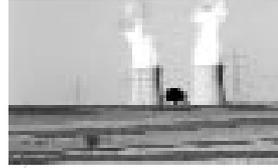


ilk

**INTERNATIONALE
LÄNDERKOMMISSION
KERntechnik**

Baden-Württemberg · Bayern · Hessen



ILK-Stellungnahme

zur Endlagerung von radioaktiven Abfällen

For the english version, please flip this booklet over!

Juli 2000
Nr.: ILK-02 D

| | |
|--|----|
| Zusammenfassung | 3 |
| 1 Einleitung | 4 |
| 2 Endlagerung von radioaktiven Abfällen in Deutschland | 6 |
| 2.1 Schachtanlage Konrad | 6 |
| 2.2 Salzstock Gorleben | 8 |
| 2.3 Endlager Morsleben | 9 |
| 2.4 Abfallmengen in Deutschland | 10 |
| 3 Endlagerkonzepte auf internationaler Ebene | 11 |
| 4 Schlussfolgerungen | 14 |
| 5 Literatur | 16 |
| Mitglieder der ILK | 19 |
| Zielsetzung der ILK | 20 |

ILK - Geschäftsstelle beim Bayerischen Landesamt für Umweltschutz

Bürgermeister-Ulrich-Str. 160
 D-86179 Augsburg
 Telefon: +49-173-65 707-11/-10
 Telefax: +49-173-65 707-98/-96
 E-Mail: ilk.gs@lfu.bayern.de
<http://www.ilk-online.org>

Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund der Aussagen der Bundesregierung /14, 15/ und den Festlegungen der Koalitionsvereinbarung zwischen SPD und Bündnis 90/Die Grünen /5/ zur Endlagerung radioaktiver Abfälle hat sich die Internationale Länderkommission Kerntechnik – ILK – mit der nationalen und internationalen Vorgehensweise bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle befasst und kommt zu folgenden Empfehlungen:

- Das bisherige Konzept zur Endlagerung von radioaktiven Abfällen in tiefen geologischen Formationen soll beibehalten werden.
- Unter Berücksichtigung dieses Entsorgungskonzepts soll die Endlagerung von radioaktiven Abfällen, wie auf internationaler Ebene üblich, in zwei getrennten Endlagern abhängig von der Wärmeentwicklung der Abfälle erfolgen.
- Da die Eignung der Schachtanlage Konrad als Endlager für Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung bereits im Rahmen der Untersuchungen zum Planfeststellungsverfahren unter Berücksichtigung umfangreicher Einwendungen bestätigt wurde, wird empfohlen, den Planfeststellungsbeschluss zu erteilen und die Inbetriebsetzung ohne weitere Zeitverzögerung zu ermöglichen.
- Der Vergleich mit dem Aufkommen an radioaktiven Abfällen in Deutschland zeigt, dass bei einer baldigen Inbetriebsetzung der Schachtanlage Konrad auf die Aufhebung des Einlagerungsstopps für das Endlager Morsleben verzichtet und seine Nachbetriebsphase eingeleitet werden kann.
- Die untertägigen Erkundungsarbeiten im Salzstock Gorleben sollen im ursprünglich geplanten Umfang zu Ende geführt werden, weil eine endgültige Entscheidung über die Eignung des Salzstocks Gorleben als Endlager für wärmeentwickelnde Abfälle erst dann getroffen werden kann. Eine Unterbrechung (Moratorium) oder ein Abbruch der Erkundungsarbeiten sind auf Grundlage der bisher vorliegenden Ergebnisse der übertägigen und untertägigen Erkundung nicht gerechtfertigt.

Der Vorsitzende

Prof. Dr.-Ing. Josef Eibl
 09. Juli 2000

1 Einleitung

Die Entsorgung radioaktiver Abfälle wird in Deutschland neben den im Atomgesetz /1/ und der Strahlenschutzverordnung /2/ festgelegten gesetzlichen Vorgaben durch das zwischen dem Bund und den Ländern abgestimmte Entsorgungskonzept für die radioaktiven Abfälle /3/ geregelt. Dieses Entsorgungskonzept sieht bezüglich der Endlagerung vor, dass die Endlagerung von allen radioaktiven Abfällen in Deutschland in tiefen geologischen Formationen erfolgen soll. Mit diesem Entsorgungskonzept wurde auch festgelegt, dass auf Grundlage der Standortauswahl des Bundes vom Juni 1977 der Standort Gorleben hinsichtlich seiner Eignung als Endlager für alle Arten von radioaktiven Abfällen untersucht wird. Auf eine Rückholbarkeit der eingelagerten radioaktiven Abfälle wird im o.g. Entsorgungskonzept ausdrücklich verzichtet, um durch frühzeitige Verfüllung und Verschluss von aufgefahrenen und befüllten Hohlräumen den Zutritt des Transportmediums Wasser zu den eingelagerten Abfällen und die damit verknüpfte ggf. mögliche Radionuklidfreisetzung zu reduzieren. Zusätzlich zu dem Endlagerprojekt Gorleben stellte die Physikalisch-Technische Bundesanstalt nach entsprechenden Vorstudien der damaligen Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung (GSF) /13/ 1982 den Antrag auf Einleitung des Planfeststellungsverfahrens für die Schachanlage Konrad als Endlager für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung /4/.

