



## DECKBLATT

Projekt	PSP-Element	Obj. Kern.	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	
							N A A N
EU 047.1	9K	---	---	E	RB	0007	00

<b>Titel der Unterlage:</b> Vergleich internationaler Kriterien zur Endlagerung radioaktiver Abfälle GRS-A-1121	<b>Seite:</b> I.
	<b>Stand:</b> Juli 1985

<b>Ersteller:</b>	<b>Textnummer:</b>
-------------------	--------------------

**Stempelfeld:**

PSP-Element TP....9K/2	zu Plan-Kapitel: 3						
	<table border="1"> <tr> <td>PL 16.05.86</td> <td>PL 16.05.86</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Freigabe für Behörden</td> <td>Freigabe im Projekt</td> </tr> </table>	PL 16.05.86	PL 16.05.86			Freigabe für Behörden	Freigabe im Projekt
PL 16.05.86	PL 16.05.86						
Freigabe für Behörden	Freigabe im Projekt						

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Beförderung und Vernichtung und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung der PTB.

# Revisionsblatt



EU 047.1	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	X A A X X	A A	N N N N	N N
	9K	-	-	E	RB	0007	00

Titel der Unterlage: Vergleich internationaler Kriterien zur Endlagerung radioaktiver Abfälle GRS-A-1121	Seite: II.
	Stand: Juli 1985

Rev.	Revisionsst. Datum	verant. Stelle	Gegenzeichn. Name	rev. Seite	Kat. *)	Erläuterung der Revision

\*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur  
 Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung  
 Kategorie S = substantielle Änderung  
 Mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden.



Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) mbH

VERGLEICH INTERNATIONALER KRITERIEN  
ZUR ENDLAGERUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE

GRS - A - 1121 (Juli 1985)

Auftrags-Nr.: 84 576

Anmerkung:

Der Bericht ist von der GRS im Auftrag des Bundesministers des Innern im Rahmen des Vorhabens SR 822 erstellt worden. Der Eigentümer behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit Zustimmung des Auftraggebers zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.

Der Bericht gibt die Meinung und Auffassung des Auftragnehmers wieder und muß nicht mit der Meinung des auftraggebenden Bundesministers des Innern übereinstimmen.

## INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung

1. Einleitung

2. Internationale Kriterien

3. Vergleich der Sicherheitsanforderungen und Kriterien

3.1 Vorgehensweise

3.2 Schutzziele und Maßnahmen zu ihrer Verwirklichung

3.3 Standortanforderungen

3.4 Errichtung und Betrieb

3.5 Abfälle

3.6 Stilllegung

3.7 Nachbetriebsphase

4. Verwendete Unterlagen

## ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit werden internationale und ausländische Kriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle im Hinblick auf Anforderungen zu Standort, Geologie, Endlagertechnik und radioaktiven Abfällen ausgewertet. Die in diesem Rahmen identifizierten Anforderungen werden mit den in der Bundesrepublik Deutschland vorhandenen RSK-Kriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk sowie weiteren maßgeblichen Regelungen in der Bundesrepublik verglichen. Der vorliegende Vergleich konzentriert sich - entsprechend dem Entsorgungskonzept der Bundesregierung - auf Kriterien und Sicherheitsanforderungen für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen.

Im Ausland und international gibt es im Hinblick auf Kriterien und Sicherheitsanforderungen lediglich von der IAEA und in den USA umfangreiche Regelungen. In anderen Ländern existieren Schutzziele für die Endlagerung oder rein geologische Kriterien; teilweise befinden sich diese Kriterien noch in der Diskussion. Der Detaillierungsgrad der Regelungen ist im Ausland und international sehr unterschiedlich.

Die Schutzziele im Ausland und international sowie die Maßnahmen zu ihrer Verwirklichung bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen stimmen mit den deutschen Schutzziele überein. Hinsichtlich der geologischen, abfalltechnischen und endlagertechnischen Kriterien werden von der IAEA allgemeine Gesichtspunkte angesprochen.

In den USA sind endlagertechnische Kriterien teilweise quantitativ formuliert. Die in Großbritannien und den Niederlanden teilweise vorhandenen quantitativen geologischen Kriterien sind insofern nur orientierend, da erst eine standortspezifische Sicherheitsanalyse den Sicherheitsnachweis für einen konkreten Standort erbringen kann.

Der Vergleich der internationalen Kriterien mit den Kriterien in der Bundesrepublik Deutschland zeigt, daß im wesentlichen alle im Ausland formulierten Anforderungen auch in der Bundesrepublik Deutschland gestellt werden. Teilweise sind in der Bundesrepublik die Anforderungen detaillierter, teilweise finden sich im Ausland detailliertere Anforderungen.

## 1. EINLEITUNG

Radioaktive Reststoffe entstehen beim Umgang mit radioaktiven Stoffen in den Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs sowie bei der Verwendung radioaktiver Stoffe in Medizin, Wissenschaft und Technik. Sofern die radioaktiven Reststoffe nicht schadlos verwertet werden können, sollen sie als radioaktive Abfälle geordnet beseitigt werden. Als grundlegende Forderung für die Beseitigung radioaktiver Abfälle gilt im Ausland und international, daß die Endlagerung radioaktiver Abfälle zu keiner unzulässigen Gefährdung von Mensch oder Umwelt führen darf.

In der vorliegenden Arbeit werden im Rahmen des Vertrages SR 822 ausländische und internationale Kriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle im Hinblick auf Anforderungen an das System Endlager (Standort, Geologie, Endlagertechnik, radioaktive Abfälle) ausgewertet. Ziel dabei ist festzustellen, inwieweit im Ausland und international geltende Kriterien mit den derzeit in der Bundesrepublik geltenden Anforderungen vergleichbar sind.

Die Konzepte zur Beseitigung radioaktiver Abfälle sind in den in dieser Arbeit berücksichtigten Ländern unterschiedlich. Daher sind die ausländischen und internationalen Regelwerke für die Endlagerung radioaktiver Abfälle uneinheitlich. Die jeweiligen Kriterien orientieren sich an dem entsprechenden Endlagerkonzept des betreffenden Landes.

Nach dem Entsorgungskonzept der Bundesrepublik Deutschland sollen radioaktive Abfälle an Land beseitigt werden. Für den Kriterienvergleich werden daher nur solche ausländischen und internationalen Regelwerke herangezogen, die für die Beseitigung radioaktiver Abfälle an Land relevant sind. Entsprechend den derzeit vorliegenden Regelungen im internationalen Bereich wird in diesem Bericht ein Vergleich der Kriterien für die Endlagerung von radioaktiven Abfällen in geologischen Formationen vorgenommen. Für die Endlagerung in tiefen geologischen Formationen werden die internationalen Kriterien mit den RSK-Kriterien /1/ verglichen. Sofern unterschiedliche Anforderungen bestehen, werden die Abweichungen aufgezeigt und bewertet. Bei der Bewertung und Interpretation der RSK-Kriterien sind folgende in /1/ aufgeführte Punkte zu berücksichtigen:

"Weil die Ingenieurkonzepte für das Endlagerbergwerk und die Anforderungen an die Einlagerungsprodukte von der betrachteten nicht normierbaren geologischen Gesamtsituation geprägt werden, können keine allgemeingültigen quantitativen Sicherheitskriterien festgelegt werden. Die erforderliche Sicherheit eines Endlagerbergwerkes in einer geologischen Formation muß daher durch eine standortspezifische Sicherheitsanalyse nachgewiesen werden, die dem Gesamtsystem geologische Verhältnisse, Endlagerbergwerk und Abfallprodukte/-gebände Rechnung trägt.

Die Kriterien lassen bewußt einen Ermessensspielraum zu. Ihre Konkretisierung erfolgt im Rahmen des Planfeststellungs- und Genehmigungsverfahrens nach dem jeweiligen Stand von Wissenschaft und Technik unter besonderer Berücksichtigung des Einzelfalles.

