



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen**  
**Commission fédérale de la sécurité des installations nucléaires**  
**Commissione federale della sicurezza degli impianti nucleari**  
**Swiss Federal Nuclear Safety Commission**

**Dezember 2007**

---

# **Abschlussbericht der KSA**

---

**KSA-Report No. 07-03**



## Vorwort

Mit der "Verordnung vom 13. Juni 1960 betreffend die Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Atomanlagen" wurde die KSA ins Leben gerufen. Sie war ursprünglich Aufsichtsbehörde (Überwachung) und hatte auch Gutachter- und Beratungsaufgaben:

- Gutachten über Erstellung, Betrieb und Änderung von Atomanlagen;
- Überwachung von Erstellung, Betrieb und Änderung von Atomanlagen, insbesondere mit periodischen Inspektionen;
- Beratung des zuständigen Departements in Fragen der Sicherheit von Atomanlagen und jeder andern Form des Innehabens von Kernbrennstoffen und Rückständen;
- Gutachten zu Gesuchen betreffend Transporte, Abgabe, Einfuhr, Durchfuhr und Ausfuhr von Kernbrennstoffen und Rückständen.

Die KSA bestand ursprünglich aus neun Mitgliedern. Die erste Sitzung fand am 20. Juli 1960 statt. Im Verlaufe der Jahre wurden die direkten Aufsichtsaufgaben, insbesondere die Inspektionen, immer mehr an das Sekretariat der Kommission übertragen, welches sich gleichzeitig von einem Einmannbetrieb zu einer Sektion (SSA) und schliesslich zu einer Abteilung (ASK) entwickelte.

Im Nachgang zum Reaktorunfall von "Three Mile Island" (USA, 1979) wurden per 1. April 1983 die Aufsichtsverordnung (SR 732.22) sowie die neue KSA-Verordnung (SR 732.21) in Kraft gesetzt. Damit gingen die Aufsicht und die Erstellung von Gutachten bei Bewilligungsgesuchen vollständig an die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), Nachfolgeorganisation der erwähnten ASK und damit des ehemaligen KSA-Sekretariats, über. Die gleichzeitig auf dreizehn Mitglieder aufgestockte KSA wurde zum nicht weisungsgebundenen beratenden Organ von Bundesrat und EVED (heute UVEK) für die Bereiche Sicherheit der Kernanlagen und Entsorgung der radioaktiven Abfälle. Nebenbei wurde mit der neuen Verordnung auch der Name der Kommission auf "Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen" geändert; die Abkürzung KSA wurde jedoch beibehalten.

Konkret erhielt die KSA mit der Verordnung vom 14. März 1983 folgende Aufgaben:

- Stellungnahmen zu Gesuchen um Rahmen-, Bau-, Betriebs- und Änderungsbewilligungen (mit der Möglichkeit, sich auf grundsätzliche Fragen der nuklearen Sicherheit und auf Punkte zu beschränken, die von bereits erprobten Konzepten abweichen) sowie zu den entsprechenden Gutachten der HSK und anderer Bundesstellen;
- Verfolgen des Betriebs der Kernanlagen unter grundsätzlichen Aspekten;
- Mitarbeit beim Erlass von Vorschriften;
- Prüfung von grundsätzlichen Fragen der nuklearen Sicherheit und Begleitung der entsprechenden Forschung;
- Bearbeitung von weiteren zugewiesenen Aufgaben.

Mit der gleichzeitig erfolgten Erhöhung der Mitgliederzahl wurden auch Mitglieder in die KSA berufen, welche der Nutzung der Kernenergie kritisch gegenüberstehen. Dies war von der nationalrätlichen Geschäftsprüfungskommission im Rahmen einer Überprüfung gefordert worden.

Mit der Einführung der Kernenergiegesetzgebung (Inkraftsetzung per 1. Februar 2005) wurde die KSA-Verordnung in einigen Punkten revidiert. Die Aufgaben und die Zusammensetzung der KSA wurden aber beibehalten.

Nach 47 Jahren Tätigkeit wird die Eidgenössische Kommission für die Sicherheit der Kernanlagen (KSA) aufgrund einer Änderung des Artikels 71 des Kernenergiegesetzes (SR 723.1) auf Ende des Jahres 2007 aufgelöst und durch die neu geschaffene Kommission für nukleare Sicherheit (KNS) ersetzt.

Im Rahmen ihres Pflichtenhefts (KSA-Verordnung vom 14. März 1983) verfasste die KSA jährlich einen Tätigkeitsbericht zuhanden des Bundesrats bzw. des Departements. Dieser Bericht wurde jeweils auch veröffentlicht. Am Ende des letzten Jahres ihrer Tätigkeit tritt der vorliegende Abschlussbericht an seine Stelle. In ihren Tätigkeitsberichten, in Stellungnahmen und Reports äusserte sich die Kommission im Verlaufe der Jahre zu einer Vielzahl von Aspekten der nuklearen Sicherheit, zu Fragen im Bereich Ingenieurwesen und Technik, zu Fragen der Bereiche Personal und Betrieb sowie zu Fragen des Strahlenschutzes und der Entsorgung radioaktiver Abfälle. Im Abschlussbericht nimmt die KSA wichtige Themen nochmals auf, berichtet über deren Entwicklung sowie deren Stand und leitet daraus entsprechende Empfehlungen ab.

Der vorliegende Bericht ist an das Departement UVEK gerichtet und öffentlich zugänglich. Die KSA hofft, dass er insbesondere auch der KNS eine Hilfe bei der Festlegung ihres Arbeitsprogramms sein wird.

Bei ihrer Tätigkeit konnte die Kommission stets auf die Unterstützung von Mitarbeitenden des Bundesamts für Energie zählen. Mitarbeitende der HSK unterstützten die Kommission bei ihren Fachdiskussionen und bei der Beschaffung von Informationen. Kadermitglieder der HSK nahmen von Amtes wegen an den Sitzungen der KSA teil. Hierfür sowie für ihr Verständnis gegenüber dem oft beharrlichen Verhalten der KSA sei ihnen hiermit der Dank ausgesprochen.

Die Kommission konnte ihre Arbeit nur Dank der fachlichen und administrativen Betreuung durch ihr Sekretariat durchführen. Der persönliche Kontakt mit dem Sekretariat trug wesentlich zur Motivation und zum guten Arbeitsklima in der Kommission bei. Hierfür dankt die scheidende Kommission den Mitgliedern des Sekretariats herzlich und wünscht ihnen bei ihrer neuen Tätigkeit, sei es im Rahmen der KNS, sei es an einem neuen Arbeitsplatz, persönliche Entfaltung und Erfolg.

Würenlingen und Genf, den 7. Dezember 2007

Walter Wildi  
Präsident

<b>1</b>	<b>Übergang zum ENSI</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Entsorgung</b>	<b>2</b>
2.1	Entsorgungsprogramm	2
2.2	Sachplan	5
2.3	Behördliche Anforderungen	6
2.4	Verbrennungs- und Schmelzanlage	7
2.5	Organika	8
2.6	Behältermaterialien	10
<b>3</b>	<b>Entsorgungsforschung</b>	<b>11</b>
3.1	Forschung der Nagra	12
3.2	Regulatorische Sicherheitsforschung zur Entsorgung	12
3.3	Grundlagenforschung zur Entsorgung	14
<b>4</b>	<b>Buchhaltung über Kernmaterialien und radioaktive Abfälle</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Strahlenschutz und Notfallschutz</b>	<b>15</b>
5.1	Operationeller Strahlenschutz	15
5.2	Radioaktive Abgaben an die Umwelt	16
5.3	Notfallschutz	17
<b>6</b>	<b>Kernbrennstoffe</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>Elektro- und Leittechnik</b>	<b>19</b>
7.1	Spannungstransienten im Bereich des Netzanschlusses	20
7.2	Rückwirkungen aus dem Netz und liberalisierter Strommarkt	20
7.3	Verfügbarkeit von Notstromanlagen	21
7.4	Rechnerbasierte Leittechnik	21
<b>8</b>	<b>Alterung und Instandhaltung</b>	<b>22</b>
8.1	Einleitung	22
8.2	Alterungsüberwachungsprogramm	22
8.3	Instandhaltung und Funktionsprüfungen	24
8.4	Qualifizierung von Wiederholungsprüfungen	25
<b>9</b>	<b>Aspekte des sicheren Weiterbetriebs der Schweizer Kernkraftwerke</b>	<b>27</b>
9.1	Sicherstellung der Instandhaltung und Nachrüstung	27
9.2	Gut ausgebildetes, motiviertes Personal	27
9.3	Ständige Verbesserung der betrieblichen Sicherheit	28
<b>10</b>	<b>Organisation, menschliches Verhalten und Sicherheitskultur: Anforderungen an die betriebliche Sicherheit</b>	<b>29</b>
<b>11</b>	<b>Neue Reaktoren</b>	<b>30</b>
	<b>Referenzen</b>	<b>32</b>
	<b>Anhänge</b>	<b>35</b>
A1	Im Jahr 2007 nach aussen abgegebene KSA-Dokumente	35
A2	Im Jahr 2007 behandelte Themen	36
A3	Zusammensetzung von Kommission und Ausschüssen im Jahr 2007	38
A4	Liste der Abkürzungen	40
A5	Verteiler	42



## 1 Übergang zum ENSI

Mit dem neuen Bundesgesetz über das Eidgenössische Nuklear-Sicherheitsinspektorat (ENSIG) [1] sollen Nutzungs- und Wirtschaftsaspekte einerseits und Schutz- und Sicherheitsaspekte andererseits institutionell getrennt werden. Dazu wird die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) auf den 1. Januar 2009 aus dem BFE ausgegliedert und als Eidgenössisches Nuklear-Sicherheitsinspektorat (ENSI) rechtlich verselbstständigt. Der Gesetzes-Entwurf des Bundesrats wurde in der Frühjahrsession 2007 im Ständerat behandelt. Dieser stimmte dem Entwurf zu, beschloss aber u. a., die KSA nicht wie ursprünglich vorgesehen ersatzlos aufzulösen, sondern durch die schlankere Kommission für nukleare Sicherheit (KNS) zu ersetzen. Der Entwurf des Ständerats gelangte in der Sommersession 2007 ohne weitere Änderungen zur Abstimmung in den Nationalrat. Auch dieser stimmte der Gesetzesvorlage zu. Nachdem die Referendumsfrist am 11. Oktober ungenutzt abgelaufen ist, tritt das ENSIG am 1. Januar 2008 teilweise in Kraft, d.h. vorerst nur die Artikel betreffend ENSI-Rat und KNS. Die übrigen Artikel des neuen Gesetzes werden am 1. Januar 2009 in Kraft treten.

### *Anliegen der KSA*

In ihrer Stellungnahme anlässlich der Vernehmlassung zum ENSIG [2] kam die KSA zum Schluss, dass das vorgesehene Nuklear-Sicherheitsinspektorat als kompetente und gut ausgestattete Aufsichtsbehörde ihre fachtechnische Aufgabe grundsätzlich wird erfüllen können. Die Kommission identifizierte jedoch auch Lücken und Ungereimtheiten und gab neben konkreten Änderungsvorschlägen zu einzelnen Artikeln folgende grundsätzlichen Empfehlungen ab:

- Der nuklearen Sicherheit und dem Strahlenschutz muss in der Geschäftsführung des ENSI oberste Priorität zukommen.
- Die nukleare Aufsicht ist für die Schweiz auf Grund des grossen Gefährdungspotentials von Kernanlagen von vitalem Interesse. Der Bundesrat benötigt zur Wahrnehmung seiner Aufsichtspflicht über das ENSI nach Art. 18 und als Bewilligungsbehörde ein unabhängiges Fachgremium. Ebenso benötigt das UVEK, welches die Bau- und die Betriebsbewilligungen erteilt, ein solches Fachgremium.
- Die sicherheitsorientierte Führung des ENSI verlangt eine klare Entscheidungs- und Verantwortungshierarchie in der nuklearen Aufsicht. Diese ist im Gesetz zwischen Direktion und ENSI-Rat klar zu regeln. Der ENSI-Rat soll das oberste verantwortliche Organ des ENSI und mit entsprechenden Kompetenzen ausgestattet sein.
- Sicherung (Sabotage- und Terrorschutz), nukleare Sicherheit und Strahlenschutz sind in der Sache miteinander verbunden. Die Aufsicht darüber ist im Sinne des Übereinkommens vom 17. Juni 1994 aus dem BFE auszugliedern und im ENSI zu vereinen.

### *Aktueller Stand*

Ab 1. Januar 2009 wird das ENSI die Aufgaben der HSK übernehmen. Der ENSI-Rat ist das strategische und das interne Aufsichtsorgan des ENSI (Art. 6 Abs. 1 ENSIG). Sechs Mitglieder des Rats wurden am 17. Oktober 2007 durch den Bundesrat gewählt. Aus der heutigen KSA wird A. Eckhardt als Vizepräsidentin in diesem Fachgremium Einsitz nehmen.

Mit der KNS besteht ab 1. Januar 2008 auch weiterhin ein unabhängiges beratendes Fachgremium. Anstatt wie bisher 13 Mitglieder in der KSA besteht die KNS nur noch aus 5 bis 7 Mitgliedern. Der Bundesrat hat am 17. Oktober 2007 sechs Mitglieder gewählt. Ein weiteres Mitglied wurde Ende November gewählt. Aus der heutigen KSA werden B. Covelli (Präsident) und U. Weidmann in der KNS vertreten sein. Als beratendes Organ des Bundesrats,

des Departements UVEK und des ENSI prüft die KNS grundsätzliche Fragen der nuklearen Sicherheit und wirkt bei Gesetzgebungsarbeiten im Bereich der nuklearen Sicherheit mit. Sie kann zuhanden des Bundesrats und des Departements Stellung nehmen zu Gutachten des ENSI (neuer Art. 71 des KEG). Da in der KNS auch zwei bisherige KSA-Mitglieder vertreten sind und das KNS-Sekretariat mit Personal des KSA-Sekretariats besetzt wird, ist Kontinuität gewährleistet.

Die Sicherung wird auf Anfang 2008 aus dem BFE ausgegliedert und in die HSK eingegliedert. Damit ist eine grundsätzliche Empfehlung der KSA erfüllt.

### *Schlussfolgerungen und Empfehlungen*

Die Empfehlungen der KSA zur Neuorganisation der nuklearen Aufsicht wurden in wichtigen Punkten berücksichtigt: Mit der KNS besteht weiterhin ein – wenn auch kleineres – unabhängiges beratendes Fachgremium. Die Belange der Sicherung werden neu von der HSK wahrgenommen.

Bezüglich des Informationsaustausches zwischen ENSI und BFE, insbesondere bei Bewilligungsverfahren, empfiehlt die KSA:

Die Kontakte, insbesondere der Informationsaustausch, zwischen ENSI und BFE sollen institutionell geregelt werden.

## **2 Entsorgung**

Die KSA betrachtet die Entsorgung der radioaktiven Abfälle als einen Schlüsselfaktor für die Akzeptanz und Nutzung der Kernenergie. Deren Umsetzung wird in naher Zukunft verstärkte Anstrengungen erfordern. Entsprechend nimmt dieses Kapitel einen grossen Teil des Berichts ein.

### **2.1 Entsorgungsprogramm**

Dem Verursacherprinzip folgend sind die Produzenten radioaktiver Abfälle auch für deren Entsorgung verantwortlich (Art. 31 Abs. 1 KEG). In der Schweiz wurde diese Aufgabe 1972 durch den Bund und die Betreiber der Kernanlagen der Nationalen Genossenschaft für die Entsorgung radioaktiver Abfälle (Nagra) übertragen. In einem Positionspapier nahm die KSA 1998 Stellung zu aktuellen Fragen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle in der Schweiz [17]. In ihrer Stellungnahme vom August 2005 zum Entsorgungsnachweis für abgebrannte Brennelemente, verglaste hochaktive sowie langlebige mittelaktive Abfälle [7] – in welcher die KSA den Entsorgungsnachweis in einem geologischen Tiefenlager als erbracht erachtet – gab die KSA Empfehlungen zur Weiterführung des Entsorgungsprogramms der Nagra ab.

#### *Anliegen der KSA*

- 1998: In ihrem Positionspapier sprach sich die KSA dafür aus, dass eine langfristige Überwachung des Endlagers nach dem definitiven Verschluss nicht mehr erforderlich sein darf. Ein definitiver Verschluss setzt voraus, dass die den Sicherheitsanalysen zugrunde gelegten Modellannahmen überprüft und Prognosen über das Langzeitverhalten erhärtet werden können.

*Massnahmen zur erleichterten Rückholung von Abfällen dürfen keinesfalls die Schutzziele für Endlager in Frage stellen (...).* Die Endlagerkavernen und der Zugangstollen sollten nicht langfristig offen gehalten werden, da damit die Stabilität der Stollen sowie das hydrogeologische und thermische Gleichgewicht in Frage gestellt wären.

Die KSA sprach sich gegen die Absicht der Nagra aus, ein Endlager für HAA/LMA frühestens um 2050 zu realisieren:

*Endlager für radioaktive Abfälle sollen zur Verfügung stehen, sobald Abfälle vorliegen, die zur Endlagerung bereit sind. (...) Verschiebungen auf spätere Termine wären primär mit Sicherheitsüberlegungen zu begründen.*

Die Nagra begründete die beabsichtigte Verschiebung mit einer Verkürzung der Betriebsphase und den damit verbundenen betrieblichen und wirtschaftlichen Vorteilen.