In der Koalitionsvereinbarung zwischen SPD und Bündnis 90/Die Grünen /5/ sowie im Vortrag eines Vertreters des Bundesumweltministeriums (BMU) anlässlich des Vierten Atomrechtlichen Kolloquiums im September 1999 /14/ und in einer Stellungnahme des BMU zu aktuellen Entsorgungsfragen vom Mai 2000 /15/ wird festgestellt, dass das o.g. Entsorgungskonzept /3/ inhaltlich gescheitert sei und keine sachliche Grundlage mehr habe. Im einzelnen wird zur Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Koalitionsvereinbarung festgelegt, dass

- für die Endlagerung aller Arten radioaktiver Abfälle ein einziges Endlager in tiefen geologischen Formationen ausreicht,
- die Einlagerung in das Endlager Morsleben beendet und dieses Endlager stillgelegt wird,
- ein Endlager für alle Arten radioaktiver Abfälle ab ca. 2030 zur Verfügung stehen soll sowie
- die Eignung des Salzstocks Gorleben zweifelhaft ist, deshalb seine Erkundung unterbrochen wird und weitere Standorte in unterschiedlichen Wirtsgesteinen auf ihre Eignung untersucht werden sollen.

Vor dem Hintergrund dieser geplanten Abweichungen vom bisherigen Entsorgungskonzept nimmt die Internationale Lärnerkommission Kerntechnik – ILK – mit dem vorliegenden Bericht zur Endlagerung von radioaktiven Abfällen Stellung.

2 Endlagerung von radioaktiven Abfällen in Deutschland

2.1 Schachtanlage Konrad

Die Schachtanlage Konrad ist das jüngste der ehemaligen Eisenerzbergwerke im Raum Salzgitter. Der durch die Schachtanlage Konrad aufgeschlossene Eisenerzhorizont wurde im Oberen Jura vor ca. 150 Mio. Jahren als Korallenoolith abgelagert. Das Erzvorkommen erreicht an keiner Stelle die Erdoberfläche und ist in der Schachtanlage zwischen etwa 800 m und 1300 m Tiefe aufgeschlossen. Nach Abschluss von mehrjährigen Voruntersuchungen durch die GSF stellte die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) 1982 einen Antrag auf Einleitung eines Planfeststellungsverfahrens. Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens wurde die Eignung der Schachtanlage Konrad als Endlager für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung auf der Grundlage der "Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk" /7/ eingehend geprüft. Wichtiger Bestandteil dieser Kriterien, die von der Bundesregierung 1983 aufgrund von Empfehlungen der Reaktorsicherheitskommission aufgestellt wurden, ist, dass der Abschluss der radioaktiven Abfälle von der Biosphäre durch ein System von natürlichen und technischen Barrieren sichergestellt und eine unzulässige Belastung der Umwelt damit langfristig ausgeschlossen wird. Im Vordergrund der übertägigen und untertägigen Erkundung standen Fragen

- zum Aufbau der Lagerstätte sowie ihrer Liegend- und Hangendschichten,
- zum großräumigen geologischen Aufbau,
- zu den hydrogeologischen Gegebenheiten von Jura, Kreide und Quartär sowie zu den hydrochemischen Verhältnissen der Grundwasserleiter,
- zu den Eigenschaften der geologischen Formationen als Barrieren gegen die Ausbreitung von Radionukliden (Durchlässigkeit, Sorptionsverhalten),
- zu den gebirgsmechanischen Verhältnissen in der Umgebung von Kammern, Strecken und des gesamten Grubengebäudes,
- zu der langfristigen seismischen Stabilität des Standorts und
- zum Ausbreitungsverhalten der Radionuklide in der Betriebs- und Nachbetriebsphase bei bestimmungsgemäßem Betrieb sowie bei Störfällen (Sicherheitsanalyse).

Die technisch-wissenschaftlichen Untersuchungen zum Planfeststellungsverfahren sind nach sechzehnjähriger Laufzeit mittlerweile abgeschlossen. Nach eingehender Prüfung aller Fragestellungen wurde im Rahmen dieses Genehmigungsverfahrens

festgestellt, dass die Schachtanlage Konrad als Endlager für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung geeignet ist. So zeigten z. B. die Untersuchungen zur Hydrogeologie, dass die Schachtanlage Konrad außergewöhnlich trocken ist. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass die von dem Grubengebäude ausgehenden Wasserpfade die Biosphäre frühestens nach einer Laufzeit von ca. 300.000 Jahren erreichen. Unter Berücksichtigung des einzulagernden Radionuklidinventars und dessen Halbwertszeit ergeben die Langzeitsicherheitsanalysen aufbauend auf dieser sehr geringen Ausbreitungsgeschwindigkeit des Transportmediums Wassers, dass die potentielle Strahlenexposition der Bevölkerung auch langfristig weit unter der Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenexposition liegt, d.h. weniger als 0,3 mSv/a beträgt.

