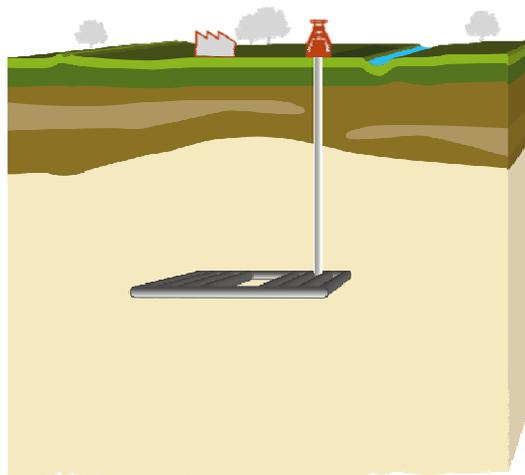


## Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle in Deutschland

### Anhang Safety Case

#### Anforderungen und Inhalte eines Safety Case für ein Endlager für wärmeentwickelnde Abfälle



**30.09.2008**

**Bearbeiter:**

Müller-Lyda, I.

Sailer, M.

**Braunschweig / Darmstadt  
September 2008**

**Anhang zu GRS-247  
ISBN 978-3-939355-22-9**

Das diesem Bericht zugrunde liegende FE-Vorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie unter den Kennzeichen 02E9783 und 02E9793 durchgeführt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Der Safety Case für die Endlagerung radioaktiver Abfälle.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Internationale Empfehlungen, Erfahrungen und Fallstudien.....</b>	<b>4</b>
2.1	Definitionen des „Safety Case“ und zugehöriger Begriffe .....	4
2.2	Bedeutung des Safety Case innerhalb des Realisierungsprozesses eines Endlagers .....	8
2.3	Inhalte und Präsentation eines Safety Case .....	11
2.4	Safety Cases in aktuellen internationalen Endlagerprojekten .....	17
<b>3</b>	<b>Randbedingungen für eine zukünftige Anwendung des Safety Case in Deutschland.....</b>	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>Umriss des Inhalts eines Safety Case für ein Endlager in Deutschland.....</b>	<b>25</b>
4.1	Übergeordnetes .....	25
4.2	Geowissenschaften.....	27
4.3	Betriebsphase .....	28
4.4	Verfüllen und Verschließen .....	30
4.5	Nachbetriebsphase .....	31
4.6	Generelle Themen .....	32
<b>5</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>Weiterführende Literatur .....</b>	<b>39</b>



## **1 Der Safety Case für die Endlagerung radioaktiver Abfälle**

In der allgemeinen Sicherheitstechnik ist der Begriff des „Safety Case“ (SC) definiert als ein dokumentierter Nachweis, dass ein Produkt die geforderten Sicherheitseigenschaften erfüllt. Ein derartiger Nachweis wird beispielsweise von der europäischen Bahnnorm EN 50129 zwingend für alle signaltechnischen Produkte gefordert.

Seit etwa 1995 wird dieser Begriff im internationalen Rahmen zunehmend auch im Kontext mit den Verfahren zur Implementierung von geologischen Endlagern verwendet. Parallel dazu haben auch die für die Endlagerung zuständigen internationalen Organisationen wie die IAEA oder die NEA Empfehlungen für die Erstellung und Weiterentwicklung des Safety Case als zentrale Dokumentation in einem Verfahren zur Implementierung eines Endlagers für wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle gegeben.

Hierüber sowie über den Stand hinsichtlich der Anwendung der Safety-Case-Prozedur in einzelnen nationalen Endlagerprojekten wird im Kapitel 2 eine Übersicht gegeben. Daran schließt sich in Kapitel 3 eine Beschreibung der bestehenden bzw. der zu schaffenden Randbedingungen für eine zukünftige Anwendung des Safety Case in Deutschland an. Abschließend werden in Kapitel 4 die Umriss des Inhalts eines Safety Case für die Realisierung eines Endlagers in Deutschland dargestellt.

## 2 Internationale Empfehlungen, Erfahrungen und Fallstudien

### 2.1 Definitionen des „Safety Case“ und zugehöriger Begriffe

Obwohl die Terminologie und die Methodik des Safety Case für Endlagerprojekte international mittlerweile weitgehend anerkannt sind und verwendet werden, bestehen international und in der Fachwelt durchaus noch unterschiedliche Ansichten über den notwendigen Inhalt eines Safety Case, die Art seiner Dokumentation und hinsichtlich der Definition einzelner Begriffe.

Schon der Begriff „Case“ kann unterschiedlich interpretiert bzw. übersetzt werden, weil dieser eine Vielzahl unterschiedlicher Bedeutungen besitzt. Im juristischen Sinne bedeutet Case soviel wie Rechtsfall oder Gerichtsprozess. Übertragen auf die Implementierung eines Endlagers beinhaltet der Safety Case dann die Präsentation aller relevanten Informationen über ein Projekt, welche die Entscheidungsträger auf der Antragssteller- oder der Genehmigungsseite und/oder betroffene Personen oder Vereinigungen zur Beurteilung benötigen, ob die geforderte Sicherheit gewährleistet wird oder nicht. Andererseits wird, vor allem in nicht-englischsprachigen Ländern, der Begriff des Safety Case nicht verwendet oder anders interpretiert. In Frankreich wird beispielsweise die Sicherheitsstudie für ein Endlager im Ton /AND 05/ als „Dossier de Sûreté“ bezeichnet, das eine Kompilation aller zur Sicherheitsbeurteilung relevanten Informationen umfasst. Daneben kommen auch Bezeichnungen vor, die als „Sicherheitsbewertungen“ oder „Sicherheitsberichte“ übersetzt werden können /NEA 08/.

Da in Deutschland die Regelungen und auch die Terminologie für die Einrichtung eines Endlagers für wärmeentwickelnde Abfälle noch nicht abschließend festgelegt sind, wird im Hauptband und den Anhängen durchgängig „Safety Case“ im Sinne der internationalen Empfehlungen verwendet, die nachfolgend wiedergegeben werden.

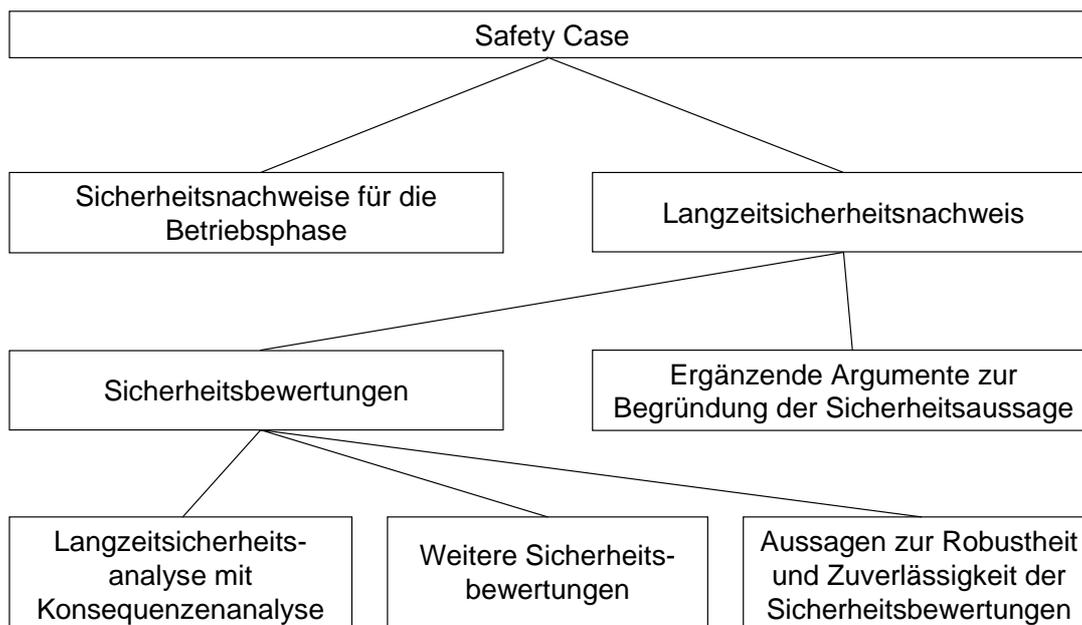
Eine Expertengruppe der OECD/NEA /NEA 99/ hat 1999 eine erste Definition für den Safety Case zu einem Endlagerprojekt vorgeschlagen. Danach ist ein Safety Case für ein Endlagerprojekt *„eine Zusammenstellung von Argumenten in einem bestimmten Entwicklungsstadium des Endlagers, welche die Langzeitsicherheit des Endlagers belegen. Ein Safety Case enthält die Ergebnisse einer Sicherheitsanalyse und eine formale Feststellung der Vertrauenswürdigkeit dieser Ergebnisse. Er sollte die Existenz*

*ungelöster Fragestellungen einräumen und Empfehlungen zur Lösung dieser Fragen in zukünftigen Entwicklungsstadien geben“.*

*Nach einer Definition in Nr. 3.40 der IAEA-Publikation /IAE 06/ „weist der Safety Case die Sicherheit des geologischen Endlagers nach und trägt zum Vertrauen in die Sicherheit bei. Er stellt die wesentliche Grundlage für alle das Endlager betreffenden Entscheidungen dar. Er umfasst die Ergebnisse der Sicherheitsbewertungen in Verbindung mit zusätzlichen Informationen, wie unterstützende Anhaltspunkte und Nachweise, eine Diskussion der Robustheit und Qualität des Endlagers, seiner Auslegung und der zugrunde liegenden Logik, sowie der Qualität der Sicherheitsnachweise einschließlich der ihnen zugrunde gelegten Annahmen. ... Alle ungelösten Fragen bei jedem Entwicklungsschritt müssen im Safety Case angesprochen werden und Empfehlungen zu Arbeiten zu deren Klärung werden gegeben.“*

Die Schweizer NAGRA verwendet als deutsches Synonym für den „Safety Case“ den Begriff „Sicherheitsnachweis“ /NAG 06/. Der Safety Case umfasst alle Sicherheitsnachweise für die Phasen der Errichtung, des Betriebes und der Stilllegung des Endlagers (Nachweis der Betriebssicherheit, siehe Kapitel 7 des Hauptbands) sowie für den Zeitraum nach dem Verschließen des Endlagers (Langzeitsicherheitsnachweis, siehe Kapitel 6 des Hauptbands). Das BfS definiert den „Langzeitsicherheitsnachweis“ als *„eine Sammlung von Argumenten und Beweismitteln zur Demonstration der Langzeitsicherheit, die aus der Langzeitsicherheitsanalyse und weiteren Informationen über die Robustheit und Zuverlässigkeit der Sicherheitsbewertung und der ihr zugrunde liegenden Annahmen besteht“* /BFS 05/. Die Abb. 1 illustriert den Zusammenhang der im Vorangegangenen beschriebenen Einzelbegriffe.

Eine Einschränkung der Allgemeinheit und Betonung der Langzeitsicherheit stellt demgegenüber die von der NEA-Integration Group for the Safety Case (IGSC) gegebene Definition dar: *„Ein Safety Case kann allgemein definiert werden als eine gegliederte Präsentation der Fakten, Analysen und Denkschemata mit Bezug auf die radiologische Langzeitsicherheit eines geplanten oder bestehenden Endlagers“* /NEA 06/.



**Abb. 1** Zusammenhang von Safety Case, Langzeitsicherheitsnachweis und Langzeitsicherheitsanalyse

Eine ähnliche, aber konkretere Definition der Nagra für den Safety Case bzw. den Sicherheitsnachweis lautet: „*Ein Sicherheitsnachweis besteht aus einer Reihe von Argumenten und Analysen, welche die Schlussfolgerung begründen, dass ein bestimmtes Endlagersystem sicher sein wird. Dazu gehört insbesondere der Nachweis, dass sämtliche behördlichen (relevanten) Schutzziele eingehalten werden können. Der Sicherheitsnachweis/Safety Case und die dazugehörigen Hintergrunddokumente beschreiben die Auslegung des Systems und seine Sicherheitsfunktionen und zeigen die Wirksamkeit der einzelnen Barrieren und der des Gesamtsystems auf. Die aufgeführten Argumente und Analysen werden begründet, und die Bedeutung von Ungewissheiten und offenen Fragen im Hinblick auf das weitere Vorgehen bei der Realisierung des Endlagers wird diskutiert*“ /NAG 02/.

