



Leitlinien zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen

EMPFEHLUNG der Entsorgungskommission

Gliederung

	Seite
1 Anwendungsbereich.....	3
2 Begriffsdefinitionen.....	3
3 Stilllegungskonzept	5
4 Maßnahmen zur Vorbereitung des Abbaus der Anlage.....	7
5 Radiologische Charakterisierung	8
6 Stilllegungsplanung.....	9
7 Maßnahmen beim Abbau der Anlage	11
7.1 Infrastruktur und Logistik	11
7.2 Abbau	12
7.3 Reststoff- und Abfallbehandlung	13
7.4 Radiologischer Arbeitsschutz.....	17
7.5 Sicherer Einschluss	18
8 Sicherheit	19
8.1 Schutzziele	19
8.2 Anforderungen an Sicherheitsanalysen.....	21
8.3 Zu analysierende Ereignisse.....	22
8.4 Sicherheitstechnische Einstufung von Einrichtungen	24
8.5 Sicherheitstechnische Einstufung von Abbaumaßnahmen	26

9	Betriebsreglement	27
9.1	Stilllegungs-/Restbetriebshandbuch	27
9.2	Managementsystem	29
9.3	Dokumentation der Stilllegung/Berichterstattung	30
9.4	Personal, Organisation und Kompetenzen	32
10	Bei der Erstellung der Leitlinien berücksichtigte Unterlagen	33
Anhang: Schaubild zur Visualisierung des Zusammenhangs zwischen Konzepten und Planungen		36

1 Anwendungsbereich

In den vorliegenden Leitlinien sind die sicherheitstechnischen Anforderungen dargestellt, die bei der Stilllegung von nach § 7 Atomgesetz (AtG) genehmigten Anlagen und Anlagenteilen einzuhalten sind.

Sie sind auch auf Einrichtungen zur Aufbewahrung von oder zum Umgang mit Kernbrennstoffen nach den §§ 6 und 9 AtG sowie von Einrichtungen zum Umgang mit radioaktiven Stoffen oder Einrichtungen zur Erzeugung ionisierender Strahlen nach den §§ 10 und 12 Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) anwendbar, soweit die einzelnen Anforderungen übertragbar und die geforderten Maßnahmen aufgrund des Gefährdungspotenzials bei der Stilllegung dieser Einrichtungen gerechtfertigt sind.

Die vorliegenden Leitlinien berücksichtigen Empfehlungen des internationalen Regelwerks [1 bis 5] und ergänzen in technischer Sicht die Anforderungen und Vorgaben des Stilllegungsleitfadens [6].

Die hier getroffenen Festlegungen basieren auf der Prämisse, dass die stillzulegende Anlage im Rahmen ihrer vor der Stilllegung bestehenden Betriebsgenehmigung die Vorgaben des gültigen kerntechnischen Regelwerks inklusive (soweit zutreffend) der Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke (SiAnf) erfüllt.

Zusätzliche, hier nicht behandelte Anforderungen bestehen im Hinblick auf die Haftung bei Schäden, auf den Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter sowie im Einzelfall auf die Kontrolle spaltbaren Materials aufgrund internationaler Vereinbarungen.

2 Begriffsdefinitionen

Zum besseren Verständnis einiger nachfolgender Definitionen wird auf das Schaubild im Anhang verwiesen.

- **Abbaukonzept**

Darstellung der wesentlichen technischen und organisatorischen Maßnahmen zum Abbau einer Anlage, einschließlich deren gegenseitiger Abhängigkeiten und der voraussichtlichen zeitlichen Abfolge. Das Abbaukonzept ist Bestandteil der Stilllegungsplanung.

- **Abbauplanung**

Die Abbauplanung detailliert die im Abbaukonzept beschriebenen Maßnahmen.

- **Abklinglagerung**

Lagerung von radioaktiven Reststoffen, damit deren Aktivität so weit abklingt, dass die weitere Behandlung und Beseitigung unter optimierten Strahlenschutzbedingungen durchgeführt werden können oder gegebenenfalls eine Freigabe erfolgen kann.

- **Arbeitserlaubnisverfahren**

In den betrieblichen Unterlagen der jeweiligen Anlage festgelegte Vorgehensweise für die Planung, Freigabe, Durchführung, Überwachung, Überprüfung und Dokumentation von Tätigkeiten im Aufsichtsverfahren.

- **Dauerhafte Außerbetriebnahme**

Gesamtheit aller technischen und administrativen Maßnahmen, um die auslegungsgemäße bzw. spezifizierte Nutzung dauerhaft einzustellen.

- **Einrichtungen**

Unter Einrichtungen im Sinne dieser Leitlinien werden alle Komponenten, Systeme und baulichen Strukturen verstanden.

- **Entsorgungskonzept**

Entsorgungskonzept im Sinne dieser Leitlinien ist die Darstellung der beim Abbau einer Anlage zu erwartenden Stoffströme einschließlich deren Mengengerüste, der wesentlichen Bearbeitungsschritte und der Pfade zur schadlosen Beseitigung bzw. Verwertung oder zur Entsorgung als radioaktive Abfälle. Das Entsorgungskonzept ist Bestandteil der Stilllegungsplanung.

- **Entsorgungsplanung**

Die Entsorgungsplanung detailliert die im Entsorgungskonzept beschriebenen Maßnahmen.

- **Kernbrennstofffreiheit**

Unter der Kernbrennstofffreiheit einer Anlage bzw. eines Anlagenteils im Sinne dieser Leitlinien wird der Zustand verstanden, bei dem die Brennelemente und Brennstäbe entfernt sind und Kernbrennstoff nur noch in so geringen Mengen vorhanden ist, dass eine Kritikalität ausgeschlossen werden kann und keine Nachwärmeabfuhr mehr erforderlich ist. Dieser Zustand ist nach Entfernung der Brennelemente und Sonderbrennstäbe aus einem Kernkraftwerk erreicht.

- **Pufferlagerung**

Temporäres Unterbringen von Einrichtungen und von radioaktiven Stoffen auf geeigneten Flächen oder in geeigneten Räumen im Rahmen ihrer Bearbeitung (z. B. Dekontamination, Zerlegung) bzw. Behandlung (z. B. Konditionierung) oder Transportbereitstellung.

- **Radioaktive Reststoffe**

Radioaktive Reststoffe sind radioaktive Stoffe, bei denen über den Entsorgungsweg noch nicht entschieden ist und die entweder schadlos verwertet oder als radioaktive Abfälle geordnet beseitigt werden. Dazu gehören auch Einrichtungen, Bauschutt und aufgenommener Boden sowie bewegliche Gegenstände, die kontaminiert oder aktiviert sind.

- **Restbetriebskonzept**

Im Restbetriebskonzept wird der Betrieb von Einrichtungen insbesondere zur Einhaltung der Schutzziele, zum Abbau der Anlage und den damit zusammenhängenden Entsorgungsmaßnahmen sowie der Umgang mit Störungen beschrieben.

- **Radiologische Charakterisierung**

Unter der radiologischen Charakterisierung wird die Feststellung des Zustands einer Anlage insgesamt oder von Anlagenteilen hinsichtlich Kontamination, Aktivierung und Dosisleistung verstanden.

- **Sicherer Einschluss**

Als Sicherer Einschluss wird der durch technische und bauliche Maßnahmen hergestellte Zwischenzustand einer Anlage nach der endgültigen Einstellung des Leistungs- oder Produktionsbetriebs und nach Herstellung der Kernbrennstofffreiheit bezeichnet, in dem sie eine längere Zeit bestehen bleibt und das verbleibende radioaktive Inventar auch bei reduziertem Überwachungsaufwand sicher eingeschlossen ist.

- **Stilllegung**

Der Begriff „Stilllegung“ wird als Oberbegriff für sämtliche stilllegungsgerichteten Tätigkeiten einschließlich Abbau verwendet.

- **Stilllegungshandbuch**

Das Stilllegungshandbuch enthält die Regelungen zur Stilllegung einer kerntechnischen Anlage sowie die zum Restbetrieb und Abbau benötigten sicherheitstechnisch wichtigen und betrieblichen Einrichtungen. Das Stilllegungshandbuch wird beispielsweise auch Restbetriebs- oder weiterhin Betriebshandbuch genannt.

- **Stilllegungskonzept**

Das Stilllegungskonzept ist die Darstellung der wesentlichen Maßnahmen zur Stilllegung einer Anlage sowie zur Entsorgung der radioaktiven Reststoffe/Abfälle und dient als Nachweis der grundsätzlichen Durchführbarkeit der Maßnahmen bis zum Erreichen des Stilllegungsziels.

- **Stilllegungsphasen**

Die Stilllegung kann in mehrere Phasen unterteilt werden, wobei sich die einzelnen Phasen zeitlich überlappen können. Die Anzahl der Phasen ist im Rahmen der Gesamtschau der Stilllegung (siehe Kapitel 6) vom Betreiber festzulegen.

- **Stilllegungsplanung**

Die Stilllegungsplanung konkretisiert die im Stilllegungskonzept beschriebenen Maßnahmen in dem Maße, wie dies zur Durchführung von Stilllegung, Abbau und Entsorgung erforderlich ist.

- **Stillsetzung**

Physikalische Trennung eines Systems, eines Teilsystems oder einer Komponente von den Restbetriebssystemen nach der dauerhaften Außerbetriebnahme als Voraussetzung für den Abbau. Die Stillsetzung und die dauerhafte Außerbetriebnahme können in einem Schritt erfolgen.

3 **Stilllegungskonzept**

Die Stilllegung beinhaltet alle stilllegungsgerichteten Tätigkeiten zur Erreichung des Stilllegungsziels einschließlich des Abbaus. Dieses Ziel kann sein:

- die Beseitigung der Anlage (Abriss der baulichen Strukturen und Entlassung der Bodenflächen aus der atom- und strahlenschutzrechtlichen Überwachung),

- die konventionelle Nutzung der Anlage nach Entlassung aus der atom- und strahlenschutzrechtlichen Überwachung oder
- die Weiternutzung als Anlage oder Einrichtung innerhalb der atom- und strahlenschutzrechtlichen Überwachung.

Bei der Beseitigung der Anlage ist der Verbleib von baulichen Strukturen (z. B. Pfahlgründung, Fundamente, Teile von Kellergeschossen, gegebenenfalls verfüllt mit Abrissbauschutt) am Standort möglich. Dies ist aus sicherheitstechnischer Sicht dann zulässig, wenn durch die am Standort verbleibenden Strukturen für alle denkbaren Nachnutzungen die Einhaltung des De-minimis-Konzepts der Freigabe (vgl. Kapitel 7.3) nachgewiesen wird.

Bereits bei Errichtung und Betrieb einer Anlage ist deren spätere Stilllegung so zu berücksichtigen, dass durch Auslegung, Ausführung und Anordnung der Einrichtungen eine spätere Stilllegung nicht erschwert wird. Hierzu ist bereits bei der Errichtung ein Stilllegungskonzept zu erstellen.

Das Stilllegungskonzept enthält

- eine grundsätzliche Darstellung, wie die Stilllegung sicher und zuverlässig vorgenommen werden können und wie die Entsorgung der dabei anfallenden radioaktiven Reststoffe/Abfälle anforderungsgerecht durchgeführt werden kann, sowie
- eine Auflistung der wesentlichen für die Realisierung der Stilllegung erforderlichen Unterlagen und Informationen aus Errichtung und Betrieb der Anlage sowie Festlegungen zu deren Archivierung.

Begleitend zum Betrieb der Anlage ist das Stilllegungskonzept regelmäßig (ca. alle zehn Jahre) und insbesondere bei für die Stilllegung relevanten Änderungen an der Anlage anlassbezogen zu prüfen und gegebenenfalls zu aktualisieren. Dies betrifft:

- relevante Anlagendaten,
- vorgesehene Entsorgungswege sowie
- das grundsätzliche Vorgehen zur Stilllegung unter Berücksichtigung des Erfahrungsrückflusses aus laufenden und abgeschlossenen Stilllegungsprojekten und unter Berücksichtigung der Weiterentwicklung des Stands der Technik sowie der Änderungen des Regelwerks und administrativer Rahmenbedingungen.