- 2005: Im Hinblick auf die Weiterführung des Programms machte die KSA in ihrer Stellungnahme zum Entsorgungsnachweis folgende Empfehlungen (Empfehlungen zu den Themen Organika, Behältermaterialien und Sachplan sind unter den entsprechenden Unterkapiteln aufgeführt):
  - *Nach erfolgter Standortwahl soll die Barrierenwirkung der Rahmengesteine genauer abgeklärt und in der Sicherheitsanalyse auch im Referenzfall berücksichtigt werden.*
  - *Nach erfolgter Standortwahl soll die Robustheit des Tiefenlagersystems hinsichtlich Einhaltung des Schutzziels 1 der HSK-R-21<sup>1</sup> durch die Analyse weiterer Fälle systematisch und umfassender untersucht werden.*
  - *Die Machbarkeit eines Selbstverschlussbauwerks soll in einer Studie abgeklärt werden.*
  - *Für die einzelnen Barrieren sollen Mindestanforderungen bzw. Auslegungskriterien festgelegt werden.*
  - *Beim Betrieb der Kernanlagen sowie der Behandlung und Konditionierung von Abfällen soll der Abstimmung mit den Erfordernissen der Entsorgung bis und mit geologischer Tiefenlagerung im Sinne einer Optimierung vermehrt Rechnung getragen werden; hinsichtlich BE/HAA gilt dies speziell für die Kernausslegung und die Festlegung des maximalen Abbrands, hinsichtlich LMA für den Gehalt an organischen Stoffen.*
  - *Es sollen ein Monitoringkonzept für die Überwachung des Pilotlagers erstellt und die Forschung und Entwicklung für den Einsatz geeigneter langzeitstabiler Messsysteme zielgerichtet vorangetrieben werden.*
  - *Es sollen Anforderungen an Festigkeit und Durchlässigkeit der Verschlüsse quantifiziert und in Ausführungsspezifikationen umgesetzt werden.*
  - *Die Rückholstudie<sup>2</sup> soll bezüglich der Verlässlichkeit bzw. Reparierbarkeit der automatisierten Rückbaugeräte bei den vorherrschenden Einsatzbedingungen und bezüglich der zum Rückbau eventuell notwendigen Oberflächenanlagen vertieft werden.*
  - *Die Nagra soll die im Rahmen der Beurteilung durch HSK, KNE, NEA-IRT und KSA aufgeworfenen Fragen, die Hinweise und Empfehlungen sowie den identifizierten Bedarf an Forschung und Entwicklung – begleitend zum Entsorgungsprogramm gemäss Art. 32 KEG und Art. 52 KEV – im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsprogramms weiter verfolgen. Besondere Bedeutung ist dabei der Frage der für die Lagerbehälter verwendeten Werkstoffe beizumessen.*

Zu grundsätzlichen Fragen im weiteren Vorgehen bei der Entsorgung der radioaktiven Abfälle empfahl die Kommission zusätzlich:

<sup>1</sup> Richtlinie HSK-R-21 "Schutzziele für die Endlagerung radioaktiver Abfälle"

<sup>2</sup> Von der Nagra durchgeführte Studie zur Rückholung von radioaktiven Abfällen aus einem geologischen Tiefenlager.

- *Im Rahmen des von den Abfallproduzenten vorzulegenden Entsorgungsprogramms soll ein Forschungs- und Entwicklungsprogramm erstellt werden, das regelmässig dem aktuellen Stand von Wissen und Technik angepasst wird und auch sozialwissenschaftliche Untersuchungen und Projekte umfasst.*
- *Die Idee des Entsorgungsrats soll durch den Bund möglichst rasch umgesetzt werden.*
- *Die Nagra soll ihr Management-System unter Berücksichtigung der entsprechenden Empfehlungen der IAEO auf die Norm ISO 9004:2000 ausbauen und künftig laufend dem sich ändernden Stand des Entsorgungsprogramms anpassen.*
- *In Ergänzung dazu soll die Nagra ein ständiges Gremium von unabhängigen externen Experten bestellen, welches ihre Arbeiten auf Qualität, Vollständigkeit der Nachweisführung sowie die Grundausrichtung ihrer Tätigkeit überprüft.*
- *Die Erkenntnisse und Daten aus Entwicklungs- und Forschungsarbeiten der Nagra sowie weiterer beteiligter Organisationen und der Behörden sollen von der Nagra in einer Datenbank zusammengestellt werden. Die Nagra soll zudem in ihr QM-System einen Prozess "Wissensmanagement" aufnehmen.*
- *Die Nagra und die Behörden sollen schon jetzt Forschungsarbeiten zur Weitergabe der Informationen über ein verschlossenes geologisches Tiefenlager an spätere Generationen aktiv verfolgen.*

#### *Aktueller Stand*

Im Sachplan [18] geht man heute von einer Inbetriebnahme der geologischen Tiefenlager im Jahr 2030 (SMA) und 2040 (HAA) aus. Diese Fristen ergeben sich aus dem vorgesehenen Ablauf der Standortwahl, des Bewilligungsverfahrens sowie dem Bau und der Inbetriebnahme der Lager.

In seiner Verfügung vom 28. Juni 2006 [8], in welcher er der Entsorgungsnachweis als erbracht erachtet wird, nahm der Bundesrat folgende Auflage auf, welche auf eine entsprechende Empfehlung der KSA zurückgeht (vgl. oben):

*Die Kernkraftwerksgesellschaften haben gleichzeitig mit dem Entsorgungsprogramm nach Art. 32 KEG dem Bundesrat auch einen Bericht zu unterbreiten, der alle in den Gutachten und Stellungnahmen von HSK, KNE, KSA und den OECD/NEA-Experten enthaltenen offenen Fragen, Hinweise und Empfehlungen systematisch erfasst und aufzeigt, wie diese im weiteren Verlauf zeit- und sachgerecht beantwortet werden.*

Diese Auflage umfasst die vorher genannten Empfehlungen der KSA.

Einzelne der oben genannten Empfehlungen wurden von der Nagra im Jahr 2006 angegangen: Es wurde ein Projekt gestartet zur Abklärung der Anforderungen und neuesten Entwicklungen auf dem Gebiet der Überwachung (Monitoring) des Pilotlagers. Im Rahmen des internationalen Projekts TEM (Test von Überwachungsmethoden) können verschiedene Messtechniken miteinander verglichen und auf ihre Eignung für den Einsatz in geologischen Tiefenlagern geprüft werden [16, S. 21]. Bezüglich der Evaluation von neuen Behältermaterialien und Behälterkonzepten wird an dieser Stelle auf Unterkapitel 2.6 verwiesen. Ferner führt die Nagra eine Studie durch, um den weltweiten Stand thermischer Anlagen zur Behandlung radioaktiver Abfälle abzuklären. Die KSA begrüsst die Anstrengungen der Nagra auf diesen Gebieten.

#### *Empfehlungen*

- Die KSA empfiehlt der HSK (resp. dem ENSI), der KNS und dem BFE, die Bearbeitung ihrer Empfehlungen bezüglich des Entsorgungsprogramms aktiv weiter zu verfolgen.

- Die Kommission empfiehlt der Nagra und der HSK, mit der Erprobung eines Langzeitmonitorings möglichst bald zu beginnen, um die nötigen Erfahrungen sammeln zu können.

## 2.2 Sachplan

Mit dem Sachplan Geologische Tiefenlager soll das Standortauswahlverfahren für die geologischen Tiefenlager zur Entsorgung radioaktiver Abfälle transparent und breit abgestützt geregelt werden. Bereits in ihrer Stellungnahme zum Entsorgungsnachweis [7] äusserte die KSA grundsätzliche Anliegen zum Verfahrensablauf. Danach unterstützte die KSA das BFE bei der Erarbeitung des Konzeptteils auf verschiedenen Ebenen: Einerseits beriet der Präsident die zuständige Sektion des BFE direkt. Andererseits nahmen Vertreter der KSA an Workshops teil. Im Rahmen der Anhörungen verfasste die KSA ausführliche Stellungnahmen zum Entwurf des Konzeptteils des Sachplans [19] [20].

### Anliegen der KSA

- 2005: In ihrer Stellungnahme zum Entsorgungsnachweis empfahl die KSA [7, S. 89]:  
*In die Verfahrensschritte, die zur Umsetzung der geologischen Tiefenlagerung führen, insbesondere die im Anschluss an den Entsorgungsnachweis anstehende Standortwahl, sollen alle wichtigen betroffenen Kreise einbezogen werden. Dieser Einbezug soll in einem geregelten partizipativen Prozess erfolgen, der gemäss dem aktuellen Stand des Wissens durchgeführt wird. Um die Glaubwürdigkeit des Verfahrens sicherzustellen, soll die Federführung beim Bund bzw. bei den betroffenen Kantonen liegen.*
- In ihren Stellungnahmen zum Entwurf des Konzeptteils hielt die KSA u. a. fest [41]:
  - *Es ist zu begrüessen, dass der Bund mit dem Vorlegen des Sachplanentwurfs die ihm zukommende Rolle aktiv wahrnimmt.*
  - *Das vorgeschlagene Verfahren ist sinnvoll und zweckmässig. Erforderlich ist aber eine klarere Abgrenzung zwischen dem Sachplanverfahren nach Raumplanungsgesetz und dem Rahmenbewilligungsverfahren nach Kernenergiegesetz.*
  - *Das Zusammenwirken und der Stellenwert der verschiedenen Kriterien in den verschiedenen Phasen des Verfahrens sind zu präzisieren. Insbesondere ist die Umsetzung der Anforderung zu konkretisieren, dass der Sicherheit bei der Standortwahl oberste Priorität zukommt. Die KSA machte dazu auch konkrete Vorschläge.*
  - *Der Prozessablauf muss so dargelegt werden, dass klar ist, wer, wann und auf welcher Basis welche Entscheide trifft.*
  - *Auch die Umweltverträglichkeit soll in allen Etappen des Verfahrens in adäquater Weise überprüft werden.*
  - *Bereits im Konzeptteil müssen sicherheitstechnische Mindestanforderungen an Standortgebiete bzw. Standorte festgelegt werden, wobei die Konkretisierung dem jeweiligen Projektstand angepasst sein müsse.*
  - *Da den Sicherheitskriterien und Sicherheitsanalysen bei der Standortwahl eine zentrale Rolle zukommt, müssen diese und deren Entwicklung im Laufe des Verfahrens klar beschrieben werden.*
  - *Vergabe und Qualitätssicherung von sozioökonomischen Studien müssen im Konzeptteil des Sachplans geregelt werden.*
  - *Die Standortwahlverfahren für geologische Tiefenlager für hochaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente einerseits sowie für schwach- und mittelaktive Abfälle*

*andererseits sind über die Frage des Abfallinventars verknüpft und sollen deshalb parallel durchgeführt werden.*

- *Es soll dargelegt werden, wie im Falle der Bewilligung neuer Kernkraftwerke vorgegangen wird.*

#### *Aktueller Stand*

Im Entwurf des Sachplans vom 11. Januar 2007 kommt zum Ausdruck, dass der Bund gewillt ist, im Verfahren bei der Suche nach Standorten für geologische Tiefenlager die Führung zu übernehmen.

Ende September 2007 gelangte der überarbeitete Entwurf des Sachplans [18] in die Ämterkonsultation. Die KSA konnte feststellen, dass ihre Anliegen grösstenteils berücksichtigt wurden, insbesondere die Folgenden:

- Die Sicherheit hat klar erste Priorität.
- Zu Beginn von Etappe 1 des Sachplanverfahrens, der Auswahl von geologischen Standortgebieten je für SMA und HAA, muss das Abfallinventar festgelegt werden.

#### *Empfehlung*

Nach Auffassung der KSA ist mit dem aktuellen Konzeptteil des Sachplans Geologische Tiefenlager (Version vom 26. September 2007) das Standortauswahlverfahren transparent geregelt. Nach der voraussichtlichen Genehmigung durch den Bundesrat soll das Auswahlverfahren zügig umgesetzt werden.

## **2.3 Behördliche Anforderungen**

Abgebrannte Brennelemente (BE) aus Schweizer Kernkraftwerken wurden – bevor am 1. Juli 2006 ein zehnjähriges Moratorium in Kraft trat – zum Teil zur Wiederaufarbeitung nach La Hague (COGEMA) oder Sellafield (BNGS) transportiert. Im Gegenzug sind die Schweizer Kernkraftwerke dazu verpflichtet, bei der Wiederaufarbeitung entstehende hochaktive Abfälle in Form von Glasmatrizen zurück zu nehmen. Nicht zur Wiederaufarbeitung transportierte abgebrannte BE werden gegenwärtig im Zentralen Zwischenlager (ZWILAG) bzw. in den werkseigenen Lagern zwischengelagert. Eine Konditionierung abgebrannter BE fand bisher nicht statt. Im Juli 2006 wurde der KSA im Rahmen der Anhörung der Entwurf der Richtlinie HSK-B05 "Anforderungen an die Konditionierung radioaktiver Abfälle" zugestellt, welche die Richtlinie HSK-R-14 ersetzt.

#### *Anliegen der KSA*

Die KSA vertritt in ihren Kommentaren zur Richtlinie HSK-B05 [9] u. a. die Meinung, dass in der Richtlinie auch Anforderungen an die Konditionierung abgebrannter BE festgelegt werden sollen. Ebenso sollen in der Richtlinie die Qualitätsanforderungen an die verglasten hochaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung enthalten sein.

#### *Aktueller Stand*

Die Argumente und Empfehlungen der KSA wurden von der HSK in ihrer Richtlinie B05 nicht berücksichtigt. Die HSK verweist bei den Qualitätsanforderungen an die Glasmatrizen auf die durch die Wiederaufarbeitungswerke erstellten Spezifikationen, welche aufgrund inventarspezifischer Störfallanalysen erstellt worden sind. Die in der Richtlinie B05 enthaltenen Anforderungen seien auch auf eine zukünftige Konditionierung abgebrannter BE anwendbar.

### *Empfehlung*

Die KSA empfiehlt der HSK, Qualitätsanforderungen an die Konditionierung abgebrannter Brennelemente und für Glasmatrizen (HAA und SMA) zu stellen. Die Qualitätsanforderungen und deren Überprüfung sollen in der Richtlinie B05 transparent dokumentiert werden.

## **2.4 Verbrennungs- und Schmelzanlage**

Die Verbrennungs- und Schmelzanlage (VSA) der ZWILAG spielt im schweizerischen Entsorgungskonzept eine wichtige Rolle: Einerseits sollen organische Abfälle mit thermischer Behandlung in Stoffe umgewandelt werden, welche möglichst inert sind unter den Bedingungen, welche in den geologischen Tiefenlagern zu erwarten sind; organische Stoffe haben potenziell nachteilige Auswirkungen auf die Langzeitsicherheit eines geologischen Tiefenlagers (vgl. 2.5). Andererseits wird mit der thermischen Behandlung das Abfallvolumen reduziert, welches der geologischen Tiefenlagerung zugeführt werden muss.

### *Anliegen der KSA*

Damit die VSA ihrer Rolle gerecht werden kann,

- muss ein störungsarmer Routinebetrieb gewährleistet sein,
- müssen die produzierten Abfallgebilde eine möglichst gute Qualität für die geologische Tiefenlagerung aufweisen,
- müssen möglichst viele der organischen Abfälle, insbesondere der Ionenaustauscherharze, behandelt werden können.

Das Anliegen der KSA ist, dass diese drei Ziele erreicht werden. Im vorliegenden Unterkapitel werden die Entwicklung und der aktuelle Stand hinsichtlich der Erreichung der ersten beiden Ziele beschrieben sowie daraus Schlussfolgerungen gezogen und Empfehlungen abgeleitet. Auf das dritte Ziel wird im nachfolgenden Unterkapitel 2.5 eingegangen.

### *Entwicklung der Thematik*

- 2001: Es konnte kein stabiler Betrieb über mehrere Tage gefahren werden. Nach jeder Testkampagne mussten an der Anlage grössere Änderungen vorgenommen werden. Es wurden nur inaktive Stoffe verarbeitet, weshalb die Änderungsarbeiten zu keinen Strahlendosen führten. [36]
- 2002: Die Anlage konnte nach wie vor nicht im definitiven Zustand getestet werden. Es konnten keine Rezepturen für die Verarbeitung der verschiedenartigen Abfälle entwickelt und die Qualität der entstehenden Produkte konnte nicht systematisch getestet werden. Der überwiegende Teil der Fragen, welche sich für die KSA aufgrund einer Begehung der Anlage im Jahre 2001 ergeben hatten, blieb offen. [37]
- 2003: Es traten Schwierigkeiten mit dem Lager des Drehherds auf; dieses wurde mit Erfolg gegen ein konstruktiv geändertes ausgetauscht. Wegen Schwierigkeiten bei der Ausgussvorrichtung für die Glasschmelze mussten die nachfolgenden Verbrennungskampagnen trotzdem vorzeitig beendet werden. Rezepturen für die Verarbeitung der verschiedenartigen Abfälle konnten nach wie vor nicht systematisch entwickelt werden. Die Behörden legten noch keine Qualitätsanforderungen an Abfallmatrizen aus Glas fest, wie sie in der VSA produziert werden sollten. [38]
- 2004: Im Frühjahr konnten ein Testbetrieb mit inaktiven Abfällen und ein kurzer Betrieb mit ganz schwach radioaktiven Abfällen ohne grössere Probleme durchgeführt werden. Trotz etwas verbesserter Situation besteht noch ein grosser Klärungs- und Handlungsbedarf, bis

ein störungsarmer Routinebetrieb erreicht sowie das in den Bewilligungsunterlagen unterlegte breite Spektrum an Abfällen verarbeitet und in ein hochwertiges Produkt überführt werden kann. [38] [39]

- 2005: Alle Testkampagnen mussten beendet werden, ohne dass die vorgesehene Abfallmenge verarbeitet war. Die KSA schlug ein vierstufiges Vorgehen vor, mit dem die Herstellung von Produkten angestrebt werden sollte, die für die geologische Tiefenlagerung möglichst gut geeignet sind. Dieses Vorgehen wurde von der HSK im Wesentlichen übernommen. [40]
- 2006: In der Frühjahrstestkampagne konnte wegen technischer Schwierigkeit nicht das vorgesehene Abfallvolumen verarbeitet werden, die Herbstkampagne verlief dann im Wesentlichen plangemäss. Die Anlage musste jedoch während der Kampagnen periodisch abgekühlt werden, um Ablagerungen aus dem Abhitzekegel der Rauchgasanlage zu entfernen. Auch waren nicht erwartete Instandhaltungsarbeiten an der Ausmauerung des Drehherds erforderlich. Ein systematisches Programm zur Entwicklung von Rezepturen für qualitativ gute Glaskörper fehlte immer noch. Über die Qualität der hergestellten Produkte konnten noch keine Angaben gemacht werden, da die entsprechenden Analyseergebnisse noch nicht vorlagen. [41]

#### *Aktueller Stand*

Die beiden Verbrennungskampagnen im Jahre 2007 sind weitgehend planmässig verlaufen. Es hat sich bestätigt, dass die Anlage bei der aktuellen Auslegung während des Betriebs routinemässig periodisch abgekühlt werden muss, um Ablagerungen aus der Rauchgasanlage zu entfernen.