Die vorliegenden Kriterien für die Endlagerung in Bergwerken gelten für alle Kategorien radioaktiver Abfälle, die in Bergwerken eingelagert werden."

Die Auffassung wird im Ausland und international geteilt.

### 3. AUSLÄNDISCHE UND INTERNATIONALE KRITERIEN

Entsprechend den verschiedenen Konzepten für die Endlagerung radioaktiver Abfälle und differenziert nach Art und Aktivität der Abfälle sind im Ausland und international Kriterien in entsprechenden Regelwerken festgelegt. In einigen Staaten werden derartige Anforderungen noch diskutiert. Die Auswertung zeigt, daß die Kriterien im wesentlichen im Hinblick auf

- übergeordnete Schutzziele,
- geologische Aspekte,
- abfalltechnische Aspekte,
- endlagertechnische Aspekte sowie
- rechtliche- und institutionelle Aspekte

formuliert sind.

Entsprechend den unterschiedlichen Vorgehensweisen und Prioritäten zur Implementierung der Endlagerung radioaktiver Abfälle ist das internationale Regelwerk uneinheitlich. So werden in einigen Ländern nur übergeordnete Schutzziele festgelegt, in anderen Ländern derzeit vorwiegend geologische Gesichtspunkte diskutiert. Teilweise beschränken sich die Kriterien auf bestimmte Gruppen radioaktiver Abfälle bzw. bestimmte Konzepte der Endlagerung. Zu berücksichtigen ist ferner, daß bestimmte Regelwerke lediglich Kriterien für die Standortvorauswahl von Endlagerstätten beinhalten.

Die Internationale Atom-Energie-Organisation (IAEA) hat in den letzten Jahren ein umfassendes Regelwerk für die Endlagerung der verschiedenen Kategorien radioaktiver Abfälle an Land erarbeitet /2/.

In den Regelwerken der IAEA sind in /2/ bis /9/ teilweise umfassende Sicherheitsanforderungen und Kriterien für die Endlagerung in tiefen geologischen Formationen formuliert worden.

Umfassende Regelungen für die Endlagerung in tiefen geologischen Formationen liegen in den USA vor, die Schutzziele, geologische, endlagertechnische und abfalltechnische Kriterien sowie rechtliche und institutionelle Aspekte beinhalten /10/ bis /23/.

Geologische Kriterien werden in Großbritannien /24/ bis /25/ für die Endlagerung hochaktiver Abfälle diskutiert. Die geologischen Kriterien, die in Italien vorhanden sind /26/, befassen sich mit der Identifizierung von geeigneten Tongesteinen für die Endlagerung radioaktiver Abfälle. In Kanada wurden Kriterien für die Standortauswahl von Endlagerstätten erarbeitet /27/.

Von Behörden oder regelgebenden Institutionen sind in den Niederlanden und in der Schweiz Anforderungen formuliert worden. In den Niederlanden sind von einer interministeriellen Kommission Kriterien erstellt worden /28/, um einen für die Endlagerung von radioaktiven Abfällen in Salzformationen geeigneten Standort zu finden. Die von der eidgenössischen Kommission für die Sicherheit der Atomanlagen vorgelegten Schutzziele für die Endlagerung von radioaktiven Abfällen /29/ sind generelle Anforderungen und beinhalten keine detaillierten geologischen oder technischen Kriterien. In Dänemark werden ebenfalls generelle Anforderungen erarbeitet /30/.

In der Sowjetunion werden geologische Kriterien erstellt, die für die Endlagerung in Salzformationen relevant sind /31/.

Die im Ausland und international vorliegenden Regelwerke haben unterschiedlichen Status, beinhalten teilweise nur generelle Schutzziele oder beziehen sich detailliert auf bestimmte Kriterienbereiche. Der Vergleich der Kriterien mit denen der Bundesrepublik Deutschland kann daher nur eingeschränkt erfolgen. Im Hinblick auf die Aussagefähigkeit und den Detaillierungsgrad wurden für den Kriterienvergleich neben den RSK-Kriterien der Bundesrepublik Deutschland folgende Papiere zugrunde gelegt:

IAEA: Criteria for underground disposal of solid radioactive wastes, IAEA Safety Series No. 60, 1983

USA: Disposal of high-level radioactive wastes in geologic repositories-technical criteria, 10 CFR 60, NRC, 21. Juni 1983

GB: Disposal of highly-active, solid radioactive wastes into geological formations - relevant geologic criteria for the United Kingdom, Report No. 76/12, Rep. Inst. Geol. Sci, 1976

CH: Schutzziele für die Endlagerung radioaktiver Abfälle, Richtlinie für Kernanlagen R-21, Eidgenössisches Institut für die Sicherheit der Atomanlagen, Oktober 1980

NL: Report on the feasibilities of radioactive waste disposal in The Netherlands, Interdepartmental Nuclear Energy Commission, 1979

#### 4. VERGLEICH DER KRITERIEN

##### 4.1 Vorgehensweise

Für den Vergleich der Kriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen wird vom Aufbau der RSK-Sicherheitskriterien für die Endlagerung ausgegangen. Zu jedem Aspekt, der in den RSK-Kriterien behandelt ist, werden die entsprechenden Aussagen der hier berücksichtigten ausländischen und internationalen Regelwerke, soweit vorhanden, kurz dargestellt. Daran schließt sich der Vergleich zwischen den deutschen und den ausländischen oder internationalen Kriterien an.

##### 4.2 Schutzziele und Maßnahmen zu ihrer Verwirklichung

RSK: Die Schutzziele für den Betrieb eines Endlagerbergwerkes sind durch das Atomgesetz und die Strahlenschutzverordnung vorgegeben. In der Nachbetriebsphase darf es nicht zu einer Überschreitung der Individualdosen gemäß der Werte § 45 Strahlenschutzverordnung kommen.

Als Maßnahmen zur Verwirklichung der Schutzziele dienen Standortauswahl, Mehrbarrierenkonzept und anerkannte Regeln der Technik. Entscheidend für die Standortauswahl sind Endlagerformation und geologisches Gesamtsystem. Das Mehrbarrierenkonzept umfaßt die möglichen Barrieren Abfallform, Verpackung, Versatz, Endlagerformation und Deckgebirge/Nebengestein, wobei durch einzelne oder die Summe dieser Barrieren sichergestellt werden muß, daß es nach menschlichem Ermessen zu keiner unzulässigen Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Biosphäre kommt. Für Errichtung, Betrieb und Stilllegung des Endlagers sind die anerkannten Regeln der Technik anzuwenden, wobei der Weiterentwicklung von Wissenschaft und Technik ausreichend Spielraum zu geben ist.

IAEA: Die Basisanforderungen unterliegen den fundamentalen Prinzipien des Schutzes vor radioaktiver Strahlung, die in den Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) festgelegt sind. Als Basisanforderungen sind formuliert:

No. 1: Alle Strahlenexpositionen, die aus dem normalen Betrieb eines Endlagers resultieren, sollten so gering wie vernünftigerweise erreichbar sein, wobei ökonomische und soziale Faktoren zu berücksichtigen sind.

No. 2: Die Individualdosen für Betriebspersonal und Bevölkerung sollen im Normalbetrieb des Endlagers die vorgegebenen Grenzwerte nicht überschreiten.

No. 3: Das Endlager soll so geplant, errichtet und betrieben werden, daß die voraussehbaren Folgen eines Störfalls, unter Berücksichtigung der Eintrittswahrscheinlichkeit, akzeptabel für die Genehmigungsbehörden sind.

No. 4: Radiologische Schäden, ausgedrückt durch die Dosisverteilung und die Eintrittswahrscheinlichkeit, sollen auf Werte beschränkt werden, die so gering wie vernünftigerweise erreichbar sind, wobei ökonomische und soziale Faktoren zu berücksichtigen sind.