Die vom US-National Research Council (NRC) formulierte Definition des Begriffs Safety Case im Glossar von /NAS 03/ betont den Aspekt der ständigen Weiterentwicklung des Safety Case in den einzelnen Projektstadien: „... eine Sammlung von Argumenten, welche die Langzeitsicherheit des Endlagers belegen und die in den einzelnen Stadien des Endlagerprozesses wiederholt oder neuerlich bestätigt werden müssen.“ In dem Dokument wird näher ausgeführt, dass der Safety Case über seine Funktion als Entscheidungsgrundlage hinaus auch eine Steuerungsfunktion beim Verfahrensbetreiber selbst ausüben kann: Das NRC benutzt im Kontext mit der Sicherheit den Terminus

„Safety Case“ in der international zunehmend verwendeten Bedeutung als der Sammlung aller vom Verfahrensbetreiber gegenüber den beteiligten Parteien angeführten Argumente zum Nachweis der Endlagersicherheit. Die iterative Bewertung des sich mit dem Projektfortschritt weiter entwickelnden Safe Case stellt die Grundlage für alle Entscheidungen dar. Das bedeutet, dass der Safety Case innerhalb eines adaptiven Implementierungsverfahrens auch als Managementwerkzeug zur Steuerung der Tätigkeiten des Verfahrensbetreibers genutzt werden kann. Der Safety Case wird auch dazu verwendet, ein Endlagerkonzept zu entwickeln, das sich durch Robustheit (s. u.) und Konservativität auszeichnet, sowie den Verfahrensbetreiber selbst, die Genehmigungsseite, die Verfahrensbeteiligten und die allgemeine Öffentlichkeit davon zu überzeugen, dass das Endlager in der Betriebsphase und auch nach der Stilllegung langfristig sicher sein wird. Der Safety Case beinhaltet ausführliche und für die Beteiligten und die Öffentlichkeit verständliche Erläuterungen, wie die Sicherheit erreicht wird, und auch eine ähnliche Diskussion der bestehenden Ungewissheiten, die aus dem begrenzten wissenschaftlichen Verständnis des Systemverhaltens resultieren.

Als Fazit lässt sich feststellen, dass es nach den internationalen Empfehlungen zu jedem Endlagerprojekt einen Safety Case geben soll, der vom Verfahrensbetreiber erstellt und weiterentwickelt wird. Der Safety Case beinhaltet alle Sicherheitsnachweise für die Phasen der Errichtung, des Betriebes und der Stilllegung (die Betriebsphase) und den Zeitraum nach dem Verschließen des Endlagers (die Nachbetriebsphase). In den verschiedenen Phasen der Realisierung, insbesondere bei Entscheidungen oder Genehmigungen, wird der Safety Case in einer aktuellen Fassung vorgelegt, die dann die Grundlage der jeweiligen Entscheidung darstellt.

Die Begriffe „Safety Case“ bzw. „Sicherheitsnachweis“ und „Langzeitsicherheitsnachweis“ sind von dem ebenfalls gängigen Begriff „Safety Assessment“ (soviel wie „Sicherheitsbewertung“) zu unterscheiden. Dieser wird in dem IAEA-Sicherheitsstandard /IAE 06/ in Nr. 3.41 definiert als *„Vorgang der systematischen Analyse der mit der Anlage verbundenen Gefährdungen und der Fähigkeit von Standort und Auslegung, die geforderten Sicherheitsfunktionen zu gewährleisten und die technischen Anforderungen zu erfüllen“*.

An einen Safety Case besteht die Grundanforderung, dass die Robustheit des geplanten Endlagersystems gezeigt wird. Nach der allgemeinen Definition in Kapitel 3.2 von /NEA 04/ ist ein robustes System gekennzeichnet durch

- das Fehlen komplexer, unvollständig verstandener oder schwer zu charakterisierender Eigenschaften und Erscheinungen,
- die Möglichkeit einer einfachen Überprüfung seiner Qualität,
- das Fehlen von oder einer geringen Sensitivität gegenüber schädlichen Effekten, die entweder innerhalb des Endlagers oder im Wirtsgestein oder extern in Gestalt geologischer oder klimatischer Vorgänge auftreten, und
- das Fehlen von Ungewissheiten, die die Sicherheit beeinträchtigen könnten.

Nach /KSA 05/ ist ein „robustes System“ ein System, das auf bedeutsame Änderungen von Parametern, z. B. infolge äußerer Einflüsse, nicht empfindlich reagiert. Robustheit eines Endlagersystems kann als Maß für die Unempfindlichkeit der integralen Barrierenwirksamkeit gegenüber (inneren und äußeren) Einflüssen und Unsicherheiten angesehen werden. Die Nachweise der Robustheit des Endlagersystems und des Safety Case sind miteinander verknüpft: Der Nachweis der Robustheit des Endlagersystems setzt voraus, dass in der Langzeitsicherheitsanalyse die vernünftigerweise vorstellbaren Ausgangszustände und Entwicklungen, die Szenarien, des Endlagers berücksichtigt sind und für diese der Nachweis der Einhaltung der Schutzziele geführt ist. Die Auswahl der Szenarien muss daher mit einer geeigneten Systematik erfolgen, damit die betrachteten Fälle in ihrer Gesamtheit alle Unsicherheiten der Entwicklung des Endlagersystems abdecken. Die weitgehende Robustheit des Endlagersystems in diesem Sinne ist dann gegeben, wenn entweder bei den weniger wahrscheinlichen Szenarien hinsichtlich der Einhaltung der Schutzziele noch Sicherheitsreserven bestehen oder wenn bei zwar noch denkbaren, aber unrealistischen Ausgangszuständen und Entwicklungen gezeigt werden kann, dass die Schutzziele eingehalten werden.

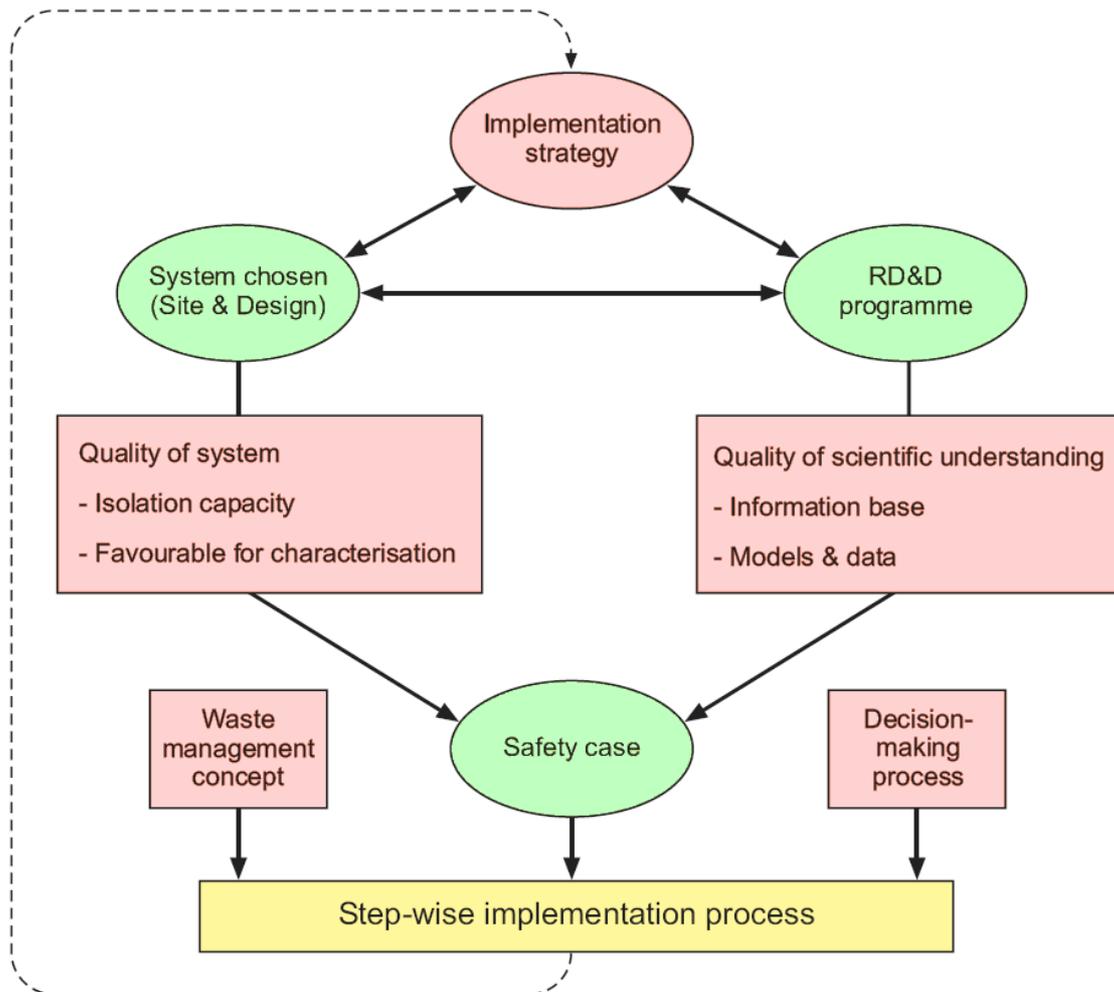
## **2.2 Bedeutung des Safety Case innerhalb des Realisierungsprozesses eines Endlagers**

Die Realisierung eines Endlagers umfasst die Phasen Konzeptfestlegung, Standortauswahl, Planung, Errichtung, Betrieb und Verschluss, die sich insgesamt über mehrere Jahrzehnte erstrecken können. Schon die Durchführung der ersten Phasen erfordert einen langen Zeitraum, in dem sich der Stand von Wissenschaft und Technik weiterentwickeln, politische und technische Randbedingungen ändern oder sich neue Er-

kenntnisse aus der fortschreitenden Standorterkundung ergeben können. Um auf solche Veränderungen reagieren zu können, ist für die Realisierung eines Endlagers ein hohes Maß an Flexibilität erforderlich.

Dementsprechend müssen periodisch Sicherheitsbewertungen durchgeführt werden, die der Entwicklung oder der laufenden Aktualisierung eines Safety Case für ein Endlager dienen, dessen Sicherheit letztlich gegenüber den Genehmigungsorganen und der Öffentlichkeit nachgewiesen werden soll.

Abb. 2 illustriert beispielhaft die zentrale Rolle des Safety Case am Beispiel des Realisierungsverfahrens für ein HLW-Endlager in der Schweiz.



**Abb. 2** Wesentliche Elemente für die Entscheidungsfindungen im gestuften und iterativen Verfahren zur Implementierung eines Endlagers in der Schweiz, nach /NAG 02/

Der Safety Case bildet die Grundlage für alle Entscheidungen innerhalb des Planungs- und Errichtungszeitraums eines Endlagers. Die Fassungen des Safety Case, die Grundlage für solche Entscheidungen sind, werden mit fortschreitendem Realisierungsprozess detaillierter und konkreter. Die Anzahl der Fassungen eines Safety Case für ein Endlagerprojekt hängt u. a. von den jeweiligen nationalen Vorschriften für die Errichtung eines Endlagers ab, d. h. von der Anzahl der gesetzlich geforderten Genehmigungen oder politischen Entscheidungen.

Nach /NAS 03/ spielt die Prozedur der Entwicklung des Safety Case für den Verfahrensbetreiber selbst *„eine wesentliche Rolle,*

1. *um seine Arbeiten innerhalb der Anpassungen nach den jeweiligen Stufen des Realisierungsprogramms zu steuern und*
2. *weil er damit ein Werkzeug erhält, mit dem er seine Argumente zum Sicherheitsnachweis einem weiten Publikum verständlich machen kann“.*

Eine der Schlüsselfunktionen des Safety Case besteht in der Lieferung der Informationsgrundlage für die Fachdiskussionen, in denen die beteiligten Parteien

- *den Grad ihres Vertrauens in das Projekt einschätzen,*
- *an einem bestimmten Planungs- oder Entwicklungsstand eventuelle Vorbehalte oder Bedenken gegen das Projekt vorbringen oder*
- *die Aspekte, die Anlass zur Besorgnis geben könnten oder für die noch weitere Arbeiten oder Untersuchungen durchgeführt werden sollten, identifizieren*

*können* /NEA 04/. Ein umfassender Safety Case (in Gestalt eines strukturierten Satzes von Dokumentationen) wird üblicherweise für alle wesentlichen Entscheidungen innerhalb des Endlager-Implementierungsprozesses gefordert, insbesondere für gesetzlich geforderte Genehmigungen. Die Genehmigungen bzw. die Genehmigung zur Errichtung, zum Betrieb oder für die Stilllegung eines Endlagers werden nur erteilt, wenn die Genehmigungsseite den jeweils vorgelegten Safety Case als Nachweis dafür anerkennt, dass die festgelegten Grundsätze eingehalten und alle Anforderungen erfüllt sind.

