**Strahlenschutzkommission**

Geschäftsstelle der
Strahlenschutzkommission
Postfach 12 06 29
D-53048 Bonn

http://www.ssk.de

# Gemeinsame Stellungnahme der RSK und der SSK betreffend BMU-Fragen zur Fortschreibung der Endlager-Sicherheitskriterien

Stellungnahme der Strahlenschutzkommission
und der Reaktor-Sicherheitskommission

Verabschiedet in der 182. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 04.-06. Dezember 2002

# 1 Beratungsauftrag und Beratungsgang

RSK und SSK wurden mit Schreiben des BMU, RS III 2 (A) – 17015/1 vom 26.03.2002, darüber informiert, dass das BMU beabsichtigt, im Jahre 2003 aktualisierte Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk herauszugeben.

Das BMU hatte vor dem Hintergrund der international und in Deutschland weitergegangenen Entwicklung auf dem Gebiet der Endlagerung radioaktiver Abfälle und bei der Beurteilung der Endlagersicherheit die GRS beauftragt, Vorschläge zur Weiterentwicklung und Harmonisierung der deutschen Sicherheitskriterien von 1983 /BMI 83/ zu erarbeiten. Hierzu wurden RSK und SSK um Beratung gebeten.

Anhand von fünf Fragestellungen hat das BMU seinen Beratungsauftrag an RSK und SSK wie folgt präzisiert:

1. Entsprechen die von der GRS vorgeschlagenen Sicherheitskriterien sowie die diesbezüglichen Überlegungen und Erläuterungen unter Einbeziehung der internationalen Entwicklung dem Stand von Wissenschaft und Technik?

2. Sind die vorgeschlagenen Sicherheitskriterien vollständig in dem Sinne, dass bei einem Endlagerprojekt, bei dem diese Sicherheitskriterien erfüllt sind, davon ausgegangen werden kann, dass – unbeschadet der Erfüllung anderer gesetzlicher Voraussetzungen – die Schadensvorsorge nach § 7 Abs. 2 Nr. 3 Atomgesetz als getroffen angesehen werden kann?

3. Haben die Vorschläge einen fachlichen Tiefgang, der für die Bewertung der Sicherheit der Betriebs- und Nachbetriebsphase eines Endlagers für radioaktive Abfälle ausreichend ist?

4. Wie wird die Einführung des Risikokriteriums im Rahmen einer Langzeitsicherheitsanalyse bewertet? Wird insbesondere die Bewertung der radiologischen Sicherheit über Wahrscheinlichkeiten für die Nachbetriebsphase als sachgerecht und als gangbarer Weg angesehen? Wie sind die im Rahmen der Modellierung zu ermittelnden Wahrscheinlichkeiten wissenschaftlich zu bewerten? Welche Folgerungen ergeben sich daraus für die Belastbarkeit des Nachweises und eine Festlegung der Vorgehensweise?

5. Welche Auffassung vertreten Sie zu der vorgeschlagenen regulatorischen Behandlung von Szenarien, die unbeabsichtigtes menschliches Eindringen in ein Endlager in der Nachbetriebsphase zum Gegenstand haben?

Zum Zwecke einer zügigen und intensiven Beratung haben die Kommissionen nach der Information durch das BMU (178. SSK-Sitzung am 11./12.04.2002; 350. und 351. RSK-Sitzung am 11.04.2002 bzw. 16.05.2002) beschlossen, eine gemeinsame Ad-hoc-Arbeitsgruppe zur Erarbeitung eines Stellungnahmeentwurfs einzurichten.

Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe hat die o. g. Fragestellungen auf sechs Sitzungen (1. Sitzung: 21.05.2002; 2. Sitzung: 11.06.2002; 3. Sitzung: 03.07.2002; 4. Sitzung: 24.07.2002; 5. Sit-

zung: 17.09.2002; 6. Sitzung: 16.10.2002) erörtert und den im Folgenden aufgeführten Entwurf einer Stellungnahme verfasst.

## 2 Sachstand

Im Rahmen ihrer Beauftragung wurden der RSK/SSK-Ad-hoc-Arbeitsgruppe: „Sicherheitskriterien Endlagerung“ folgende Berichte zur Beratung vorgelegt:

1. Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk – Überarbeitete Diskussionsgrundlage, GRS-A-2990, Januar 2002

2. Präzisierung und Weiterentwicklung der Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk, Entwurf, Stand 12.03.02

3. Präzisierung und Weiterentwicklung der Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk (Synopse), Entwurf, Stand 12.03.02.

Der unter Ziffer 1. aufgeführte Bericht enthält in Teil A eine Begründung des Bedarfs an Sicherheitskriterien und deren rechtliche Einordnung im deutschen Regelwerk. Teil B beinhaltet Vorschläge und deren Begründung für die Weiterentwicklung der Sicherheitskriterien. In Teil C werden Vorschläge zur Nachweisführung für die Langzeitsicherheit dargelegt. Darüber hinaus wird die Vorgehensweise bei der Erstellung der Langzeitsicherheitsanalysen im Einzelnen erläutert, und es werden Nachweismethoden zum Nachweis der Einhaltung der Schutzziele vorgeschlagen.

Der unter Ziffer 2. genannte Bericht enthält die Vorschläge der GRS zur Neuformulierung der deutschen Sicherheitskriterien. In dem unter Ziffer 3. genannten Bericht (Synopse) sind die im Einzelnen vorgenommenen Veränderungen gegenüber den derzeit gültigen Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk des BMI aus dem Jahre 1983 dargestellt. Zusammenfassend ergeben sich im Wesentlichen folgende Änderungen bzw. Weiterentwicklungen:

- Die Sicherheitskriterien sollen für das Planfeststellungsverfahren eines ausgewählten Standorts gelten. Das Standortauswahlverfahren wird vom BMU-Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd) erarbeitet.

- Die Sicherheitskriterien beziehen sich ausschließlich auf die radiologischen Schutzziele und Anforderungen, die das in § 1 Nr. 2 und § 7 Abs. 2 Satz 1 Nr. 3 des Atomgesetzes enthaltene Gebot der atomrechtlichen Schadensvorsorge konkretisieren.

- Neu als eigenständige Punkte eingeführt wurden die Kapitel/Punkte: Definitionen, Sicherheitsprinzipien für die Endlagerung, Betriebsphase, Qualitätssicherung und Erstellung einer geotechnischen Langzeitprognose.

- Die Ergebnisse des RADWASS-Projekts der IAEA und die endlagerbezogenen Regelungen der ICRP sowie die Empfehlungen der OECD und die Normen der Europäischen Gemeinschaften werden einbezogen.

- Die radiologischen Schutzziele werden differenzierter definiert. Kriterium für das radiologische Schutzziel in der Betriebsphase und für die wahrscheinlichen Szenarien in der Nachbetriebsphase ist die effektive Dosis einer Person (Individualdosis). Für die Nachbetriebsphase wird für die weniger wahrscheinlichen Szenarien der Risikobegriff eingeführt.