No. 5: Die radiologischen Schäden von Einzelpersonen in der Zukunft, ausgedrückt durch die Dosis und die Eintrittswahrscheinlichkeit, sollen nicht höher sein als die heute akzeptierten Dosiswerte für Einzelpersonen.

No. 6: Standort, Planung, Errichtung, Betrieb und Nachbetrieb des Endlagers sollen im Hinblick auf nachteilige Einflüsse auf die Umgebung und Rohstoffvorkommen optimiert werden, so daß die Nachteile so gering wie vernünftigerweise erreichbar sind.

Vergleich mit der Bundesrepublik Deutschland: Die Anforderungen 1 bis 5 sind im Hinblick auf den Schutz vor potentiellen radiologischen Schäden formuliert, die sowohl bei Normalbedingungen wie bei Störfällen auftreten können. Dabei sind auch Ereignisabläufe in der Nachbetriebsphase zu berücksichtigen. Unter den voraussetzbaren potentiellen Ereignisabläufen, die in Endlagern auftreten können, wobei die Eintrittswahrscheinlichkeit zu berücksichtigen ist, sollen die Dosisgrenzwerte so gering wie vernünftigerweise erreichbar sein. Dieses ALARA-Prinzip wird insbesondere in der Anforderung 4 als Optimierungsempfehlung ausgedrückt.

Die RSK-Kriterien stellen fest, daß für den Betrieb eines Endlagers die Schutzziele durch das Atomgesetz und die Strahlenschutzverordnung vorgegeben sind. Dabei ist hervorzuheben, daß nach dem § 28 (1) der Strahlenschutzverordnung jede Strahlenexposition oder Kontamination von Personen, Sachgütern oder der Umwelt unter Beachtung des Standes von Wissenschaft und Technik und unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalles auch unterhalb der in dieser Verordnung festgelegten Grenzwerte so gering wie möglich zu halten ist.

Für die Nachbetriebsphase des Endlagers fordern die RSK-Kriterien die Einhaltung der Individualdosen nach § 45 Strahlenschutzverordnung. Im Hinblick auf die IAEA-Forderung No. 5 (Dosisgrenzwerte in der Nachbetriebsphase nicht höher als heutige Dosisgrenzwerte) ist diese Anforderung kompatibel mit den RSK-Kriterien.

Die IAEA-Anforderung No. 6 bezieht sich auf den allgemeinen Schutz der Umwelt. In den RSK-Kriterien ist bei der Auswahl des Standortes teilweise dieser Aspekt im Hinblick auf Rohstofflagerstätten und Grundwasservorkommen berührt.

#### USA: (Performance objectives)

Betriebsphase: Für die Betriebsphase des Endlagers wird die Einhaltung der Dosisgrenzwerte nach 10 CFR Part 20 gefordert. Die Auslegung des Endlagers hat so zu erfolgen, daß die Option für die Rückholbarkeit der eingelagerten Abfälle offengehalten wird.

Nachbetriebsphase: Das geologische Gesamtsystem, die technischen Barrieren und die Verfüllung von Schächten und Bohrlöchern soll die Freisetzung von Radioaktivität auf von der Environmental Protection Agency (EPA) festgelegte Standards beschränken.

Verhalten der Barriere in der Nachbetriebsphase: Es werden qualitative und quantitative Anforderungen an die Barrieren formuliert. Für technische Barrieren soll das Containment im wesentlichen seine Integrität für den Zeitraum behalten, in dem Strahlung und Wärmeproduktion durch den Zerfall der Spaltprodukte bestimmt werden (nicht weniger als 300 und nicht mehr als 1000 Jahre). Die Freisetzung von Radionukliden aus den technischen Barrieren sollte den  $10^{-5}$  Teil des

Inventars, das nach 1000 Jahren noch vorhanden ist, nicht überschreiten. Die geologischen und hydrogeologischen Bedingungen des Endlagers sollten derart sein, daß der Transport der Radionuklide vom Abfallgebinde bis in die Biosphäre mindestens 100 Jahre beträgt. Für die natürlichen und technischen Barrieren können von der NRC auch andere Zahlenwerte festgelegt werden.

Vergleich mit der Bundesrepublik Deutschland: Die RSK-Kriterien verweisen für den Betrieb eines Endlagerbergwerkes auf die geltenden Schutzziele des Atomgesetzes und der Strahlenschutzverordnung. Eine Rückholbarkeit der eingelagerten Abfälle ist in der Bundesrepublik nicht vorgesehen.

Die generelle Forderung an das Barrierensystem in der Nachbetriebsphase entspricht der von der RSK formulierten Funktion des Mehrbarrierenkonzeptes.

Die quantitativen Anforderungen im 10 CFR 60 an die Barrieren finden kein entsprechendes Gegenstück in den RSK-Kriterien. Vielmehr wird in den RSK-Kriterien auf die Summe aller Barrieren verwiesen, die sicherzustellen haben, daß es zu keiner unzulässigen Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Biosphäre kommt. Der Hinweis der RSK auf den standortspezifischen Sicherheitsnachweis beinhaltet implizit eine quantitative Bewertung der Endlagerbarrieren, bedeutet aber keine quantitative Forderung.

CH: Es wird gefordert, daß Radionuklide, die als Folge von realistisch anzunehmenden Vorgängen und Ereignissen aus einem verschlossenen Endlager in die Biosphäre gelangen, zu keiner Zeit zu Individualdosen führen, die 10 mrem pro Jahr überschreiten. Wenn sich die Auswirkungen mehrerer Endlager überlagern, gilt die Dosislimite für die Summe aller Beiträge.

In den Forderungen der Schweizer Richtlinie sind vier Sicherheitselemente enthalten:

1. Es muß eine niedrig angesetzte Dosislimite eingehalten werden, die klein ist verglichen mit der natürlichen Strahlenbelastung und auch kleiner als die durch die individuellen Lebensgewohnheiten bedingten Unterschiede der Strahlenbelastung.

2. Die Dosislimite darf nur in den ungünstigsten noch zu erwartenden Fällen erreicht werden; in der Regel dürfte die durch ein Endlager verursachte Strahlenbelastung weit unterhalb dieser Limite liegen.
3. Für die Berechnung der Dosis sind konservative Rechenannahmen zu treffen; dadurch sollen die Unsicherheiten einer langfristigen Prognose über das Verhalten eines Endlagers berücksichtigt werden.
4. Die Dosis ist zusätzlich so weit wie möglich und zumutbar zu reduzieren.

Zusätzlich zur Erfüllung der in den Schutzzieleen enthaltenen Forderungen ist das mit dem Endlager verknüpfte Risiko so weit mit geeigneten Maßnahmen zu reduzieren, als dies nach dem Stand von Wissenschaft und Technik möglich und zumutbar ist.

Vergleich mit der Bundesrepublik Deutschland: Die Sicherheitsanforderungen der Schweiz beziehen sich, im Unterschied zu den RSK-Anforderungen, ausschließlich auf die Nachbetriebsphase. Der in der Schweizer Richtlinie geforderte Dosisgrenzwert bleibt unterhalb der von der RSK angeführten Grenzwerte nach § 45 Strahlenschutzverordnung.

#### 4.3 Standortanforderungen

RSK: Bei den Standortanforderungen ist im Rahmen der Standortauswahl die topographische Lage von untergeordneter Bedeutung und die Bevölkerungsdichte in der Umgebung des Endlagers nur im Hinblick auf die übertägigen Anlagenteile relevant. Bodenschätze, wie wirtschaftlich bedeutende Rohstofflagerstätten und Grundwasservorkommnisse, sind bei der Standortauswahl zu berücksichtigen. Endlagerformation, Deckgebirge und Nebengestein sollen bergmännischen Erfordernissen sowie den besonderen Anforderungen bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle entsprechen. Veränderungen der Mineraleigenschaften sowie mögliche Mineralreaktionen durch die Einlagerungsgebilde sind zu berücksichtigen. Die tektonische Aktivität (Tektonik) am Endlagerstandort soll die Integrität des Endlagers nicht gefährden. Die hydrogeologischen Verhältnisse am Endlagerstandort müssen derart sein, daß die Schutzfunktion des Barrierensystems erhalten bleibt.