Die ZWILAG produziert neu, im Gegensatz zu den Angaben im Sicherheitsbericht, welcher Grundlage für die Bewilligungen war, in der VSA nicht Glaskörper bzw. Glaskokillen, sondern "Schlackematrizen" [48]. Entsprechend stellt die HSK in ihrer im Februar 2007 herausgegebenen Richtlinie B05 "Anforderung an die Konditionierung radioaktiver Abfälle" Anforderungen an "Schlackenmatrizen aus der Verbrennungs- und Schmelzanlage der ZWILAG". Diese Anforderungen sind gleichwertig mit den Anforderungen an Zementmatrizen, wie dies die KSA im vierstufigen Verfahren als erste Stufe vorgeschlagen hat.

#### *Schlussfolgerungen und Empfehlung*

Aus aktueller Sicht erscheinen die Aussichten auf einen störungsarmen Routinebetrieb gut. Ohne Änderung der Konstruktion der Rauchgasanlage werden allerdings während des Betriebs routinemässig Ablagerungen entfernt werden müssen.

Ob sich die Anlage aus Sicht des Strahlenschutzes, insbesondere auch im Falle der Behebung von Störungen mit Kontaminationen in der Anlage, bewährt, wird sich noch zeigen müssen. Entscheidend wird der Aufwand für die Instandhaltung der Anlage sein.

Hinsichtlich des Produkts, welches in der Verbrennungs- und Schmelzanlage produziert wird, und der Qualität, welche bei diesem Produkt erreichbar ist, herrscht Unklarheit. Die KSA empfiehlt der KNS, dieses Thema weiter zu verfolgen.

## **2.5 Organika**

Organische Stoffe fallen beispielsweise aufgrund von Hygiene- und Strahlenschutzmassnahmen, durch die Verwendung von Ionenaustauscherharzen in Kernkraftwerken oder den Einsatz von Bitumen und Polystyrol bei der Konditionierung als radioaktive Abfälle an. Organische Stoffe können u. a. durch Mikroorganismen abgebaut werden. Dabei wird vielfach das Volumen reduziert; Gase, Flüssigkeiten und Wärme können entstehen. Insbesondere die

Gasentwicklung kann durch den sich aufbauenden Druck eine Gefährdung der technischen und geologischen Barrieren darstellen. Ausserdem kann die Korrosion metallischer Materialien und Stoffe erhöht werden. Die KSA vertritt grundsätzlich die Meinung, dass möglichst keine organischen Stoffe in geologische Tiefenlager eingebracht werden sollten, da der Abbau organischer Abfälle in geologischen Tiefenlagern mit erheblichen Unsicherheiten verbunden ist und sich negativ auf die Sicherheit auswirken kann. Die Kommission beschäftigt sich mit dem Thema seit Anfang der Neunzigerjahre.

### *Anliegen der KSA*

In jüngerer Zeit legte die Kommission ihren Standpunkt in folgenden Dokumenten dar:

- 1999: In ihrer Stellungnahme zum Gesuch der ZWILAG um Erteilung der Betriebsbewilligung für die Abfallbehandlungsanlagen [3] machte die KSA auf die nachteiligen Auswirkungen von organischen Materialien in geologischen Tiefenlagern aufmerksam. In Anlehnung an die Empfehlungen der KSA formulierte der Bundesrat in seiner Verfügung vom 6. März 2000 [4], in welcher er die Betriebsbewilligung erteilte, u. a. folgende Auflage:  
*(...) Bei der Festlegung der Annahmebedingungen für die Verbrennungs- und Schmelzanlage hat die ZWILAG auf grösstmögliche Flexibilität hinsichtlich des zulässigen Abfallspektrums (Aktivität, chemische Zusammensetzung) zu achten.*
- 2004: Die KSA machte in ihrer Stellungnahme zum Gesuch der NOK um Aufhebung der Befristung der Betriebsbewilligung für das KKB 2 [5] u. a. die folgende Empfehlung, welche in der Bundesratsverfügung vom 3. Dezember 2004 [6] berücksichtigt wurde:  
*Die NOK hat der HSK bis Ende 2005 einen Bericht einzureichen über die Realisierbarkeit einer thermischen Behandlung der Ionenaustauscherharze und der Überführung der anfallenden Asche in eine chemisch stabile Form, mit anschliessender Konditionierung ohne Verwendung von organischen Materialien.*
- 2006: In ihrer Stellungnahme zum Entsorgungsnachweis für abgebrannte BE/HAA/LMA vertrat die KSA die Meinung, dass die Abfallproduzenten die Konditionierung der Abfälle so beeinflussen sollten, dass möglichst keine organische Materialien ins Lager eingebracht werden [7, S. 65]. Die Kommission wies u. a. darauf hin, dass die Produktion von Gas im Tiefenlager und dessen Abfuhr durch die verschiedenen Barrieren eingehend abzuklären sind (S. 70). In seiner Verfügung vom 28. Juni 2006 [8] nahm der Bundesrat folgende auf eine Empfehlung der KSA zurückgehende Auflage auf:  
*Die Kernkraftwerksgesellschaften haben gleichzeitig mit dem Entsorgungsprogramm nach Art. 32 KEG dem Bundesrat auch einen Bericht zu unterbreiten, der alle in den Gutachten und Stellungnahmen von HSK, KNE, KSA und den OECD/NEA-Experten enthaltenen offenen Fragen, Hinweise und Empfehlungen systematisch erfasst und aufzeigt, wie diese im weiteren Verlauf zeit- und sachgerecht beantwortet werden.*
- 2006: In ihrer Stellungnahme [9] zur Richtlinie HSK-B05 "Anforderungen an die Konditionierung radioaktiver Abfälle" empfahl die KSA eine strenge Limitierung des Organikagehalts bei der Konditionierung radioaktiver Abfälle, wie dies in der Technischen Verordnung über Abfälle (TVA, SR 814.600) für die konventionellen Abfälle geregelt ist. Die TVA schreibt indirekt einen maximalen Gehalt an Organika von 5 % vor.
- 2007: Im Projektantrag "Abfallbewirtschaftung im Vergleich" [10] schlägt die KSA dem BFE die Bildung einer Arbeitsgruppe vor, in der das BFE, das BAFU, die HSK und die KSA bzw. KNS vertreten sein sollen. Der Antrag hat zum Ziel, Inkonsistenzen zwischen der Kernenergie- und Strahlenschutzgesetzgebung, in welcher die Bewirtschaftung radioaktiver Abfälle geregelt ist, und der Umweltschutzgesetzgebung, in welcher die Bewirtschaftung von Siedlungs- und Sonderabfällen geregelt ist, aufzudecken, näher zu analysieren und ggf. zu beheben. Solche Inkonsistenzen betreffen insbesondere den maximal

zulässigen Organikagehalt von Abfällen, die einer definitiven Lagerung zugeführt werden, sowie das Verdünnungs- und Vermischungsverbot.

### *Aktueller Stand*

Wie aus den Jahresberichten der Schweizer Kernkraftwerke zu entnehmen ist, fallen in den Kernkraftwerken Ionenaustauscherharze aus der Wasserreinigung an. Bitumen und Polystyrol werden weiterhin als Matrixmaterialien bei der Konditionierung eingesetzt. In der revidierten HSK-Richtlinie B05 wird davon ausgegangen, dass auch künftig eine Konditionierung mit organischen Matrixmaterialien erfolgt.

Die NOK kam 2005 in ihrem Bericht [11] zum Schluss, dass in der Verbrennungs- und Schmelzanlage der ZWILAG (vgl. 2.4) aufgrund der tiefen Aktivitätslimite bei der Annahme von Abfällen derzeit nur ein geringer Teil der Ionenaustauscherharze aus den Schweizer Kernkraftwerken verarbeitet werden kann. Die Investitionskosten für eine neue thermische Behandlungsanlage in der Schweiz werden auf 100 bis 150 Mio. CHF geschätzt. Mit dem Bericht der NOK sieht die HSK die Auflage der Bundesratsverfügung vom 3. Dezember 2004 als erfüllt an [13].

Mit der oben zitierten Auflage zum Entsorgungsnachweis sind die Kernkraftwerksgesellschaften unter anderem dazu verpflichtet, die offenen Fragen im Zusammenhang mit der Gasbildung durch den Abbau von organischen Stoffen zu untersuchen. Ebenso ist mit dieser Auflage die Beantwortung der offenen Fragen und Empfehlungen im Zusammenhang mit Behältermaterialien (vgl. 2.6) sowie dem Entsorgungsprogramm der Nagra gefordert (vgl. 2.1).

Die HSK kam der Empfehlung der KSA in ihrer Stellungnahme zur Richtlinie HSK-B05 nach einer strengen quantitativen Beschränkung des Organikagehalts nicht nach und verweist in ihrem Vernehmlassungsbericht [14] auf den von der Nagra durchgeführten Sicherheitsnachweis. In diesem können jedoch nach Ansicht der KSA mikrobielle Abbauprozesse nicht verlässlich (auch nicht durch so genannte konservativen Annahmen) berücksichtigt werden, da die Auswirkungen dieser Prozesse zuwenig bekannt und grundsätzlich schwer kalkulierbar sind.

Ein Entscheid des BFE zum Projektantrag "Abfallbewirtschaftung im Vergleich", in welchem u. a. auch die Risiken solcher mikrobiellen Abbauprozesse geklärt werden sollen, steht gegenwärtig noch aus.

### *Empfehlung*

Aufgrund der möglichen negativen Auswirkungen von organischen Materialien auf die Sicherheit von geologischen Tiefenlagern empfiehlt die KSA:

Das im Projektantrag "Abfallbewirtschaftung im Vergleich" [10] dem BFE vorgeschlagene Projekt soll zügig realisiert werden.

## **2.6 Behältermaterialien**

Das heutige Entsorgungskonzept der Nagra sieht vor, radioaktive Abfälle für die geologische Tiefenlagerung in Stahlbehälter einzubringen, welche als eine von mehreren technischen Barrieren Radionuklide für mindestens 1'000 Jahre einschliessen sollen [15].

Die Stahlbehälter können jedoch im sauerstoffarmen Milieu in Gegenwart von Wasser anaerob korrodieren, wenn nach Verfüllung und Stollenverschluss in Porenräumen verbliebene Luft durch einsickerndes Wasser langsam aus dem Wirtsgestein verdrängt wird. Dabei wird vor allem Eisen der Lagerbehälter mit Wasser oxidiert und im Gegenzug reduzierter Wasserstoff in Form von Gas freigesetzt. Nach Ansicht der KSA kann nach heutigem Kenntnisstand

nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden, dass die Gasproduktion durch Korrosion von Stahlbehältern nicht zu Rissbildungen im Wirtsgestein und damit zu einer Schwächung des Systems führen könnte [7, S. 31].

#### *Anliegen der KSA*

Da die Eignungsprüfung für neuartige Werkstoffkonzepte mit Forschungsaufwand und entsprechendem Zeitbedarf verbunden ist, empfahl die KSA 2005 in ihrer Stellungnahme zum Entsorgungsnachweis [7, S. 36], möglichst rasch ein entsprechendes Forschungsprogramm zu starten:

*Um eine Gefährdung der Barrierenwirkung des Opalinustons durch die Gasentwicklung infolge Korrosion der Stahlbehälter zu vermeiden, sollen alternative Behälterwerkstoffe und/oder Behälterkonzepte evaluiert werden. Zudem sollen die Auswirkungen der über längere Zeit erhöhten Temperaturen und Gasdrücke auf die Transporteigenschaften von Opalinuston und Bentonit untersucht werden. Anschliessend soll eine integrale Beurteilung der Gasfrage erfolgen.*

Im Juli 2007 reichte die KSA beim BFE den Projektantrag "Abfallbewirtschaftung im Vergleich" [10] ein (vgl. 2.5). Die Kommission schlägt darin u. a. vor, alternative Behältermaterialien zu evaluieren, welche zu einer Reduktion des Gefahrenpotenzials bei der geologischen Tiefenlagerung beitragen können.

#### *Aktueller Stand*

In seiner Verfügung zum Entsorgungsnachweis vom 28. Juni 2006 [8] nahm der Bundesrat die im Unterkapitel 2.5 zitierte, auf eine Empfehlung der KSA zurückgehende Auflage auf. Damit ist festgehalten, dass neben den zur Lagerung abgebrannter Brennelemente und verglasten hochaktiver Abfälle in geologischen Tiefenlagern vorgesehenen Stahlbehältern auch alternative Behälterwerkstoffe und/oder Behälterkonzepte evaluiert werden sollen.

Aus dem Geschäftsbericht 2006 der Nagra [16, S. 19] geht hervor, dass ein neues Programm zur Entwicklung der Lagerbehälter für verbrauchte BE und verglaste hochaktive Abfälle begonnen wurde. In einem ersten Schritt sollen die in Frage kommenden Behältermaterialien evaluiert werden. Die KSA begrüsst den Start dieses Programms.

#### *Empfehlung*

Um ausreichende Sicherheit der geologischen Tiefenlagerung zu gewährleisten und unnötige Verzögerungen bei der Entsorgung zu vermeiden, hält die KSA fest:

Die Empfehlung der KSA in ihrer Stellungnahme zum Entsorgungsnachweis betreffend Behältermaterialien soll möglichst rasch umgesetzt werden.

### **3 Entsorgungsforschung**

Im Kernenergiebereich wird auf verschiedenen Gebieten Forschung betrieben. Die KSA konzentrierte sich bei ihren Betrachtungen auf die Forschung in den Bereichen Entsorgung und Alterung. In diesem Kapitel äussert sich die Kommission zur Entsorgungsforschung der Nagra und der HSK sowie zur unabhängigen Grundlagenforschung im Bereich Entsorgung. Zur Forschung zum Thema Alterung wird auf Kapitel 8 verwiesen.

Die Nagra führt im Auftrag des Bundes und der Betreiber der Kernanlagen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Zusammenhang mit der Entsorgung radioaktiver Abfälle durch, oder

vergibt sie an ausgewählte Forschungsanstalten (insb. PSI und Uni Bern) sowie Ingenieurunternehmungen. Zudem gibt die HSK in beschränktem Umfang regulatorische Sicherheitsforschung im Bereich Entsorgung in Auftrag. Einzelne angewandte Untersuchungen zu gesellschaftlichen Aspekten wurden in jüngster Zeit vom BFE initiiert, das auch ein Programm für angewandte Forschung, mit dem die Aufsicht direkt unterstützt wird, erwägt. Für Entsorgungsforschung in nennenswertem Umfang, die von der Finanzierung der Betreiber unabhängig ist, stehen derzeit keine Finanzmittel zur Verfügung.

### 3.1 Forschung der Nagra

Die Nagra führt Forschungsarbeiten im Feld, im Labor sowie in den Felslaboratorien Grimsel und Mont Terri durch. Sie arbeitet dabei mit zahlreichen nationalen und internationalen Partnerorganisationen und Hochschulen zusammen.

#### *Anliegen der KSA*

In ihrer Stellungnahme zum Entsorgungsnachweis [7] gab die KSA folgende Empfehlungen zum Forschungsprogramm der Nagra ab (Diese Empfehlungen sind auch in Unterkapitel 2.1 Entsorgungsprogramm aufgeführt):

- *Die Nagra soll die im Rahmen der Beurteilung durch HSK, KNE, NEA-IRT und KSA aufgeworfenen Fragen, die Hinweise und Empfehlungen sowie den identifizierten Bedarf an Forschung und Entwicklung – begleitend zum Entsorgungsprogramm gemäss Art. 32 KEG und Art. 52 KEV – im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsprogramms weiter verfolgen. Besondere Bedeutung ist dabei der Frage der für die Lagerbehälter verwendeten Werkstoffe beizumessen.*
- *Im Rahmen des von den Abfallproduzenten vorzulegenden Entsorgungsprogramms soll ein Forschungs- und Entwicklungsprogramm erstellt werden, das regelmässig dem aktuellen Stand von Wissen und Technik angepasst wird und auch sozialwissenschaftliche Untersuchungen und Projekte umfasst.*

#### *Aktueller Stand*

Gemäss dem Geschäftsbericht 2006 der Nagra [16, S. 18] werden insbesondere für die Forschung zur Thematik der geochemischen Rückhalteprozesse und Transportmechanismen im Umfeld von hochradioaktiven Abfällen (HAA) Hinweise und Empfehlungen in den Stellungnahmen zum Entsorgungsnachweis berücksichtigt. Auch zu den Themen Evaluation von Behältermaterialien (vgl. 2.6) und Monitoring (vgl. 2.1) wurden entsprechende Projekte gestartet.

#### *Empfehlung*

Die KSA empfiehlt der HSK (resp. dem ENSI), dem BFE, der KNE und der KNS, die Umsetzung der Empfehlungen bezüglich Forschungs- und Entwicklungsprogramm der Nagra aktiv weiter zu verfolgen.

### 3.2 Regulatorische Sicherheitsforschung zur Entsorgung

*Im Rahmen der so genannten regulatorischen Sicherheitsforschung vergibt und koordiniert die HSK Forschungsaufträge mit dem Ziel, den aktuellen wissenschaftlich-technischen Kenntnisstand zu ermitteln, zu erweitern und für die Aufgaben der Aufsicht verfügbar zu machen [21]. Die HSK hat im Oktober 2004 ein Strategiepapier zur regulatorischen Sicher-*

heitsforschung herausgeben. Im Januar 2005 verabschiedete die KSA ihre Kommentare zu diesem Strategiepapier [22], an dessen Erarbeitung sie anfänglich beteiligt war.

