



Rahmenbewilligungsgesuch für ein neues Kernkraftwerk im Niederamt

Konzept für die Stilllegung

KKN AG Bericht: Ber-08-004

Dokumenttitel:
Rahmenbewilligungsgesuch für ein neues Kernkraftwerk im
Niederamt
Konzept für die Stilllegung

Dokument-Nr. Ber-08-004
Versions-Nr. V002
Versionsdatum 01.10.2009

Kurztitel:
Stilllegungskonzept für das KKN

Anzahl Seiten 23
Anzahl Beilagen -

ersetzt Dok.-Nr.: V001 vom 09.06.2008

KKN_Stilllegungskonzept_Ber_08_004_V002_20091001

	Datum	Name	Visum
erstellt	01.10.2009	A. Scheidegger	
geprüft	01.10.2009	P. Hirt	
freigegeben	01.10.2009	H. Niklaus	

Qualitätsgesichert nach KKN Reg-002 V002

Versionsverzeichnis

Nr.	Datum	Erstellt	Geprüft	Freigegeben	Kommentare
001	09.06.08	A. Scheidegger	P. Hirt	H. Niklaus	Erstausgabe
002	01.10.09	A. Scheidegger	P. Hirt	H. Niklaus	Anpassung an Planungsstand und Überarbeitung aufgrund der behördlichen Grobprüfung

Inhalt

	Inhalt.....	3
	Präambel	4
1	Einleitung.....	5
1.1	Anforderungen für die Rahmenbewilligung	5
1.2	Anforderungen für die Baubewilligung	5
1.3	Anforderungen nach Erteilung der Betriebsbewilligung.....	5
1.4	Anforderungen für die Stilllegung	5
2	Grundsätze für das Stilllegungskonzept.....	6
2.1	Stand der Technik und Praxis der Stilllegung von Nuklearanlagen.....	6
2.1.1	Internationaler Erfahrungshorizont	6
2.1.2	Nationaler Erfahrungshorizont.....	6
2.2	Berücksichtigung der Stilllegung bei Planung, Bau und Betrieb neuer Kernanlagen	7
2.2.1	Abfallminimierung.....	8
2.2.2	Auslegungsanforderungen	8
3	Stilllegungsstrategien und -varianten	10
3.1	Sofortiger Rückbau.....	10
3.2	Späterer Rückbau nach sicherem Einschluss	10
3.3	In-situ-Entsorgung	11
3.4	Varianten und strategiebeeinflussende Faktoren	11
3.5	Risikoverminderung.....	12
3.6	Beabsichtigte Stilllegungsstrategie.....	12
4	Stilllegungsphasen gemäss IAEA	13
4.1	Stilllegung Phase 1	13
4.2	Stilllegung Phase 2.....	13
4.3	Stilllegung Phase 3.....	13
5	Etappen der Stilllegung	14
5.1	Die Nachbetriebsphase	14
5.2	Das Stilllegungsprojekt.....	14
5.3	Der Rückbau der Anlage	15
6	Endzustand nach Stilllegung	17
7	Stilllegungsabfälle	18
8	Rückstellungen für die Stilllegung	19
9	Zusammenfassung und Bewertung.....	20
10	Referenzen	22

Präambel

Das Rahmenbewilligungsgesuch (RBG) der Gesuchstellerin Kernkraftwerk Niederamt AG (KKN AG) für ein neues Kernkraftwerk im Niederamt (KKN) umfasst folgende Dokumente gemäss Art. 23 Kernenergieverordnung (KEV 2004):

- Sicherheitsbericht
- Sicherungsbericht
- Konzept für die Stilllegung
- Nachweis für die Entsorgung der anfallenden radioaktiven Abfälle
- Bericht über die Abstimmung mit der Raumplanung
- Umweltverträglichkeitsbericht (UVB)

Der vorliegende Bericht beschreibt das Konzept für die Stilllegung des geplanten Kernkraftwerkes KKN und bezweckt, die Machbarkeit der Stilllegung der Anlage nach Beendigung der genehmigten Betriebsdauer aufzuzeigen.

Beim Erstellen dieses Berichtes wurde auf die Erfahrung und Expertise der AF Colenco AG zurückgegriffen.

In diesem Bericht werden zur Sicherstellung eines einheitlichen Referenzierungssystemes die Abkürzungen der referenzierten Gesetze und Verordnungen, in Abweichung zur juristischen Praxis, mit der Jahreszahl des Zeitpunkts der Verabschiedung angegeben. Verwendet wurde jeweils der geltende und aktuelle Stand der jeweiligen Rechtsgrundlage.

1 Einleitung

Für den Bau neuer Kernkraftwerke (KKW) in der Schweiz legt das schweizerische Kernenergiegesetz (KEG 2003) den Zusammenhang zwischen der Erteilung einer Rahmen- bzw. Baubewilligung und den Elementen eines zugehörigen Stilllegungskonzeptes fest. Welche Unterlagen zum Stilllegungskonzept eines neu zu erbauenden KKW vorzulegen sind, bestimmt die Kernenergieverordnung (KEV 2004). Letztlich ist die Bildung von finanziellen Rückstellungen für die Stilllegung in der Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung geregelt (SEFV 2007).