Weiterhin ist sicherzustellen, dass

- Vorkehrungen zur Unterstützung einer späteren Stilllegung getroffen werden, sofern diese angemessen und unter Gesichtspunkten der Sicherheit während des Betriebs der Anlage zulässig sind, und

- die stilllegungsrelevanten Daten dokumentiert werden, u. a.
 - stilllegungsrelevante Ereignisse und Vorgänge (bautechnische Maßnahmen, Aktivitätsfreisetzungen, betriebliche Störungen, ausgeführte Dekontaminationsarbeiten, meldepflichtige Ereignisse etc.) und
 - Betriebs- und Anlagendaten (z. B. Massen, Stoffe, Radiologie) sowie deren kontinuierliche Fortschreibung (z. B. hinsichtlich Aktivierung von Anlagenteilen, gegebenenfalls sind Rückstellproben der eingesetzten Werkstoffe zu nehmen).

4 Maßnahmen zur Vorbereitung des Abbaus der Anlage

Auch nach Beendigung des Leistungs- oder Produktionsbetriebs ist die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden beizubehalten. Dazu müssen die erforderlichen Einrichtungen auch nach Beendigung des Leistungs- oder Produktionsbetriebs die Einhaltung der Schutzziele ohne Einschränkungen sicherstellen.

In Vorbereitung des Abbaus der Anlage sollten u. a. folgende Maßnahmen möglichst frühzeitig durchgeführt werden:

- Planungen zur Herstellung der Kernbrennstofffreiheit und zur Reduzierung des radioaktiven Inventars in den Systemen und Komponenten, z. B. durch Systemdekontamination und Entsorgung von Betriebsabfällen sowie von Betriebsmitteln (z. B. Borsäure),
- radiologische Charakterisierung der gesamten Anlage, soweit sie für die Stilllegungsplanung relevant ist, auf Basis von Systembewertungen und unter Berücksichtigung von nuklidspezifischen Analysen, Kontaminations- und Dosisleistungsmessungen sowie der Betriebshistorie mit relevanten Vorkommnissen,
- Planung für die Organisation unter Berücksichtigung der erforderlichen personellen Ressourcen sowie Fachkunde und Kompetenzen inkl. Planung der begleitenden Maßnahmen zum Change Management,
- Ermittlung der sicherheitstechnisch und betrieblich erforderlichen Systeme und Komponenten inkl. der Einhaltung der erforderlichen Randbedingungen wie z. B. Prüfkonzept, Instandhaltungskonzept, Alterungsmanagement,
- Planung für die Anpassung des Betriebsreglements,
- Bestandsaufnahme von gefährlichen (z. B. brennbaren, toxischen, wassergefährdenden) Stoffen.

Aus sicherheitstechnischer Sicht können außerdem nach Beendigung des Leistungs- oder Produktionsbetriebs u. a. folgende Maßnahmen begonnen und durchgeführt werden:

- Herstellen der Kernbrennstofffreiheit,
- Reduzierung des radioaktiven Inventars in den Systemen und Komponenten, z. B. durch Systemdekontamination und Entsorgung von Betriebsabfällen sowie von Betriebsmitteln (z. B. Borsäure),
- Anpassung des Betriebsreglements in Abhängigkeit vom Anlagenzustand, wie z. B. Änderung der Betriebsorganisation, relevanter Prozesse sowie Verantwortlichkeiten, der Mindestverfügbarkeiten von Einrichtungen, der Fahrweisen von Systemen, der Häufigkeit von wiederkehrenden Prüfungen, der Regelungen im Notfallhandbuch,
- Außerbetriebnahme von Einrichtungen, die für den aktuellen Anlagenzustand sowie für die Stilllegung nicht mehr benötigt werden, wobei dies Einrichtungen einschließt, die im Leistungs- oder Produktionsbetrieb sicherheitstechnische Bedeutung hatten,
- Schaffung von Flächen für die Logistik (z. B. Flächen für die Pufferlagerung, Transportwege),

Vor der Durchführung dieser Maßnahmen ist deren sicherheitstechnische Unbedenklichkeit nachzuweisen.

5 Radiologische Charakterisierung

Die erforderliche Detaillierung und Genauigkeit der radiologischen Charakterisierung hängt von deren Zielrichtung im Verlauf der Stilllegung ab. Der erste Schritt der radiologischen Charakterisierung dient der Schaffung von Grundlagen für die Stilllegungsplanung. Hierzu ist das Aktivitätsinventar der Anlage in ausreichender Detailtiefe zu erfassen, um fundierte Aussagen zu Störfällen, Abbaustrategie, Mengengerüsten der verschiedenen Entsorgungspfade sowie einer möglichen Freigabe von Gebäuden und Standort etc. treffen zu können. Eine Systemdekontamination sollte vor Beginn des Abbaus erfolgen, um einen maximalen radiologischen Nutzen zu erzielen und die radiologische Charakterisierung auch dieser Systeme zu einem möglichst frühen Zeitpunkt zu ermöglichen. Es ist darüber hinaus – soweit für das Abbaukonzept erforderlich und unter Strahlen- und Arbeitsschutzgesichtspunkten im ersten Schritt möglich – zu prüfen, ob und wie tief Kontamination in Gebäudestrukturen eingedrungen ist. Hier bietet es sich an, nach Möglichkeit bereits frühzeitig zu prüfen, ob tief eingedrungene Kontamination oder Aktivierung abweichende Vorgehensweisen beim Abbau der Anlage nach sich ziehen könnte (statisch relevante Betonstrukturen im Bereich des Sicherheitsbehälters, Boden- und tragende Wandflächen in sehr hoch kontaminierten Räumen). Weitere Untersuchungen zum Eindringverhalten, die keinen Einfluss auf die Durchführung des Gesamtvorhabens haben oder unter ungünstigen radiologischen Bedingungen stattfinden müssten, können zu einem späteren Zeitpunkt (nach Demontage der Hauptstrahlenquellen in diesen Raumbereichen) erfolgen.

Spätere Schritte der radiologischen Charakterisierung während der Durchführung des Abbaus dienen der Planung konkreter Maßnahmen beispielsweise zum Schutz vor äußerer und innerer Exposition, der Auswahl optimierter Abbau-, Zerlege- und Dekontaminationsverfahren, der Validierung berechneter Aktivitäten radioaktiver Abfälle sowie der Festlegung von Nuklidvektoren und Messparametern für Entscheidungsmessungen im Rahmen der Freigabe.

Insgesamt ist der Detaillierungsgrad der radiologischen Charakterisierung im Rahmen der Stilllegungsplanung niedriger als während der Abbauphase.

Ebenso wie die radiologische Charakterisierung gehört die Bestandsaufnahme von gefährlichen Stoffen zu den Grundlagen für die Stilllegungsplanung. Aus praktischen Gründen hat es sich bewährt, diese beiden Aufgaben nicht unabhängig voneinander zu planen und durchzuführen, sodass die Erfassung von brennbaren, toxischen oder wassergefährdenden Stoffen als Ergänzung der radiologischen Charakterisierung angesehen werden kann und dementsprechend zu einem möglichst frühen Zeitpunkt durchgeführt werden sollte.

6 Stilllegungsplanung

Die Stilllegungsplanung im Rahmen des Genehmigungsverfahrens (siehe Abbildung im Anhang) muss insbesondere

- das Abbaukonzept,
- das Entsorgungskonzept,
- das Restbetriebskonzept,
- die Sicherheitsanalysen,
- die Beschreibung des Betriebsreglements und der vorgesehenen Dokumentation sowie
- die Beschreibung aller erforderlichen Maßnahmen, die keine Abbaumaßnahmen darstellen,

enthalten. Sofern auf bereits aus dem Leistungsbetrieb vorhandene Unterlagen zurückgegriffen wird, ist dies zusammenfassend darzulegen.

Das **Abbaukonzept** muss vor allem folgende Punkte beinhalten:

- Abbauschritte und Abbaumaßnahmen von Einrichtungen einschließlich deren gegenseitiger Abhängigkeiten und der voraussichtlichen Abfolge unter Vermeidung unzulässiger Rückwirkungen auf sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen,
- Abbau-, Zerlege- und Dekontaminationstechniken und erforderliche Hilfseinrichtungen sowie
- Beschreibung der Verfahrensregelungen zum Abbau von Anlagenteilen.

Das **Entsorgungskonzept** muss vor allem folgende Punkte beinhalten:

- Beschreibung und Klassifizierung der anfallenden radioaktiven Reststoffe,

- Abfallmanagement für radioaktive Abfälle,
- Konzept zur Freigabe bzw. Herausgabe (unter Berücksichtigung von Bodenflächen und Gebäuden) und
- Darstellung der Stoffströme einschließlich erforderlicher spezifischer Transport- und Lagerlogistik sowie deren gegenseitige Abhängigkeit.

Sowohl das Abbaukonzept als auch das Entsorgungskonzept sollten unter Berücksichtigung der konventionellen Schadstoffe verfasst werden und bilden die Basis für die Abbauplanung und die Entsorgungsplanung.

Das **Restbetriebskonzept** muss vor allem folgende Punkte und Zielsetzungen beinhalten:

- für den Restbetrieb der Anlage benötigte Systeme, Komponenten und bauliche Strukturen, deren Anforderungen und deren Einstufung in Einrichtungen mit sicherheitstechnischer Bedeutung und erforderliche Betriebssysteme,
- Darstellung der Betriebsorganisation zum Zeitpunkt der Wahrnehmung der Stilllegungsgenehmigung,
- Beschreibung von Verfahren zur Außerbetriebnahme und zum Stillsetzen von Anlagenteilen,
- Beschreibung von Verfahren zur Änderung der Anlage sowie der Betriebsweise von Systemen und
- Brandschutz- und Fluchtwegekonzept inklusive Brandschutzmaßnahmen und technischer Dokumentation.

Die **Sicherheitsanalysen** dienen dem Nachweis der nach Stand von Wissenschaft und Technik erforderlichen Schadensvorsorge. Detailvorgaben hierzu sind dem Kapitel 8 zu entnehmen. Sie umfassen u. a.:

- Analyse der Betriebsabläufe und der Auswirkungen auf das Personal und auf die Umgebung durch Direktstrahlung und durch Ableitungen mit Fortluft und Abwasser,
- Schutzmaßnahmen und betriebliche Festlegungen zum Schutz des Personals und der Umgebung vor ionisierender Strahlung bei Störungen,
- Sicherheitskonzept zur Vermeidung und zur Begrenzung der Auswirkungen von Störfällen innerhalb und außerhalb der Anlage,
- Einstufung der sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen und erforderlichen Betriebssysteme sowie dazugehörige Anforderungen und
- systematische Gefahren- und Störfallanalyse (angepasst an das Gefahrenpotenzial während des Abbaus unter Berücksichtigung der während des Abbaus eingesetzten Techniken und Gefahrstoffe).

Die **Beschreibung des Betriebsreglements und der vorgesehenen Dokumentation** muss die wesentlichen Unterlagen und Vorgaben des Betriebsreglements und der für die Stilllegung relevanten Dokumentation enthalten. Detailvorgaben hierzu sind dem Kapitel 9 zu entnehmen.

Das Betriebsreglement beinhaltet die aufbau- und ablauforganisatorischen Regelungen, die für die Stilllegung der Anlage erforderlich sind. Hierzu gehören z. B.

- das Stilllegungs-/Restbetriebshandbuch,
- das Prüfhandbuch,
- die Dokumentation des Managementsystems sowie
- weitere ergänzende Anweisungen und Vorschriften.

Zu den erforderlichen **Maßnahmen, die keine Abbaumaßnahmen darstellen**, zählen z. B. die Errichtung von Handhabungs- und Lagereinrichtungen, die Errichtung von neuen Komponenten, der Aufbau von (mobilen) Einrichtungen zur Behandlung oder Konditionierung von Abfällen sowie Nutzungsänderungen von Räumen.