Ausschlaggebend für jeden Safety Case, egal ob er zu wissenschaftlich-technischen Prüfungen, zur Prüfung durch Genehmigungsbehörden oder zu allgemeinen, nicht-

technischen Prüfungen vorgelegt wird, ist, dass er klar herausstellt, dass die Anforderungen im Hinblick auf die Langzeitsicherheit in allen Projektstadien explizit und erkennbar berücksichtigt wurden.

Die Erstellung und Fortschreibung eines Safety Case für ein Endlager mit dem Nachweis, dass die Schutzziele in der Nachbetriebsphase eingehalten werden, sind insofern eine äußerst anspruchsvolle Aufgabe, weil dieser Safety Case sich in einigen Schlüsselaspekten grundlegend von Safety Cases für andere technische Anlagen unterscheidet. Die Unterschiede ergeben sich zwangsläufig insbesondere beim abschließenden Safety Case, der die Stilllegung und das Verschließen des Endlagers zum Gegenstand hat, weil hier die Möglichkeiten zur Überwachung und Durchführung nachträglicher Korrekturen eingeschränkt bzw. nicht gegeben sind und zudem zwangsläufig restliche Ungewissheiten bei den Annahmen über die langfristige Entwicklung des Endlagersystems bestehen /NEA 04/.

### **2.3 Inhalte und Präsentation eines Safety Case**

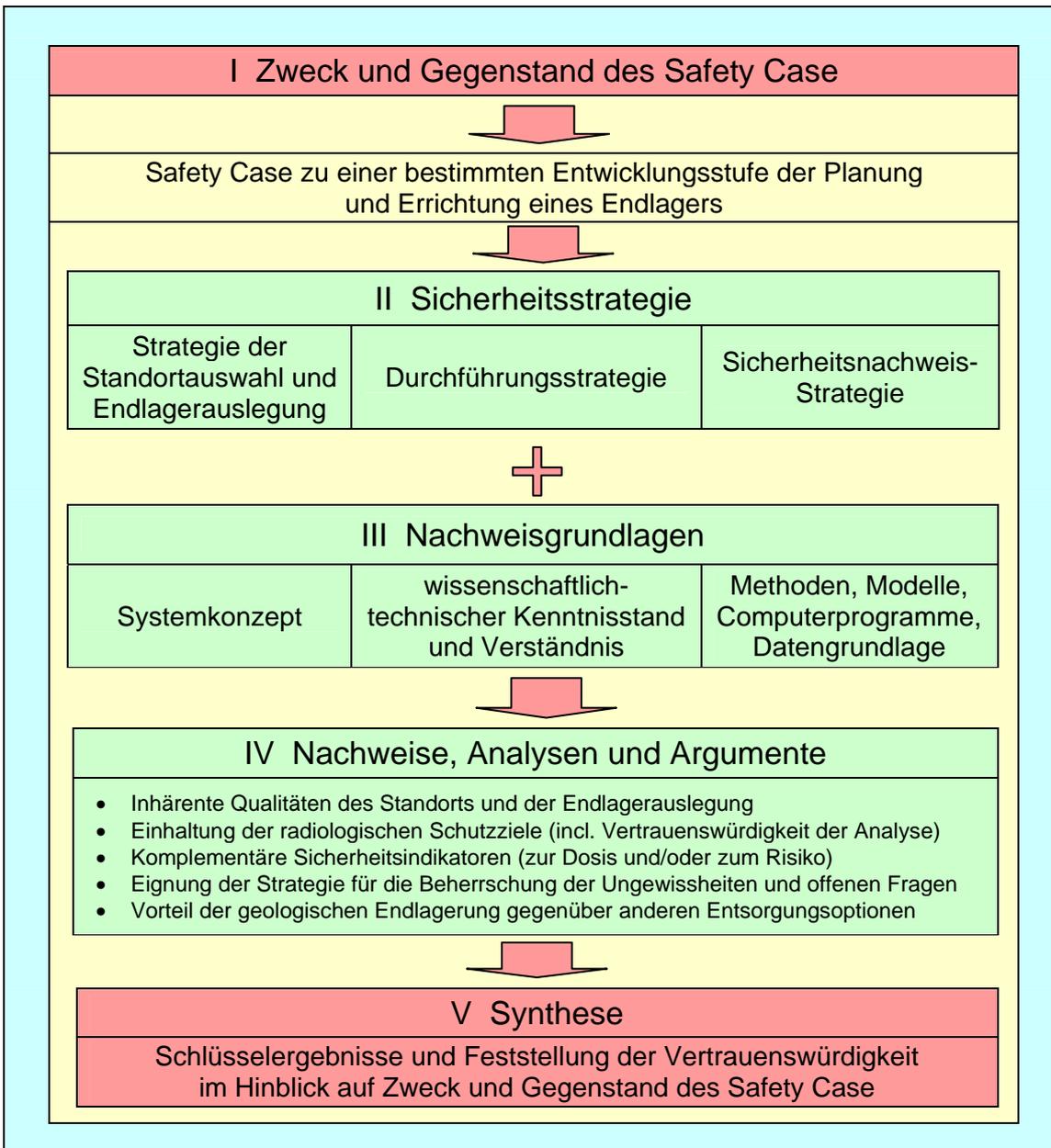
Die US-amerikanische Akademie der Wissenschaften stellte 2003 die Anforderungen an einen Safety Case für ein Endlager /NAS 03/, dass dieser

- 1. „eine (auch für Laien) verständliche Erklärung enthält, wie die Sicherheit gewährleistet wird,*
- 2. die Annahmen und Konzepte beschreibt, die den Sicherheitsnachweisen zugrunde liegen,*
- 3. direkt die Ungewissheiten anspricht, welche sich aus Beschränkungen des wissenschaftlichen Verständnisses der sicherheitsrelevanten Ereignisse und Prozesse ergeben könnten und*
- 4. andere, nicht-quantitative Argumente anführen kann (wie eine Gegenüberstellung unabhängiger Argumentationsketten wie historische oder natürliche Analogie), um die Plausibilität des sicherheitsrelevanten Verhaltens des Endlagersystems oder seiner Komponenten zu untermauern.“*

Nach /NEA 04/ sollte die Dokumentation eines Safety Case aus einem strukturierten Satz von Unterlagen bestehen, der in die folgenden fünf Elemente mit Beschreibungen zu

- I. Zweck und Gegenstand,
- II. Sicherheitsstrategie,
- III. Nachweisgrundlagen,
- IV. Nachweisen, Analysen und Argumenten sowie eine
- V. Synthese

untergliedert ist, die jeweils wieder in einzelne Komponenten unterteilt werden (siehe Abb. 3).



**Abb. 3** Elemente und Komponenten eines Safety Case (nach /NEA 04/)

Im Hinblick auf die anzustrebende hohe Vertrauenswürdigkeit eines Safety Case müssen bei seiner Erstellung unbedingt die folgenden vier allgemeinen Grundsätze befolgt werden:

- **Transparenz:** die Inhalte müssen klar und für die jeweilige Zielgruppe verständlich präsentiert werden, Begründungen für Aussagen und Argumentationen müssen einfach und schnell auffindbar sein.
- **Nachvollziehbarkeit:** den Genehmigungsorganen und ihren Gutachtern muss es möglich sein, alle vorgebrachten Begründungen und Schlussfolgerungen zur Sicherheitsanalyse nachzuvollziehen. Dafür müssen die jeweils zugrunde gelegten Dokumente genannt und gegebenenfalls vorgelegt werden können.
- **Offenheit:** ergänzend zu den Nachweisen und Argumentationen muss auch eine vollständige Beschreibung und Diskussion aller aktuell bestehenden Ungewissheiten, offenen Fragen und eventuell weiterer Aspekte vorgelegt werden, die den Nachweis der Endlagersicherheit relativieren oder Forderungen zu Änderungen der geplanten Endlagerauslegung begründen könnten.
- **Begutachtung („Peer Review“):** Begutachtungen eines Safety Case durch unabhängige, externe, insbesondere internationale Experten sind ein wertvolles Mittel zur Erhöhung der Vertrauenswürdigkeit des Safety Case auf Seiten des Verfahrensbetreibers und der im Verfahren beteiligten Parteien („Stakeholders“). Unter anderem organisiert die OECD/NEA derartige Peer Reviews bei einer Beauftragung durch nationale Regierungen (z. B. /NEA 04a/, /NEA 06/).

In dem Element I des Safety Case müssen der Zweck (in der Regel eine angestrebte Entscheidung oder Genehmigung) und der Gegenstand (z. B. die Errichtung eines Erkundungsbergwerks an einem konkreten Standort) dargelegt werden. Das umfasst eine Beschreibung

- des Ziels oder der Ziele, die mit dem Safety Case erreicht werden sollen,
- aller für die Zielerreichung notwendigen Maßnahmen und deren Machbarkeit,
- aller aus der Durchführung des Projekts resultierenden Vor- und Nachteile,
- des aktuellen Projektstands und der weiteren Projektarbeiten, die durch eine positive Entscheidung ermöglicht werden.

Das Element II mit der Beschreibung der Sicherheitsstrategie zur Umsetzung des Endlagerprojekts sollte in die Bereiche: „Durchführung“, „Standortauswahl und Konzipierung“ sowie „Sicherheitsnachweis“ untergliedert werden. Die Strategie zur Durchführung schließt alle übergeordneten Projektarbeiten zur Planung, Errichtung, zum Betrieb und zum Verschluss des Endlagers ein, aber auch die Arbeiten zur Endlagerauslegung, Abfallcharakterisierung und zur Organisation der notwendigen FuE-Arbeiten. Die Strategie zur Standortauswahl und Konzipierung des Endlagers legt fest, wie ein den Auswahlkriterien entsprechender Standort ermittelt und für diesen dann realisierbare technische Endlagerkonzepte entwickelt werden sollen, die mit den Standort- und Abfalleigenschaften kompatibel sind. Mit der Strategie zur Führung der Sicherheitsnachweise wird festgelegt, wie ein Safety Case erstellt bzw. aktualisiert wird, d. h. welche Sicherheitsanalysen durchgeführt werden, welche Methoden zur Bewertung der Nachweise anzuwenden sind und wie die Entwicklung des Endlagersystems zu analysieren ist.

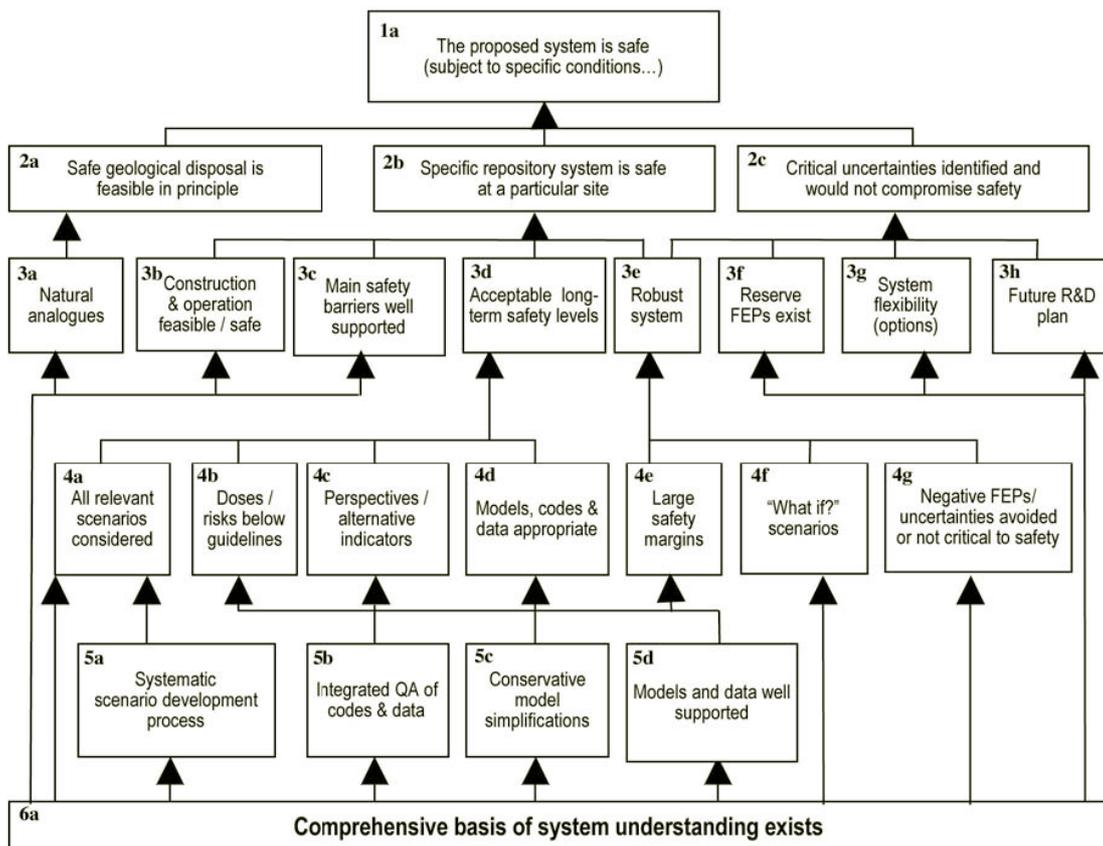
Einen wichtigen Aspekt der Strategie für den Sicherheitsnachweis – insbesondere für den Langzeitsicherheitsnachweis – stellt auch die Berücksichtigung von Ungewissheiten dar. Sofern diese lediglich auf Kenntnisdefiziten beruhen, können sie durch rechtzeitig initiierte Forschungsarbeiten behoben werden. Daneben besteht auch die Möglichkeit, die Relevanz solcher Kenntnisdefizite für Entscheidungen durch Auswahl eines geeigneten Standorts oder eine entsprechende Konzipierung des Endlagers bzw. der Einlagerungstechnik zu verringern.