Aus diesem gesetzlichen Rahmen ergeben sich für den Antragsteller verschiedene Anforderungen, die dieser in verschiedenen, zeitlich gestaffelten Abschnitten des Genehmigungsverfahrens zu erfüllen hat.

1.1 Anforderungen für die Rahmenbewilligung

Gemäss Art. 23 d der (KEV 2004) hat die Gesuchstellerin das Konzept für die Stilllegung der Anlage einzureichen.

1.2 Anforderungen für die Baubewilligung

Gemäss Art. 24, Absatz 2 f der (KEV 2004) hat die Gesuchstellerin den Plan für die Stilllegung der Anlage einzureichen.

1.3 Anforderungen nach Erteilung der Betriebsbewilligung

Gemäss Art. 42, Absatz 1 der (KEV 2004) hat der Inhaber der Betriebsbewilligung den Plan für die Stilllegung der Anlage alle zehn Jahre zu überprüfen und nachzuführen.

1.4 Anforderungen für die Stilllegung

Gemäss Art. 27 des (KEG 2003) muss der Eigentümer der Anlage ein Projekt für die Stilllegung der Anlage vorlegen.

2 Grundsätze für das Stilllegungskonzept

Da eine Stilllegung des KKN erst in ca. 80 Jahren zur Diskussion stehen dürfte, sind die nachfolgenden Angaben im Rahmen dieses Zeithorizontes zu bewerten. Zukünftige Erkenntnisse im Hinblick auf eine Stilllegung der Anlage werden bereits während Planung, Bau und Betrieb der Anlage berücksichtigt, und das Stilllegungskonzept wird dem jeweiligen Stand der Entwicklung der Stilllegungstechniken angepasst.

2.1 Stand der Technik und Praxis der Stilllegung von Nuklearanlagen

2.1.1 Internationaler Erfahrungshorizont

Erfahrungen in der Stilllegung beziehen sich auf Technologien und Strategien zur Vorgehensweise bei der Stilllegung. Hinsichtlich der zum Einsatz gelangenden Technologien ist festzustellen, dass in grossem Masse auf Technologien und weltweite Erfahrungen während des Betriebes von Kernkraftwerken, namentlich in der Instandhaltung, der Nachrüstung und beim Ersatz von Komponenten und Systemen, zurückgegriffen werden kann. Diese Kenntnisse haben sich bei der Durchführung von Stilllegungsprojekten bewährt. Laut der International Atomic Energy Agency (IAEA) waren 2006 weltweit neun Kernkraftwerke komplett stillgelegt (uneingeschränkte Wiederverwendung des Anlagenareales, die so genannte "grüne Wiese"), 17 Kernkraftwerke teilweise rückgebaut und sicher eingeschlossen, 30 Kernkraftwerke im Prozess der Stilllegung mit dem Ziel der "grünen Wiese" und weitere 30 Kernkraftwerke im Status des partiellen Rückbaues mit dem Ziel eines Langzeiteinschlusses (IAEA 2007).

Erfahrungen und Anforderungen bezüglich Stilllegung wurden nicht nur von der IAEA, sondern z. B. auch vom Kerntechnischen Ausschuss (KTA) in Deutschland zusammengestellt.

2.1.2 Nationaler Erfahrungshorizont

Erfahrungen in der Schweiz bei der Planung und Ausführung von Stilllegungsprojekten basieren auf dem Rückbau eines Prototyp-Leistungsreaktors sowie eines Forschungsreaktors.

Ende der 1970er Jahre wurden in der Schweiz umfangreiche Studien über die Stilllegung der schweizerischen KKW auf der Basis deutscher Erfahrungen ausgearbeitet. Diese Stilllegungsstudien wurden Ende der 1990er Jahre aktualisiert (Kontec 2001).

Darüber hinaus wurde bei der engen Zusammenarbeit von schweizerischen Experten aus den heute in Betrieb befindlichen Kernkraftwerken, dem Paul Scherrer Institut (PSI), aus unterschiedlichen Ingenieurfirmen sowie der IAEA zusätzliches Wissen zu Fragen der Standardisierung von Stilllegungsablaufplanungen und der zuverlässigen Kostenschätzung erarbeitet.

Dieser Wissensaufbau hat dazu geführt, dass für die Betreiber der schweizerischen Kernkraftwerke im Rahmen der Entsorgungsnachweise belastbare Abschätzungen von Kosten, Zeitdauer und Aufkommen an radioaktiven Abfällen aus der Stilllegung erarbeitet und periodisch aktualisiert werden konnten. Diese Schätzungen sind Bestandteil des Gesamt-Entsorgungskonzeptes der Schweiz (KKN 2008).