Nach Erteilung des Planfeststellungsbeschlusses kann mit der Auffahrung der Einlagerungsfelder in einer Tiefe von ca. 800 m begonnen werden. Die Einlagerungsfelder sollen aus mehreren Einlagerungskammern mit einem Querschnitt von 40 m² bei einer Sohlenbreite von etwa 7 m und einer Höhe von 6 m bestehen. Insgesamt sind maximal zehn Einlagerungsfelder vorgesehen, in denen in einem noch aufzufahrenden Einlagerungshohlraum von 1,1 Mio. m³ ca. 650.000 m³ radioaktive Abfälle eingelagert werden können /4/. Die Arbeiten zur Errichtung des Endlagers werden weitere ca. 3 bis 4 Jahre in Anspruch nehmen.

Im Umweltgutachten 2000 /10/ wird der Einfluss der Gasbildung in radioaktiven Abfällen auf die Langzeitsicherheit erneut intensiv in die Diskussion eingebracht. Dabei handelt es sich um die Bildung nicht radioaktiver Gase (vor allem Wasserstoff), die auf Korrosionsreaktionen, Faul- und Gärprozesse sowie Radiolyse zurückzuführen ist. Aufgrund seiner gebirgsmechanischen Eigenschaften ist die Schachtanlage Konrad ausreichend gasdurchlässig, um den Aufbau von Gasdruck in den Einlagerungsfeldern auszuschließen. Darüber hinaus wurde die Gasbildung in radioaktiven Abfällen bei den Sicherheitsanalysen für die Schachtanlage Konrad berücksichtigt und eine Begrenzung der Gasbildungsrate der einzulagernden Abfälle in den Endlagerungsbedingungen festgeschrieben /11/.

2.2 Salzstock Gorleben

In Norddeutschland sind mehr als 200 Salzstöcke und andere Salzstrukturen mit unterschiedlicher räumlicher Ausdehnung bekannt. Die Entstehung der Salzlagerrstätten in der Norddeutschen Tiefebene geht auf die Zeit vor 250 Mio. Jahren zurück, als während einer ausgedehnten Periode warmen Klimas riesige Mengen von Salzmineralien durch Eindunstung von Meerwasser abgelagert wurden. Dabei entstand im erdgeschichtlichen Zeitalter des Zechsteins eine Gesteinsformation mit einer charakteristischen Schichtenfolge. Die Formation des Zechsteins wurde im weiteren Verlauf der Erdgeschichte überlagert durch Ablagerungen der Trias (bis vor 205 Mio. Jahren), der Kreide (bis vor 65 Mio. Jahren) und weiter in der Erdneuzeit von den Schichten des Tertiärs (bis vor etwa 1,6 Mio. Jahren) sowie des Quartärs. Im Laufe der damit verbundenen geologischen Entwicklung kam es zur Bildung der Salzstöcke. Die Bildung des Salzstockes Gorleben war an der Wende Oberkreide / Tertiär im wesentlichen abgeschlossen.

Zur Endlagerung von insbesondere hochradioaktiven Abfällen wird seit 1977 auf Vorschlag der niedersächsischen Landesregierung und entsprechender Prüfung der zuständigen Behörden der Salzstock Gorleben auf seine Eignung untersucht /6/. Dabei werden die 1983 in Kraft getretenen "Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk" /7/ zugrunde gelegt.

In Übereinstimmung mit diesen Sicherheitskriterien wurde ein umfangreiches Programm zur übertägigen und untertägigen Erkundung des Salzstocks erstellt. Die mittlerweile abgeschlossene übertägige Erkundung führte zu vertieften Kenntnissen über den Salzstock, über die darüber liegenden Schichten des Deckgebirges sowie die darin herrschenden hydrogeologischen Verhältnisse. Die Ergebnisse der übertägigen Erkundung zeigten, dass auf Grundlage der durchgeführten Bohrungen und geophysikalischen Messungen der Salzstock Gorleben als eignungshöflich für ein Endlager für radioaktive Abfälle bezeichnet werden kann /6/.

Trotz aller bis heute vorliegenden positiven Zwischenergebnisse /6, 13/ – auch aus der untertägigen Erkundung - kann noch keine abschließende Eignungsaussage gemacht werden. Die Bestätigung der Eignung wird erst nach Abschluss der untertägigen Erkundung möglich sein. Ziel der geowissenschaftlichen Erkundung unter Tage ist, eine möglichst lückenlose Information über den Innenaufbau des Salzstocks, seine mineralogische Zusammensetzung und seine thermomechanische Belastbarkeit zu gewinnen. Diese untertägige Erkundung ist, wie folgende Auflistung zeigt, mittlerweile weit fortgeschritten:

- Durchschlag der Verbindungsstrecke auf der Erkundungssohle in 840 m Teufe,
- Endteufe im Schacht 1 bei 933 m erreicht,
- Erkundungsbereich 1 (EB 1) bis auf 500 m umfahren (bei Gesamtumfang von ca. 5 km) und
- Fertigstellung der Förderanlagen in Schacht 1.