Im Rahmen der Stilllegungsplanung müssen alle Maßnahmen, die zum Erreichen des Stilllegungsziels vorgesehen sind, und die Massen und Aktivitäten aller insgesamt erwarteten radioaktiven Abfälle und freizugebenden radioaktiven Stoffe angegeben werden. Sofern mit Fortschritt der Stilllegung keine wesentlichen Änderungen der in künftigen Stilllegungsphasen vorgesehenen Maßnahmen erforderlich werden, ist die Vorlage einer solchen Gesamtschau zur Stilllegung bei mehrphasigen Projekten zur ersten Stilllegungsphase ausreichend. Die Gesamtschau muss für alle Phasen erkennen lassen, dass die für eine konkrete Phase beantragten Maßnahmen weitere Maßnahmen nicht erschweren oder verhindern und dass eine sinnvolle Reihenfolge der Abbaumaßnahmen vorgesehen ist. Die Gesamtschau entspricht damit den nach § 19b Abs. 1 Atomrechtliche Verfahrensverordnung (AtVfV) geforderten Angaben zu den insgesamt geplanten Maßnahmen zur Stilllegung, zum Sicherem Einschluss oder zum Abbau der Anlage oder von Anlagenteilen.

7 Maßnahmen beim Abbau der Anlage

7.1 Infrastruktur und Logistik

Beim Abbau der Anlage kann schrittweise durch die Entfernung nicht mehr benötigter Anlagenteile Zugang zu weiteren abzubauenen Anlagenteilen sowie Platz für die Handhabung dieser Teile und die hierzu verwendeten Werkzeuge (z. B. Fernhantierungseinrichtungen) geschaffen werden. Erforderlichenfalls sind die betrieblichen Transportwege zu erweitern und neue Transportwege zu schaffen (z. B. Einbau neuer Tore und Schleusen).

Die Einrichtungen für Handhabung und Transport der ausgebauten Reststoffe innerhalb der Anlage und auf dem Anlagengelände sind festzulegen und entsprechend ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung einzustufen (vgl. Kapitel 8).

Auch bei diesen Maßnahmen sind die Rückwirkungen auf die Anlage (z. B. auf das Brandschutzkonzept, den Strahlenschutz und die Anlagensicherung) jeweils auf ihre Zulässigkeit zu bewerten. Erforderlichenfalls sind Anpassungen vorzunehmen.

Zur Sortierung der beim Abbau anfallenden radioaktiven Reststoffe nach Stoffart und Kontaminationsgrad ist ausreichend Platz für die erforderlichen Messeinrichtungen und für die notwendige Pufferlagerung vorzusehen. Zur Dekontamination der ausgebauten Anlagenteile und zur Konditionierung der anfallenden Abfälle sind die erforderlichen Einrichtungen bereitzustellen.

Zur Behandlung der anfallenden radioaktiven Reststoffe sind geeignete Einrichtungen mit ausreichender Kapazität vorzusehen. Eine Sortierung sollte möglichst schon beim Anfall der radioaktiven Reststoffe erfolgen. Alternativ dazu können die Sortierung und Behandlung der radioaktiven Reststoffe (Zerlegung, Dekontamination, radiologische Messung, Konditionierung) auch in externen Einrichtungen erfolgen. In diesem Fall sind die Verfügbarkeit, ausreichende Kapazität und Eignung derartiger Einrichtungen zu belegen und Aussagen zum Transport (Transportmittel, Verpackungen und Transportwege) zu diesen Einrichtungen zu treffen. Im Rahmen der Abbauplanung und der Entsorgungsplanung sind Verfügbarkeit und ausreichende Kapazität und Eignung zu überprüfen und die Wahl der externen Einrichtungen gegebenenfalls anzupassen.

Für die Pufferlagerung und die Abklinglagerung der radioaktiven Reststoffe sowie die Zwischenlagerung der konditionierten radioaktiven Abfälle sind ausreichende Kapazitäten am Standort bzw. bei externen Einrichtungen vorzusehen. In Abhängigkeit von der Betriebsdauer dieser Flächen für die Puffer- und Abklinglagerung sowie der Beschaffenheit und der Aufbewahrungszeit der radioaktiven Stoffe auf diesen Lagerflächen sind Festlegungen zur Betriebsweise der Lagerflächen inkl. Dokumentation, Verpackung und Inspektion der gelagerten Stoffe im betrieblichen Regelwerk festzulegen (vgl. [7]).

Bei der Zwischenlagerung sind die Anforderungen aus [8] zu berücksichtigen.

Infrastruktur und Logistik sind im Hinblick auf eine Dosisreduzierung nach § 8 (2) StrlSchG auszurichten.

7.2 Abbau

Für die vorgesehenen Abbaumaßnahmen ist eine Abbauplanung zu erstellen. Zielsetzungen für diese Planung sind die sichere Durchführung der Arbeiten, der Einschluss der in der Anlage befindlichen radioaktiven Stoffe sowie die Minimierung der Exposition von Betriebspersonal und Umgebung auf ein vernünftigerweise erreichbares Maß. Der Abbau muss in sinnvollen Teilschritten mit geeigneten Abbauverfahren unter Beachtung der Transport- und Lagerlogistik sowie der Verfügbarkeit der erforderlichen Einrichtungen und Versorgungs- und Hilfssysteme erfolgen. Der Abbau ist so zu planen und durchzuführen, dass die zur Einhaltung der Schutzziele erforderlichen Einrichtungen in ihrer Funktion und Verfügbarkeit nicht beeinträchtigt werden.

Für den Abbau sind grundsätzlich bewährte Abbau-, Zerlege- und Dekontaminationstechniken einzusetzen, die u. a. im Hinblick auf eine Minimierung der Sekundärabfälle und der Exposition des Personals optimiert

sind. Neu einzusetzende Techniken sind vor dem Einsatz zu erproben und zu qualifizieren (z. B. in „Kaltversuchen“).

Die jeweiligen Abbaumaßnahmen sind entsprechend dem von der Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde freigegebenen Arbeitserlaubnisverfahren für die Durchführung von Arbeiten (siehe Kapitel 9) zur Prüfung vorzulegen.

Die Strahlenschutzmaßnahmen sind an die Anforderungen und geänderten Rahmenbedingungen des Abbaus anzupassen. Dabei sind die gegenüber dem Leistungs- oder Produktionsbetrieb veränderte Nuklidzusammensetzung der Kontamination und die längeren Aufenthaltszeiten des Personals in Bereichen mit offener Kontamination zu berücksichtigen. Die Direktstrahlung im Abbaubereich ist jeweils zu ermitteln, gegebenenfalls ist der Einsatz von Abschirmvorrichtungen und von Einrichtungen zur fernhantierten Demontage und Handhabung zur Verminderung der Exposition des Personals durch Direktstrahlung vorzusehen.

7.3 Reststoff- und Abfallbehandlung

Auf der Basis der Betriebshistorie, von Systembetrachtungen und von gezielten Messungen sind im Rahmen der Durchführungsplanung für alle bei der Stilllegung anfallenden Stoffe die Massen zu bestimmen, eine quantitative Zuordnung der Stoffe zu Entsorgungswegen vorzunehmen und die Entsorgungswege zu beschreiben, wobei auch eine Abklinglagerung berücksichtigt werden kann. Dabei sind auch die zu erwartenden Sekundärabfälle, abhängig von den geplanten Abbau- und Dekontaminationsverfahren, zu berücksichtigen. Die anlageninterne Vorgehensweise bei der Sammlung, Messung, Dekontamination, Konditionierung und Verpackung ist festzulegen und im betrieblichen Regelwerk festzuschreiben. Alle beim Abbau anfallenden radioaktiven Stoffe sind in Buchführungssystemen zu erfassen, so dass ihr Konditionierungszustand und ihr Verbleib bis einschließlich zur endgültigen Abgabe an Dritte jederzeit festgestellt werden können (§ 2 AtEV, §§ 85, 86 und 94 StrlSchV). Neben der radiologischen Charakterisierung ist die stoffliche Zusammensetzung der radioaktiven Abfälle detailliert zu dokumentieren [9].

Für eine Abklinglagerung von Anlagenteilen und Komponenten sind die Durchführung sowie die Dauer der Abklinglagerung, insbesondere im Hinblick auf den Strahlenschutz und die Entsorgung, zu begründen sowie die sicherheitstechnischen Vorteile der gewählten Variante aufzuzeigen. Weiterhin ist das durch die spätere Bearbeitung angestrebte Entsorgungsziel festzulegen. Die für die spätere Bearbeitung und Entsorgung relevanten Daten sind zu ermitteln und zu dokumentieren. Dabei ist auch die Veränderung der Zusammensetzung der Kontamination in Richtung schwer messbarer Radionuklide zu berücksichtigen.

Freigabe von radioaktiven Stoffen

Radioaktive Stoffe aus genehmigungspflichtigem Umgang mit vernachlässigbarer Aktivität sowie Gegenstände, die aus genehmigungspflichtigem Umgang aktiviert oder kontaminiert sind oder sein können,

können bei Unterschreitung von Freigabewerten (Anlage 4 Tabelle 1 StrlSchV [10]) sowie bei Einhaltung freigabespezifischer Randbedingungen (Anlage 8 StrlSchV) im Rahmen eines Freigabeverfahrens freigegeben werden. Dies umfasst beispielsweise alle Stoffe aus Kontrollbereichen von Kernkraftwerken. Auch Stoffe, die außerhalb von Kontrollbereichen anfallen, unterliegen einem Freigabeverfahren, wenn aus der Betriebshistorie oder aus beweissichernden Messungen ein Verdacht auf Kontamination oder Aktivierung auf Grund des dort erfolgten Umgangs mit radioaktiven Stoffen resultiert. Die Verfahren zur Freigabe sind in Abhängigkeit von der Stoffart und dem Entsorgungsziel festzulegen (vgl. §§ 31 bis 42 StrlSchV). Die Verordnung unterscheidet zwischen der uneingeschränkten Freigabe, diversen Arten der spezifischen Freigabe und der Freigabe im Einzelfall. Bei der Ermittlung der Freigabewerte für die spezifische Freigabe wurde von reststoffart-spezifischen Randbedingungen der weiteren Verwertung, Beseitigung oder Nachnutzung Kredit genommen (Beispiel: Freigabe zur Beseitigung auf Deponien). Da in der aktuellen Fassung der StrlSchV [10] die Freigabewerte für spezifische Freigaben häufig oberhalb der Freigrenzen liegen können, kommt einer Prüfung der Randbedingungen spezifischer Freigaben größere Bedeutung zu. Die für eine Freigabe zuständige Behörde hat sich davon zu überzeugen, dass im Falle spezifischer Freigaben unter Berücksichtigung der Randbedingungen (z. B. bei der Beseitigung auf Deponien und Verbrennungsanlagen) die Einhaltung des 10- μ Sv-Konzepts sichergestellt ist. Ebenso muss im Falle spezifischer Freigaben zum Recycling vermieden werden, dass Produkte in den Wirtschaftskreislauf gelangen, deren spezifische Aktivität oberhalb der Freigrenzen liegt. Kann ein spezifischer Freigabevorgang nicht entsprechend den Bedingungen des Freigabebescheides abgeschlossen werden (z. B. weil ein Verwerter die Stoffe nicht annimmt), so ist durch Vorgaben im Rahmen des Freigabeverfahrens sicherzustellen, dass die zuständige atomrechtliche Behörde über diesen Umstand informiert wird. Die Stoffe unterliegen dann weiterhin der atomrechtlichen Überwachung.

Auf Grund der Übergangsvorschriften des § 187 StrlSchV gelten die geänderten Werte für die uneingeschränkte Freigabe erst ab dem 01.01.2021. Alle anderen freigabespezifischen Festlegungen der aktuellen StrlSchV sind von dieser Übergangsfrist nicht betroffen.

Das Freigabeverfahren umfasst in der Regel die Verfahrensschritte der radiologischen Charakterisierung/Voruntersuchung, des Abbaus von Anlagenteilen, der Dekontamination, der Durchführung von Entscheidungsmessungen und daran anschließend die Freigabe und Entsorgung der Stoffe. Hierbei muss die Prüfung wesentlicher Daten (Nuklidvektor oder von der jeweiligen Nuklidzusammensetzung abgeleitete Messparameter, Eignung und Kalibrierung der Messeinrichtungen, Herkunft des Stoffs und gegebenenfalls Aktivitätsverteilung) sowie die Durchführung stichprobenartiger Kontrollmessungen vorgesehen sein. Sofern bei der Entscheidungsmessung Bezugsflächen zur Anwendung kommen sollen, die oberhalb der Mittelungsflächen der Anlage 8 StrSchV liegen, so ist im Rahmen von Orientierungsmessungen die Homogenität der verbliebenen Restkontamination nachzuweisen. Alle wesentlichen Verfahrensschritte sind im betrieblichen Regelwerk, z. B. in Form von Freigabeablaufplänen und/oder Arbeitsanweisungen verbindlich festzulegen. Es sind bei einer Freimessung nur die Kontaminationen zu berücksichtigen, die durch die Anlagen oder Einrichtungen auf dem Betriebsgelände verursacht worden sind. Dies bedeutet, dass natürlich vorkommende Radioaktivität oder anthropogene Kontaminationen aus anderen Quellen (Kernwaffen- oder Tschernobyl-Fallout) bei der Freigabe unberücksichtigt bleiben können.