Es konnte gezeigt werden, dass die Stilllegung von kerntechnischen Anlagen

- grundsätzlich machbar ist und
- die Umwelt – wenn überhaupt – nur geringfügig radiologisch belastet

Zum Zeitpunkt der geplanten Stilllegung des KKN ist davon auszugehen, dass weltweit die Technologien und Abläufe zum Rückbau kerntechnischer Anlagen verbessert und weiter fortgeschritten sein werden.

Unter diesen Randbedingungen gilt für das KKN die grundsätzliche Machbarkeit des kompletten Rückbaues bei gleichzeitiger Planbarkeit von Kosten und Zeitrahmen für die Durchführung der Stilllegung und der Entsorgung der resultierenden Abfälle als gegeben.

2.2 Berücksichtigung der Stilllegung bei Planung, Bau und Betrieb neuer Kernanlagen

Die Auslegung neuer Reaktoren schliesst - in Übereinstimmung mit Forderungen aus (KEG 2003) und (KEV 2004) - Massnahmen ein, welche das Volumen endzulagernder kontaminierter und aktivierter radioaktiver Komponenten und die Toxizität des Abfalles weiter reduzieren, die Aktivitätsniveaus bestrahlter Komponenten absenken, die Dekontamination erleichtern, die Verbreitung von Kontamination begrenzen und den Zutritt von Personal, aber auch den Ersatz von Komponenten und die Entfernung von Abfall erleichtern. Zudem wird durch die Sammlung von stilllegungsrelevanten Gebäude- und Betriebsdaten während der Betriebsdauer die Vorbereitung der Stilllegung sichergestellt und optimiert.

2.2.1 Abfallminimierung

Für alle Kategorien und Arten des Abfalles sind nach (KEG 2003) und (KEV 2004) volumenreduzierende Strategien und Massnahmen einzusetzen, insbesondere

- die Rezyklierung von Materialien mit und ohne Notwendigkeit eines Nachweises ihrer Eignung zur Wiederverwertung
- Erzeugung von möglichst geringen Mengen des schwer zu entsorgenden Abfalles, insbesondere von langlebigen, hochaktiven Abfällen sowie faserigen und chemisch reaktiven Abfällen
- Erzeugung von möglichst geringen Mengen des so genannten "sekundären" Abfalles, z. B. in der Stilllegungsphase verwendete und im Zuge der Verwendung kontaminierte Werkzeuge und Ausrüstungen

2.2.2 Auslegungsanforderungen

Zugunsten der Erleichterung der Stilllegung wird das KKN die unter Kapitel 2.2.1 genannten Auslegungsprinzipien in konkrete Auslegungsanforderungen umsetzen.

Es handelt sich um folgende Anforderungen:

- Wahl von Materialien mit einer geringen Neigung zur Aktivierung
- Verwendung von Abschirmungen und Barrieren, welche die Aktivierung und Kontamination von Ausrüstungen unter normalen, aber auch unter Störfallbedingungen minimieren
- Wahl von Materialien und Auslegung von Systemen, Gebäuden und Gebäudeteilen mit dem Ziel einer Minimierung von Erzeugung, Ausbreitung und Ablagerung von radioaktiven Kontaminationen
- Erstellung von kontrollierten Zutrittsstellen zu kontrollierten Zonen und Sperrbereichen, Handhabungseinrichtungen und Zugangsrouten sowie die Verwendung von einfach demontierbaren Einrichtungen und einfach zu reinigenden Schutzvorrichtungen mit dem Ziel, die Expositionszeiten für das zutrittsberechtigte Personal zu minimieren
- Optimierung der Instandhaltungs- und Wartungsprozeduren im Hinblick auf den einfachen Austausch stark aktivierter Komponenten

- Vollständige Dokumentation, welche zusammen mit den Betriebsanleitungen das genaue Inventar und die Lokalisierung radioaktiver und anderer, das zutrittsberechtigten Personal gefährdender Materialien, während der genehmigten Betriebsdauer angibt

Die Anlagenhersteller selbst bewerten nationale und internationale Erfahrungen von durchgeführten Stilllegungsprojekten ebenso wie das Feedback aktueller Stilllegungsprojekte (IAEA 1999a) und berücksichtigen diese Erfahrungen bei der Planung neuer Kernkraftwerke.

Die KKN AG wird die Umsetzung dieser Erfahrungen durch den Anlagenlieferanten bereits in den technischen Ausschreibungsunterlagen verlangen.

3 Stilllegungsstrategien und -varianten

Sowohl die Nuclear Energy Agency (OECD/NEA) der Organization for Economic Cooperation and Development, die Europäische Union (EU) als auch die IAEA bemühen sich um die Harmonisierung der Vorgehensweise bei Stilllegungsprojekten. Die von der IAEA vorgeschlagenen und in allen ihren Sicherheitsstandards benutzten Definitionen von Strategien (IAEA 1999a, IAEA 2001, IAEA 2006) werden in der Planung der Stilllegung heute weitgehend einheitlich angewandt.

Die heute in der Praxis gewählten Stilllegungsstrategien sind normalerweise Varianten oder Kombinationen der IAEA-Strategien.

