



STILLEGUNG DES KERNKRAFTWERKS MÜHLEBERG

Stilllegungsprojekt

Hauptbericht | Version 1.1



Revisionsverzeichnis

Version	Datum	Kapitel	Seite	Beschreibung
1.0	18.12.2015	-	-	Ersterstellung
1.1	10.03.2016	-	-	Anpassung im Rahmen der Vollständigkeitsprüfung des Stilllegungsprojekts nach Artikel 50 KEG
		div.	div.	Präzisierungen, Ergänzungen sowie redaktionelle Anpassungen

Vorwort

Das Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) produziert seit 1972 sicher, zuverlässig, umweltschonend und wirtschaftlich Strom. Im Oktober 2013 hat die Betreiberin, die BKW Energie AG (BKW), den Grundsatzentscheid getroffen, den Leistungsbetrieb 2019 einzustellen und das KKM endgültig ausser Betrieb zu nehmen. Die für das Stilllegungsverfahren erforderlichen Informationen werden in Art. 45 der Kernenergieverordnung (KEV) beschrieben. Mit dem Hauptbericht "Stilllegungsprojekt" und drei ergänzenden Teilberichten kommt die BKW den rechtlichen Anforderungen nach.

Im Stilllegungsprojekt wird der Nachweis erbracht, dass alle rechtlichen Anforderungen für die Anordnung der Stilllegung durch die Behörde erfüllt sind. Bei den Teilberichten handelt es sich um den Bericht zu Störfallbetrachtungen und Notfallschutzmassnahmen (Teilbericht 1), den Umweltverträglichkeitsbericht (Teilbericht 2) sowie den Bericht zur Sicherung (Teilbericht 3).

Die Unterlagen haben übergeordneten und konzeptionellen Charakter. Sie erlauben der Behörde festzustellen, dass das geplante Vorgehen zur Stilllegung gesetzeskonform und sicher ist. Basierend auf den Berichten kann die Behörde zudem entscheiden, welche Arbeiten durch das ENSI freigabepflichtig sind. Nicht zuletzt können interessierte Personen anhand der Berichte prüfen, ob ihre schützenswerten Interessen durch die Stilllegung tangiert werden.

Beim vorliegenden Bericht handelt es sich um den Hauptbericht.

Für die BKW hat die Sicherheit des Kernkraftwerks Mühleberg oberste Priorität. Die ausgeprägte Sicherheitskultur im Kernkraftwerksbetrieb erstreckt sich über alle Phasen im Lebenszyklus der Anlage, also auch auf die Stilllegung. Sicherheitskultur wird dabei als integraler Begriff verstanden, der die technischen, betrieblichen und menschlichen Faktoren insgesamt abdeckt.

Noch nie wurde in der Schweiz ein kommerziell betriebenes Kernkraftwerk stillgelegt. Die BKW ist sich ihrer Verantwortung bewusst und nimmt diese wahr. Ausgehend von einer über 43-jährigen Erfahrung mit Kernanlagen unternimmt die BKW alles, das Kernkraftwerk Mühleberg in enger Zusammenarbeit mit Behörden und ausgewiesenen Experten sicher, rasch und zielgerichtet stillzulegen.

Bern, 18. Dezember 2015



Hermann Ineichen
Leiter Produktion

BKW Energie AG

Zusammenfassung

Das "Stilllegungsprojekt" gliedert sich in einen Hauptbericht und drei ergänzende Teilberichte. Bei den Teilberichten handelt es sich um den Bericht zu Störfallbetrachtungen und Notfallschutzmassnahmen (Teilbericht 1), den Umweltverträglichkeitsbericht (Teilbericht 2) sowie den Bericht zur Sicherung (Teilbericht 3).

Der Bericht zu Störfallbetrachtungen und Notfallschutzmassnahmen legt dar, dass alle im Zusammenhang mit der Stilllegung stehenden Störfälle durch die getroffenen Schutzmassnahmen wirksam beherrscht werden. Mensch und Umwelt sind vor Gefährdungen durch ionisierende Strahlung geschützt und alle Anforderungen an die nukleare Sicherheit werden erfüllt. Der Umweltverträglichkeitsbericht betrachtet und beurteilt die nichtnuklearen Auswirkungen der Stilllegungsarbeiten auf die Umwelt. Wo möglich, werden Massnahmen zur Minimierung der Auswirkungen auf die Umwelt abgeleitet. Der Bericht legt dar, dass die Sicherheit der Umwelt während der Stilllegung des KKM gewährleistet ist. Im Bericht zur Sicherung wird aufgezeigt, dass die erforderlichen Vorkehrungen zum Schutz des KKM vor unbefugten Einwirkungen von innen und aussen getroffen wurden. Eine angemessene und wirksame Gefahrenabwehr ist somit sichergestellt.

Der Hauptbericht, das Stilllegungsprojekt im eigentlichen Sinn, bildet die konzeptionelle Grundlage für die Behörde, das Vorgehen zur Stilllegung des KKM zu prüfen und darauf basierend die Gewährleistung der Sicherheit zu beurteilen sowie festzulegen, welche Arbeiten einer Freigabe durch das ENSI als Aufsichtsbehörde bedürfen.