- Zur Optimierung des Strahlenschutzes in der Betriebsphase bei sehr kleinen Dosisbeiträgen werden Richtgrößen angegeben, die sich am Konzept der trivialen Dosis bei der Freigabe von Stoffen aus dem atomrechtlich genehmigten Umgang orientieren.

- Dem Vorschlag der ICRP 81 /ICRP 98a/ zur angemessenen Berücksichtigung der Optimierung des Strahlenschutzes für die Nachbetriebsphase (constrained optimisation) wird gefolgt.

- Die technischen Anforderungen werden in einigen Punkten gekürzt, zusammengefasst oder ergänzt. Einige wenige grundsätzliche Anforderungen an die endzulagernden Abfälle kommen hinzu (Konsistenz mit internationalen Anforderungen).

- Anforderungen an den Nachweis der Sicherheit in der Nachbetriebsphase werden dargestellt. Der Nachweis der Langzeitsicherheit soll durch eine Unsicherheitsanalyse ergänzt werden.

- Beim Nachweis der Sicherheit in der Nachbetriebsphase wird beim Bewertungsmaßstab zwischen der natürlichen Entwicklung des Endlagers und menschlichen Eingriffen in der Nachbetriebsphase unterschieden.

- Der unbeabsichtigte Eingriff des Menschen in das Endlager soll in Form realistischer Referenzszenarien berücksichtigt werden.

- Das Problem der Zeitskala für die Sicherheitsanalyse in der Nachbetriebsphase wird auf die anwendbare Nachweismethode bezogen. Die radiologischen Schutzziele unterliegen keiner zeitlichen Limitierung. Die Nachweismethoden mit ihren Aussagen werden jedoch umso unschärfer, je länger die Zeiträume sind, auf die sie sich beziehen. Der Zeitraum, für den ein Langzeitsicherheitsnachweis zu führen ist, soll auf 1 Million Jahre begrenzt werden.

# 3 Bewertungsmaßstäbe

Im Zusammenhang mit der Entwicklung von Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle sind allgemein gültige ethische Grundsätze, die Prinzipien und Schutzziele des Strahlenschutzes sowie grundlegende technische Anforderungen zu beachten.

Ausgehend von der Erkenntnis, dass eine Endlagerung von radioaktiven Abfällen in tiefen geologischen Formationen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik als die beste Lösung für die Isolation solcher Abfälle von der Biosphäre angesehen wird, wurden auf internationaler Ebene die Prinzipien formuliert, denen diese Endlagerung genügen muss /IAEA 95, OECD 85, OECD 95/. Als ethische Grundsätze enthalten diese Prinzipien der IAEA und der OECD insbesondere Gedanken zur Gerechtigkeit innerhalb einer Generation in verschiedenen

Regionen der Erde (intragenerationelle Gerechtigkeit) und zwischen den aufeinander folgenden Generationen (intergenerationelle Gerechtigkeit), Gedanken, die bereits von der sogenannten Brundtland-Kommission und der Umwelt-Gipfelkonferenz 1992 in Rio de Janeiro in den Begriff der Nachhaltigkeit eingebracht wurden .

Die Bewertungsmaßstäbe für den Strahlenschutz in der Betriebsphase des Endlagers sind in der Strahlenschutzverordnung /STR 01/ festgelegt. Dabei sind die Prinzipien und Vorgaben der ICRP-Empfehlung aus dem Jahr 1991 /ICRP 91/, die Basic Safety Standards der IAEA /IAEA 94/ sowie die Ratsdirektive der Europäischen Union von 1996 /EU 96/ berücksichtigt. Radiologische Anforderungen für die Nachbetriebsphase des Endlagers sind in der Strahlenschutzverordnung explizit nicht enthalten. Als Maßstab für den Strahlenschutz in der Nachbetriebsphase werden zum Einen die Prinzipien der IAEA /IAEA 95/ zur Bewertung herangezogen. Zum Anderen hat die ICRP bereits 1985 /ICRP 85/ und erneut 1998 /ICRP 98a/ Empfehlungen für die Strahlenschutzanforderungen für die Endlagerung fester radioaktiver Abfälle ausgesprochen.

Die SSK hat 1985 /SSK 85/ für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in geologischen Formationen die Forderung aufgestellt, dass zukünftigen Generationen und ihrer Umwelt der gleiche Schutz zu gewährleisten ist, wie er aktuell in der Bundesrepublik Deutschland durch die Strahlenschutzverordnung für die Bevölkerung und Umwelt festgelegt ist.

Bezüglich der Nachweisführung der Sicherheit des Endlagers in der Nachbetriebsphase sind die Entwicklungen der Sicherheitsphilosophie in den letzten zehn Jahren zu beachten, wie sie sich in den Ergebnissen der IAEA-Konferenz von 1998 /IAEA 98/ und in dem Bericht der OECD/NEA von 1999 /OECD 99/ widerspiegeln. Wesentliche Punkte sind in diesem Zusammenhang:

- Die Betrachtung langer Zeiträume über 10.000 Jahre kann nicht ignoriert werden. Allerdings ist ein abgestuftes Vorgehen bei der Sicherheitsbetrachtung des Endlagers für die ferne Zukunft und der zugehörigen Nachweisführung angemessen. Dieses widerspricht nicht dem ethischen Prinzip, wonach die gleiche Vorsorge für alle Generationen zu treffen ist.

- Ein schrittweises Vorgehen bei Planung, Genehmigung und Einrichtung des Endlagers mit angemessenen Haltepunkten für eine Überprüfung des Vorgehens und des Sicherheitskonzepts erscheint vorteilhaft. In diesem Zusammenhang kann auch der Aspekt der Rückholbarkeit der Abfälle gesehen und geprüft werden.

- Neben dem Schutzziel, den Menschen vor ionisierender Strahlung zu schützen, hat der Schutz der Umwelt den Charakter eines eigenständigen Schutzzieles erreicht. Dies spiegelt sich auch in der Strahlenschutzverordnung /STR 01/ und in der EU-Direktive /EU 96/ wider.

- Für die Sicherheitsbetrachtung des Endlagers in ferner Zukunft können in Ergänzung zu Dosis- oder Risikokriterien andere Sicherheitsindikatoren für den Sicherheitsnachweis bedeutsam werden.

Ausgangspunkt der Bewertung der grundlegenden technischen Anforderungen sind die geltenden Sicherheitskriterien der RSK/SSK aus dem Jahr 1983 /BMI 83/, soweit sie weiterhin

dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen und nicht speziell auf eine bestimmte Wirtsformation oder Endlagerkonzeption bezogen sind. Ein fortgeschrittener Stand von Wissenschaft und Technik ergibt sich für einzelne Anforderungen aus /IAEA 89/ und dem gewachsenen internationalen Kenntnisstand zur Endlagerung, z. B. auf dem Gebiet der Gasbildung im Endlager, der Kritikalitätssicherheit, der Korrosionsprozesse im Nahfeld und in der Bedeutung der geochemischen Bedingungen /OECD 99/.