Der gesamte Freigabeprozess erfolgt unter der Kontrolle der zuständigen Behörde bzw. des gegebenenfalls von ihr zugezogenen unabhängigen Sachverständigen. Die Verfahrensabläufe inklusive aller Verfahrensschritte sind in betrieblichen Unterlagen festzuschreiben, die einer behördlichen Prüfung und Zustimmung unterliegen.

Aus diversen Stilllegungsverfahren liegt mittlerweile ein umfangreicher Erfahrungsschatz in Bezug auf die Freigabe vor. Einige Punkte, die in der Vergangenheit zu Diskussionen geführt haben, sind im Folgenden aufgeführt:

- Die radiologische Charakterisierung und Freimessung von Gebäuden und Gebäudeteilen ist grundsätzlich an der stehenden Struktur durchzuführen, damit nicht gezielt bei einer Zerkleinerung zu Bauschutt Material mit unterschiedlichem Aktivitätsniveau vermischt wird und so die Einhaltung von Freigabewerten herbeigeführt wird. Sofern eine Freimessung an der stehenden Struktur allerdings nicht mit vertretbarem Aufwand möglich ist, z. B. aus gebäudestatistischen Gründen oder aufgrund unvermeidbarer Quereinstrahlung in die freizumessenden Bereiche, kann in begründeten Einzelfällen vom Grundsatz der Freimessung an der stehenden Struktur abgewichen werden. In diesen Fällen muss mindestens vor der Erzeugung von Bauschutt im Rahmen einer Voruntersuchung und Entfernung lokaler Aktivitätsansammlungen verhindert werden, dass „hot spots“ mit freigabefähigem Material vermischt werden. Alternativ können Gebäudeteile am Stück herausgetrennt werden und in Bereichen niedriger Umgebungsstrahlung freigemessen werden. Es ist zweckmäßig, für die Entscheidung, ab wann Baustrukturen als Gebäudeteil oder als Bauschutt einzustufen sind, Abgrenzungskriterien einzuführen.
- Sofern entsprechende Nachweise zur Einhaltung des 10- μ Sv-Konzepts geführt werden (z. B. im Rahmen eines Einzelfallnachweises), können aus radiologischer Sicht Fundamente oder mit Bauschutt verfüllte Kellergeschosse auf dem Anlagengelände verbleiben. Erfahrungsgemäß sind hierbei weitere Vorschriften (z. B. Wasserrecht) betroffen, deren Einhaltung zusätzlich zu prüfen ist. Beim Einzelfallnachweis zur Freigabe von Bodenflächen mit im Boden verbleibenden Strukturen sind die zeitliche Veränderung der Nuklidzusammensetzung, die technischen und naturbedingten Standorteigenschaften sowie der mögliche spätere Umgang mit den verbleibenden Strukturen zugrunde zu legen. Administrative Nutzungseinschränkungen nach Beendigung der atomrechtlichen Überwachung dürfen nicht belastet werden.
- Bodenflächen und Bodenaushub sind ohne weitere Randbedingungen freigabefähig, wenn sie die Freigabewerte für die Freigabe von Bodenflächen (Anlage 4 Tab. 1 Spalte 7 StrlSchV) einhalten. Eine Anwendung der Freigabewerte für die uneingeschränkte Freigabe (Freigrenzen) (Anlage 4 Tab. 1 Spalte 3 StrlSchV) ist aus radiologischer Sicht nur in den Fällen zulässig, in denen eine großflächige Wiederverwendung des Bodenaushubs als Mutterboden/Oberboden ausgeschlossen werden kann. Geringe abrissbedingte Beimischungen von Bodenaushub im Bauschutt oder Freigaben geringer Massen führen nicht zwingend zu einer Anwendung der Werte der Anlage 4 Tab. 1 Spalte 7, in diesen Fällen können die Freigabewerte für Bauschutt bzw. im Falle geringer Massen die Werte für eine uneingeschränkte Freigabe zur Anwendung kommen.

- Um Entscheidungsmessungen für die anfallenden Mengen freizugebender radioaktiver Stoffe mit der erforderlichen Messgenauigkeit durchführen zu können, müssen geeignete Messplätze in ausreichender Kapazität verfügbar sein. Werden hierzu externe Einrichtungen genutzt, ist sicherzustellen, dass alle für die Freimessung relevanten Daten weitergegeben und dokumentiert werden.

Herausgabe von Stoffen

Für nicht radioaktive Stoffe (inklusive Gebäude und Bodenflächen), die aus genehmigungspflichtigem Umgang und aus Bereichen stammen, in denen eine Kontamination oder Aktivierung aufgrund der Betriebshistorie ausgeschlossen ist, ist durch Kontrollmessungen zur Beweissicherung zu bestätigen, dass die herauszugebenden Stoffe nicht unter die Bestimmungen der §§ 31-42 StrlSchV fallen. In Abstimmung mit der zuständigen atomrechtlichen Aufsichtsbehörde und unter Berücksichtigung der anlagenspezifischen Gegebenheiten kann festgelegt werden, welche Stoffe (wie z. B. Küchenabfälle aus der Betriebskantine, Büroinventar etc.) auch unter Verzicht auf Beweissicherungsmessungen vom Anlagengelände entfernt werden können (z. B. im Rahmen einer so genannten „Positivliste“).

Die Kontaminations- und Aktivierungsfreiheit von Stoffen, die einer Herausgabe zugeführt werden sollen, ist über Plausibilitätsbetrachtungen unter Berücksichtigung der Historie der Einrichtung sowie über stichprobenartige Beweissicherungsmessungen zu belegen. Die Erkennungsgrenzen der beweisichernden Messungen sollten sich hierbei für das Schlüsselnuklid unter Berücksichtigung der messtechnischen Machbarkeit an 10 % der für den jeweiligen Stoff heranzuziehenden Freigabewerte (mit Ausnahme der Freigabe zur Beseitigung in Müllverbrennungsanlagen, auf Deponien, von Metallschrott zum Recycling oder Gebäuden zum Abriss) orientieren.

Bei der Auswahl der Orte für die beweisichernden Messungen sind so genannte Kumulationspunkte zu erfassen, an denen gegebenenfalls vorhandene Aktivitäten am wahrscheinlichsten zu finden wären, wie z. B. Sediment in Gullys zur Entwässerung von Asphaltflächen. Diese sind durch zusätzliche Stichproben aus anderen herauszugebenden Bereichen zu ergänzen.

Messtechnische Befunde oberhalb der Erkennungsgrenze jedoch unterhalb von 10 % der Freigabewerte erfordern aus sicherheitstechnischer Sicht nicht zwangsläufig die Durchführung eines Freigabeverfahrens. Es ist jedoch beim Auftreten derartiger Befunde zu prüfen, ob der bisherige, auf der Annahme der Kontaminations- und Aktivierungsfreiheit beruhende Messumfang ausreichend ist, und ob, gegebenenfalls unter Einbeziehung weiterer Messergebnisse, die Einstufung des Stoffs/Geländebereichs als „kontaminations- bzw. aktivierungsfrei“ nachträglich zu korrigieren ist. In der Regel führt dies dazu, dass die aus diesem Bereich stammenden Materialien komplett einem Freigabeverfahren zugeführt werden.

Messtechnisch nachgewiesene Radioaktivität, die nicht im Zusammenhang mit dem genehmigten Umgang am Standort der Anlage steht (z. B. Kernwaffen- oder Tschernobyl-Fallout sowie natürlich vorkommende Radioaktivität) führt nicht zu einer Einstufung der untersuchten Stoffe als „radioaktiv“ und steht somit einer Herausgabe nicht entgegen. Zumindest für Bodenflächen ist ohne anlagenspezifische Festlegungen zur Berücksichtigung des Kernwaffen- bzw. Tschernobyl-Fallouts eine Herausgabe nicht möglich, da hier

messtechnische Befunde auf Sr-90 und Cs-137 auch bei Abwesenheit jeglicher Kontamination aus dem Anlagenbetrieb unvermeidbar auftreten. Die Ableitungen einer Anlage mit der Fortluft im bestimmungsgemäßen Betrieb stehen aus sicherheitstechnischer Sicht einem Herausgabeverfahren nicht entgegen.

Die Vorgehensweise zur Herausgabe ist in betrieblichen Regelungen, die der behördlichen Zustimmung unterliegen, festzuschreiben.

7.4 Radiologischer Arbeitsschutz

Viele Elemente des radiologischen Arbeitsschutzes bei der Stilllegung kerntechnischer Anlagen sind bereits beim Betrieb dieser Anlagen von Bedeutung und somit bereits im Betriebsreglement der jeweiligen Anlage erfasst. Der folgende Abschnitt geht daher auf diejenigen Aspekte des radiologischen Arbeitsschutzes ein, die erst mit der Stilllegung größere Bedeutung erhalten. Die bisherige Erfahrung bei der Stilllegung wird dabei berücksichtigt.

Die konkrete Durchführung von Tätigkeiten im Kontrollbereich einer kerntechnischen Anlage, von der radiologischen Charakterisierung über sämtliche Änderungs- und Abbaumaßnahmen bis hin zur Entsorgung der angefallenen Stoffe ist stets das Ergebnis einer Abwägung, die auch im Hinblick auf den Strahlenschutz des Personals unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalls und unter Beachtung des Stands von Wissenschaft und Technik zu optimieren ist.

Beispiele hierfür sind:

- Zeitpunkt und Umfang einer Systemdekontamination,
- Wahl der jeweiligen Abbau-, Zerlege- und Dekontaminationstechniken,
- Festlegung von Zeitpunkt und Reihenfolge der jeweiligen Abbau-, Zerlege- und Dekontaminationsmaßnahmen einschließlich der zugehörigen Entsorgungswege,
- Vorgehensweise bei der Zerlegung und Dekontamination (z. B. unmittelbar am Ort des Abbaus, in einem Reststoffbearbeitungszentrum oder extern),
- Festlegung der Schutzmaßnahmen (z. B. Abschirmmaßnahmen, persönliche Schutzausrüstung etc.) bei den jeweiligen Abbau-, Zerlege- und Dekontaminationsmaßnahmen oder
- Festlegung der Reststoffbehandlung und gegebenenfalls des Orts der weiteren Lagerung behandelter Reststoffe.

Insbesondere bei Abbau- und Entsorgungstätigkeiten sind die Anforderungen des betrieblichen Strahlenschutzes u. a. mit den technischen und terminlichen Anforderungen an die Planung und Durchführung der Tätigkeiten in Einklang zu bringen.

Bisherige Erfahrungen zeigen, dass nur ein kleiner Teil der Kollektivdosis beim Abbau einer Anlage bei einzelnen Gewerken mit dosisintensiven Tätigkeiten anfällt, die nach dem speziellen Strahlenschutzverfahren der Richtlinie IWRS II [11] abgewickelt werden. Um der Optimierungsanforderung des Strahlenschutzes gerecht zu werden, muss daher bereits das routinemäßige Strahlenschutzverfahren sicherstellen, dass bei allen Tätigkeiten im Kontrollbereich die Besonderheiten des Abbaus in den routinemäßig herangezogenen Strahlenschutzanweisungen in angemessener Weise berücksichtigt sind.

Für die erforderlichen Abwägungsprozesse sind geeignete Kriterien und Verfahrensweisen im Betriebsreglement zu verankern, mit denen sichergestellt werden kann, dass der Strahlenschutz bei der Planung, Freigabe und während der Durchführung von Tätigkeiten anforderungsgerecht Berücksichtigung findet. Da die Abwägungsprozesse mit den zugrundeliegenden Kriterien und Verfahrensweisen zur Einhaltung der Schutzziele beitragen, haben sie auch eine sicherheitstechnische Bedeutung (siehe Kapitel 8.5). Die wesentlichen Kriterien und die Ergebnisse der Abwägungen sind jeweils überprüfbar zu dokumentieren.