Das Element III „Nachweisgrundlagen“ enthält die Zusammenstellung der Informationen und Werkzeuge zur Führung des Sicherheitsnachweises, diese sind insbesondere

- das Systemkonzept mit der Beschreibung des Endlagersystems, seiner Komponenten und deren für die Langzeitsicherheit relevanten Eigenschaften,
- die für den Sicherheitsnachweis relevanten wissenschaftlichen und technischen Daten, ihre Bandbreiten und ihre möglichen langzeitigen Änderungen,
- die Nachweismethoden, -modelle, Computerprogramme und Datenbasen für die Prognose der möglichen Entwicklungen des Endlagers.

Das Element IV „Nachweise, Analysen und Argumente“ enthält neben den Sicherheitsaussagen für die Betriebsphase insbesondere den üblicherweise als „Konsequenzanalyse“ bezeichneten Teil der Langzeitsicherheitsanalyse. Hierin werden die Auswir-

kungen auf die Schutzgüter für die verschiedenen Szenarien quantitativ ermittelt und mit den radiologischen Schutzzielen (üblicherweise Dosis- oder Risikogrenzwerte für eine Einzelperson) verglichen. Die Robustheit eines Safety Case kann durch weitere ergänzende unterstützende Argumentationen, die ggf. auch qualitativer Natur sein können (Stichwort: "multiple lines of evidence and arguments") erhöht werden, mit denen beispielsweise das Sicherheitspotenzial der geologischen Endlagerung oder des vorgesehenen Standorts (z. B. durch Einbeziehung weiterer Sicherheitsindikatoren oder durch Vergleiche mit natürlichen Analoga) und deren Vorteile gegenüber anderen Entsorgungsoptionen (z. B. Transmutation, oberirdische Lagerung) weiter untermauert wird. Auf jeden Fall muss die Feststellung, dass ein projektiertes Endlager alle Sicherheitsanforderungen erfüllt, mit klaren, nachvollziehbar begründeten und sauber dokumentierten Argumenten belegt werden, um von den Genehmigungsinstanzen, politischen Entscheidungsorganen und der Öffentlichkeit akzeptiert zu werden. In diesem Kontext müssen entsprechend der Anforderung in Bezug auf die Offenheit auch die bestehenden Ungewissheiten, Kenntnislücken und Restrisiken angesprochen werden.



**Abb. 4** Hierarchie der Aussagen und Argumentationen und Informationsfluss in der Synthese eines Safety Case /JNC 05/

Das Element V mit der Synthese des Safety Case soll die explizite Feststellung des Verfahrensbetreibers enthalten, dass das Ziel der Errichtung eines sicheren Endlagers mit dem Projekt erreicht werden kann und die beantragte Genehmigung oder Entscheidung aus seiner Sicht gerechtfertigt ist („Statement of Confidence“, Aussage der höchsten Hierarchiestufe in Abb. 4). Die Synthese soll aufzeigen, wie alle relevanten Daten und Informationen einbezogen wurden, dass alle Modelle ausreichend geprüft und eine schlüssige Nachweisstrategie verfolgt wurden. Die Synthese soll auch auf eventuell bestehende Defizite bei den aktuellen Kenntnissen, Begründungen und Untersuchungen eingehen und dabei die wesentlichen Gründe darlegen, warum das Endlagerkonzept trotzdem weiterverfolgt werden sollte. Am Ende eines Implementierungsverfahrens für ein Endlager, insbesondere beim Antrag auf Errichtung und Inbetriebnahme, sollen die möglicherweise noch bestehenden Ungewissheiten und offenen Fragen aufgeführt werden, die Anlass zum Anzweifeln der Sicherheitsaussage geben könnten. Diese sollen dabei in dem „Statement of Confidence“ in einer für die anstehende Entscheidung angemessenen Weise dargestellt werden. Insgesamt basiert das Statement of Confidence auf einer Vielzahl einzelner Begründungen und Feststellungen, die miteinander verknüpft und hierarchisch strukturiert sind, vgl. Abb. 4.

Auch in den IAEA-Empfehlungen /IAE 06/ werden in den Nummern 3.50 bis 3.53 konkrete Hinweise für die Dokumentation und Präsentation eines Safety Case für ein Endlager gegeben, die konsistent mit den bereits genannten Grundsätzen in früheren Empfehlungen sind. Danach sollen

- ein Safety Case und seine ergänzenden Dokumentationen hinsichtlich Detaillierungsgrad und Qualität der Dokumentation die notwendigen Entscheidungen und eine unabhängige Beurteilung ermöglichen,
- Umfang und Aufbau eines Safety Case und der ergänzenden Dokumentationen - entsprechend dem erreichten Projektstand und bestehenden nationalen Anforderungen - dem Informationsbedürfnis der interessierten Parteien gerecht werden, wodurch sich hohe Anforderungen im Hinblick auf die Begründungen, Nachvollziehbarkeit und Klarheit bei den Darstellungen ergeben,
- die Begründungen erläutern, auf welchen Grundlagen Entscheidungen für oder gegen einzelne Optionen getroffen und die jeweils dafür oder dagegen sprechenden Argumente genannt werden.

- mit der Forderung der Nachvollziehbarkeit unabhängigen Fachleuten eine Beurteilung der Arbeiten ermöglicht werden, was eine unabdingbare Voraussetzung für wissenschaftliche Prüfungen oder Prüfungen im Rahmen von Genehmigungsentscheidungen darstellt,
- die Forderung nach Klarheit sich konkret auf die Struktur und Darstellung in einem für das Verständnis der Argumentationen zur Sicherheit angemessenen Detaillierungsgrad beziehen. Wegen der möglichen unterschiedlichen Zielgruppen kann es erforderlich sein, im Safety Case spezielle Dokumentationen mit unterschiedlichem Stil und Tiefgang vorzulegen.

#### **2.4 Safety Cases in aktuellen internationalen Endlagerprojekten**

Gegenwärtig werden in mehreren Staaten wie z. B. Schweden, Frankreich, der Schweiz, den USA und Japan Projekte zur Implementierung eines Endlagers für hochradioaktive und langlebige mittelradioaktive Abfälle im tiefen geologischen Untergrund durchgeführt. Im Rahmen dieser Projekte wurden für wichtige Entscheidungen wie z. B. für die Standortauswahl eine Reihe von Unterlagen erstellt, die bereits als Safety Case konzipiert wurden oder zumindest einige der in Kapitel 2.3 beschriebenen Komponenten und Elemente eines Safety Case für ein Endlagerprojekt enthalten.

In Tab. 1 sind die wichtigsten Merkmale aus publizierten oder geplanten Sicherheitsnachweisen und Safety Cases aus internationalen Endlagerprojekten zusammengestellt. Darin nimmt die vom BfS beantragte Planfeststellung der Maßnahmen zur Stilllegung des ERAM eine Sonderstellung ein. Die in Kapitel 2.3 beschriebenen formalen Anforderungen an die Inhalte eines Safety Case sind in einzelnen Dossiers bereits erfüllt, soweit das im aktuellen Projektstadium möglich ist („Entsorgungsnachweis“, „Dossier 2005 Argile“; in Spalte „Safety Case“ in Tab. 1 = „ja“), andere enthalten nur einzelne Elemente (in Spalte „Safety Case“ = „z. T.“). Mit der Unterlage für das Yucca Mountain Projekt weist der Antragsteller lediglich nach, dass ein vorab ausgewählter Standort die Sicherheitsanforderungen erfüllt.

**Tab. 1:** Gegenüberstellung der Safety Cases bzw. Sicherheitsnachweise für internationale Endlagerprojekte

Studie	Land	Jahr	Safety Case	Adressat	Wirtsgestein	Zweck / Nachweis	Standort	Gegenstand
Entsorgungsnachweis /NAG 02/	CH	2002	ja	Schweizer Bundesrat	Opalinus-Ton	Machbarkeit	Region	grundsätzliche Machbarkeit eines HLW Endlagers im Opalinuston des potenziellen Standortgebiets im Zürcher Weinland
SAFIR 2 /OND 01/	B	2000	z.T.	Ministerium, Fachbehörden	Ton (Boom Clay)	Machbarkeit	Region	grundsätzliche Machbarkeit eines HLW Endlagers im Boom-Clay
Dossier 2005 Argile /AND 05/	F	2005	ja	Ministerien, Parlament	Ton	Machbarkeit	begrenzte Region	Machbarkeit eines HLW Endlagers in der Tonformation Callovo-Oxford in einem 200 km <sup>2</sup> großen Gebiet in den Départements Meuse und Haute Marne
Dossier 2005 Granite /AND 05a/	F	2005	z.T.	Ministerien, Parlament	Granit	Machbarkeit	Staatsgebiet	Nachweis der grundsätzlichen Machbarkeit eines Endlagers in einer Granitformation in Frankreich
Plan ERAM-Stilllegung	D	2005	z.T.	Genehmigungsbehörde	Salz	Stilllegung	konkrete Anlage	Planfeststellung zur Stilllegung des Endlagers Morsleben gem. §9b AtG
Posiva / Olkiluoto /POS 08/	SF	2012	ja	Regierung, Parlament	Granit	Errichtung	konkrete Anlage	Baugenehmigung für ein HLW-Endlager am Standort Olkiluoto
Site-97 /SKB 99/	S	1999	ja	Fachbehörden, Regierung	Granit	Machbarkeit	Staatsgebiet	Machbarkeit eines Endlagers für abgebrannte Brennelemente in Schweden, Demonstration der Methodik für Sicherheitsnachweise
SR-Can /SKB 06/	S	2006	ja	Fachbehörden, Regierung	Granit	Machbarkeit	2 konkrete Standorte	Entscheidung über vertiefte Standortuntersuchungen für ein Endlager am Standort Oskarshamn oder Östhammar
H12 /JNC 00/	J	2000	ja	nat. Atomenergiekommision	Ton + Granit	Machbarkeit	Staatsgebiet	Machbarkeit eines HLW-Endlagers mit der vorhandenen Technologie und Einhaltung der radiologischen Schutzziele in der Nachbetriebsphase
YM TSPA-SR /CRW 00/, /DOE 02/	USA	2000	nein	Fachbehörden	Tuff	Machbarkeit	konkreter Standort	Errichtung und Betrieb eines HLW-Endlagers in einer Tuff-Formation am Standort Yucca Mountain

### **3 Randbedingungen für eine zukünftige Anwendung des Safety Case in Deutschland**

In diesem Kapitel werden die Funktionen und Anforderungen an den Safety Case dargestellt, der im Rahmen des Realisierungsprozesses für ein Endlager für wärmeentwickelnde Abfälle in Deutschland als verfahrensbegleitende Dokumentation erstellt bzw. weiterentwickelt wird.

Die Dokumentation des Safety Case für ein Endlager erfolgt in Form eines Satzes von Schriftstücken, der alle auf die Sicherheit bezogenen Nachweise, Analysen und Argumente umfasst. Die Dokumentation ist systematisch aufgebaut und stellt alle für die Sicherheit relevanten Aspekte des gesamten Endlagersystems für die verschiedenen Adressaten transparent und nachvollziehbar dar. Die Dokumentation behandelt die Errichtungs-, die Betriebs- und die Nachbetriebsphase. Alle geführten Nachweise werden beschrieben, zusammen mit den Nachweisgrundlagen und der erreichten Aussagesicherheit. Schließlich werden alle sicherheitsrelevanten Einrichtungen und ihre Zusammenhänge so dargestellt, dass eine Gesamteinschätzung der Sicherheitsaspekte eines Endlagers ermöglicht wird.