Die endgültige Planung und Auslegung des Endlagers z.B. hinsichtlich der technischen Einrichtungen oder des bereitgestellten Endlagervolumens sowie die umfangreichen Sicherheitsanalysen können erst nach Abschluss der Erkundungsarbeiten in ca. 4 bis 5 Jahren erfolgen und bei entsprechender Eignung im Rahmen des Genehmigungsverfahrens festgelegt werden.

Die im Umweltgutachten 2000 /10/ in die Diskussion eingebrachte Gasbildung ist bei der Einlagerung von hochradioaktiven Abfällen in den Salzstock Gorleben aufgrund der Eigenschaften des Abfallprodukts (Glaskokillen und/oder abgebrannte Brennelemente ohne Restgehalte von Feuchtigkeit) von untergeordneter Bedeutung. Darüber hinaus würden durch einen Druckaufbau ggf. entstehende Risse im Salzstock durch die Plastizität des Wirtsgesteins wieder ausheilen und daher als möglicher Ausbreitungspfad für Grundwasserströme nicht in Frage kommen.

2.3 Endlager Morsleben

Schwach- und mittelradioaktive Abfälle mit geringem Gehalt an Alpha-Strahlern konnten bis September 1998 in das Endlager Morsleben (ERAM) in Sachsen-Anhalt eingelagert werden. Bei diesem Endlager handelt es sich um ein ehemaliges Salzbergwerk (Einlagerungskammern in einer Tiefe von ca. 500 m), das seit 1978 für die Einlagerung von ca. 14.300 m³ radioaktiven Abfällen der ehemaligen DDR genutzt wurde. Im Zuge der Wiedervereinigung Deutschlands erhielt das ERAM 1990 den Status eines Bundesendlagers. Die im Jahr 1986 erteilte Betriebsgenehmigung für das Endlager ist gemäß Atomgesetz /1/ bis zum 30.06.2005 befristet. Nach einer Betriebsunterbrechung im Jahr 1991 aufgrund gerichtlicher Verfügungen und wegen sicherheitstechnischer Überprüfungen wurde der Betrieb erst im Januar 1994 wieder aufgenommen. Im September 1998 wurde die Einlagerung nach einem vorläufigen Beschluss des Oberverwaltungsgerichts Magdeburg gestoppt. Die Entscheidung des Gerichts in der Hauptverhandlung steht noch aus. Von der Wiederaufnahme der Einlagerung 1994 bis zum Einlagerungsstopp 1998 wurden ca. 22.300 m³ radioaktive Abfälle in Stapel- und Versturztechnik eingelagert (geplante Kapazität: 40.000 m³). Derzeit laufen Arbeiten für das Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung des ERAM.

2.4 Abfallmengen in Deutschland

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) führt jährlich eine Erhebung des Aufkommens radioaktiver Reststoffe in der Bundesrepublik Deutschland durch /8/. Es werden der Bestand an unbehandelten Reststoffen (verwertbare Reststoffe und Rohabfälle), Zwischenprodukten und der Anfall und Bestand konditionierter radioaktiver Abfälle ermittelt. Darüber hinaus wird in /8/ ein umfangreicher Überblick über Herkunft und Zusammensetzung der radioaktiven Abfälle gegeben. Am 31. Dezember 1998 waren gemäß dieser aktuellen Abfallerhebung des BfS /8/ in Deutschland 33.845 m³ unbehandelte Reststoffe sowie 2.550 m³ Zwischenprodukte vorhanden. Der Bestand an konditionierten Abfällen belief sich auf 60.895 m³. Zusätzlich waren 454 m³ wärmeentwickelnde radioaktive Rohabfälle und 1.428 m³ wärmeentwickelnde konditionierte Abfälle vorhanden.

Unter Verwendung der Ergebnisse der jährlichen Erhebung wird vom BfS das künftige Aufkommen konditionierter radioaktiver Abfälle berechnet. Dabei werden verschiedene Szenarien der Kernenergienutzung berücksichtigt. Das prognostizierte Aufkommen (kumuliert) konditionierter radioaktiver Abfälle beläuft sich gemäß /8/ im Jahr 2080 einschließlich Stilllegungsabfälle in Abhängigkeit von der Betriebsdauer der Kernkraftwerke auf ca. 324.000 m³ bis ca. 392.000 m³. Davon entfallen auf wärmeentwickelnde Abfälle ca. 27.000 m³ bis ca. 48.000 m³. Die Kapazitäten der geplanten Endlager Konrad und Gorleben beruhten ursprünglich auf größeren Abfallmengen. Beim Auffahren der Einlagerungsbereiche werden jedoch die aktuellen Abfallmengen berücksichtigt und das für eine Einlagerung vorgesehene Endlager-volumen entsprechend angepasst.