Jede der im Folgenden beschriebenen Stilllegungsstrategien geht davon aus, dass vor Beginn der Stilllegungsarbeiten das spaltbare Kernmaterial (Brennstoff) und die im Betrieb entstandenen radioaktiven Flüssigkeiten aus der Anlage entfernt wurden.

3.1 Sofortiger Rückbau

Das Endergebnis dieser Strategie ist, dass der Standort oder die Anlage "freigemessen" und ohne weitere Einschränkungen innerhalb kürzestmöglicher Zeit wieder benutzt werden kann und damit aus dem atomrechtlichen Aufsichtsverfahren entlassen wird. Diese Strategie hat den Vorteil, dass das Betriebspersonal die Dekontamination, die Zerlegung der grossvolumigen Komponenten und den Rückbau der Anlage mit den noch vorhandenen Anlagenkenntnissen optimal durchführen kann. Bei dieser Option ist kein vorhergehender signifikanter Zerfall der Radionuklide möglich. Daher muss bei stark aktivierten Komponenten und Strukturen zum Schutz des Personals weitgehend auf Fernhandlungs-Technologien zurückgegriffen werden. Zusätzlich ist Bedingung, dass der "in-situ" endlagergerecht konditionierte radioaktive Abfall entweder in einem Endlager gelagert werden kann oder entsprechende Zwischenlagerkapazitäten am Standort oder in einem dezentralen Zwischenlager vorhanden sind.

3.2 Späterer Rückbau nach sicherem Einschluss

Bei dieser Strategie wird die Anlage für einen festzulegenden Zeitraum (z. B. für 50 Jahre) in einem Wartezustand gehalten. Während dieses Zeitraumes wird die Anlage so gesichert und überwacht, dass kein radioaktives oder kontaminiertes Material in die Umgebung gelangen kann. Die endgültige Dekontamination von Komponenten und Anlagenteilen, der Rückbau der Anlage und die endgültige Entsorgung folgen anschliessend. Bereiche, die während dieser Periode nicht betreten werden müssen, werden abgesichert. Diese Option ermöglicht den Zerfall der kurz- und mittel-lebigen Radionuklide und somit eine Verminderung der Aktivität. Instandhaltungsaktivitäten sind

während dieser Zeit ebenso unerlässlich wie die Aufrechterhaltung der kontrollierten Zonen und Sperrbereiche mit allen daraus resultierenden und gemäss dem nuklearen Regelwerk durchzuführenden wiederkehrenden Prüfungen.

Diese Strategie bietet verschiedene Vorteile. Beispielsweise können bereits vorgezogene kleinere Dekontaminationsmassnahmen den Umfang der kontrollierten Bereiche reduzieren, welches über eine Periode von 50 Jahren Kosten und Ressourcen sparen kann. Teile der Anlage bzw. des Standortes können bereits vorzeitig aus dem atomrechtlichen Aufsichtsverfahren entlassen und für andere Zwecke genutzt werden.

Nachteilig an dieser Strategie ist die einhergehende Reduktion des Personalbestandes während der Wartezeit. Für die Endphase muss erneut Personal eingestellt werden. Nach 50 Jahren kann nicht mehr auf Betriebspersonal mit einschlägigen Anlagenkenntnissen zurückgegriffen werden. Es muss daher bei diesem Stilllegungskonzept bereits in einer frühen Phase ein System zur Sammlung und Bewahrung des technischen Wissens eingerichtet werden.

Der Verminderung der verbleibenden Radioaktivität steht ein grösserer Messaufwand gegenüber, weil die kurz nach der Anlagenabstellung noch einfach zu messenden "Leitnuklide" weitgehend zerfallen sind. Insgesamt erscheint die Strategie des zeitverzögerten Rückbaues für heutige – evtl. auch zukünftige - Leichtwasserreaktoren nicht optimal.

3.3 In-situ-Entsorgung

Die dritte Stilllegungsstrategie ist die "in-situ"-Entsorgung. Dabei wird der kontrollierte Bereich reduziert und das vorhandene radioaktive Material auf dem Gelände in Beton eingegossen. Die verbleibenden Strukturen müssen für eine gewisse Zeit überwacht und gewartet werden. Der Standort muss dazu alle entsprechenden Anforderungen für ein oberflächennahes Endlager erfüllen. Es hat sich allerdings herausgestellt, dass die meisten Standorte für nukleare Anlagen diese Anforderungen nicht erfüllen. Diese Strategie kommt für das KKN nicht in Frage.

3.4 Varianten und strategiebeeinflussende Faktoren

Bisher durchgeführte Stilllegungsprojekte sind stets Varianten dieser Strategien gewesen. Heute wird in den Strategieabwägungen für Leistungsreaktoren mehrheitlich von der Strategie "Sofortiger Rückbau" ausgegangen, auch wenn die angestrebten Rückbauzeiten von 10 Jahren noch nicht erreicht wurden (OECD/NEA 2003).

Die Stilllegungsstrategien können sich je nach Anlagentyp und Betriebsgeschichte unterscheiden. Daneben ist das Vorhandensein von Zwischen- oder Endlagern ebenso bedeutsam wie eine mögliche geplante Wiederverwendung des Standortes.