# 4 Bewertung (Fragen 1 bis 5 des BMU)

*Frage 1* *Entsprechen die vorgeschlagenen Sicherheitskriterien sowie die diesbezüglichen Überlegungen und Erläuterungen unter Einbeziehung der internationalen Entwicklung dem Stand von Wissenschaft und Technik?*

Die Grundsätze und Anforderungen für die Beurteilung der Sicherheit von Endlagern haben sich in den vergangenen zwei Jahrzehnten seit Veröffentlichung der RSK/SSK-Sicherheitskriterien aus dem Jahre 1983 erheblich weiterentwickelt. Maßgeblich hierfür sind insbesondere Ergebnisse im Rahmen der IAEA (Radwass-Programm) und der OECD/NEA sowie die aus konkreten Endlagerprojekten gewonnenen Erfahrungen. Die RSK und SSK sind daher gemeinsam der Auffassung, dass die geltenden RSK/SSK-Sicherheitskriterien aus dem Jahr 1983 nicht mehr dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen und deshalb weiter entwickelt werden müssen.

Die Kommissionen folgen der in der Diskussionsgrundlage vorgenommenen klaren Abgrenzung von gesetzlichem und untergesetzlichem Regelwerk und der Beschränkung der vorgeschlagenen Sicherheitskriterien auf die Festlegung von Sicherheitsprinzipien, Schutzzielen und auslegungsunabhängigen grundlegenden Anforderungen. Die Absicht, auslegungsbezogene technische Anforderungen in Form von Leitlinien zu formulieren (z. B. für die Betriebsphase und die Nachweisführung für die Langzeitsicherheit), wird unterstützt.

Die vorgeschlagenen Sicherheitskriterien beschränken sich auf radiologische Schutzziele und Anforderungen. Die Kommissionen weisen darauf hin, dass wesentliche Anforderungen auch aus anderen Rechtsgebieten (Bergrecht, Wasserhaushaltsgesetz, Bundesimmissionsschutzgesetz, Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz) bei der Endlagerung erfüllt werden müssen. Für eine endgültige Festlegung von Sicherheitskriterien müssen die Anforderungen aus den jeweiligen Rechtsgebieten aufeinander abgestimmt werden.

Die vorgeschlagenen Sicherheitskriterien beziehen sich nur auf die Beurteilung der Sicherheit eines in einem Planfeststellungsverfahren beantragten Endlagers an einem konkreten Standort, nicht jedoch auf die Auswahl von Standorten für Endlager. Einzelne Kriterien zur Standortauswahl sind gegebenenfalls auch in einem Planfeststellungsverfahren einzuhalten und somit auch als Sicherheitskriterien zu berücksichtigen.

Die in der Diskussionsgrundlage genannten Sicherheitsprinzipien für die Endlagerung fußen auf den Sicherheitsprinzipien der IAEA und entsprechen dem Stand von Wissenschaft und Technik. Insoweit sind die folgenden Prinzipien ausdrücklich zu befürworten:

- Die aus dem Endlager resultierende Strahlenexposition soll niedrig sein gegenüber der natürlichen Strahlung.

- Künftige Auswirkungen für Mensch und Umwelt sollen nicht größer sein als das Maß der heute akzeptierten Auswirkungen.

- Die Auswirkungen des Endlagers dürfen außerhalb Deutschlands nicht größer sein als die in Deutschland als zulässig geltenden Auswirkungen.

- Zur Gewährleistung der Sicherheit des Endlagers in der Nachbetriebsphase sollen keine aktiven Maßnahmen erforderlich sein.

Die radiologischen Schutzziele für die Betriebsphase ergeben sich aus der Strahlenschutzverordnung, sie entsprechen dem Stand von Wissenschaft und Technik. Zur Begrenzung der Optimierung des Strahlenschutzes bei sehr kleinen Dosisbeträgen wird in der Diskussionsgrundlage ein Abschneidekriterium von 0,03 mSv pro Kalenderjahr unter Hinweis auf das Konzept der trivialen Dosis vorgeschlagen. In Analogie zu den Freigaberegelungen wird empfohlen, diese Grenze auf 0,01 mSv/Jahr zu senken.

Die radiologischen Schutzziele für die Nachbetriebsphase des Endlagers werden in der Diskussionsgrundlage für wahrscheinliche Szenarien der langzeitigen Entwicklung des Endlagers als Grenzwert der jährlichen Individualdosis und für weniger wahrscheinliche Szenarien als Risikokriterium definiert. In einer Szenarienanalyse sollen alle in den Grenzen der praktischen Vernunft denkbaren natürlichen Entwicklungen betrachtet und in die Klasse der wahrscheinlichen, der weniger wahrscheinlichen und der auf Grund ihrer sehr kleinen Eintrittswahrscheinlichkeit nicht weiter zu betrachtenden Szenarien eingeordnet werden.

Das für die wahrscheinlichen Szenarien vorgeschlagene Schutzziel einer Individualdosis von 0,3 mSv im Kalenderjahr entspricht der Anforderung in den bisher geltenden RSK/SSK-Sicherheitskriterien. Dieses Schutzziel steht im Einklang mit den Strahlenschutzanforderungen, die für heutige Generationen gelten, und liegt unterhalb der Schwankungsbreite der natürlichen Strahlung in Deutschland.

Ein Schutzziel in Form eines Grenzwerts der Individualdosis von 0,3 mSv im Kalenderjahr ist für die Betriebsphase eines Endlagers geeignet, da für diese die gleichen Grundsätze angewendet werden können, wie sie die Strahlenschutzverordnung für den Betrieb von Anlagen und Einrichtungen enthält. In Anbetracht der Unsicherheiten von Sicherheitsanalysen und der Berechnung von Dosiswerten über sehr lange Zeiträume erscheint den Kommissionen dagegen eine Festlegung in Form eines Dosisgrenzwerts für die Nachbetriebsphase nicht sinnvoll. Als geeignet wird dagegen ein Richtwert im Sinne eines radiologischen Sicherheitsindikators (constraint im Sinne der ICRP) angesehen. Als ein solcher Richtwert wird eine Individualdosis von 0,1 mSv pro Jahr vorgeschlagen. Dieser Wert liegt unterhalb des Grenzwertes von 1 mSv pro Jahr entsprechend der Strahlenschutzverordnung für die Strahlenexposition für die Bevölkerung.

In der Diskussionsgrundlage wird wie in den geltenden RSK/SSK-Sicherheitskriterien und im Einklang mit Anforderungen in anderen Ländern auf die Begrenzung einer Kollektivdosis als radiologisches Schutzziel verzichtet. Dies steht im Einklang mit der Empfehlung der SSK zu

den Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung der Kollektivdosis (Bundesanzeiger Nr. 126a vom 12.07.1985) und den Anforderungen der Strahlenschutzverordnung.