IAEA: In den zu den Standortanforderungen entsprechenden geologischen Kriterien werden Anforderungen hinsichtlich der Petrographie, Hydrogeologie, Seismik, Tektonik und Geochemie formuliert sowie der Aspekt potentiell nutzbarer Rohstofflagerstätten angesprochen. Es wird gefordert, daß die geologische Wirtsformation genügend groß sein muß und daß die Gesteinsarten und die Einlagerungstiefe den Eigenschaften der einzulagernden radioaktiven Abfällen entsprechen müssen. Die hydrogeologischen Bedingungen sollen nur zu geringen Grundwasserströmen führen und die physikalisch-chemischen und geochemischen Eigenschaften der geologischen Umgebung des Endlagers sollen die Radionuklidmigration begrenzen. Der Standort des Endlagers sollte in einem Bereich geringer tektonischer und seismischer Aktivität liegen und von Bereichen stärkerer tektonischer Aktivität weit genug entfernt sein. Bei der Auswahl des Standortes ist die bisherige sowie mögliche künftige Nutzung mit zu berücksichtigen.

Vergleich mit der Bundesrepublik Deutschland: In den RSK-Kriterien sind die Anforderungen hinsichtlich der geologischen Umgebung in den Kriterien Standortanforderungen formuliert, wobei sich die Anforderungen im wesentlichen mit denen der IAEA decken. Nicht direkt angesprochen werden in den RSK-Kriterien Anforderungen an die seismischen Eigenschaften, die der Standort aufweisen sollte sowie die bisherige Nutzung des Standortes.

USA: Bei den Standortkriterien, die im wesentlichen geologischer und hydrogeologischer Art sind, wird unterschieden nach günstigen Bedingungen, die im geologischen Gesamtsystem möglichst gegeben sein sollten sowie potentiell nachteilige Bedingungen, die möglichst nicht vorhanden sein sollten. Im Zusammenhang mit den technischen Barrieren kann aber auch im geologischen Gesamtsystem eine potentiell nachteilige Bedingung zulässig sein, wenn in Untersuchungen nachgewiesen ist, daß sie keinen signifikanten Einfluß auf die Sicherheit des Gesamtsystems Endlager haben. An günstigen Bedingungen werden angeführt:

- Geringe tektonische, geomechanische und geomorphologische Aktivität.
- Hydrogeologische Bedingungen in gesättigten Zonen mit geringer horizontaler und vertikaler Permeabilität der Wirtsformation, ab

wärtsgerichtete oder überwiegend horizontale hydraulische Gradienten in der Wirtsformation und den benachbarten geologischen Formationen, geringe vertikale Permeabilität und geringes hydraulisches Potential zwischen der Wirtsformation und den benachbarten geologischen Formationen. Die Transportzeiten für das Grundwasser von der Einlagerungszone bis in die Biosphäre, sollten vor der Einbringung der Abfälle 1000 Jahre deutlich überschreiten.

- Geochemische Bedingungen, die die Präzipitation oder Sorption der Radionuklide fördern.
- Mineralparagenesen, die unter den thermischen Bedingungen der Einlagerung hochaktiver Abfälle zu keinen Mineralreaktionen führen, die ihre Eigenschaften unzulässig verändern.
- Einlagerungstiefe von mindestens 300 m.
- Geringe Bevölkerungsdichte in der Umgebung und ein kontrollierter Bereich fernab von Bevölkerungszentren.

An potentiell nachteiligen Bedingungen sind im wesentlichen angeführt Veränderungen des Grundwassersystems, geochemische Prozesse, die zu einer Reduktion der Sorptionseigenschaften führen, höhere seismische und tektonische Aktivität, extreme Erosion im Quartär, geologische Struktur oder Grundwasserverhältnisse, die komplizierter technischer Maßnahmen bei der Konstruktion des Endlagers bedürfen.

Vergleich mit der Bundesrepublik Deutschland: Generell ist zu sagen, daß die NRC-Standortkriterien umfassender und detaillierter sind als die RSK-Kriterien. Es ist dabei zu berücksichtigen, daß einige der NRC-Kriterien USA-spezifisch sind (z.B. extreme Erosion, geringe Bevölkerungsdichte) und daher nicht übertragbar auf die Situation in der Bundesrepublik Deutschland sind. Soweit es um reine geologische und hydrogeologische Aspekte geht, stimmen die NRC- und die RSK-Kriterien im wesentlichen überein.

Eine Mindesteinlagerungstiefe sowie eine geringe Bevölkerungsdichte sind in den RSK-Kriterien nicht gefordert. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß die RSK-Kriterien für die Endlagerung in einem Bergwerk formuliert sind.

GB: Die britischen Kriterien haben ihren Schwerpunkt bei den geologischen Aspekten, die bei den RSK-Kriterien im wesentlichen unter "Standortanforderungen" behandelt werden. Als wesentliche Punkte werden genannt:

- Bei der Standortauswahl sind bestehende technische Bauten, wie Bergwerke, Dämme und Bohrungen zu berücksichtigen.
- Innerhalb eines vorgeschlagenen Bereiches von 15 km um das Endlager sollen technische Aktivitäten ausgeschlossen werden, die Boden-Instabilitäten hervorrufen können (z.B. Bergbau, Tunnelbau, Bau großer Dämme, Explorationsbohrungen).
- Klimatische Veränderungen im Bereich des Endlagergebietes sind bei der Standortauswahl zu berücksichtigen (z.B. Eiszeiten, Meeresspiegelveränderungen, isostatische Bewegungen).
- Gebiete mit potentiell nutzbaren Rohstofflagerstätten sollten nicht für die Endlagerung berücksichtigt werden.
- Das Wirtsgestein sollte geeignete mineralogische und petrographische Eigenschaften, ausreichende Dimensionierung und eine ausreichende Tiefe und Mächtigkeit besitzen.
- Die thermische Leitfähigkeit des Wirtsgesteins soll die Ableitung der Nachzerfallswärme der hochaktiven Abfälle sicherstellen.
- Die möglichen physikalisch-chemischen Reaktionen im Bereich der Einlagerungszone (Abfallprodukt - Abfallbehälter - Wirtsgestein) sollten nur zu minimaler Korrosion des Abfallbehälters führen.
- Das Wirtsgestein sollte günstige Rückhalteeigenschaften in bezug auf migrierende Radionuklide besitzen.
- Die hydrogeologischen Verhältnisse sollten derart sein, daß Voraussagen über mögliche Freisetzungspfade von der Einlagerungszone zur Oberfläche sowie mögliche Transferzeiten gemacht werden können. Grundwasserzirkulationen sollten im Bereich des Endlagers vernachlässigbar gering sein und die Fließlinien nicht zu klüftigem Grundgebirge oder potentiellen Aquifern führen.
- Hydrologische und hydrogeologische Verhältnisse sollten derart sein, daß auch in der Nachbetriebsphase die relevanten Parameter gemessen werden können.

- Die tektonischen Verhältnisse im Bereich des Endlagers sollten nicht zu hohen seismischen Aktivitäten führen.

Vergleich mit der Bundesrepublik Deutschland: Die Kriterien in Großbritannien sind im wesentlichen geologische Kriterien. Sie sind im Vergleich zu den geologischen Kriterien im RSK-Papier umfassender und detaillierter, insbesondere im Hinblick auf Hydrologie und Hydrogeologie.