#### *Anliegen der KSA*

In ihren Kommentaren begrüsst die Kommission die Erarbeitung einer Strategie für die regulatorische Sicherheitsforschung und deren Ausrichtung auf die in Betrieb stehenden Kernkraftwerke. Im Hinblick auf das weitere Vorgehen empfahl sie u. a. [40]:

- *die Forschungsergebnisse der vergangenen Jahre hinsichtlich ihres Nutzens für die Aufsichtsbehörde zu bewerten;*
- *die Forschung auf für die Sicherheit und das Interesse der Bevölkerung relevante Fragen zu konzentrieren;*
- *den voraussichtlichen Umgang mit den durch das KEG für die Aufsichtsbehörden neu eröffneten Möglichkeiten darzulegen;*
- *das Strategiepapier um einen Budget- und Kostenplan zu erweitern.*

Zum Themenbereich Umgang mit radioaktiven Abfällen und Stilllegung stellte die KSA fest [22]:

*Der Schwerpunkt der regulatorischen Forschung wird auf die Bereiche "geologische Tiefenlagerung" und "Stilllegung" gesetzt. Nach Meinung der KSA sind auch noch im Vorfeld der Tiefenlagerung wichtige Forschungsarbeiten ausstehend. Dazu gehören z. B. der Einfluss von hohen Abbränden auf Wirtsgestein und technische Barrieren, die Möglichkeiten zur Vermeidung organischer Matrixstoffe (vgl. 2.5) bei der Verfestigung radioaktiver Abfälle, die Herstellung von die Robustheit des Barrierensystems erhöhenden Abfallgebinden, das Verhalten der Hüllrohre abgebrannter Brennelemente bei sehr langer Zwischenlagerung in Lagerbehältern. Strategisch setzt die HSK auf andere Schwerpunkte. Im Bericht sollte nachvollzogen werden können, dass noch andere Forschungsaufgaben bestehen und weshalb die HSK diese nicht als Schwerpunkte betrachtet.*

Da die HSK die Unterstützung von einzelnen Forschungsprojekten mit der Aufrechterhaltung der entsprechenden Fachkompetenz in der Schweiz begründete, wies die KSA darauf hin, dass angesichts der beschränkten Ressourcen der Schweiz überlegt werden müsse, welche Fachkompetenz ausschliesslich mit eigenen Mitteln abgedeckt werden solle. Als Alternative bietet sich bilaterale und multilaterale Zusammenarbeit an.

#### *Aktueller Stand*

Die HSK nahm in ihren Kommentaren zum KSA-Tätigkeitsbericht 2005 zu den Empfehlungen der KSA Stellung und äusserte die Absicht, die Anregungen der KSA bei der nächsten Revision der Forschungsstrategie zu berücksichtigen. Der Umgang mit den durch das KEG gegebenen neuen Möglichkeiten und ein Budget- und Kostenplan würden bis zur Revision der Strategie künftig jeweils im Forschungs- und Erfahrungsbericht der HSK behandelt [23].

Die Forschungstätigkeiten der HSK zum Thema Beobachtung und Überwachung eines geologischen Tiefenlagers sind nach Auffassung der KSA nach wie vor ungenügend. Im Erfahrungs- und Forschungsbericht 2006 der HSK [24] ist nur eine Forschungsarbeit zu dem Thema beschrieben.

Seitens der HSK wird argumentiert, dass sich die HSK für vorhandene internationale Forschungsprogramme auf dem Gebiet der geologischen Tiefenlagerung interessiere, sich aufgrund der räumlichen Distanz jedoch nicht daran beteiligen könne. Die Ergebnisse der Arbeiten würden jedoch verfolgt.

### *Empfehlung*

Die KSA empfiehlt der HSK, die Forschung in den oben erwähnten – für die Sicherheit eines geologischen Tiefenlagers wichtigen – Bereichen zu verstärken.

## **3.3 Grundlagenforschung zur Entsorgung**

Für Grundlagenforschung im Bereich Entsorgung radioaktiver Abfälle stehen in der Schweiz derzeit im Wesentlichen nur finanzielle Mittel der Betreiber von Kernanlagen bereit.

### *Anliegen der KSA*

Die KSA vertritt die Meinung, dass sich die Entsorgungsforschung nicht nur auf die unmittelbaren Bedürfnisse der Entsorger und Behörden beschränken sollte, sondern auch grundsätzliche Aspekte im sozio-ökonomischen und naturwissenschaftlichen-technischen Bereich abdecken sollte. Die KSA reichte deshalb Ende Oktober 2006 ihren Vorschlag zur Schaffung eines Nationalen Forschungsprogramms im Bereich der Entsorgung radioaktiver Abfälle [25] ein. Ziel des Vorschlags ist die Schaffung eines Forschungsfonds und einer Programmorganisation mit folgenden Aufgaben:

- Förderung der innovativen, interdisziplinären und spezialisierten Erforschung von Grundfragen theoretischer und angewandeter Art zur Entsorgung radioaktiver Abfälle in geistes-, sozial-, natur- und ingenieur-wissenschaftlichen Gebieten.
- Förderung und Erhaltung des wissenschaftlichen Nachwuchses in diesen Gebieten.

### *Aktueller Stand*

Eine Antwort des BFE steht gegenwärtig noch aus.

### *Empfehlung*

Die KSA empfiehlt dem BFE, den Vorschlag zur Schaffung eines Nationalen Forschungsprogramms im Bereich der Entsorgung radioaktiver Abfälle zügig umzusetzen.

## **4 Buchhaltung über Kernmaterialien und radioaktive Abfälle**

Beim Betrieb von Kernanlagen werden Kernmaterialien verwendet und es entstehen neue. Ebenso entstehen dabei radioaktive Abfälle, welche zwischengelagert und in ein geologisches Tiefenlager eingebracht werden müssen. Dasselbe gilt für Kernmaterialien bzw. radioaktive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung (MIF). Sowohl radioaktive Abfälle als auch Kernmaterialien stellen eine Gefährdung dar. Die Kontrolle darüber ist deshalb notwendig.

### *Anliegen der KSA*

Nach Auffassung der KSA ist ein vollständiger und aktueller Überblick über alle radioaktiven Abfälle und Kernmaterialien aus Schweizer Kernanlagen im In- und Ausland für die Beurteilung von strategischen Aspekten im Bereich Entsorgung notwendig.

Die Nachvollziehbarkeit der Stoffflüsse der radioaktiven Abfälle und abgebrannten Brennstoffe inklusiv Stand der Wiederaufarbeitung von abgebrannten Brennelementen aus schweizerischen Kernkraftwerken in Sellafield und Verwendung des Plutoniums aus der Wiederaufarbeitung war Gesprächsthema beim zweiten Jahresgespräch mit swissnuclear im Jahr 2005.

Das Thema Vollständigkeit der Angaben zu den radioaktiven Abfällen in den Jahresberichten der Kernkraftwerke wurde 2005 auch mit der GSKL diskutiert. Die KSA ist der Ansicht, dass die Daten zu diesen Abfällen in den Jahresberichten ausgewiesen werden sollen, wie dies in der Richtlinie HSK-R-15 verlangt ist [39] [40].

#### *Aktueller Stand*

In Art. 72 Abs. 6 KEG ist festgehalten, dass die Aufsichtsbehörden eine Buchhaltung über alle Kernmaterialien und radioaktiven Abfälle führen, die sich im Besitz schweizerischer Bewilligungsinhaber befinden.

Die Daten zu den Kernmaterialien befinden sich beim BFE. Die Nagra führt ein zentrales Inventar über alle in der Schweiz produzierten und gelagerten Abfälle und Materialien [16, S. 12]. Im Aufsichtsbericht 2006 [12, S. 105] der HSK findet man eine geraffte Übersicht über die radioaktiven Abfälle in der Schweiz, die aber keine Angaben über die Abfälle im Ausland enthält. Die Berichte der Kernkraftwerke, des PSI und der ZWILAG enthalten zwar Angaben über radioaktive Abfälle im In- und Ausland, jedoch sind diese Angaben nicht einheitlich. Mit der sich in Überarbeitung befindenden Richtlinie HSK-B02 "Periodische Berichterstattung der Kernanlagen" sollen die Angaben der Kernkraftwerke vereinheitlicht werden. Danach ist gemäss Angaben der HSK der Aufbau einer eigenen Datenbank geplant, welche jederzeit eine vollständige Übersicht über die radioaktiven Abfälle der Schweizer Kernanlagen im In- und Ausland erlaubt. Die KSA erwartet, dass die Anforderungen des Art. 72 Abs. 6 KEG möglichst rasch umgesetzt werden.

Gemäss ihrem Jahresbericht befasste sich die AGNEB 2006 mit dem Thema [26]. Genauere Angaben über den aktuellen Stand sind aus dem Bericht jedoch nicht ersichtlich.

#### *Empfehlungen*

- Die KSA empfiehlt den Aufsichtsbehörden die Anforderungen des Art. 72 Abs. 6 KEG betreffend die Führung einer Buchhaltung über die radioaktiven Abfälle in der Schweiz und im Ausland möglichst rasch zu erfüllen, so dass jederzeit ein aktueller und vollständiger Überblick über das Abfallinventar möglich ist.
- Die KSA empfiehlt der KNS, das Thema Buchhaltung über Kernmaterialien und radioaktive Abfälle weiterhin aktiv mitzuverfolgen.

## **5 Strahlenschutz und Notfallschutz**

### **5.1 Operationeller Strahlenschutz**

#### *Aktueller Stand*

Die KSA stellt fest, dass der operationelle Strahlenschutz in den Schweizer Kernanlagen seit Jahren auf einem konstant hohen Niveau liegt. Dies ist vor allem auf das Inkrafttreten der Strahlenschutzgesetzgebung im Jahr 1994 zurückzuführen, welche nachhaltig zu einer wesentlichen Reduktion der Jahreskollektivdosen beigetragen hat. Die Anstrengungen der Betreiber und die konsequente Aufsicht der HSK haben dazu geführt, dass die Jahreskollektivdosen in den vergangenen Jahren klar unter den weltweiten Durchschnittswerten vergleichbarer Anlagen lagen [36] bis [41].

### *Schlussfolgerung und Empfehlung*

Nach Ansicht der KSA wird die Herausforderung für die Zukunft sein, das gute Niveau im operationellen Strahlenschutz zu halten.

Die KSA empfiehlt der KNS, den Strahlenschutz in den Schweizer Kernkraftwerken auch weiterhin zu beachten.

## **5.2 Radioaktive Abgaben an die Umwelt**

Durch den Betrieb von Kernkraftwerken werden mit dem Abwasser und der Abluft geringe Aktivitäten in Form von Edelgasen, Aerosolen, Tritium und Iod an die Umwelt abgegeben. Im Gegensatz zu den Edelgasabgaben können die Abgaben mit dem Abwasser zu einem unerwünschten Aufkonzentrieren von Radionukliden in der Umwelt, d.h. im Meer führen. Die KSA befasste sich im Zusammenhang mit ihrer Stellungnahme zur Betriebsbewilligung des KKB 2 [5] intensiv mit dem Thema.

### *Anliegen der KSA*

Das von der Schweiz unterzeichnete OSPAR-Abkommen zum Schutze des Nordostatlantiks hat unter anderem zum Ziel, die Einleitung von radioaktiven Stoffen in den Nordostatlantik möglichst gering zu halten.

Im KKB lagen die Aktivitätsabgaben über das Abwasser im betrachteten Zeitraum von 1992 bis 2001 grösstenteils über jenen der europäischen Vergleichsanlagen und um ca. drei Zehnerpotenzen über jenen des KKG. Nach Ansicht der KSA wurde im KKB offensichtlich nicht die beste verfügbare Technik zur Abwasserreinigung eingesetzt. Die KSA empfahl in ihrer Stellungnahme vom März 2004 zur Betriebsbewilligung des KKB 2 deshalb die Reduktion der Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser sowie die Senkung der entsprechenden Abgabelimite:

*In der Auflage 3.2 der Betriebsbewilligung aus dem Jahr 1994, die auch in die neue Betriebsbewilligung aufgenommen werden muss, ist der Wert für die Jahresabgabelimite für Abwässer ohne Tritium, bezogen auf den LE<sup>3</sup> von 200 Bq/kg, von  $4 \cdot 10^{11}$  auf  $1 \cdot 10^{10}$  Bq zu senken.*

### *Aktueller Stand*

Die Empfehlung der KSA zur Reduktion der Abgabelimite wurde vom Bundesrat in seiner Verfügung vom 3. Dezember 2004 [6] – mit welcher er dem KKB 2 den unbefristeten Betrieb bewilligte – nicht berücksichtigt.

Jedoch verlangte der Bundesrat u. a. in seinen Auflagen, die radioaktiven Abgaben mit dem Abwasser bis zum Jahr 2007 mindestens auf den Medianwert der europäischen Druckwasserreaktoren zu senken. Als Folge werden im KKB – nach einer erfolgreichen Versuchsphase im Jahr 2006 – seit 2007 radioaktive Abwässer zusätzlich mit einer Querstrom-Nanofiltrationsanlage gereinigt, wodurch die Aktivitätsabgaben (ausser Tritium) um ca. einen Faktor 100 reduziert werden. Damit ist die Auflage des Bundesrats erfüllt.

### *Empfehlung*

Die KSA empfiehlt der KNS, das Thema radioaktive Abgaben der Kernanlagen an die Umwelt weiterhin zu verfolgen.

---

<sup>3</sup> LE: Nuklidspezifische Freigrenze gemäss Strahlenschutzverordnung (StSV) Anhang 3 (Exemption limit)

### 5.3 Notfallschutz

Die Entwicklungen im Notfallschutz stellten in den letzten Jahren ein Schwerpunktthema dar. Die KSA konnte aufgrund der Gesamtnotfallübungen der letzten Jahre feststellen, dass die HSK über eine gut funktionierende und fachkompetente Notfallorganisation verfügt. Ende 2004 schickte die KomABC ihre überarbeitete Richtlinie "Anforderungen an den Notfallschutz in der Umgebung von Kernanlagen" in die Vernehmlassung. In ihren Kommentaren zum revidierten Notfallschutzkonzept [27] bestätigte die KSA diverse Verbesserungen, identifizierte jedoch auch weiteres Verbesserungspotenzial.

Ab Ende 2005 befasste sich der zuständige Fachausschuss mit den von der HSK überarbeiteten Referenzszenarien für den Notfallschutz in der Umgebung der schweizerischen Kernkraftwerke. Mit Vertretern der HSK wurde die Frage diskutiert, inwieweit sehr schwere Erdbeben in den Referenzszenarien zu berücksichtigen seien. Ein weiteres Thema in diesem Zusammenhang waren die Resultate der PEGASOS<sup>4</sup>-Studie, welche eine Neueinschätzung der Erdbebengefahr für die KKW-Standorte in der Schweiz zum Ziel hatte. Ab 2006 befasste sich der zuständige Fachausschuss zudem mit dem vom Bund entwickelten Einsatzkonzept für den Fall eines schweren Erdbebens und verglich dieses mit dem Konzept für den Notfallschutz in der Umgebung der Kernanlagen der KomABC. Er stellte dabei fest, dass die beiden Konzepte von unterschiedlichen Voraussetzungen ausgehen. Im Juni 2007 fand schliesslich zu dem Thema ein Gespräch mit Vertretern der NAZ, der KomABC, der HSK und der KSA statt [41].

#### *Anliegen der KSA*

- 2005: In ihrer Stellungnahme zum Notfallschutzkonzept der KomABC begrüsst die KSA diverse Änderungen. Für eine weitere Verbesserung empfahl sie [40]:
  - *die Schaffung einer geeigneten Führungsstruktur mit entsprechenden Kompetenzen auf Bundesebene,*
  - *die Verwendung von alternativen Mitteln bei der Alarmierung einzelner Sektoren der Zone 2,*
  - *das Überprüfen der Notfallschutzplanung bei den grenznahen Anlagen im Hinblick auf eine Angleichung der Schutzmassnahmen auf beiden Seiten der Grenze,*
  - *die Berücksichtigung der Wolkenphase bei Unfällen in ausländischen Kernkraftwerken.*

*Im Übrigen legte die KSA grossen Wert darauf, dass das Notfallschutzkonzept auf Stufe Bundesratsverordnung festgelegt und dafür gesorgt wird, dass auf allen Ebenen Mittel zur Umsetzung des Konzepts zur Verfügung stehen.*

- Die KSA vertritt die Meinung, dass sehr schwere Erdbeben in den Referenzszenarien für den Notfallschutz ebenfalls berücksichtigt werden müssten, da sie einen wesentlichen Beitrag zum Risiko, das von Kernanlagen ausgeht, leisten.

Beim Vergleich der beiden Konzepte stellte die Kommission fest, dass im Konzept für den Notfallschutz in der Umgebung der Kernanlagen mit geordneten Verhältnissen gerechnet wird, während beim Einsatzkonzept für den Fall eines Erdbebens in der Schweiz die Bewältigung einer chaotischen, unübersichtlichen Situation im Vordergrund steht. Zudem sind in den beiden Konzepten unterschiedliche Verantwortlichkeiten für den Notfallschutz festgelegt.

---

<sup>4</sup> Probabilistische Erdbeben-Gefährdungs-Analyse für die KKW-Standorte in der Schweiz

Es ist deshalb ein Anliegen der KSA, zu überprüfen, ob die Vorbereitung auf ein sehr schweres Erdbeben, das zu erheblichen radiologischen Auswirkungen bei Kernkraftwerken führen könnte, ausreichend ist.

Die Kommission empfahl zudem, die Resultate der PEGASOS-Studie möglichst rasch zu veröffentlichen.

### *Aktueller Stand*

Die Empfehlungen der KSA zum Notfallschutzkonzept der KomABC wurden nicht berücksichtigt.

Anfang Juni 2007 wurde unter Anwesenheit von Vertretern der HSK, der KomABC und der NAZ beschlossen, eine Gesamtnotfallübung zum Thema Erdbeben durchzuführen. Durch diese Gesamtnotfallübung sollen die beiden Konzepte auf ihre Tauglichkeit überprüft und allfällige Defizite aufgezeigt werden.

Gemäss HSK werden die Schweizer Kernkraftwerke nachgerüstet, um die Erdbebensicherheit zu verbessern.

Der Bericht Neubestimmung der Erdbebengefährdung an den Kernkraftwerkstandorten in der Schweiz (Projekt PEGASOS) [28] wurde von der HSK Ende Juni 2007 veröffentlicht.

### *Empfehlungen*

- Es soll möglichst bald eine Gesamtnotfallübung zum Thema Erdbeben durchgeführt werden. Falls dabei Defizite im Konzept für den Notfallschutz in der Umgebung der Kernanlagen oder im Einsatzkonzept für den Fall eines Erdbebens in der Schweiz identifiziert werden, soll dieses entsprechend angepasst werden.
- Die Empfehlungen der Stellungnahme zum revidierten Notfallschutzkonzept sollen von der KomABC bei der nächsten Revision des Konzepts für den Notfallschutz in der Umgebung der Kernanlagen berücksichtigt werden.