3 Endlagerkonzepte auf internationaler Ebene

Kurzlebige schwach- und mittelradioaktive Abfälle werden in sehr vielen Ländern (z. B. Frankreich, Großbritannien, Spanien, USA, Japan) oberflächennah endgelagert /9, 13, 16/. Bei der oberflächennahen Endlagerung werden die radioaktiven Abfälle in einfache Gräben oder, wie es heute allgemein üblich ist, in ingenieurmäßig ausgelegte Bauwerke eingelagert, die nach Befüllung mit einer Abdeckung versehen werden. Entsprechende Endlager sind teilweise bereits seit längerer Zeit in Betrieb (s. Tab. 1). Im Vergleich zu Endlagern in tiefen geologischen Formationen ist bei oberflächennahen Endlagern in der Regel der Aufwand für Errichtung und Betrieb geringer. Oberflächennahe Endlager sollen jedoch über einen Zeitraum von bis zu 300 Jahren nach Betriebsende überwacht werden /9/. Die Endlagerung von kurzlebigen schwach- und mittelradioaktiven Abfällen in 50 - 60 m Tiefe, wie es z. B. in Schweden und Finnland praktiziert wird, nimmt eine Zwischenstellung zwischen oberflächennaher und tiefer geologischer Endlagerung ein. In Deutschland wird im Unterschied hierzu das Konzept verfolgt, alle radioaktiven Abfälle in tiefen geologischen Formationen endzulagern. Dies sieht auch das Entsorgungskonzept der Schweiz vor, wobei für kurzlebige schwach- und mittelradioaktive Abfälle sowie langlebige mittelradioaktive und hochradioaktive Abfälle zwei getrennte geologische Endlager geplant sind.

Für die Entsorgung von langlebigen mittelradioaktiven und hochradioaktiven Abfällen (einschließlich abgebrannter Brennelemente) wird weltweit die Endlagerung in tiefen geologischen Formationen angestrebt /13/. Abgesehen von einem Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle mit einem hohen Anteil an langlebigen Alpha-Strahlern aus der Kernwaffenproduktion in den USA (Waste Isolation Pilot Plant, WIPP), das 1999 in Betrieb genommen wurde /17/, ist weltweit derzeit allerdings noch kein entsprechendes geologisches Endlager in Betrieb. Im Hinblick auf die Langzeitsicherheit des Endlagers sind diese Abfälle vergleichbar mit hochradioaktiven Abfällen wie z. B. abgebrannten Brennelementen. Die Endlagerprojekte sind in den einzelnen Ländern unterschiedlich weit fortgeschritten. Einen zusammenfassenden Überblick über die prinzipielle Vorgehensweise auf internationaler Ebene geben Tab. 1 für die der Endlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung sowie Tab. 2 für radioaktive Abfälle mit Wärmeentwicklung /9, 13, 16/.

| Land | Oberflächennahe Endlagerung | Endlagerung in geologischen Formationen |
|---------------------------|-----------------------------|---|
| Deutschland ¹⁾ | | in Planung |
| Frankreich | in Betrieb seit 1969 | |
| Großbritannien | in Betrieb seit 1959 | |
| Finnland | | in Betrieb seit 1992 |
| Kanada | in Planung | |
| Niederlande | | in Planung |
| Schweden | | in Betrieb seit 1988 |
| Schweiz | | in Planung |
| Spanien | in Betrieb seit 1993 | |
| Japan | in Betrieb seit 1992 | |
| USA | | in Betrieb ²⁾ seit 1999 |
| USA | in Betrieb seit 1963 | |

1) Einlagerung im Versuchsendlager Asse beendet, Einlagerung im Endlager Morsleben derzeit gestoppt

2) Im Gegensatz zu den Endlagern in den anderen Ländern werden im WIPP Abfälle mit einem hohen Anteil an langlebigen Alpha-Strahlern endgelagert

Tab. 1: Überblick über die Vorgehensweise zur Endlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung auf internationaler Ebene /9, 13, 16/

| Land | Endlagerung in geologischen Formationen | Gesteinsformation |
|-------------|---|--------------------------|
| Deutschland | in Planung | Steinsalz |
| Finnland | in Planung | Granit |
| Frankreich | in Planung | Opalinus-Ton oder Granit |
| Japan | in Planung | Granit |
| Schweden | in Planung | Granit |
| Schweiz | in Planung | Granit oder Opalinus-Ton |
| USA | in Planung | Tuff |

Tab. 2: Überblick über die Vorgehensweise zur Endlagerung von radioaktiven Abfällen mit Wärmeentwicklung auf internationaler Ebene /9, 13/

Während in einigen Ländern (z. B. Deutschland, USA) bereits Erkundungsarbeiten an einem ausgewählten Standort durchgeführt werden, ist in anderen Ländern (z. B. Schweden, Frankreich) die Standortsuche noch nicht abgeschlossen. In den einzelnen Ländern werden unterschiedliche Gesteinsformationen (z. B. Salz, Granit, Ton, Tuff) auf ihre Eignung als Endlager untersucht. Dies ist in erster Linie auf die unterschiedlichen geologischen Gegebenheiten zurückzuführen.