Es gibt jedoch keinen wesentlichen geologischen Aspekt in Großbritannien, der nicht auch in den RSK-Kriterien angesprochen ist.

Der Aspekt der Berücksichtigung von klimatischen Veränderungen in Großbritannien bei der Standortauswahl der Endlagerstätte führt zur Forderung einer Mindesteinlagerungstiefe für hochaktive Abfälle. Durch die standortspezifische Sicherheitsanalyse und das Bergwerkskonzept der RSK-Kriterien werden diese Aspekte (klimatische Veränderung, Mindesteinlagerungstiefe) implizit erfaßt.

Die Berücksichtigung bereits bestehender technischen Bauten (z.B. Bergwerk) bei der Standortauswahl des Endlagers ist kein Bestandteil der RSK-Kriterien. Mit der Schachanlage Konrad ist eine bereits aufgefahrenen Grube, die entsprechend den Erfordernissen eines Endlagerbergwerkes umgebaut werden soll, vorhanden. Die Kriterien in Großbritannien gelten für hochaktive Abfälle, während die Kriterien in der Bundesrepublik Deutschland alle Kategorien radioaktiver Abfälle umfassen, die in fester Form in Bergwerke eingelagert werden sollen. Durch diesen unterschiedlichen Regelungsinhalt sowie die von der RSK angeführten standortspezifischen Sicherheitsanalysen, sind auch in der Bundesrepublik Deutschland Gebirgsinstabilitäten durch bereits bestehende technische Bauten berücksichtigt.

NL: Die Kriterien in den Niederlanden beziehen sich auf die Endlagerung hochaktiver Abfälle in Salzstöcken. Es sind im wesentlichen geologische Kriterien formuliert:

- Für den ausgewählten Salzstock dürfen keine Bohrkonzessionen oder -genehmigungen bestehen.
- Der Salzstock darf nicht für die Lagerung anderer Stoffe, wie Öl, Gas oder chemische Abfälle benutzt werden.

- Im Bereich des Salzstockes und seiner Umgebung sollten keine Explorationsbohrungen nach Öl- oder Erdgaslagern stattgefunden haben.
- Hinsichtlich der Dimensionierung der Salzformation wird eine Mächtigkeit von mindestens 500 m sowie eine Umschließung des Endlagerbergwerkes in allen Richtungen von mindestens 200 m Salz gefordert.
- Die Salzformation soll so rein wie möglich sein, gute mechanische Eigenschaften sowie am Einlagerungsort keine Schichten von Kali- oder Magnesiumsalzen sowie Lehm, Ton und Anhydrit aufweisen.
- Der Salzstock soll in einem tektonisch stabilen Gebiet liegen.
- Die höchste Erhebung des Salzstockes muß unterhalb der Marke liegen, an der an diesem Ort das Grundwasser noch am hydrologischen Kreislauf teilnimmt. Die Fließgeschwindigkeit des Grundwassers sollte kleiner als 3 m/a sein.

Vergleich mit der Bundesrepublik Deutschland: Bei der Wertung der Standortkriterien der Niederlande ist zu berücksichtigen, daß nach Auffassung der interministeriellen Kommission, die diese Kriterien erarbeitet hat, nicht jedes Kriterium buchstäblich erfüllt sein muß, um einen konkreten Standort als geeignet anzusehen. Maßgebend für die Beurteilung der Eignungsfähigkeit eines bestimmten Salzstockes ist vielmehr nach Auffassung in den Niederlanden das Ergebnis der standortspezifischen Sicherheitsanalyse. Diese Vorstellung deckt sich mit den Aussagen der RSK zu standortspezifischen Sicherheitsanalysen sowie dem Beurteilungsspielraum, den die RSK-Kriterien bewußt zulassen.

#### 4.4 Errichtung und Betrieb

Die in den RSK-Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk aufgeführten Kriterien zur Voraussetzung für die Errichtung und den Betrieb eines Endlagers sowie zur Standorterkundung sind in den ausländischen und internationalen Kriterien teilweise nicht berücksichtigt, teilweise werden sie unter den

"Lagerkriterien" abgehandelt. Diese "Lagerkriterien" werden daher im folgenden mit den Errichtungs- und Betriebskriterien des RSK-Papiers verglichen.

RSK: Als Voraussetzung für die Errichtung und den Betrieb eines Endlagers sind während Errichtung, Betrieb und Stilllegung die Einhaltung der Auslegungsdaten zu überwachen. Auf der Basis von Störszenarien sind Sicherheitsanalysen für die Betriebs- und Nachbetriebsphase durchzuführen.

Zur Festlegung eines geeigneten Standortes sind Standorterkundungen von über Tage und Standorterkundungen von unter Tage durchzuführen. Dabei sind die Untersuchungsbohrungen von über Tage auf ein Minimum zu beschränken, um die Funktionsfähigkeit der natürlichen Barrieren zu erhalten. Zur untertägigen Erkundung sind Schächte sowie Strecken bis zum äußeren Rand der voraussichtlichen Einlagerungsfelder zu erstellen.

Bei Errichtung und Betrieb des Endlagerbergwerkes sind die einschlägigen Gesetze, Verordnungen und Vorschriften zum Schutze des Betriebspersonals und der Bevölkerung anzuwenden. Durch einen geeigneten Schachtausbau ist sicherzustellen, daß ein Wassereinbruch durch die Schächte nach menschlichem Ermessen auszuschließen ist. Die untertägigen Hohlräume und Hohlraumssysteme sind entsprechend den Erfordernissen des Einlagerungsbetriebs und den Eigenschaften der einzulagernden Abfälle unter Berücksichtigung der Standsicherheit des Grubengebäudes aufzufahren. Durch ein entsprechendes Einlagerungskonzept sind die Einlagerungsräume so kurzzeitig wie möglich offen zu halten und nach beendeter Nutzung zu verschließen. Die Bewitterung soll so erfolgen, daß in der Regel Einlagerungsfelder und Transportstrecken in selbständig abtrennbare Wetterabteilungen eingeordnet werden können. Im Rahmen der betrieblichen Überwachung sind neben den routinemäßigen Betriebs- und Strahlenschutzüberwachungsmaßnahmen zusätzliche Überwachungsprogramme erforderlich. Insbesondere sind die thermomechanische Reaktion der Endlagerformation auf das Einbringen radioaktiver Abfälle sowie die gebirgsmechanischen Vorgänge zu verfolgen.

IAEA: In den IAEA-Kriterien zum Lager werden Anforderungen an die Auslegung und den Betrieb formuliert. Das Endlager soll so geplant, errichtet und betrieben werden, daß es zu keinen unzulässigen Einwirkungen auf die geologische Umgebung kommt, die die Barrierenfunktion der natürlichen Barrieren herabsetzen könnte. Durch das Einlagerungskonzept ist sicherzustellen, daß es zu keinen kritischen Anordnungen im Endlager kommt. Die Verfüllung der untertägigen Hohlräume hat mit geeigneten Methoden zu erfolgen. Eine Überwachung wird in der Betriebsphase als notwendig angesehen.

Vergleich mit der Bundesrepublik Deutschland: In den RSK-Kriterien finden sich die entsprechenden Anforderungen unter den Kriterien Standorterkundung, Errichtung und Betrieb. Es ist hervorzuheben, daß die RSK-Kriterien detaillierter sind und die IAEA-Kriterien umfassen. Der Aspekt der Kritikalitätskontrolle ist in den RSK-Kriterien dagegen nicht angesprochen. Dabei ist zu erwähnen, daß der Kritikalitätsaspekt durch Sicherheitsanalysen, die den sicheren Betrieb, Stilllegung und Nachbetrieb im Hinblick auf die Einhaltung der Schutzziele nachzuweisen haben, in den RSK-Kriterien implizit erfaßt ist.