## **6 Kernbrennstoffe**

Brennelementtechnik und Werkzeuge für Brennstoff- und Kernauslegung haben sich im Laufe der letzten zehn Jahre rasant weiterentwickelt. Seit 1980 ist der Entladeabbrand in Leichtwasserreaktoren etwa um 1 MWd/kgSM pro Jahr gestiegen. Ausserdem werden viele Anlagen, insbesondere in den USA, heute in viel längeren als den ursprünglichen Einjahres-Brennstoffzyklen betrieben. Schliesslich wurde in allen Schweizer Druckwasserreaktoren Uran-Plutonium-Mischoxid-(MOX)-Brennstoff eingesetzt. Die KSA hat sich deshalb mit der Frage beschäftigt, wie sich Hochabbrand und MOX-Einsatz auf Anlagenbetrieb und Störfallanalysen sowie auf Zwischenlagerung und geologische Tiefenlagerung der abgebrannten Brennelemente auswirken. Zur Ermittlung des aktuellen Stands der Technik liess sie eine Studie erstellen [45].

Im Druckwasserreaktor war die Entwicklung nur dank der Einführung neuer Hüllrohrmaterialien mit stark verbessertem Korrosionsverhalten möglich. Die Auswirkungen der Abbranderhöhung auf die Hüllrohrkorrosion werden durch den Einsatz dieser modernen Werkstoffe mehr als kompensiert. Noch ausstehend ist der zweifelsfreie Nachweis, dass die neuen Materialien die RIA-Kriterien<sup>5</sup> auch bei hohem Abbrand erfüllen.

---

<sup>5</sup> RIA: Reactivity Initiated Accident (auch: Reactivity Insertion Accident)  
Schnelle Reaktivitätsänderung infolge von Steuerstabausfall im Siedewasserreaktor bzw. Steuerstabauswurf im Druckwasserreaktor

Auch die Materialien für Siedewasserreaktor-Brennelemente wurden weiterentwickelt. Von grösserer Bedeutung war hier jedoch die Optimierung der mechanischen, thermohydraulischen und nuklearen Brennelementauslegung, beispielsweise durch Erhöhung der Anzahl Brennstäbe pro Brennelement, durch die Einführung teillanger Stäbe, durch bessere Verteilung des Moderators innerhalb des Bündels und durch ausgeklügelte Verbesserungen an den Abstandshaltern.

Die rasche Entwicklung von Programmen für Brennelementauslegung sowie Kernauslegung und -überwachung hat dazu geführt, dass die Genauigkeit der Analysen markant verbessert wurde. Dies war u. a. möglich dank viel grösserer verfügbarer Rechnerleistung sowie dank markant verbreiteter Datenbasis aus Nachbestrahlungsuntersuchungen bestrahlten Brennstoffs und aus Versuchsanlagen mit verbesserten Steuerungs- und Datenerfassungsmöglichkeiten.

Der Einsatz von Uran-Plutonium-Mischoxidbrennstoff im Leichtwasserreaktor bis zu einem mittleren Stababbrand von etwa 60 MWd/kgSM hat sich durchgesetzt. Dieser Brennstoff verhält sich im Normalbetrieb nicht wesentlich anders als Uranbrennstoff. Für den Hochabbrandeinsatz muss das Brennstoffverhalten noch besser charakterisiert werden, insbesondere betreffend der Entwicklung der Hochabbrandstruktur des Brennstoffs sowie der Bedeutung der gegenüber dem Uranbrennstoff signifikant höheren Heliumproduktion. Auch das Verhalten unter RIA-Bedingungen bei hohem Abbrand muss noch geklärt werden.

Bei der geologischen Tiefenlagerung ist insbesondere die im Vergleich zu Uranbrennstoff viel höhere Nachzerfallswärmeleistung von MOX zu beachten. Dies stellt zwar die geologische Tiefenlagerung abgebrannter MOX-Brennelemente nicht grundsätzlich infrage. Um die Sicherheitsfunktion von Verfüllmaterial und Wirtsgestein nicht zu gefährden, können jedoch die Einlagerungsbehälter nur teilweise beladen werden oder der Abstand zwischen den einzelnen Behältern muss vergrössert werden. Insbesondere der MOX-Einsatz führt, bezogen auf die Menge des einzulagernden Brennstoffs, zu höheren Entsorgungskosten.

#### *Anliegen und Empfehlungen der KSA*

Die KSA nimmt zur Kenntnis, dass das Korrosionsverhalten der Brennstabhüllrohre dank Weiterentwicklungen in der Materialtechnik erheblich verbessert worden ist. Die KSA stellt aber auch fest, dass gleichzeitig der Entladeabbrand bei den meisten schweizerischen Kernkraftwerken auf Werte gesteigert worden ist, die im internationalen Vergleich hoch liegen. Die in diesem Zusammenhang geleistete praktische Entwicklungsarbeit ist zwangsläufig mit einer gewissen, wenn auch geringfügigen, Erhöhung der Unsicherheiten beim betrieblichen Verhalten verbunden. Im Fall eines – zwar sehr unwahrscheinlichen – schweren Unfalls ist bei einem Hochabbrandkern mit ungünstigeren Auswirkungen zu rechnen. Ausserdem ergeben sich aus dem Hochabbrand für die Entsorgung zwar kleinere Abfallmengen, aber höhere Anforderungen aufgrund der veränderten Nuklidzusammensetzung, u. a. auch eine längere Zwischenlagerung. Die KSA empfiehlt, diese Aspekte bei Abbranderhöhungen und beim Einsatz von MOX zu berücksichtigen.

## **7 Elektro- und Leittechnik**

Die KSA hat sich im Jahr 2007 intensiv mit dem Zwischenfall vom 25. Juli 2006 im Kernkraftwerk Forsmark 1 (Schweden) befasst und dazu einen Bericht zuhanden des BFE verfasst [42]. Dieser Zwischenfall betraf aus technischer Sicht schwergewichtig elektrotechnische Aspekte. In ihrem Bericht hat die KSA zuhanden der verschiedenen Akteure im Bereich Kernenergie u. a. auch einige Empfehlungen zum Bereich Elektro- und Leittechnik abgegeben. Diese werden zum Teil nachfolgend wieder aufgegriffen.

## 7.1 Spannungstransienten im Bereich des Netzanschlusses

Eine wichtige Erkenntnis war, dass Spannungstransienten bzw. Überspannungen, die grösser ausfallen als bei der Auslegung der Kraftwerksanlage unterstellt, unerwartete Folgen haben können. Die KSA hat folgende Empfehlung abgegeben [42, 2. Empfehlung 5.1.4]:

*Mit Blick auf das Potenzial für Common-cause-Fehler, das von Störungen in der Eigenbedarfsversorgung ausgeht, empfahl die KSA, die für die Störungen in der Eigenbedarfsversorgung zu unterstellende maximale Spannungstransiente nach konservativen Grundsätzen neu zu überprüfen und allenfalls neu festzulegen. Im Fall einer Neufestlegung soll sichergestellt werden, dass die für die Sicherheit massgebenden elektrotechnischen Komponenten so ausgelegt sind, dass sie im Rahmen der zu unterstellenden Spannungstransiente korrekt funktionieren und bei deren Überschreiten sicherheitsgerichtete Systemreaktionen auslösen.*

## 7.2 Rückwirkungen aus dem Netz und liberalisierter Strommarkt

Auslöser für den Zwischenfall von Forsmark war eine Fehlhandlung während Instandhaltungsarbeiten durch die schwedische Netzbetriebsgesellschaft in der 400-kV-Schaltanlage. Die notwendige Koordination von Arbeiten in der Schaltanlage mit dem KKW-Betrieb wird durch die Trennung von Netz- und Produktionsgesellschaft nicht erleichtert. Diese Trennung wird im Zug der Neuorganisation des Strommarktes auch in der Schweiz eingeführt. Diese Neuorganisation kann über den Netzanschluss eines KKW dessen sicheren Betrieb beeinflussen.

### *Anliegen der KSA*

Die KSA hat folgende Empfehlung abgegeben [42, Empfehlung 5.4]:

*Im Zusammenhang mit der Verselbständigung des Übertragungsnetzes ist sicherzustellen, dass*

- Betrieb und Unterhalt der Schaltanlage zwischen Kernkraftwerk und Netzbetreiber sicherheitsgerichtet koordiniert sind;
- der Netzbetreiber die speziellen Anforderungen der nuklearen Anlagensicherheit beim Betrieb der Netzanschlüsse der Kernkraftwerke mit Priorität berücksichtigt.

### *Aktueller Stand*

Die vom europäischen Netzverbund UCTE vorgegebenen Regeln werden die Organisationsstruktur und die Verantwortungen für das Übertragungsnetz der Schweiz ab 2008 wesentlich beeinflussen. Bei den vorgesehenen massiven Veränderungen besteht die Gefahr, dass bisher verankerte Verantwortungen undefiniert verschoben werden. Vermisst werden klare Vorgaben, die während des Umstrukturierungsprozesses der Sicherheit (Netz und KKW) Priorität geben.

### *Empfehlung*

Insbesondere für die Phase des Umstrukturierungsprozesses sind klare Vorgaben erforderlich, welche der Sicherheit des Netzbetriebs und der Netzanbindung der Kernkraftwerke die erforderliche Priorität geben.

### 7.3 Verfügbarkeit von Notstromanlagen

Beim Zwischenfall von Forsmark lag eine Nichtverfügbarkeit der Notstromversorgung in zwei von vier Strängen der Sicherheitssysteme vor. Auch aus den schweizerischen Kernanlagen wurden und werden Funktionsstörungen an Notstromdieseln gemeldet, die bei den regelmässigen Funktionsprüfungen auftreten und als Nichtverfügbarkeit im Anforderungsfall zu bewerten sind.

#### *Anliegen der KSA*

Aufgrund der Beobachtung, dass Notstromdieselanlagen von KKW bei Funktionsprüfungen relativ hohe Nichtverfügbarkeiten aufweisen, regt die KSA an, die Konzeption der Notstromversorgung von KKW grundsätzlich zu hinterfragen. Da als Begründung für die Ausfallhäufigkeit oft angegeben wird, das Gesamtsystem eines Notstromdiesels sei wegen der zahlreichen Nebensysteme recht komplex, müsste in erster Linie ein Abbau von Komplexität gesucht werden (z.B. einfachere Prozessführung unter Inkaufnahme schlechterer Wirkungsgrade; auch andere und neuartige Lösungsansätze). Neue KKW sollten so ausgelegt werden, dass möglichst geringe Anforderungen an die Notstromversorgung (z.B. bezüglich Leistung, Schnellstart, Notwendigkeit des Einsatzes) gestellt werden können.

Die KSA empfahl deshalb [42, Empfehlung 5.5]:

*Möglichkeiten zur deutlichen Senkung der Anzahl Nichtverfügbarkeiten von Notstromanlagen sollen in grundsätzlicher Art untersucht werden.*

### 7.4 Rechnerbasierte Leittechnik

Aufgrund der allgemeinen Entwicklung in der Mess-, Steuer- und Regeltechnik werden bei Ersatzbedarf die bisherigen dezentralen Einrichtungen zur Verarbeitung und Anzeige von Signalen zunehmend durch rechnergestützte Informationssysteme mit Bildschirmanzeigen ersetzt. Dabei werden Rechner eingesetzt, die beim heutigen Stand der Digitaltechnik im Prinzip je einzeln eine Grosszahl von Signalen in Quasi-Echtzeit verarbeiten können und die resultierenden Grössen über flexibel einsetzbare Bildschirme ausgeben.

Im Zusammenhang mit der Diskussion über neue Reaktorkonzepte wurde auch das Ziel einer Vereinfachung der Anlagen formuliert. Damit soll die Übersicht erleichtert und die Instandhaltung vereinfacht werden, was tendenziell der Erhaltung einer hohen Sicherheit dient. Aus Sicht der Leittechnik bietet der Einsatz von Lichtwellenleitern und Multiplextechnik bei der Übertragung von Mess- und Steuersignalen eine Möglichkeit, die Anzahl Signalkabel wesentlich zu reduzieren und die unter dem Begriff "elektromagnetische Verträglichkeit" (EMV) bekannte Problematik zu minimieren.

#### *Anliegen der KSA*

In Industrie- und Office-Applikationen ist der Einsatz digitaler Systeme Stand der Technik. Die KSA hat in der Vergangenheit den Einsatz von solcher rechnerbasierter Technik (Mikroprozessoren) unterstützt, da sie Vorteile bringt wie Selbstüberwachung und geringe Alterung. Aufgrund von negativen Eigenschaften, wie das Potenzial für Common-cause-Fehler, zusätzlichen aktiven Komponenten im Signalpfad, Notwendigkeit einer nicht immer einfachen Software-Qualifikation, schwierigerer gesicherter Stromversorgung (Wechselstrom) und Kurzlebigkeit von office-basierten Lösungen hat sie aber auch zur Vorsicht gemahnt.

### *Aktueller Stand*

Mit der HSK-Richtlinie R-46 sind die in den schweizerischen Kernkraftwerken momentan in Frage kommenden Anwendungen rechnerbasierter Technik abgedeckt. Der Stand der Technik entwickelt sich aber sehr rasch. Die Entwicklung internationaler Normen mag diesem Rhythmus in der Regel nicht folgen, womit der Einsatz durchaus sinnvoller Technik oft erst verzögert erfolgt. Die KSA empfiehlt der KNS zu verfolgen, ob Herstellerindustrie und Normierungsgremien im Stande sind, diese Problematik sicherheitsgerichtet zu lösen.

## **8 Alterung und Instandhaltung**

### **8.1 Einleitung**

Die Alterung einer Kernanlage manifestiert sich sowohl in der Alterung der Werkstoffe als auch in der technologischen Alterung des Konzepts der Gesamtanlage bzw. von einzelnen Komponenten und Ausrüstungen. Mit zunehmender Betriebsdauer kommt der Alterung aus Sicht der Sicherheit eine immer grössere Bedeutung zu.

Systematische und zweckmässige Prüf- und Instandhaltungsprogramme können zwar die Materialalterung nicht verhindern, aber mit ausreichender Zuverlässigkeit gewährleisten, dass die Sicherheit einer Anlage nicht unbemerkt durch Alterungsphänomene in unzulässigem Masse beeinträchtigt ist. Komponenten, deren Alterung entsprechend weit fortgeschritten ist, müssen vorbeugend ersetzt werden. Prominentes Beispiel dafür ist etwa der Ersatz der Dampferzeuger in den beiden Blöcken des Kernkraftwerks Beznau. Allerdings lassen sich gewisse sicherheitsrelevante Komponenten eines Kernkraftwerks nur schwer oder gar nicht ersetzen. Fortgeschrittene Materialalterung bei sicherheitstechnisch wichtigen Komponenten kann deshalb zur definitiven Ausserbetriebnahme eines Kernkraftwerks führen.

Der technologischen Alterung unterliegen einerseits das Anlagenkonzept und andererseits auch einzelne Ausrüstungsteile, sodass beispielsweise deren Instandhaltung zu aufwendig wird, das dafür erforderliche Know-how nicht mehr verfügbar ist oder keine Ersatzteile mehr erhältlich sind. Auch der technologischen Alterung kann begegnet werden. Dies erfolgt mit Nachrüstungen, sei es, indem Komponenten und Ausrüstungen, die nicht mehr dem Stand der Technik entsprechen, durch solche neuester Bauart ersetzt werden, oder, sei es, indem die Anlage mit zusätzlichen Komponenten und Ausrüstungen ergänzt wird. Prominente Beispiele für Letzteres sind die Nachrüstungen der Kernkraftwerke Beznau und Mühleberg mit Notstandssystemen (NANO bzw. SUSAN). Auch hier sind in der Praxis Grenzen gesetzt: Das Grundkonzept einer Anlage kann nicht mehr geändert und dem Stand der Technik angepasst werden.

### **8.2 Alterungsüberwachungsprogramm**

#### *Entwicklung der Thematik*

Bereits 1991 hielt die HSK in Briefen an die Betreiber fest, dass sie bei den Kernkraftwerken im Hinblick auf die Gewährleistung der Sicherheit die Erstellung eines Alterungsüberwachungsprogramms (AÜP) als dringlich erachte.

Im Jahre 1993 verfasste dann die KSA ein Grundlagenpapier mit dem Titel "Alterung von Kernkraftwerken", in welchem sie u. a. Folgendes empfahl [35]:

- Die HSK soll sich anhand internationaler Programme über generische Aspekte von AÜP auf dem Laufenden halten und jeden Betreiber zur Entwicklung eines an die Besonderheiten seiner Anlage angepassten Programms anhalten.
- Die KSA unterstützt die Absicht der HSK, die schweizerischen Kernkraftwerke in Zehnjahresintervallen einer systematischen Sicherheitsprüfung zu unterziehen. Basierend auf den Vorstellungen einiger anderer Länder empfiehlt sie, dabei jeweils sowohl die Auswirkungen der Materialalterung auf die Sicherheit zu überprüfen als auch die technologische Alterung gegenüber dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik zu bewerten.
- Die HSK soll die Programme für Wiederholungsprüfungen und wiederkehrende Funktionsprüfungen in Fünfjahresintervallen vor dem Hintergrund der beobachteten und zu erwartenden Alterungsphänomene unter Beachtung der Sicherheit und des Strahlenschutzes überprüfen.
- Werdegang, Lebenslauf und Zustand der Komponenten und Ausrüstungen sollen in einer Dokumentation festgehalten werden.
- Die AÜP sollen entsprechend dem fortschreitenden Stand von Wissenschaft und Technik im Bereich Werkstofftechnologie sowie der Betriebserfahrungen laufend weiterentwickelt werden.
- Aufsichtsbehörde und Betreiber sollen internationale Forschungsprogramme, in welchen Alterungsvorgänge untersucht werden, verfolgen und sich daran auch beteiligen.

In ihrer Stellungnahme vom März 2004 betreffend Aufhebung der Befristung der Betriebsbewilligung KKB 2 [5] widmete die KSA einen grösseren Abschnitt dem Thema Alterungsüberwachung und leitete eine Auflagenempfehlung ab. Diese betraf u. a. folgende Aspekte:

- Berücksichtigung des internationalen Stands der Technik hinsichtlich Systematik und Methodik;
- konkretere Aussagen zur Restlebensdauer;
- Errichtung einer zentralen Datenbasis;
- Rückfluss von Erkenntnissen aus den AÜP in die Prüf- und Instandhaltungsprogramme.