Der Langzeitsicherheitsnachweis ist ein wichtiger Bestandteil des Safety Case. Der Safety Case umfasst die Aspekte der Langzeitsicherheit, darüber hinaus aber auch alle Aspekte, welche die Errichtung und den Betrieb des Endlagers einschließlich seiner übertägigen Anlagenteile über einige Jahrzehnte bis hin zum Verschluss betreffen. Gewicht ist auch auf diejenigen Aspekte zu legen, die im weiteren Sinne mit Risiken verbunden sein können. Zu Risiken im weiteren Sinne zählen insbesondere auch wirtschaftliche und organisationswissenschaftliche Gesichtspunkte, die einen Einfluss auf die Gewährleistung des sicheren Betriebs haben. Solche wirtschaftlichen Gesichtspunkte sind z. B. die Absicherung der für Errichtung, Betrieb und Verschluss verantwortlichen Institution und die Absicherung der Finanzierung. Organisationswissenschaftliche Gesichtspunkte betreffen z. B. die Sicherung des notwendigen Kompetenzerhalts bei Betreiber und Aufsichtsbehörden über den gesamten Errichtungs- und Betriebszeitraum.

Der Adressatenkreis für den Safety Case ist sehr breit gefächert. Er umfasst die in verschiedenen Zuständigkeitsbereichen tätigen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden ebenso wie politische Entscheidungsträger, von möglichen Auswirkungen der Anlage betroffene Personen in der Umgebung und die allgemeine Öffentlichkeit. Bei der allgemeinen Öffentlichkeit und den anderen genannten Adressaten sind unterschiedliche Interessen, Erwartungen und Vorkenntnisse zu berücksichtigen. Der Verfahrensbetreiber, d. h. der Planer und Errichter des Endlagers, erstellt den Safety Case in erster Linie, um die notwendigen rechtlichen Zu-

## Anhang Safety Case

lassungen zu erhalten. Er kann ihn aber auch intern für die Ausarbeitung seiner Strategie nutzen sowie zur internen Kommunikation, um seinen Beschäftigten einen Überblick über die sicherheitsrelevanten Aspekte der Endlagerung zu vermitteln.

Eine der Grundanforderungen ist, dass die Aussagen des Safety Case insgesamt für den jeweiligen Adressatenkreis verständlich und nach Möglichkeit auch nachvollziehbar sein müssen. Aus der Breite des Adressatenkreises, den verschiedenen Interessenschwerpunkten und den unterschiedlichen Vorkenntnissen resultieren unterschiedliche Detaillierungsgrade, unterschiedliche fachliche Niveaus einschließlich der Verwendung verschiedener Fachsprachen sowie unterschiedliche, den Vorkenntnissen der Adressaten angepasste Erläuterungen. Es ist daher sinnvoll, dass der gesamte Dokumentensatz Dokumente für verschiedene Adressaten enthält, die sich auch in ihrem Detaillierungsgrad und ihrer Art der Darstellung unterscheiden. Die Einzeldokumente müssen aber stets inhaltlich zutreffend und untereinander konsistent sein.

Eine weitere Anforderung an den Safety Case neben Transparenz und Offenheit ist, dass alle Einwände und Zweifel an der Sicherheit des Endlagers einbezogen, diskutiert und mit zutreffenden, anhand von Untersuchungsergebnissen belegbaren Argumenten ausreichend geklärt werden. Dabei ist ein Tiefgang zu wählen, der den vorgebrachten Einwänden und Zweifeln angemessen ist; zur Erfassung dieser Einwände und Zweifel muss die Diskussion in Fachkreisen, Politik und Öffentlichkeit ausgewertet werden. Zweifel, die auf Basis des erreichten Erkundungs- und Errichtungsstands nicht abschließend ausgeräumt werden können, sind zu benennen, ihre Bedeutung für die Sicherheit zu bewerten und die Möglichkeiten zur Verbesserung des Kenntnisstands zu beschreiben.

Erfahrungsgemäß spielen bei der Risikowahrnehmung in der Öffentlichkeit auch Fragen eine Rolle, die sich nicht nur auf die naturwissenschaftlichen oder technischen Aspekte des Vorhabens beziehen und die aus alleiniger naturwissenschaftlich-technischer Fachsicht nicht angemessen beantwortet werden können wie z. B. wirtschaftliche, moralisch-ethische oder politische Aspekte. Unter die wirtschaftlichen Aspekte fallen die Fragen zu den sozioökonomischen Auswirkungen eines Endlagers wie z. B. Auswirkungen auf die Einwohnerzahl, die Anzahl der Arbeitsplätze, Veränderungen des Wirtschaftswachstums und Auswirkungen auf das Image der Region. Diese Einflüsse und die damit einhergehenden Rückwirkungen hängen von der lokalen Ausgangssituation und dem Entwicklungspotenzial der Region ab.

Auswirkungen eines Endlagers sind im Rahmen der Standortauswahl für ein Endlager Gegenstand der regionalen und überregionalen öffentlichen Diskussion und wirken sich damit

## Anhang Safety Case

auf politische Entscheidungsprozesse aus. Die für eine Gesellschaft, ihre Volkswirtschaft und für den Staat positiven Effekte der Lösung der Endlagerfrage (kein weiterer Aufwand für die oberirdische Zwischenlagerung und Sicherung der wärmeentwickelnden Abfälle) kann auf regionaler Ebene als Bürde (z. B. Imageverlust der Region) empfunden werden. Innerhalb der Planungsschritte für ein Endlager sind folgende wichtige Fragen vor dem Hintergrund einer öffentlichen Diskussion zu klären:

- In welcher Form wird innerhalb der Planungsschritte der öffentliche Diskussionsprozess gesteuert und eine Beteiligung der Öffentlichkeit realisiert?
- Werden Randbedingungen für eine transparente Diskussion und für einen Entscheidungsprozess festgelegt (z. B. Zuordnung von klaren Verantwortlichkeiten zu den Akteuren, Definition eines schrittweisen Vorgehens und von Haltepunkten für Entscheidungen)?
- Wie werden positive und negative Auswirkungen auf eine Region bewertet, ist eine Kompensation für nachteilige Auswirkungen vorgesehen und in welcher Form soll diese erfolgen?
- Wird das Entwicklungspotenzial einer potenziellen Standortregion frühzeitig erfasst und erfolgt ein Monitoring der wirtschaftlichen und sozialen Entwicklung mit der Möglichkeit eines Eingriffs bei Erfordernis?

Aus Sicht der Bevölkerung kann eine Beantwortung solcher Fragestellungen von entscheidender Bedeutung sein und einen ähnlichen Stellenwert einnehmen wie Fragen nach der Sicherheit des Endlagers. Vor dem Hintergrund der Adressaten der Dokumentation des Safety Case ist zu überlegen, ob die Beantwortung auch dieser Fragen in ihren Grundzügen in der Dokumentation eines Safety Case berücksichtigt werden sollte.

Im Rahmen des rechtlichen Verfahrens für die Zulassungen im Realisierungsprozess eines Endlagers kommt dem Safety Case eine zentrale Funktion zu. Vom Verfahrensbetreiber wird zu einem Verfahrensschritt eine Fassung des Safety Case erstellt und diese bei der Genehmigungsbehörde eingereicht. Die Behörde prüft ihn, wobei sie gegebenenfalls Sachverständige hinzuzieht. Der (gegebenenfalls aufgrund der behördlichen Prüfung revidierte) Dokumentensatz wird Grundlage der jeweiligen Zulassung und ist dann in dieser Form fixiert.

Die Dauer der Errichtungs- und Betriebsphase eines Endlagers von mehreren Jahrzehnten bedingt, dass ein zu einem bestimmten Zeitpunkt (z. B. für einen rechtlichen Zulassungsschritt) fixierter Dokumentensatz veraltet und den aktuellen Stand nicht mehr widerspiegelt.

## Anhang Safety Case

Der Safety Case als Dokumentensatz sollte daher in sinnvoll gewählten Stufen dem jeweils erreichten Stand angepasst werden. Mögliche dafür geeignete Stufen der Endlagerentwicklung sind:

- vorläufige Standortfestlegung,
- Abschluss der Eignungsuntersuchungen und Festlegung des Endlagerkonzeptes am Standort,
- Beantragung der Errichtungsgenehmigung,
- Beantragung der Betriebsgenehmigung,
- periodische Sicherheitsüberprüfungen während des Betriebes (z. B. alle 10 Jahre),
- Beantragung des Verschließens des Endlagers.

Diese Stufen werden auch in der Empfehlung der RSK und SSK zu den Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung /RSK 08/ genannt. In jeder dieser Stufen kann eine Prüfung von Möglichkeiten zur Optimierung hinsichtlich des Konzeptes erfolgen. Aus Sicht von RSK und SSK *„muss die Optimierung hinsichtlich der Langzeitsicherheit Faktoren berücksichtigen wie errechnete Strahlenexposition des Menschen, Robustheit der Annahmen, geologische Prognostizierbarkeit, Schwierigkeitsgrad bei der Realisierung bestimmter Einrichtungen und der Einfluss bestimmter Sachverhalte auf die Sicherheit. Dies bedeutet, dass die Optimierung als Abwägung zwischen den verschiedenen Faktoren zu verstehen ist“*. Die Optimierung muss im Dokumentensatz nachvollziehbar dargestellt sein.

Innerhalb der gesamten Laufzeit des Realisierungsprozesses bis nach dem Verschließen des Endlagers kann der Safety Case jeweils in zwei aktuellen Fassungen mit unterschiedlichem Bestätigungsgrad vorliegen. Die eine Fassung ist der Unterlagensatz, der im letzten abgeschlossenen rechtlichen Zulassungsschritt von der Genehmigungsbehörde bestätigt wurde und damit inhaltlich fixiert wurde. Die andere Fassung ist die, welche für den nächsten Entscheidungsschritt vorbereitet bzw. geprüft wird und neue oder fortgeschriebene Unterlagen enthält. Sie ist die Antragsunterlage zur Entscheidung über den nächsten Genehmigungsschritt, die der Genehmigungsbehörde vorgelegt wird und enthält außerdem die zur Information der Öffentlichkeit notwendigen Dokumentationen.

Um das Verfahren vorausschauend zu gestalten, müssen bei jeder Entscheidung zu einem Schritt auch schon alle bereits vorhandenen Kenntnisse in die Bewertung einbezogen wer-

## Anhang Safety Case

den, die für die folgenden Schritte bis zur Nachbetriebsphase relevant sind. Damit ist in jeder Entscheidung zu einer Stufe auch ein vorläufiges positives Gesamturteil zur Machbarkeit der späteren Stufen enthalten.

Der Safety Case als Dokumentation hat auch die Funktion, künftige Generationen über den Aufbau und die Risiken des verschlossenen Endlagers zu unterrichten. Dafür eignet sich die abschließende Fassung des Safety Case, die unter anderem alle Details zu den eingelagerten Abfällen, alle während des Betriebs hinzugekommenen Kenntnisse sowie die Details aus der Errichtung und Qualitätssicherung der Verschlussbauwerke enthält. Diese Archivierung der Abschlussdokumentation erfolgt zu reinen Informationszwecken, denn die Schutzfunktion des Endlagers muss nach dem Verschluss ohne spätere Wartungs- oder Reparaturmaßnahmen gewährleistet sein. Eine Sicherheitsfunktion kommt der Archivierung der abschließenden Fassung des Safety Case nur insofern zu, dass sich künftige Generationen über das bestehende verschlossene Endlager informieren können. Damit kann die Wahrscheinlichkeit eines unbeabsichtigten menschlichen Eindringens vor allem in den ersten Jahrhunderten nach dem Verschließen reduziert werden. Es ist sinnvoll, für die Archivierung des Safety Case eine verlässliche Form zu definieren, die sowohl die Erhaltung der Information wie ihre gute Zugänglichkeit für möglichst lange Zeiten gewährleistet.

In Deutschland gibt es bisher keine verbindlichen Anforderungen an den Safety Case für ein Endlager für wärmeentwickelnde Abfälle, diese müssen noch festgeschrieben werden. Für ein Endlager für wärmeentwickelnde Abfälle sollte eine Neudefinition auf dem aktuellen Stand der nationalen und internationalen Diskussion erarbeitet werden. Der Sicherheitsnachweis für das Endlager für Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die Schachanlage Konrad, kann dafür ein Ausgangspunkt sein.