Die Diskussionsgrundlage enthält explizit auch das Schutzziel Schutz der Umwelt, allerdings ohne dieses Schutzziel konkret zu definieren. Für den Schutz der Umwelt ist nach dem Stand von Wissenschaft und Technik ein konkretes Schutzziel derzeit nicht vorhanden. Daher sollte nach Ansicht der Kommissionen zunächst weiterhin davon ausgegangen werden, dass durch die Einhaltung der Schutzziele für den Menschen auch einen ausreichender Schutz der Umwelt sichergestellt wird.

Zur vorgeschlagenen Einführung eines Risikogrenzwertes wird in der Beantwortung von Frage 4 Stellung genommen.

Die in der Diskussionsgrundlage entwickelten Planungsgrundsätze sowie die Anforderungen zur Qualitätssicherung, Auslegung, Errichtung, Planung des Einlagerungsbetriebes, zum Überwachungsprogramm, zu den radioaktiven Abfällen sowie zur Stilllegung des Endlagers und zur Überwachung, Kennzeichnung und Dokumentation in der Nachbetriebsphase entsprechen dem Stand von Wissenschaft und Technik. Dies gilt auch für die Sicherheitsanforderungen in der Betriebsphase des Endlagers.

Zum Nachweis der Langzeitsicherheit ist ein konsistentes Begriffssystem mit eindeutigen Definitionen der Begriffe erforderlich. Ein solches konsistentes Begriffssystem liegt in der Diskussionsgrundlage noch nicht vor. Insbesondere sind der Bedarf und die Definitionen der Begriffe: Sicherheitsnachweis, Nachweiszeitraum, Prognose, Robustheit, Sicherheitsindikatoren, Isolationsvermögen und Isolationspotential zu überprüfen und gegebenenfalls zu ergänzen. Neben der Definition des Sicherheitsnachweises sind auch dessen Elemente eindeutig zu definieren.

In einem Planfeststellungsverfahren hat der Antragsteller nachzuweisen, dass die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Errichtung und den Betrieb der Anlage getroffen ist. Dies schließt die Nachbetriebsphase des Endlagers ein. Für den Langzeitsicherheitsnachweis wird in der Diskussionsgrundlage unabhängig von der Art des Endlagers und der geologischen Gesamtsituation, in der sich das Endlager befindet, und in Analogie zu einer Festlegung des Arbeitskreises Auswahlverfahren Endlagerstandorte für den Isolationszeitraum der gesuchten Endlagerstandorte (AkEnd, 2. Zwischenbericht, August 2001, S. 22) ein Zeitraum von einer Million Jahren vorgeschlagen.

Die Festlegung eines Nachweiszeitraumes als Zeitraum, über den sich die geforderte Langzeitsicherheitsanalyse erstrecken soll, bedarf einer weiteren Betrachtung. Die RSK/SSK-Empfehlung aus dem Jahre 1988 hatte einen Nachweiszeitraum von 10.000 Jahren vorgeschlagen. Diese Position entspricht nicht mehr dem Stand von Wissenschaft und Technik, die Kommissionen halten demgegenüber einen Nachweiszeitraum von deutlich mehr als 10.000 Jahren für erforderlich. Die in der Diskussionsgrundlage enthaltene Begründung für die Begrenzung des Nachweiszeitraums durch Festlegung eines Zeitraums, für den keine wissenschaftlich fundierte Aussage über die geologische Stabilität der Standortregion mehr gemacht werden kann, erscheint nicht ausreichend. Nach Meinung der Kommissionen sollten fachliche, insbesondere radiologische und weitere geologische Argumente für die Eingrenzung und Begründung des Nachweiszeitraumes herangezogen werden. Dabei ist zu beachten, dass insbesondere für die sehr langen Zeiträume der Nachbetriebsphase der Nachweis der Sicherheit

nicht einfach durch Vergleich von Dosis- oder Risikowerten mit vorgegebenen Grenzwerten geführt werden kann, sondern alle ermittelbaren sicherheitsbezogenen Kenngrößen den Charakter von Sicherheitsindikatoren haben. Erst durch eine Gesamtbetrachtung dieser Indikatoren kann ein Sicherheitsnachweis geführt werden.

Die als Kriterien für den Nachweis der Sicherheit in der Nachbetriebsphase vorgeschlagene Festlegung einer Dosis- bzw. Risikobegrenzung entspricht der internationalen Vorgehensweise und ist Stand von Wissenschaft und Technik. Die Kommissionen halten es jedoch auch für den Stand von Wissenschaft und Technik, den Sicherheitsnachweis durch weitere Argumentationsketten zu unterstützen. Hierzu sollen neben den Sicherheitsindikatoren Dosis oder Risiko weitere Sicherheitsindikatoren verwendet werden. Diese befinden sich derzeit in der Entwicklung. In den Sicherheitskriterien sollten daher weitere Sicherheitsindikatoren angemessen berücksichtigt werden. Durch die Berücksichtigung zusätzlicher Sicherheitsindikatoren, für die Analoga oder Vergleichsmöglichkeiten mit natürlichen Verhältnissen vorliegen, können Unsicherheiten des Sicherheitsnachweises weiter reduziert werden.

Die Nachweisführung über Dosis- oder Risikobegrenzungen ist mit umso größeren Unsicherheiten behaftet, je größer die betrachteten Zeiträume werden. Die verschiedenen Elemente eines Sicherheitsnachweises sollten daher im gesamten Nachweiszeitraum nicht mit gleicher Gewichtung angewendet werden, da ihre Aussagekraft in den betrachteten Zeiträumen unterschiedlich ist. Die internationale Entwicklung geht dahin, diese Unsicherheiten im Sicherheitsnachweis differenziert bzw. zeitraumbezogen zu berücksichtigen. Der vorgeschlagene Ansatz über Konfidenzgrößen und Quantile wird vom Grundsatz her befürwortet. Vor einer endgültigen Festlegung sollten die vorgeschlagenen Konfidenzgrößen und Quantile noch einmal überprüft werden.

International wird heute ein schrittweises Vorgehen bei der Entwicklung eines Endlagersystems mit entsprechenden Stufen, mit deren Abschluss jeweils auch eine Analyse der Langzeitsicherheit einher geht, für günstig gehalten. Ein ebenfalls in Stufen gegliedertes Genehmigungsverfahren könnte Vorteile auch in sicherheitsmäßiger Hinsicht haben, z. B. durch Erhöhung der Aussagesicherheit und die Einbeziehung des sich weiterentwickelten Standes von Wissenschaft und Technik.

*Frage 2* *Sind die vorgeschlagenen Sicherheitskriterien vollständig in dem Sinne, dass bei einem Endlagerprojekt, bei dem diese Kriterien erfüllt sind, davon ausgegangen werden kann, dass – unbeschadet der Erfüllung anderer gesetzlicher Voraussetzungen – die Schadensvorsorge nach § 7 Abs. 2 Nr.3 Atomgesetz als getroffen angesehen werden kann?*

Die Vollständigkeit der in der Diskussionsgrundlage vorgeschlagenen Sicherheitskriterien wird von RSK und SSK nach dem fachlichen Stand von Wissenschaft und Technik bewertet.