Die entsprechende Auflagenempfehlung wurde in der Betriebsbewilligung für KKB 2 [6] nicht berücksichtigt. Wesentliche Bestimmungen betreffend AÜP wurden aber dann in Art. 35 der KEV aufgenommen und die Aufsichtsbehörden angewiesen, Methoden und Umfang der Alterungsüberwachung in Richtlinien zu regeln.

Im Juni 2004 nahm die KSA im Rahmen der Vernehmlassung zum Richtlinienentwurf HSK-R-51 "Alterungsüberwachung für mechanische und elektrische Ausrüstungen sowie Bauwerke und Gebäude in Kernanlagen" Stellung [49]. Dabei sprach sie folgende grundsätzlichen Punkte an:

- Die behördlichen Anforderungen an das AÜP sollten nicht primär an der aktuellen Ausgestaltung der AÜP in den schweizerischen Kernkraftwerken orientiert sein, sondern den sich aus den aktuellen Erkenntnissen abgeleiteten Anforderungen entsprechen.
- Die Ergebnisse der Alterungsüberwachung sollten gegebenenfalls Auswirkungen auf die Instandhaltungs- und Prüfprogramme haben und umgekehrt.

Da die älteren Kernkraftwerke in wenigen Jahren ihre Auslegungslebensdauer erreichen, sollte die AÜP-Dokumentation auch Aussagen über die voraussichtliche Restlebensdauer zumindest der schwer bzw. nicht ersetzbaren sicherheitsrelevanten Komponenten enthalten.

### *Aktueller Stand*

Heute sind Alterungsüberwachungsprogramme in allen schweizerischen Kernkraftwerken etabliert und von der Aufsichtsbehörde überprüft.

Die HSK will die Handhabung der Alterungsüberwachungsprogramme (AÜP) grundsätzlich überdenken: Ziel ist eine weitere Systematisierung der Vorgehensweise und eine bessere Integration in die Tätigkeit der Kernkraftwerke. Konkreten Handlungsbedarf sieht die HSK bei der laufenden Aufdatierung des Katalogs der Alterungsmechanismen. Schwierigkeiten ergeben sich für die Aufsichtsbehörde beim Nachvollzug der einzelnen, von den KKW vorgenommenen Beurteilungen, da die vollständigen Unterlagen nur in den Kernkraftwerken eingesehen werden können, der HSK aber nicht im eigenen Hause zur Verfügung stehen. Fragen ergeben sich auch bezüglich Rückführung von Erkenntnissen aus der Instandhaltung (Wartung, Prüfungen) in die Vorgaben der AÜP und umgekehrt von (neuen) Erkenntnissen im Bereich Alterung in die Instandhaltung.

Gemäss Angaben der GSKL-Arbeitsgruppe AÜP ist eine Überarbeitung des Katalogs der Alterungsmechanismen in Gang.

### *Schlussfolgerungen und Empfehlungen*

Die AÜP sind den sich ändernden Situationen in den älter werdenden Anlagen laufend anzupassen und damit nie abschliessend. Mit zunehmendem Alter gewinnt zudem die Alterungsüberwachung an Bedeutung für die Sicherheit. Die KSA begrüsst deshalb, dass die HSK die AÜP-Konzepte für die schweizerischen Kernanlagen überdenken will.

Die KSA empfiehlt der KNS, der Alterung der schweizerischen Kernkraftwerke weiterhin Beachtung zu schenken und dabei insbesondere auf folgende Punkte zu achten:

- Die statistische Datenbasis soll durch Einbezug von Daten aus andern Kernkraftwerken und aus nicht nuklearen Anwendungen erweitert werden.
- Die Ergebnisse der Alterungsüberwachung sollen bei den Prüf- und Instandhaltungsprogrammen berücksichtigt werden und umgekehrt.
- Die Leitfäden sollen in zweckmässigen Intervallen unter Berücksichtigung des Stands von Wissenschaft und Technik überarbeitet und die Steckbriefe entsprechend der Sicherheitsrelevanz der Komponenten bzw. Systeme und der identifizierten Alterungsprozesse periodisch nachgeführt werden.
- Zur Ermittlung der Restlebensdauer von Komponenten, die für die Sicherheit zentral sind, soll ein Forschungsprogramm durchgeführt werden.

## **8.3 Instandhaltung und Funktionsprüfungen**

Instandhaltungsarbeiten und Funktionsprüfungen sind einerseits wichtig für die Aufrechterhaltung des Sicherheitsniveaus, weil sie eine hohe Verfügbarkeit der Systeme gewährleisten, was insbesondere für die Sicherheitssysteme von grosser Bedeutung ist. Andererseits sind sie aber auch mit Risiken verbunden, weil die Systeme während den Instandhaltungsarbeiten nicht zur Verfügung stehen und die sich mit diesen Arbeiten verbundenen Eingriffe auf in Betrieb stehende Systeme auswirken können. Zusätzlich erhöhen mögliche Fehlhandlungen durch das ausführende Personal das mit Instandhaltungsarbeiten verbundene Risiko. Aus diesem Grund werden Unterhaltsarbeiten an den sicherheitsrelevanten Systemen in der Regel in den Revisionsstillständen ausgeführt. Eine Ausnahme bildet der Unterhalt von mehrsträngig ausgelegten Sicherheitssystemen, welche auch bei Ausserbetriebnahme eines Strangs das Einzelfehlerkriterium noch erfüllen.

### *Entwicklung der Thematik*

Die im Verlaufe der Jahre in den schweizerischen Kernkraftwerken entwickelten Funktionsprüfprogramme haben einen ausgereiften Stand erreicht und können bei den gegebenen Anlagendesigns nicht mehr wesentlich verbessert werden.

In den letzten Jahren war im Zuge der Verkürzung der Jahresrevisionsstillstände die Tendenz festzustellen, Instandhaltungsarbeiten und Funktionsprüfungen bei wichtigen Betriebssystemen in den Leistungsbetrieb zu verschieben. Die KSA hat darauf in Tätigkeitsberichten [38] [39] aufmerksam gemacht und die Thematik auch mit den Leitern der schweizerischen Kernkraftwerke besprochen [40].

Dass diese Tendenz das Auftreten von Vorkommnissen fördern kann, zeigen u. a. Vorkommnisse im Kernkraftwerk Beznau (2004) und im Kernkraftwerk Leibstadt (2007). Dass sich auch Instandhaltungsarbeiten an den Verbindungsanlagen zum Hochspannungsnetz (Schaltanlage) negativ auswirken können, zeigt der Zwischenfall von Forsmark im Jahre 2006 [42].

### *Empfehlung*

Im Sinn des Grundsatzes "Sicherheit hat höchste Priorität" empfiehlt die KSA:

Die Instandhaltungsarbeiten sollen grundsätzlich in jener Betriebsphase durchgeführt werden, in der die mit ihnen verbundene Risikoerhöhung am geringsten ist. Für Funktionsprüfungen ist aus sicherheitstechnischer Sicht in der Regel eine hohe Periodizität und Vollständigkeit wünschenswert; dagegen abzuwägen sind allfällige nachteilige Wirkungen für Personal (z.B. Strahlenbelastung) und Ausrüstung (z. B. Verschleiss infolge häufiger Betätigung).

## **8.4 Qualifizierung von Wiederholungsprüfungen**

Mit Wiederholungsprüfungen wird der Zustand von mechanischen Komponenten mit zerstörungsfreien Methoden überprüft. Mit der Qualifizierung von Wiederholungsprüfungen soll sichergestellt werden, dass die Prüfungen im konkreten Anwendungsfall nach geeigneten Verfahren durchgeführt werden und die von ihnen erwarteten Leistungen erbringen können. Grundsätzlich sind alle zerstörungsfreien Prüfungen an sicherheitsrelevanten Komponenten zu qualifizieren. Derzeit stehen bei den Qualifizierungen Ultraschallprüfungen an Komponenten der Sicherheitsklasse 1 und 2 im Vordergrund.

In Anpassung an den internationalen Stand wird mit der Einführung der Kernenergiegesetzgebung die Qualifizierung der Wiederholungsprüfungen gefordert. Entsprechende Schritte hatte die Aufsichtsbehörde schon früher eingeleitet. Im Jahr 2006 liess sich die KSA durch die GSKL über den Stand der Umsetzung informieren [41] [46]. Anschliessend verfolgte der Fachausschuss Ingenieurwesen (FIN) die Thematik in Fachgesprächen mit der HSK und mit fachtechnischen Vertretern der GSKL. Auch kommentierte der FIN im Rahmen der Anhörung Ende 2006 den Entwurf für die zugehörige Richtlinie HSK-B07.

### *Anliegen der KSA*

Die Wiederholungsprüfungen an den sicherheitsrelevanten Komponenten sind von zentraler Bedeutung, insbesondere auch angesichts des fortgeschrittenen Alters der schweizerischen KKW. Die gesetzliche Anforderung, dass diese Prüfungen qualifiziert sein müssen, trägt dieser Bedeutung Rechnung. Die KSA begrüsst deshalb, dass die erforderlichen Strukturen aufgebaut und die Prüfverfahren qualifiziert werden.

Für qualifizierte Prüfungen müssen qualifiziertes Personal und qualifizierte Prüforganisationen in ausreichendem Umfang zur Verfügung stehen. Insbesondere muss auch die Qualifizierungsstelle personell und fachtechnisch ausreichend dotiert sein.

Da im nuklearen Bereich zunehmend internationale Regelungen verbindlich werden und um allfällige Zweifel an der regelkonformen Qualifizierung im Voraus zu vermeiden, sollten nach Ansicht der KSA die erteilten Zertifikate die Anforderungen für eine internationale Anerkennung erfüllen. Faktisch setzt dies die Schaffung oder Beauftragung einer vollständig unabhängigen Inspektionsstelle Typ A (DIN EN ISO/IEC 17020) voraus.

#### *Aktueller Stand*

Nach Angaben in den erwähnten Präsentationen der GSKL bzw. ihrer fachtechnischen Vertreter beabsichtigen die schweizerischen KKW, eine gemeinsame Qualifizierungsstelle zu schaffen. Gemäss diesen Angaben würde diese Qualifizierungsstelle als Inspektionsstelle Typ B (DIN EN ISO/IEC 17020) strukturiert, also nicht als eine unabhängige dritte Dienstleistungsorganisation (Typ A), sondern als ein organisatorisch abgetrennter und identifizierbarer Teil der KKW. Abgesehen von der Schaffung der für die Anerkennung der Qualifizierungen erforderlichen fachlichen Unabhängigkeit ermöglicht diese Organisationsform nach Meinung der GSKL, das erforderliche Know-how bei den Betreibern zu bündeln und zu fördern. Gleichzeitig wird eingeräumt, dass die Sicherstellung der Unabhängigkeit der Tätigkeit von Angehörigen der schweizerischen KKW für die Qualifizierungsstelle nicht einfach sei, weil nur wenige Mitarbeitende in einem KKW in die Wiederholungsprüfungen involviert sind. Nach Aussage seitens der KKW bereitet die Einhaltung der Umsetzungsfristen Schwierigkeiten.

Nachdem in den letzten Jahrzehnten grosse Teile der produzierenden Industrie ins Ausland und auch aus Europa ausgelagert worden sind, steht wenig Personal mit entsprechender Qualifikation zur Verfügung. Ausbildungen für Prüfer werden zwar in ausreichendem Umfang angeboten; nach Aussage seitens der KKW fehlen aber erfahrene Fachspezialisten auf Ausbildungsstufe Fachhochschule.

Nach Auskunft der HSK Ende 2007 ist die Qualifizierungsstelle der schweizerischen KKW noch nicht operativ. Die HSK verlangt qualifizierte Wiederholungsprüfungen ab dem Jahr 2009. Die zugehörige Richtlinie HSK-B07 war Ende 2006 in Anhörung.

#### *Schlussfolgerungen und Empfehlungen*

- Der notwendige Aufwand für die Qualifizierung von Wiederholungsprüfungen wurde und wird nach Ansicht der KSA unterschätzt. Der zunehmende Rückstand auf die ursprünglichen Zeitpläne ist nicht akzeptabel. Mit zunehmendem Alter der betriebenen KKW dürfte auch der Prüfumfang steigen. Die KSA erwartet, dass die Betreiber die notwendigen Ressourcen rasch bereitstellen.
- Zur mittelfristigen Heranbildung von Fachspezialisten empfiehlt die KSA, mit geeigneten Fachhochschul-Instituten zusammenzuarbeiten und in Kombination mit Forschungstätigkeit aktiv Nachwuchs auf diesem Gebiet zu fördern. Durch die Forschungstätigkeit besteht auch die Chance, aktiv zur Verbesserung oder Entwicklung von Prüfverfahren beizutragen.
- Die erteilten Zertifikate sollen nach Ansicht der KSA die Anforderungen für eine internationale Anerkennung erfüllen, was im gegebenen Kontext eine unabhängige Qualifizierungsstelle voraussetzt.

## **9 Aspekte des sicheren Weiterbetriebs der Schweizer Kernkraftwerke**

Der Strombedarf steigt in der Schweiz trotz Sparanstrengungen und Effizienzsteigerungen nach wie vor an [29]. Es ist daher abzusehen, dass die fünf Kernkraftwerke noch längere Zeit betrieben werden, so lange, wie dies deren Sicherheit und Wirtschaftlichkeit zulassen. Nach heutigen Vorstellungen der Branche würde das eine Laufzeit der Kernkraftwerke von ca. 60 Jahren bedeuten. Damit die Kernkraftwerke ohne Gefährdung der Bevölkerung, der Umwelt und des Personals diese Laufzeit erreichen, müssen in folgenden Bereichen einige Bedingungen erfüllt sein bzw. erfüllt werden:

- Sicherstellung der Instandhaltung und Nachrüstung
- Gut ausgebildetes, motiviertes Personal
- Ständige Verbesserung der betrieblichen Sicherheit

### **9.1 Sicherstellung der Instandhaltung und Nachrüstung**

Das Kernenergiegesetz verlangt vom Bewilligungsinhaber eines Kernkraftwerks, dass er es in einem guten Zustand erhält und soweit nachrüstet, als dies nach der Erfahrung und dem Stand der Nachrüsttechnik notwendig ist, und darüber hinaus, soweit dies zu einer weiteren Verminderung der Gefährdung beiträgt und angemessen ist. Dies setzt voraus, dass zusätzlich zu den eigenen Mitarbeitenden das notwendige Personal bei kompetenten Firmen bei Bedarf angefordert werden kann. Der Verfügbarkeit von Personal bei fachkundigen und erfahrenen Firmen musste bereits in der Vergangenheit erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt werden. Diese Notwendigkeit resultiert aus der Tatsache, dass die Nutzung der Kernenergie in den letzten 20 Jahren stagnierte und Firmen den Bereich Kernenergie verkleinerten oder ganz aufgaben. Dadurch wurde es immer schwieriger, Firmen und Personal zu finden und zu beauftragen, die Arbeiten an sicherheitsrelevanten Komponenten und Systemen fachkundig durchführen können.

Das Interesse an der Nutzung der Kernenergie hat in den letzten Jahren wieder zugenommen [30]. Dies bedeutet aber vorderhand nicht, dass für Instandhaltungs- und Nachrüstarbeiten wieder genügend Fachpersonal verfügbar ist. Die Firmen, die im Bereich Kernenergie noch tätig sind, sind mit Projekten für neue Kernkraftwerke weltweit beschäftigt und bemüht, ihre Personalkapazität wieder aufzubauen. Es besteht somit die Gefahr, dass sie für normale Revisionsarbeiten in älteren Kernkraftwerken wenig Zeit und Interesse haben. Die Bewilligungsinhaber von Kernkraftwerken, die 60 Jahre in Betrieb bleiben sollen, und die Aufsichtsbehörde sind daher gefordert, diese Situation sorgfältig zu analysieren und dafür zu sorgen, dass keine Abstriche bei Instandhaltung und Nachrüstungen erfolgen, die die Sicherheit gefährden könnten.

### **9.2 Gut ausgebildetes, motiviertes Personal**

Der sichere und zuverlässige Betrieb eines Kernkraftwerkes wird durch gut ausgebildetes, kompetentes, motiviertes und verantwortungsbewusstes Personal auf allen Stufen gewährleistet. Die Untersuchung von Vorkommnissen in Kernkraftwerken verschiedener Länder hat gezeigt, dass immer öfter die Ursachen für Fehler, welche die Vorkommnisse ausgelöst haben, in den Bereichen Organisation, menschliches Verhalten und Sicherheitskultur liegen. Damit ergeben sich neue Aufgaben und Verpflichtungen für den Bewilligungsinhaber und für die Elektrizitätsgesellschaften, für die Betreiber der Kernkraftwerke und für die Aufsichtsbehörde.

### *Aufgabe des Bewilligungsinhabers und der Elektrizitätsgesellschaft*

Bewilligungsinhaber und Elektrizitätsgesellschaften müssen dafür sorgen, dass genügend Aus- und Fortbildungsmöglichkeiten in den sicherheitsrelevanten Bereichen der Kerntechnik bestehen und dass das Interesse geweckt wird, diese zu nutzen. Dies kann z.B. durch Initiierung und Unterstützung von Forschungstätigkeiten an Universitäten, Hochschulen und Fachhochschulen erfolgen. Insbesondere sind dabei auch Bereiche wie das Sicherheitsmanagement, die Sicherheitskultur und die Bewertung mittels Indikatoren zu berücksichtigen.

### *Aufgabe der Betreiber von Kernkraftwerken*

Die Betreiber müssen eine vorausschauende Personalplanung (Wissenserhalt, genügend Überlappungszeiten) durchführen sowie ein gutes Arbeitsklima schaffen und die Mittel dafür bereitstellen. Sie müssen ihr fachtechnisch gut ausgebildete Personal von der zentralen Bedeutung einer qualitativ hoch stehenden Arbeit für die Sicherheit der Anlage überzeugen und immer für sorgfältiges, sicherheitsgerichtetes Arbeiten motivieren. Dies kann durch nachhaltige Massnahmen zur Förderung der Sicherheitskultur, durch periodische und gezielte Audits sowie Selbstbewertungen und externe Reviews erfolgen. Die Schaffung einer Stelle, die unabhängig von der Linie das sicherheitsgerichtete Verhalten sowie die Sicherheitskultur von Management und Personal verfolgt und beurteilt, kann diese Bestrebungen unterstützen.