Bei der Entsorgung der radioaktiven Abfälle wurde weltweit bisher das Konzept verfolgt, diese für immer von der Biosphäre fernzuhalten und auch vor jeglichem Zugriff in Zukunft abzuschirmen (Endlagerung). Dem steht heute in einigen Ländern die Forderung nach Reversibilität der Einlagerung mit Möglichkeiten zur Überwachung, Kontrolle und Rückholbarkeit der Abfälle gegenüber. Zwischen der Forderung nach Sicherheit für eine Dauer von mehr als 100.000 Jahren und der Forderung nach fortwährender Überwachung und Kontrolle bestehen gemäß /12/ jedoch nicht lösbare Widersprüche. Darüber hinaus erhöhen zur Kontrolle offene Lagerräumlichkeiten das Sicherheitsrisiko sowohl kurzfristig durch eine unerwünschte Zugriffsmöglichkeit Dritter als auch langfristig durch die Schwächung der natürlichen und technischen Barrieren /12/.

Um dennoch eine Reversibilität zu ermöglichen sowie Akzeptanzprobleme der Bevölkerung hinsichtlich der Langzeitsicherheit abzubauen, empfiehlt eine Expertenkommission in der Schweiz ein kontrolliertes Langzeitlager, das aus den drei Bausteinen Testlager, Hauptlager und Pilotlager besteht /12/. Die Bausteine Testlager und Hauptlager werden durch das untertägige Erkundungsprogramm bzw. durch die Einlagerung in tiefen geologischen Formationen bisher ohne vorgesehene Rückholbarkeit beim geplanten deutschen Endlager Gorleben bereits umgesetzt. Als dritten Baustein sieht die Schweizer Expertenkommission ein Pilotlager vor. In diesem Pilotlager soll ein kleiner, aber repräsentativer Teil der hochradioaktiven Abfälle unter möglichst gleichen Bedingungen (Wirtsgestein, Verpackung, technische Barrieren etc.) wie im Hauptlager eingelagert werden. Im Gegensatz zum Hauptlager bleibt die Lagerung im Pilotlager auch längerfristig zugänglich. Auf diese Weise kann in regelmäßigen Abständen überprüft werden, ob die sicherheitstechnischen Betrachtungen und geologischen Modelle durch die Betriebserfahrungen bestätigt werden. Der Zeitraum für eine Zugänglichkeit und Kontrollierbarkeit der eingelagerten Abfälle ist noch festzulegen.

4 Schlussfolgerungen

Die Endlagerung von radioaktiven Abfällen in tiefen geologischen Formationen gilt heute als die sicherste Methode, um diese Abfälle der Biosphäre langfristig sicher zu entziehen. Für wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle wird das Konzept der Endlagerung in tiefen geologischen Formationen aus diesem Grund weltweit verfolgt. In verschiedenen Ländern werden unterschiedliche Gesteinsformationen auf ihre Eignung als Endlagerstätte untersucht. Dies ist mit der jeweiligen geologischen Situation in diesen Ländern begründet. In Deutschland beruht die Endlagerung entsprechend den "Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk" /7/ auf einem Barrierekonzept, wobei voneinander unabhängige technische und natürliche Barrieren zum Tragen kommen.

Steinsalz wird für wärmeentwickelnde Abfälle aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften als Wirtsgestein bevorzugt. Steinsalz, wie im Salzstock Gorleben in ausreichendem Umfang vorhanden, zeichnet sich durch sehr gute thermische Leitfähigkeit und hohe Plastizität aus. Wegen dieser Eigenschaften werden die aufgefahrenen Hohlräume durch den Gebirgsdruck bald wieder verschlossen, ein Wasserzutritt verhindert und Thermospannungen verringert. Die Erfahrungen mit dem Versuchsendlager Asse /6/ und die bis jetzt gewonnenen Erfahrungen in den USA mit dem WIPP /17/, einem Endlager in Steinsalz für Abfälle aus der Kernwaffenproduktion mit einem hohen Anteil an langlebigen Alpha-Strahlern, bestätigen diese sicherheitstechnischen Vorteile.

Granit wird als Wirtsgestein für wärmeentwickelnde Abfälle in vielen Ländern ebenfalls auf seine Eignung untersucht. Granit hat allerdings im Gegensatz zu Steinsalz immer feinverzweigte Klüfte, die als Wege für einen Wasserzutritt dienen können. Aus diesem Grund sind bei einer Endlagerung in Granit-Formationen zusätzliche technische Barrieren vorzusehen.