Die in der Diskussionsgrundlage vorgeschlagenen Sicherheitskriterien beziehen sich ausschließlich auf den Bereich der atomrechtlichen Schadensvorsorge und innerhalb dieses Bereiches nicht auf die Auswahl eines Endlagerstandortes. Aus diesen Einschränkungen folgt, dass Anforderungen aus anderen Rechtsgebieten, wie insbesondere aus der Reinhaltung des Grundwassers nach dem Wasserhaushaltsgesetz, nicht enthalten sind. Die Kommissionen

weisen darauf hin, dass eine Abstimmung der Forderungen aus atomrechtlicher Sicht und aus Sicht des Wasserhaushaltsgesetzes von großer Bedeutung ist. Weitere wesentliche Anforderungen folgen aus dem Bergrecht. Von den Kriterien zur Standortauswahl werden gegebenenfalls einzelne Anforderungen auch in einem Planfeststellungsverfahren für einen beantragten Endlagerstandort als Sicherheitskriterien zu berücksichtigen sein.

Die Sicherheitsprinzipien, auf denen die vorgeschlagenen Sicherheitskriterien basieren, enthalten alle grundlegenden Anforderungen der IAEA und sind somit vollständig. Auch die radiologischen Sicherheitskriterien, die in der Diskussionsgrundlage vorgeschlagen werden, sind vollständig. Für die Betriebsphase des Endlagers gelten die Anforderungen der Strahlenschutzverordnung wie bei anderen kerntechnischen Anlagen. Eine nähere Präzisierung der Sicherheitsanforderungen für die Betriebsphase, wie sie in der Diskussionsgrundlage vorgeschlagen wird, ist insbesondere für eine Festlegung der in einem Planfeststellungsverfahren zu unterstellenden auslegungsbestimmenden Störfälle und Lastfälle bei Einwirkungen von außen bedeutsam.

Für die Nachbetriebsphase hat die SSK in ihrer Empfehlung, „Strahlenschutzaspekte bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle in geologischen Formationen“ vom 28. Juni 1985 bereits den Grundsatz aufgestellt, wonach zukünftigen Generationen und ihrer Umwelt der gleiche Schutz zu gewährleisten ist, wie er heute in der Bundesrepublik Deutschland durch die Strahlenschutzverordnung für die Bevölkerung und Umwelt festgelegt ist. Die in der Diskussionsgrundlage enthaltenen radiologischen Kriterien entsprechen diesem Grundsatz. Neben der als Schutzziel vorgeschlagenen Begrenzung der Individualdosis ist eine Vorgabe und eine Berechnung von Organdosen nicht erforderlich, da die Individualdosis als Summe der gewichteten Äquivalentdosis in allen Organen ein umfassendes Kriterium für den Strahlenschutz der Bevölkerung darstellt. Im Hinblick auf die radiologische Nachweisführung für die Nachbetriebsphase erscheint die Erstellung einer eigenen Leitlinie zweckmäßig, da sich die bestehende Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 45 StrlSchV (alt) auf Auslegung und Betrieb von Anlagen oder Einrichtungen bezieht, nicht jedoch auf die Nachbetriebsphase eines Endlagers. Diese Leitlinie sollte unter Berücksichtigung des Charakters des Langzeitsicherheitsnachweises auf die für das Endlager relevanten Belastungspfade begrenzt werden.

Für die Betriebsphase sind entsprechend der Strahlenschutzverordnung § 47 (5) Ableitungen aus dem Betrieb anderer Anlagen oder Einrichtungen oder früheren Tätigkeiten beim Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte zu berücksichtigen. Für die Nachbetriebsphase ist eine Berücksichtigung anderer Emittenten in ferner Zukunft nicht möglich und angemessen, da das einzuhaltende Schutzziel den Charakter eines Sicherheitsindikators, nicht den eines für die Betriebsphase nach Strahlenschutzverordnung geltenden Grenzwertes hat.

Die Kollektivdosis von Personen der Bevölkerung wird durch die Strahlenschutzverordnung nicht begrenzt. Ermittlungen der Kollektivdosis sind dort relevant, wo sie als Hilfsmittel zur Optimierung des Strahlenschutzes im Sinne des Kapitels 1 der Strahlenschutzverordnung und zum Vergleich von Schutzvorkehrungen dienen können. Dies ist insbesondere der Fall bei der Planung von Arbeiten mit beruflicher Strahlenexposition und sofern im Rahmen der Prüfung der Rechtfertigung Nutzen und Risiken abgewogen werden sollen (siehe auch Empfehlung der SSK „Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung der Kollektivdosis“ vom 08.11.1984, Bundesanzeiger Nr. 126a vom 12.07.1985). Die Kollektivdosis stellt im Sinne dieser SSK-Empfehlung keine geeignete Grundlage für die Beurteilung der Sicherheit eines Endlagers aus radiologischer Sicht dar.

Im Einklang mit der Definition der Endlagerung in Artikel 2 des Übereinkommens über die nukleare Entsorgung basieren die in der Diskussionsgrundlage enthaltenen Sicherheitskriterien auf dem Konzept der endgültigen Einlagerung von Abfällen in das Endlager ohne Rückholung. Von verschiedener Seite wird dieses Konzept wegen seiner Endgültigkeit infrage gestellt und ein stufenweises Vorgehen mit der Möglichkeit von Haltepunkten zur Überprüfung des Vorgehens mit Korrekturmöglichkeiten bis hin zu einer Einplanung der Rückholbarkeit der Abfälle empfohlen. Eine Berücksichtigung der Rückholbarkeit über lange Zeiträume hätte erheblichen Einfluss auf die Endlagerkonzeption und möglicherweise die Sicherheitskriterien; der Übergang von einer Endlagerung zu einer untertägigen Langzeitlagerung würde damit fließend.

Die Kommissionen vertreten die Auffassung, dass sich während der Betriebsphase des Endlagers, die sich über mehrere Jahrzehnte erstrecken wird, Möglichkeiten zu einer zusätzlichen Überprüfung des Vorgehens und Korrekturmöglichkeiten ergeben, die je nach Gegebenheiten und Art der endzulagernden Abfälle zur Absicherung und Vertrauensbildung genutzt werden können. Die Kommissionen befürworten daher entsprechende Kontrollmöglichkeiten insbesondere bei hochradioaktiven Abfällen und bestrahlten Brennelementen während der Betriebsphase. Wegen der Beeinträchtigung der Rückhalteeigenschaften des Endlagers in der Nachbetriebsphase wird eine Auslegung des Endlagers zur Rückholbarkeit der Abfälle nach der Betriebsphase jedoch nicht empfohlen.

RSK und SSK halten es außerdem für zweckmäßig, bei der endgültigen Formulierung der Sicherheitskriterien auf die Bedeutung der Safeguards-Verpflichtungen hinzuweisen, die einem Endlagerbetreiber gegenüber EURATOM und IAEA obliegen.

Unter Berücksichtigung der vorstehenden Ausführungen halten die Kommissionen die in der Diskussionsgrundlage enthaltenen Kriterien für vollständig.