### *Aufgabe der Aufsichtsbehörde*

Die Aufsichtsbehörde muss sicherstellen, dass die Forderungen aus den einschlägigen Gesetzen und Verordnungen eingehalten werden und die Vorgaben der Richtlinien sinngemäss umgesetzt werden. Sie muss die bestehenden, ziemlich umfassenden Regelungen (Richtlinien) für die technischen Bereiche ergänzen durch Regelungen für die Bereiche Organisation, menschliches Verhalten und Sicherheitskultur. Dabei ist zu beschreiben, welches die Merkmale einer sicherheitsgerichteten Organisation, eines sicherheitsbewussten Verhaltens und einer guten Sicherheitskultur sind, und wie letztere erhalten und stets weiterentwickelt werden kann. Es ist aber auch zu beschreiben, welche Massnahmen die Aufsichtsbehörde ergreifen kann bzw. muss, wenn ein Betreiber in diesen Bereichen seine Verantwortung nicht genügend wahrnimmt. Wichtig ist auch, dass die Aufsichtsbehörde ihre Ressourcen und Kompetenzen in diesen Bereichen erhöht, so dass sie befähigt ist, die Situation in den Werken zu bewerten und bei Bedarf zeitgerecht geeignete Massnahmen zu fordern [31] [32].

## **9.3 Ständige Verbesserung der betrieblichen Sicherheit**

Auch in einem Kernkraftwerk werden wiederkehrende Arbeitsabläufe zur Routine. Routine führt oft dazu, dass Arbeiten fast automatisch ausgeführt werden. Unübliche Zustände von Komponenten, von Systemen, von Funktionsabläufen werden bei der Ausführung von Routinetätigkeiten oft nicht mehr erkannt. Bei einem Kernkraftwerk mit seinem hohen Gefährdungspotenzial kann ein solches Routineverhalten zu sicherheitsrelevanten Störungen führen.

Das Streben nach ständiger Verbesserung kann helfen, Fehler aufgrund zu grosser Routine zu vermeiden. Die Managementsysteme der Kernkraftwerke sind nach der Norm ISO 9001:2000 [33] zertifiziert. Die ergänzende Anwendung der Norm ISO 9004:2000 [34] stellt sicher, dass sich das Unternehmen der ständigen Verbesserung verpflichtet. Voraussetzung für eine ständige Verbesserung ist, dass der Betreiber eines Kernkraftwerkes einen Plan erstellt, wie er seine Organisation, seine Leistungen und sein Verhalten kontinuierlich überprüft. Dazu gehören der interne Auditplan, interne Selbstbeurteilungen und externe Reviews. Die Ergebnisse dieser Audits, Selbstbeurteilungen und Reviews und die daraus abgeleiteten Verbesserungsmaßnahmen sollte der Betreiber der Aufsichtsbehörde mitteilen. Genauso wichtig wie

die Ableitung von Verbesserungsmassnahmen sind die Umsetzung dieser Massnahmen und die Überprüfung ihrer Wirksamkeit. Dazu müssen zweckmässige Verfahren angewendet werden.

## **10 Organisation, menschliches Verhalten und Sicherheitskultur: Anforderungen an die betriebliche Sicherheit**

Der sichere Betrieb eines Kernkraftwerks basiert u. a. auf einer ausgereiften Technik, einer systematischen Instandhaltung und Nachrüstung von Komponenten und Systemen, genügend und gut ausgebildetes Personal, einem intensiven Erfahrungsaustausch zwischen Betreibern und Aufsichtsbehörden sowie dem Verfolgen des Standes von Wissenschaft und Technik, insbesondere auch im Bereich Nachrüsttechnik. Überdies ist ein hoher Wissens- und Umsetzungsstand in den Bereichen Organisation, menschliches Verhalten und Sicherheitskultur wesentliche Voraussetzung für einen sicheren Anlagenbetrieb. Diese Bereiche hat die KSA vertieft untersucht bzw. untersuchen lassen. Die Ergebnisse sind in vier Berichten dokumentiert [31] [32] [43] [44].

### *Anliegen der KSA*

Die KSA ist der Meinung, dass für einen sicheren Betrieb der Kernkraftwerke den Aspekten Organisation, menschliches Verhalten und Sicherheitskultur bei den Betreibern und der Aufsichtsbehörde grosse Aufmerksamkeit geschenkt werden muss. Die im Kernenergiegesetz und der Kernenergieverordnung diesbezüglichen Bestimmungen müssen in Richtlinien der Aufsichtsbehörde konkretisiert sein. Dies bedingt ein Verfahren, mit dem Merkmale aus den Bereichen Organisation, menschliches Verhalten und Sicherheitskultur einem sicherheitsbezogenen Status der Anlage zugeordnet werden und die dazu notwendigen und angemessenen Aufsichtstätigkeiten abgeleitet werden können.

Die Organisationseinheit bei der Aufsichtsbehörde, die sich mit den Themen Organisation, menschliches Verhalten und Sicherheitskultur beschäftigt, muss personell geeignet ausgestattet sein, wobei die Mitarbeitenden insbesondere auch über grosses Wissen im Bereich Führung verfügen müssen. Auch finanzielle Mittel müssen zur Verfügung stehen, um externe Forschungs- und Expertenaufträge erteilen zu können.

### *Aktueller Stand*

Die Hauptursachen von ernsteren Vorkommnissen in Kernkraftwerken, die den INES Stufen 1 bis 3 zugeordnet wurden und teilweise zur vorübergehenden Ausserbetriebnahme oder definitiven Stilllegung der Anlagen geführt haben, liegen meist in den Bereichen Organisation, menschliches Verhalten und Sicherheitskultur. In Richtlinien der Aufsichtsbehörde sind gerade in diesen Bereichen nur wenige Anforderungen zu finden. Dies führt einerseits zu fehlender Rechtssicherheit für die Betreiber, andererseits zu Unsicherheit bei der Aufsichtsbehörde hinsichtlich des Vollzugs bei festgestellten Mängeln. Die KSA hat in ihren Berichten [31] [32] Empfehlungen zur Verbesserung dieser Situation formuliert.

### *Schlussfolgerungen*

Betreiber und Aufsichtsbehörde müssen der Sicherheit der Kernkraftwerke stets höchste Priorität einräumen. Dazu gehört neben einer guten und ausgereiften Technik auch ein sicherheitsgerichtetes Verhalten der Führung und aller Mitarbeitenden. Die in den Berichten der KSA formulierten Empfehlungen für die Bereiche Organisation, menschliches Verhalten und Sicherheitskultur helfen den Betreibern und der Aufsichtsbehörde, dies zu erreichen.

## 11 Neue Reaktoren

Der Fachausschuss Ingenieurwesen befasste sich in den Jahren 2006 und 2007 mit neuen Reaktoren. Zunächst stand die Frage im Vordergrund, ob in den heute als marktreif einzustufenden Systemen konzeptionelle Ansätze enthalten sind, die den Stand der Nachrüsttechnik für die bestehenden KKW in der Schweiz möglicherweise neu definieren könnten. Im Lauf der Themenbearbeitung wurde in der Öffentlichkeit vermehrt der Bau von neuen KKW in der Schweiz diskutiert. Aufgrund dieser externen Entwicklungen verschob sich die Zielsetzung der KSA-Arbeiten zum Thema "neue Reaktoren" in Richtung allgemeinen Überblick über die sicherheitstechnischen Eigenschaften von jenen Anlagenkonzepten, die für eine Realisierung in den kommenden Jahren vermutlich im Vordergrund stehen dürften.

Für die Behandlung ausgewählt wurden die beiden Druckwasser-Reaktorkonzepte AP 1000 (Westinghouse, USA) und EPR (Areva, Frankreich) sowie die beiden Siedewasserreaktor-konzepte ESBWR (General Electric, USA) und SWR 1000 (Areva, Deutschland). Der EPR ist eine Weiterentwicklung auf Basis deutscher und französischer Druckwasserreaktoren; die andern drei Konzepte stützen sich vorwiegend auf neuartige passive Sicherheitssysteme, namentlich für die Nachwärmeabfuhr.

Als Basis für die Behandlung der Thematik dienten Übersichtsdokumente der IAEA sowie allgemein verfügbare Unterlagen der jeweiligen Hersteller. Für die Beurteilung dieser Reaktorkonzepte wurde ein Satz von sicherheitstechnisch relevanten Kriterien aus den übergeordneten Anforderungen abgeleitet, wie sie für fortgeschrittene LWR in den USA und in der EU formuliert sind. In Einzelfällen wurden diese Anforderungen tendenziell höher gesetzt, so etwa bezüglich Zielgrösse für die probabilistische Kernschadenshäufigkeit, Sicherstellung von (alternativen) Notsteuerfunktionen, Wasserstoffbeherrschung bzw. Containment-Integrität bei schweren Unfällen, Impact durch Verkehrsflugzeug mit Folgebrand.

Zu den vier ausgewählten Reaktorkonzepten wurde jeweils eine zusammenfassende Systembeschreibung erstellt und das Konzept anhand der erwähnten Kriterien beurteilt. Grundsätzlich wurde davon ausgegangen, dass die Angaben in den konsultierten Unterlagen korrekt sind und einer Sachprüfung standhalten würden. Die Beurteilung der betrachteten Reaktorkonzepte auf dieser Basis zeitigt insgesamt gesehen nur geringe Unterschiede: Da alle betrachteten Reaktorkonzepte unter Beachtung der US- bzw. EU-Anforderungen an fortgeschrittene Reaktoren erarbeitet wurden, erfüllen sie grundsätzlich auch deren Anforderungen. Gewisse Unterschiede ergeben sich jedoch bezüglich der oben erwähnten Kriterien, wo der Fachausschuss die Anforderungen tendenziell höher gesetzt hat. Speziell für die Bewältigung postulierter schwerer Unfälle ergeben sich bei den hier angewendeten Grundsätzen unterschiedliche Bewertungen.

Zu beachten ist, dass auf Basis der verwendeten Unterlagen und im Rahmen der in der KSA verfügbaren Ressourcen sowie der beschränkten Zeit keine vertieften Abklärungen möglich waren; unter diesen Umständen können gewisse Aspekte praktisch nicht beurteilt werden (z.B. probabilistische Sicherheitsanalyse, Dosisberechnungen).

### *Vorläufige Schlussfolgerungen*

Die KSA begrüsst Entwicklungen, die zu insgesamt einfacheren Gesamtsystemen mit besseren Sicherheitseigenschaften führen. Grundsätzlich können passive Sicherheitssysteme in diesem Sinn einen Beitrag leisten. Sie bergen als neuartige Systeme aber auch eine gewisse Gefahr, dass ebenso neuartige Versagensmodi nicht gebührend berücksichtigt werden. Funktionstauglichkeit unter verschiedensten Randbedingungen, mögliche Störungen und Versagensgründe passiver Sicherheitssysteme sind deshalb gründlich zu analysieren. Dazu gehört auch, die Notwendigkeit bzw. Möglichkeit der Prüfung passiver Sicherheitssysteme zu klären. Das allfällige Nebeneinander von aktiven und passiven Systemen für gleiche Funktio-

nen führt zu neuartigen Fragestellungen betreffend Klassierung und damit Festlegung der Anforderungen an die Qualifizierung dieser Systeme.

Für die Bewältigung postulierter schwerer Unfälle werden unterschiedliche Lösungsansätze befolgt. Vertiefte Studien sind notwendig, um deren Belastbarkeit genauer zu klären. Grundsätzlich ist die KSA aber der Ansicht, dass speziell in diesem Bereich deutliche Fortschritte gegenüber den heute in der Schweiz betriebenen Kernkraftwerken erzielt werden müssen. Angesichts der vorhandenen Unsicherheiten bei postulierten Ereignissen mit sehr geringer Häufigkeit sind konservative Auslegungsgrundsätze anzuwenden. Dazu gehören neben hinreichender Dimensionierung vor allem auch möglichst einfache, überblickbare Prozesse.

Die Arbeiten zum Thema neue Reaktoren werden in einem Arbeitspapier [47] dokumentiert. Darin werden auch Hinweise für allfällige weiterführende Arbeiten zum Thema gegeben.

Dieser Bericht wurde von der KSA an der 462. Sitzung verabschiedet.

Würenlingen, 7. Dezember 2007

EIDG. KOMMISSION FÜR DIE  
SICHERHEIT VON KERNANLAGEN

Der Präsident



Prof. W. Wildi

Geht an:

- Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation(UVEK)
- Bundesamt für Energie (BFE)

## Referenzen

- [1] Bundesgesetz über das Eidgenössische Nuklear-Sicherheitsinspektorat (ENSIG) vom 22. Juni 2007.
- [2] KSA; Bundesgesetz über das Eidgenössische Nuklear-Sicherheitsinspektorat (ENSIG); Stellungnahme der KSA im Rahmen der Vernehmlassung; Januar 2006. (KSA-AN-2283)
- [3] KSA; Stellungnahme zum Gesuch der Zwischenlager Würenlingen AG um Erteilung der Betriebsbewilligung für Abfallbehandlungsanlagen; September 1999. (KSA 27/96)
- [4] Verfügung des Bundesrats zum Gesuch der ZWILAG vom 15. Dezember 1997 um Erteilung der Betriebsbewilligung für die Konditionierungsanlage sowie die VSA des ZZL für radioaktive Abfälle in Würenlingen; 6. März 2000. (KSA 27/101)
- [5] KSA; Stellungnahme zum Gesuch der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG (NOK) um Aufhebung der Befristung der Betriebsbewilligung für das Kernkraftwerk Beznau 2; März 2004. (KSA 10/244)
- [6] Verfügung des Bundesrats zum Gesuch der Nordostschweizerischen Kraftwerke (NOK) vom 17. November 2000 um die Aufhebung der Befristung der Betriebsbewilligung für das KKW Beznau II; 3. Dezember 2004. (KSA 10/250)
- [7] KSA; Stellungnahme zum Entsorgungsnachweis für abgebrannte Brennelemente, verglaste hochaktive sowie langlebige mittelaktive Abfälle (Projekt Opalinuston); August 2005. (KSA 23/170)
- [8] Verfügung des Bundesrats zum Gesuch der Nagra vom 19. Dezember 2002 betreffend den Entsorgungsnachweis für abgebrannte Brennelemente, verglaste hochaktive Abfälle sowie langlebige mittelaktive Abfälle; 28. Juni 2006. (KSA 23/180)
- [9] KSA; Vernehmlassung Richtlinie HSK-B05 Konditionierung: Kommentare der KSA; 11. September 2006. (KSA-AN-2295)
- [10] KSA; Abfallbewirtschaftung im Vergleich; Projektantrag zuhanden des BFE; 17. Juli 2007. (KSA 21/189)
- [11] NOK; Technische Mitteilung; Bericht über die Realisierbarkeit einer thermischen Behandlung von radioaktiven Ionenaustauscherharzen; 19. Dezember 2005. (KSA 10/254)
- [12] HSK; Aufsichtsbericht 2006 zur nuklearen Sicherheit in den schweizerischen Kernanlagen. (KSA-AN-2317)
- [13] HSK; Beurteilung der HSK zum "Bericht über die Realisierbarkeit einer thermischen Behandlung von radioaktiven Ionenaustauscherharzen" (TM-021-UR05004) des KKB; 9. Februar 2006. (KSA 10/254.03)
- [14] HSK; Vernehmlassungsbericht zur Richtlinie HSK-B05; 15. Februar 2007. (KSA-AN-2295.1)
- [15] Nagra; Technical Report 02-05; Project Opalinus Clay; Safety Report; Demonstration of disposal feasibility for spent fuel, vitrified high-level waste and long-lived intermediate-level waste (Entsorgungsnachweis); Dezember 2002. (KSA 23/146)
- [16] Nagra; Geschäftsbericht 2006. (KSA 23/183)
- [17] KSA; Aktuelle Fragen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle in der Schweiz; Position der Eidgenössischen Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (KSA); 22. September 1998. (KSA 21/124)

- 
- [18] BFE; Sachplan geologische Tiefenlager; Konzeptteil; Entwurf vom 26. September 2006. (KSA 21/179)
  - [19] KSA; Erster Beitrag zum Konzeptteil des Sachplans Geologische Tiefenlager in der Phase der Zusammenarbeit; 31. August 2006. (KSA 21/179.02)
  - [20] KSA; Kommentare zum Sachplan Geologische Tiefenlager im Rahmen der offiziellen Anhörung; 4. Mai 2007. (KSA 21/185.01)
  - [21] HSK; Strategiepapier; Regulatorische Sicherheitsforschung der HSK (Version 8. Oktober 2004). (KSA-AN-2246)
  - [22] KSA; Strategiepapier Regulatorische Sicherheitsforschung der HSK (Version 8. Oktober 2004): Kommentare der KSA. (KSA-AN-2246.01)
  - [23] HSK; Kommentare der HSK zum KSA-Tätigkeitsbericht 2005. (KSA-AN-2301)
  - [24] HSK; Erfahrungs- und Forschungsbericht 2006; Entwicklungen im Bereich der nuklearen Aufsicht. (KSA-AN-2318)
  - [25] KSA; Vorschlag zur Schaffung eines Nationalen Forschungsprogramms im Bereich der Entsorgung radioaktiver Stoffe; Wissenschaftliche Grundfragen der Entsorgung radioaktiver Abfälle; 26. Oktober 2006. (KSA 21/184)
  - [26] AGNEB; Jahresbericht 2006; Mai 2007. (KSA 21/187)
  - [27] KSA; Kommentare zum revidierten Notfallschutzkonzept; 23. März 2005. (KSA-AN-2249.02)
  - [28] HSK; Neubestimmung der Erdbebengefährdung an den Kernkraftwerkstandorten in der Schweiz (Projekt PEGASOS); Juni 2007. (KSA-AN-2328)
  - [29] Elektrizitätsstatistik, [www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch).
  - [30] Energy, Electricity and Nuclear Power for the Period up to 2030 (IAEA, 2007).
  - [31] KSA; Methodik der Aufsicht über Kernanlagen, Teil 2: Beurteilung von Aspekten der Organisation und des menschlichen Verhaltens; Ableiten von Verbesserungsmassnahmen; März 2007. (KSA-Report No. 07-01)
  - [32] KSA; Methodik der Aufsicht über Kernanlagen, Teil 3: Aufsichtstätigkeit der Behörde in den Bereichen Organisation, menschliches Verhalten und Sicherheitskultur; Dezember 2007. (KSA-Report No. 07-02)
  - [33] Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen (ISO 9001:2000).
  - [34] Qualitätsmanagementsysteme – Leitfaden zur Leistungsverbesserung (ISO 9004:2000).
  - [35] KSA; Alterung von Kernkraftwerken, Grundlagenpapier; März 1993. (KSA-AN-1610)
  - [36] KSA; Tätigkeitsbericht der KSA für das Jahr 2001 zuhanden des Bundesrats; Juni 2002. (KSA-AN-2171)
  - [37] KSA; Tätigkeitsbericht der KSA für das Jahr 2002 zuhanden des Bundesrats; August 2003. (KSA-AN-2209)
  - [38] KSA; Tätigkeitsbericht der KSA für das Jahr 2003 zuhanden des Bundesrats; Juni 2004. (KSA-Report No. 04-00)