7.5 Sicherer Einschluss

Kernkraftwerke, deren Berechtigung zum Leistungsbetrieb erloschen ist oder deren Leistungsbetrieb endgültig beendet ist und deren Betreiber Einzahlende nach § 2 (1) EntsorgungsfondsG sind, sind unverzüglich stillzulegen und abzubauen. Die zuständige Behörde kann im Einzelfall für Anlagenteile vorübergehende Ausnahmen zulassen, soweit und solange dies aus Gründen des Strahlenschutzes erforderlich ist. Im Falle eines Sicheren Einschlusses sind die Durchführung und die Dauer, insbesondere im Hinblick auf den Strahlenschutz, zu begründen sowie die sicherheitstechnischen Vorteile der gewählten Variante aufzuzeigen.

Im Rahmen der Stilllegungsplanung sind alle Maßnahmen zur Vorbereitung und Überführung von Anlagen bzw. Anlagenteilen in den Sicherer Einschluss und die Maßnahmen während dieses Zustands zu beschreiben. Im Rahmen der Gesamtschau zur Stilllegung ist auch darzulegen, dass nach Ende des Sicheren Einschlusses der Abbau der Anlage sicher durchgeführt werden kann. Hierbei sind die Aspekte, die Einfluss auf den späteren Abbau haben, zu identifizieren und die geplante Dauer des Sicheren Einschlusses zu beschreiben. Die Maßnahmen im Zuge des Sicheren Einschlusses dürfen den nachfolgenden Abbau nicht erschweren. Die Sicherheitsanalysen müssen das gesamte Stilllegungsvorhaben berücksichtigen (vgl. Kapitel 8).

Hierzu sind insbesondere folgende Anforderungen an den Sicherer Einschluss von Anlagen bzw. Anlagenteilen zu berücksichtigen:

- Die radiologische Charakterisierung muss mit einer ausreichenden Detaillierung abgeschlossen sein, damit die gesamte Stilllegungsplanung (einschließlich der Entsorgung) durchgeführt und bewertet werden kann.

- Bei der Planung des Sicheren Einschlusses ist die Veränderung der Zusammensetzung der Anlagenkontamination in Richtung schwer messbarer Radionuklide mit dem Ziel zu berücksichtigen, eventuelle Kontaminationen von Personal und Material nach dem Sicheren Einschluss ausreichend sicher nachweisen zu können.
- Als vorbereitende Maßnahme für die Phase des Sicheren Einschlusses sind analog zum direkten Abbau der Kernbrennstoff zu entladen und die Brandlasten zu reduzieren.
- Zur Herstellung des Sicheren Einschlusses sind technische/bauliche Maßnahmen durchzuführen, welche das radioaktive Inventar der Anlage für den vorgesehenen Einschlusszeitraum auch bei reduziertem Überwachungsaufwand sicher einschließen (insbesondere passive Einrichtungen, z. B. Verschluss von Systemen, Aufbau zusätzlicher Materialbarrieren).
- Für Gebäude und sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen sind wiederkehrende Prüfungs-, Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen festzulegen sowie das erforderliche Personal zu qualifizieren. Für Einrichtungen, deren Einsatz für den späteren Abbau geplant ist, können gegebenenfalls alternativ Konservierungs- und Wieder-Inbetriebnahme-Maßnahmen festgelegt werden.
- Alle zehn Jahre ist eine periodische Sicherheitsüberprüfung einer Anlage im sicheren Einschluss durchzuführen.
- Die für den späteren Abbau relevanten Informationen aus dem Betrieb und dem Sicheren Einschluss müssen dokumentiert werden. Dabei sind insbesondere der physikalisch-technische Zustand und die Betriebserfahrungen im Sicheren Einschluss zu berücksichtigen. Der Wissenstransfer an das spätere Abbaupersonal ist zu gewährleisten.

8 Sicherheit

8.1 Schutzziele

Während der Stilllegung einer Anlage ist die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden zu treffen. Dazu ist die Einhaltung der Schutzziele

- sicherer Einschluss der radioaktiven Stoffe und
- Vermeidung unnötiger Exposition, Begrenzung und Kontrolle der Exposition des Betriebspersonals und der Bevölkerung

sicherzustellen.

Unter dem Schutzziel „sicherer Einschluss der radioaktiven Stoffe“ ist die Steuerung und Kontrolle des Aktivitätsflusses über die Anlagengrenzen hinweg in die Umgebung zu verstehen. Zu den in diesem Sinne einzuschließenden radioaktiven Stoffen gehören neben dem gegebenenfalls noch vorhandenen Kernbrennstoff

in Brennelementen oder Defektstäben auch Kontaminationen in Medien, Betriebsabfällen oder Anlagenteilen sowie die Radioaktivität in aktivierten Strukturen. Die Einhaltung dieses Schutzziels wird in der Stilllegung für die weiterbetriebenen Systeme analog zur Betriebs- oder Produktionsphase über die bereits vorhandenen technischen Barrieren (z. B. definierte Systemgrenzen, Druckstaffelung) in Verbindung mit bereits vorhandenen Messeinrichtungen (z. B. Leckageüberwachung, Emissionsüberwachung) gewährleistet. Mit fortschreitendem Abbau der Anlage ist es folgerichtig, dass ursprünglich vorhandene Barrieren und Messeinrichtungen entfallen und, je nach dem verbliebenen Potenzial für eine Verletzung des Schutzziels entsprechend dem Ergebnis der Sicherheitsanalyse (siehe Kapitel 8.2ff), durch neue Einrichtungen ersetzt werden (z. B. Ersatzlüftung). Die Einhaltung des Schutzziels ist im bestimmungsgemäßen Betrieb und bei Störungen durch technische und administrative Maßnahmen zu gewährleisten. Für Störfälle ist Vorsorge zu treffen, dass die Störfallplanungswerte gemäß § 104 StrlSchV in Verbindung mit § 194 StrlSchV für die Bevölkerung eingehalten werden.

Das Schutzziel „Vermeidung unnötiger Exposition, Begrenzung und Kontrolle der Exposition des Betriebspersonals und der Bevölkerung“ umfasst im bestimmungsgemäßen Betrieb und bei Störungen unter Berücksichtigung der Umstände des Einzelfalls die Minimierung der Exposition des Betriebspersonals und der Bevölkerung auch unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte. Diese Aspekte werden inhaltlich auch in den radiologischen Sicherheitszielen gemäß Abschnitt 2.5 der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ [12] aufgeführt. Spezielle Vorsorgemaßnahmen für Störfälle in Bezug auf dieses Schutzziel sind für die Bevölkerung nicht erforderlich, da die Grenzwerte für die Bevölkerung bei Störfällen nur in Folge der Freisetzung radioaktiver Stoffe überschritten werden können. Dies wird bereits durch die Vorsorgemaßnahmen im Zusammenhang mit der Einhaltung des Schutzziels „sicherer Einschluss der radioaktiven Stoffe“ betrachtet.

Solange die Anlage noch nicht kernbrennstofffrei ist, ist darüber hinaus auch die Einhaltung der Schutzziele

- sichere Einhaltung der Unterkritikalität und
- sichere Abfuhr der Zerfallswärme¹

sicherzustellen. Soweit es sicherheitstechnisch erforderlich ist, sind über die in Kapitel 8.2 festgelegten Anforderungen hinausgehend auch die diesbezüglichen Anforderungen aus den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ [12] zu berücksichtigen.

Die zur Einhaltung der Schutzziele erforderlichen Einrichtungen und Maßnahmen müssen in der erforderlichen Wirksamkeit und Zuverlässigkeit verfügbar sein. In welchem Umfang Einrichtungen und Maßnahmen im Detail erforderlich sind, ergibt sich aus den in Kapitel 8.2 definierten Sicherheitsanalysen.

¹ Solange sich noch Brennstoff in der Anlage befindet, sind die Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke heranzuziehen. Das entsprechende Schutzziel lautet „Kühlung der Brennelemente“.

8.2 Anforderungen an Sicherheitsanalysen

Die Auswirkungen des Restbetriebs und des Abbaus auf die Umgebung durch Direktstrahlung und durch Ableitungen mit Fortluft und Abwasser im bestimmungsgemäßen Betrieb sind zu untersuchen.

Den Sicherheitsanalysen ist ein Spektrum von Ereignissen für die Vorgänge während der Stilllegung zugrunde zu legen, das alle potenziell vorkommenden Ereignisse abdeckt. Für jede Stilllegungsphase sind für alle in Kapitel 8.3 aufgeführten Ereignisse die Auswirkungen auf Systeme, sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen und Maßnahmen, Gebäude usw. sowie die Quellterme für radiologisch relevante Ereignisse zu untersuchen, es sei denn, dass gezeigt werden kann, dass die entsprechende Ereignisart ausgeschlossen ist. Außerdem ist zu überprüfen, ob weitere Ereignisse möglich sind, die nicht durch die in Kapitel 8.3 aufgeführten Ereignisse abgedeckt sind. Falls dies der Fall sein sollte, müssen solche identifizierten Ereignisse ebenfalls betrachtet werden.

In den Sicherheitsanalysen sind die anlagentechnischen Gegebenheiten und die Abläufe systematisch zu analysieren und Erfahrungen aus vergleichbaren Anlagen und Vorhaben einzubeziehen. Menschliches Fehlverhalten ist bei der Analyse möglicher Ursachen für Störungen und Störfälle zu berücksichtigen.

Bei der Analyse ist zu unterstellen, dass zusätzlich ein unabhängiger Einzelfehler vorliegt (z. B. Fehloffenstellung einer Gebäudeabschlussarmatur, Ausfall einer Überwachungseinrichtung zusätzlich zum auslösenden Ereignis).

Sofern von Schutzmaßnahmen, d. h. der Funktion sicherheitstechnisch wichtiger Einrichtungen oder administrativer Maßnahmen, Kredit genommen wird, ist sicherzustellen, dass die hierbei angenommenen Funktionen in der unterstellten Wirksamkeit und Zuverlässigkeit verfügbar sind. Die Einstufung von Einrichtungen oder Maßnahmen entsprechend ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung wird in den Abschnitten 8.4 und 8.5 dargestellt.

Bei den Sicherheitsanalysen ist ferner die gegenseitige Abhängigkeit und Beeinflussung verschiedener Teilschritte während des Abbaus zu betrachten und zu bewerten.

Sind für die Beherrschung von Ereignissen administrative Maßnahmen oder temporäre Einrichtungen erforderlich, ist zu untersuchen, ob diese durch das Ereignis in ihrer Wirkung beeinträchtigt werden können. Sofern bei der Beherrschung des Ereignisses administrative Maßnahmen oder temporäre Einrichtungen erforderlich sind, ist zu analysieren, wie sich ihr Versagen auf die Beherrschung des Ereignisses auswirkt.

Solange in der Anlage noch Brennelemente bzw. Brennstäbe vorhanden sind, sind diese in den Sicherheitsanalysen zu berücksichtigen (vgl. [13]).

Die Einhaltung der Planungswerte nach § 104 StrlSchV in Verbindung mit § 194 StrlSchV ist für alle nicht auslegungsüberschreitenden Ereignisse nachzuweisen.

Beim Übergang vom Leistungs- oder Produktionsbetrieb zur Stilllegung sowie mit fortschreitendem Abbau ist jeweils zu prüfen, ob Anpassungen der jeweils vorliegenden Sicherheitsanalysen an die veränderten Bedingungen notwendig werden. Dabei ist zu berücksichtigen, ob spezifische Bedingungen, Betriebsweisen oder Gefährdungspotenziale vorliegen können, für die besondere Ereignisse zu unterstellen sind, oder ob Ereignisse unter veränderten Randbedingungen ablaufen, die die Wirksamkeit und Zuverlässigkeit der zu ihrer Beherrschung vorgesehenen Einrichtungen beeinflussen können bzw. ob diese Einrichtungen eine veränderte Wirksamkeit aufweisen.

