroffene und Öffentlichkeit deutlich zu machen. Ergänzend zielen darauf beispielsweise auch folgende Anforderungen ab, die heute international im Zusammenhang mit der Entsorgung radioaktiver Abfälle diskutiert werden (z.B. KASAM/SKN 1988, DUPHORN et al. 1993, GRUPPE ÖKOLOGIE/PANGEO 1994, EKRA 2000, NEA 2000, MUTADIS 2001, AKEND 2001, NAS 2001), allerdings ohne dass sich daraus bereits ein international einheitliches Vorgehen bei der Auswahl von Endlagerstandorten entwickelt hätte:

- Rechtzeitige Festlegung von Verfahrenszielen, Verfahrensregeln, Verfahrensablauf und Kriterien;
- Vorrang der Sicherheit vor anderen Bewertungsaspekten, daher in einzelnen Verfahrensschritten jeweils Konzentration auf die sicherheitsmässig jeweils relativ beste(n) Option(en);
- möglichst frühe Beteiligung potenziell Betroffener bzw. der Öffentlichkeit;
- unter Sicherheitsaspekten zwangsläufiges Auswahlresultat, das auf Abwägung sicherheitsbezogener Alternativen bzw. Optionen beruht und divergierende Interessen berücksichtigt (ohne dass Sicherheitsansprüche beeinträchtigt werden).

5 Auswahlverfahren Endlagerstandort HAA/LMA

5.1 Verfahrensablauf

Im Rückblick kann das Verfahren zur Standortauswahl für das schweizerische HAA/LMA-Endlager formal in folgende Abschnitte gegliedert werden:

- Entwicklung des Entsorgungskonzeptes
- Kristallinprogramm
- Sedimentprogramm

Diese Gliederung entspricht nicht dem ursprünglichen geplanten Verfahrensablauf, sondern ist Folge von Veränderungen der politischen Rahmenbedingungen des Auswahlverfahrens bzw. Konsequenz der erzielten Ergebnisse. Nur der zweite und der dritte Abschnitt waren direkt auf die Identifizierung eines Standortes ausgerichtet und in strengem Sinne Teile des Auswahlverfahrens. Ihre Beurteilung wäre ohne Berücksichtigung auch der Konzeptentwicklung allerdings unvollständig. Darauf wird daher im folgenden kurz eingegangen. Das Kristallinprogramm und insbesondere das Sedimentprogramm werden dagegen in Kapitel 6 ausführlich behandelt.

Konzeptentwicklung

Im Zuge der Konzeptentwicklung für die Endlagerung war auch der Ablauf von Endlagerverfahren bis zur Übernahme der Verantwortung für versiegelte Anlagen durch den Bund skizziert worden (VSE et al. 1978). Unabhängig vom Endlagertyp wurden folgende Schritte bzw. Phasen unterschieden, von denen die ersten vier die Standortauswahl unmittelbar betreffen:

1. Festlegen und Überprüfen der Anforderungen (Kriterien), welche von einem Endlager für die vorgesehenen Abfallarten zu erfüllen sind
2. Ermittlung der in Frage kommenden geologischen Formationen und deren Vorkommen in der Schweiz
3. Erforschung ausgewählter geologischer Formationen, Sondierprogramm (Felduntersuchungen)
4. Evaluation der Endlagerstandorte und Standortwahl
5. Erarbeitung der Detailprojekte und der Sicherheitsberichte
6. Nukleares Bewilligungsverfahren
7. Bauphase
8. Betriebsphase (Einlagerungsphase)
9. Übernahme der Langzeitverantwortung der versiegelten Endlager durch den Bund

Der Zeitplan für das Endlager Typ C sah die Abarbeitung der ersten fünf Schritte bis Ende 1985 vor. Die Arbeiten zu den ersten drei Schritten sind bereits während der Konzeptentwicklung aufgenommen worden:

In VSE et al. (1978) werden bereits Wirtgesteinsformationen und Regionen der Schweiz genannt, die für die Errichtung eines Endlagers in Frage kommen könnten. Als mögliche Wirtgesteine für ein Endlager des Typs C wurden Steinsalz, Anhydrit, Ton und Mergel sowie kristalline Gesteine des Grundgebirges erwähnt. Insbesondere Anhydrit war in der Schweiz bereits seit Anfang der siebziger Jahre als Wirtgestein in Erwägung gezogen worden (NAGRA 1979). Vorkommen in der Nordschweiz, aber auch im Alpenraum sind damals näher untersucht worden. Auch der Opalinuston ist bereits gezielt erkundet worden (NAGRA 1980b).

Als vielversprechend wurden in VSE et al. (1978) insbesondere die Lagerungsmöglichkeiten im kristallinen Sockel des Tafeljuras und des Mittellandes bezeichnet, weil es sich um seismisch ruhige Gebiete mit einfachem tektonischen Bauplan handelt und die überlagernden Sedimentgesteinsserien eine zusätzliche Barrierewirkung böten.

Kristallinprogramm

Im Zuge der Umsetzung des Entsorgungskonzeptes ist der in VSE et al. (1978) beschriebene Ansatz mit paralleler Untersuchung verschiedener Wirtgesteinsformationen (in der Nordschweiz) zunächst weiter verfolgt worden. 1981 kam es dann zur Konzentration auf die kristallinen Gesteine der Nordschweiz (NAGRA 1982). Auslöser war nicht zuletzt das "Projekt Gewähr 1985", mit dem bis 1985 der nach dem Bundesbeschluss zum Atomgesetz von 1978 geforderte Entsorgungsnachweis für Kernkraftwerke (Kap. 2) geführt werden sollte. Hintergrund für die Konzentration auf kristalline Gesteine waren die insbesondere aus Schweden bereits vorliegenden Untersuchungsergebnisse zur Endlagerung in diesen Gesteinen (Kap. 6.2.4).

Sedimentprogramm

Weitere Modifizierungen des geplanten Ablaufs haben sich dann aus den Ergebnissen der Untersuchungen im Rahmen des "Projektes Gewähr 1985" bzw. ihrer Bewertung durch die zuständigen Fachinstitutionen und den Bundesrat ergeben. Insbesondere hat sich nach Abschluss des Projektes der Untersuchungsschwerpunkt auf Sedimentgesteine und nach mehreren einengenden Schritten auf Opalinuston als Wirtgestein und das Zürcher Weinland als Untersuchungsgebiet verlagert (Kap. 6.3 und 6.4).

Für den Verfahrensabschnitt nach Zurückstellung der Option "Kristalline Gesteine der Nordschweiz" ist folgender Ablauf der Standortwahl erkennbar (NAGRA 1988):

- Festlegung von Untersuchungsregionen durch Identifizierung von tektonisch möglichst ruhigen, einfach gebauten Regionen und Analyse der Strömungsverhältnisse und Chemie der tiefen Grundwässer (im wesentlichen Mittelland und Tafeljura)
- Bestimmung potenzieller Wirtgesteinsformationen (sieben Formationen)
- Charakterisierung der potenziellen Wirtgesteinsformationen und Klärung ihrer räumlichen Verfügbarkeit
- Evaluierung der beiden potenziell geeignetsten Wirtgesteinsformationen (Untere Süßwassermolasse und Opalinuston). Darlegung ihrer Vor- und Nachteile.
- Abgrenzung potenzieller Standortregionen (sechs Standortregionen mit Opalinuston, zwei mit Unterer Süßwassermolasse)
- Evaluation von drei Standortregionen mit erster Priorität (zwei Standortregionen mit Opalinuston, eine Standortregion mit Unterer Süßwassermolasse)
- Einengung auf eine Standortregion (Zürcher Weinland)

Dieser Ablauf geht auch aus Tab. 1 (S. 33/34) und Abb. 1 (S. 47) hervor.

5.2 Verfahrensziele, Definition Standortnachweis

Die Veränderungen in Verfahrensablauf und -inhalt (Kap. 5.1) haben ihre Ursache auch in Veränderungen der Zielsetzung der endlagerbezogenen Aktivitäten in der Schweiz, insbesondere der Nagra:

Eindeutig erkennbares Ziel der in VSE et al. (1978) vorgestellten ersten vier Arbeitsschritte war die Ausweisung eines konkreten Standortes, für den dann mit Hilfe von Sicherheitsberichten der Eignungsnachweis geführt werden sollte (Kap. 5.1).

Nach dem Bundesbeschluss zum Atomgesetz von 1978 mit der Forderung nach dem Entsorgungsnachweis und der ergänzenden Auflage des EVED von 1979, den Nachweis für bestehende Kernkraftwerke bis Ende 1985 zu führen (Kap. 2), hat die Nagra das "Projekt Gewähr 1985" entwickelt und umgesetzt. Hauptziel ihrer Endlageraktivitäten war nun, mit den drei geforderten Einzelnachweisen (Sicherheitsnachweis, Standortnachweis, bautechnischer Nachweis) zu belegen, dass Gewähr für die "dauernde, sichere Entsorgung und Endlagerung" der radioaktiven Abfälle in der Schweiz gegeben ist.

Was genau unter Gewähr bzw. Gewährleistung zu verstehen sei, war im Bundesbeschluss nicht geregelt. Erst im Jahr 1982 hat die AGNEB folgende Definition des Begriffes "Gewähr" vorgeschlagen: Das "Projekt Gewähr 1985" solle "anhand eines Modellbeispiels dem Bundesrat mögliche Lösungswege zeigen, die aufgrund des gültigen Standes von Wissenschaft und Technik mit großer Wahrscheinlichkeit gangbar sind" (AGNEB 1982). Ein ausführungsfähiges Projekt wurde nicht verlangt, allerdings sollte der Nachweis für einen Modellstandort mit realistischen Eigenschaften

gelten. Entsorgungsnachweis und Auswahl eines konkreten Standortes für die Errichtung eines Endlagers wurden vielmehr entkoppelt.

Die HSK hat sich dieser Definition grundsätzlich angeschlossen (HSK 1986). Ihrer Position nach war mit dem Sicherheitsnachweis zu zeigen, dass die sichere Endlagerung an einem Referenzstandort gewährleistet ist. Dabei wird unterstellt, dass dessen bewertungsrelevante Eigenschaften, die aus den Daten einer Referenzbohrung abgeleitet werden, für einen Gebirgsbereich mit für die Errichtung eines Endlagers ausreichender Ausdehnung zutreffen. Mit dem Standortnachweis ist dann ergänzend nachzuweisen, dass es in der Schweiz (mindestens) einen ausreichend ausgedehnten Gesteinskörper mit den gesuchten Eigenschaften tatsächlich gibt und dass man ihn auch finden kann.

Nachdem der bautechnische Nachweis und der Sicherheitsnachweis für ein Endlager Typ C in kristallinen Gesteinen der Nordschweiz im Rahmen von "Projekt Gewähr 1985" durch HSK (1986) und BUNDESRAT (1988) akzeptiert worden waren, stand noch der Standortnachweis aus (Kap. 6.2). Dieser Nachweis konnte bis 1985 nicht geführt werden. Die Skepsis von HSK und Bundesrat, ob für die kristallinen Gesteine der Nordschweiz überhaupt ein ausreichend großer Gesteinsbereich mit den gesuchten Eigenschaften gefunden werden könne, führte zur allmählichen Umorientierung der Endlageraktivitäten der Nagra auf Sedimentgesteine. Nach der daraus resultierenden Entscheidung für den Opalinuston und der Identifizierung einer untersuchungswürdigen Standortregion war der Entsorgungsnachweis insgesamt neu zu führen.

Im Hinblick auf den Standortnachweis gingen die beteiligten Institutionen entsprechend der AGNEB-Definition zunächst offenbar noch von der Nachweisführung für einen Modellstandort aus. 1996 hat dann die Arbeitsgruppe Kristallin Nordschweiz, der Vertreter von HSK, KNE, Nagra, BFE und Kanton Aargau angehörten, in ihrem Abschlussbericht zum Kristallinprogramm Nordschweiz folgende Definition des Begriffes "Standortnachweis" für ein Endlager in Sedimentgesteinen, und damit auch im Opalinuston, entwickelt (ARBEITSGRUPPE 1996):

"Der Standortnachweis muss aufgrund dokumentierter Untersuchungsergebnisse zeigen, dass ein genügend großer Gesteinskörper mit den im Sicherheitsnachweis festgehaltenen Eigenschaften existiert, so dass die Realisierung eines Endlagers im besagten Standortgebiet mit guter Aussicht auf Erfolg in Angriff genommen werden könnte."

Mit der Formulierung "mit guter Aussicht auf Erfolg" werden an die Aussagekraft der in den Standortnachweis einfließenden Untersuchungsergebnisse bestimmte Anforderungen gestellt. Diese Definition deckt sich mit den Vorstellungen der HSK, die sie bereits in ihrem Gutachten zum "Projekt Gewähr 1985" entwickelt hatte (s.o.). Ergän-

zend wird der Standortnachweis von der Arbeitsgruppe offenbar erstmals als wichtiger Zwischenschritt auf dem Weg zur Realisierung eines Endlagers bezeichnet.

Nach HSK (1999) besteht der Ablauf einer solchen Realisierung aus folgenden Phasen:

1. Konzeptentwicklung
2. Regionale Untersuchungen
3. Charakterisierung des Standortgebietes mit Untersuchungen einschließlich Bohrungen von der Erdoberfläche aus
4. Bestätigung der Standorteigenschaften mit Untertageuntersuchungen vor Ort (u.a. Felslabor mit Langzeittests)
5. Erstellung des Endlagers

Der Standortnachweis muss während der dritten Phase, also vor der untertägigen Erkundung, erbracht werden.

Nach dieser Zuordnung hat der Standortnachweis nun nicht mehr den zwar auf realistischen Sondierergebnissen beruhenden, doch modellhaften Charakter im Rahmen des Entsorgungsnachweises, wie er im Rahmen des "Projektes Gewähr 1985" definiert worden war, sondern stellt eine Etappe auf dem Weg zu einem konkreten Endlager dar. Die in AGNEB (1982) festgestellte deutliche zeitliche Entkoppelung von Entsorgungsnachweis und realem Endlagerprojekt (s.o.) wird damit ebenfalls aufgehoben. Der Standortnachweis ist nun eine Voraussetzung für den letzten Arbeitsschritt innerhalb des Auswahlverfahrens. Diese Veränderung ist deswegen bedeutsam, weil bei der Umsetzung eines konkreten Auswahlverfahrens gegenüber dem modellhaften Standortnachweis im Rahmen des Entsorgungsnachweises die ethischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen stärker zu beachten sind (Kap. 4.3).

5.3 Bewilligungsverfahren, Information und Beteiligung der Öffentlichkeit

Bewilligungsverfahren für vorbereitende Handlungen

Die im Zusammenhang mit dem Auswahlverfahren Opalinuston bislang durchgeführten erdwissenschaftlichen Felduntersuchungen gehören zu den sogenannten "vorbereitenden Handlungen" (s. auch Kap. 2). Seit Inkrafttreten der "Verordnung über vorbereitende Handlungen im Hinblick auf die Errichtung eines Lagers für radioaktive Abfälle vom 24. Oktober 1979" (VERORDNUNG 1979, Neufassung durch VERORDNUNG 1989) bedürfen sie der Bewilligung durch den Bundesrat. Zu den bewilligungspflichtigen Handlungen gehören Stollen, Schächte und Felskavernen oder län-

gere Bohrungen, die dazu dienen, mögliche Standorte oder Standortregionen für ein Endlager zu beurteilen. Die Verordnung regelt Umfang und Inhalt des Gesuchs sowie zusammen mit dem schweizerischen VERWALTUNGSVERFAHRENSGESETZ den Ablauf des Bewilligungsverfahrens und die Mitsprache von Betroffenen, Gemeinden, Kantonen und Bundesstellen.

Das Bewilligungsgesuch ist beim Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) einzureichen. Die verwaltungsmäßige Abwicklung des Bewilligungsverfahrens erfolgt durch das Bundesamt für Energie (BFE).

Ein Gesuch hat unter anderem zu enthalten:

- Liste der Kantone und Gemeinden, auf deren Gebiet die vorbereitenden Handlungen geplant sind
- Kriterien für die Auswahl der Untersuchungsregion im Zusammenhang mit der Entsorgungskonzeption
- Art, Zielsetzung, Beginn und voraussichtliche Dauer der vorgesehenen Arbeiten sowie ihre Bedeutung im Rahmen der Entsorgungskonzeption
- Beilagen, und zwar insbesondere:
 - Untersuchungsprogramm,
 - geologischer Bericht
 - ein Bericht über die Auswirkungen der vorbereitenden Handlungen
 - Übersichtskarten und -pläne

Das Verfahren sieht eine umfassende Information und Beteiligung der von den beantragten Maßnahmen betroffenen Personen sowie der Gemeinden und Kantone, auf deren Gebiet die vorbereitenden Handlungen vorgesehen sind, vor. Wenngleich sich der Antrag lediglich auf die vorbereitenden Handlungen bezieht, wird dabei wegen der geforderten Darstellung der Entscheidungsgründe für die gewählte Untersuchungsregion doch auch die übergeordnete Zielsetzung der beantragten Maßnahmen im Rahmen der Entsorgungskonzeption deutlich.

Der Ablauf des Verfahrens lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Das UVEK veröffentlicht das Gesuch im Bundesblatt und legt es gleichzeitig beim BFE sowie in den Gemeinden und Kantonen, auf deren Gebiet die vorbereitenden Handlungen vorgesehen sind, öffentlich aus. Personen, die durch die Bewilligung in ihren schutzwürdigen Interessen berührt werden können, werden aufgefordert, ihre Einwendungen geltend zu machen. Es steht aber jeder Person oder Institution frei, Einspruch gegen die beantragten Maßnahmen zu erheben. Das Gesuch wird zudem den Gemeinden und Kantonen, auf deren Gebiet die vorbereitenden Hand-

lungen vorgesehen sind, sowie den zuständigen bzw. interessierten Bundesstellen zur Stellungnahme vorgelegt.