- 
- [39] KSA; Tätigkeitsbericht der KSA für das Jahr 2004 zuhanden des Bundesrats; Juni 2005. (KSA-Report No. 05-00)
  - [40] KSA; Tätigkeitsbericht der KSA für das Jahr 2005 zuhanden des Bundesrats; Juni 2006. (KSA-Report No. 06-00)
  - [41] KSA; Tätigkeitsbericht der KSA für das Jahr 2006 zuhanden des Bundesrats; Juli 2007. (KSA-Report No. 07-00)
  - [42] KSA; Zum Zwischenfall vom 25. Juli 2006 im Kernkraftwerk Forsmark 1 (Schweden) Betrachtungen und Empfehlungen der KSA; Oktober 2007. (KSA-AN-2325)
  - [43] Wilhelm, H., Jeschki, W.; Kriterien für die vorläufige Ausserbetriebnahme (KVAB); Bestandesaufnahme und Anregungen; August 2003. (KSA-AN-2201)
  - [44] KSA; Sicherheitskultur in einer Kernanlage; Erfassung, Bewertung, Förderung; Januar 2004. (KSA-Report No. 04-01)
  - [45] Zwicky H.U., Lundberg S., Kernbrennstoff: Gesamtheitliche Betrachtung zur neueren Entwicklung, Bericht erstellt für Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen, Zwicky Consulting GmbH, ZC-06/001, 27. September 2006. (KSA-AN-2300)
  - [46] KSA; GSKL-Gespräch 2006: Fragen der KSA; 5. Mai 2006. (KSA-AN-2289)
  - [47] KSA; Arbeitsbericht zu vier Fortgeschrittenen Leichtwasserreaktoren. (KSA-AN-2332) [in Bearbeitung]
  - [48] ZWILAG; Betriebsbericht, Jahresbericht 2006. (KSA 27/124)
  - [49] KSA; Kommentare zur HSK-R-51, Entwurf März 2004, "Alterungsüberwachung für mechanische und elektrische Ausrüstungen sowie Bauwerke und Gebäude in Kernanlagen"; 30. Juni 2004. (KSA-AN-2234)

## Anhänge

### A1 Im Jahr 2007 nach aussen abgegebene KSA-Dokumente

- "Information zur KSA"; 10. Januar 2007; KSA-AN-2310
- "Kommentare zum Sachplan Geologische Tiefenlager im Rahmen der offiziellen Anhörung"; 16. März 2007; KSA 21/185.01; [www.ksa.admin.ch](http://www.ksa.admin.ch)
- "Methodik der Aufsicht über Kernanlagen, Teil 2, Beurteilung von Aspekten der Organisation und des menschlichen Verhaltens"; März 2007; KSA-Report No. 07-01; [www.ksa.admin.ch](http://www.ksa.admin.ch)
- "Kommentare zur HSK-G07 'Organisation von Kernanlagen' im Rahmen der Anhörung"; 2. Juli 2007; KSA-AN-2330
- "Stellungnahme zur Stilllegungs- und Entsorgungfondsverordnung im Rahmen der Anhörung"; 11. Juli 2007; KSA-AN-2321.2
- "Abfallbewirtschaftung im Vergleich; Projektantrag der KSA zuhanden des BFE"; 17. Juli 2007; KSA 21/189
- "Tätigkeitsbericht der KSA für das Jahr 2006 zuhanden des Bundesrats"; Juli 2007; KSA-Report No. 07-00; [www.ksa.admin.ch](http://www.ksa.admin.ch)
- "Zum Zwischenfall vom 25. Juli 2006 im Kernkraftwerk Forsmark 1 (Schweden); Betrachtungen und Empfehlungen der KSA; 4. Oktober 2007; KSA-AN-2325; [www.ksa.admin.ch](http://www.ksa.admin.ch)
- "Kommentare im Rahmen der Anhörung zur Verordnung des UVEK über die Gefährdungsmassnahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen"; 17. Oktober 2007; KSA-AN-2326.2; [www.ksa.admin.ch](http://www.ksa.admin.ch)
- "Kommentare im Rahmen der Anhörung zur Verordnung des UVEK über die Methodik und die Randbedingungen zur Überprüfung der Kriterien für die vorläufige Ausserbetriebnahme von Kernkraftwerken"; 17. Oktober 2007; KSA-AN-2327.2; [www.ksa.admin.ch](http://www.ksa.admin.ch)
- "Methodik der Aufsicht über Kernanlagen, Teil 3: Aufsichtstätigkeit der Behörde in den Bereichen Organisation, menschliches Verhalten und Sicherheitskultur"; Dezember 2007; KSA-Report No. 07-02; [www.ksa.admin.ch](http://www.ksa.admin.ch)
- "Abschlussbericht der KSA"; Dezember 2007; KSA-Report No. 07-03; [www.ksa.admin.ch](http://www.ksa.admin.ch)

## **A2 Im Jahr 2007 behandelte Themen**

### **Plenum**

Im Plenum wurden basierend auf den Vorarbeiten der Fachausschüsse und von Fachgruppen folgende Themen bearbeitet:

- Abschlussbericht der KSA
- Zwischenfall vom 25.07.2006 im KKW Forsmark 1 (Bericht)
- Treffen mit RSK in Bonn (Informationsaustausch)
- Umsetzung ENSIG und KNS (Gedankenaustausch)
- Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung (Stellungnahme)
- Tätigkeitsbericht der KSA für das Jahr 2006 (Bericht)
- Sachplan Geologische Tiefenlager (Stellungnahme)
- Gespräch mit CEO der Nagra (Informationsaustausch)
- Integrierte Aufsicht und systematische Sicherheitsbewertung (Meinungsbildung)
- Jahresgespräch mit GSKL (Gedankenaustausch)
- UVEK-Verordnung Ausserbetriebnahmekriterien für KKW (Stellungnahme)
- UVEK-Verordnung Gefährdungsannahmen und Störfallschutz (Stellungnahme)
- Sicherheitskultur im KKG (Meinungsbildung)
- Bewirtschaftung von konventionellen und radioaktiven Abfällen im Vergleich (Projektantrag)
- Beurteilung von Aspekten der Organisation und des menschlichen Verhaltens und Ableiten von Verbesserungsmaßnahmen (Bericht)
- Aufsichtstätigkeit der Behörden in den Bereichen Organisation, menschliches Verhalten und Sicherheitskultur (Bericht)

### **Fachausschuss "Ingenieurwesen"**

Der Fachausschuss "Ingenieurwesen" befasste sich u. a. mit folgenden Sachfragen:

- Neue Reaktoren (Bericht)
- Zwischenfall vom 25.07.2006 im KKW Forsmark 1 (Bericht)
- Neue HSK-Richtlinien (A01, A05, A06, G05, G11; Kommentare)
- Alterungsüberwachungsprogramme (Besprechung)
- Vorkommnisse in schweizerischen Kernkraftwerken (Meinungsbildung)
- Jahresberichterstattung 2006 der Kernkraftwerke (Meinungsbildung)
- Aufsichtsbericht 2006 der HSK (Meinungsbildung)
- Zerstörungsfreie Prüfungen / Qualifizierung (Meinungsbildung)
- Klammervorrichtung Kernmantel KKM (Information)
- Druckumhüllung Primärkreis KKG (Meinungsbildung)
- Wanddickenschwächung Frischdampfleitung KKB (Information)

### **Fachausschuss "Strahlenschutz und Entsorgung"**

Der Fachausschuss "Strahlenschutz und Entsorgung" befasste sich u. a. mit folgenden Sachfragen:

- Jahresberichterstattung 2006 HSK, Nagra, AGNEB, BAG, PSI und ZWILAG (Meinungsbildung)
- Jahresberichterstattung 2006 der Kernkraftwerke (Meinungsbildung)
- Richtlinie HSK-B05 Konditionierung (Meinungsaustausch)
- Notfallschutz im Falle eines sehr schweren Erdbebens (Meinungsbildung)
- Gesamtstrategie ABC-Schutz (Meinungsbildung)
- Notfallübungen: Anhörung HSK-B11 (Information)
- Konsistenz der Gesetzgebungen im Bereich Abfallentsorgung (Meinungsbildung)
- ZWILAG: Verbrennung- und Schmelzanlage (Orientierung)
- Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser (Besprechung)
- Vorkommnisse in schweizerischen KKW (Meinungsbildung)
- Forschungsprogramm im Bereich der radioaktiven Abfälle (Orientierung)
- KKB2: Systematische Auswertung der Notfallübungen (Meinungsbildung)

### **Fachausschuss "Personal und Organisation"**

Der Fachausschuss "Personal und Organisation" befasste sich u. a. mit folgenden Sachfragen:

- Beurteilung von Aspekten der Organisation und des menschlichen Verhaltens und Ableiten von Verbesserungsmassnahmen (Vorbereitung)
- Aufsichtstätigkeit der Behörden in den Bereichen Organisation, menschliches Verhalten und Sicherheitskultur (Vorbereitung)
- Zwischenfall vom 25.07.2006 im KKW Forsmark 1 (Mitarbeit Bericht)
- Vorkommnissen in schweizerischen Kernkraftwerken (Meinungsbildung)
- Richtlinie HSK-G07 "Organisation von Kernanlagen" (Stellungnahme)
- Jahresberichterstattung 2006 der HSK (Meinungsbildung)
- Jahresberichterstattung 2006 der Kernkraftwerke (Meinungsbildung)

**A3 Zusammensetzung von Kommission und Ausschüssen im Jahr 2007**

Name, Titel, Ausbildung, aktuelle Tätigkeit	Eintritts- jahr	Spezielle Funktionen	KSA	LA	FIN	FSE	FPO
<b>Aegerter Irene</b> Dr. phil. nat., lic. phil. nat. Uni Bern Vizepräsidentin cogito foundation	2001	Vorsitz FSE	X	X		X	
<b>Baumann Margret</b> Dipl. Ing. HTL, Chemikerin Projektleiterin, Siegfried Ltd.	2002		X			X	
<b>Covelli Bruno</b> Dr. sc. techn. ETH, Dipl. Physiker ETH Geschäftsleitung TECOVA AG	2001	Vizepräsident Vorsitz FIN	X	X	X		
<b>Eckhardt Scheck Anne</b> Dr. sc. nat. ETH, Biophysikerin Geschäftsführerin risicare GmbH	2005		X			X	
<b>Gilliéron Werner</b> Dipl. El.-Ing. Leiter EGL-Telematik, NOK	1995		X		X		
<b>Jeschki Wolfgang</b> Dipl. Physiker TH Wien Consultant	2002	Vorsitz FPO	X	X			X
<b>Virtanen Sannakaisa</b> Prof., Dr. sc. techn. ETH, Dipl. Metallurgin TH Helsinki Prof. für Korrosion u. Oberflächentechnik, Universität Erlangen-Nürnberg	2001		X		X		
<b>Weidmann Urs</b> Dr. phil. nat., Dipl. Physiker Sicherheitscontroller KKL	2005		X				X
<b>Wildi Walter</b> Prof., Dr. sc. nat., Dipl. Geologe ETH Professor für Geologie, Universität Genf	1997	Präsident	X	X		X	
<b>Wilhelm Hans</b> Dipl. Masch. Ing. HTL Inhaber Beratungsfirma WilCon	2000		X		X		X
<b>Zwicky Hans-Urs</b> Dr. phil. II, lic. phil. nat. Uni Bern Geschäftsführer, Zwicky Consulting GmbH	2001		X		X		

LA Leitungsausschuss

FIN Fachausschuss "Ingenieurwesen"

FSE Fachausschuss "Strahlenschutz und Entsorgung"

FPO Fachausschuss "Personal und Organisation"

## **Ständige Experten**

Alex Karl-Heinz  
Dipl.-Ing. Schiffsbetriebstechnik

Gilli Roman  
Dipl. Masch.-Ing. ETH

## **KSA-Sekretariat**

Hollenstein Beat (Leiter)  
Dipl. Phys. ETH

Fischer Otto  
Dipl. Masch.-Ing. ETH

Bucher Stefan  
Dipl. Natw. ETH

Gutknecht Jasmine (Teilzeit 20%, bis 28.2.2007)  
Assistentin

Räpple Pia (Teilzeit 80%)  
Assistentin

## **Personelle Mutationen**

Jasmine Gutknecht ist per 28.2.2007 zur HSK übergetreten.

## **Anzahl Sitzungen**

KSA	Eidg. Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen (inklusive zweitägige Sitzung mit RSK)	10	
LA	Leitungsausschuss	2	(2 halbtags)
FIN	Fachausschuss "Ingenieurwesen"	8	(2 halbtags)
FSE	Fachausschuss "Strahlenschutz und Entsorgung"	8	(2 halbtags)
FPO	Fachausschuss "Personal und Organisation" (inklusive 2 zweitägige Klausuren)	9	

**A4 Liste der Abkürzungen**

AGNEB	Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung
ALARA	As Low As Reasonably Achievable
AP 1000	Advanced Pressurized Water Reactor 1000 MW (ALWR-Konzept von Westinghouse, USA)
ASK	Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen
AÜP	Alterungsüberwachungsprogramm(e)
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BNGS	British Nuclear Group Sellafield
BFE	Bundesamt für Energie
COGEMA	Compagnie Générale des Matières Nucléaires
ENSI	Eidgenössisches Nuklear-Sicherheitsinspektorat
ENSIG	Bundesgesetz über das Eidgenössische Nuklear-Sicherheitsinspektorat
EPR	European Pressurized Water Reactor (ALWR-Konzept von Areva, vormals Framatome ANP, Frankreich/Deutschl.)
ESBWR	Economic [ursprünglich: European] Simplified Boiling Water Reactor (ALWR-Konzept von General Electric, USA)
EVED	Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement
GSKL	Gruppe der Schweizerischen Kernkraftwerksleiter
HAA	Hochradioaktive Abfälle
HSK	Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen
IAEA	International Atomic Energy Agency
INES	International Nuclear Event Scale
ISO	International Organization for Standardization
KEG	Kernenergiegesetz (SR 732.1)
KEV	Kernenergieverordnung (SR 732.11)
KKB	Kernkraftwerk Beznau
KKG	Kernkraftwerk Gösgen
KKL	Kernkraftwerk Leibstadt
KKM	Kernkraftwerk Mühleberg
KKW	Kernkraftwerk(e)
KNE	Kommission Nukleare Entsorgung
KNS	Eidg. Kommission für nukleare Sicherheit
KomABC	Eidgenössische Kommission für ABC-Schutz
KSA	Eidg. Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen
LMA	Langlebige mittelradioaktive Abfälle

---

MIF	Medizin, Industrie und Forschung
MOX	Uran-Plutonium-Mischoxid-Brennstoff
MWd/kgSM	Masseinheit für Energieausbeute pro Masse Schwermetall (Uran bzw. Plutonium)
Nagra	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
NANO	Nachrüstung Notstandsystem (inkl. Notstromversorgung)
NAZ	Nationale Alarmzentrale
NEA-IRT	Nuclear Energy Agency-International Review Team
NOK	Nordostschweizerische Kraftwerke
OECD/NEA	Organisation for Economic Co-operation and Development / Nuclear Energy Agency
OSPAR	Oslo-Paris-Übereinkommen
PSI	Paul Scherrer Institut
QM	Qualitätsmanagement
RSK	Reaktor-Sicherheitskommission
SMA	Schwach- und mittelradioaktive Abfälle
SR	Systematische Sammlung des Bundesrechts
SSA	Sektion für die Sicherheit der Atomanlagen
SUSAN	Spezielles, unabhängiges System zur Abfuhr der Nachzerfallswärme
swissnuclear	Fachgruppe Kernenergie der Swisselectric
SWR 1000	Siedewasserreaktor 1000 MW (ALWR-Konzept von Areva, vormals Siemens KWU, Deutschland)
TVA	Technische Verordnung über Abfälle (SR 814.600)
UVEK	Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
VSA	Verbrennungs- und Schmelzanlage der ZWILAG
ZWILAG	Zwischenlager Würenlingen AG

## **A5 Verteiler**

### **Behörden und Kommissionen**

Bundesrat

Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation

Bundesamt für Energie

Bundesamt für Umwelt

Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen

Eidg. Departement des Innern

Eidg. Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport

Bundesamt für Gesundheit

Eidg. Kommission für ABC-Schutz

Eidg. Kommission für Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität

Nationale Alarmzentrale

Reaktor-Sicherheitskommission (D)

### **Betreiberorganisationen**

Kernkraftwerk Beznau

Kernkraftwerk Leibstadt AG

Kernkraftwerk Gösgen-Däniken AG

Kernkraftwerk Mühleberg

Nordostschweizerische Kraftwerke AG

BKW FMB Energie AG

Aare-Tessin AG für Elektrizität

Axpo Holding AG

Gruppe der schweizerischen Kernkraftwerksleiter (GSKL)

swissnuclear

Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle

Zwischenlager Würenlingen AG

Paul Scherrer Institut

Institut de Génie Atomique de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne

Universität Basel

ETH-Rat, Zürich

### **KSA**

Mitglieder, Experten, Sekretariat, Archiv

Ehemalige Präsidenten

Ehemalige Mitglieder

Der vorliegende Bericht steht auch als PDF auf der Website der KSA ([www.ksa.admin.ch](http://www.ksa.admin.ch)) zur Verfügung.



Eidgenössische Kommission für  
die Sicherheit von Kernanlagen (KSA)  
Sekretariat  
CH-5232 Villigen PSI

Telefon: +41 (0)56 310 3968 / 3811  
Telefax: +41 (0)56 310 3855  
[ksa@hsk.ch](mailto:ksa@hsk.ch)  
[www.ksa.admin.ch](http://www.ksa.admin.ch)