Zeitachse und Stilllegungsziel

Zum heutigen Zeitpunkt befindet sich das Projekt Stilllegung KKM in der Planungs- und Vorbereitungsphase. Die Endgültige Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) kennzeichnet den Beginn der Stilllegung im weiteren Sinn und ist für 2019 anberaumt. Wesentliche Meilensteine im Verlauf der Stilllegung sind die Endgültige Ausserbetriebnahme (2020), die Kernbrennstofffreiheit (2024) sowie die Freimessung / Aufhebung der Kontrollierten Zonen (2030). Das erste, nukleare Verfahren der Stilllegung soll 2031 mit der behördlichen Feststellung abgeschlossen sein, dass das KKM keine radiologische Gefahrenquelle mehr darstellt. Die Stilllegungsarbeiten finden vornehmlich im Inneren der Gebäude statt, sodass sich das äussere Erscheinungsbild des KKM nur unmerklich ändert.

Der konventionelle Abbruch erfolgt in einem zweiten und abschliessenden Verfahren, das an das nukleare Verfahren anschliesst. Es umfasst die Dauer, bis die Voraussetzungen für eine allfällige naturnahe oder gewerblich-industrielle Nachnutzung des Kraftwerksgeländes geschaffen sind. Das konventionelle Verfahren der Stilllegung wird erst in rund zehn Jahren beantragt. Der Umfang des vorliegenden Stilllegungsprojekts umfasst das erste Verfahren.

Direkter Rückbau und erste Massnahmen

Nach eingehender Prüfung wurde der direkte Rückbau gegenüber dem sicheren Einschluss als Variante für die Stilllegung des KKM gewählt. Beim direkten Rückbau wird der sich noch in der Anlage befindende Kernbrennstoff durch Verbringung in eine andere Kernanlage aus der Anlage entfernt. Unmittelbar nach der EELB beginnen im direkten Rückbau die Vorbereitungen für die Stilllegung der Anlage, so dass zügig mit den Demontearbeiten begonnen werden kann. Mit dem direkten Rückbau des KKM gewährleistet die BKW, dass nach der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs die Stilllegung sicher, rasch und effizient durchgeführt wird.

Als Teil der ersten Massnahmen unmittelbar nach der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs wird die Etablierung des sogenannten Technischen Nachbetriebs vorgenommen. Die Brennelemente werden aus dem Reaktordruckbehälter entnommen und in das Brennelementlagerbecken

verbracht. Des Weiteren ist ein zentrales Ziel, eine autarke redundante Kühlung des Brennelement-lagerbeckens zu etablieren, wodurch für die Stilllegungsarbeiten ein hohes Sicherheitsniveau bis zur Kernbrennstofffreiheit gewährleistet ist. Diese erste Arbeitsphase endet mit der nicht reversiblen Endgültigen Ausserbetriebnahme (EABN) des KKM.

Parallel zur Etablierung des Technischen Nachbetriebs wird mit den Vorbereitenden Massnahmen für den direkten Rückbau begonnen. Diese umfassen unter anderem die Demontage von grösseren Einzelkomponenten im Maschinenhaus sowie das Räumen des Maschinenhauses, um Arbeitsflächen für die Behandlung radioaktiver Materialien aus dem Rückbau zu schaffen. Anknüpfend beginnen die eigentlichen Stilllegungsarbeiten innerhalb der durch das UVEK zu erteilenden Stilllegungsverfügung.

Die drei Stilllegungsphasen

Die Stilllegungsarbeiten des KKM werden in drei Stilllegungsphasen durchgeführt, die sich bezüglich des Sicherheits- und Sicherungsstatus der Anlage (Anlagestatus), der jeweils durchgeführten Arbeiten und somit auch bezüglich der Anforderungen an die Organisation voneinander unterscheiden. Die Stilllegungsphasen orientieren sich am kontinuierlich abnehmenden radiologischen Gefährdungspotential, das mit dem Entfernen des Kernbrennstoffs aus der Anlage bereits weitgehend eliminiert wird. Während der gesamten Stilllegung gelten die gleich strengen gesetzlichen Anforderungen und Abgabelimiten wie während des Leistungsbetriebs, so dass der Schutz von Mensch und Umwelt zu jeder Zeit sichergestellt ist.

Die erste Stilllegungsphase umfasst unter anderem Demontagen von aktivierten Bauteilen und von mit der EABN obsolet gewordenen Einrichtungen im Reaktorgebäude. Des Weiteren wird im Maschinenhaus die Infrastruktur für die Materialbehandlung eingerichtet und in Betrieb genommen. Die Phase schliesst mit vollständiger Entfernung des Kernbrennstoffs vom Areal des KKM ab. In der zweiten Stilllegungsphase erfolgen grossflächig die Demontage und die Zerlegung aller Einrichtungen in der Kontrollierten Zone mit Hilfe unterschiedlicher thermischer und mechanischer Zerlegeverfahren sowie die Dekontamination und Behandlung von Materialien. Zur Dekontamination kommen hauptsächlich mechanische und chemische Verfahren zur Anwendung. Die Materialbehandlung bezweckt, möglichst viele Materialien unter vertretbarem Aufwand so weit zu dekontaminieren, dass diese radiologisch freigemessen werden können, das heisst, in den konventionellen Kreislauf freigegeben werden. Ist eine Behandlung zur Freimessung nicht oder nicht unter vertretbarem Aufwand möglich, werden die Materialien den radioaktiven Abfällen zugeführt und den gesetzlichen Vorgaben entsprechend konditioniert. Weitere zentrale Arbeiten in dieser Phase sind die Durchführung radiologischer Messungen der Materialien und Gebäudestrukturen zur Überprüfung und Beweissicherung ihrer radiologischen Unbedenklichkeit für Mensch und Umwelt sowie die Entsorgung radioaktiver und konventioneller Abfälle. Gegen Ende der zweiten Stilllegungsphase werden die Einrichtungen zur Materialbehandlung aufgelöst und ebenfalls demontiert. Die Phase gilt mit erfolgter Freimessung der Gebäude als beendet. Die dritte Stilllegungsphase ist durch die Feststellung, dass das KKM keine radiologische Gefahrenquelle mehr darstellt, geprägt.