*Frage 3 Haben die Vorschläge einen fachlichen Tiefgang, der für die Bewertung der Sicherheit der Betriebs- und Nachbetriebsphase eines Endlagers für radioaktive Abfälle ausreichend ist?*

Die vorgeschlagenen Sicherheitskriterien stehen in der Hierarchie der Anforderungen unterhalb des Bereichs der Rechtsnormen an der Spitze des untergesetzlichen Regelwerkes. Die wesentliche Funktion der Sicherheitskriterien besteht darin, die Sicherheitsprinzipien und Schutzziele zu konkretisieren, ohne allerdings ausführungsbezogene Anforderungen an die Auslegung, Errichtung und den Betrieb des Endlagers zu formulieren. Die Sicherheitskriterien sollen für jede Art von Endlager in unterschiedlichen tiefen geologischen Formationen und für die Endlagerung aller Arten von radioaktiven Abfällen gelten. Aus dieser Zielsetzung heraus folgt, dass die Sicherheitskriterien unter Beachtung des gesetzlichen Regelwerks ausführungsunabhängige Konkretisierungen darstellen, die für die Anwendung in einem konkreten Planfeststellungsverfahren durch ausführungsbezogene, für den konkreten Fall geltende Anforderungen technischer Art und hinsichtlich der Nachweisführung zu ergänzen sind. Somit ist festzustellen, dass der fachliche Tiefgang der vorgeschlagenen Sicherheitskriterien allein nicht ausreicht, die Sicherheit der Betriebs- und Nachbetriebsphase eines Endlagers zu bewerten.

In der Diskussionsgrundlage wird deshalb vorgeschlagen, ausführungsbezogene Anforderungen und Anforderungen an die Nachweisführung in Form von Leitlinien, insbesondere zur Sicherheit in der Betriebsphase und für die Führung des Sicherheitsnachweises für die Nachbetriebsphase zu entwickeln. Dieser Vorschlag wird von den Kommissionen unterstützt. Es erscheint zwar möglich, ausführungsbezogene Anforderungen erst in einem konkreten Planfeststellungsverfahren unter Berücksichtigung der dann vorliegenden Randbedingungen, wie Art und Konditionierung der Abfälle, Konzept und Auslegung des Endlagerbergwerkes und konkrete geologische Gesamtsituation zu entwickeln; es ist jedoch vorteilhafter und transparenter, wesentliche technische und methodische Anforderungen bezogen auf den Typ des Endlagers und seine geologische Formation vor einem Planfeststellungsverfahren in Form von Leitlinien festzulegen.

Im Übrigen sind weitere technische Regeln, z. B. des KTA und des DIN zu beachten, soweit sie auf die Endlagerung anwendbar und übertragbar sind.

*Frage 4* *Wie wird die Einführung eines Risikokriteriums im Rahmen einer Langzeitsicherheitsanalyse gesehen? Wird insbesondere die Bewertung der radiologischen Sicherheit über Wahrscheinlichkeiten für die Nachbetriebsphase als sachgerecht und gangbarer Weg angesehen? Wie sind die im Rahmen der Modellierung zu ermittelnden Wahrscheinlichkeiten wissenschaftlich zu bewerten? Welche Folgerungen ergeben sich daraus für die Belastbarkeit des Nachweises und eine Festlegung der Wahrscheinlichkeiten?*

Die Verwendung von Risikokriterien bei der Bewertung komplexer Anlagen ist Stand von Wissenschaft und Technik. Auch für den Nachweis der Langzeitsicherheit von Endlagern sind in einzelnen Ländern Risikokriterien eingeführt worden. Für die verschiedenen Szenarien eines Endlagers sind die Eintrittswahrscheinlichkeiten neben den radiologischen Konsequenzen ein wesentliche Bewertungsgröße. Daher ist die Einführung von Risikokriterien grundsätzlich zu befürworten.

Unter der Annahme einer linearen Dosis-Wirkungsbeziehung kann das für wahrscheinliche Szenarien vorgeschlagene Schutzziel einer Individualdosis auch als Risikowert ausgedrückt werden. Umgekehrt können aus Risikowerten auch Dosiswerte abgeleitet werden.

Die schwierige Vermittelbarkeit des Risikoansatzes und die Schwierigkeit der Quantifizierung von Eintrittswahrscheinlichkeiten schränken die Verwendung von Risikokriterien jedoch ein. Für die Praxis des Sicherheitsnachweises erscheint es einfacher, für die vorgeschlagenen Szenariengruppen mit Dosiswerten als Schutzziel zu arbeiten.

Unter Beibehaltung des Schutzzieles für wahrscheinliche Szenarien in der Nachbetriebsphase, ausgedrückt durch den Richtwert von 0,1 mSv/Jahr, kann dann für die Gruppe der weniger wahrscheinlichen Szenarien unter Berücksichtigung einer Eintrittswahrscheinlichkeit von kleiner 10 % (über den gesamten Betrachtungszeitraum) ein zehnfach höherer Referenzwert zugelassen werden.

Die Einführung von qualitativen Szenariengruppen mit unterschiedlichen Eintrittswahrscheinlichkeiten wird begrüßt. Der Kenntnisstand zur Eingruppierung der Szenarien ist im allgemei-

nen vorhanden oder kann erarbeitet werden. Dies kann auf einer qualitativen Basis erfolgen, da auch die Szenariengruppen im Hinblick auf ihre Eintrittswahrscheinlichkeiten qualitativ charakterisiert sind.

Dies wird als vorteilhaft angesehen, da die Quantifizierung von Wahrscheinlichkeiten auf Grund der oftmals geringen Kenntnisse nicht zu belastbareren Aussagen führt. Auch Spekulationen bei der Quantifizierung von Eintrittswahrscheinlichkeiten werden hierdurch vermieden. Die Bewertung der radiologischen Sicherheit über quantitative Eintrittswahrscheinlichkeiten von Szenarien wird somit nicht als sachgerechter Weg angesehen.

Bei dem in der Diskussionsgrundlage vorgeschlagenen Ansatz mit einem Risikogrenzwert für eine Szenariengruppe und einem Dosisgrenzwert für die andere Szenariengruppe werden die unterschiedlichen Einheiten der Grenzwerte für die beiden Szenariengruppen als schwer vermittelbar angesehen. Darüber hinaus wird ein Risikowert selbst als schwer vermittelbar angesehen. Bei der Einführung eines Risikokriteriums würden begleitende Maßnahmen zur Akzeptanz in der Öffentlichkeit für erforderlich gehalten.