Zu den technischen Faktoren kommen nicht-technische Faktoren hinzu, deren Bedeutung für die Wahl der Stilllegungsstrategie entscheidend sein kann. In Ergänzung zu den offensichtlichen Themen wie Sicherheit und Verfügbarkeit praktischer Stilllegungstechniken können Themen wie die Akzeptanz und Beteiligung der Öffentlichkeit sowie sozioökonomische Gesichtspunkte für die Wahl der Stilllegungsstrategie relevant werden. Hierauf wird jedoch detailliert erst im Stilllegungsplan eingegangen, der dem Baubewilligungsgesuch beizufügen ist.

3.5 Risikoverminderung

Durch das Entfernen des spaltbaren Kernmaterials und der radioaktiven Flüssigkeiten vor Beginn der Stilllegung wird das Gefährdungspotential der Anlage deutlich reduziert. Damit wird es möglich, gewisse Schutzbarrieren schrittweise – ohne Einschränkung der betrieblichen Sicherheit - zu entfernen.

Zu Beginn des Rückbaues wird das ursprüngliche Containment als umhüllende Umschliessung weiter verwendet. Möglicherweise werden einige der Lüftungssysteme nicht mehr in vollem Umfang oder gar nicht mehr benötigt.

Die Gesuchstellerin wird dafür besorgt sein, dass die Eintretenswahrscheinlichkeiten für betriebliche Störungen und für in diesen Betriebsphasen zu unterstellende Störfälle höchstens gleich – meist jedoch deutlich unter den Vergleichswerten einer in Betrieb befindlichen Anlage liegen. Generell kann festgestellt werden, dass durch den fehlenden Energieinhalt in der Anlage (thermisch, mechanisch, nuklear) die Gefahr einer unkontrollierten Freisetzung radioaktiver Stoffe gering ist.

Diese Aussagen gelten auch für die Betrachtung der Konsequenzen externer Ereignisse (z. B. Erdbeben, Flugzeugabsturz). Schutzmassnahmen gegen Überflutung, die während der Betriebsphase getroffen wurden, bleiben bis zur letzten Phase des Rückbaues wirksam. Organisatorische, technische und administrative Schutzmassnahmen gegen eventuelle industrielle und verkehrsbedingte Gefährdungen aus benachbarten Anlagen werden erst dann eingeschränkt oder aufgehoben, wenn das radioaktive Inventar in der Anlage solche Anpassungen zulässt.

Mögliche Beschädigungen der verbleibenden Kontaminationsbarrieren durch die Stilllegungsarbeiten selbst werden vorgängig systematisch analysiert und bewertet. Durch geeignete technische, planerische und organisatorische Massnahmen wird sichergestellt, dass die Auswirkungen solcher – nicht grundsätzlich auszuschliessender – Ereignisse auf die Anlage beschränkt bleiben.

3.6 Beabsichtigte Stilllegungsstrategie

Die Gesuchstellerin beabsichtigt, das KKN nach seiner Nutzungsdauer nach der Strategie "Sofortiger Rückbau" stillzulegen und die Stilllegungsabfälle anschliessend in einem geologischen Tiefenlager der Schweiz der Kategorie schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) zu entsorgen.

4 Stilllegungsphasen gemäss IAEA

Die IAEA hatte Ende der 1980er Jahre drei Stilllegungsphasen definiert. Jede Phase kann durch zwei Parameter beschrieben werden, nämlich einerseits durch den technischen Zustand der Anlage und ihrer Einrichtungen und andererseits durch die Prüfungen, Inspektionen und Tests, welche der jeweilige Zustand erfordert. Nachfolgend werden diese Stilllegungsphasen stichwortartig skizziert.

4.1 Stilllegung Phase 1

Die Funktion des Containments als Schutzbarriere („Containmentbarriere“) bleibt aus der Betriebsphase erhalten. Die mechanischen Verschlussysteme werden jedoch in der sicherheitsgerichteten bzw. betrieblich erforderlichen Stellung blockiert. Das Containmentgebäude wird überwacht. Die für die Radioaktivitätskontrolle notwendige Ausrüstung innerhalb und ausserhalb der Anlage bleibt in Betrieb.

4.2 Stilllegung Phase 2

Die erste Kontaminationsbarriere wird auf Minimalgrösse reduziert und alle leicht abbaubaren Teile werden entfernt. Die Versiegelung dieser Barriere wird verstärkt. Der biologische Schild wird, wenn nötig, erweitert, so dass dieser die Barriere völlig umschliesst. Nach Dekontamination kann das Containment umgebaut oder entfernt werden – falls dieses für die radiologische Sicherheit nicht mehr erforderlich ist.

Nicht-radioaktiv kontaminierte Gebäude oder Gebäudeteile sowie Anlagenausrüstungen können neuen Zwecken zugeführt werden. Die Überwachung um die Barriere kann verringert werden.