Für jeden Schritt des Realisierungsprozesses sind die Aufgaben und Anforderungen an den Safety Case vorab festzulegen, insbesondere

- welche Themen behandelt werden müssen,
- was nachzuweisen ist,
- in welchem Tiefgang dies jeweils geschehen muss und
- welche Kriterien erfüllt sein müssen.

Die Schwerpunkte des Safety Case werden sich naturgemäß von einer Stufe zur nächsten verschieben. Der Safety Case muss entsprechend weiterentwickelt werden, d. h. die Ge-

## Anhang Safety Case

samtdarstellung muss aktualisiert werden, untersetzende Dokumente sind teilweise neu zu erstellen, oder es sind Inhalte zu vertiefen; fallweise können Dokumente auch unverändert in der nächsten Stufe beibehalten werden.

## **4 Umriss des Inhalts eines Safety Case für ein Endlager in Deutschland**

Die inhaltlichen Anforderungen an einen Safety Case für ein Endlager in Deutschland müssen präzise formuliert werden. Sie ergeben sich letztendlich aus den Regelwerken und inhaltlichen Kriterien, deren Erfüllung für die positive Entscheidung in dem jeweiligen Schritt der Endlagerrealisierung nachgewiesen werden muss. Diese Kriterien und Regelwerke existieren bislang nicht.

RSK und SSK stellen in ihrer neuesten Empfehlung zu Sicherheitsanforderungen für die Endlagerung fest, dass solche Regeln geschaffen werden müssen: Beispielhaft werden in /RSK 08/ u. a. folgende Themenfelder aufgezählt:

- Definition, Bestimmung und äußere Abmessungen des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs,
- Identifikation und Bewertung sicherheitstechnisch bedeutsamer Ereignisse für die Betriebsphase eines Endlagers,
- Berechnungsvorschrift zur Ermittlung der Strahlenexposition nach Verschluss eines Endlagers,
- Festlegung von Referenzszenarien für unbeabsichtigtes menschliches Eindringen und Maßstäbe für deren Bewertung.
- Vorgehen bei der Optimierung, die dabei anzuwendenden Abwägungsprinzipien und die bei der Abwägung zu berücksichtigenden Faktoren.

Auch wenn solche Regelungen in Deutschland bislang nicht existieren, kann auf Grundlage des Standes der Fachdiskussion im In- und Ausland versucht werden, den notwendigen Inhalt des Safety Case näher zu umreißen.

### **4.1 Übergeordnetes**

Übergeordnetes Ziel des Safety Case ist der überzeugende Nachweis, dass während des Betriebs und in der Nachbetriebsphase des Endlagers alle Sicherheitsanforderungen eingehalten werden. Eine Gefährdung würde in erster Linie dann auftreten, wenn radioaktive

## Anhang Safety Case

Stoffe oder chemotoxische Bestandteile während des Betriebs oder in der Nachbetriebsphase in unzulässigen Mengen aus dem Endlager in die Biosphäre freigesetzt werden könnten. Außerdem muss nachgewiesen werden, dass Gefährdungen, die nur in bestimmten Phasen der Endlagererrichtung oder des Endlagerbetriebes bestehen, ausgeschlossen oder hinreichend minimiert werden können.

Für den Nachweis der Einhaltung aller Schutzziele müssen alle möglichen potenziellen Gefährdungen identifiziert werden. Dazu ist ein ausführliches Screening der möglichen direkten und indirekten Auswirkungen des Endlagers erforderlich. Die so identifizierten möglichen Auswirkungen sind dann im Safety Case adäquat zu behandeln.

Im Safety Case können geowissenschaftliche, technische, organisatorische, gesellschaftliche und soziale Aspekte eine Rolle spielen. Diese hängen bei den meisten zu betrachtenden Fragen zusammen, allerdings mit fallweise unterschiedlichem Gewicht.

Beispielsweise sind für die Fragestellung, ob ein sicherer Verschluss errichtet werden kann, Faktoren zu betrachten wie:

- Gibt es eine geeignete geologische Lokation im Endlagerbergwerk, in der ein langzeitsicherer Verschluss eingebaut werden kann?
- Ist das konkrete Bauwerk aus ingenieurtechnischer Sicht machbar?
- Ist seine Qualität hinreichend nachweisbar, wobei hier technische, organisatorische und arbeitswissenschaftliche Faktoren zusammenspielen?
- Sind zum Zeitpunkt des Verschließens noch ausreichende finanzielle Ressourcen für die durchzuführenden Arbeiten vorhanden und auf welchem Weg wird sichergestellt, dass in dieser Phase noch hinreichend Personal mit entsprechender Fachkunde vorhanden sein wird?

Die Nachweise oder Argumentationen zu derartigen Fragestellungen müssen mit adäquaten Methoden erarbeitet werden, die dem aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand der unterschiedlichen beteiligten Fachdisziplinen entsprechen. In die Nachweise müssen zwangsläufig viele Annahmen über zukünftige Entwicklungen einfließen, wobei die Plausibilität dieser Annahmen jeweils begründet werden muss. Alternativen zu den gewählten Annahmen müssen ebenfalls beschrieben und für diese muss schlüssig gezeigt werden, warum sie unberücksichtigt bleiben. Alle Prognosen und Annahmen über zukünftige Entwicklungen, insbesondere geologische, klimatologische und gesellschaftliche Entwicklungen, sind zwangsläufig

## Anhang Safety Case

fig mit Ungewissheiten behaftet. Deshalb muss der Safety Case auch Robustheitsbetrachtungen enthalten, denen hinsichtlich der Annahmen und der abgeleiteten Ergebnisse breiter Raum einzuräumen ist.

Im Übrigen sollten bei der Erstellung oder Fortschreibung eines Safety Case in Abhängigkeit vom erreichten Fortschritt die allgemeinen Empfehlungen zu den Inhalten und zur Präsentation aus Kapitel 2.3 berücksichtigt werden.

### **4.2 Geowissenschaften**

Im Themenkreis der Erkenntnisse aus den Geowissenschaften sind zwei Themen von zentraler Bedeutung:

- die adäquate Beschreibung der Situation am Standort und in der relevanten Umgebung aus geowissenschaftlicher Sicht,
- die Ermittlung der möglichen Entwicklungen des Endlagersystems im geforderten Nachweiszeitraum (größenordnungsmäßig 1 Million Jahre) und der potenziellen Auswirkungen auf die Biosphäre im weiteren Bereich des Standortes.

Die geologische Situation am Standort ist relevant für die Errichtung und den sicheren bergmännischen Betrieb des Endlagers und sie ist Ausgangspunkt für die Betrachtung zukünftiger Entwicklungen. Die geowissenschaftliche Beschreibung der geologischen Situation muss zunächst darstellen, welche relevanten Fakten bekannt sind und welche bisher nicht oder nicht hinreichend ermittelt sind. Die Darstellung der bekannten Sachverhalte muss auch darstellen, mit welchen Methoden und Hilfsmitteln diese ermittelt wurden. Die Beschreibungen der ermittelten objektiven Sachverhalte sind klar von den gezogenen Schlussfolgerungen und dem sich daraus ergebenden Gesamtbild der geologischen Situation am Standort abzugrenzen. Die Schlussfolgerungen und das Gesamtbild müssen abgesichert werden, z. B. durch die Einbeziehung eines unabhängigen wissenschaftlichen Beirats, durch Unsicherheitsanalysen und durch Untersuchungen zur Robustheit der Schlussfolgerungen.

Die möglichen geologischen Entwicklungen im Bereich des Standortes haben zentralen Einfluss darauf, ob die angestrebte Isolation der Abfälle erreicht wird. Zur Ermittlung der möglichen Entwicklungen in der weiteren Umgebung des Standortes müssen unterschiedliche mögliche Szenarien betrachtet werden.

## Anhang Safety Case

Zunächst ist/sind die wahrscheinliche(n) Entwicklung(en) abzuleiten und darzustellen. Dieses zeigt auf, welches Isolationspotenzial das Endlager voraussichtlich haben wird. Es besteht aber keine absolute Sicherheit, dass die wahrscheinliche Entwicklung eintreffen wird. Deshalb sind auch Szenarien für weniger wahrscheinliche Entwicklungen zu betrachten. In beiden Fällen müssen im Safety Case die Erkenntnismittel, Methoden und Kriterien, die bei der Ableitung und Beurteilung angewendet wurden, nachvollziehbar beschrieben werden.

Ebenfalls erforderlich ist die nachvollziehbare Nachweisführung, warum andere Entwicklungen als die, die in den betrachteten Szenarien untersucht wurden, auszuschließen sind.

Auch hier müssen alle Schlussfolgerungen abgesichert werden.

### **4.3 Betriebsphase**

Der Betrieb eines deutschen Endlagers für wärmeentwickelnde Abfälle könnte aus heutiger Sicht frühestens ab etwa dem Jahr 2030 aufgenommen werden. Als Betriebsdauer werden Zeitspannen zwischen 30 und 80 Jahren genannt. Dies ist aus heutiger Sicht eine überschaubare Zukunft. Damit sind z. T. noch die jetzt lebende Generation, vor allem aber die direkt nachfolgende Generation von möglichen Auswirkungen des Betriebs des Endlagers betroffen. Zu erwarten ist, dass deshalb aus der Öffentlichkeit die Forderung erhoben wird, besonders die direkten und indirekten Auswirkungen in der Betriebszeit zu diskutieren.

Der Safety Case muss aus diesem Grund, aber auch wegen des Nachweises der Einhaltung der Bestimmungen aller relevanten Regelungsbereiche (Atomrecht, Bergrecht, Wasserrecht, Immissionsschutz, Naturschutz etc.), die Betriebsphase selbst ausführlich behandeln.

Aus technischer Sicht muss nachvollziehbar gezeigt werden, dass der kerntechnische Betrieb „Endlager“ oberirdisch und unterirdisch sicher entsprechend den kerntechnischen Vorschriften geführt werden kann; auch ist nachzuweisen, dass der bergmännische Betrieb sicher durchgeführt werden kann. Diese Forderung umfasst sowohl den Normalbetrieb als auch Störungen und Störfälle.

Ein weiterer im Safety Case zu behandelnder Fragenkomplex sind die Auswirkungen gesellschaftlicher Entwicklungen und Veränderungen innerhalb der Betriebszeit. Hier stellen sich beispielsweise Fragen der Gewährleistung der Finanzierung, des Kompetenzerhalts des Personals oder des Weiterbetriebs bei wirtschaftlichen oder gesellschaftlichen Umwälzungen. Damit verbunden ist der Nachweis, dass das Agieren des Betreibers während der Be-

## Anhang Safety Case

triebszeit gesichert ist (z. B. Erhaltung des Know-how und Know-why, finanzielle Basis, organisatorische Basis).

Zentral ist die Frage der Gewährleistung der Zuverlässigkeit der handelnden Personen beim Verfahrensbetreiber, dies gilt vor allem in Hinsicht auf die Qualitätssicherung bei Einrichtungen und Tätigkeiten, die für das sichere Funktionieren des Endlagers während des Betriebs und in der Nachbetriebsphase von großer Wichtigkeit sind. Die Zuverlässigkeit ist auch ein Bewertungskriterium hinsichtlich der Einhaltung der bestehenden Vorschriften und Auflagen sowie der Dokumentation aller Arbeiten, Ereignisse und Überwachungsmaßnahmen.

Insgesamt muss im Safety Case dargelegt werden, dass unter den genannten Aspekten der Betrieb bis zum Abschluss des Verschlusses des Endlagers sicher geführt werden kann.

Wegen der zeitlich direkten Wirksamkeit sind die Auswirkungen der Errichtung des Endlagers und seines Normalbetriebes durch stoffliche und nichtstoffliche Emissionen (z. B. Radioaktivität, chemische Stoffe, Lärm) ausführlich im Safety Case zu betrachten. Dieses fordert die Gesetzgebung zur Umweltverträglichkeitsprüfung ohnehin, die als unselbständiger Teil des Planfeststellungsverfahrens durchzuführen ist.