- Durch das BFE werden die weiteren Bundesämter sowie die zuständigen Fachkommissionen (KSA, HSK, KGS, KNE, EGK) zur Stellungnahme aufgefordert.
- Die eingereichten Einsprüche und Stellungnahmen werden dem Gesuchsteller zur Stellungnahme (Replik) vorgelegt. Die Replik des Gesuchstellers sowie die Gutachten der HSK, KSA, KGS werden sodann öffentlich ausgelegt. Sämtlichen Parteien wird dann Gelegenheit zu einer weiteren Stellungnahme (Duplik) eingeräumt.
- Das Bundesamt für Energie erarbeitet einen Bericht zu den Einsprachen und Stellungnahmen. Verschiedentlich werden in diesem Verfahrensschritt auch Anhörungen, Augenscheine und Gespräche mit den betroffenen Stellen geführt.
- Es folgt ein Entwurf des Bundesratsentscheides, der den involvierten Departementen zur Abstimmung unterbreitet wird. Anschließend folgt der abschließende Entscheid des Bundesrates über die Bewilligung.

Zur Abgabe von Einwendungen, Stellungnahmen und Gegenstellungen wird jeweils eine angemessene Frist - in der Regel 60 Tage - festgelegt.

Die Bewilligung des Bundesrates gibt noch keinen direkten Rechtsanspruch zur Ausführung der beantragten Arbeiten; diese können erst nach Durchlaufen eines kantonalen baupolizeilichen Bewilligungsverfahrens (mit weiteren Einsprachemöglichkeiten) in Angriff genommen werden.

Die Ausführung der Arbeiten wird von Aufsichts- oder Koordinationskommissionen begleitet. Hierzu beauftragt der Bundesrat eine oder mehrere Fachstellen des Bundes mit der Aufsicht, die mit den Kantonen zusammenzuarbeiten haben. In den entsprechenden Kommissionen sind oft auch lokale Oppositionsgruppen vertreten. Zu den Sitzungen der Koordinationskommission für die Bohrung Benken war ab September 1998 jeweils auch ein Beobachter des Landratsamts Waldshut eingeladen.

Bewilligungen zur Realisierung eines Endlagers/Tiefenlagers

Wird ein geologisches Tiefenlager für hochradioaktive und langlebige mittelradioaktive Abfälle in der Schweiz realisiert, ist zunächst vom Bundesrat (basierend auf Gutachten der zuständigen Behörde HSK) eine durch das Parlament zu bestätigende generelle Bewilligung (Rahmenbewilligung) zu erteilen (BUNDESBESCHLUSS 1978). Das Bewilligungsverfahren sieht ebenfalls die umfassende Einbeziehung der Öffentlichkeit vor.

Die Rahmenbewilligung legt den Standort und das Projekt in seinen Grundzügen (Lagerkapazität, Abfallkategorien sowie ungefähre Gestaltung der unter- und oberirdischen Bauten) fest. Im zugehörigen Antrag muss der Antragsteller auf Grundlage von Erkundungsergebnissen zeigen, dass die Langzeitsicherheit des Endlagers am

gewählten Standort voraussichtlich nachgewiesen werden kann.

Für Bau, Betrieb und Verschluss des Endlagers sind jeweils weitere atomrechtliche Bewilligungen verbunden mit öffentlichen Planauslagen erforderlich. Dazu sind jeweils standortbezogene Sicherheitsanalysen mit Betrachtungen zur Langzeitsicherheit vorzulegen.

Je nach Rechtslage in den Kantonen (z.B. im Bergrecht) kann die Zustimmung des betreffenden Kantons für einzelne Bewilligungen der Vorbereitungs- und/oder Realisierungsphase erforderlich sein. Generell zuständig sind die Kantone für die Erteilung etwa erforderlicher raumordnerischer und baupolizeilicher Bewilligungen bzw. Konzessionen.

Information der Öffentlichkeit

Abgesehen von aus den Bewilligungsverfahren für vorbereitende Handlungen unmittelbar folgenden Verpflichtungen zur Information und Beteiligung der Öffentlichkeit haben die Nagra und die zuständigen schweizerischen Bundes-Institutionen im Zusammenhang mit dem Auswahlverfahren Opalinuston folgende Maßnahmen zu Information der Fachöffentlichkeit und der allgemeinen Öffentlichkeit durchgeführt:

- Die Nagra hat ihre Programme und Projekte sowie alle wissenschaftlichen Ergebnisse in verschiedenen Veröffentlichungsreihen publiziert und breit gestreut, ihre Arbeiten mit Direktbetroffenen bei Versammlungen, Ausstellungen und Tagen der offenen Tür diskutiert sowie bevorstehende Arbeiten und Arbeitsergebnisse über die Medien in die allgemeine Öffentlichkeit getragen.
- Wichtige Untersuchungsergebnisse sind parallel dazu in wichtigen technisch-wissenschaftlichen Publikationsreihen (Geologische Berichte der Landeshydrologie und -geologie, Geotechnische Serie der Schweizerischen Geotechnischen Kommission - EGK) publiziert worden.
- Die AGNEB (Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung) veröffentlicht jährlich einen Bericht über die laufenden Arbeiten und die Zwischenergebnisse.
- Der KNE (Kommission nukleare Entsorgung) gehören mehrere Vertreter der erdwissenschaftlichen Einrichtungen schweizerischer Hochschulen an, so dass wissenschaftlich-technische Transparenz gewährleistet ist.

6. Darstellung und Beurteilung des Auswahlverfahrens

6.1 Verfahrensabschnitte und Beurteilungsphasen

Für die Beurteilung des zur Festlegung des Opalinustons als Wirtgestein, des Zürcher Weinlands als Zielregion und des Standortes Benken als Standort für die Sondierbohrung führenden Vorgehens werden die in Tab. 1 (S. 33/34) zusammenfassend dargestellten Auswahlphasen unterschieden. Im Vordergrund der Beurteilung stehen die Phasen des Sedimentprogramms. Die Phasengliederung gibt den zeitlichen Ablauf der Untersuchungen und Entscheidungen im Detail nicht exakt wieder. Sie entspricht vielmehr dem im Hinblick auf den Einengungsprozess und die abschließenden Festlegungen erkennbaren logischen Ablauf des Auswahlverfahrens.

Von den Verfahrensabschnitten Konzeptentwicklung, Kristallinprogramm und Sedimentprogramm war die Konzeptentwicklung weder unmittelbarer Bestandteil des Auswahlverfahrens "Zürcher Weinland" noch direkt auf die Identifizierung eines Standortes gerichtet. Sie wird im folgenden daher nicht weiter behandelt (s. dazu Kap. 3.1). Zwar war auch das Kristallinprogramm (Phase A) nicht Teil dieses Auswahlverfahrens, doch hatte das Programm die Identifizierung eines (Modell-)Standortes zum Ziel und war die Basis für spätere Untersuchungen und Entscheidungen im Rahmen des Auswahlverfahrens. Es bildet damit auch eine wichtige Grundlage für die Beurteilung des Auswahlverfahrens im Hinblick auf die in Kapitel 1 und 4.3 genannten Anforderungen, insbesondere die breite Anlage und Nachvollziehbarkeit. Es wird daher im folgenden - ohne Anspruch auf Vollständigkeit - mitbehandelt.

Unter Einbeziehung des Kristallinprogramms lässt sich das Vorgehen der zuständigen Institutionen - im Hinblick auf die Verfahrensbeurteilung - damit in vier Phasen gliedern, die in den folgenden Kapiteln beschrieben und beurteilt werden. Dabei liegt der Schwerpunkt auf den Phasen B bis D des Sedimentprogramms, dessen Ablauf in Abb. 1 (S. 47) zusammenfassend dargestellt ist. In wechselnden Ausmaß wurde der Verfahrensablauf durch Überlegungen und Arbeiten im Rahmen des "Projektes Gewähr 1985" beeinflusst bzw. überlagert, mit dem der vom Bundesrat 1978 geforderte Entsorgungsnachweis geführt werden sollte (Kap. 6.2.4):

Phase A: Kristallinprogramm: Auswahl, Untersuchung und Beurteilung Kristallin Nordschweiz

Nachdem im Zuge der Konzeptentwicklung verschiedene Endlageroptionen grob beurteilt worden waren, wurden ab 1981 bevorzugt die kristallinen Gesteine des Grundgebirges in der Nordschweiz auf ihre Eignung für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle untersucht (NAGRA 1980b und 1982). Die Untersuchungen waren zugleich Grundlage für den Entsorgungsnachweis im Rahmen des "Projektes Gewähr 1985". Die Phase endete mit der Beurteilung der Projektergebnisse durch die Fachgremien, insbesondere die HSK (1986 und 1987). Danach sei der Standort-

Jahr	Arbeiten / Entscheidungen (zitierte Dokumente)	Ergebnisse / Konsequenzen	Auswahlphasen
1978	Elektrizitätswirtschaft legt Entsorgungskonzept vor (VSE et al. 1978)	Endlagerkonzepte für alle Abfallkategorien, Endlagerung von HAA in tiefen geologischen Formationen; erwogen: Evaporite, Kristallin, Tonformationen (Opalinuston)	Entwicklung des Entsorgungskonzeptes
1978	Bundesbeschluss zum Atomgesetz (BUNDESBESCHLUSS 1978) fordert Entsorgungsnachweis	"Projekt Gewähr 1985" zur Führung des Entsorgungsnachweises mit Sicherheitsnachweis, bautechnischem Nachweis und Standortnachweis	
1979	Regelung des Bewilligungsverfahrens für vorbereitende Handlungen (VERORDNUNG 1979)	Information der Öffentlichkeit, Mitspracherecht Betroffener, Verfahrensablauf, Behördenaufsicht, Berichterstattung	
1980	Richtlinie HSK-R-21: "Schutzziele für die Endlagerung radioaktiver Abfälle" (HSK/KSA 1980)	Ziele und Prinzipien der Endlagerung werden definiert, Festlegung der Anforderungen an Endlager	
1979/1980	Studien und Bohrung Beznau [Opalinuston] (NAGRA 1984)	Verbesserte Datenbasis	
1980	Auswahl eines Untersuchungsgebietes (NAGRA 1980d)	Nordschweiz (ohne Faltenjura)	Phase A - Kristallinprogramm Auswahl, Untersuchung und Beurteilung Kristallin Nordschweiz
1981-1989	Geologisches Untersuchungsprogramm Nordschweiz mit Tiefbohrungen bis in kristallines Grundgebirge (NAGRA 1980d), 1981 Konzentration auf Kristallin als Wirtgestein (NAGRA 1982)	Umfangreiche Datenbasis für Kristallin und überlagernde Sedimentgesteine	
1982	Definition "Projekt Gewähr 1985" (AGNEB 1982)	Generelle Anforderungen an Entsorgungsnachweis: Standortnachweis für Modellstandort auf realistischer, durch Sondierergebnisse erhärteter Basis führen!	
1985	"Projekt Gewähr 1985": Entsorgungsnachweis Kristallin (NAGRA 1985a-c)	Umfassende Projektstudie für Endlager im Kristallin	
1986-1988	Beurteilung "Projekt Gewähr 1985" durch Behörden (HSK 1986, 1987; BUNDESRAT 1988)	Standortnachweis für Kristallin noch nicht erbracht. Zusätzlich Endlagermöglichkeiten in Sedimentgesteinen untersuchen!	

Tab. 1 (a) Wichtige Arbeiten/Entscheidungen von der Entwicklung des Entsorgungskonzeptes bis zur Sondierbohrung Benken und ihre Zuordnung zu den bei der Verfahrensbeurteilung unterschiedenen Auswahlphasen (Zusammenstellung der Arbeiten/Entscheidungen und Ergebnisse/Konsequenzen durch Nagra; leicht verändert und ergänzt)

Teil (a); Teil (b) S. 34

Jahr	Arbeiten / Entscheidungen (zitierte Dokumente)	Ergebnisse / Konsequenzen	Auswahlphasen
1986-1988	Sedimentstudie (NAGRA 1988) mit schrittweiser Ausweisung von potenziell günstigen Standortgebieten: a) Ausschluss geologisch ungünstiger Regionen, b) Identifizierung potenzieller Sediment-Wirtgesteine, c) Identifizierung der aussichtsreichsten Wirtgesteine, d) Ausweisung von potenziellen Standortregionen, e) Ausweisung besonders günstiger Standortregionen	a) Ausschluss der Alpen und des Faltenjuras, zusätzlich zum untersuchten Gebiet Nordschweiz: südliches und westliches Mittelland und Ajoie, b) sieben potenzielle Wirtgesteine, c) Opalinuston und Untere Süßwassermolasse (USM), d) acht potenzielle Standortregionen, e) "Zürcher Weinland" und "Nördlich Lägern" (Opalinuston), "Östlich der Limmat" (USM)	Phase B - Sedimentprogramm Untersuchung Sedimentgesteine, Konzentration auf Opalinuston und Untere Süßwassermolasse (USM)
1988/1990	Behördliche Beurteilung der Sedimentstudie (HSK 1990, KNE 1990)	Bestätigung von Auswahl Opalinuston und USM. Auswahl günstiger Standortregionen verfrüht! Datenbasis verbessern!	
1990-1994	Ergänzende Untersuchungen: Seismikkampagne 1991/1992, Auswertung Erdölseismik, Studien), Abgrenzung potenzieller Standortgebiete, Ausweisung des geologisch günstigsten Standortgebietes (NAGRA 1991, 1994a)	Erweiterung der Datenbasis für Opalinuston und USM, Abgrenzung potenzieller Standortgebiete in Opalinuston und USM, Priorität für Zürcher Weinland aus geologischen Gründen, Rückstellung aller anderen Gebiete, Untersuchungsprogramm für Standortuntersuchungen	Phase C - Sedimentprogramm Festlegung auf Opalinuston und Zielgebiet Zürcher Weinland
1994	Lagebeurteilung durch Behörden (LAGEBEURTEILUNG 1994)	Konzentration auf Zürcher Weinland sinnvoll und nachvollziehbar, ebenso Rückstellung aller anderen Opalinuston-Gebiete und der USM (Reserveoption)	
1993/1994	Sondiergesuch Bohrung Benken (NAGRA 1994b)	Evaluation von raumplanerisch günstigen Bohrstandorten in fünf Gemeinden, Festlegung Bohrstandort Benken, Ausarbeitung des Sondiergesuches	Phase D - Sedimentprogramm Festlegung des Sondierstandortes Benken
1995-1998	Bewilligungsverfahren, Stellungnahmen der Behörden zum Sondiergesuch (HSK 1995, KNE 1995)	Prüfung des Sondiergesuches, Vernehmlassungsverfahren, Bewilligung des Bundesrats, Baubewilligung durch Kanton und Gemeinde	
1997	3D-Seismik Zürcher Weinland (NAGRA 2001a)	Tektonisch sehr ruhige Lagerung des Opalinustons wird bestätigt	
1998/1999	Sondierbohrung Benken (NAGRA 2001b)	Günstige geologische Gesamtsituation wird bestätigt	

Tab. 1 (b) Wichtige Arbeiten/Entscheidungen von der Entwicklung des Entsorgungskonzeptes bis zur Sondierbohrung Benken und ihre Zuordnung zu den bei der Verfahrensbeurteilung unterschiedenen Auswahlphasen (Zusammenstellung der Arbeiten/Entscheidungen und Ergebnisse/Konsequenzen durch Nagra; leicht verändert und ergänzt)

Teil (b); Teil (a) S. 33

nachweis als Teil des Entsorgungsnachweises noch nicht geführt. Ergänzende Untersuchungen in Sedimentgesteinsformationen werden vorgeschlagen und später vom Bundesrat gefordert (BUNDESRAT 1988).

Phase B: Sedimentprogramm: Untersuchung Sedimentgesteine, Konzentration auf Opalinuston und Untere Süßwassermolasse (USM)

Diese Phase umfasst die im ersten Zwischenbericht der Sedimentstudie von 1988 (NAGRA 1988: Sedimentstudie - Zwischenbericht 1988) dokumentierten Untersuchungen zu Sedimentgesteinen. Der Bericht war Grundlage aller weiteren Vorgänge bzw. Entscheidungen. Dieser Phase zugerechnet werden auch die Stellungnahmen von KNE (1990) und HSK (1990), die sich auf den Zwischenbericht 1988 beziehen.

Phase C: Sedimentprogramm: Festlegung auf Opalinuston und Zielgebiet Zürcher Weinland

Phase C umfasst die in den beiden Zwischenberichten von 1990 und 1993 zur Fortsetzung der Sedimentstudie dokumentierten Untersuchungen (NAGRA 1991 und 1994a). Sie haben letztendlich zur Festlegung des Wirtgesteins Opalinuston und des Untersuchungsgebietes Zürcher Weinland geführt. Dieser Phase zugerechnet wird auch die "Lagebeurteilung" der Sedimentprojekte vom 16.02.1994 (LAGEBEURTEILUNG 1994), in der die Untersuchungen der Nagra bewertet und die weiteren Schritte festgelegt werden.

Phase D: Sedimentprogramm: Festlegung des Sondierstandortes Benken

Hierzu gehören die Festlegung des Sondierstandortes Benken, das Sondiergesuch vom November 1994 (NAGRA 1994b) und die zugehörigen Stellungnahmen staatlicher Institutionen (HSK 1995, KNE 1995).