Der internationale Vergleich zeigt, dass Steinsalz als Wirtsgestein für wärmeentwickelnde Abfälle gut geeignet ist /17/. Die bisher durchgeführten übertägigen und untertägigen Erkundungsarbeiten lassen erwarten, dass der Salzstock Gorleben als Endlager für wärmeentwickelnde Abfälle geeignet ist /13/. Eine endgültige Entscheidung hinsichtlich der Eignung des Salzstocks Gorleben ist jedoch erst nach Abschluss der aufwendigen untertägigen Erkundungsarbeiten in ca. 4 bis 5 Jahren möglich. Eine Unterbrechung (Moratorium) bzw. ein Abbruch der Erkundungsarbeiten ist auf Grundlage der vorliegenden geologischen und hydrogeologischen Erkenntnisse wissenschaftlich nicht gerechtfertigt.

Radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung werden, wie der internationale Vergleich zeigt, in geologischen Formationen oder in oberflächennahen Endlagern endgelagert. Im Gegensatz zu Endlagern für wärmeentwickelnde Abfälle sind in den meisten Ländern die Endlager für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung bereits in Betrieb. Aufgrund der abweichenden sicherheitstechnischen Anforderungen (in der Regel kürzere Halbwertszeit des Radionuklidinventars) und des unterschiedlichen Abfallaufkommens (anfallendes Volumen bei hochradioaktivem Abfall wesentlich geringer als bei schwach- bzw. mittelradioaktivem Abfall) erfolgt auf internationaler Ebene die Endlagerung von Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung getrennt von wärmeentwickelnden Abfällen.

Unter Berücksichtigung dieser Argumente wurde in Deutschland neben dem geplanten Endlager Gorleben die Schachanlage Konrad in einem umfassenden Planfeststellungsverfahren hinsichtlich ihrer Eignung als Endlager für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung untersucht. Die im Rahmen dieses Verfahrens durchgeführten umfangreichen Untersuchungen zur Geologie, Hydrogeologie, Gebirgsmechanik und Langzeitsicherheit bestätigen die Eignung der Schachanlage Konrad als Endlager für diese Abfälle.

Die vorhandenen Mengen an konditionierten radioaktiven Abfällen und die für die Folgejahre zu erwartenden Abfallmengen bestätigen den Bedarf für die zügige Inbetriebsetzung der Schachanlage Konrad. Ein Verzicht auf das Endlager Konrad würde zwangsweise zu einem Ausbau der Zwischenlagerkapazitäten für schwach- und mittelradioaktive Abfälle und einer oberirdischen Zwischenlagerung von ca. 30 bis 50 Jahren führen. Außerdem würde dies auch Nachkonditionierungsmaßnahmen an vorhandenen radioaktiven Abfällen erforderlich machen, deren Konditionierung nicht auf eine derart lange Zwischenlagerung ausgelegt war. Gleichzeitig zeigt der Vergleich mit dem Aufkommen an radioaktiven Abfällen, dass bei baldiger Inbetriebsetzung der Schachanlage Konrad eine ausreichende Kapazität zur Endlagerung von allen Arten an radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung besteht. Vor diesem Hintergrund kann auf die Aufhebung des Einlagerungsstopps für das Endlager Morsleben verzichtet und seine Nachbetriebsphase eingeleitet werden.

5 Literatur

- /1/ Atomgesetz (AtG)
Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz) vom 23.12.1959 (BGBl. I S. 814)
i. d. F. d. Bek. vom 15.07.1985 (BGBl. I S. 1565),
zuletzt geändert am 03.05.2000 (BGBl. I, Nr. 20 vom 10.05.2000 S. 636)
- /2/ Strahlenschutzverordnung (StrlSchV)
Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlung (StrlSchV) vom 13.10.1976,
zuletzt geändert durch die vierte Verordnung zur Änderung der Strahlenschutzverordnung vom 18.8.1997 (BGBl. I, Nr. 59 S. 2113 vom 25.8.1997)
- /3/ Bundesministerium des Inneren (BMI)
Bekanntmachung der Grundsätze zur Entsorgungsvorsorge für Kernkraftwerke
BAnz Nr. 58 vom 22.03.1980
- /4/ Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)
Schachanlage Konrad
Eine Information des Bundesamtes für Strahlenschutz, 1992
- /5/ Koalitionsvereinbarung zwischen der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands und Bündnis 90/Die GRÜNEN
Aufbruch und Erneuerung
- Deutschlands Weg ins 21. Jahrhundert
Bonn, 20. Oktober 1998
- /6/ Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)
Salzstock Gorleben, Als Endlager geeignet?
- Erkenntnisse aus der bisherigen Erkundung -
Eine Information des Bundesamtes für Strahlenschutz, 1995

- /7/ Bundesministerium des Inneren (BMI)
Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk
GMBI Nr. 13 vom 11. 05.1983
- /8/ Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)
Anfall radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland
Abfallerhebung für das Jahr 1998
BfS-ET-30/00
- /9/ International Atomic Energy Agency (IAEA)
Report on Radioactive Waste Disposal
Technical Reports Series No. 349, Vienna 1993
- /10/ Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU)
Umweltgutachten 2000: Schritte ins nächste Jahrtausend
Wiesbaden, Februar 2000
Verlag Metzler-Poeschel (Reutlingen)
- /11/ Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)
Produktkontrolle radioaktiver Abfälle
- Schachanlage Konrad -
Stand: Dezember 1995
Salzgitter, Dezember 1995, ET-IB-45-REV-3.
- /12/ Expertengruppe Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle (EKRA)
Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle,
Schlussbericht
Bern, Januar 2000
- /13/ K. Kühn
Ein oder zwei Endlager?
Konzept in Deutschland im Vergleich zu den USA, Frankreich, Schweden, Finnland und der Schweiz,
Vortrag auf der 4. ILK-Sitzung am 20.03.00