Im Unterschied zu anderen kerntechnischen Anlagen kann ein Endlager nach einem größeren Störfall nicht „abgeschaltet“ werden. Deshalb muss im Safety Case das Thema „Mögliche schwere Störfälle in der Betriebszeit“ ausführlich behandelt werden. Hier ist herauszuarbeiten, in welchen Fällen der Einlagerungsbetrieb wieder aufgenommen werden kann, welche Maßnahmen dafür erforderlich sind, welche Vorkehrungen zu deren Durchführung getroffen werden und wie diese verfügbar gehalten werden. Es ist aber nicht auszuschließen, dass durch einen größeren Störfall eine Situation eintritt, in der eine Wiederaufnahme des Einlagerungsbetriebes nur mit unangemessenem Aufwand oder gänzlich ausgeschlossen ist. Falls nicht nachgewiesen werden kann, dass solche Störfälle ausgeschlossen werden können, muss dargelegt werden, mit welchen Maßnahmen nach einem solchen Störfall ein sicherer Verschluss des Endlagers erreicht werden kann. Die Machbarkeit und Verfügbarkeit dieser Maßnahmen ist spätestens für den Genehmigungsschritt zur Inbetriebnahme des Endlagers nachzuweisen. Im Safety Case muss darüber hinaus der Ausschluss solcher Fälle, die einen sicheren Verschluss des Endlagers verhindern, sauber begründet werden.

Während des Einlagerungsbetriebes (und teilweise schon in den vorlaufenden Stufen) gibt es auch indirekte Auswirkungen auf die Umgebung des Endlagers. Dazu gehören die Einflüsse des Endlagers auf die ökonomischen Bedingungen, wie z. B. der Wert von Immobilien,

## Anhang Safety Case

Arbeitsplätze, Aufträge für kleine und mittlere Unternehmen (KMU), die Einflüsse auf andere Wirtschaftszweige in der Region und der Einfluss auf das Image der Region. Diese Einflüsse können sich – abhängig von den konkreten Umständen – sowohl positiv als auch negativ auswirken. Deshalb ist es erforderlich, auch sozioökonomische Potenzialanalysen durchzuführen und die sich ergebenden potenziellen Auswirkungen sowie mögliche Entwicklungsmaßnahmen darzustellen. In den Fassungen zu späteren Stufen können in diesen Analysen auch die bisher bewirkten Effekte in der Region berücksichtigt werden. Es ist allerdings noch die Frage zu klären, ob solche Analysen als Teil des Safety Cases betrachtet werden oder ob sie als getrennte Dokumentationen behandelt werden, die verfahrensmässig eine andere Rolle spielen.

### **4.4 Verfüllen und Verschließen**

Durch das Verfüllen und das Verschließen am Ende der Betriebsphase wird das Endlager in den Zustand überführt, von dem aus es für die folgende Million Jahre die Isolation der radioaktiven Stoffe ohne weiteres menschliches Zutun gewährleisten muss. Einige der Maßnahmen entfalten erst in den anschließenden Jahrzehnten ihre volle Wirkung, wie z. B. die Stützung durch die Kompaktion des zunächst locker eingebrachten Versatzes. Bereits vor Ende des Einlagerungsbetriebs können auch schon vollständig befüllte Teilbereiche des Endlagerbergwerks verfüllt und verschlossen werden.

Im Safety Case müssen die Maßnahmen selbst sowie deren Machbarkeit detailliert beschrieben werden, insbesondere in technischer, organisatorischer und finanzieller Hinsicht. Die zur Anwendung kommenden Methoden der Qualitätssicherung müssen ebenfalls dargestellt werden. Wichtig ist, dass die vorgesehenen Methoden und Verfahren ausführlich dargestellt und ihre Eignung und Machbarkeit nachgewiesen werden. Daneben sind auch eine Analyse der möglichen Fehler und ihrer Auswirkungen sowie eine Robustheitsanalyse vorzulegen. Im Hinblick auf die Vertrauenswürdigkeit kann der Verfahrensbetreiber Stellungnahmen oder Bewertungen externer Experten einholen und diese gegebenenfalls in den Safety Case aufnehmen.

Ohne Verfüllung und Verschlüsse kann das Endlager nicht in einen langfristig sicheren Zustand überführt werden. Dies ist bereits bei Behandlung dieses Themas in Fassungen des Safety Case, die weit vor der Zeit des endgültigen Verschließens liegen, zu berücksichtigen. In diesen Fassungen des Safety Case muss der Nachweis geführt werden, dass bereits mindestens eine technische Möglichkeit verfügbar ist, das Endlager in der geforderten Quali-

## Anhang Safety Case

tät zu verschließen. Das schließt aber nicht aus, dass später möglicherweise andere bessere technische Lösungen zur Verfügung stehen. Mit dieser Anforderung wird eine Vorkehrung für den Fall getroffen, dass nach einem schweren Störfall oder nach einer Änderung der Beschlusslage eine vorzeitige Stilllegung des Endlagers notwendig wird. Im Übrigen kann kaum der Nachweis geführt werden, dass ein sicheres Verfüllen und Verschließen möglich sein werden, wenn hierfür heute noch keine geeignete Methode existiert.

In den Versionen des Safety Case weit vor der Zeit des Verschließens sollte eine Diskussion des Einflusses technischer und organisatorischer Fortentwicklung und des Einflusses gesellschaftlicher Fortentwicklung auf die Realisierung von Verfüllung und Verschluss erfolgen. Außerdem sollte der iterative Prozess beschrieben werden, in dem die Planung der Verschlussmaßnahmen einem Review durch Experten unterworfen und fortgeschrieben wird.

### **4.5 Nachbetriebsphase**

Zentraler Teil des Safety Case, der sich mit der Sicherheit in der Nachbetriebsphase befasst, ist der Nachweis des sicheren Einschlusses der Schadstoffe beim Ablauf aller berücksichtigten Szenarien, d. h. sowohl für die zu erwartenden als auch die weniger wahrscheinlichen geologischen Entwicklungen im geforderten Nachweiszeitraum.

Ebenfalls erforderlich ist eine ausführliche Diskussion der Gewährleistung der Isolation, d. h. der Funktionsfähigkeit der geotechnischen Barrieren im Zusammenwirken mit dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich während des Ablaufs der betrachteten Szenarien, einschließlich der Absicherung der Ergebnisse. Die Schlussfolgerungen und die Gesamtbeurteilung müssen ebenfalls abgesichert werden, z. B. durch die Gewährleistung einer hinreichenden Bandbreite bei den beteiligten Experten, durch Unsicherheitsanalysen und durch Untersuchungen zur Robustheit der Schlussfolgerungen.

Außerdem sollten Rolle und Funktion der technischen Barrieren (z. B. der Abfallmatrix oder des Schachtverschlusses) im Zeitablauf sowie die Belastbarkeit der entsprechenden Annahmen diskutiert werden. Diese Diskussion ist auch dann erforderlich, wenn – wie vorgesehen – in einem deutschen Endlager die technischen Barrieren für die Isolation nur für eine begrenzte Zeit eine Rolle spielen, weil hier die Rolle der technischen Barrieren vor allem am Anfang der Nachbetriebsphase (z. B. bis zum Erreichen des formschlüssigen Einschlusses durch Konvergenz) besonders bedeutsam ist.

## Anhang Safety Case

Ein weiteres Thema ist der Informationserhalt über das Endlager und die Diskussion der möglichen Dauer des Informationserhalts. Es ist davon auszugehen, dass der Informationserhalt über einige Jahrzehnte bis einige Jahrhunderte mit einiger Sicherheit gegeben ist, über mehrere zehntausend Jahre scheint dieser aber kaum möglich zu sein. Einerseits ist eine Informationsweitergabe nach Stilllegung des Endlagers (besonders nach der Entfernung aller oberirdischen Anlagenteile) unbedingt erforderlich (z. B. aus Gründen der Safeguards) und wird auch sicherlich erfolgen. Andererseits werden darauf keine basierenden langfristigen Sicherheitsaussagen gemacht werden können. Im Safety Case sollten die Möglichkeiten und Grenzen des Informationserhalts über die Existenz des Endlagers entsprechend behandelt werden.

Die Ergebnisse der abstrakten Berechnungen bei der Führung des Langzeitsicherheitsnachweises sollten zur Verdeutlichung ihres Inhaltes umgesetzt werden in eine Darstellung der Bedeutung der Ergebnisse des Sicherheitsnachweises für zukünftige Generationen. Hier sollte vor allem beschrieben werden, welche Auswirkungen in größeren Regionen und in verschiedenen Zeitperioden im Verlauf des Nachweiszeitraumes in der Größenordnung von einer Million Jahre auftreten können. Konservativitäten und wahrscheinliche wie weniger wahrscheinliche Entwicklungen sollten in dieser allgemein verständlichen Darstellung zum Ausdruck kommen.

### **4.6 Generelle Themen**

Der Safety Case dient im Rahmen des Realisierungsprozesses eines Endlagers zur Begründung und wissenschaftlichen Rechtfertigung der sicheren Endlagerung an einem konkreten Standort mit einem konkreten Konzept. Bis zur endgültigen Standortfestlegung sind aber bereits eine Reihe von generellen Entscheidungen gefallen. Im Rahmen des Gebots zur Prüfung von Alternativen sind die Abwägungskriterien und Entscheidungen zu den generellen Themen ebenfalls darzustellen und zu begründen. Unabhängig davon ist es gerade für diejenigen Adressaten des Safety Case, die nicht über Jahrzehnte eng mit der Entwicklung der Endlagerung vertraut waren, hilfreich, auch frühere Entscheidungen zu generellen Themen und deren Begründung nachvollziehen zu können.

Bei den generellen Themen steht die Begründung der Notwendigkeit der geologischen Endlagerung im Vordergrund. Diese muss im Zusammenhang mit den anderen Möglichkeiten der Entsorgung der wärmeentwickelnden radioaktiven Abfälle diskutiert werden. Im Weiteren sollte die Begründung für das gewählte Endlagerkonzept (geowissenschaftlich, technisch

## Anhang Safety Case

etc.) dargestellt werden. Außerdem ist es hilfreich, im Safety Case auch nach einer getroffenen Standortentscheidung im notwendigen Umfang darzustellen, nach welcher Vorgehensweise und nach welchen Kriterien diese Entscheidung erfolgt ist.

Im Rahmen des rechtlichen Verfahrens für die Zulassung eines Endlagers kommt dem Safety Case eine zentrale Funktion zu. Es wird vom Verfahrensbetreiber jeweils zu einem Verfahrensschritt eine Fassung des Safety Case erstellt und diese bei der Genehmigungsbehörde eingereicht. Diese prüft ihn, wobei von der Behörde gegebenenfalls Sachverständige zugezogen werden. Der (gegebenenfalls aufgrund der Behördenprüfung revidierte) Dokumentensatz wird Grundlage des jeweiligen rechtlichen Zulassungsschrittes und ist dann in dieser Form fixiert.

Während der gesamten Laufzeit des Realisierungsprozesses bis zur Stilllegung kann der jeweils aktuelle Safety Case in zwei Fassungen mit unterschiedlichem Bestätigungsgrad vorliegen. Die eine Fassung enthält den Unterlagensatz, der für den letzten abgeschlossenen rechtlichen Genehmigungsschritt der Genehmigungsbehörde als Antragsunterlage vorgelegt und damit in seinem Inhalt fixiert wurde. Die andere Fassung ist der neuere Unterlagensatz, der gerade für den nächsten Entscheidungsschritt vorbereitet bzw. geprüft wird. Er ist die Antragsunterlage für den nächsten Genehmigungsschritt.

Um das Verfahren vorausschauend zu gestalten, müssen bei jeder Entscheidung zu einem Schritt auch schon alle bereits vorhandenen Kenntnisse über die späteren Schritte bis hin zur Nachbetriebsphase in die Bewertung einbezogen werden. Damit ist in jeder Entscheidung zu einer Stufe auch ein vorläufiges positives Gesamturteil zur Machbarkeit der späteren Stufen enthalten.

Der Safety Case als Dokumentation hat auch die Funktion, künftige Generationen über den Aufbau und die Risiken des verschlossenen Endlagers zu unterrichten. Dafür eignet sich die abschließende Fassung des Safety Case, die unter anderem alle Details zu den eingelagerten Abfällen, alle während des Betriebs hinzugekommenen Kenntnisse sowie die Details aus der Errichtung und Qualitätssicherung der Verschlussbauwerke enthält. Diese Archivierung der Abschlussdokumentation erfolgt zu reinen Informationszwecken, denn die Schutzfunktion des Endlagers muss nach dem Verschluss passiv ohne spätere Wartungs- oder Reparaturmaßnahmen aufrecht erhalten werden. Eine Sicherheitsfunktion kommt der archivierten abschließenden Fassung des Safety Case nur insofern zu, dass sich künftige Generationen über das bestehende verschlossene Endlager informieren können. Damit kann die Wahrscheinlichkeit eines unbeabsichtigten menschlichen Eindringens vor allem in den ersten

## Anhang Safety Case

Jahrhunderten nach Verschluss reduziert werden. Es ist sinnvoll, für die Archivierung des Safety Case eine geeignete und verlässliche Form zu definieren, die sowohl die Erhaltung der Information als auch ihre gute Zugänglichkeit berücksichtigt.