Parallel zur Demontage, Materialbehandlung und Entsorgung werden die Systeme, die zur Gewährleistung der Sicherheit und zur Aufrechterhaltung der operativen Tätigkeiten in der Stilllegung noch benötigt werden, weiterhin den Anforderungen entsprechend betrieben und instandgehalten. Die Systeme, die für die Aufrechterhaltung des Technischen Nach- und Rückbaubetriebs keinerlei Bedeutung mehr besitzen, werden entleert und ausser Betrieb genommen. Eine Vereinfachung der Systeme geht mit einer Reduktion der Fehleranfälligkeit der Anlage einher. Der Technische Nach- und Rückbaubetrieb stellen jederzeit sicher, dass die entsprechend dem Fortschritt der Stilllegung erforderlichen Sicherheits- und Sicherungssysteme weiterhin vollumfänglich zur Verfügung stehen.

Entsorgung radioaktiver Abfälle und radiologischer Schutz

Die Entsorgung der radioaktiven Abfälle folgt dem übergeordneten Ziel, die als radioaktive Abfälle zu entsorgenden Massen zu minimieren. Der sichere Umgang, Transport und die Lagerung von radioaktiven Materialien werden analog zum Leistungsbetrieb gewährleistet. Die für das geologische Tiefenlager bestimmten radioaktiven Abfälle werden in das zentrale Zwischenlager in Würenlingen verbracht. Oberstes Ziel ist eine sichere und zügige Durchführung der Transporte von radioaktiven Abfällen und Kernbrennstoffen. Hierbei wird auf die bestehenden betrieblichen Prozesse und Verfahren zurückgegriffen. Die Gesamtanzahl der geplanten Transporte wird auf das erforderliche Mass reduziert.

Im Rahmen der Stilllegung wird der zuverlässige radiologische Schutz von Mensch und Umwelt vor ionisierender Strahlung jederzeit durch adäquate Massnahmen sichergestellt. Diese umfassen unter anderem Massnahmen zur Strahlendosisreduktion, wie Abschirmung und Dekontamination, Massnahmen zur Vermeidung von Kontamination und Inkorporation, die Personenüberwachung durch Messungen und Kontrollen sowie die Aufrechterhaltung der erforderlichen Sauberkeit innerhalb der Bereiche mit erhöhter Strahlenbelastung. Die Einhaltung der Strahlenschutzziele zur Rechtfertigung, Optimierung und Limitierung von Strahlenexposition sowie die Einhaltung von Dosisgrenz- und Richtwerten werden in der Stilllegung jederzeit gewährleistet.

Geeignete Organisation

Um das Primat der sicheren, raschen und effizienten Durchführung der Stilllegung umzusetzen, werden eine geeignete Organisation sowie das nötige Personal mit den erforderlichen Qualifikationen bereitgestellt. In der Organisationsentwicklung für die Stilllegung des KKM wird besonderes Augenmerk darauf gelegt, dass die Sicherheitskultur weiterhin einen sehr hohen Stellenwert hat und die Verantwortlichkeiten für massgebende sicherheitsgerichtete Aufgaben klar zugeordnet sind. Die Weiterentwicklung der Sicherheitskultur und die Verinnerlichung einer sicherheitsgerichteten Interaktion von Mensch, Organisation und Technik in der Stilllegung des KKM werden durch eigens aufgesetzte Programme unterstützt. Für den Fachkundeerhalt in der Anlage sowie für eine bedarfsgerechte Weiterbildung der an den Stilllegungsarbeiten beteiligten Mitarbeitenden wird durch zielorientierte Initiativen Sorge getragen. Die Sozialverträglichkeit der personellen Massnahmen der BKW wird auch in der Stilllegung hochgehalten.

Einhergehend mit einer qualifizierten Organisation wird auch der Sicherstellung der Qualität und der kontinuierlichen Verbesserung der Prozesse in der Stilllegung Rechnung getragen. Dazu ist ein geeignetes Qualitätsmanagementprogramm definiert, das auf dem Qualitätsmanagementsystem des KKM im Leistungsbetrieb aufsetzt und dieses gemäss den stilllegungsspezifischen Anforderungen anpasst.