6.2 Phase A - Kristallinprogramm: Auswahl, Untersuchung und Beurteilung Kristallin Nordschweiz

6.2.1 Einleitung

Bei der Standortsuche bzw. beim Entsorgungsnachweis im Rahmen des "Projektes Gewähr 1985" für das Endlager für hochradioaktive Abfälle hatte die Untersuchung des kristallinen Grundgebirges der Nordschweiz erste Priorität. In den nachfolgenden Kapiteln werden die Konzentration auf das Wirtgestein Kristallin und die Wahl des Untersuchungsgebietes Nordschweiz behandelt. Eine detaillierte Beurteilung dieser Entscheidungsschritte erfolgt zwar nicht, es werden jedoch einige besonders markante Aspekte der Auswahl von Wirtgestein und Untersuchungsgebiet im Hinblick auf Schlüssigkeit, Nachvollziehbarkeit und breiten Ansatz des Gesamtverfahrens aufgezeigt und bewertet.

6.2.2 Wahl des Wirtgesteins "Kristallin"

Die potenzielle Eignung verschiedener Wirtgesteine und Regionen für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in der Schweiz war bereits 1978 in der Studie zur Konzeptentwicklung (VSE et al. 1978) aufgezeigt worden. Die Lagerungsmöglichkeiten im kristallinen Sockel des Tafeljuras und des Mittellandes wurden darin sogar als vielversprechend bezeichnet (Kap. 3.1). In einem weiteren Verfahrensschritt ist in detaillierten Studien die Möglichkeit der Anlage von Endlagern im tiefer liegenden Tongestein (Opalinuston) und im kristallinen Grundgebirge dargestellt worden (NAGRA 1980a und 1980b).

Erste Priorität für den vom Bundesrat 1978 geforderten Nachweis der Gewähr einer dauernden und sicheren Entsorgung und Endlagerung (Kap. 2) wurde schließlich von der Nagra der Endlagerung in kristallinen Gesteinen zugeordnet (NAGRA 1982). Dabei wurde jedoch von Anfang an betont, dass damit kein Präjudiz für die spätere Ausgestaltung eines ausführungsfähigen Endlagerprojektes geschaffen würde. Die Möglichkeit der Umorientierung auf andere Wirtgesteinstypen und Standortregionen wurde damit offengehalten.

Ein Entscheidungskriterium für die Wahl kristalliner Gesteine des Grundgebirges waren die bereits existierenden internationalen Erkenntnisse aus den Untersuchungen von Kristallingesteinen, z.B. im Rahmen des KBS-Konzeptes in Schweden, die eine Übertragbarkeit des gewonnenen Datenmaterials auf Schweizer Verhältnisse versprachen. Daneben wurden bautechnische und betriebliche Aspekte berücksichtigt: Erfahrungen zeigten, dass die felsmechanischen Eigenschaften von kristallinen Gesteinen die Anlage von untertägigen Hohlräumen in der geforderten Endlagertiefe im Vergleich zu anderen Gesteinsarten wesentlich erleichtern. Auch ging die Nagra davon aus, dass in der Endlagertiefe großräumige ungestörte Blöcke in der großen Gesteinsmasse des kristallinen Grundgebirges existierten, die auch aus hydrogeologischer Sicht die Anlage eines Endlagers ermöglichten.

6.2.3 Wahl des Untersuchungsgebietes "Nordschweiz"

Die Wahl des Untersuchungsgebietes Nordschweiz ist in einem engen Zusammenhang mit der Wahl des Wirtgesteins zu sehen. Für das "Projekt Gewähr 1985" wurde als Endlagerkonzept ein bergmännisch erstelltes System von Stollen (Strecken) und Silos rund 1.200 m tief im kristallinen Grundgebirge gewählt (NAGRA 1985a, auch Kap. 4.2). Kristalline Gesteine kommen in der Schweiz in der erforderlichen Tiefe in den Alpen und in der Nordschweiz vor. Die Alpen wurden als tektonisch aktives Gebiet ausgeschlossen, und es verblieb die Nordschweiz. Die Wahl der Nordschweiz als Untersuchungsregion wurde also in erster Linie auf Grund der tektonischen und seismischen Verhältnisse getroffen. Daneben wurden die geographischen Verhältnisse und der Verlauf der Schweizer Landesgrenze berücksichtigt (NAGRA 1980c). Weitere geologische Annahmen für die Auswahl waren:

- Das Kristallin der Nordschweiz taucht kontinuierlich gegen Südosten ab,
- es existieren ausreichend kompakte Gebirgsschollen,
- das Gebiet ist ausreichend prognostizierbar und
- die Wasserwegsamkeiten im geklüfteten Gebirge sind hinreichend modellierbar.

Als konkrete Auswahlkriterien für die Wahl des Kristallinsockels mit Schwerpunkten Tektonik, Geologie, Hydrogeologie wurden folgende Punkte genannt, wobei ein großer Teil ebenfalls nur als Annahmen zu sehen sind (NAGRA 1988):

- Geringe Seismizität des Gebietes,
- alter, gut konsolidierter Sockel (zeitlich prognostizierbar),
- Zonen geringer Wasserführung sind zu erwarten,
- die Hydrogeologie eines mit Sedimenten überdeckten Sockels kann günstig sein,
- die über dem Kristallin liegenden Schichten bieten ein großes Verdünnungspotenzial,
- die hydrochemischen und geochemischen Verhältnisse sind günstig,
- Rohstoffkonflikte sind minimal (mögliche Ausnahme: Geothermie),
- Übertragbarkeit von Untersuchungsergebnissen von ausländischen Untersuchungen ist möglich,
- Granit und Gneis sind felsmechanisch und bautechnisch attraktiv.

Neben den aufgezeigten positiven Aspekten und Annahmen waren schon bei der Wahl des Wirtgesteins und des Untersuchungsgebietes die möglicherweise komplizierten Verhältnisse im Hinblick auf die Wasserbewegung im geklüfteten Gestein aus internationalen Untersuchungen bekannt. Man ging jedoch in einem Modellansatz von einer repräsentativen geologischen Situation aus, bei der eine stabile Gebirgsscholle von mehreren Kilometern Breite zwischen zwei Verwerfungen erster Ordnung angenommen wurde (NAGRA 1985a).

6.2.4 "Projekt Gewähr 1985"

6.2.4.1 Projektziele

Das "Projekt Gewähr 1985" hatte zum Ziel, den 1978 vom Bundesrat geforderten Entsorgungsnachweis für radioaktive Abfälle zu erbringen (Kap. 2). Die Anforderungen an das Projekt wurden von der Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung formuliert (AGNEB 1982) und von der Nagra wie folgt zusammenfassend beschrieben (NAGRA 1985a):

-
- Schwerpunkt auf Endlagerung von hochaktivem Abfall,
 - Projekt stützt sich auf die Auswertung von Sondierbohrungen; Bezug auf einen "realistischen" Modellstandort,
 - Sicherheitsbericht belegt das Erreichen der von den Sicherheitsbehörden festgelegten Schutzziele,
 - Begründung der getroffenen Annahmen mit Forschungsergebnissen; nicht auf unbestätigten Hypothesen stützend,
 - Umgang mit Unsicherheiten:
 - Beseitigung der Unsicherheiten durch fortlaufende (Jahre dauernde) Untersuchungen,
 - Berücksichtigung konservativer Annahmen,
 - Evtl. Modifizierung des Barrierensystems.

Für die Eingrenzung des Projektziels wurde die grundsätzliche Festlegung getroffen, dass die Wahl des künftigen Endlagerstandortes nicht Gegenstand des Projektes sein sollte.

Aus den behördlichen Anforderungen leitete die Nagra die Hauptaufgaben für die Durchführung des Projektes ab. Neben dem Nachweis der technischen Machbarkeit und der Langzeitsicherheit sollten für die Sicherheitsanalyse die verwendeten Parameter durch Ergebnisse von fremden Untersuchungen ergänzt werden.

Zusätzlich zu den Fragen der Endlagerung mit den Phasen Bau, Betrieb, Verschluss und Nachbetriebsphase sollte das Projekt auch Aspekte der Vorbereitung der radioaktiven Abfälle für die Endlagerung, Endkonditionierung und Spezifikationskontrolle der Abfälle behandeln.

Untersuchungsobjekt zur Führung von Sicherheitsnachweis, Standortnachweis und bautechnischem Nachweis war das zuvor ausgewählte kristalline Grundgebirge der Nordschweiz (Kap. 6.2.2 und 6.2.3). Inhaltlich baute es auf den im Rahmen der Konzeptentwicklung (Kap. 3.1) durchgeführten Arbeiten auf. Kernstücke der Untersuchungen waren umfangreiche seismische Messungen und sechs Tiefbohrungen. Die entsprechenden Bewilligungen wurden 1982 durch den Bundesrat erteilt. Die Bohrungen wurden zwischen 1982 und 1989 abgeteuft.

Für die Erstellung der Sicherheitsanalysen wurden im "Projekt Gewähr 1985" Modell-Datensätze zugrundegelegt, die für denkbare künftige Kristallinstandorte als repräsentativ gelten sollten. Dem geologischen Datensatz für den Endlagerbereich lagen weitgehend die Resultate der Sondierbohrung Böttstein zugrunde (NAGRA 1985c).

6.2.4.2 Geowissenschaftliches Erkundungsprogramm

Untersuchungsziele

Nachdem entschieden war, geowissenschaftliche Untersuchungen im Kristallin der Nordschweiz durchzuführen, wurde ein etwa 1.200 km² großes Untersuchungsgebiet südlich des Schwarzwaldmassivs, östlich des Oberrheingrabens und der Dinkelbergscholle auf Schweizer Territorium ausgewählt. Das Untersuchungsprogramm verfolgte im wesentlichen zwei Ziele (NAGRA 1983):

- Eine vom Standpunkt der geologischen Stabilität geeignete Region zu finden und innerhalb dieser mögliche Lagerstandorte festzulegen,
- alle Verhältnisse zu erkunden, welche direkt oder potenziell, heute oder in späterer Zukunft die hydrogeologische Situation der gewählten Region und ihrer Umgebung beeinflussen können, um die maximal zu erwartenden Migrationsraten der Radionuklide durch die Geosphäre zu bestimmen.

Prinzipiell wurde an die Untersuchungen die Erwartung geknüpft, geologische Verhältnisse aufzuzeigen, die über ein großes Gebiet ein einheitliches Bild ergäben. Von der Nagra wurde ein dreiphasiges Untersuchungsprogramm entwickelt, in dem die anfänglichen regionalen Studien (Phase I) zu einer detaillierteren Erkundung von der Oberfläche in einem begrenzten Gebiet führen sollten (Phase II). In der eventuell darauf folgenden Phase III sollten an einem potenziellen Standort untertägige Untersuchungen anschließen (NAGRA 1980d). Mit den Ergebnissen wären dann die Voraussetzungen geschaffen, ausreichend große Gebirgsschollen für die Anlage eines Endlagers nachzuweisen.

Untersuchungen

Hauptelemente der geowissenschaftlichen Erkundung waren die geophysikalischen Untersuchungen und die Sondierbohrungen. Die kombinierten geophysikalischen Messungen sollten in erster Linie folgende Aussagen über die strukturelle Beschaffenheit des Untersuchungsgebietes liefern:

- Abklärung der Struktur der geschichteten Sedimentgesteine über dem Grundgebirge mit etwaigen Störungen,
- Erfassen der Grundgebirgsoberfläche,
- Lokalisierung von Sockelsprüngen (>100 m),
- Hinweise auf die interne Struktur des Kristallinsockels.

Dabei galt es auch, die bis dahin vorwiegend aus Oberflächenkartierungen resultierenden Befunde zu bestätigen und zu ergänzen. Zusätzlich wurden in den Bohrungen Messungen der Felshydraulik und Felsmechanik durchgeführt sowie weitere hy-

hydrogeologische und hydrochemische Parameter für das hydrodynamische Modell ermittelt.

Die sedimentären Deckschichten des Kristallins wurden im Hinblick auf ihre Barriere-eigenschaften ebenfalls intensiv untersucht. Die Ergebnisse waren eine Grundlage für die spätere Forderung von HSK und Bundesrat, das Auswahlverfahren auf Sedimentgesteine auszudehnen (Kap. 6.2.4.3 und 6.2.4.4).

In Ergänzung zum Erkundungsprogramm in der Nordschweiz war die Schweiz am internationalen Projekt in der Stripa-Mine in Schweden beteiligt, liefen seit 1984 im eigenen Felslabor Grimsel erste Tests und wurde von der Nagra eine strukturgeologische Studie im Schwarzwald durchgeführt. Die daraus gewonnenen Daten konnten in die Gesamtcharakterisierung des "Kristallins" mit einfließen.

Ergebnisse

Die im Rahmen des Untersuchungsprogramms aus Tiefbohrungen und geophysikalischen Messungen gewonnenen Daten haben die vor Aufnahme der Untersuchungen der Nagra aufgrund von Oberflächenbetrachtungen vertretenen Lehrmeinungen über die Verhältnisse im kristallinen Untergrund der Nordschweiz und im Bereich des Deckgebirges zum Teil bestätigt und zu präzisieren erlaubt (NAGRA 1985c). Daneben wurden allerdings neue Erkenntnisse erzielt, die im folgenden wesentliche Auswirkungen auf das weitere Erkundungsprogramm für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in der Schweiz mit sich brachten.

Die wichtigsten neuen geologischen Erkenntnisse waren:

- Die Entdeckung des nordschweizerischen Permokarbon-Troges, einer kompliziert gebauten trogförmigen Senke, in der eine stark deformierte oberkarbon-unterpermische Sedimentfüllung von Rotliegendem überlagert wird;
- die Entdeckung von bedeutenden Kohlevorkommen in einer Tiefe von rund 1.450 bis 1.900 m;
- die meisten der am Rande des Troges auftretenden Verwerfungen wurden im Tertiär reaktiviert;
- die regionale Geologie des kristallinen Untergrundes ist generell komplexer als angenommen und erschwert den ursprünglichen Ansatz der Ausweisung eines Modellstandortes;
- die hydrogeologischen und felshydraulischen Verhältnisse sind ebenfalls für die Auswertung eines Modellstandortes schwer übertragbar.

Von der Nagra wurden aus den im Erkundungsprogramm erzielten Ergebnissen folgende grundsätzliche Schlussfolgerungen gezogen (aus NAGRA 1985c, verkürzt):

- Die Ergebnisse, insbesondere der Sicherheitsanalyse, belegen, dass die Machbarkeit und Langzeitsicherheit der Endlagerung der radioaktiven Abfälle in der Schweiz gewährleistet werden kann.
- Die technische Machbarkeit der Endlagerung mit den vorhandenen Mitteln ist gegeben, die technischen Sicherheitsbarrieren weisen eine hohe Wirksamkeit auf und für die Einhaltung der durch behördliche Anforderungen definierten Langzeitsicherheit sind in der Schweiz geologische Optionen vorhanden.
- Zur Wahl der Endlagerstandorte sind noch weitere geowissenschaftliche Untersuchungen (noch mindestens 10 Jahre) notwendig.

6.2.4.3 Bewertung der Projekt-Ergebnisse durch die HSK

Die Nagra übergab 1985 den Bericht "Projekt Gewähr 1985" den Behörden. Neben anderen Fachstellen des Bundes wurde die HSK beauftragt, das Projekt Gewähr zu begutachten. Neben Schweizer Institutionen bediente sich die HSK für die Begutachtung auch ausländischer Fachleute. Die Berichterstattung bestand aus einem achtbändigen Gewährsbericht, der sich auf ca. 150 technische Referenzberichte abstützte. Das Verzeichnis dieser Berichte findet sich in HSK (1986). Zum Gutachten gehört auch ein Technischer Bericht (HSK 1987).

Bei der Beurteilung des Projekts konzentrierte sich die HSK im wesentlichen auf den Sicherheitsnachweis und die Standortfrage. Die dem Projekt vorausgegangenen grundsätzlichen Entscheidungen, wie z.B. die Wahl des Wirtgesteins und des Untersuchungsgebietes oder die generelle Vorgehensweise im Verfahren, werden in ihrer Schlüssigkeit bei der Festlegung zur damaligen Zeit nicht direkt bewertet.

Bei der Standortfrage, die eng mit der Wahl des Wirtgesteins verknüpft war, wurde von der HSK (1986) eine zentrale Frage identifiziert: "Lässt sich ein Standort finden, der nicht nur lokal, sondern in einem hinreichend großen Gebiet alle für einen positiven Sicherheitsnachweis notwendigen Eigenschaften aufweist?" Die HSK stimmte zwar mit der Nagra darin überein, dass diese Frage auch nach den Untersuchungen im "Projekt Gewähr 1985" noch offen war, konnte aber in ihrer Bewertung der optimistischen Einschätzung von Nagra, dass Aussichten auf eine erfolgreiche Standort-suche im Kristallin bestehen, nicht folgen.

Als wesentliche Gründe für diese eher pessimistische Einschätzung des kristallinen Grundgebirges der Nordschweiz führte die HSK (HSK 1986) an:

- Der Permokarbon-Trog, die heute bekannten Störungszonen und die relativ starke Zunahme der Temperatur mit der Tiefe schränken im bisherigen Untersuchungsgebiet die möglichen Standortgebiete auf einige kleinere Areale ein.

- Die verschiedenen Sondierbohrungen erbrachten kein einheitliches Bild der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse im Kristallin, sondern unterstreichen dessen Vielfalt und Heterogenität.
- Das Kristallin der Nordschweiz ist tektonisch sehr kompliziert aufgebaut und stark zergliedert; entsprechend komplex sind auch die möglichen Wasserfließwege.
- Kristalline Formationen sind schwieriger (räumlich) zu prognostizieren als ungestörte oder wenig gestörte Sedimente; Standortabklärungen sind deshalb vermehrt auf Sondierbohrungen angewiesen, was mehr, sicherheitsmäßig problematische, Perforationen des Wirtgesteins verursacht.