4.3 Stilllegung Phase 3

Alle Materialien, Ausrüstungsgegenstände und Anlagenteile, in welchen auch nach erfolgter Dekontamination noch Restaktivität verblieben ist, werden entfernt. In allen verbleibenden Anlagenteilen wird durch geeignete Dekontaminationsverfahren ein möglichst niedriges Aktivitätsniveau eingestellt mit dem Ziel, dass die Anlage und der Standort für die unbeschränkte weitere Nutzung freigemessen werden können. Aus der Sicht des Strahlenschutzes sind dann keine weiteren Überwachungen oder Inspektionen mehr notwendig.

5 Etappen der Stilllegung

5.1 Die Nachbetriebsphase

Die Stilllegungsstrategie setzt einen Zustand der Anlage zu Beginn der Stilllegungsarbeiten voraus, der sich vom betrieblichen Zustand u.a. dadurch unterscheidet, dass sich keine Brennelemente mehr im Reaktor befinden und alle nicht mehr für den Betrieb erforderlichen Medien sowie die betrieblichen Abfälle aus der Anlage entfernt wurden. Um diesen Zustand herzustellen, wird direkt an die endgültige Abschaltung der Anlage die so genannte Nachbetriebsphase (NBP) angeschlossen.

Die NBP dient zur Vorbereitung des Kernkraftwerkes auf die Stilllegung. Die NBP wird im Rahmen der Betriebsbewilligung abgewickelt (Anmerkung: Die Kosten der NBP werden daher nicht den Stilllegungskosten zugeordnet).

Während der NBP werden alle sicherheitstechnischen Funktionen im Kernkraftwerk aufrechterhalten und die für diese Phase spezifischen Auflagen aus den Betriebsbewilligungen eingehalten. Hierzu werden die Aufgaben der technischen Überwachung, des Strahlenschutzes, der Instandhaltung (Inspektion, Wartung, Instandsetzung, wiederkehrende Prüfungen), der Materialwirtschaft (Ersatzteil- und Verschleißteilbevorratung) und der Verwaltung im für die NBP genehmigten Umfang fortgeführt.

Die Planungsarbeiten für den Abbau bei der gewählten Stilllegungsvariante "Sofortiger Rückbau" können bereits vor der Abschaltung beginnen. Ein wichtiges Ergebnis ist das auf der Basis des aktualisierten Stilllegungsplanes ausgearbeitete Stilllegungsprojekt.

5.2 Das Stilllegungsprojekt

Entsprechend Art. 27 des (KEG 2003) sind im Stilllegungsprojekt darzustellen:

- die Phasen und der Zeitplan
- die einzelnen Schritte von Demontage und Rückbau
- die Schutzmassnahmen

- der Personalbedarf und die betriebliche Organisation
- die Entsorgung der radioaktiven Abfälle
- die Gesamtkosten sowie die Sicherstellung der Finanzierung durch den Betreiber

Gemäss den neueren IAEA-Unterlagen (z. B. in IAEA 2005) ist dabei unter "Phasen und Zeitplan" die Darstellung des Projektmanagements, namentlich die Definition der Arbeitspakete und deren zeitliche Staffelung, zu verstehen.

Die geplanten Massnahmen werden in einzelnen Arbeitsschritten definiert und daraus ein anlagenbezogener Ablauf- und Terminplan erstellt. Die Arbeiten werden üblicherweise in verschiedenen Projektebenen wie

- Arbeitspakete (z. B. Planung, Vorbereitung, Demontage, Strahlenschutz, Entsorgung)
- Arbeitsbereiche (z. B. Reaktorgebäude, Maschinenhaus, Hilfsanlagegebäude)
- Arbeitsschritte (z. B. Planung der Konditionierungseinrichtungen, Installation von Zerlegegeräten, Demontage der Dampferzeuger, Demontage des Reaktordruckbehälters, Demontage der aktivierten Teile des biologischen Schildes, Freimessen der Gebäudeoberflächen)

übersichtlich strukturiert und zusammengestellt.

5.3 Der Rückbau der Anlage

Nach dem Erhalt der behördlichen Bewilligungen beginnen unmittelbar nach Abschluss der NBP die Demontage der Einrichtungen, die Verwertung der Reststoffe und die Entsorgung der radioaktiven Abfälle.

Zu Beginn der Demontearbeiten sind die betrieblichen Einrichtungen noch in betriebsbereitem Zustand, so dass diese direkt für die Abbauarbeiten genutzt werden können (z. B. Rundlaufkran, Maschinenhauskran). Umrüstmassnahmen und Neueinrichtungen sind daher im Wesentlichen auf die Konditionierungs- und Entsorgungseinrichtungen (Pufferlager für Abfälle) beschränkt.

Der Rückbau der Anlage erfolgt in folgenden Schritten:

- Demontage kontaminierter Systeme und Komponenten
- Demontage aktivierter Einbauten des Reaktordruckbehälters

- Demontage des Reaktordruckbehälters
- Demontage des aktivierten Teiles des Biologischen Schildes
- Ausbau der restlichen Stahleinbauten
- Dekontamination und Freigabe der Gebäude und des Geländes

Parallel dazu laufen die Arbeiten zur schadlosen Verwertung der Reststoffe und zur Konditionierung der radioaktiven Abfälle.