Kosten und Finanzierung

Neben den organisatorischen Rahmenbedingungen wird im Hauptbericht auch auf die Kosten und Finanzierung der Stilllegung des KKM eingegangen. Die Deckung der mit der Stilllegung und der Entsorgung verbundenen Kosten erfolgt über die getätigten Rückstellungen der BKW. Im Rahmen der ordentlichen fünfjährigen Kostenstudien werden zurzeit die Stilllegungs- und Entsorgungskosten überprüft und Ende 2016 veröffentlicht. Sämtliche Kosten für die Stilllegung und die Entsorgung der radioaktiven Abfälle des KKM werden von der BKW getragen.

Inhaltsverzeichnis

	Revisionsverzeichnis	1
	Vorwort	3
	Zusammenfassung	5
	Inhaltsverzeichnis	9
1	Kurzbeschreibung der Anlage	15
1.1	Standort	15
1.2	Funktionsprinzip des KKM	16
1.3	Gebäude und Einrichtungen des KKM	17
1.4	Reaktorgebäude (RG) und Maschinenhaus (MH)	18
1.5	Containment-Systeme	19
1.6	Drywell, Reaktordruckbehälter (RDB) mit Kerneinbauten und Biologischer Schild	21
2	Anlagenhistorie	25
2.1	Bewilligungsschritte zur thermischen Leistungsanpassung	25
2.2	Leistungsbetrieb und Radiologie	25
3	Grundlagen für die Anordnung der Stilllegung	27
3.1	Zeitachse des Projekts Stilllegung KKM	28
3.2	Das Stilllegungsprojekt gem. Art. 27 KEG	29
3.3	Phasen der Stilllegung	29
3.3.1	Phasenkonzept	29
3.3.2	Phasenverlauf	31
3.3.3	Stilllegungsphasen und Anlagestatus	32
3.4	Arbeiten im Umfang der Stilllegungsverfügung	34
3.4.1	Vorbereitende Massnahmen	35
3.4.2	Stilllegungsphase 1	37
3.4.2.1	Aufrechterhaltung Technischer Nachbetrieb	37
3.4.2.2	Stilllegungsarbeiten in Stilllegungsphase 1	38
3.4.3	Stilllegungsphase 2	39
3.4.3.1	Rückbaubetrieb	39
3.4.3.2	Stilllegungsarbeiten in Stilllegungsphase 2	39
3.4.4	Stilllegungsphase 3	41
3.5	Etablierung des Technischen Nachbetriebs (Verfügung durch die Aufsichtsbehörde)	41
3.6	Abgabe radioaktiver Stoffe	43
3.6.1	Anpassung der Abgabelimiten für die Stilllegung von EABN bis Kernbrennstofffreiheit	43
3.6.2	Anpassung der Abgabelimiten für die Stilllegung ab Kernbrennstofffreiheit	44

3.7	Massnahmen zur Überwachung der Immissionen und der Direktstrahlung	44
3.8	Organisation und Personalbedarf	44
3.8.1	Grundsätzliches zur Organisation	44
3.8.2	Zuverlässigkeit der Antragstellerin und der verantwortlichen Personen	45
3.9	Angaben zur Kühlwasserversorgung	45
4	Rechtsgrundlagen und Betriebsdokumentation	47
4.1	Grundlegende Gesetze	47
4.2	Grundlegende Verordnungen	47
4.3	Richtlinien für die Anlagesicherheit, Anlagensicherung und den Strahlenschutz	48
4.4	Internationale Empfehlungen	49
4.5	Weitere Grundlagen, Normen und Regeln, konventionelles Recht	49
4.6	Betriebsdokumentation	50
4.6.1	Gegenstand und Anforderung an die Dokumentation	50
4.6.2	Dokumentationskonzept	50
4.6.3	Klassifizierung von Dokumenten	51
4.6.4	Lenkung von Dokumenten	51
4.6.5	Archivierung von Dokumenten	52
5	Betrachtete Varianten der Stilllegung	53
5.1	Varianten der Stilllegung	53
5.1.1	Direkter Rückbau / Sicherer Einschluss	53
5.1.2	Auswahl und Begründung für das KKM	53
5.2	Stilllegungsziel und erwarteter Endzustand	54
5.2.1	Stilllegungsziel	54
5.2.2	Erwarteter Endzustand	54
6	Planung und Ablauf der Stilllegung	55
6.1	Rahmenbedingungen und Planungsgrundsätze	55
6.1.1	Allgemeine Rahmenbedingungen	55
6.1.2	Planungsgrundsätze	56
6.2	Projektstruktur	56
6.3	Ausführung	58
6.3.1	Ausführungsplanung	58
6.3.2	Hilfseinrichtungen für den Rückbau von Einrichtungen	59
6.3.3	Voraussetzungen für die Durchführung	59
6.3.4	Festlegung der freigabepflichtigen Tätigkeiten	60
6.3.4.1	Einzelfreigaben Sicherheitssysteme	60
6.3.4.2	Phasenfreigaben	60
7	Arbeitsschritte der Stilllegung	61
7.1	Zeitliche Planung der Stilllegungsarbeiten (Rahmenterminplan)	61
7.2	Funktionale Pakete der Stilllegung	63