Neben diesen wirtgesteinsbezogenen Erkenntnissen trugen auch regionale hydrogeologische Gegebenheiten (Exfiltrationsgebiet für Tiefenwässer, Thermalwässer) zur kritischen Einschätzung bei. Aufgrund der erarbeiteten Befunde kam die HSK (1986) zusammenfassend zu folgendem Gesamturteil:

1. Aufgrund der komplizierten tektonischen Situation im Kristallin der Nordschweiz erscheint es fraglich oder zumindest als offen, ob eine den geometrischen Abmessungen eines C-Endlagers genügende große Scholle bzw. Block mit den gewünschten Eigenschaften im Kristallin der Nordschweiz gefunden werden kann.
2. Durch die sedimentäre Überdeckung des Kristallins der Nordschweiz erscheint es mit den heute zur Verfügung stehenden Explorationsmethoden, insbesondere den geophysikalischen, nicht möglich, eine solche Scholle mit der erforderlichen Genauigkeit von der Tagesoberfläche aus zu erschließen und zu erkunden. Eine größere Anzahl von Erkundungsbohrungen steht jedoch der erforderlichen Langzeitsicherheit des Endlagers entgegen.

Die Standortfrage war also noch offen. Deshalb empfahl die HSK der Nagra, in ihren weiteren Bemühungen ein flexibles Vorgehen anzuwenden und insbesondere auch Konzepte für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in **Sedimentgesteinen** zu prüfen. Die zweitgenannte Empfehlung wurde nicht zuletzt aus den Erkenntnissen über die sedimentären Deckschichten des Kristallins abgeleitet, das im Rahmen des Kristallinprogramms mit untersucht worden war (Kap. 6.2.4.2). Ein erster Vergleich sicherheitsrelevanter Eigenschaften von Kristallin und Sedimentgesteinen war damit möglich (HSK 1987).

6.2.4.4 Beschluss des Bundesrates zum "Projekt Gewähr 1985"

Der Schweizer Bundesrat machte sich in seinem Beschluss vom 3. Juni 1988 (BUNDESRAT 1988) die Empfehlung der HSK von 1986 (Kap. 6.2.4.3) zu eigen. Im Beschluss heißt es unter Ziffer 1 b:

- Für hochaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung und die aus der Wiederaufarbeitung stammenden langlebigen α -haltigen Abfälle ist der Sicherheitsnachweis ebenfalls erbracht.
- Noch nicht erbracht ist der Standortnachweis für diese Abfälle, d. h. der Nachweis von genügend ausgedehnten Gesteinskörpern mit den erforderlichen Eigenschaften.

Unter Ziffer 2.1 wird dann festgelegt und gefordert:

"Die Bewilligungsinhaber (der bestehenden Kernkraftwerke) haben die Forschungsarbeiten im Hinblick auf eine Endlagerung der radioaktiven Abfälle weiterzuführen. Die Forschungsarbeiten bezüglich der in Ziffer 1 Buchstabe b genannten Abfälle sind auf **nicht-kristalline Wirtgesteine (Sedimente)** auszudehnen, wobei auch **andere als die bisher untersuchten Regionen** in die Evaluation einzubeziehen sind."

Die Nagra hatte somit keine andere Wahl, als die Vorgaben der Schweizer Regierung zu befolgen und nach Mitte 1988 Sedimentgesteine in den Mittelpunkt ihrer weiteren Arbeiten zu stellen. Die Nagra hatte als Reaktion auf die entsprechende Empfehlung der HSK aber bereits 1986 mit Sedimentgesteinsuntersuchungen zusätzlich zum Kristallin-Programm begonnen. Diese Untersuchungen wurden nach dem Bundesratsbeschluss verstärkt und führten letztlich zur Konzentration auf den Opalinuston (Kap. 6.3 und 6.4). Zeitliche Auflagen zur Führung des noch ausstehenden Standortnachweises hat der Bundesrat nicht vorgegeben.

6.2.5 Reserveoption Kristallin

Parallel zu den von HSK und Bundesrat auf Grund der Ergebnisse des "Projektes Gewähr 1985" geforderten Sedimentuntersuchungen (Kap. 6.2.4.3, 6.2.4.4 und 6.3 bis 6.5) setzte die Nagra ihre Untersuchungen zur Ermittlung der Grundlagen für den Standortnachweis im kristallinen Grundgebirge der Nordschweiz fort. Der Ablauf ist in ARBEITSGRUPPE (1996) zusammenfassend dargestellt:

1994 reichte sie ein Sondiergesuch zur Durchführung eines Bohr- und Untersuchungsprogrammes in den Gemeinden Leuggern und Böttstein ein, mit dem der Nachweis eines geeigneten Wirtgesteinskörpers mit genügender Ausdehnung geführt werden sollte. Diese Pläne wurden von der KNE negativ beurteilt. Hauptgründe waren die Nähe des Gebietes zu wichtigen tektonischen Elementen sowie hydrogeologische Besonderheiten in der Nähe von Thermalwasser-Vorkommen. Generell kam die KNE angesichts der Heterogenität und der schlechten Explorierbarkeit des kristallinen Grundgebirges zu dem Schluss, dass weitere Sondierungen im Kristallin mit großen Risiken verbunden sind, kostspielig werden könnten und möglicherweise nicht zum gewünschten Erfolg führen würden.

Zur Ausarbeitung eines Konsenses über das weitere Vorgehen wurde 1995 die "Arbeitsgruppe Kristallin Nordschweiz" mit Vertretern von HSK, KNE, Nagra, BFE und Kanton Aargau gebildet. Sie sollte den damaligen Kenntnisstand zum Kristallin der Nordschweiz darstellen und aufzeigen, in welchem Gebiet und mit welchen Methoden die Untersuchungen weiter geführt werden sollten. In ihrem Schlussbericht (ARBEITSGRUPPE 1996) erachtet es die Arbeitsgruppe als sinnvoll, das Kristallin-Programm und das Sediment-Programm weiterhin parallel zu verfolgen. Sie bezeichnet die sogenannte Vorwaldscholle als das vielversprechendste Gebiet für weitere Untersuchungen im Kristallin und stimmt dem von der Nagra entwickelten Plan zur schrittweisen Erkundung und Beurteilung mit 2D-Seismik, Vertikal- und Schrägbohrungen sowie eventuell weiteren Detailuntersuchungen zu.

Die Erfolgsaussichten für das Untersuchungsprogramm werden allerdings als unsicher eingeschätzt. Die Arbeitsgruppe ging jedoch davon aus, dass bei sehr günstigen Verhältnissen ein Standortnachweis mit Untersuchungen von der Oberfläche aus erbracht werden kann, wobei die Nagra das Projekt optimistischer beurteilte als die Vertreter von HSK und KNE.

Die Nagra hat daraufhin im Raum Mettau (Kanton Aargau) reflexionsseismische Untersuchungen durchgeführt und die Ergebnisse mit den Fachinstitutionen HSK und KNE diskutiert. Es war beabsichtigt, im Jahr 1998 ein Sondiergesuch zur Durchführung von einer oder mehrerer Tiefbohrungen einzureichen (HSK 1997). Diese Pläne wurden dann von der Nagra 1998 aufgegeben, weil die parallel erarbeiteten Erkundungsergebnisse zum Opalinuston im Zürcher Weinland vielversprechend waren (HSK 1998).

Das Kristallin im Mettauertal wird heute als Reserveoption betrachtet. Im Bedarfsfall könnten dort die Untersuchungen zur Identifizierung eines ausreichend ausgedehnten geeigneten kristallinen Wirtgesteinskörpers wieder aufgenommen werden.

6.2.6 Bewertung der Vorgehensweise Kristallin

Bereits im Rahmen der Konzeptentwicklung war für hochradioaktive Abfälle die Endlagerung im kristallinen Grundgebirge als vielversprechend angesehen worden (VSE et al. 1978). Diese Einschätzung beruhte auf einer groben Bestandsaufnahme und Bewertung der geologischen Verhältnisse der Schweiz, die schließlich zur Entscheidung zur Erkundung der kristallinen Gesteine im Untergrund der Nordschweiz führte.

Für die Wahl von Kristallin (Granit, Gneis) als Wirtgestein waren neben den bereits vorliegenden internationaler Erfahrungen (insbesondere Schweden) hauptsächlich die guten felsmechanischen Eigenschaften, die Vorteile im Hinblick auf die Bautechnik (Betrieb) versprochen, ausschlaggebend. Es standen also im wesentlichen tech-

nische und auch ökonomische Gründe - kostengünstiges Erstellen untertägiger Hohlräume - im Vordergrund.

Ein schrittweises wirtgesteinsunabhängiges Auswahlverfahren im Sinne eines Screening-Prozesses und mit Angabe von Ausschlusskriterien neben den seismischen Verhältnissen ist im einzelnen nicht dokumentiert. Ein breiter Ansatz mit allmählicher Einengung hinsichtlich Wirtgestein und Standortregion ist nicht öffentlich detailliert dargestellt.

Die für die Wahl des Untersuchungsgebietes Nordschweiz ausschlaggebenden Gründe, tektonisch einfach gebautes und seismisch ruhiges Gebiet, waren allerdings einleuchtend. Das Kriterium der räumlichen Beschreibbarkeit ("Prognostizierbarkeit") eines Gebietes, wie es im Gutachten der HSK zum "Projekt Gewähr 1985" (HSK 1986) gefordert wurde, fand bei der Wahl des Untersuchungsgebietes dagegen kaum Berücksichtigung. Dies war zum Teil wohl auch auf den unzureichenden Kenntnisstand über die regionalgeologischen Verhältnisse zurückzuführen.

Das "Projekt Gewähr 1985" wurde nach der Entscheidung für das Kristallin der Nordschweiz von der Nagra technisch sehr ausführlich geplant und durchgeführt. Bezüglich des Terminplans für die Untersuchungen wurden nach BUSER (1988) allerdings Zweifel geäußert, ob der vorgesehene eng gesteckte Zeitrahmen eingehalten werden könnte. Die Dokumentation der Ergebnisse wies keine entscheidenden Lücken auf.

Bei der Interpretation der Untersuchungsergebnisse wurde jedoch deutlich, dass die komplexen hydrogeologischen/hydraulischen Verhältnisse in kristallinen Gesteinen unterschätzt worden waren. Aus internationalen Untersuchungen (z.B. Stripa-Mine) kannte man bereits die strukturellen Eigenschaften von geklüfteten Kristallingesteinen, die auch in größeren Tiefen mögliche z.T. intensive Zerböckung von Gebirgskörpern und die damit verbundenen komplizierten hydraulischen Verhältnisse. Diese Erkenntnisse und die Ergebnisse der Referenzuntersuchung im Kristallin des Schwarzwaldes hätten frühzeitiger zu einem Überdenken der Untersuchungsstrategie führen können.

Das Untersuchungsprogramm der Nagra hätte dazu eine transparentere Phasenstruktur mit deutlicher erkennbaren Meilensteinen (schrittweises Vorgehen) zur kritischen Diskussion bei Erreichen "ungünstiger" Ergebnisse vorsehen müssen. Allerdings muss man berücksichtigen, dass zu dieser Zeit die im internationalen Raum praktizierten Vorgehensweisen auch keine detaillierte Phasenstruktur aufwiesen. Immerhin belegt die von HSK und Bundesrat geforderte Hinwendung der Nagra zu Sedimentgesteinen aber, dass die im Laufe des Verfahrens wirkenden Kontrollmechanismen eine unter den Gesichtspunkten Endlagersicherheit sowie Verfahrensflexibilität und -gerechtigkeit vorteilhafte Öffnung des Verfahrens bewirkt haben.

6.3 Phase B - Sedimentprogramm: Untersuchung Sedimentgesteine, Konzentration auf Opalinuston und Untere Süßwassermolasse (USM)

6.3.1 Sedimentstudie - Zwischenbericht 1988 (NAGRA 1988)

Nach der Empfehlung der HSK (1986) zur Überprüfung der Möglichkeiten auch der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in Sedimentgesteinen (Kap. 6.2.4.3) führte die Nagra entsprechende Untersuchungen im Rahmen einer Sedimentstudie durch. Ziel war die Auswertung möglicher Alternativen zu dem im Projekt Gewähr betrachteten Kristallinkonzept, "bevor die Wahl des Wirtgesteins bzw. des Gebietes für die eigentliche Standorterkundung getroffen wird" (NAGRA 1988). Der Standortnachweis als noch ausstehender Teil des im "Projekt Gewähr 1985" geführten Entsorgungsnachweises (Kap. 6.2.4.3 und 6.2.4.4) spielte dagegen zunächst keine explizite Rolle.

Der erste Zwischenbericht zu dieser Studie (NAGRA 1988) bezieht sich auf diejenigen Untersuchungen, deren Ergebnisse zur Konzentration auf vorzugsweise weiter zu betrachtende Sedimentgesteinsformationen geführt haben. In diesem Bericht werden - ausgehend von einer geologisch-tektonischen Beurteilung der Schweiz - der Opalinuston und die Untere Süßwassermolasse (USM) als aussichtsreiche Wirtgesteine identifiziert und die potenziellen Standortregionen Nördlich Lägern und Zürcher Weinland für Opalinuston und die Region östlich der Limmat für USM benannt.

Tone bzw. Mergel, auch der Molasse, und insbesondere Opalinuston waren bereits Ende der siebziger Jahre neben Steinsalz, Anhydrit und Kristallin im Zuge der Konzeptentwicklung für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Schweiz als mögliche Wirtgesteine betrachtet worden (VSE et al. 1978, auch Kap. 5.1). In den achtziger Jahren wurden mesozoische Schichten im Rahmen der Erkundung des kristallinen Grundgebirges der Nordschweiz charakterisiert (Kap. 6.2).

Die Sedimentstudie (NAGRA 1988) deckt mehrere Arbeitsschritte ab (Tab. 1, S. 33/34, u. Abb. 1, S. 47). Als Datengrundlage für alle Arbeitsschritte dienten der Nagra vorhandene bzw. verfügbare Daten. Die Schritte und die jeweiligen wesentlichen Ergebnisse werden im folgenden kurz dargestellt:

Schritt 1: Identifizierung von generell in Frage kommenden Sedimentregionen

Vorgehen: großräumige Beurteilung der gesamten Schweiz mit vergleichender Bewertung der geologisch-tektonischen Verhältnisse der einzelnen Regionen. Dabei Ausschluss von Gebieten mit größeren tektonischen Komplikationen.

Kriterien: i.W. die generellen geologisch-tektonischen Verhältnisse, neotektonische Aktivität (z.T. als Ausschlusskriterien genutzt).

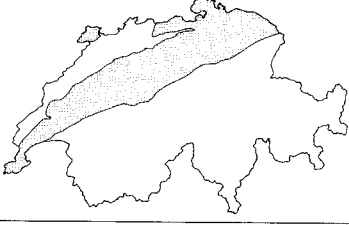
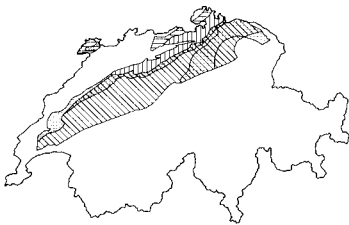
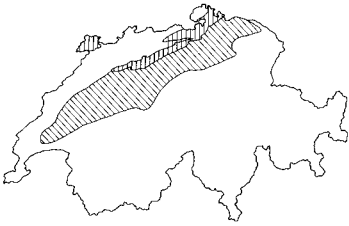
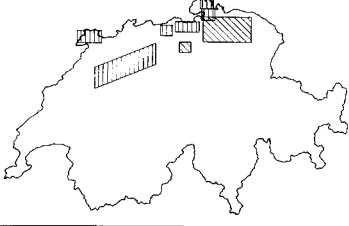
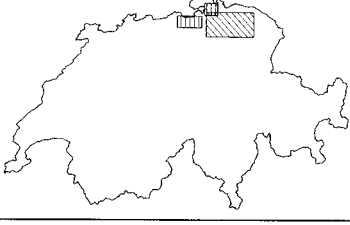
Vorgehensschritte	Aktivität	Ergebnisse	
1 Festlegung von Untersuchungsregionen	Ausscheidung von tektonisch möglichst ruhigen, einfach gebauten Untersuchungsregionen	Mittelland, Aargauer bis Schaffhauser Tafeljura sowie Ajoie als Untersuchungsregion der Sedimentstudie	
	Analyse der Strömungsverhältnisse und Chemie der tiefen Grundwässer (Hydrodynamik/Hydrochemie). Versuch einer Lokalisierung der bedeutenden Grundwasserinfiltrationsgebiete	keine weitere Einschränkung möglich (zu lückenhafte Datenbasis für die Lokalisierung von Infiltrationsgebieten)	
2 Bestimmung von potentiellen Wirtgesteinsformationen	Generelle Beurteilung der Sedimentabfolge in der Nordschweiz und Ausscheidung geeigneter Wirtgesteine mit niedriger Permeabilität und ausreichender Mächtigkeit	sieben potentielle Wirtgesteine	Obere Süsswassermolasse Untere Süsswassermolasse Effinger Schichten Opalinuston Gipskeuper Mittlerer Muschelkalk (Anhydritgruppe) Perm
3 Charakterisierung der potentiellen Wirtgesteinsformationen. Abklärung ihrer räumlichen Verfügbarkeit	Ermittlung der Vor- und Nachteile der verschiedenen Wirtgesteine. Abgrenzung der Regionen, in denen die potentiellen Gesteine in einer Tiefe von 300 bis 1'200 Meter verfügbar sind	Kurzbeschreibung der wichtigsten Eigenschaften. Kartographische Darstellung der räumlichen Verbreitung	
4 Evaluation der zwei potentiell geeigneten Wirtgesteinsformationen. Darlegung ihrer sicherheitstechnischen Vor- und Nachteile	Erste Wertung der massgeblichen Eigenschaften. Ergänzende Analyse in bautechnischer, hydrodynamischer und sicherheitstechnischer Hinsicht für die gewählten Optionen	zwei Wirtgesteinsoptionen erster Priorität: Untere Süsswassermolasse (USM) Opalinuston (OPA)	
5 Abgrenzung potentieller Standortregionen mit Opalinuston und Unterer Süsswassermolasse	Beschränkung auf Gebiete mit tektonisch ruhigen Verhältnissen und geeigneter Tiefenlage des Wirtgesteins	sechs Standortregionen mit OPA und zwei Standortregionen mit USM	
6 Evaluation von drei potentiellen Standortregionen erster Priorität	Beschreibung und vergleichende Beurteilung der potentiellen Standortregionen bezüglich Geologie, Tektonik, Hydrodynamik und Hydrochemie	Einengung auf: – zwei Standortregionen mit OPA (Zürcher Weinland und Gebiet nördlich der Lägeren) – eine Region mit USM (Standortregion östlich der Limmat)	

Abb. 1 Vorgehensschritte im Rahmen des Sedimentprogramms mit Angabe der jeweiligen Aktivitäten und deren Ergebnissen sowie Lage der betrachteten Gebiete (aus NAGRA 1989)

Ergebnis: Es verbleiben folgende detaillierter zu prüfenden Gebiete: Mittelland, Aargauer bis Schaffhauser Tafeljura, Ajoie.