*Frage 5* *Welche Auffassung vertreten Sie zu der vorgeschlagenen regulatorischen Behandlung von Szenarien, die unbeabsichtigtes menschliches Eindringen in ein Endlager in der Nachbetriebsphase zum Gegenstand haben?*

In der Diskussionsgrundlage wird gefordert, bei Planung und Auslegung eines Endlagers künftig die Möglichkeit von unbeabsichtigten menschlichen Aktivitäten, die die Funktion des Endlagers beeinträchtigen könnten, zu berücksichtigen. Dabei wird zwischen dem direkten Eindringen in das Endlager und der Beeinträchtigung der Funktionstüchtigkeit der Barrieren des Endlagers unterschieden. Beim direkten Eindringen in das Endlager können sich unmittelbar Auswirkungen auf die handelnden Personen ergeben. Im Allgemeinen sind nur wenige Personen und diese möglicherweise nur während der Zeit des aktiven Handelns betroffen. Die Beeinträchtigung der Funktionstüchtigkeit des Endlagers durch menschliche Aktivitäten kann indirekte Auswirkungen in einen größeren Bereich und über lange Zeiträume zur Folge haben. Sie wird in der Diskussionsgrundlage den natürlichen Entwicklungen zugeordnet. Beabsichtigte Aktivitäten sowie kriegerische Einwirkungen bleiben außer Betracht und werden in die Verantwortung der jeweils handelnden Gesellschaft gestellt.

Es wird davon ausgegangen, dass das Wissen über das Endlager für mindestens 500 Jahre erhalten bleibt. Eingriffe vor Ablauf dieses Zeitraums brauchen daher nicht betrachtet zu werden. Um das Wissen über die Existenz eines Endlagers und seine Berücksichtigung bei Aktivitäten am Standort für diesen Zeitraum sicher zu stellen, werden geeignete Maßnahmen gefordert.

Zur Behandlung des direkten Eindringens in das Endlager in Langzeitsicherheitsanalysen sollen nur ausgewählte Szenarien (Referenzszenarien) herangezogen werden. Konkrete Hinweise zum Vorgehen bei der Auswahl dieser Szenarien enthält die Diskussionsgrundlage nicht. Gefordert werden allerdings die transparente und nachvollziehbare Dokumentation der Szenarienanalyse, die Begründung ihrer Einzelschritte und die nachvollziehbare Darstellung der wesentlichen Entscheidungen.

Die für die ausgewählten Szenarien ermittelten potenziellen radiologischen Auswirkungen des direkten unbeabsichtigten Eindringens sollen anhand der ICRP 81 /ICRP 98a/ bewertet werden. Danach werden bei einer resultierenden potenziellen Belastung von größer als 100 mSv pro Jahr Maßnahmen zur Reduzierung der Auswirkungen empfohlen. Für Belastungen unterhalb 10 mSv pro Jahr sind Maßnahmen nicht vorgesehen. Im Bereich zwischen 10 und 100 mSv pro Jahr ist die Notwendigkeit von Maßnahmen unter Berücksichtigung der Anzahl betroffener Personen, des möglichen Ausmaßes einer Kontamination sowie der Möglichkeit zur Begrenzung der Auswirkungen und von Gegenmaßnahmen zu erwägen. Dieser Bewertungsansatz wird gegenwärtig international diskutiert (z. B. /COOPER 02/), ist aber nicht gängige Praxis.

Nach Meinung der Kommissionen entspricht die Berücksichtigung von unbeabsichtigten menschlichen Aktivitäten, die die Funktion des Endlagers beeinträchtigen könnten, dem internationalen Stand von Wissenschaft und Technik. Hierbei ist wie vorgeschlagen zwischen dem direkten Eindringen und der Beeinträchtigung der Funktionstüchtigkeit der Barrieren des Endlagers zu unterscheiden. Menschliche Aktivitäten, die zur Beeinträchtigung der Funktionstüchtigkeit der Barrieren des Endlagers führen, sollten anhand derselben Kriterien beurteilt werden, die für die natürliche Entwicklung des Endlagers gelten.

Die Beurteilung des direkten Eindringens sollte, wie vorgeschlagen, auf Referenzszenarien eingeschränkt werden. Zur Bewertung solcher Szenarien sind nach Ansicht der Kommissionen andere Kriterien erforderlich. Diese sind unter Berücksichtigung der zu betrachtenden Szenarien und der Vorgehensweise entsprechend ICRP 81 noch zu entwickeln.

Die Kommissionen empfehlen, die Vorgehensweise beim Sicherheitsnachweis zu künftigen menschlichen Aktivitäten mit unbeabsichtigten Auswirkungen und insbesondere bei der Entwicklung von Referenzszenarien in einer Leitlinie festzulegen.

# Literatur

/AECB 85/ Atomic Energy Control Board (1985): AECB Regulatory Document R-71: Regulatory Policy Statement. Deep Geological Disposal of Nuclear Fuel Waste: Background Information and Regulatory Requirements Regarding the Concept Assessment Phase.

/AECB 87a/ Atomic Energy Control Board (1987a): AECB Regulatory Document R-72: Regulatory Policy Statement. Regulatory Guide. Geological Considerations in Siting a Repository for Underground Disposal of High-Level Radioactive Waste.

/AECB 87b/ Atomic Energy Control Board (1987b): AECB Regulatory Document R-104: Regulatory Policy Statement. Regulatory Objectives, Requirements and Guidelines for the Disposal of Radioactive Wastes - Long-Term Aspects

/AKE 01/ Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd): 2. Zwischenbericht: Stand der Diskussion August 2001

/BMI 83/ Bundesministerium des Innern (BMI): Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk GMBl. 1983, S. 220

/BOR 97/ Bork, M.: Internationale und nationale Regelungen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle, Teilaspekte Sicherheit in der Vorbetriebs- und Betriebsphase von Endlagern GRS - A - 2459, Köln, 1997[1)]

/BOR 98/ Bork, M.: Bewertungsmaßstäbe für die Betriebs- und Langzeitsicherheit von geologischen Endlagern GRS - A - 2643, Köln, 1998[1)]

/COOPER 02/ Cooper, J. R. (2002): Human intrusion: New ideas? In: IAEA – International Atomic Energy Agency: Issues relating to safety standards on the geological disposal of radioactive waste. Proceedings of a soecialists meeting held in Vienna, 18-22 June 2001. IAEA-TECDOC-1282, S. 163-168, Wien

/DSIN 91/ Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires (1991): Determination of the Objectives to be Adopted in the Design and Construction Phase of the Creation of a Deep Geological Formation Radioactive Waste Repository to Ensure Safety after the Repository has been Closed. Fundamental Safety Rule No. III.2.f.

/EU 96/ European Union Council Directive 96/29/EURATOM, 13. May 1996

/GNE 98/ Gesetz zu dem Gemeinsamen Übereinkommen vom 5. September 1997 über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle (Gesetz zu dem Übereinkommen über nukleare Entsorgung) BGBl Teil II, Nr. 31,S. 1752, 1998

/GOV 99/ Government Decision of the Council of State on the Safety of Disposal of Spent Nuclear Fuel Helsinki, 25 March 1999/478

/HSK 93/ Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), Eidg. Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (KSA) Richtlinie für schweizerische Kernanlagen Schutzziele für die Endlagerung radioaktiver Abfälle HSK-R-21/d, November 1993

[1)] Die gekennzeichneten Literaturstellen sind im Auftrag des BMU erstellte GRS-A-Berichte bzw. Statusberichte. Der Auftraggeber behält sich alle Rechte vor. Insbesondere dürfen solche Berichte nur mit seiner Zustimmung zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt werden bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.