7.2.1	Stilllegungsprojekt und Stilllegungsverfügung (FP 01)	63
7.2.2	Vorlaufende Arbeiten (FP 02)	63
7.2.3	Demontage Einrichtungen Kontrollierte Zone (FP 03)	64
7.2.3.1	Trenn- und Dekontaminationsverfahren	65
7.2.3.2	Geplante Demontepfade	66
7.2.3.3	Demontepfade im Reaktorgebäude (RG)	67
7.2.3.4	Demontepfade im Maschinenhaus (MH)	71
7.2.3.5	Demontepfade restliche Gebäude der Kontrollierten Zone	73
7.2.4	Demontage Kerneinbauten (FP 04)	74
7.2.5	Demontage Reaktordruckbehälter (FP 05)	75
7.2.6	Demontage Biologischer Schild und Drywell inkl. Einbauten (FP 06)	76
7.2.7	Restdemontage Einrichtungen Kontrollierte Zone (FP 07)	77
7.2.8	Dekontamination und Freigabe der Gebäude (FP 08)	79
7.2.9	Materialbehandlung und Entsorgung (FP 09)	79
7.2.9.1	Materialbehandlung	80
7.2.9.2	Entsorgung	82
7.2.10	Demontage Einrichtungen konventioneller Bereich (FP 10)	87
7.3	Radiologische Anlagencharakterisierung	87
7.4	Transportlogistik und Lagerflächen	90
7.5	Transport und Behandlung grosser Einzelkomponenten	92
8	Behandlung und Entsorgung radioaktiver Abfälle	93
8.1	Übersicht radioaktive Abfälle	93
8.2	Reaktorabfälle	94
8.3	Weitere Betriebsabfälle aus dem Leistungsbetrieb	94
8.4	Abfälle aus dem Technischen Nachbetrieb und Rückbaubetrieb	94
8.5	Abfälle aus dem Rückbau von Einrichtungen (Stilllegungsabfälle)	95
8.6	Verwendung von Abfallbehältern	95
8.7	Konditionierung radioaktiver Abfälle	95
8.7.1	Einteilung	96
8.7.2	Erzeugung konditionierter Abfallgebinde im KKM	96
8.7.3	Erzeugung konditionierter Abfallgebinde in den Anlagen der Zwiilag	97
8.7.4	Erzeugung konditionierter Abfallgebinde bei weiteren externen Auftragnehmern	97
8.7.5	Abfallgebindetypenspezifikation	97
8.8	Transporte radioaktiver Materialien	98
8.9	Pufferung und Zwischenlagerung	99
8.9.1	Interne Pufferung	99
8.9.2	Externe Zwischenlagerung	99
8.10	Kernbrennstoff-Entsorgung	99

8.11	Übersicht Verpackungen radioaktiver Abfälle und Brennelemente	100
8.11.1	200 I-Fass	100
8.11.2	Behälter Typ B(U) und B(M)	101
8.11.3	Lagercontainer LC 84 und LC 86	101
8.11.4	Transport- und Lagerbehälter für Brennelemente	101
9	Massnahmen zum radiologischen Schutz	103
9.1	Übergeordnete Massnahmen	103
9.1.1	Allgemeines	103
9.1.2	Strahlenschutzbereiche / Zonenkonzept	103
9.1.2.1	Überwachter Bereich	104
9.1.2.2	Kraftwerks-Areal	104
9.1.2.3	Kontrollierte Zone	104
9.1.3	Strahlenschutzoptimierung	105
9.1.4	Strahlenschutz-Messtechnik	106
9.1.5	Dokumentation	106
9.2	Massnahmen zum radiologischen Schutz der Arbeitnehmenden	106
9.2.1	Operationeller Strahlenschutz	106
9.2.1.1	Abschirmung	107
9.2.1.2	Dekontamination zur Reduzierung der Dosisleistung	107
9.2.1.3	Schutz vor Kontamination	107
9.2.1.4	Schutz vor Inkorporation	108
9.2.2	Radiologische Personenüberwachung	108
9.2.2.1	Messung und Überwachung der Personendosis	108
9.2.2.2	Inkorporationskontrolle	109
9.2.2.3	Personen-Kontaminationskontrolle	109
9.2.3	Radiologische Raum- und Systemüberwachung	109
9.3	Kollektivdosis Abschätzung	110
9.4	Begrenzung der Abgaben und Direktstrahlung	110
9.4.1	Limiten während des Leistungsbetriebs	111
9.4.2	Anpassung der Limiten für die Stilllegung	111
9.4.2.1	Limiten für den Abgabepfad Luft	111
9.4.2.2	Limiten für den Abgabepfad Wasser	112
9.4.2.3	Limiten für Direktstrahlung	112
9.5	Vermeidung der Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung	113
9.5.1	Voraussichtliche radioaktive Abgaben mit der Abluft	113
9.5.2	Voraussichtliche radioaktive Abgaben mit dem Abwasser	113
9.5.3	Zu erwartende Direktstrahlung	113
9.5.4	Strahlenexposition in der Umgebung	114
9.5.5	Emissionsüberwachung	114