In Deutschland gibt es bisher keine verbindlichen regulatorischen Anforderungen an den Safety Case für ein Endlager für wärmeentwickelnde Abfälle, diese müssen noch festgeschrieben werden. Der Sicherheitsnachweis für das Endlager für Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die Schachanlage Konrad, kann dafür ein Ausgangspunkt sein. Für ein Endlager für wärmeentwickelnde Abfälle sollte eine Neudefinition auf dem aktuellen Stand der nationalen und internationalen Diskussion erarbeitet werden.

Für jede Stufe sind die Aufgaben und Anforderungen an den Safety Case vorab festzulegen, insbesondere welche Themen behandelt werden müssen, was nachzuweisen ist, in welcher Tiefe dies jeweils geschehen muss und welche Kriterien erfüllt sein müssen. Die Schwerpunkte des Safety Case werden sich naturgemäß von einer Stufe zur nächsten verschieben. Das Zentralkonzept des Safety Case muss entsprechend aktualisiert werden, untersetzende Dokumente sind teilweise neu zu erstellen, oder es sind Inhalte zu vertiefen; fallweise können Dokumente auch unverändert in der nächsten Stufe beibehalten werden.

## 5 Literatur

(Hinweis: dieses Literaturverzeichnis enthält alle in diesem Anhang zitierte Literatur)

- /AND 05/ Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA): Dossier 2005 Argile. Synthesis. Evaluation of the feasibility of a geological repository in an argillaceous formation. (Engl.) Châtenay-Malabry, 2007. - Abrufbar unter: <http://www.andra.fr/publication/produit/synthesis-argile.pdf> am 08.08.2008.
- /AND 05a/ Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA): Dossier 2005 Granite. Intérêt des formations granitiques pour le stockage géologique. Châtenay-Malabry, 2005. - Abrufbar unter: [www.andra.fr/publication/produit/D05G\\_267.pdf](http://www.andra.fr/publication/produit/D05G_267.pdf) am 08.08.2008.
- /BFS 05/ Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Konzeptionelle und sicherheitstechnische Fragen der Endlagerung radioaktiver Abfälle. Wirtsgesteine im Vergleich. Synthesebericht des BfS. Salzgitter, 2005. - Abrufbar unter: [http://www.bfs.de/de/endlager/publika/Synthesebericht\\_Endfassung.pdf](http://www.bfs.de/de/endlager/publika/Synthesebericht_Endfassung.pdf) am 11.08.08
- /CRW 00/ Civilian Radioactive Waste Management System Management & Operating Contractor: Total System Performance Assessment for the Site Recommendation: TDR-WIS-PA-000001 REV 00 ICN 01, Las Vegas, Nevada, December 2000.
- /DOE 02/ U.S. Department of Energy: Transmittal of Readers Guide and Summary of the Final Environmental Impact Statement for a Geologic Repository for the Disposal of Spent Nuclear Fuel and High-Level Radioactive Waste at Yucca Mountain, Nye County, Nevada, (DOE/EIS-0250), and a CD ROM. (43 Einzeldokumente) DOE-EIS 0250. Washington, D.C. (2002)- Abrufbar unter: <http://www.gc.energy.gov/NEPA/finalEIS-0250.htm> am 11.08.08
- /IAE 06/ International Atomic Energy Agency (IAEA): Geological Disposal of Radioactive Waste. Safety Requirements. IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. WS-R-4, Vienna, 2006. - Abrufbar unter: [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1231\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1231_web.pdf) am 08.08.2008.

## Anhang Safety Case

- /JNC 00/ Japan Nuclear Cycle Development Institute (JNC). H12: Project to Establish the Scientific and Technical Basis for HLW Disposal in Japan, Project Overview Report, JNC TN1410 2000-001, Tokai-Mura Japan, 2000.
- /JNC 05/ Japan Nuclear Cycle Development Institute (JNC): H17: Development and Management of the Technical Knowledge Base for the Geological Disposal of HLW. Knowledge Management Report. JNC TN 1400 2005-022, Tokai-Mura, Japan 2005. - Abrufbar unter:  
[www.jaea.go.jp/04/tisou/english/pdf/H17\\_KM\\_Report\\_E.pdf](http://www.jaea.go.jp/04/tisou/english/pdf/H17_KM_Report_E.pdf) am 08.08.2008.
- /KSA 05/ Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen: Stellungnahme zum Entsorgungsnachweis für abgebrannte Brennelemente, verglaste hochaktive sowie langlebige mittelaktive Abfälle (Projekt Opalinuston). KSA 23/170, Villigen, 2005.
- /NAG 02/ NAGRA: Project Opalinus Clay. Safety Report. Demonstration of disposal feasibility for spent fuel, vitrified high-level waste and long-lived intermediate-level waste (Entsorgungsnachweis), NAGRA NTB 02-05, Wetingen, 2002. - Abrufbar unter:  
[www.nagra.ch/downloads/ntb\\_02\\_05/NTB%2002-05.pdf](http://www.nagra.ch/downloads/ntb_02_05/NTB%2002-05.pdf) am 08.08.2008.
- /NAG 06/ Schneider, J.: Die Rolle der Sicherheit im Entsorgungsnachweis. Frühjahrs-Seminar der SGK "Deep Geological Disposal – Progress & Projects" 28. März 2006, ETH Zürich, 2006. - Abrufbar unter:  
[http://www.sns-online.ch/de/sgk/anlass/sgk\\_seminar\\_20060328/2\\_schneider.pdf](http://www.sns-online.ch/de/sgk/anlass/sgk_seminar_20060328/2_schneider.pdf) am 08.08.2008.
- /NAS 03/ National Academy of Science: "One Step at a Time: The Staged Development of Geologic Repositories for High-Level Radioactive Waste," Committee on Principles and Operational Strategies for Staged Repository Systems, National Research Council of the National Academies, The National Academies Press, Washington, D.C., 2003.
- /NEA 99/ Nuclear Energy Agency (NEA): Confidence in the Long-term Safety of Deep Geological Repositories. Its Development and Communication. OECD, Paris, 1999. - Abrufbar unter: [www.nea.fr/html/rwm/reports/1999/confidence.pdf](http://www.nea.fr/html/rwm/reports/1999/confidence.pdf) am 08.08.2008.

## Anhang Safety Case

- /NEA 04/ Nuclear Energy Agency (NEA): Post-closure Safety Case for Geological Repositories. Nature and Purpose. Published: NEA#03679, Paris, 2004, - Abrufbar unter:  
[www.nea.fr/html/rwm/reports/2004/nea3679-closure.pdf](http://www.nea.fr/html/rwm/reports/2004/nea3679-closure.pdf) am 08.08.2008.
- /NEA 04a/ Nuclear Energy Agency (NEA): Safety of Disposal of Spent Fuel, HLW and Long-Lived ILW in Switzerland. An international peer review of the post-closure radiological safety assessment for disposal in the Opalinus Clay of the Zürcher Weinland. OECD, Paris, 2004. - Abrufbar unter:  
<http://www.nea.fr/html/rwm/reports/2004/nea5568-nagra.pdf> am 08.08.2008.
- /NEA 06/ Nuclear Energy Agency (NEA): Radioactive Waste Management, Integration Group for the Safety Case (IGSC), Core Activities. - Abrufbar unter:  
[www.nea.fr/html/rwm/igsc\\_coreactivities.html](http://www.nea.fr/html/rwm/igsc_coreactivities.html) am 08.08.2008.
- /NEA 08/ Nuclear Energy Agency (NEA): Safety Cases for Deep Geological Disposal of Radioactive Waste: Where do we Stand? Symposium Proceedings, Paris, France, 23 – 25 January 2007, NEA No. 6319, Paris 2008. - Abrufbar unter:  
[www.nea.fr/html/rwm/reports/2008/ne6319-safety.pdf](http://www.nea.fr/html/rwm/reports/2008/ne6319-safety.pdf) am 11.08.08
- /OND 01/ ONDRAF/NIRAS: SAFIR 2. Safety Assessment and Feasibility Interim Report 2. NIROND 2001-6E, Brussels, 2001. - Abrufbar unter:  
[http://www.nirond.be/engels/Safir2\\_eng.php](http://www.nirond.be/engels/Safir2_eng.php) am 08.08.2008.
- /POS 08/ Posiva Oy: Safety Case Plan 2008. Olkiluoto, Finland, 2008.
- /RSK 08/ Reaktorsicherheitskommission / Strahlenschutzkommission (RSK/SSK): Stellungnahme zu den Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen. - Veröffentlichung vorgehen.
- /SKB 99/ Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB): Deep repository for spent nuclear fuel. – SR 97 - Post-closure safety. Main report - Vol. I, Vol. II and Summary. SKB TR-99-06, Stockholm, 1999.

## Anhang Safety Case

/SKB 06/ Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB): Long-term safety for KBS-3 repositories at Forsmark and Laxemar – a first evaluation. - Main Report of the SR-Can project. Technical Report 06-09, Stockholm, 2006. - Abruftbar unter:

<http://skb.se/upload/publications/pdf/TR-06-09webb.pdf> am 11.08.08

## 6 Weiterführende Literatur

(Hinweis: Dieses Verzeichnis enthält als Ergänzung wichtige weiterführende Literatur zum Thema dieses Anhangs, die in diesem Anhang nicht explizit zitiert wurde. Zitierte Literatur findet sich im "Literaturverzeichnis")

Baltes, B.; Röhlig, K.J.: The safety case for deep geological disposal: GRS views on regulatory requirements and practice. EUROSAFE 2005, Köln. - Abrufbar unter [www.eurosafeforum.org/forums/eurosafe\\_seminars.html?download\\_filename=../products/data/5/pe\\_394\\_24\\_1\\_seminar5\\_01\\_2005.pdf&download\\_targetname=seminar5\\_01\\_2005.pdf](http://www.eurosafeforum.org/forums/eurosafe_seminars.html?download_filename=../products/data/5/pe_394_24_1_seminar5_01_2005.pdf&download_targetname=seminar5_01_2005.pdf) am 08.08.08

Müller-Lyda, I.; Mönig, J.; Noseck, U.: Elemente eines Safety Case zur Realisierung eines Endlagers in Deutschland, GRS-238, Köln, 2008.

Noseck, U.; Brewitz, W.; Müller-Lyda, I.: To what extent can natural analogues contribute to the safety case for a repository in rock salt? In: Safety Cases for the Deep Disposal of Radioactive Waste - Where do we stand? OECD/NEA. Symposium Proceedings, Paris, France 23. - 25. January 2007.

Nuclear Energy Agency (NEA): Lessons Learnt from Ten Performance Assessment Studies, Paris, 1997. – Abrufbar unter: <http://www.nea.fr/html/rwm/reports/1997/ipag.pdf> am 17.06.2008 am 08.08.2008.

Nuclear Energy Agency (NEA): Establishing and Communication Confidence in the Safety of Deep Geological Disposal. Approaches and Arguments, Paris, 2002.

Nuclear Energy Agency (NEA) / Radioactive Waste Management Committee: Integration Group for the Safety Case (IGSC). Proceedings on Safety Case, IGSC Topical Session held 25<sup>th</sup> November 2001 Paris-France, NEA/RWM/IGSC(2002)1, Paris, 2002.

Nuclear Energy Agency (NEA): Geological Disposal: Building Confidence Using Multiple Lines of Evidence First AMIGO Workshop Proceedings, Yverdon-les-Bains, Switzerland, 3-5 June 2003. NEA#04309, ISBN: 92-64-01592-2, Paris, 2004. – Abrufbar unter: <http://www.nea.fr/html/rwm/reports/2003/nea4309-geological.pdf> am 11.08.2008

## Anhang Safety Case

Nuclear Energy Agency (NEA)/Radioactive Waste Management Committee: Integration Group for the Safety Case (IGSC). Topical Session Proceedings of the 5<sup>th</sup> IGSC meeting on: Observations regarding the Safety Case in Recent Safety Assessment Studies, held on 5<sup>th</sup> October 2003 in Paris, France  
NEA/RWM/IGSC(2004)3, Paris, 2004.

PAMINA (Performance Assessment Methodologies In Application to Guide the Development of the Safety Case). Integrated project in the 6<sup>th</sup> frameprogramme of the European Commission. 10/2007-09/2009.

Sailer, M.: Potential Role of the Safety Case for the Final Disposal Facility in Germany. Radioactive Waste Disposal in Geological Formations - International Conference, Braunschweig November 6 – 9, 2007. Proceedings – GRS-S-49