Die Arbeiten werden so durchgeführt, dass der Schutz der Umgebung und des Personals jederzeit gewährleistet ist. Dieses Schutzziel wird während der Demontage vor allem durch die verbleibenden Barrieren, insbesondere durch die Rückhaltungsmöglichkeiten der Lüftungstechnischen Anlagen, erreicht.

6 Endzustand nach Stilllegung

Mögliche Endzustände einer stillgelegten nuklearen Anlage können sein:

- Wiederverwendung des Standortes und Nutzung der freigemessenen Gebäude für andere kerntechnische Anlagen
- Nutzung des Standortes nach Freimessung der Gebäude für andere (gewerbliche) Zwecke
- Rückbau aller freigemessenen Gebäude und Herstellung eines radioaktiv unbelasteten Zustandes (sog. "grüne Wiese")

Die KKN AG wird die Gegenüberstellung verschiedener Varianten der Phasen des Stilllegungsprojektes, des Zeitplanes der Stilllegungsarbeiten und des zu erwartenden Endzustandes sowie die Begründung der gewählten Varianten und Vorgehensweisen zum geforderten Zeitpunkt vorlegen.

Der für das KKN beabsichtigte Endzustand nach Abschluss der Stilllegungsaktivitäten ist der Zustand der "grünen Wiese", der alle zukünftigen Nutzungen offen lässt.

7 Stilllegungsabfälle

Radioaktive Abfälle aus der Stilllegung von Kernkraftwerken sind im Wesentlichen schwach- und mittelaktive Abfälle. Diese werden in einem geologischen Tiefenlager der Kategorie SMA sicher endgelagert. Die Konditionierung der Abfälle erfolgt im bzw. am stillzulegenden KKN. Die KKN AG beabsichtigt, ein für die Stilllegung der heute bestehenden schweizerischen Kernkraftwerke entwickeltes Containerkonzept auch beim KKN anzuwenden, bei dem standardisierte Beton-Containertypen mit unterschiedlichen Abmessungen eingesetzt werden sollen. Diese Container ermöglichen einfache Arbeitsabläufe beim Transport zum Tiefenlager und bei der Einlagerung selbst.

Um das Aufkommen an radioaktivem Abfall zu verringern, wird auch für das KKN die Dekontamination von Materialien bis zur Freimessung angestrebt, was die uneingeschränkte weitere Verwendung – soweit technisch möglich und sinnvoll – erlaubt. Optimierungen werden vorgenommen, um (erstens) die Dosis für das Personal und (zweitens) die Kosten für die Dekontamination gegen die Vorteile geringerer Volumina für die geologische Tiefenlagerung abzuwägen.

Die Freimessung und die anschliessende Freigabe von Materialien für die Wiederverwertung werden von der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde überwacht. Gegenwärtig basiert die Freimessung auf Arbeitsvorschriften nach der Richtlinie ENSI-B04 (ENSI 2009).

Die Entsorgung des Abfalles des stillgelegten KKN entspricht somit dem ebenfalls als Antragsunterlage eingereichten Nachweis für die Entsorgung der anfallenden radioaktiven Abfälle (KKN 2008) und den dort aufgezeigten Entsorgungspfaden der existierenden schweizerischen Kernkraftwerke.

8 Rückstellungen für die Stilllegung

Die für KKN notwendig werdenden finanziellen Rückstellungen für die Planung und Durchführung der Stilllegung sowie für die Entsorgung der radioaktiven, endlagerfähigen Abfälle erfolgen nach den Massgaben des im Kapitel 1 genannten Stilllegungsfonds.

9 Zusammenfassung und Bewertung

Das vorliegende Stilllegungskonzept zeigt die Machbarkeit der späteren Stilllegung des KKN auf.

Das Stilllegungskonzept für das KKN berücksichtigt sowohl schweizerische als auch internationale Erfahrungen bereits durchgeführter Stilllegungsprojekte. Insbesondere liegen Erfahrungen auf den Gebieten der einsetzbaren Techniken unter Berücksichtigung der zu erwartenden Strahlenexposition des Personals, der Abfallminimierung, der Dosisminimierung unter Beachtung des ALARA-Prinzipes (As Low As Reasonably Achievable), der Dauer und der Abläufe der einzelnen Massnahmen sowie der Behandlung und Entsorgung der Komponenten und Anlagenteile vor.

Die für die Stilllegungsarbeiten notwendigen Techniken und Verfahren werden unter Beachtung der Wirtschaftlichkeit und der Grundsätze zur "Vermeidung von unnötiger Strahlenexposition für das Personal" und der "Vermeidung von radioaktiven Abfällen" geplant und durchgeführt.

Entsprechend den gesetzlichen Regelungen wird dafür Sorge getragen, dass bereits bei der Auslegung des KKN Massnahmen getroffen werden, die die spätere Stilllegung vereinfachen. Es geht auch hier bereits um die Reduktion der Personaldosis und der Mengen radioaktiven Abfalles und toxischer Materialien.