Schritt 2: Identifizierung potenzieller Wirtgesteine

Vorgehen: innerhalb der in Schritt 1 ausgewählten Gebiete werden die verschiedenen Sedimentserien daraufhin überprüft, ob sie als potenzielles Wirtgestein in Frage kommen.

Kriterien: Mächtigkeit, Durchlässigkeit und Rückhaltevermögen der Sedimentserien.

Ergebnis: Identifizierung von sieben potenziellen Wirtgesteinen, darunter Opalinuston und USM.

Schritt 3: Identifizierung der aussichtsreichsten Wirtgesteine

Vorgehen: vergleichende qualitative Bewertung von Opalinuston und USM mit den in Schritt 2 identifizierten anderen potenziellen Wirtgesteinen unter Berücksichtigung des regionalen Vorkommens von Opalinuston und USM.

Kriterien: u.a. Tiefenlage, stratigraphische und tektonische Verhältnisse, Hydrogeologie, Hydrochemie, Rohstoffpotenzial.

Ergebnis: Opalinuston und USM werden als aussichtsreichste Wirtgesteine bewertet (1. Priorität). Die anderen Sedimentformationen werden vorläufig zurückgestellt.

Schritt 4: Genauere Prüfung der beiden vorrangigen Wirtgesteinsoptionen

Vorgehen: Bewertung der für die Endlagerung maßgeblichen Eigenschaften von Opalinuston und USM mit Analyse aus hydrodynamischer, bautechnischer und sicherheitstechnischer Sicht.

Kriterien: entfällt

Ergebnis: Sowohl in Opalinuston als auch in der USM könnte eine sichere Endlagerung möglich sein.

Schritt 5: Ausweisung von potenziellen Standortregionen

Vorgehen: Beurteilung der Gebiete mit Opalinuston bzw. USM. Dabei Ausschluss der Gebiete, die ungünstige Eigenschaften aufweisen.

Kriterien: Tiefenlage des potenziellen Wirtgesteins, tektonische Verhältnisse.

Ergebnis: Identifizierung von sechs potenziellen Standortregionen mit Opalinuston (darunter Zürcher Weinland) und von zwei Regionen mit USM.

Schritt 6: Ausweisung von Vorrangregionen

Vorgehen: Vergleichende Bewertung der als Ergebnis von Schritt 5 verbleibenden Regionen, und zwar getrennt nach den Regionen mit Opalinuston und denen mit USM.

Kriterien: u.a. tektonische und struktureologische Verhältnisse, Tiefenlage und Mächtigkeit der Wirtgesteine, hydrogeologische Verhältnisse, Prognostizierbarkeit.

Ergebnis: Identifizierung von zwei Regionen mit Opalinuston und einer Region mit USM. Für Opalinuston wird die Region Zürcher Weinland vor der Region "nördlich Lägern" als am erfolgversprechendsten angesehen. Für die USM wird die Region "östlich der Limmat" am günstigsten angesehen. Alle anderen Regionen werden zurückgestellt.

Zusammengefasst führt dies NAGRA (1988) zu folgenden Hauptergebnissen:

- Opalinuston und USM werden als aussichtsreichste Wirtgesteine (Optionen 1. Priorität) bewertet. Die anderen Sedimentformationen werden vorläufig zurückgestellt.
- Identifizierung zweier vorrangiger Regionen mit Opalinuston (Zürcher Weinland vor der Region „nördlich Lägern“) und einer Region mit USM („östlich der Limmat“). Alle anderen Regionen mit den aussichtsreichsten Wirtgesteinen werden zurückgestellt.

6.3.2 Stellungnahmen von KNE und HSK zum Zwischenbericht 1988**Stellungnahme der KNE**

In der Stellungnahme der KNE (1990) werden folgende wesentliche Hinweise gegeben:

- Die Sedimentstudie wird von der Kommission als nützliche Arbeitsgrundlage beurteilt.
- Die Auswahl von zwei Formationen (Opalinuston und USM) aus der Reihe der in der Schweiz in Frage kommenden Sedimentgesteine ist wegen der lückenhaften Datenbasis (nur Literaturdaten) verfrüht und nicht nachvollziehbar.
- Der Ausschluss der Westschweiz und die Einengung auf die Ostschweiz (u.a. Standortregion Zürcher Weinland mit Opalinuston) ist unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Daten verfrüht und nicht nachvollziehbar.
- Nach Ansicht der Kommission ist zum jetzigen Zeitpunkt und mit den heutigen Kenntnissen die Einschränkung auf ein bis zwei Wirtgesteinsformationen in nur ein

bis zwei Standortregionen für ein HAA-Endlager nicht nachvollziehbar und verfrüht. Es besteht kein Anlass, auf eine ausführliche und mit direkt erhobenen Daten gestützte Evaluation der verschiedenen anderen potenziellen Formationen bzw. Standorte in der Schweiz zu verzichten.

- Gefordert wird eine umfassende Prüfung aller möglichen Formationen und Lokalitäten auf der Grundlage ausführlicher und auch direkt bzw. zielgerichtet erhobener Daten.

Im Kern wird also kritisiert, dass die getroffenen Entscheidungen auf einer unzureichenden bzw. lückenhaften Datenbasis beruhen. Gefordert wird die Auswertung aller vorhandenen Daten und die Verbesserung der Datenlage durch ein Untersuchungsprogramm (umfassende, klare und nachvollziehbare Explorationsstrategie). Diese Explorationsstrategie müsste bereits dem Konzept der Sedimentstudie zugrunde liegen und nicht erst nach mehreren Einengungsschritten auf der Stufe der Bestimmung einer Standortregion zur Anwendung kommen.

Stellungnahme der HSK

Die Stellungnahme umfasst folgende wesentlichen Punkte (HSK 1990):

- Der Zwischenbericht der Nagra bildet eine wertvolle Grundlage für die Planung eines Untersuchungsprogramms in Sedimentformationen. Er zeigt, dass die sedimentären Formationen der Nordschweiz gute Möglichkeiten für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle bieten können.
- Wegen der unvollständigen Kenntnisse bleibt die Auswahl der prioritären Wirtgesteine Opalinuston und USM "bis zu einem gewissen Grade" anfechtbar; insbesondere reicht das vorliegende Datenmaterial für die Auswahl einer einzigen Wirtgesteinsformation 1. Priorität (Opalinuston) nicht aus. Dennoch wird die Einengung auf Opalinuston und USM trotz unterschiedlicher und lückenhafter Datenlage mitgetragen.
- Die vorgenommenen regionalen Einschränkungen (z.B. Ausschluss der westschweizerischen Molasse) ist beim gegenwärtigen Kenntnisstand verfrüht; mit den vorhandenen Daten können die potenziellen Standortregionen nicht gegeneinander abgewogen werden (hierzu wären regionale geophysikalische Untersuchungen nötig).
- Die frühzeitige Einengung auf die potenziellen Standortregionen wird als kritischer angesehen als die Festlegung der prioritären Wirtgesteine Opalinuston und USM.
- Vorgeschlagen wird eine regionale Untersuchungskampagne zur Festlegung der engeren Standortgebiete (u.a. geophysikalische Untersuchungen). Nur von einem breit angelegten Vorgehen kann die größte Akzeptanz erwartet werden.

Nach Meinung der HSK ist das Auswahlprozedere im Hinblick auf den Kenntnisstand

zu rasch vorangetrieben worden. Dies betrifft vor allem die Auswahl von Standortregionen, bis zu einem gewissen Grade auch die Auswahl der prioritären Wirtgesteinsformation. Dennoch wird die Eingrenzung auf Opalinuston und USM mitgetragen. Die Einschränkung auf engere Standortgebiete kann erst nach Abschluss geophysikalischer Untersuchungskampagnen vorgenommen werden, und für die beiden prioritären Wirtgesteinsoptionen muss die Datengrundlage noch verbreitert werden.

Zusammenfassung zu beiden Stellungnahmen

Beide Stellungnahmen sehen den Bericht der Nagra als nützliche Arbeitsgrundlage für die Planung des weiteren Vorgehens an. Gemeinsam ist beiden Stellungnahmen die Problematisierung der Datenlage, die hinsichtlich der frühzeitig getroffenen Auswahl der potenziellen Standortregionen als unzureichend und hinsichtlich der prioritären Wirtgesteine Opalinuston und USM zumindest als lückenhaft angesehen wird. Gefordert wird eine Verbesserung der als Entscheidungsbasis dienenden Datengrundlage durch gezielte Untersuchungen, insbesondere geophysikalischer Art (Seismik).

6.3.3 Bewertung Phase B

Die in NAGRA (1988) gewählte Vorgehensweise zur Ausweisung aussichtsreicher Wirtgesteine und Standortregionen ist vom prinzipiellen Ansatz her nachvollziehbar. Wesentliche formale und inhaltliche Anforderungen an entsprechende Suchverfahren sind erfüllt (u.a. schrittweises Vorgehen, problemangemessene Bewertungsgrundlagen, vergleichende Bewertung). Insofern ist bei einer immanenten Bewertung des Berichts auch das Ergebnis (Konzentration auf Opalinuston und Zürcher Weinland) nachvollziehbar.

Der wesentliche Problempunkt von NAGRA (1988) ist die frühzeitige Konzentration auf zwei prioritäre Wirtgesteine und die starke regionale Einengung potenzieller Standortgebiete auf der Grundlage einer unzureichenden Datenlage. Dies wird auch in den Stellungnahmen von HSK (1990) und KNE (1990) deutlich zum Ausdruck gebracht.

Die problematische Datenlage ist den Bearbeitern von NAGRA (1988) offensichtlich bewusst gewesen. Es wurde darauf reagiert mit der Postulierung notwendiger "gewisser Grundsatzentscheidungen" und "gewisser Ermessensspielräume", die sich in der ersten Phase der Standortauswahl im Rahmen des Sedimentprogramms aus der unvollständigen Datenlage ergeben. Worum es sich bei diesen Grundsatzentscheidungen und Ermessensspielräumen handelt und wie sie genutzt wurden, ist nicht erkennbar. Dadurch werden Transparenz des Vorgehens und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse für Außenstehende sicher nicht gefördert.

Nachvollziehbarer wäre folgende Vorgehensweise gewesen: Darstellung bzw. Herausarbeitung der Unsicherheiten bei der Datenlage und der Art und Weise, wie die Unsicherheiten berücksichtigt worden sind. Aus heutiger Sicht müsste der Mindestinformationsbedarf, der zum Erreichen der Zielaussagen notwendig ist, ermittelt und anschließend ein Abgleich der vorhandenen Informationen mit den notwendigen Informationen vorgenommen werden. Danach wären Informationslücken durch ein zielgerichtetes Untersuchungsprogramm zu schließen.

Zweifellos ist es richtig, dass in der frühen Phase der Standortauswahl nicht alle erwünschten und benötigten Daten zur Verfügung stehen bzw. gewonnen werden können. Allerdings muss die Datenlage dergestalt sein, dass eine aussagekräftige vergleichende Bewertung überhaupt möglich ist. Ansonsten bekommen Interpretationen und Annahmen einen zu großen Stellenwert.

Erst nachdem HSK und KNE die Lücken in der Datenbasis kritisiert hatten (Kap. 6.3.2), wurde ein zwischen den Behörden und der Nagra abgestimmtes Untersuchungsprogramm für beide Wirtgesteinsoptionen in Angriff genommen (Kap. 6.4.1 und 6.4.2).

6.4 Phase C - Sedimentprogramm: Festlegung auf Opalinuston und Zielgebiet Zürcher Weinland

Phase C umfasst im wesentlichen die in NAGRA (1991 und 1994a) dokumentierten Arbeiten sowie die gemeinsame Lagebeurteilung der Behörden und der Nagra (LAGEBEURTEILUNG 1994). Zeitlich reicht die Phase von etwa 1988 bis 1994. Inhaltlich umfasst sie im wesentlichen die weiteren Arbeiten der Nagra an der Sedimentstudie, die letztlich zur Festlegung des Opalinustons als Wirtgestein und des Zürcher Weinlands als Zielgebiet für die weitere Erkundung führen.

Phase C weist eine gewisse zeitliche Überschneidung mit Phase B auf: Ab 1988 hat die Nagra bereits weitergehende Arbeiten an der Sedimentstudie durchgeführt (aufbauend auf NAGRA 1988), die behördlichen Stellungnahmen zu NAGRA (1988) wurden jedoch erst 1990 vorgelegt (KNE 1990, HSK 1990).

6.4.1 Sedimentstudie - Zwischenbericht 1990 (NAGRA 1991)

6.4.1.1 Untersuchungen

Unter Berücksichtigung der Kritikpunkte von HSK und KNE an NAGRA (1988) arbeitete die Nagra in der Folge für beide Wirtgesteinsoptionen weitere Untersuchungsprogramme aus, die im Rahmen mehrerer Informationssitzungen mit HSK und KNE vorgängig besprochen und abgestimmt wurden. Eine Einengung auf eine prioritäre

Wirtgesteinsvariante sollte erst auf der Grundlage der Ergebnisse dieser Untersuchungen erfolgen. Sie umfassten folgende Arbeiten:

- Untersuchungen zur potenziellen Tiefenlage und Tektonik von Opalinuston und USM, der Lage der Felsoberfläche unter den Lockergesteinsmassen sowie ein begleitendes neotektonisches Überwachungsprogramm. Es konnten zudem tektonisch problematische Zonen identifiziert werden, die als auszuschließende Bereiche zu einer Einengung der in Frage kommenden Gebiete für beide Optionen führten.
- Ergänzung der Datenbasis zu Opalinuston und USM (Lithologie, Fazies).
- Ergänzung der hydrogeologischen Datenbasis für Opalinuston und USM einschließlich Weiterführung und Anpassung der hydrodynamischen Modellierungen.
- Hydrochemische Untersuchungen (v.a. Daten aus Bohrungen sowie Sondier- und Pilotstollen).
- Entwicklung eines Verfahrens zur Abschätzung der Erfolgswahrscheinlichkeit von Felduntersuchungen (Herausarbeitung der Unterschiede bei der hydrogeologischen Explorierbarkeit von Opalinuston und USM).
- Abklärung eventueller Rohstoffvorkommen.
- Untersuchungen zum geotechnischen Verhalten des Opalinuston.
- Abklärung raumplanerischer Aspekte in den vorgeschlagenen prioritären Standortregionen.

6.4.1.2 Bewertung des Zwischenberichts 1990

Die durchgeführten Arbeiten sind geeignet, die Datenbasis zum Opalinuston und zur USM zielgerichtet und deutlich zu verbessern. Sie lassen - soweit sich dies den Projekt-Kurzdarstellungen in NAGRA (1991) entnehmen lässt - keine Hinweise erkennen, die gegen die Weiterverfolgung der Option Opalinuston sprechen. Ein wesentliches Ergebnis ist die Untermauerung der Erwartung, dass der Opalinuston hinsichtlich seiner (hydro-)geologischen Explorierbarkeit weniger Anlass zu mehrdeutigen Aussagen geben wird als die Option USM.

Die getroffenen Entscheidungen für die weiteren Untersuchungen können vom AKEnd nachvollzogen werden; denn er hatte Zugang zu den Unterlagen (v.a. Ergebnisprotokolle interner Treffen), aus denen der Abstimmungsprozess zwischen Behörden und Nagra hervor geht. Für Außenstehende ohne Einsicht in diesen internen Abstimmungsprozess ist die Entscheidungsfindung allein auf Grundlage der veröffentlichten Berichte (z.B. NAGRA 1991) dagegen nicht ohne weiteres nachvollziehbar. Dies gilt insbesondere für die Frage, wie die Kritikpunkte und Anregungen von HSK und KNE (Kap. 6.3.2) von der Nagra aufgenommen und bei der Ausgestaltung der weiteren Untersuchungen berücksichtigt worden sind.