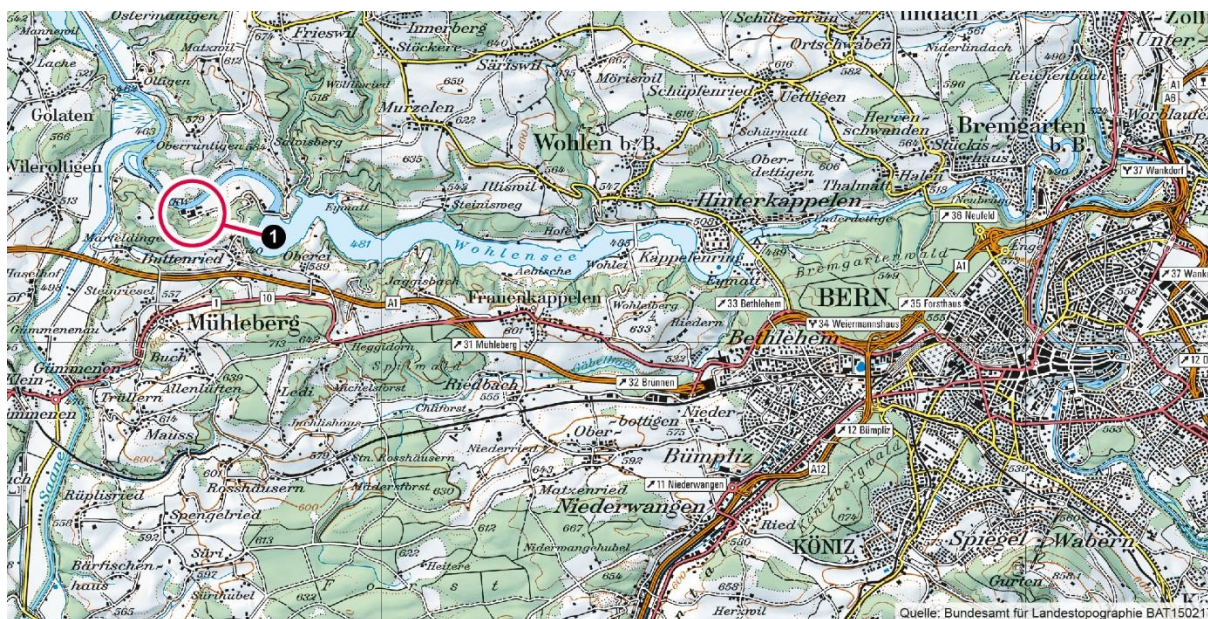
9.5.6	Immissionsüberwachung	115
10	Technischer Nachbetrieb und Rückbaubetrieb	117
10.1	Allgemeine Anforderungen	117
10.2	Gebäude im Technischen Nach- und Rückbaubetrieb	118
10.2.1	Gebäudestrukturen.....	118
10.2.2	Gebäude, Bauwerke.....	119
10.3	In Betrieb bleibende Nach- und Rückbaubetriebssysteme.....	120
10.3.1	Aufgabe der in Betrieb bleibenden Systeme	120
10.3.2	Arbek Anlagen der autarken redundanten Brennelementlagerbeckenkühlung	120
10.3.3	Lüftungstechnische Anlagen	121
10.3.4	Elektrische Anlagen und Leittechnik	124
10.3.4.1	Eigenbedarfsversorgung.....	124
10.3.4.2	Notstromversorgung	124
10.3.4.3	Baustromversorgung	124
10.3.4.4	Prozessrechner- und Datenerfassungssystem.....	126
10.3.4.5	Kommandoräume	126
10.3.4.6	Allgemeine Hilfssysteme.....	126
10.3.5	Brandschutzsysteme	127
10.3.6	Anlagen zur Bereitstellung von Kühlwasser	128
10.3.6.1	Hauptkühlwassersystem.....	128
10.3.6.2	Nukleare Kühlwassersysteme	128
10.3.6.3	Bestehende Konzession Kühlwasserversorgung	129
10.3.6.4	Anpassung Konzession Kühlwasserversorgung	130
10.3.7	Anlagen zur Abwassersammlung und Abwasserbehandlung.....	130
10.3.7.1	Abwassersammlung und -behandlung, -lagerung und -abgabe in der Kontrollierten Zone	131
10.3.7.2	Abwassersammlung, -lagerung und -abgabe ausserhalb der Kontrollierten Zone ...	131
10.4	Obsoleszenz und Ausserbetriebnahme von Systemen	132
10.4.1	Klassierung von Nach- und Rückbaubetriebssystemen	132
10.4.2	Feststellung Funktionale Obsoleszenz von Systemen/Teilsystemen	132
10.4.3	Ausserbetriebnahmen (ABN) von Systemen/Teilsystemen.....	132
10.5	Rückzugskonzept	133
10.5.1	Massnahmen zur Anpassung der Infrastruktur.....	133
10.5.2	Sicherstellung Rückwirkungsschutz	133
10.5.3	Demontage verbliebener Einrichtungen	133
10.5.4	Abschluss	135
11	Sicherungsmassnahmen	137
12	Störfallbetrachtungen und Notfallschutzmassnahmen	139
13	Menschliche und organisatorische Faktoren	141