Darüber hinaus sind die Auswirkungen auf das Personal durch den Betrieb der Anlage, die Durchführung der Stilllegung oder bei Störungen laufend sowie in Bezug auf Änderungs- und Abbaumaßnahmen im Rahmen des Arbeitsfreigabeverfahrens zu betrachten und im Hinblick auf die Schutzzieleinhaltung zu bewerten.

Eventuelle Abweichungen zur Gesamtschau der Stilllegung, wie z. B. längere Unterbrechungen der Abbauarbeiten sind in einer aktualisierten Sicherheitsanalyse zu betrachten.

8.3 Zu analysierende Ereignisse

Einwirkungen von innen²

Folgende Einwirkungen von innen sind hinsichtlich ihrer Auswirkungen zu analysieren, wobei die getroffene anlagentechnische Schadensvorsorge zu berücksichtigen ist:

- **Anlageninterner Brand**
Es sind mögliche Brände in der Anlage (einschließlich Filterbrände) auf ihre sicherheitstechnischen Auswirkungen (z. B. potenzielle Aktivitätsfreisetzungen) zu analysieren. Zu berücksichtigen sind die stationär und temporär in der Anlage (inkl. Freiflächen) befindlichen maximalen Brandlasten. Die Gesamtheit aller Brandschutzmaßnahmen muss sicherstellen, dass auch bei einem Zufallsausfall einer einzelnen Brandschutzmaßnahme oder -einrichtung die Sicherheitsfunktionen nicht unzulässig beeinträchtigt werden.
- **Leckagen von Behältern**
Es sind Leckagen von Behältern mit aktivitätsführenden Medien im Hinblick auf ihre sicherheitstechnischen Auswirkungen zu analysieren.
- **Überflutungen in der Anlage**
Es ist zu prüfen, ob es zu Überflutungen in der Anlage kommen kann.
- **Komponentenversagen (z. B. Versagen von Behältern mit hohem Energieinhalt)**

² Abweichend zu den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ (SiAnf) werden für die Stilllegung alle im Inneren der Anlage auftretenden / zu behandelnden Ereignisse unter „Einwirkungen von innen“ geführt.

- Ereignisse bei der Handhabung von Lasten
 - Absturz von Behältern mit freisetzbarem radioaktivem Inventar in der Beanspruchungssituation, die aus der ungünstigsten Kombination von Fallhöhe, Aufprallposition und Untergrundbeschaffenheit resultiert,
 - Kollision von Lasten mit Behältern oder Systemen mit freisetzbarem radioaktivem Inventar unter Berücksichtigung der ungünstigsten Kombination von Masse und Einwirkungscharakteristik der Lasten.
- Ereignisse bei Transportvorgängen (z. B. Kollision von Fahrzeugen auf dem Anlagengelände)
- Gegenseitige Beeinflussung von Mehrblockanlagen und benachbarten Anlagen am Standort
 - Umstürzen baulicher Einrichtungen,
 - Versagen von Behältern und Anlagenteilen mit hohem Energieinhalt,
 - Störungen und Ausfall gemeinsam genutzter Einrichtungen und
 - Rückwirkungen aus temporär vorhandenen Einrichtungen (wie z. B. Umstürzen von Schwenk- und Baukranen).
- Anlageninterne Explosionen
- Chemische Einwirkungen
Sofern solche Einwirkungen z. B. aufgrund der eingesetzten Dekontaminationstechniken oder anderer eingesetzten Arbeitstechniken möglich sind, sind die Auswirkungen auf sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen zu prüfen und unzulässige Rückwirkungen zu verhindern.
- Ausfälle und Störungen sicherheitstechnisch wichtiger Einrichtungen (vgl. Kapitel 8.4).

Einwirkungen von außen³

Folgende Einwirkungen von außen sind hinsichtlich ihrer Auswirkungen zu analysieren, wobei die getroffene anlagentechnische Schadensvorsorge zu berücksichtigen ist:

- Für naturbedingte Einwirkungen sind die Lastannahmen für die Standortgegebenheiten abdeckend festzulegen. Für den Standort ist zu analysieren, welche naturbedingten Einwirkungen vorliegen können; mindestens sind Einwirkungen durch Erdbeben, Überflutung (Hochwasser), Regen (auch Starkregenereignisse), Hagel, Sturm (einschließlich Tornado), Schneefall, Schneelasten, Frost, Blitzschlag, außergewöhnliche Hitzeperioden, hohe oder niedrige Luftfeuchtigkeit, biologische Einwirkungen (z. B. mikrobiologische Korrosion), Waldbrände zu betrachten.
- Für zivilisatorisch bedingte Einwirkungen wie Flugzeugabsturz, anlagenexterne Explosion, Eindringen gefährlicher Stoffe und anlagenexterner Brand richten sich die Einstufungen der Ereignisse

³ Abweichend zu den „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ (SiAnf) wird für die Stilllegung nicht zwischen „Einwirkungen von außen“ und „Notstandsfällen“ differenziert.

(Auslegungsstörfälle oder auslegungsüberschreitende Ereignisse) und die Lastannahmen ebenfalls nach den Gegebenheiten des Standorts.

- Soweit diese Ereignisse den auslegungsüberschreitenden Ereignissen zuzuordnen sind, ist eine hinreichende Reduzierung der Schadensauswirkung gegeben, wenn die unter realistischen Randbedingungen sowie unter Berücksichtigung der Reststofflogistik ermittelten radiologischen Auswirkungen einschneidende Maßnahmen des Katastrophenschutzes [14, 15] nicht erforderlich machen.

Einwirkungen von innen und von außen dürfen nicht zu sicherheitstechnisch unzulässigen Rückwirkungen führen. Falls erforderlich, sind entsprechende Änderungen der Stilllegungsplanung vorzunehmen, um die potenziellen Auswirkungen zu reduzieren.

8.4 Sicherheitstechnische Einstufung von Einrichtungen

Sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen im Sinne der Leitlinien sind solche, die zur Einhaltung des Schutzziels „Einschluss radioaktiver Stoffe“ erforderlich sind oder im Rahmen des Schutzziels „Vermeidung unnötiger Exposition, Begrenzung und Kontrolle der Exposition des Betriebspersonals und der Bevölkerung“ der Sicherstellung der Begrenzung der Exposition dienen. Im Falle der Anwesenheit von Kernbrennstoff sind diejenigen Einrichtungen als sicherheitstechnisch wichtig einzustufen, die zur Einhaltung der Schutzziele „sichere Einhaltung der Unterkritikalität“ und „sichere Abfuhr der Zerfallswärme“ dienen.

Sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen müssen in der erforderlichen Wirksamkeit und Zuverlässigkeit verfügbar sein. Falls sich noch Kernbrennstoff in der Anlage befindet, weisen die Einrichtungen zur Kühlung der Brennelemente sowie zu deren kritikalitätssicherer Lagerung sicherheitstechnische Bedeutung auf. Für diese Einrichtungen gelten im Wesentlichen die Anforderungen aus dem Leistungs- oder Produktionsbetrieb fort.

Im Hinblick auf den Einschluss radioaktiver Stoffe und die Begrenzung von Expositionen sowie die Vermeidung unnötiger Expositionen haben Einrichtungen mit relevantem Aktivitätsinventar, Einrichtungen zur Konditionierung radioaktiver Stoffe sowie Einrichtungen zum Schutz des Betriebspersonals, zum Schutz vor unbeabsichtigten Freisetzungen und zur Reduzierung der Direktstrahlung in der Anlagenumgebung sicherheitstechnische Bedeutung. Insbesondere bei Änderungs- oder Abbaumaßnahmen solcher Einrichtungen ist die Einhaltung der Schutzziele durch geeignete Maßnahmen (Planung, Arbeitserlaubnisverfahren) sicherzustellen (siehe Kapitel 8.5).

In der Regel sind bei kernbrennstofffreien Leistungsreaktoren während der Stilllegung mindestens folgende Einrichtungen zu den sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen zu zählen:

- Stationäre Lüftungssysteme zur Unterdruckhaltung und Rückhaltung radioaktiver Stoffe,
- Notstromversorgung,
- Radiologische Überwachungseinrichtungen (Abluft, Abwasser, Ortsdosisleistung),

- Leckkontrolleinrichtungen,
- Brandmelde- und Brandschutzeinrichtungen,
- Alarmierungseinrichtungen,
- Messeinrichtungen zur Freigabe und Herausgabe⁴,
- Bauwerke für den Aktivitätseinschluss und Bauwerke, in denen sicherheitstechnisch wichtige Systeme installiert sind bzw. deren Versagen sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen gefährden kann,
- Hebe-, Transporteinrichtungen deren Einsatz oder Versagen zur Gefährdung von sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen oder zu radiologisch relevanten Auswirkungen führen können⁵.

Weitere Einrichtungen sind in der Regel zur Einhaltung des Schutzziels „Vermeidung unnötiger Exposition, Begrenzung und Kontrolle der Exposition des Betriebspersonals und der Bevölkerung“ ausschließlich zur Vermeidung unnötiger Exposition bedeutsam. Diese sind nicht den sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen zuzuordnen. Hierzu gehören beispielsweise mobile Lüftungseinrichtungen (Filtermobile) und Einrichtungen zur radiologischen Arbeitsplatzüberwachung. Bei Ausfall dieser Einrichtungen kommen Ersatzgeräte zum Einsatz oder alternativ wird die Tätigkeit vor Ort eingestellt, ohne dass durch den Ausfall an sich ein Schutzziel verletzt würde.

Die Kriterien zur Einstufung der Einrichtungen sind im Genehmigungsverfahren festzulegen. Die jeweils aktuelle Einstufung der Einrichtungen einer in Stilllegung befindlichen Anlage ist anlagenspezifisch abschließend in Betriebsvorschriften zu dokumentieren, die der Zustimmung der Aufsichtsbehörde bedürfen. Dabei ist zu beachten, dass die Einstufung in Abhängigkeit des sich verändernden Anlagenstatus und des Gefährdungspotenzials sowie im Hinblick auf die verbleibenden Schutzziele unter Anwendung der festgelegten Kriterien aktualisiert gehalten wird.

Die Einstufung von Hebezeugen und Handhabungseinrichtungen richtet sich nach den potenziellen Auswirkungen eines Versagens dieser Einrichtungen in Verbindung mit der potenziell freisetzbaren Aktivität auf Betriebspersonal und Umgebung (vgl. [16]). Hierbei ist auch die Beeinträchtigung der Funktion sicherheitstechnisch wichtiger Einrichtungen aufgrund des Absturzes von Lasten zu berücksichtigen.

In Abhängigkeit der Einstufung ist das Verfahren zur Instandhaltung, Änderung und Abbau der Einrichtungen zu wählen. Dieses Verfahren ist im Genehmigungsverfahren festzulegen. Hierunter fallen auch das Einbringen neuer Einrichtungen und die im Rahmen der Stilllegung erforderliche Nutzungsänderung von Anlagenbereichen.

⁴ Die Nichtverfügbarkeit einer Messeinrichtung zur Freigabe oder Herausgabe führt nicht zur Verletzung von Schutzzielen. Unbemerkte Fehlfunktionen derartiger Messeinrichtungen könnten jedoch zu einer Verletzung des Schutzziels „sicherer Einschluss der radioaktiven Stoffe“ führen.

⁵ Die Nichtverfügbarkeit von Hebe- und Transporteinrichtungen stellt keine Verletzung der Schutzziele dar.

Folgende Anforderungen sind im Rahmen der Stilllegung zu beachten:

- Abweichungen vom bestimmungsgemäßen Betrieb müssen durch wiederkehrende Prüfungen oder technische Einrichtungen sicher erkannt werden. Zur Sicherstellung der Funktionsfähigkeit von Einrichtungen mit sicherheitstechnischer Bedeutung sind regelmäßig Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen einschließlich Funktionsprüfungen durchzuführen. Prüfziele und Prüfumfang sowie Prüffristen der wiederkehrenden Prüfungen sind festzulegen und in das Prüfhandbuch aufzunehmen.
- Die Außerbetriebnahme bzw. der Abbau von mit benachbarten kerntechnischen Anlagen am Standort (z. B. Doppelblockanlage, Brennelemente-Zwischenlager, Abfalllager, Konditionierungsanlagen) gemeinsam genutzten Einrichtungen bedarf einer Überprüfung im Hinblick auf mögliche Rückwirkungen auf die benachbarten Anlagen.
- Für umgebaute oder neu errichtete sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen sind in Abhängigkeit von ihrer sicherheitstechnischen Einstufung Maßnahmen zur Qualitätssicherung in Spezifikationen festzulegen. Umgebaute oder neu errichtete Einrichtungen mit sicherheitstechnischer Relevanz sind vor der Nutzung einer Inbetriebsetzungsprüfung zu unterziehen.