USA: In den allgemeinen Auslegungskriterien wird eine Auslegung des Endlagers gefordert, die die Einhaltung der Dosisgrenzwerte nach 10 CFR Part 20 gewährleistet. Die sicherheitsrelevanten Bauwerke, Systeme und Komponenten sollen gegen Einwirkungen von außen und anlageninterne Brände und Explosionen ausgelegt sein; eine periodische Überprüfung der sicherheitsrelevanten Strukturen soll durch die **Auslegung** gewährleistet sein. Alle Systeme zur Handhabung, **Transport**, Einlagerung, Rückholbarkeit und Isolation der hochaktiven Abfälle sollen derart gegen Kritikalität ausgelegt sein, daß nur das Auftreten zweier unabhängiger, unwahrscheinlicher Ereignisse zur Kritikalität führen kann. Bei der Auslegung des Bergwerkes sind die bergrechtlichen Bestimmungen einzuhalten. Die sicherheitsrelevanten Systeme der Schachtförderanlage sollen so ausgelegt sein, daß sie den Förderkorbabsturz verhindern.

Zusätzliche Auslegungskriterien für übertägige Anlagenbereiche des Endlagers: Es werden für die übertägigen Anlagenteile Auslegungen gefordert, die die sichere Handhabung und Lagerung gewährleisten. Das Lüftungssystem ist unter Beachtung des Schutzes vor Strahlen-

exposition gemäß den "Performance Objectives" (siehe Seite 13) auszulegen. Es wird eine Kontrolle und Überwachung der radioaktiven Abgaben gefordert. Die Auslegung der übertägigen Anlagenteile soll unter Berücksichtigung von Dekontaminations- und Stilllegungsmaßnahmen erfolgen.

Zusätzliche Auslegungskriterien für untertägige Anlagenteile des Endlagers: Die untertägigen Hohlräume und Hohlraumssysteme sollen ausgelegt sein für den sicheren Betrieb und unter Berücksichtigung der Rückholbarkeit. Bei der Auffahrung der Grubenräume sind Excavationsmethoden zu verwenden, die potentielle Wegsamkeiten für Grundwasser oder Radionuklidmigration limitieren. Das Bewetterungssystem ist so auszulegen, daß eine Überprüfung der mit den Wettern transportierten radioaktiven Stoffe möglich ist. Die Einlagerungsbereiche sind von den Auffahrungsbereichen in separate Wetterabteilungen zu trennen. Das thermische und thermomechanische Verhalten der Wirtsfornation und des geologischen Gesamtsystems ist bei der Auslegung zu berücksichtigen.

Vergleich mit der Bundesrepublik Deutschland: In den RSK-Kriterien wird bezüglich der Auslegung des Endlagers auf die Dosisgrenzwerte der Strahlenschutzverordnung verwiesen.

Die Überwachung der Einhaltung der Auslegungsdaten während Errichtung, Betrieb und Stilllegung des Endlagers wird von der RSK als Kriterium gefordert. Im Unterschied zu den USA-Kriterien, die für die sicherheitsrelevanten Strukturen, Systeme und Komponenten sowie das Schachtfördersystem anführt, welche Auslegung gefordert ist, ist dies in den RSK-Kriterien nicht detailliert. In der Bundesrepublik Deutschland wird die hinreichende Auslegung der sicherheitsrelevanten Strukturen, Systeme und Komponenten des Endlagers im Rahmen der Planfeststellungsverfahren nachgewiesen. Der USA-Forderung nach Einhaltung der bergrechtlichen Bestimmungen wird im RSK-Kriterium "Errichtung und Betrieb" durch die Forderung nach Anwendung der berggesetzlichen Vorschriften und den Verordnungen und sonstigen Bestimmungen der zuständigen Bergbehörde entsprochen.

Die Forderung in USA nach Auslegung der Schachtförderanlage gegen einen Förderkorbabsturz wird in der Bundesrepublik Deutschland durch

die Anwendung der TAS /32/ sowie eine Auslegung nach dem Stand der Schachtfördertechnik sinngemäß entsprochen.

In den RSK-Kriterien werden spezielle Anforderungen für die Auslegung übertägiger Anlagenteile des Endlagers nicht genannt. Im Hinblick auf die in USA geforderte Auslegung unter Beachtung des Schutzes vor Strahlenexpositionen gelten in der Bundesrepublik Deutschland die entsprechenden Paragraphen der Strahlenschutzverordnung. Die USA-Kriterien für untertägige Anlagenteile treffen, soweit es um die Berücksichtigung der Rückholbarkeit der eingelagerten Abfälle geht, auf die Bundesrepublik, in der keine Rückholbarkeit vorgesehen ist, nicht zu. Vielmehr wird in den RSK-Kriterien gefordert, daß die Anzahl der offenen Einlagerungsräume (Strecken, Kammern, Bohrlöcher) zu minimieren ist und für die Einlagerung genutzte Hohlräume zu verfüllen und abzuwerfen sind.

Die weiteren in den USA-Kriterien spezifizierten Anforderungen hinsichtlich der Auslegung untertägiger Anlagenteile (z.B. Bewetterung, thermisches und thermomechanisches Verhalten des Wirtsgesteins) sind durch die Anforderungen in den RSK-Kriterien voll abgedeckt.

CH: In der Schweiz wird gefordert, daß das Endlager so auszulegen ist, daß es jederzeit innerhalb einiger Jahre verschlossen werden kann.

Vergleich mit der Bundesrepublik Deutschland: Der Anforderung in der Schweiz wird in den RSK-Kriterien entsprochen durch die Forderung nach einem entsprechenden Einlagerungskonzept, das die Einlagerungsräume so kurzzeitig wie möglich offenhält und nach beendeter Nutzung verschließt.

#### 4.5 Abfälle

RSK: Für die einzulagernden Abfälle sind auf der Basis der Sicherheitsanalyse Spezifikationen für die verschiedenen Endlagerprodukte festzulegen. Bei der Auslegung der Gebinde sind mechanische und thermische Einwirkungen auf die Gebinde mit zu berücksichtigen. Die technischen Angaben über die Gebinde sowie die Herkunft der Gebinde sind zu dokumentieren.

IAEA: Die Kriterien zu den radioaktiven Abfällen umfassen Anforderungen an die Abfallform und den Behälter. Dabei sollte das radioaktive Inventar und die Zusammensetzung der einzulagernden Abfälle mit ausreichender Genauigkeit bekannt sein. Die chemische Zusammensetzung der Abfallform sollte zu keinen unzulässigen chemischen oder mikrobiologischen Reaktionen mit dem umgebenden geologischen System führen. Die Abfallform sollte eine ausreichende chemische Stabilität sowie thermische und radiologische Stabilität aufweisen. Das Abfallgebilde sollte ausreichende Stabilität im Hinblick auf den im Endlager auftretenden Druck haben. Betriebliche Handhabungs- und Transportvorgänge sowie Störfallbedingungen sind bei der Auslegung der Abfallgebilde zu berücksichtigen. Die Verwendung von Verpackungsmaterialien, die in Zukunft eine attraktive Rohstoffquelle darstellen könnten, ist abzuwägen gegen das Risiko durch zukünftige menschliche Eingriffe in das Lager.