6.4.1.3 Weiteres Vorgehen

6.4.1.3.1 Konzept für das weitere Verfahren im Zwischenbericht 1990

Im zweiten Zwischenbericht 1990 (NAGRA 1991) wird auch die weitere Vorgehensweise für Felduntersuchungen im Sedimentprogramm dargelegt. Danach konzentrieren sich alle weiteren Arbeiten auf Opalinuston und USM, wobei dem Opalinuston erste Priorität eingeräumt wird. Offensichtlich beruhen diese Prioritätensetzung und das Untersuchungskonzept der Nagra auf einer mit den Behörden des Bundes erzielten Übereinkunft (NAGRA 1991). Allerdings ist einem Besprechungsvermerk vom 10.12.1990 (VERMERK 1990) über eine Besprechung am 20.11.1990 zum weiteren Vorgehen der Nagra zwischen BEW, KNE, HSK und Nagra zu entnehmen, dass die HSK noch zu diesem Zeitpunkt ausdrücklich des Vermerks die Festlegung einer Reihenfolge der Wirtgesteine wegen ungenügender Datenbasis als verfrüht ansah.

Die Entscheidung für Opalinuston wird in NAGRA (1991) nochmals im Rahmen einer Gegenüberstellung der wichtigsten geologischen und sicherheitsrelevanten Eigenschaften von Opalinuston und USM begründet. Die Entscheidung für Opalinuston gründet sich im Rahmen einer Gesamtabwägung wesentlich darauf, dass fundierte sicherheitsrelevante Aussagen zur Eignung des Opalinustons in der Nordostschweiz mit geringerem Aufwand zu erarbeiten seien als für die USM. Zudem reichten die Kenntnisse über die faziellen Verhältnisse der USM noch nicht aus, um in dieser Formation eine Region abzugrenzen. Interessant ist dabei, dass für die USM die Festlegung einer Untersuchungsregion als noch nicht machbar angesehen wird (NAGRA 1991), in NAGRA (1988) aber bereits die prioritäre Untersuchungsregion "östlich der Limmat" für USM festgelegt worden ist. Möglicherweise liegt hier ein Definitionsproblem vor (Untersuchungsregion, Untersuchungsgebiet).

Grundlage des vorgeschlagenen Untersuchungskonzepts ist ein sequentielles Vorgehen, d.h. die Konzentration der Untersuchungen aus den oben genannten Gründen auf Opalinuston und die Weiterverfolgung der Option USM (im Sinne einer Backup-Lösung) mit Studien auf regionaler Ebene.

Die regionalen Feldarbeiten für den Opalinuston sollen sich auf die bereits in NAGRA (1988) vorgeschlagenen Region "Lägern" bis "Zürcher Weinland" konzentrieren. Zusätzlich sollen als Alternativen im Opalinuston die Region "Jura-Südfuß-Bözberg" in Betracht gezogen werden (NAGRA 1991).

Die in NAGRA (1991) kurz vorgestellte Untersuchungskonzeption für den Opalinuston (bis 1993) umfasst ein sogenanntes Studienprogramm zur Ergänzung der bestehenden Datengrundlagen, Felduntersuchungen (Schwerpunkte sind 2D-Seismik, Untersuchungen im Felslabor Mont Terri und an der Bohrung Weiach) sowie angestreb-

te Beteiligungen an Untersuchungen Dritter. Für die Alternativregion Jura-Südfuß-Bözberg werden weitere regionale Arbeiten (Seismik) in Betracht gezogen.

6.4.1.3.2 Bewertung des weiteren Vorgehens

Für die vorrangigen Standortregion "Lägern - Zürcher Weinland" ist das Untersuchungskonzept inhaltlich und formal nachvollziehbar. Dies gilt sowohl für das aus Gründen der Effizienz gewählte sequentielle Vorgehen mit Prioritätensetzung auf Opalinuston als auch für Art und Umfang der vorgesehenen regionalen Feldarbeiten im Opalinuston sowie die für USM vorgesehenen Arbeiten.

Die Einbeziehung des noch in NAGRA (1988) wegen tektonischer Komplikationen als "wenig günstig" bewerteten Opalinuston-Alternativgebietes Jura-Südfuß-Bözberg erschließt sich erst bei Kenntnis von PROTOKOLL (1990). Dort wird festgestellt, dass nach Ergebnissen von Untersuchungen in Mont Terri tektonische Beanspruchungen nicht prinzipiell als Ausschlussgrund für Opalinuston zu bewerten sind. Für Außenstehende ohne Kenntnis des PROTOKOLLS (1990) ist diese Entscheidung allerdings nicht nachvollziehbar.

6.4.2 Sedimentstudie - Zwischenbericht 1993 (NAGRA 1994a)

6.4.2.1 Untersuchungen und Ergebnisse

In NAGRA (1994a) werden die Ergebnisse der zwischen 1990 und 1993 in Opalinuston und USM durchgeführten Untersuchungen vorgestellt. Ziel dieser Untersuchungen war die Gewinnung einer breiten Datenbasis, um die Auswahl einer Wirtgesteinsoption und potenzieller Standortgebiete fundiert begründen zu können (NAGRA 1994a). Das entsprechende Untersuchungsprogramm wurde bereits in NAGRA (1991) vorgestellt (Kap. 6.4.1.3) und besteht hinsichtlich des Opalinustons schwerpunktmäßig aus der reflexionsseismischen Untersuchung des Zielgebietes Lägern-Zürcher Weinland. Zusätzlich wurde die Datenbasis zum Opalinuston durch Untersuchungen im Felslabor Mont Terri, in anderen Untertagebauten und in Bohrungen qualitativ und quantitativ verbessert.

Bestimmendes Element für den Opalinuston war die Zielsetzung, den Kenntnisstand soweit zu verbessern, dass im Gebiet Lägern-Zürcher Weinland die Auswahl von Teilgebieten für lokale Untersuchungen nachvollziehbar begründet werden konnte. Dabei sind folgende Überlegungen bzw. Kriterien von Bedeutung:

- Für eine erste Abgrenzung von Gebieten wurde die Tiefenlage des Opalinustons verwendet (gefordert mindestens 400 m u.G. und maximal 1.000 m u.G.).

- Die (günstigen) Eigenschaften des Opalinustons einschließlich seiner Mächtigkeit (100 - 120 m) dürfen im gesamten Untersuchungsgebiet als in erster Näherung konstant angesehen werden.
- Wegen der Konstanz der Eigenschaften des Opalinustons bestimmt das Kriterium "ruhige und tektonisch ungestörte Lagerung" die Auswahl geeigneter Gebiete. Hinzu tritt das Kriterium "Fehlen von Auswirkungen neotektonischer Aktivitäten".

Auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse und der genannten Überlegungen bzw. Kriterien konnte das Gebiet Lägern-Zürcher Weinland in drei verschiedene Teilgebiete gegliedert werden, die alle genügend große Opalinuston-Kompartimente in geeigneter Tiefe aufweisen (NAGRA 1994a):

- Teilgebiet (A): westlicher Randbereich der Bodensee-Grabenzone (deutlich kompressiv überprägt, Anzeichen für Neotektonik),
- Teilgebiet (B): besteht aus zwei dem Tafeljura zugehörigen räumlich voneinander getrennten Teilflächen mit ruhiger Lagerung und ohne Anzeichen von Neotektonik,
- Teilgebiet (C): liegt innerhalb der vom Fernschub geprägten Vorfaltenzone nördlich der Lägern (kompressiv überprägt, Abscherniveaus im Opalinuston).

Von den drei Teilgebieten weist Gebiet (B) aus geologisch-tektonischen Gründen also deutlich erkennbare Vorteile auf. Für die weiteren mit Blick auf den Standortnachweis vorgesehenen Untersuchungen wurde die flächenmäßig größere der beiden Teilflächen aus Teilgebiet (B) ausgewählt (Zürcher Weinland). Grund hierfür ist die Wahrung einer möglichst großen Flexibilität hinsichtlich der weiteren Explorationschritte (NAGRA 1994a). Alle anderen Teilgebiete einschließlich der kleineren Teilfläche in (B) und das Opalinustongebiet Jura-Südfuß-Bözberg werden als Reserveoptionen angesehen und zurückgestellt.

Das parallel zur Untersuchung des Opalinustons durchgeführte USM-Studienprogramm zeigt im Ergebnis, dass eine weitergehende Erkundung potenziell geeigneter Gebiete nur auf Basis gezielt erhobener Datensätze im regionalen Rahmen sinnvoll wäre. Allerdings wären der erforderliche Explorationsaufwand erheblich (Problem der Sandsteinrinnen) und die Aussicht auf Erfolg vergleichsweise zum Opalinuston ungewiss (NAGRA 1994a). Deshalb werden die potenziell geeigneten Gebiete mit USM als Ausweichmöglichkeiten gleichfalls zurückgestellt.

NAGRA (1994a) enthält noch einen Ausblick auf das weitere Vorgehen in Richtung eines Standortnachweises. Dabei sollen die Eigenschaften (Geometrie, Tektonik) des Opalinustons und der benachbarten Formationen im Zürcher Weinland mittels hochauflösender 3D-Seismik detailliert geklärt werden. Zusätzlich soll eine Tiefbohrung niedergebracht werden. Sie dient als Eichbohrung für die Seismik sowie der weiteren Datengewinnung. Die Lokation der Bohrung ist innerhalb der seismisch zu

erfassenden Flächen frei wählbar und kein Präjudiz für einen Endlagerstandort. Der Standortnachweis soll für das gesamte durch 3D-Seismik abgedeckte Gebiet geführt werden. Dadurch ergibt sich eine erhöhte räumliche Flexibilität des Standortnachweises hinsichtlich der späteren Platzierung eines Endlagers, z.B. Ausweichen bei erheblichen Nutzungskonflikten (NAGRA 1994a).

6.4.2.2 Bewertung des Zwischenberichts 1993

Die in NAGRA (1994a) dokumentierte Vorgehensweise und die getroffenen Schlussfolgerungen sind sowohl inhaltlich als auch formal weitgehend nachvollziehbar. Dies betrifft insbesondere folgende Entscheidungen:

- Konzentration auf Opalinuston als potenzielles Wirtgestein (Bestätigung des erhöhten Explorationsaufwandes bei USM mit gleichzeitig geringerer Erfolgswahrscheinlichkeit).
- Bestätigung der Eigenschaften des Opalinustons (v.a. hinsichtlich sicherheitsrelevanter Aspekte, z.B. Durchlässigkeit).
- Gliederung des Gebietes Lägern - Zürcher Weinland in drei Teilgebiete nach tektonischen Aspekten.
- Auswahl des Teilgebietes (B) für die weiteren Untersuchungen.
- Rückstellung der beiden anderen Opalinuston-Teilgebiete A und C als Reservegebiete bzw. Ausweichoptionen.
- Rückstellung der USM-Region als Reserveoption, weil neben einem erforderlichen erheblichen Explorationsaufwand zur Abgrenzung potenziell geeigneter Gebiete die Aussichten auf Erfolg vergleichsweise ungewiss sind.

Nicht ohne weiteres nachvollziehbar ist die Auswahl der flächenmäßig größeren der beiden Teilflächen in Gebiet (B) für die nächste Untersuchungsphase. Es wird allein auf eine größere Flexibilität bei der weiteren Exploration hingewiesen (NAGRA 1994a). Auf Nachfrage werden von HSK (2001c) nachvollziehbare Gründe für die Zurückweisung des kleineren Teilgebietes genannt. Dazu gehören u.a. die geringere Überdeckung des Opalinustons und zu erwartende Probleme bei der Durchführung der 3-D-Seismik.

Für Außenstehende ist anhand von NAGRA (1994a) nicht ohne weiteres nachvollziehbar, warum das Opalinustongebiet Jura-Südfuß-Bözberg als Reserve-Option eingestuft wird. In NAGRA (1991) wird noch darauf hingewiesen, dass für dieses Gebiet weitere regionale Arbeiten (Seismik) in Betracht gezogen werden sollen. Für Außenstehende bleibt unklar, ob und wie dies geschehen ist; jedenfalls ist NAGRA (1994a) nicht zu entnehmen, ob dieses Gebiet untersucht worden ist und ggf. mit welchen Ergebnissen. Auf Nachfrage wurde von der Nagra und den Behörden erläutert, dass

vertrauliche Daten aus der Erdölindustrie ausgewertet worden sind und dass dies zu der Entscheidung über das Gebiet beigetragen habe.

Hinsichtlich der Auswahl der größeren Teilfläche und des Umgangs mit dem Jura-Südfuss-Bözberg-Gebiet tritt das bereits in Kap. 6.4.1.2 in Zusammenhang mit der Nachvollziehbarkeit von Entscheidungen angesprochene Problem wieder auf: Der AKEnd kann die Gründe für die getroffenen Entscheidungen nachvollziehen, weil ihm Einblick in nicht allgemein zugängliche Informationen gewährt wurde und ihm die Gründe erläutert wurden. Für außerhalb des Verfahrens stehende Personen ist dies jedoch nicht möglich, weil die Gründe für die genannten Entscheidungen den allgemein zugänglichen Quellen nicht ohne weiteres entnommen werden können.

6.4.3 Lagebeurteilung durch die Verfahrensbeteiligten

Bei einem Treffen zwischen den zuständigen Behörden und der Nagra wurden die von der Nagra im Rahmen der Sedimentoption erarbeiteten Ergebnisse diskutiert, und es wurden gemeinsame Folgerungen daraus gezogen. Nach dem Sitzungsprotokoll (LAGEBEURTEILUNG 1994) besteht bei den Verfahrensbeteiligten Einigkeit über folgende wesentlichen Punkte:

- Die potenzielle Eignung des Wirtgesteins Opalinuston ist bestätigt.
- Die Auswahl des Untersuchungsgebietes Zürcher Weinland wird als vernünftig beurteilt. Diese Konzentration auf ein Zielgebiet bietet zudem den Vorteil, dass keine weiteren regionalen Untersuchungen nötig sind (was wiederum auch zeitlich vorteilhaft ist).
- Die nächsten Untersuchungsschritte in Richtung auf den notwendigen Standortnachweis bestehen in der Abklärung des Zürcher Weinlandes mit 3D-Seismik sowie einer Tiefbohrung zur Eichung der Seismik und zur genaueren Charakterisierung der Sedimente. Die Festlegung des Bohrstandortes ist aufgrund der vorhandenen seismischen Informationen (2D-Seismik) möglich, das Abwarten auf die Ergebnisse der 3D-Seismik wegen der ruhigen tektonischen Situation nicht nötig.
- Alle anderen Gebiete mit Opalinuston sowie USM verbleiben als Reserveoptionen.

Mit der in LAGEBEURTEILUNG (1994) getroffenen Übereinkunft sind wesentliche Entscheidungen im Auswahlverfahren gefallen, nämlich die Festlegung auf das Wirtgestein Opalinuston und die Konzentration auf die Standortregion Zürcher Weinland. Die nächste Untersuchungsphase ist auf den Standortnachweis gerichtet (Kap. 6.5).

Bewertung der Lagebeurteilung

Die getroffenen Entscheidungen können aus fachlicher Sicht nachvollzogen werden. Insbesondere ist die Datengrundlage für diese Entscheidungen, soweit sie zwischen 1988 und 1993 gewonnen wurde, ausreichend.

6.5 Phase D - Sedimentprogramm: Festlegung des Bohrstandortes Benken

6.5.1 Sondiergesuch der Nagra (NAGRA 1994b)

Im November 1994 stellte die Nagra das Sondiergesuch für die Tiefbohrung Benken (NAGRA 1994b). Die Tiefbohrung ist in Verbindung mit hochauflösender 3D-Seismik und ergänzenden Untersuchungen zum Opalinuston wesentliches Element des Untersuchungskonzept für den Opalinuston zur Erreichung des Standortnachweises (Konzept beschrieben in NAGRA 1994b). Der Standortnachweis soll für das gesamte von der 3D-Seismik abgedeckte Areal des Zürcher Weinlands (ca. 50 km²) geführt werden.

Wegen der tektonisch ruhigen Lagerung und der gleichförmigen Ausbildung der zu durchbohrenden Sedimentschichten, insbesondere des Opalinuston, und der daraus resultierenden Möglichkeit der lateralen Extrapolation der Untersuchungsergebnisse war die Lokation der Bohrung innerhalb der seismisch zu erfassenden Fläche aus geologischer Sicht frei wählbar. Es wurden verschiedene Möglichkeiten für einen Bohransatzpunkt mit den Gemeinde- und Kantonsbehörden diskutiert, und der Standort Benken wurde gewählt, weil er bezüglich der Projektvorgaben und aus raumplanerischer Sicht als geeignet anzusehen ist (NAGRA 1994b).

Vorläufige Bewertung des Sondiergesuchs

Das von der Nagra vorgesehene Untersuchungsprogramm ist vor dem Hintergrund der Zielsetzung "Standortnachweis" aus geowissenschaftlicher Sicht begründet. Es erlaubt vor dem Hintergrund der durch 2D-Seismik bereits ermittelten Lagerungsverhältnisse und der gleichförmigen Ausbildung des Opalinustons die für den Standortnachweis notwendige Charakterisierung (Nachweis eines genügend großen Gesteinskörpers mit bestimmten Eigenschaften).

Die Wahl des Standortes Benken ist unter Berücksichtigung der aus geologischen Gründen in weitem Maße frei wählbaren Lokation gleichfalls nachvollziehbar (eine extreme Randlage der Bohrung - wie sie bei Benken nicht gegeben ist - wäre allerdings weniger günstig).^{o)}

6.5.2 Behördliche Stellungnahmen zum Sondiergesuch

^{o)} Die inzwischen veröffentlichten Ergebnisse der 3D-Seismik und der Bohrung Benken (NAGRA 2001a und 2001b) bestätigen die erwarteten günstigen Verhältnisse.