8.5 Sicherheitstechnische Einstufung von Abbaumaßnahmen

Die sicherheitstechnische Einstufung von Einrichtungen richtet sich während des Leistungsbetriebs nach ihrer Funktionsweise oder Aufgabe. Mit der Stillsetzung dieser Einrichtungen entfällt diese Einstufung. Der Abbauprozess unterliegt daher einer anderen Einstufung, die sich unter anderem an Strahlenschutzaspekten orientiert. Dieser Abbauprozess erstreckt sich von den vorbereitenden Maßnahmen (z. B. Gerüstbau, Herstellen von Schnittstellen, Etablierung neuer Infrastruktur für Bearbeitung, Behandlung und Logistik) über die Demontage selbst bis zur Reststoffbearbeitung und Entsorgung der radioaktiven Stoffe.

Der Abbau ist im Vergleich zum Leistungsbetrieb ein dynamischer Prozess mit vielfältigen Maßnahmen, die eine Anpassung der Strahlenschutzmaßnahmen erforderlich machen. So hat z. B. eine Komponente, die abgebaut werden soll, auch wenn sie hoch kontaminiert ist, aus systemtechnischer Sicht keine sicherheitstechnische Bedeutung mehr. Aufgrund der vorhandenen Kontamination hat aber der Umgang mit der Komponente (Abbau, Transport, Zerlegung etc.) eine sicherheitstechnische Relevanz, weil er so erfolgen muss, dass die verbleibenden Schutzziele „sicherer Einschluss der radioaktiven Stoffe“ und „Vermeidung unnötiger Exposition, Begrenzung und Kontrolle der Exposition des Betriebspersonals und der Bevölkerung“ eingehalten werden.

Da die sicherheitstechnische Relevanz einer Abbaumaßnahme von einer Reihe von Faktoren (Strahlen-, Brand- und Arbeitsschutz sowie der Rückwirkungsfreiheit auf noch erforderliche Systeme) abhängt, kann sie, ebenso wie die erforderlichen Schutzmaßnahmen nur im Einzelfall festgelegt werden. Damit besitzen der Prozess bzw. das Arbeitsfreigabeverfahren, mit dem im Einzelfall die erforderlichen Schutzmaßnahmen festgelegt und überprüft werden, eine sicherheitstechnische Relevanz. Für die Klassifizierung der

Abbaumaßnahmen sollte unter Berücksichtigung der o. g. Punkte ein geeignetes System festgelegt werden. Die Verfügbarkeit der sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen muss weiterhin gewährleistet sein.

Beim Vorhandensein von Kernbrennstoff ist bei der Planung der Vorbereitung und Durchführung der Abbaumaßnahmen die Einhaltung der Anforderungen aus den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke [12] nachzuweisen.

9 Betriebsreglement

Das Betriebsreglement im Rahmen der Stilllegung leitet sich unter Berücksichtigung der spezifischen Besonderheiten der Stilllegung in der Regel aus dem Betriebsreglement des Leistungsbetriebs ab. Das Betriebsreglement beinhaltet die aufbau- und ablauforganisatorischen Regelungen, die für die Stilllegung der Anlage erforderlich sind. Hierzu gehören z. B. das Stilllegungs-/Restbetriebshandbuch, das in Anlehnung an die KTA 1202 [17] zu führende Prüfhandbuch, die Dokumentation des Managementsystems einschließlich der Prozessbeschreibungen. Zusätzlich können anlagenspezifisch weitere ergänzende Dokumente vorliegen wie z. B. Organisationsanweisungen, Betriebsanweisungen, Fachanweisungen, Qualitätsanweisungen oder Wartungsvorschriften. Der jeweilige Anwendungsbereich einzelner Dokumente ist festzulegen. Um die einheitliche Gestaltung innerhalb der einzelnen Dokumentenarten (z. B. Fachanweisungen) sicherzustellen, sind jeweils Vorgaben für den grundsätzlichen Aufbau dieser Dokumente festzulegen.

Die Struktur der Organisationsdokumentation ist zu beschreiben. Das Änderungsverfahren der Dokumente ist ebenfalls in geeigneter Form festzulegen.

9.1 Stilllegungs-/Restbetriebshandbuch

Vergleichbar zum Leistungsbetrieb sind auch für die Stilllegung einer kerntechnischen Anlage die betrieblichen Regelungen in einem Handbuch aufzunehmen. Zur besseren Unterscheidbarkeit wird empfohlen, für die Stilllegung der kerntechnischen Anlage dieses Handbuch Stilllegungs-/Restbetriebshandbuch zu nennen. Der Aufbau, Gliederung und Inhalt des Stilllegungs-/Restbetriebshandbuchs sollten sich an der Regel KTA 1201 [18] orientieren.

Das Stilllegungs-/Restbetriebshandbuch sollte sich in geeigneter Form aus dem Betriebshandbuch des Leistungsbetriebs ableiten.

Insgesamt muss das Stilllegungs-/Restbetriebshandbuch zumindest folgende Punkte beinhalten:

- Betriebsordnungen mit Vorgaben zur Betriebsorganisation, zum Strahlenschutz, zu Alarmen, zum Brandschutz, zur ersten Hilfe, zur Warten- und Schichtorganisation, zum Arbeitserlaubnis- und Instandhaltungsverfahren, zur Wach- und Zugangsorganisation,
- Änderungsverfahren inkl. der Vorgehensweise bei der Ein- und Umstufung von Einrichtungen sowie der Nutzungsänderung von Räumen in der Anlage,

- Verfahren zur dauerhaften Außerbetriebnahme und Stillsetzung von Einrichtungen,
- Verfahren zur Durchführung von Abbaumaßnahmen,
- die Vorgehensweise zur Entsorgung der radioaktiven Abfälle sowie zur Herausgabe/Freigabe von Materialien, von Bodenflächen und von Gebäuden oder Gebäudeteilen,
- Voraussetzungen/Auflagen und Bedingungen für die Stilllegung,
- eine Prüfliste der wiederkehrenden Prüfungen,
- Vorgaben und Regelungen zum Betrieb der Systeme, zum anomalen Betrieb, wenn noch notwendig, zur Störfallbeherrschung.

Es sind personelle und organisatorische Regelungen zu treffen, die die Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten festlegen und den Übergang vom Leistungsbetrieb hin zur Stilllegung widerspiegeln. Hierbei sind sowohl das verantwortliche als auch das sonst tätige Personal (inkl. benötigte Beauftragte) zu berücksichtigen. Weiterhin ist die erforderliche Warten- und Schichtbesetzung einschließlich einer Mindestschicht- und Mindestwartenbesetzung festzulegen. Diese Festlegungen können im Aufsichtsverfahren an den jeweiligen Abbaufortschritt angepasst werden.

In einer Instandhaltungsordnung oder einer Stillsetzungs- und Demontageordnung sind die Vorbereitung und Durchführung von Stilllegungstätigkeiten und die Instandhaltung der Systeme zu regeln. Unter anderem ist hierbei das Verfahren zur dauerhaften Außerbetriebnahme und Stillsetzung von Einrichtungen festzulegen.

Für die Planung, Freigabe, Durchführung, Überwachung und Dokumentation der mit der Stilllegung verbundenen Arbeiten ist ein geeignetes Arbeitserlaubnisverfahren festzulegen. Das Arbeitserlaubnisverfahren muss sicherstellen, dass

- die Sicherheits- und Verfügbarkeitsanforderungen aller Einrichtungen mit sicherheitstechnischer Bedeutung überprüft und gegebenenfalls angepasst werden,
- die Anforderungen aus dem Strahlenschutz, Arbeitsschutz und Brandschutz sowie gegebenenfalls der Anlagensicherung – einschließlich der administrativen Maßnahmen – berücksichtigt werden und bei Teilvorhaben mit besonderer Bedeutung die Arbeitsschrittfolge im Detail festgelegt wird,
- die Anforderungen an die sichere Handhabung und Erfassung der beim Abbau anfallenden radioaktiven Reststoffe und konventionellen Abfälle berücksichtigt werden sowie
- alle sicherheits- und abbaurelevanten Maßnahmen festgelegt und bewertet werden.

Des Weiteren ist in Umsetzung des durch die Behörde genehmigten Entsorgungskonzepts z. B. in einer Reststoff-/Abfallordnung der Umgang mit bei der Stilllegung einer kerntechnischen Anlage anfallenden

radioaktiven Reststoffen bis zur schadlosen Verwertung oder geordneten Beseitigung als radioaktiver Abfall zu beschreiben. Es sind die Anforderungen an die Sammlung, Sortierung, Lagerung und Konditionierung von radioaktiven Abfällen und Reststoffen sowie zur Freigabe bzw. Herausgabe der anfallenden Stoffe, Bodenflächen sowie Gebäude oder Gebäudeteile festzulegen.

In einer Änderungsordnung sollen die Verfahren bei geplanten Veränderungen der Anlage (z. B. Systeme, Gebäude und sonstige Einrichtungen) oder deren Betriebsweise festgelegt werden.

Detaillierte Regelungen zu sich wiederholenden Tätigkeiten im Zusammenhang mit dem Abbau und der Entsorgung können in dem Stilllegungs-/Restbetriebshandbuch untergeordneten Ausführungsanweisungen (u. a. Strahlenschutzanweisungen) festgelegt werden. Die Vorgaben zur Klassifizierung dieser Ausführungsanweisungen sind im Stilllegungs-/Restbetriebshandbuch festzulegen und orientieren sich an der sicherheitstechnischen Relevanz der Regelungen für die Stilllegung.

Ferner sind für den Restbetrieb und den Abbau, für die Beseitigung von Störungen, für den anomalen Betrieb sowie für die Beherrschung von Störfällen im Stilllegungs-/Restbetriebshandbuch Regelungen zu treffen. Dies gilt auch für die gegebenenfalls zu berücksichtigenden auslegungsüberschreitenden Ereignisse sowie für besondere Ereignisse (zum Beispiel schwere Arbeitsunfälle, Chemieunfälle, schwere Unwetterlagen, IT-Vorfälle), die gegebenenfalls eine besondere Aufbauorganisation zur Bewältigung benötigen. Soweit erforderlich, sind die aus dem Leistungsbetrieb bestehenden Regelungen zum Störungs- und Notfallmanagement geeignet anzupassen.

Während der Stilllegung müssen die betrieblichen Regelungen einschließlich der Betriebs- und Personalorganisation anlassbezogen und in regelmäßigen Abständen im Hinblick auf veränderte Anforderungen überprüft und an die jeweils aktuellen Erfordernisse sowie den jeweils aktuellen Stand der Anlage angepasst werden. Für die erforderlichen Anpassungen des Betriebsreglements ist ein geeignetes Änderungsverfahren festzulegen (z. B. in der Änderungsordnung).

In das Stilllegungs-/Restbetriebshandbuch ist auch die Prüfliste der wiederkehrenden Prüfungen aufzunehmen; die Inhalte sollten sich an der Regel KTA 1202 [17], am Prüfhandbuch für den Leistungsbetrieb, angepasst an die Stilllegung, orientieren.

9.2 Managementsystem

Für die Stilllegung einer Anlage ist entsprechend § 7c AtG ein Managementsystem erforderlich, welches der Sicherheit den gebührenden Vorrang einräumt und sich an den Vorgaben der KTA 1402 [19] orientiert. Vor dem Hintergrund der in der Regel langen Stilllegungsphase sowie insbesondere bei längeren Unterbrechungen der Abbautätigkeiten sind die Aspekte des Alterungsmanagements, orientiert an den Anforderungen der Regel KTA 1403 [20], zu berücksichtigen.

In dem Managementsystem sind alle Prozesse, Festlegungen, Regelungen und organisatorischen Hilfsmittel festzuschreiben, die zur Planung, Durchführung, Überprüfung und Dokumentation sicherheitstechnisch relevanter Aufgaben erforderlich sind.