13.1	Sicherheitskultur.....	141
13.1.1	Human & Organizational Factors: HOF-Programm.....	141
13.1.2	Identifikation und Bewertung der Sicherheitsrelevanz.....	142
13.2	Organisationsstruktur.....	143
13.2.1	Grundlegende Anforderungen an die Organisation in der Stilllegung.....	143
13.2.2	Organisationsstruktur und Verantwortlichkeiten.....	143
13.2.3	Projektstruktur und Abläufe.....	146
13.3	Personalbedarf für die Stilllegung und Qualifikation.....	147
13.3.1	Grundsätzliches zum Personal- und Qualifikationsbedarf.....	147
13.3.2	Aufgabenspektrum und neue Aufgabenstellungen.....	148
13.3.3	Betriebs- und Projekterfahrungen.....	148
13.3.4	Aus- und Weiterbildung.....	149
14	Qualitätsmanagementprogramm.....	151
14.1	Grundsätze des Qualitätsmanagements.....	151
14.2	Qualitätsmanagementsystem (QMS).....	152
14.2.1	Hauptmerkmale.....	152
14.2.2	Prozesslandschaft in der Stilllegung.....	153
14.3	Qualitätsmanagementhandbuch (QMH).....	154
14.3.1	Sicherheits-Management.....	154
14.3.2	Umwelt-Management.....	154
14.3.3	Arbeitsschutz und Gesundheitsmanagement.....	154
14.3.4	Sicherheitsrelevante Prozesse.....	154
15	Umweltverträglichkeitsbericht.....	155
16	Kosten und Finanzierung.....	161
16.1	Sicherstellung der Finanzierung.....	161
16.2	Kosten des Nachbetriebs und der Stilllegung.....	163
16.3	Entsorgungskosten radioaktiver Abfälle.....	164
16.4	Werkspezifische Rückstellungen.....	165
16.5	Rückstellung für Change Management.....	165
16.6	Rückstellungen und Fondsvermögen per 31.12.2014.....	165
	Tabellenverzeichnis.....	167
	Abbildungsverzeichnis.....	169
	Unterlagenverzeichnis.....	171
	Abkürzungsverzeichnis.....	173
	Glossar.....	177

1 Kurzbeschreibung der Anlage

1.1 Standort

Das Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) der BKW Energie AG (BKW) befindet sich im Kanton Bern rund 14 km westlich der Stadtmitte Berns auf der Runtigenaumatte im Gemeindegebiet Mühleberg. Es liegt etwa 2 km nördlich von Mühleberg am linken Aareufer, 1,8 km unterhalb des Wasserkraftwerks Mühleberg, das den Wohlensee staut (s. Abbildung 1-1).



1 Kernkraftwerk Mühleberg KKM

Abbildung 1-1: Topografischer Auszug des Kraftwerkstandorts KKM

Mit dem Bau des KKM wurde 1967 begonnen. Nach einer viereinhalbjährigen Bauzeit und anschließender Testphase konnte das KKM am 6. November 1972 kommerziell in Betrieb gehen. 2014 erzielte das KKM mit brutto 3'154'840 MWh das beste Ergebnis seit der Inbetriebnahme. Insgesamt produzierte das KKM bis Ende 2014 brutto 114'541'085 MWh Strom.

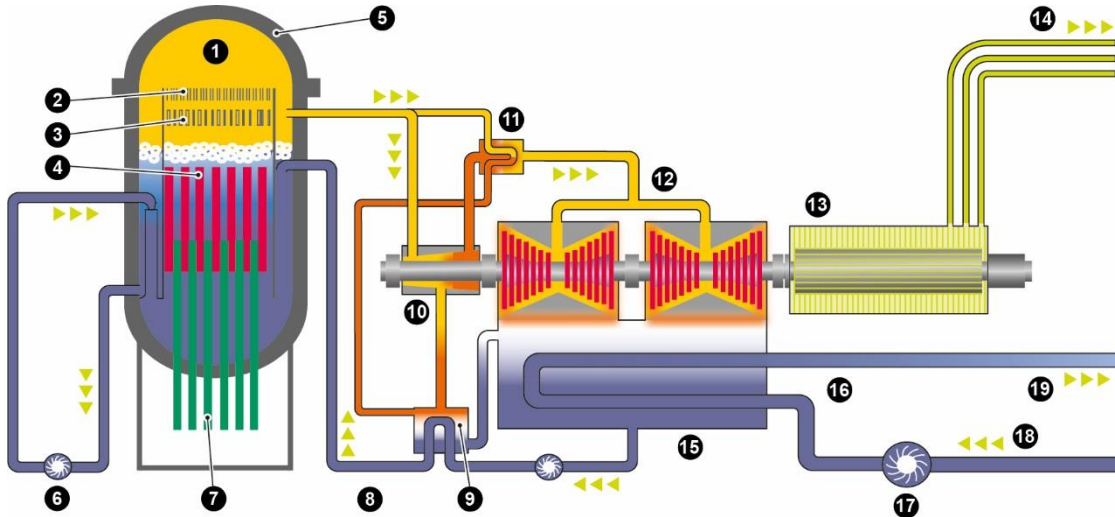
Mit jährlich rund 3 Millionen MWh ist das KKM – trotz seiner für ein Kernkraftwerk eher bescheidenen Grösse – eine schweizweit wichtige Produktionsanlage. Das grösste Kraftwerk der BKW produziert Strom für zirka 400'000 Menschen und deckt rund 40 % der Nachfrage im BKW-Versorgungsgebiet.

Mit über 332'900 Stunden erfolgreichen Betriebs (1972 bis 2014) ist das KKM eine bewährte Anlage mit einer erfahrenen Betriebsmannschaft. Die Anlage wurde während der gesamten Betriebszeit kontinuierlich nachgerüstet und sicherheitstechnisch unter Berücksichtigung der Entwicklung von Wissenschaft und Technik angepasst. Dies belegen auch die Betriebsergebnisse und internationalen Inspektionen.