Vergleich mit der Bundesrepublik Deutschland: In dem RSK-Kriterium wird darauf hingewiesen, daß aufbauend auf den Ergebnissen der Sicherheitsanalyse Spezifikationen für die verschiedenen Endlagerprodukte festzulegen sind. IAEA- und RSK-Kriterien sind in diesem Punkt allgemein. Die IAEA-Forderung nach ausreichender Angabe des Radionuklidgehaltes wird in der Bundesrepublik durch die Annahmebedingungen des Endlagers geregelt werden. In den RSK-Kriterien wird weiter angeführt, daß "die Festlegung von endlagerspezifischen Anforderungen an die Abfallform durch die physikalischen und chemischen Bedingungen bestimmt wird, die im Endlager möglich sind". Die Anforderungen an die chemische Zusammensetzung und Beständigkeit sind damit Bestandteil der Annahmebedingungen. Die Anforderungen der IAEA und RSK hinsichtlich der thermischen und radiologischen Stabilität der Abfallform sowie der mechanischen Stabilität des Abfallgebildes unter Betriebs- und Störfallbedingungen sind kompatibel. Dem Aspekt der Rohstoffquelle "Verpackungsmaterial" wird in den RSK-Kriterien nicht Rechnung getragen; er ist im Hinblick auf eine technisch mögliche direkte Endlagerung abgebrannter Brennelemente erwägenswert.

USA: Bei der Auslegung der Abfallgebilde sind Wechselwirkungen aufgrund der physikalischen, chemischen und radiologischen Eigenschaften der Abfallgebilde mit dem umgebenden Gestein zu berücksichtigen. Der Anteil an explosiven, pyrophoren, besonders reaktiven Stoff-

fen und Flüssigkeiten soll auf Werte begrenzt bleiben, die die Barrierewirkung des Gesamtsystems nicht beeinträchtigen. Handhabungs- und Transportvorgänge sind bei der Auslegung zu berücksichtigen. Die hochaktiven Abfälle sollen in fester Form in abgeschlossenen Behältern vorliegen. Alle brennbaren Abfälle sind in eine nicht brennbare Form zu überführen, falls nicht nachgewiesen ist, daß im Falle eines Brandes diese Gebinde keine zusätzliche Gefährdung für andere Gebinde oder Sicherheitssysteme darstellen.

Vergleich mit der Bundesrepublik Deutschland: Die wesentlichen Anforderungen an die Abfallgebinde in USA sind durch die RSK-Kriterien abgedeckt. Die RSK hebt hervor, daß detaillierte Anforderungen an die Abfallgebinde in Form von Abfallspezifikationen erst nach einer Sicherheitsanalyse zu formulieren sind. In den USA wird eine Vielzahl von Anforderungen aufgestellt, die bei der Auslegung von Abfallgebinden zu berücksichtigen sind, jedoch wird keine Quantifizierung der Forderungen vorgenommen.

GB: Die Intensität der regionalen seismischen Aktivität ist bei der Auslegung der Abfallgebinde und bei ihrer Einlagerung zu berücksichtigen.

Vergleich mit der Bundesrepublik Deutschland: Im RSK-Papier wird gefordert, daß mechanische Beanspruchungen auf die Gebinde durch das Gebirge in Sicherheitsanalysen einzubeziehen sind. Als Folge derartiger Beanspruchungen fordert die RSK, daß mögliche Radionuklidfreisetzungen durch die Gebindeauslegung begrenzt bleiben.

#### 4.6 Stilllegung

RSK: Es wird gefordert, daß das Endlagerbergwerk nach der Betriebsphase stillzulegen ist. Verfüllung und Abschluß der Hohlräume sind mit geeigneten Materialien und Techniken durchzuführen. Zielsetzung dabei ist, durch Hohlraumreduzierung zur Stabilitätserhöhung beizutragen, den Zutritt von Transportmedien, wie zum Beispiel Wasser, zu den radioaktiven Abfällen weitgehend zu verhindern und eine eventuell mögliche Radionuklidfreisetzung auf ein zulässiges Maß zu minimieren.

IAEA: Durch die Stilllegung und Verfüllung soll die Freisetzung von Radionukliden auf solche Größen beschränkt werden, die zu keinen unzulässigen radiologischen Belastungen führen.

Vergleich mit der Bundesrepublik Deutschland: IAEA- und RSK-Kriterien fordern übereinstimmend, daß Verfüllung der Hohlräume und Stilllegung des Endlagers mögliche Radionuklidfreisetzungen auf Weite zu begrenzen, die zu keinen unzulässigen radiologischen Belastungen führen; die Anforderungen sind daher kompatibel.

USA: Die Versiegelung der Schächte und Bohrlöcher soll sicherstellen, daß die Schutzziele (Performance Objectives, siehe Seite 13) eingehalten werden. Verfüllungsmethoden sowie -materialien sollen, soweit wie technisch möglich, sicherstellen, daß

- der Zutritt von Grundwassern zu den eingelagerten radioaktiven Abfällen minimiert wird und
- Radionuklidmigrationen durch die Barrieren minimiert werden.

Vergleich mit der Bundesrepublik Deutschland: Die mehr technischen Gesichtspunkte, die im Vordergrund der USA-Kriterien stehen (Art des Verfüllungsmaterials, Verfüllungstechnik) finden sich als inhaltlich entsprechende Anforderung in den RSK-Kriterien.

GB: Die Verfüllung und Versiegelung des Endlagers muß die vorliegenden geologischen Verhältnisse sowie etwaige Veränderungen der Geologie und des Klimas berücksichtigen.

Vergleich mit der Bundesrepublik Deutschland: Wie in den RSK-Kriterien werden auch in Großbritannien Kriterien an die Verfüllung und Versiegelung gestellt. Dagegen sind in den RSK-Kriterien die Aspekte "Veränderung der geologischen und klimatischen Verhältnisse" nicht direkt angesprochen. Die RSK-Forderung nach weitestgehender Verhinderung des Wasserzutritts zu den radioaktiven Abfällen bzw. nach Minimierung möglicher Radionuklidfreisetzung auf ein zulässiges Maß deckt in seiner generellen Zielsetzung sowie im Zusammenhang mit den standortspezifischen Sicherheitsanalysen die in Großbritannien diskutierten Aspekte ab.

#### 4.7 Nachbetriebsphase

RSK: In der Nachbetriebsphase wird ein gesondertes Kontroll- und Überwachungsprogramm als entbehrlich angesehen. Es sollen allgemeine, routinemäßig durchgeführte Umweltschutz- und Geländevermessungen stattfinden. Im Rahmen der Dokumentation und Kennzeichnung sollen die wesentlichen Daten dokumentiert und räumlich getrennt an geeigneten Orten geschützt aufbewahrt werden. Eine übertägige Kennzeichnung des Endlagers wird als nicht erforderlich angesehen.

IAEA: Im Zusammenhang mit der Nachbetriebsphase wird auf den Überwachungsaspekt eingegangen. Nach Stilllegung und Verfüllung des Endlagers wird ein Überwachungsprogramm als nicht notwendig angesehen. Für einen gewissen Zeitraum nach der Stilllegung kann eine Überwachung durchgeführt werden; dieses Überwachungsprogramm darf jedoch nicht notwendige Bedingung sein, um die Sicherheit und den Schutz der Bevölkerung sicherzustellen

Vergleich mit der Bundesrepublik Deutschland: IAEA- und RSK-Kriterien bezeichnen ein gesondertes Überwachungsprogramm in der Nachbetriebsphase übereinstimmend als entbehrlich. Das in den RSK-Kriterien angeführte routinemäßige Umweltschutz- und Geländevermessungsprogramm am Standort und in der Umgebung des Endlagers ist in den IAEA-Kriterien nicht direkt angesprochen. Die Überwachung innerhalb eines gewissen Zeitraumes nach der Stilllegung des Endlagers dürfte aber den RSK-Kriterien entsprechen.

USA: Es werden Besitzverhältnisse und Kontrolle des Endlagergebietes angesprochen. Das DOE soll die Jurisdiktion und die Kontrolle über das Endlagergebiet ausüben. Außerhalb des kontrollierten Endlagergebietes sollen zusätzlich angemessene Kontroll- und Überwachungsmaßnahmen durchgeführt werden, um menschliche Aktivitäten zu verhindern, die die Barrierewirkung des Endlagers signifikant beeinträchtigen könnten.