/IAEA 89/ International Atomic Energy Agency (IAEA):
Safety Principles and Technical Criteria for the Underground Disposal of High Level Radioactive Wastes
Safety Series No. 99, Vienna 1989

/IAEA 94/ International Atomic Energy Agency (IAEA):
Safety indicators in different time frames for the safety assessment of underground radioactive waste repositories
IAEA-TECDOC - 767, October 1994

/IAEA 95/ International Atomic Energy Agency (IAEA):
The Principles of Radioactive Waste Management
Safety Series No. 111 - F, IAEA, Vienna, 1995

/IAEA 95a/ International Atomic Energy Agency (IAEA):
Requirements for the safe management of radioactive waste
Proceedings of a seminar held in Vienna, 28 - 31 August 1995
IAEA-TECDOC – 853

/IAEA 98/ International Atomic Energy Agency (IAEA):
Topical issues in nuclear radiation and radioactive waste safety, Topical issue 5: Radiation safety in the distant future: The issue of the disposal of long-lived waste
Proceedings of an international conference 31.8. - 4.9.1998, Vienna

/IAEA 02/ International Atomic Energy Agency (IAEA):
IAEA-TECDOC-1282, June 2002
Issues relating to safety standards on the geological disposal of radioactive waste
Proceedings of a specialists meeting held in Vienna, 18 – 22 June 2001

/ICRP 85/ International Commission of Radiological Protection (ICRP):
Radiation Protection Principles for the Disposal of Solid Radioactive Waste
ICRP-Publication 46, July 1985

/ICRP 91/ International Commission of Radiological Protection (ICRP):
Recommendations of the ICRP
Publication 60, 1991

/ICRP 98/ International Commission of Radiological Protection (ICRP):
Recommendations of the ICRP
Publication 77, 1998

/ICRP 98a/ International Commission of Radiological Protection (ICRP):
Radiation Protection Recommendations as Applied to the Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste
Publication 81
Annals of the ICRP, Vol. 28, No 4 1998

/JEN 93/ Jensen, M.: Conservation and Retrieval of Information.
Final Report of the Nordic Nuclear Safety Research Project KAN - 1.3
August 1993

/JNC 99/ Japan Nuclear Cycle Development Institute (1999): H 12: Project to Establish the Scientific and Technical Basis for HLW Disposal in Japan. Supporting Report 3 Safety Assessment of the Geological Disposal System

/KEG 96/ Kommission der Europäischen Gemeinschaften:
Richtlinie 96/29/EURATOM des Rates vom 13. Mai 1996 zur Festlegung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz der Gesundheit der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren durch ionisierende Strahlen
Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 159, 29. Juni 1996

/KSA 92/ Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (KSA):
Sicherheitsprinzipien für die Entsorgung radioaktiver Abfälle
Tagungsbericht Klausurtagung, Dezember 1992

/NAS 95/ National Academy of Sciences:
Technical Bases for Yucca Mountain Standards
National Academy Press, Washington D. C. 1995

/NIREX 95/ United Kingdom Nirex Limited (1995): Post-Closure Performance Assessment: Human Intrusion and Natural Disruptive Events.- Nirex Report No. S/95/004

/NRC 00/ US Nuclear Regulatory Commission (NRC):
Disposal of high-level radioactive wastes in geologic repositories
10 CFR Part 60, Federal Register 2000

/NRP 92/ National Radiological Protection Board:
Radiological Protection Objectives for the Land-based Disposal of Solid Radioactive Wastes
Documents of the NRPB, Febr. 1992

/OECD 85/ OECD Nuclear Energy Agency (NEA):
Technical appraisal of the Current Situation in the Field of Radioactive Waste Management.
A Collective Opinion by the Radioactive Waste Management Committee: Paris 1985

/OECD 91/ OECD Nuclear Energy Agency (NEA):
Disposal of High-Level Radioactive Wastes
Radiation Protection and Safety Criteria
Proceedings of an NEA Workshop, Paris, 5 - 7 November 1991

/OECD 95/ OECD Nuclear Energy Agency (NEA):
Steering Committee for Nuclear Energy:
Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal
A Collective Opinion of the Radioactive Waste Management Committee OECD,
Paris April 1995

/OECD 95a/ OECD Nuclear Energy Agency (NEA):
Bedeutung und Anwendung des Konzepts der potenziellen Exposition
Bericht der CRPPH / CSNI / CNRA / RWMC-Expertengruppe, Dez. 1995

/OECD 95b/ OECD Nuclear Energy Agency (NEA):
Future Human Action at Disposal Sites
OECD, Paris 1995

/OECD 99/ OECD Nuclear Energy Agency (NEA):
Geological Disposal of Radioactive Waste
Review of Developments in the Last Decade
OECD, Paris 1999

/OECD 99a/ OECD Nuclear Energy Agency (NEA):
Confidence in the Long-term Safety of Deep Geological Repositories
Its Development and Communication
OECD, Paris 1999

/RFS 91/ Règle Fondamentale de Sûreté (RFS) No III.2.f
Stockage définitive de déchets radioactifs en formation geologique profonde.

Englische Fassung: Basic Safety Rules, Determination of the objectives to be adopted in the design and construction phases of the creation of a deep geological formation radioactive waste repository to ensure safety after the repository has been closed, Rule No.III.2.f,1991

/RPNSA 93/ The Radiation Protection and Nuclear Safety Authorities in Denmark, Finland, Iceland and Sweden (1993): Disposal of High Level Radioactive Waste: Consideration on Some Basic Criteria.

/SKB 95/ Svensk Kärnbränslehantering (1995): Template for Safety Reports with Descriptive Example.- SKB Technical Report 96-05

/SKI 99/ Statens Kärnkraftinspektion (1999): Elements of a Regulatory Strategy for the Consideration of Future Human Actions in Safety Assessments.- SKI Report 99:46

/SSI 98/ Statens strålskyddsinstitut/Swedish Radiation Protection Institute: The Swedish Radiation Protection Institute's Regulation Concerning the Protection of Human Health and Environment in Connection with the Final Management of Spent Nuclear Fuel or Nuclear Waste
Stockholm, September 28, 1998

/SSK 85/ Strahlenschutzaspekte bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle in geologischen Formationen
(Als Empfehlung auf der 60. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 28.06.1985 verabschiedet)

/SST 01/ Sächsisches Staatsarchiv:
Oberbergamt Freiberg
Schneeberger Bergbuch
pers. Mitteilung, Dezember 2001

/STR 01/ Strahlenschutzverordnung
20. Juli 2001, BGBl. I. S. 1714

/STU 01/ Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK)
Long-term safety of disposal of spent nuclear fuel
Guide YVL 8.4, Helsinki, 23 May 2001

/WIL 99/ Wilmot, R.D., S.M. Wickham, D.A. Galson:
Elements of a Regulatory Strategy for the Consideration of Future Human Actions in Safety Assessments
SKI Report 99:46
September 1999