Stellungnahme KNE

Die KNE (1995) kommt zu dem Ergebnis, dass die Wahl des Bohrstandortes Benken aus geologischer Sicht in Ordnung ist. Zudem hält KNE (1995) die vorgeschlagene Untersuchungsstrategie für richtig, bei der "der potenzielle Standort mit einer Eichbohrung, verbunden mit hochauflösender 3D-Seismik, eingegrenzt werden soll".

Allerdings wird gefordert, die Bohrung bis mindestens 200 m unter die Basis des Mesozoikums abzuteufen, damit der Buntsandsteinaquifer charakterisiert werden kann und die Gesteinsporosität der permzeitlichen Gesteine in Hinblick auf eine mögliche Gasführung hin untersucht werden kann (möglicher Ressourcenkonflikt, Gefahr der Absenkung).

Stellungnahme HSK

Nach Ansicht der HSK (1995) ist die Lokation der Bohrung wegen der übersichtlichen geologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet nicht entscheidend. Zudem wird mit der Lokalität kein zukünftiger (Endlager-)Standort präzise festgelegt, da dies erst Gegenstand der zukünftigen Standortcharakterisierung mit einer weiteren Explorationsphase ist. Allerdings fordert auch die HSK eine Vertiefung der Bohrung bis unter die Basis des Mesozoikums zwecks Charakterisierung des Buntsandsteinaquifers und Klärung des Gaspotenzials im Rotliegenden.

In HSK (1995) wird zudem eine Kurzdarstellung des Gesamttablaufs des Sedimentprojektes gegeben. Dort wird darauf hingewiesen, dass die Bundesinstanzen KNE, KSA und HSK die bereits 1988 von der Nagra getroffene Auswahl des Opalinustons und der USM als Wirtgesteine nachvollziehen konnten (dazu auch Kap. 6.3.2).

Bewertung der Stellungnahmen zum Sondiergesuch

Den Ausführungen von KNE und HSK zur Lokation der Bohrung und zum Untersuchungsprogramm ist nichts hinzuzufügen. Der in beiden Stellungnahmen geforderten Vertiefung der Bohrung unter die Basis des Mesozoikums ist zuzustimmen.

Aus rückschauender Sicht zumindest missverständlich ist die Aussage in HSK (1995), die Behörden (KNE und HSK) hätten die bereits in NAGRA (1988) getroffene Auswahl von Opalinuston und USM nachvollziehen können. Zwar wird in der entsprechenden Stellungnahme von HSK (1990) festgestellt, dass die Einengung auf Opalinuston trotz lückenhafter Datenlage mitgetragen wird, an anderer Stelle der Stellungnahme wird aber auch festgestellt, dass das Datenmaterial für die Auswahl einer Wirtgesteinsoption 1. Priorität (Opalinuston) nicht genügt (Kap. 6.3.2). In KNE (1990) wird eindeutig darauf hingewiesen, dass die Eingrenzung auf die Wirtgesteine Opalinuston und USM in NAGRA (1988) wegen lückenhafter Datenbasis "nicht nachvollziehbar" und verfrüht sei (Kap. 6.3.2). Insofern kann die obige Aussage in HSK

(1995) sich nicht auf die Bewertung zum Zeitpunkt des Erscheinens von HSK (1990) und KNE (1990) beziehen, sondern auf einen späteren Zeitpunkt.

6.6 Zusammenfassende Bewertung des Verfahrensablaufs und Empfehlungen

Nach heutiger Anschauung muss ein Standortauswahlverfahren bestimmte inhaltliche, formale und gesellschaftliche Anforderungen erfüllen (Kap. 4.3). Bei der Beurteilung des schweizerischen Auswahlverfahrens für ein HAA/LMA-Endlager bzw. -Tiefenlager können die heutigen Anforderungen aber nur bedingt zugrunde gelegt werden. Die einzelnen Verfahrensschritte sind vor rund 20 Jahren (Phase A) bzw. mehr als 10 Jahren (Phasen B bis D) entwickelt und in Angriff genommen worden. Damals war der Diskussions- und Anforderungsstand, insbesondere im Hinblick auf die Beachtung ethischer und gesellschaftlicher Anforderungen, noch deutlich weniger weit entwickelt als heute. Insofern sind hauptsächlich die zur damaligen Zeit auch in der Schweiz schon relevanten Anforderungen zu beachten (Kap. 4).

Eine differenzierte Beurteilung des Verfahrens ist schon deshalb geboten, weil die verfahrensmäßige Bedeutung der ethischen und gesellschaftlichen Anforderungen von der Zielsetzung des Auswahlverfahrens (Standortnachweis als Teil des Entsorgungsnachweises oder Ausweisung eines konkreten Standortes) abhängig ist. Diesbezüglich sind im Laufe des Verfahrens Änderungen eingetreten (Kap. 5.2). Bei der folgenden Beurteilung des Auswahlverfahrens wird daher zwischen den technisch-wissenschaftlichen Verfahrenserfordernissen und den ethisch und gesellschaftlich begründeten Forderungen nach Transparenz und Nachvollziehbarkeit, sicherheitsorientierter Ausrichtung sowie eindeutiger Zielsetzung des Auswahlverfahrens für das schweizerische HAA/LMA-Endlager bzw. -Tiefenlager unterschieden. Grundlage sind insbesondere die in Kapitel 1 und 4.3 genannten Verfahrensanforderungen. Die Erfüllung inhaltlicher Anforderungen an Wirtgesteine bzw. Endlagerregionen wird nicht systematisch überprüft.

Vor diesem Hintergrund erfüllt das Schweizer Auswahlverfahren insgesamt gesehen 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.

Technisch-wissenschaftliche Verfahrensanforderungen

Im Hinblick auf die technisch-wissenschaftliche Vorgehensweise bei der Auswahl ist festzustellen:

- Im Zuge der Entwicklung des Endlagerkonzeptes war für die Auswahl eines Standortes für das schweizerische HAA/LMA-Endlager bzw. -Tiefenlager ein umfassender Ansatz mit Untersuchung mehrerer potenziell geeigneter Wirtgesteinsformationen bzw. Regionen und einzelnen einengenden Entscheidungsschritten verfolgt worden (Kap. 5.1). Zweifellos wurde damit ein breit angelegter Ansatz mit nachfolgendem schrittweisen Vorgehen angestrebt.

In der Folgezeit wurde dieser umfassende Ansatz dann allerdings aufgegeben, indem bevorzugt die kristallinen Gesteine im Untergrund der Nordschweiz betrachtet wurden (Kap. 6.2). Materielle Erkenntnisse zu den ebenfalls betrachteten überlagernden Sedimentformationen waren für diese Konzentration offenbar von geringerer Bedeutung als die Tatsache, dass im Rahmen des "Projektes Gewähr 1985" bis 1985 der Entsorgungsnachweis für hochradioaktive Abfälle geführt werden musste (s.u.).

Im Rückblick wird allerdings deutlich, dass diese Einschränkung das Ergebnis des Auswahlverfahrens insgesamt nicht nachteilig beeinflusst hat; denn zusammen mit der späteren zusätzlichen Untersuchung von Sedimentgesteinen sind im Laufe der Zeit alle in Frage kommenden Wirtgesteine und Regionen der Schweiz betrachtet worden.

- Mit Auswahl, Untersuchung und Beurteilung der kristallinen Gesteine in der Nordschweiz in Phase A (Kap. 6.2) hat sich der Charakter des Auswahlverfahrens verändert. Nachdem zunächst nach einem konkreten Standort zur Errichtung eines Endlagers gesucht worden war, stand nun - im Rahmen des "Projektes Gewähr 1985" - die Führung des Entsorgungsnachweises mit Sicherheitsnachweis, Standortnachweis und dem Nachweis der bautechnischen Machbarkeit eines Endlagers im Vordergrund.

Argumentativ einleuchtend und nachvollziehbar war in diesem Zusammenhang die Konzentration auf Gesteinsformationen in seismisch ruhigen und unkompliziert aufgebauten Regionen. Damit kamen im wesentlichen nur noch Regionen außerhalb der Alpen und des Faltenjuras, insbesondere das Mittelland und der Tafeljura, in Frage.

Die Entscheidung für die kristallinen Gesteine der Nordschweiz war vor dem Hintergrund der mit dem Projekt verfolgten Ziele und des engen Zeitrahmens bis zur geplanten Vorlage der Sicherheitsberichte für das HAA-Endlager im Jahr 1985 einleuchtend; denn damals war der Kenntnisstand über die endlagerrelevanten Eigenschaften von kristallinen Gesteinen zweifellos besser als bei Sedimentgesteinen, insbesondere Tonstein. Die positiven Erwartungen an die sicherheitsbezogenen Eigenschaften der kristallinen Gesteine sind allerdings durch die Untersuchungen nicht voll erfüllt worden. Auch haben sich die in die Entscheidung eingeflossenen Kenntnisse über den geologischen Bau der Nordschweiz sowie die hydrogeologischen Verhältnisse als unzureichend bzw. unzutreffend erwiesen. Der Standortnachweis konnte daher im Rahmen des "Projektes Gewähr 1985" nicht geführt werden.

Auch im Nachhinein betrachtet erweist sich daher die auf Forderung von HSK (1986) und BUNDESRAT (1988) zustande gekommene Umorientierung auf Sedimentgesteine als sinnvoll. In ihr kommt auch die Betonung wichtiger sicherheitsbezogener Aspekte, insbesondere die Forderung nach zuverlässiger Beschreibbarkeit des gesuchten Gesteinskörpers, zum Ausdruck.

Unter anderen Rahmenbedingungen wären die Schwierigkeiten, in kristallinen Gesteinen einen ausreichend großen ungestörten Gebirgsbereich für den Standortnachweis auszuweisen, möglicherweise früher erkannt worden; denn sie sind eher mit dem gewählten Wirtgesteinstyp als seiner regionalen Ausprägung in der Nordschweiz verbunden. Die während der Untersuchungen als ungünstig identifizierten Eigenschaften waren aus anderen Endlagerprogrammen, insbesondere Untersuchungen in Schweden, durchaus bekannt.

- Die Auswahl von Opalinuston als Wirtgestein, des Zürcher Weinlands als Standortregion und des Standorts Benken für die Tiefbohrung in den Phasen B bis D geht von einem breit angelegten Ansatz aus (Kap. 6.3 - 6.5): Sie umfasst die gesamte Schweiz und sämtliche überhaupt in Frage kommenden Sedimentformationen.
- Das Ergebnis des Verfahrens (Opalinuston als Wirtgestein, Zürcher Weinland als Standortregion, Benken als Standort der Tiefbohrung) ist im Rückblick aus geowissenschaftlicher Sicht begründet.

Ethische und gesellschaftliche Anforderungen an Auswahlverfahren

Ethische und gesellschaftliche Anforderungen hinsichtlich Transparenz und Nachvollziehbarkeit des Auswahlverfahrens, sicherheitsbezogener Zwangsläufigkeit des Ergebnisses sowie Verfahrenszielen erhalten dann besonderes Gewicht, wenn das Verfahren auf die Identifizierung eines konkreten Endlagerstandortes ausgerichtet ist. Im Hinblick auf ihre Einhaltung fällt die Beurteilung des Vorgehens wie folgt aus:

Transparenz und Nachvollziehbarkeit

Das Verfahren ist - bis auf Ausnahmen (s.u.) - inhaltlich und formal nachvollziehbar. Dazu hat die umfassende Informationsvermittlung der beteiligten Institutionen, insbesondere der Nagra, gegenüber der allgemeinen Öffentlichkeit beigetragen. Besonders wirksam waren hier die Bewilligungsverfahren für vorbereitende Handlungen mit ihren umfassenden Beteiligungs- und Informationsregelungen (Kap. 5.3). Die grundsätzlichen Anforderungen nach schrittweisem Vorgehen, Offenlegen der Bewertungsgrundlagen und vergleichender Bewertung von potenziellen Wirtgesteinen und Standortregionen werden weitgehend erfüllt. Die benutzten Bewertungsgrundlagen (Kriterien) decken die für die Endlagersicherheit wichtigen Aspekte ab (Kap. 4).

Ungeachtet des aus geowissenschaftlicher Sicht begründeten Ergebnisses des Auswahlverfahrens "Zürcher Weinland" und trotz der umfangreichen Maßnahmen zur In-

formation der Öffentlichkeit weist das Verfahren allerdings hinsichtlich Transparenz und Nachvollziehbarkeit einen kritischen Punkt auf:

Außenstehende, die nicht an den internen Verfahrensdiskussionen teilgenommen oder genaue Kenntnis davon bekommen haben, können einzelne Diskussionsergebnisse, darauf beruhende Entscheidungen und ihre Begründungen nicht klar erkennen oder nachvollziehen. Im Ergebnis kann dies dazu führen, dass - auch sachlich zweifelsfrei richtige - Entscheidungen von außen als fraglich, unzureichend begründet oder gar willkürlich angesehen werden. Diese formale Schwäche betrifft insbesondere

- Art und Umfang der Berücksichtigung der in den Behördenstellungnahmen (KNE 1990, HSK 1990) zum ersten Zwischenbericht der Nagra zum Sedimentprogramm (NAGRA 1988) formulierten Bedenken bzw. Anregungen (Kap. 6.3.2) sowie daraus resultierende Entscheidungen, die nur nach Einblick in interne Unterlagen nachvollziehbar sind (Kap. 6.4.1.2),
- Begründungen für Entscheidungen zum Umgang mit dem Opalinustongebiet Jura-Südfuß-Bözberg (Kap. 6.4.1.3.2 und 6.4.2.2).

Sicherheitsorientierte Ausrichtung des Verfahrens

Mit den oben genannten Einschränkungen im Hinblick auf die Nachvollziehbarkeit des Verfahrens kann das Auswahlverfahren als - unter Sicherheitsaspekten - zwangsläufig betrachtet werden; denn ab der Umorientierung der Untersuchungen auf Sedimentgesteine haben die beteiligten Institutionen bei den wichtigen Verfahrensentscheidungen immer die sicherheitsmäßig günstigere bzw. günstigste Option gewählt - auch ohne dass dies erklärtes Ziel des Vorgehens war. Die Nachvollziehbarkeit in dieser Hinsicht wäre allerdings deutlich höher gewesen, wenn - unter Wahrung der erforderlichen Verfahrensflexibilität - bereits im Vorfeld des Auswahlverfahrens eine klare Verfahrensstruktur und ein überprüfbares sicherheitsorientiertes Anforderungsprofil an den gesuchten Endlagerstandort formuliert worden wären. Wahrscheinlich wären auf diese Weise auch die grundsätzlichen gesteinstypspezifischen Probleme beim Nachweis eines ausreichend großen geeigneten Gesteinskomplexes in den kristallinen Gesteinen der Nordschweiz früher deutlich geworden.

Die nicht allein unter Betonung von Sicherheitsaspekten getroffene ursprüngliche Entscheidung für die kristallinen Gesteine in der Nordschweiz ist später mit sicherheitsbezogenen Argumenten korrigiert worden. Sie hat sich also auf das Ergebnis des Auswahlverfahrens nicht nachteilig ausgewirkt.

Verfahrensziele

Als problematisch erweist sich die Vermittlung der Ziele des Auswahlverfahrens gegenüber der Öffentlichkeit, und zwar insbesondere in den an das Zürcher Weinland

angrenzenden Gebieten Deutschlands:

Mit Umsetzung des "Projektes Gewähr 1985" war der "modellhafte Standortnachweis" als Bestandteil des vom Bundesrat geforderten Entsorgungsnachweises gegenüber der zuvor verfolgten Ausweisung eines konkreten Endlagerstandortes in den Vordergrund getreten. Wegen des begrenzten Zeitrahmens des Projektes und der Dringlichkeit des Entsorgungsnachweises waren die Ziele "modellhafter Standortnachweis" als Teil des Entsorgungsnachweises und "Wahl eines konkreten Standortes" zeitlich und verfahrensmäßig bzw. methodisch entkoppelt worden (Kap. 5.2).

Da der Standortnachweis im Rahmen des "Projektes Gewähr 1985" nicht geführt werden konnte, blieb die Zielsetzung Standortnachweis auch nach Projektabschluss erhalten. Wenngleich für die Führung dieses Nachweises seitdem keine zeitlichen Auflagen mehr bestanden, ist die Entkoppelung von Standortnachweis und Ausweisung eines konkreten Endlagerstandortes erst spät wieder aufgehoben worden (Kap. 5.2). Noch bis 1997 sind die Untersuchungen unter der Bezeichnung "Entsorgungsnachweis" durchgeführt worden (z.B. AGNEB 1998). Auch das Sondiergesuch Benken (NAGRA 1994b) war noch ausdrücklich auf den Standortnachweis ausgerichtet. Erst durch die Einordnung des Standortnachweises in den Ablauf des Auswahlverfahrens (ARBEITSGRUPPE 1996) und die verbindliche Festlegung dieses Vorgehens in HSK (1999) sind beide Zielsetzungen zusammen geführt worden.