Vergleich mit der Bundesrepublik Deutschland: In den RSK-Kriterien werden die Besitzverhältnisse über dem Endlagergebiet nicht erwähnt. Im Gegensatz zu den USA-Kriterien werden Kontroll- und Überwachungsmaßnahmen in der Nachbetriebsphase als entbehrlich angesehen. Zu die-

sen Aspekten werden in den RSK- und USA-Kriterien unterschiedliche Anforderungen gestellt.

CH: In der Schweiz wird gefordert, daß es nach dem Verschuß des Endlagers möglich sein muß, auf Sicherheits- und Überwachungsmaßnahmen zu verzichten.

Vergleich mit der Bundesrepublik Deutschland: Das Schutzziel der Schweiz bedeutet, daß aufgrund der technischen Auslegung des Endlagers sowie der Verfüllung und Stilllegung aus sicherheitstechnischen Gründen ein Überwachungsprogramm nicht notwendig ist. Damit entspricht das RSK-Kriterium in seiner inhaltlichen Aussage zu den Überwachungsmaßnahmen dem Schutzziel der Schweiz.

GB: Die hydrologischen und hydrogeologischen Verhältnisse müssen derart sein, daß die relevanten Parameter über längere Zeiträume in der Nachbetriebsphase gemessen werden können.

Vergleich mit der Bundesrepublik Deutschland: Aufgrund der Zielsetzung der Kriterien in Großbritannien wird ein rein geologisches Kriterium formuliert. Auf die hydrologischen und hydrogeologischen Aspekte gehen die RSK-Kriterien im Rahmen der Standortkriterien ein. Die Forderung der RSK nach hydrogeologischen Verhältnissen am Endlagerstandort, die die Schutzfunktion des Barriersystems nicht beeinträchtigen, geht auf den gleichen Aspekt wie die GB-Kriterien ein. Das von der RSK angeführte Umweltschutz- und Geländevermessungsprogramm beinhaltet die in Großbritannien diskutierten Kriterien der Messung hydrogeologischer Parameter in der Nachbetriebsphase.

6. VERWENDETE UNTERLAGEN

- /1/ Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle  
in einem Bergwerk  
Reaktorsicherheitskommission, 15.09.1982
- /2/ Richter, D., Fareeduddin, S.: Developing guidelines on managing  
radioactive waste  
IAEA Bulletin, Vol. 24, No. 2 (S. 6)
- /3/ Underground disposal of radioactive waste: Basic Guidance  
IAEA Safety Series No. 54, 1981
- /4/ Safety assessment for the underground disposal of radioactive  
waste  
IAEA Safety Series No. 56, 1981
- /5/ Criteria for underground disposal of solid radioactive wastes  
IAEA Safety Series No. 60, 1983
- /6/ Development of regulatory procedures for the disposal of solid  
radioactive waste in deep continental formations  
IAEA Safety Series No. 51, 1980
- /7/ Site selection factors for repositories of solid high-level  
level and alpha-bearing waste in geological formations  
IAEA Technical Report Series No. 177, 1977
- /8/ Site investigations for repositories of solid radioactive  
waste in deep geological formations  
IAEA Technical Report Series No. 215, 1982
- /9/ Concepts and examples of safety analyses for radioactive  
waste repositories in continental geological formations  
IAEA Safety Series No. 58, 1983
- /10/ Nuclear Waste Policy Act of 1982  
Public Law 97-425 - Jan. 7, 1983, H.R.3809

- /11/ 10 CFR 60, Disposal of High-Level Radioactive Wastes in Geologic Repositories, Technical Criteria, Nuclear Regulatory Commission, Federal Register, Vol. 48, No. 120, June 21, 1983
- /12/ DOE (Department of Energy) implementation of high-level waste criteria and standards, Translation of American Nuclear Society, Hinsdale, 1982
- /13/ Hawley, J.W. Gallaher, B: Geologic and hydrologic criteria of disposal of hazardous wastes in New Mexico, Bull. Am. Assoc. Pet. Geol., Tulsa 1981
- /14/ Waite D., Newcomb, W.: Criteria for waste repository siting, Trans. Am. Nucl. Soc., Hinsdale 1980
- /15/ Christensen R.: Waste characteristics that may require specifications in waste acceptance criteria, Trans. Am. Nucl. Soc., Hinsdale 1979
- /16/ NWTS program criteria for mined geologic disposal of nuclear waste, Battelle Project Management Division, Columbus 1982
- /17/ Smith, C., Cohen, J.: Models and criteria for waste repository performance, Gatlinburg 1982
- /18/ Geological criteria for repositories for high-level radioactive wastes, U.S. National Academy of Science, Washington 1978
- /19/ Holister, C., Deese D.: Site selection criteria for geologic disposal of high-level radioactive waste, Dep. Geol. Geophys., Woods Hole 1978
- /20/ Peck, J., Briedis J.: Site selection for radioactive waste disposal in geologic formations, Proc. Am. Power Conf., Chicago 1978
- /21/ Nuclear Waste Disposal Criteria Development and Safety Assessment, Electric Power Research Institute, 1983

- /22/ Brunton, G., Mc Clain W.: Geological Criteria for Radioactive Waste Repositories, Union Carbide Corporation, Oak Ridge 1977
  
- /23/ General guidelines for the recommendation of sites for nuclear waste repositories, Department of Energy, Washington 1983
  
- /24/ Bray, D. et al: Disposal of highly active, solid radioactive wastes into geological formations-relevant geological criteria for the United Kingdom, Report No. 76/12, Rep. Inst. Geol. Sci., London 1976
  
- /25/ Mather, J. et al: Review of geological criteria and site selection for high-level radioactive waste repositories, Inst. Geol. Sci., London 1980
  
- /26/ Anselmi, B. et al: Geologic criteria for the identification of clay basins favourable for the disposal of radioactive wastes, Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare, Casaccia 1981
  
- /27/ Green, R., Currie, D.: Criteria for selection of sites for solid waste disposal, Alberta Research Council, Edmonton 1970
  
- /28/ Report on the feasibilities of radioactive waste disposal in salt formations in the Netherlands, Interdepartmental Nuclear Energy Commission, 1979
  
- /29/ Schutzziele für die Endlagerung radioaktiver Abfälle, Richtlinie für Kernanlagen, R-21, Eidg. Kommission für die Sicherheit der Atomanlagen, 1980
  
- /30/ Proposal for basic safety requirements regarding the disposal of high-level radioactive waste; Miljøstyrelsen, Arbejdsgruppe om Radioaktivt Affald, Kopenhagen 1980
  
- /31/ Savonenkov, V.: Development of the geological criteria for safe radioactive waste disposal in salt deposits, Radievij Institut, Leningrad, 1980
  
- /32/ Technische Anforderungen an Schacht- und Schrägförderanlagen (TAS) / Dezember 1977, Bellmann-Verlag, Dortmund

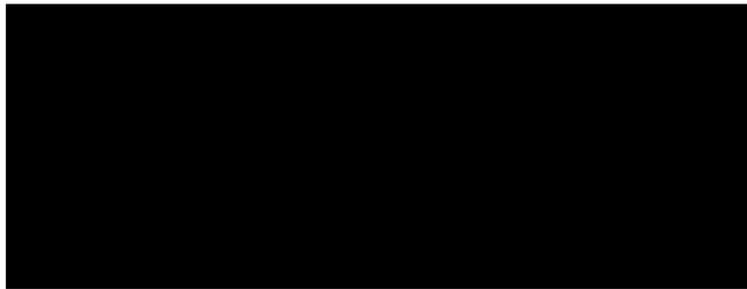
VERTEILER:

Bundesminister des Innern

Referat: RS II 5 (5 x)

GRS

Geschäftsführer  
Bereichsleiter  
Projektbetreuung  
Abteilungsleiter  
Autor



Gesamtauflage:

20 x