Das Managementsystem sollte sich aus dem bereits im Leistungsbetrieb etablierten Managementsystem ableiten und auf die Belange der Stilllegung entsprechend angepasst werden. Im Hinblick auf die anstehenden Abbautätigkeiten sind hier fortlaufende Anpassungen in den Abläufen u. a. bezüglich der Abbauplanung und -durchführung, der Ressourcenplanung, des Kompetenzerhalts und -aufbaus erforderlich. Auch der deutlich erhöhte Anfall an radioaktiven Reststoffen in der Phase der Stilllegung und die damit einhergehenden Anforderungen an die Reststoffbehandlung und -logistik erfordern Anpassungen des Managementsystems.

Die Planung von Tätigkeiten des Abbaus muss in einer solchen Weise erfolgen, dass diese Tätigkeiten sicher durchgeführt werden können. Verbesserungsmöglichkeiten müssen insbesondere bei solchen Stilllegungsmaßnahmen ermittelt werden, welche im Verlauf des Abbaus wiederholt durchzuführen sind. Auch Maßnahmen, welche im Verlauf des Abbaus lediglich einmal oder selten durchgeführt werden, müssen im Sinne eines internen und externen Erfahrungsrückflusses analysiert und die gewonnenen generischen Erkenntnisse und Verbesserungsmöglichkeiten in die Prozesse rückgespiegelt werden.

Das Managementsystem beinhaltet auch die regelmäßige Überprüfung der Sicherheitskultur und Maßnahmen zur Aufrechterhaltung einer hohen Sicherheitskultur über den gesamten Restbetriebs- und Abbauperiodenraum sowohl bei Eigen- als auch Fremdpersonal.

9.3 Dokumentation der Stilllegung/Berichterstattung

Die Dokumentation der Stilllegung sollte in Anlehnung an die Vorgaben der KTA 1404 [21] erfolgen.

Im Rahmen der Berichtspflichten sind die für eine Beschreibung des Fortschritts der Stilllegung relevanten Informationen zu den Themenfeldern Restbetrieb, Abbau, Überwachung und Materialfluss im Bereich der Entsorgung vorzulegen.

Restbetrieb

Für den Restbetrieb ist der jeweils aktuelle Anlagenstatus mit Angaben zu Änderungen bzw. Erweiterungen, z. B. auch die für den Abbau geschaffene neue Infrastruktur wie Einrichtungen zur Konditionierung von Abfällen und deren Betrieb, darzulegen. Änderungen der Anlage können dabei sowohl dauerhafte Außerbetriebnahmen und Stillsetzungen als Vorbereitung zum Abbau als auch der Einsatz neuer Restbetriebssysteme sein.

Die Berichterstattung von Betriebsdaten bzw. Nichtverfügbarkeiten der Systeme ist für die sicherheitstechnisch wichtigen Systeme erforderlich. Darüber hinaus muss eine Berichterstattung zur chemischen Überwachung erfolgen, solange sich noch Brennelemente/Brennstäbe im Brennelement-Lagerbecken befinden.

Ein weiterer Fokus ist auf die Darstellung der Maßnahmen infolge meldepflichtiger Ereignisse sowie die Anlage betreffende GRS-Weiterleitungsnachrichten zu legen. Bezogen auf durchgeführte Instandsetzungs- und Wartungsarbeiten sowie bei wiederkehrenden Prüfungen sind alle aufgetretenen Besonderheiten mit Potenzial für sicherheitstechnisch relevante Auswirkungen zu betrachten.

Abbau

Bezogen auf den Abbaufortschritt in einer Anlage sind die durchgeführten Abbaumaßnahmen mit Informationen, z. B. zur Vorgehensweise und zur Umsetzung, zu beschreiben. Dabei sind diese auch im Kontext der Abfolge und der Schnittstellen der einzelnen Gewerke und Abbauphasen darzulegen. Zudem ist ein Ausblick auf die geplanten Abbaumaßnahmen vorzulegen.

Radiologische Überwachung

Im Zuge der Darstellung der Maßnahmen zur radiologischen Überwachung sind sowohl das Personal als auch die Umgebung zu betrachten. Bezogen auf das Personal ist die Exposition bei Durchführung der Arbeiten für Restbetrieb, Abbau und Entsorgung zu erfassen. Dabei ist auch auf gewonnene Erkenntnisse und Auffälligkeiten bei der Inkorporationsüberwachung einzugehen. Hinsichtlich der Überwachung der Umgebung sind die Ableitungen radioaktiver Stoffe mit Luft und Wasser anzugeben.

Entsorgung

Die Angaben zu dem Materialfluss im Bereich der Entsorgung während des Abbaus dienen der Nachverfolgung der Weiterverarbeitung und Verteilung der abgebauten (radioaktiven) Reststoffe auf die Entsorgungswege, des Verbleibs der radioaktiven Abfälle und der Beschreibung, ob dies vor Ort am Standort oder bei externen Dienstleistern stattfindet. Darüber hinaus ist auch über den Erwerb und die Abgabe sonstiger radioaktiver Stoffe (z. B. Quellen) zu berichten. Solange sich noch Brennelemente/Brennstäbe in der Anlage befinden, ist über diesen Bestand ebenfalls Bericht zu erstatten.

In die Zukunft gerichtet hat ebenfalls eine Prognose der insgesamt anfallenden radioaktiven Abfälle zu erfolgen. In diesem Zusammenhang sind auch Angaben über die am Standort vorhandenen nicht radioaktiven Gefahrstoffe erforderlich.

Abschlussbericht

Nach Erreichen des Stilllegungsziels ist ein Abschlussbericht gemäß Stilllegungsleitfaden [6] vorzulegen, in dem zusammenfassend dargestellt wird, wie das Stilllegungskonzept umgesetzt und das Stilllegungsziel erreicht wurde.

9.4 Personal, Organisation und Kompetenzen

Es ist ein Personal- und Organisationskonzept zur Gewährleistung der für den sicheren Restbetrieb und die Stilllegung geeigneten Organisationsstrukturen sowie der Bereitstellung ausreichender Ressourcen und Kompetenzen über alle Stilllegungsphasen zu erstellen. Hierbei ist den entsprechenden Anforderungen der KTA 1402 [19] Rechnung zu tragen.

Die für den Restbetrieb und die Stilllegung einer Anlage benötigten Kompetenzen (Fach-, Methoden- und Sozialkompetenzen) sind aufzubauen und deren Erhalt ist über den gesamten Zeitraum der Stilllegung der Anlage sicherzustellen. Der Bedarf für Anpassungen in den benötigten Kompetenzen ist über den gesamten Zeitraum des Restbetriebs und der Stilllegung der Anlage vorausschauend und regelmäßig zu überprüfen und anzupassen. Begleitende Maßnahmen zum Wissenstransfer und Erfahrungsrückfluss sind einzuplanen und umzusetzen. Hierbei sind sowohl das verantwortliche wie auch das sonst tätige Personal, unabhängig davon, ob es sich um Eigen- oder Fremdpersonal handelt, zu betrachten.

Die für den Leistungs- und Nachbetrieb einschlägigen Fachkunderichtlinien sind angepasst an den jeweiligen Anlagenzustand/Abbaufortschritt auch für die Stilllegung entsprechend den Vorgaben der zuständigen Aufsichtsbehörde bis zum Erreichen des jeweiligen Stilllegungsziels anzuwenden.

Hierbei ist im atomrechtlichen Aufsichtsverfahren eine sukzessive Anpassung der zu stellenden Anforderungen möglich. So können mit Entfernung des Kernbrennstoffs aus der Anlage die Anforderungen an einzelne Funktionen des verantwortlichen Personals reduziert werden bzw. entfallen.

Darüber hinaus ist zu beachten, dass bis zum Erreichen des Stilllegungsziels die notwendige hohe Motivation des Personals sowie eine hohe Sicherheitskultur in der Organisation und bei dem eingesetzten Personal (Eigen- und Fremdpersonal) sichergestellt bleiben. Die fachkunderelevanten Vorgaben der KTA 1402 [19] sind anwendungsfallbezogen bis zum Erreichen des Stilllegungsziels zu berücksichtigen.

Es muss bis zum Erreichen des Stilllegungsziels gewährleistet werden, dass die Anleitung und Kontrolle von Stilllegungstätigkeiten, u. a. auch von Fremdpersonal, jederzeit durch behördlich bestätigtes fachkundiges Personal (z. B. im Strahlenschutz) erfolgt.

10 Bei der Erstellung der Leitlinien berücksichtigte Unterlagen

- [1] IAEA Safety Standards
Decommissioning of Facilities
General Safety Requirements Part 6
No. GSR Part 6, 2014

- [2] IAEA Safety Standards
Predisposal Management of Radioactive Waste
General Safety Requirements Part 5
No. GSR Part 5, 2009

- [3] IAEA Safety Standards
Decommissioning of Nuclear Power Plants, Research Reactors and Other Nuclear
Fuel Cycle Facilities
Specific Safety Guide
No. SSG-47, 2018

- [4] IAEA Safety Standards
Decommissioning of Medical, Industrial and Research Facilities
Specific Safety Guide
No. SSG-49, 2019

- [5] WENRA Working group on waste and Decommissioning (WGWD)
Decommissioning Safety Reference Levels Report, Version 2.2
April 2015

- [6] Leitfaden zur Stilllegung, zum sicheren Einschluss und zum Abbau von Anlagen oder
Anlagenteilen nach § 7 des Atomgesetzes vom 23. Juni 2016
Bekanntmachung vom 23. Juni 2016, BAnz AT 19.07.2016 B7

- [7] Regel KTA 3604: Lagerung, Handhabung und innerbetrieblicher Transport
radioaktiver Stoffe (mit Ausnahme von Brennelementen) in Kernkraftwerken
Regeländerungsvorlage, Fassung 2020-09

- [8] Empfehlung der Entsorgungskommission
ESK-Leitlinien für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung
Revidierte Fassung vom 10.06.2013

- [9] P. Brennecke (Hrsg.), Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen, Stand: Dezember 2014) – Endlager Konrad – Bundesamt für Strahlenschutz, SE-IB-29/08-REV-2, Salzgitter, Februar 2015

- [10] Strahlenschutzverordnung vom 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034, 2036), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 27. März 2020 (BGBl. I S. 748) geändert worden ist

- [11] Richtlinie für den Strahlenschutz des Personals bei Tätigkeiten der Instandhaltung, Änderung, Entsorgung und des Abbaus in kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen, Teil 2: Die Strahlenschutzmaßnahmen während des Betriebs und der Stilllegung einer Anlage oder Einrichtung (IWRS II) vom 17.01.2005

- [12] Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom 22. November 2012
Neufassung vom 03.03.2015; BAnz AT 30.03.2015 B2

- [13] Anforderungen bei einer passiven Kühlung der Brennelemente im Lagerbecken Anlage zum Ergebnisprotokoll der 509. Sitzung der Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) am 27.03.2019

- [14] Empfehlung der Strahlenschutzkommission
Rahmenempfehlung für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen, 19./20.02.2015
Veröffentlicht im BAnz AT 04.01.2016 B4

- [15] Notfall-Dosiswerte-Verordnung vom 29.11.2018
BGBl. I S. 2034, 2172

- [16] Regel KTA 3902: Auslegung von Hebezeugen in Kernkraftwerken
Regeländerungsentwurf, Fassung 2019-11

- [17] Regel KTA 1202: Anforderungen an das Prüfhandbuch (PHB)
(Fassung 11/2017); BAnz. vom 17.05.2018

- [18] Regel KTA 1201: Anforderungen an das Betriebshandbuch (BHB)
(Fassung 11/2015); BAnz. vom 29.04.2016

- [19] Regel KTA 1402: Integriertes Managementsystem zum sicheren Betrieb von
Kernkraftwerken
(Fassung 11/2017); BAnz vom 17.05.2018

- [20] Regel KTA 1403: Alterungsmanagement in Kernkraftwerken
(Fassung 11/2017); BAnz vom 05.02.2018

- [21] Regel KTA 1404: Dokumentation beim Bau und Betrieb von Kernkraftwerken
(Fassung 11/2013)

Anhang: Schaubild zur Visualisierung des Zusammenhangs zwischen Konzepten und Planungen