In der zumindest für Außenstehende unzureichenden Zielformulierung liegt - gemessen an den in Kap. 4.3 formulierten Anforderungen - ein deutlicher Verfahrensmangel. Es liegt zwar nahe, in einer mit der Zielsetzung "Entsorgungsnachweis" bzw. "Standortnachweis" identifizierten Standortregion mit geeignetem Wirtgestein letztlich auch das geplante Endlager zu errichten. Das gilt insbesondere dann, wenn die Auswahl unter Sicherheitsgesichtspunkten zwangsläufig gewesen ist; denn dann ist die Wahl auch ethisch gerechtfertigt (Kap. 4.3). Doch müssen spätestens dann, wenn diese Zielsetzung feststeht, Maßnahmen zur umfassenden Information und zur Beteiligung der Öffentlichkeit, insbesondere aber der von Bau und Betrieb des Lagers möglicherweise Betroffenen, eingeleitet werden. Sie müssen über die im Rahmen von Bewilligungsverfahren für vorbereitende Handlungen in der Schweiz verbindlich vorgeschriebenen und im Zuge des Auswahlverfahrens auch durchgeführten Maßnahmen (Kap. 5.3) hinaus gehen; denn die Auswirkungen dieser Maßnahmen haben zeitlich begrenzten Charakter und betreffen möglicherweise andere Personen und Gebietskörperschaften als das Endlager selbst.

Insbesondere muss daher frühzeitig klar sein, worin die Betroffenheit liegen kann oder liegen wird; denn es besteht im Hinblick auf die Risiko- bzw. Betroffenheitswahrnehmung bei Personen, aber durchaus auch bei Gebietskörperschaften, zweifellos ein Unterschied, ob anstehende Untersuchungen lediglich einer abstrakten Nachweisführung oder der Vorbereitung der Errichtung eines realen Endlagers dienen.

Vor diesem Hintergrund reicht die Aussage sicherlich nicht aus, dass mit der Benennung des Bohrstandortes Benken noch keine Standortentscheidung verbunden war (NAGRA 1994a); denn wenn die vorherigen Schritte ethisch-gesellschaftlichen Anforderungen genügt haben und im Zuge der künftigen Bewilligungsverfahren Bestand haben, wird das reale Endlager - entsprechende Ergebnisse der noch ausstehenden Untersuchungen vorausgesetzt - jedenfalls im Zürcher Weinland liegen.

Die Unschärfen bzw. Veränderungen in der Zielsetzung des Auswahlverfahrens sind der Verfahrenstransparenz nicht zuträglich. Sie erschweren die Nachvollziehbarkeit insbesondere für Personen und Institutionen, die mit den schweizerischen Regeln nicht vollständig vertraut sind. Hierin dürfte eine Ursache für die Kritik deutscher Gebietskörperschaften am Auswahlverfahren und für ihre Proteste gegen das geplante Tiefenlager sein. Zwar waren einige am bisherigen Bewilligungsverfahren für die vorbereitenden Handlungen im Raum Benken beteiligt, doch sind die Zweifel am Auswahlverfahren dadurch offenkundig nicht beseitigt worden. Der vorliegende Bericht soll dazu beitragen, diese Zweifel auszuräumen.

Empfehlungen

Die erwähnten Unklarheiten hinsichtlich der Begründungen für bestimmte Entscheidungen und der Umsetzung von Verfahrensanregungen durch die Nagra erschweren das Nachvollziehen des Verfahrens durch nicht unmittelbar Beteiligte. Die zuständigen Institutionen sollten daher das Gesamtverfahren in seinem Ablauf und mit den Begründungen für die in diesem Rahmen getroffenen Entscheidungen zusammenfassend darstellen und als Kurzbericht der Öffentlichkeit zugänglich machen. Grundlage dafür könnte der Bericht "Kurzer Überblick über das Auswahlverfahren eines Sedimentstandortes für die Endlagerung hochaktiver Abfälle" der HSK (HSK 2001b) sein. Dabei sollte auch auf den Stellenwert von Reserveoptionen im weiteren Entscheidungsprozess eingegangen werden.

Die Unschärfen bzw. Veränderungen in der Zielsetzung des Auswahlverfahrens wirken sich auf die Verfahrenstransparenz und die Nachvollziehbarkeit von Entscheidungen nachteilig aus. Die verantwortlichen Institutionen sollten daher insbesondere die deutsche Öffentlichkeit über die genauen Ziele des Auswahlverfahrens ("modellhafter" Standortnachweis oder/und konkreter Endlagerstandort) und seine möglichen Konsequenzen unterrichten und gezielt in die weiteren Verfahrensschritte einbeziehen. Dabei ist auch auf die technischen und rechtlichen Unterschiede zwischen schweizerischen und deutschen Bewilligungs- bzw. Genehmigungsverfahren hinzuweisen. Hieran sollten sich auch die zuständigen deutschen Institutionen beteiligen.

7 Zitierte Schriften

- AGNEB - Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung (1982): Definition des Projekts "Gewähr" (AGNEB - 150).- In: AGNEB - Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung: Vierter Tätigkeitsbericht der Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung. Berichtsperiode 1.1.81 - 31.12.81.- Mai 1982.
- AGNEB - Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung (1998): 20. Tätigkeitsbericht der Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung. Berichtsperiode: 1.1.1997 - 31.12.1997.- Juni 1998.
- AKEND - Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (2001): Zweiter Zwischenbericht - Stand der Diskussion.- August 2000.
- ARBEITSGRUPPE - Arbeitsgruppe Kristallin Nordschweiz (1996): Schlussbericht der Arbeitsgruppe.- Juni 1996.
- BFE - Bundesamt für Energie (2000): Kernenergiegesetz. Erläuternder Bericht zum Vernehmlassungsentwurf vom 6. März 2000.
- BUNDESBESCHLUSS (1978): Bundesbeschluss zum Atomgesetz vom 6. Oktober 1978 (SR 732.01).
- BUNDESRAT - Schweizerischer Bundesrat (1988): Beschluss Nukleare Entsorgung; Projekt Gewähr, Materielle Beurteilung. 3. Juni 1988.
- BUNDESRAT - Schweizerischer Bundesrat (2001): Botschaft zu den Volksinitiativen "MoratoriumPlus - Für die Verlängerung des Atomkraftwerk-Baustopps und die Begrenzung des Atomrisikos (MoratoriumPlus)" und "Strom ohne Atom - Für die Energiewende und die schrittweise Stilllegung der Atomkraftwerke (Strom ohne Atom)" sowie zu einem Kernenergiegesetz vom 28. Februar 2001.-
- BUSER, M. (1988): Mythos Gewähr. Geschichte der Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Schweiz. Zürich (Schweizerische Energiestiftung).
- DUPHORN, K., GERVERS, J., KREUSCH, J., MILNES, A.G., PUSCH, G., RIEDMÜLLER, G. & SCHÜTTE, H. (1993): Bericht der Arbeitsgruppe Standortvorauswahl.- In: Niedersächsisches Umweltministerium (Hrsg.): Endlager-Hearing Braunschweig. Tagungsband II.- S. 271-330, Hannover.
- EKRA - Expertengruppe Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle (2000): Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle. Schlussbericht. - Im Auftrag des Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bern, 31.1.2000.

- GRUPPE ÖKOLOGIE / PANGEO - Gruppe Ökologie - Gesellschaft für ökologische Forschung und Beratung mbH / PanGeo - Geowissenschaftliches Büro (1994): Studie zur Entwicklung von Grundlagen für ein Verfahren zur Auswahl von Endlagerstandorten und Beurteilung ihrer Langzeitsicherheit. Abschlußbericht.- November 1994, erstellt im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums.
- HSK - Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (1985): Gutachten zu den Sondiergesuchen NSG 15, NSG 16, NSG 17 der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle.- HSK 23/17.
- HSK - Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (1986): Gutachten zum Projekt Gewähr 1985 der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra). HSK 23/28, September 1986.
- HSK - Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (1987): Technischer Bericht zum Gutachten über das Projekt Gewähr 1985. HSK 23/29, März 1987.
- HSK - Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (1990): Stellungnahme zur Sedimentstudie der NAGRA (NTB 88-25). HSK 23/34, April 1990.
- HSK - Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (1995): Gutachten zum Sondiergesuch NSG 20 Benken der Nagra. HSK 23/41, September 1995.
- HSK - Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (1997): Jahresbericht 1996 über die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz in den schweizerischen Kernanlagen.- Mai 1998.
- HSK - Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (1998): Jahresbericht 1997 über die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz in den schweizerischen Kernanlagen.- Mai 1998.
- HSK - Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (1999): Entsorgungsnachweis für HAA/LMA - Option Endlager in Opalinuston. Beurteilungskonzept für den Standortnachweis.- HSK 23/57, Januar 1999.
- HSK - Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (2001a): Beurteilung der Standortauswahl Benken durch die DSK.- 15.3.01
- HSK - Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (2001b): Kurzer Überblick über das Auswahlverfahren eines Sedimentstandortes für die Endlagerung hochaktiver Abfälle".- HSK 23/62, Bearbeiter P. Bitterli.
- HSK - Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (2001c): Bemerkungen zum Auswahlschritt OPA-Gebiet nördlich der Lägern - Zürcher Weinland.- Memo v. P. Bitterli & E. Frank, 21.11.2001.
- HSK/KSA - Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen / Eidgenössische Kommission für die Sicherheit der Atomanlagen (1980): Schutzziele für die Endlagerung radioaktiver Abfälle.- Richtlinie für Kernanlagen R-21.

-
- HSK/KSA - Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen / Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (1993): Schutzziele für die Endlagerung radioaktiver Abfälle.- Richtlinie für schweizerische Kernanlagen, HSK-R-21/d.
- IAEA - International Atomic Energy Agency (1989): Safety Principles and Technical Criteria for the Underground Disposal of High Level Radioactive Waste.- Safety Series No. 99, Wien.
- IAEA - International Atomic Energy Agency (1994): Safety Guide: Siting of Geological Disposal Facilities.- Safety Series No. 111-G-4.1, Wien.
- KASAM/SKN - Statens råd för kärnavfallsfrågor / Statens kärnbränslenämnd (1988): Ethical Aspects of Nuclear Waste. Some Salient Points Discussed at a Seminar on Ethical Action in the Face of Uncertainty in Stockholm, Sweden, September 8-9, 1987.- SKN Report 29, Stockholm.
- KEG - Kommission der europäischen Gemeinschaften (1992): Endlagerung radioaktiver Abfälle. Empfohlene Kriterien für die Standortwahl eines Endlagers.- Euradwaste, Nr. 6, EUR 14598.
- KNE - Kommission Nukleare Entsorgung (1990): Stellungnahme zur Sedimentstudie der NAGRA (NTB 88-25), Bericht zuhanden des Bundesamtes für Energiewirtschaft. Februar 1990.
- KNE - Kommission Nukleare Entsorgung (1995): Stellungnahme zu den Sondiergesuchen NSG 19 und NSG 20 der NAGRA, Bericht zuhanden der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen des Bundesamtes für Energiewirtschaft. Mai 1995.
- LAGEBEURTEILUNG (1994): Lagebeurteilung der Sedimentprojekte - Ergebnisse der Sitzung vom 16. Februar 1994 (Teilnehmer: KNE, HSK, BEW, KSA, Nagra).
- MUTADIS (2001): The COWAM European Concerted Action.- COWAM Community Waste Management. EC Contract n° FIKW-CT-200-2072.
- NAGRA - Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (1979): Anhydrit als Wirtgestein für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Schweiz.- Technischer Bericht 12.
- NAGRA - Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (1980a): Projektstudie für die Endlagerung radioaktiver Abfälle mittlerer Toxizität (schwach- und mittelaktive Abfälle) in geologischen Formationen.- Technischer Bericht 80-01. Motor Columbus AG.
- NAGRA - Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (1980b): Projektstudie für die Endlagerung von hochaktiven Abfällen in tiefliegenden geologischen Formationen sowie für die Zwischenlagerung.- Technischer Bericht 80-02. Elektrowatt AG & Bernische Kraftwerke AG.

-
- NAGRA - Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (1980c): Feasibility study for large diameter boreholes for the deep drilling concept of a high-level waste repository.- Technischer Bericht 80-04. Forex Neptune SA, Paris.
- NAGRA - Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (1980d): Erläuterungen zum Nagra-Tiefbohrprogramm als vorbereitende Handlung im Hinblick auf das "Projekt Gewähr".- Technischer Bericht 80-07.
- NAGRA - Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (1981): Die Endlagerung schwach- und mittel-radioaktiver Abfälle in der Schweiz - Potenzielle Standortgebiete für ein Endlager Typ B.- Technischer Bericht 81-04.
- NAGRA - Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (1982): Detaillierter Bericht über die Arbeiten der Nagra 1981 (erstellt durch die Nagra) - Übersicht über die einzelnen Tätigkeitsprogramme, Tabellarische Programmübersicht.- In: AGNEB - Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung: Vierter Tätigkeitsbericht der Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung. Berichtsperiode 1.1.81 - 31.12.81.- Mai 1982.
- NAGRA - Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (1983): Nukleare Entsorgung Schweiz - Konzept und Stand der Arbeiten 1982.- Technischer Bericht 83-02.
- NAGRA - Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (1984): Die Kernbohrung Beznau.- Technischer Bericht 84-34.
- NAGRA - Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (1985a): Nukleare Entsorgung Schweiz: Konzept und Übersicht über das Projekt Gewähr 1985.- Nagra Gewähr Ber. NGB 85-01.
- NAGRA - Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (1985b): Projekt Gewähr 1985. Radioaktive Abfälle: Eigenschaften und Zuteilung auf die Endlagertypen.- Nagra Gewähr Ber. NGB 85-02.
- NAGRA - Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (1985c): Projekt Gewähr 1985. Endlager für hochaktive Abfälle: Das System der Sicherheitsbarrieren.- Nagra Gewähr Ber. NGB 85-04.
- NAGRA - Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (1988): Sedimentstudie - Zwischenbericht 1988, Möglichkeiten zur Endlagerung langlebiger radioaktiver Abfälle in den Sedimenten der Schweiz, Textband und Beilagenband.- Technischer Bericht 88-25.
- NAGRA - Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (1989): Nagra informiert, 1/89.
- NAGRA - Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (1991): Sedimentstudie - Zwischenbericht 1990, Zusammenfassende Übersicht der Arbeiten von 1988 bis 1990 und Konzept für das weitere Vorgehen.- Technischer Bericht 91-19.

-
- NAGRA - Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (1992): Nukleare Entsorgung Schweiz - Konzept und Realisierungsplan.- Technischer Bericht 92-02.
- NAGRA - Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (1994a): Sedimentstudie - Zwischenbericht 1993, Zusammenfassende Übersicht der Arbeiten von 1990 bis 1994 und Konzept für weitere Untersuchungen.- Technischer Bericht 94-10, August 1994.
- NAGRA - Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (1994b): Sondiergesuch NSG 20 Benken – Gesuch um Erteilung einer Bewilligung für die Durchführung eines Sondier- und Untersuchungsprogrammes in der Gemeinde Benken (ZH), November 1994.
- NAGRA - Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (2001a): Sondierbohrung Benken. Untersuchungsbericht.- Technischer Bericht 00-01, August 2001.
- NAGRA - Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (2001b): 3D-Seismik: Räumliche Erkundung der mesozoischen Sedimentschichten im Zürcher Weinland.- Technischer Bericht 00-03, August 2001.
- NAS - National Academies of Sciences (2001): Disposition of High-Level Waste and Spent Nuclear Fuel. The Continuing Societal and Technical Challenges.- National Academy Press, Washington, D.C..
- NEA - Nuclear Energy Agency (2000): Stakeholder Confidence and Radioactive Waste Disposal. Workshop Proceedings, Paris, France, 28-31 August 2000.
- PROTOKOLL (1990): Kurzprotokoll zur 3. Arbeitssitzung KNE/HSK/Nagra über Studien in der USM des schweizerischen Mittellandes.- Protokoll v. 08.11.1990, Verf. A. Lambert & H. Naef.
- VERMERK (1990): Ergebnisse der Besprechung zum weiteren Vorgehen der Nagra im Sediment-Untersuchungsprogramm am 20. November 1990. 2522, 10.12.90.
- VERORDNUNG (1979): Verordnung über vorbereitende Handlungen im Hinblick auf die Errichtung eines Lagers für radioaktive Abfälle vom 24. Oktober 1979 (SR 732.012).
- VERORDNUNG (1989): Verordnung über vorbereitende Handlungen im Hinblick auf die Errichtung eines Endlagers für radioaktive Abfälle (Verordnung über vorbereitende Handlungen) vom 27. November 1989 (SR 732.01).
- VERWALTUNGSVERFAHRENSGESETZ - Bundesgesetz über das Verwaltungsverfahren (VwVG SR172.021).
- VSE - Verband schweizerischer Elektrizitätswerke, GKBP - Gruppe der Kernkraftwerkbetreiber und -projektanten, UeW - Konferenz der Überlandwerke & NAGRA - Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (1978): Konzept für die nukleare Entsorgung in der Schweiz.

8 Abkürzungsverzeichnis

AGNEB	Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung
AKEnd	Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (Deutschland)
BEW	Bundesamt für Energiewirtschaft, heute BFE
BFE	Bundesamt für Energie, früher BEW
BZL	Bundeszwischenlager
EKRA	Expertengruppe Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle
DSK	Deutsch-Schweizerische Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen
EGK	Eidgenössische Geologische Kommission
EVED	Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement (bis 1997, heute UVEK)
GNW	Genossenschaft für Nukleare Entsorgung Wellenberg
HAA	hochradioaktive Abfälle (hier: einschließlich abgebrannter Brennelemente)
HSK	Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen
KGL	Kontrollierte geologische Langzeitlagerung
KGS	Kommission für die Nutzung geothermischer Energie und die unterirdische Wärmespeicherung
KNE	Kommission Nukleare Entsorgung
KSA	Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen
LMA	Langlebige mittelradioaktive Abfälle
MIF	Medizin, Industrie und Forschung
MOX	Mischoxid(-Brennelemente)
Nagra	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
NEA	Nuclear Energy Agency
PSI	Paul-Scherrer-Institut
SAA	schwachradioaktive Abfälle
SMA	schwach- und mittelradioaktive Abfälle
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (ab 1998, früher EVED)
USM	Untere Süßwassermolasse
ZWILAG	Zentrale Zwischenlager Würenlingen AG