Vorhandene Untersuchungen zur zukünftigen Stilllegung schweizerischer Kernkraftwerke bestätigen insgesamt, dass bei den heutigen Kernkraftwerken keine grundlegenden Konzeptänderungen im Hinblick auf die Durchführung der Stilllegung notwendig sind. Weiterhin zeigen die Studien auch, dass die Stilllegungskosten für die schweizerischen Kernkraftwerke in einem international üblichen Rahmen liegen.

Um die Erzeugung radioaktiven Abfalles aus Stilllegungsaktivitäten zu verringern, wird auch für das KKN die Dekontamination von Materialien bis zur Freimessung angestrebt. Verbleibende radioaktive Materialien werden mittels bewährter und in der Schweiz bereits heute erfolgreich eingesetzter Techniken konditioniert und als radioaktiver Abfall der Entsorgung in geologischen Tiefenlagern zugeführt. Optimierungen werden vorgenommen, um die Dosis für das Personal und die Dekontaminationskosten gegen die Vorteile geringerer Volumina für die geologische Tiefenlagerung in eine vernünftige Relation zu bringen.

Von der Anwendung der bereits in der Planung für das KKN vorgesehenen Massnahmen ist eine Reduktion der zu entsorgenden Massen, der Behälteranzahl und somit auch des erforderlichen Tiefenlagervolumens sowie der dem KKN zuteilbaren Kosten zu erwarten.

Die Entwicklung der Kosten für die Stilllegung der schweizerischen Kernkraftwerke wird von den Energieversorgungsunternehmen in Zusammenarbeit mit den Bundesstellen bereits seit den frü-

hen 1980er Jahren genau verfolgt und periodisch neu berechnet. Auf Basis dieser Untersuchungen werden die erforderlichen finanziellen Rückstellungen für die Stilllegung und den Rückbau der kerntechnischen Anlagen in der Schweiz getätigt.

Entsprechend werden die notwendigen finanziellen Beiträge für die Stilllegung des KKN in den Stilllegungsfonds erfolgen.

Die Entsorgung der als SMA eingestuftes Stilllegungsabfälle geschieht in Übereinstimmung mit dem im RBG beigefügten Nachweis für die Entsorgung der anfallenden radioaktiven Abfälle des KKN (KKN 2008).

Aufgrund der gegenwärtig angewandten und der zunehmend zur Anwendung kommenden Technologien zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen beabsichtigt KKN, für die Stilllegung die Strategie "Sofortiger Rückbau" mit dem Endzustand der "grünen Wiese" zu wählen. Mit diesem Stilllegungskonzept steht der Standort nach abgeschlossenem Rückbau allen weiteren Verwendungszwecken ohne Einschränkung zur Verfügung.

10 Referenzen

- (ENSI 2009) Freimessung von Materialien und Bereichen aus kontrollierten Zonen, Richtlinie ENSI-B04, Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI), in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Gesundheit (BAG) und der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt (Suva), Villigen, Schweiz
- (IAEA 1999a) Decommissioning of Nuclear Power Plants and Research Reactors, Safety Guide, Safety Standards Series, No. WS-G-2.1, International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Austria
- (IAEA 2001) Decommissioning of Nuclear Fuel Cycle Facilities, Safety Guide, Safety Standards Series No. WS-G-2.4, International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Austria
- (IAEA 2005) Standard Format and Content for Safety related Decommissioning Documents, Safety Reports Series No. 45, International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Austria
- (IAEA 2006) Decommissioning of Facilities Using Radioactive Material, Safety Standards Series, Safety Requirements No. WS-R-5, International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Austria
- (IAEA 2007) Nuclear Technology Review 2007, Chapter A.5. "Waste and Decommissioning", p. 13-14, International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Austria
- (KEG 2003) Kernenergiegesetz (KEG) vom 21. März 2003, SR 732.1, Stand am 1. Januar 2009
- (KEV 2004) Kernenergieverordnung (KEV) vom 10. Dezember 2004, SR 732.11, Stand am 1. Januar 2009
- (KKN 2008) Rahmenbewilligungsgesuch für ein neues Kernkraftwerk im Niederamt, Nachweis für die Entsorgung der anfallenden radioaktiven Abfälle, Ber-08-005, Version V002 vom 1.10.2009, Kernkraftwerk Niederamt AG, Olten, Schweiz
- (Kontec 2001) Studien für eine künftige Stilllegung der schweizerischen Kernkraftwerke: Von Gunten, Anton, Kontec 2001, Internationales Symposium "Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle", Berlin, 28. - 30. März 2001

(OECD/NEA 2003)

Decommissioning Nuclear Power Plants: Policies, Strategies and Costs, Organization for Economic Co-Operation and Development (OECD), Nuclear Energy agency (NEA), OECD Publishing, Paris 2003

(SEFV 2007)

Verordnung über den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds für Kernanlagen vom 7. Dezember 2007 (Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung, SEFV), SR 732.17, Stand vom 1. Februar 2008