- /14/ W. Renneberg
Rede anlässlich des 4. Atomrechtlichen Kolloquiums
am 23.09.99,
in Umwelt Nr. 11/1999, S. 545 - 549
- /15/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und
Reaktorsicherheit (BMU)
Aktuelle Entsorgungsfragen, Stand: Mai 2000
Internet-Präsentation
- /16/ Nuclear Energy Agency, OECD
Low-Level Radioactive Waste Repositories:
An Analysis of Costs
Paris, 1999
- /17/ U.S. Department of Energy, Carlsbad Area Office
Waste Isolation Pilot Plant (WIPP)
Internet-Präsentation

1. **Prof. Dr. George Apostolakis, USA**
Professor für Kerntechnik am Massachusetts Institute of Technology
(MIT) in Cambridge, USA
2. **Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. techn. h.c. Josef Eibl, Deutschland**
(Vorsitzender der ILK)
Ehemaliger Leiter des Instituts für Massivbau und Baustofftechnologie
der Universität Karlsruhe
3. **Prof. Dr.-Ing. habil. Hans Dieter Fischer, Deutschland**
Inhaber des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik der Ruhr-Universität Bochum
4. **Ing. Bo Gustafsson, Schweden**
Geschäftsführer von SKB International AB (Internationale Tochtergesellschaft
der Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company)
5. **Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kröger, Schweiz**
Direktionsmitglied und Leiter Forschungsbereich Nukleare Energie
und Sicherheit, Paul Scherrer Institut (PSI) in Villigen
Inhaber des Lehrstuhls für Sicherheitstechnik an der ETH Zürich
6. **Dr.-Ing. Erwin Lindauer, Deutschland**
Geschäftsführer der KSG Kraftwerks-Simulator-Gesellschaft mbH
Geschäftsführer der GfS Gesellschaft für Simulatorschulung mbH
7. **Dr. Serge Prêtre, Schweiz**
Direktor (a.D.) der schweizerischen atomrechtlichen Aufsichtsbehörde
HSK (Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen)
8. **Ing. Louis Reynes, Frankreich**
Vizepräsident (a.D.) der Université de Technologie de Troyes
9. **Prof. Dr.-Ing. habil. Eberhard Roos, Deutschland** (stellv. Vorsitzender der ILK)
Inhaber des Lehrstuhls für Materialprüfung, Werkstoffkunde
und Festigkeitslehre der Universität Stuttgart
Direktor der Staatlichen Materialprüfungsanstalt, Universität Stuttgart
10. **Prof. Dr. Frank-Peter Weiß, Deutschland**
Professor für Anlagensicherheit an der TU Dresden
Direktor des Instituts für Sicherheitsforschung im Forschungszentrum
Rossendorf e.V., Dresden

(Liste in alphabetischer Reihenfolge)

Zielsetzung der von Baden-Württemberg, Hessen und vom Freistaat Bayern eingerichteten Internationalen Länderkommission Kerntechnik - ILK -

Leitgedanke

Unabhängige und objektive Beratung der Länder Baden-Württemberg und Hessen sowie des Freistaates Bayern auf höchstem international anerkanntem wissenschaftlichen Niveau in Fragen der Sicherheit kerntechnischer Anlagen, der geordneten Entsorgung radioaktiver Abfälle und der friedlichen Nutzung der Kernenergie vor dem Hintergrund einer nachhaltigen Energieversorgung.

Ziele

1. Erhalt und Verbesserung des hohen Sicherheitsstandards der (süd-)deutschen Kernkraftwerke und Weiterentwicklung des Entsorgungskonzepts radioaktiver Abfälle, jeweils entsprechend dem international anerkannten Stand von Wissenschaft und Technik.
2. Anwendung eines ganzheitlicher Systemansatzes Mensch - Technik - Organisation.
3. Rechtzeitige Erkennung von Sicherheitsmängeln vor dem Hintergrund des Wettbewerbs im liberalisierten europäischen Strommarkt und Erarbeitung von Gegenmaßnahmen.
4. Einbeziehung der international anerkannten Praxis in die deutsche Sicherheitsphilosophie und Sicherheitskonzeption zur Verbesserung der staatlichen Aufsicht und zur Erhöhung des Sicherheitsniveaus der Anlagen.
5. Behandlung und Beurteilung von ausgewählten Sicherheitsfragen im Lichte neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse und Erarbeiten von Empfehlungen zur Harmonisierung kerntechnischer Standards auf europäischer Ebene.