Die während des Leistungsbetriebs durchgeführten Überprüfungen und Ergebnisse – unter Einsatz der bestehenden Sicherheitssysteme zur Einhaltung der Schutzziele und Gewährleistung der Anlagenverfügbarkeit – belegen die hohe Zuverlässigkeit des KKM.

1.2 Funktionsprinzip des KKM

Das KKM besitzt einen Reaktor des Typs BWR 4 der Firma General Electric (GE), ausgerüstet mit einem Mark I Containment. Die bewilligte thermische Leistung im Leistungsbetrieb beträgt 1'097 MW_{th}. Die elektrische Bruttoleistung liegt bei 390 MW_e.



1	Dampf	11	Zwischenüberhitzer
2	Dampftrockner	12	Niederdruckturbinen
3	Wasserabscheider	13	Generator
4	Brennelemente	14	zum Transformator
5	Reaktordruckbehälter	15	Kondensator
6	Umwälzschleife	16	Kühlwasser
7	Steuerstäbe	17	Kühlwasserpumpe
8	Speisewasser	18	von der Aare
9	Speisewasservorwärmer	19	zur Aare
10	Hochdruckturbinen		

Abbildung 1-2: Vereinfachtes Funktionsschema Siedewasserreaktor KKM

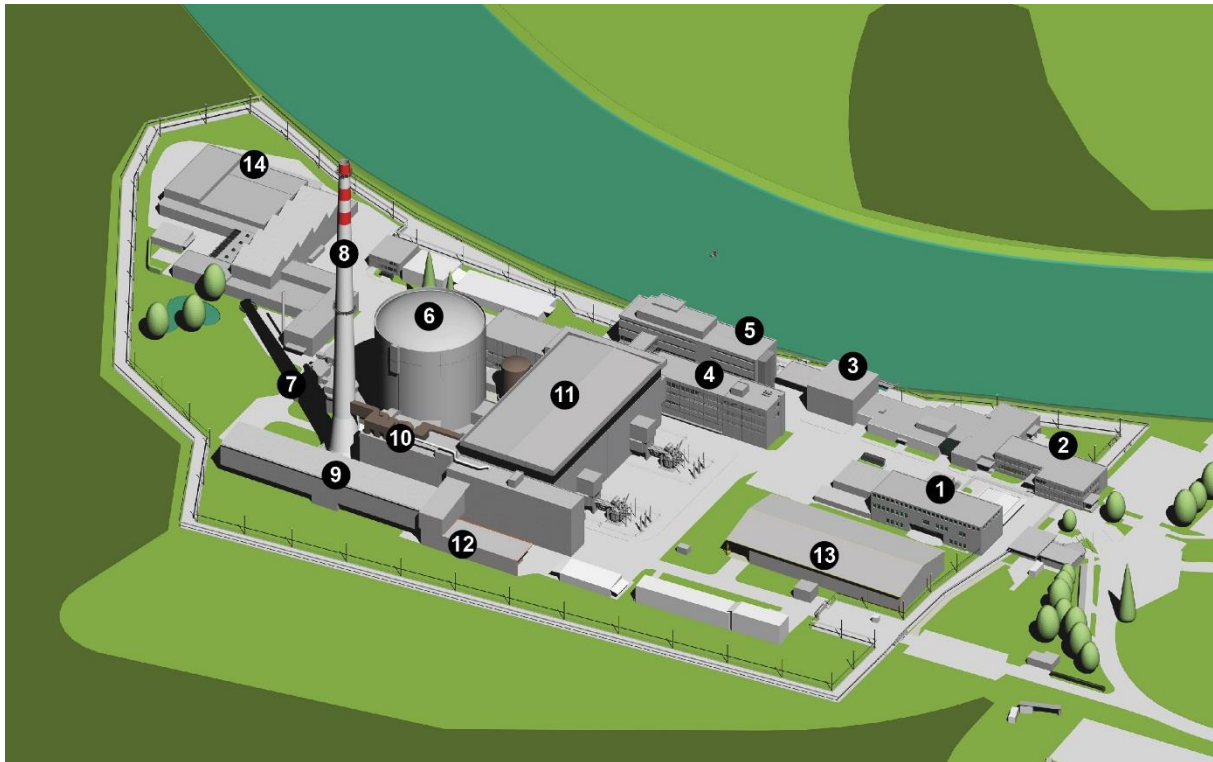
Abbildung 1-2 veranschaulicht in einer vereinfachten Darstellung die Funktionsweise des KKM zur Stromerzeugung. Der Reaktor ist ein Siedewasserreaktor, bei dem Wasser als Moderator und Kühlmittel verwendet wird. Nach dem Prinzip des Direktkreislaufs mit Zwangsumwälzung (Umwälzschleife) wird im Reaktordruckbehälter (RDB) Dampf für die direkte Verwendung in Dampfturbinen produziert. Im KKM sind zwei Generator-Dampfturbinen-Kreisläufe mit Anschluss an den RDB installiert. Der RDB enthält die Brennelemente (Kernbrennstoff), die Steuerstäbe und die Kerneinbauten (u.a. Reaktorkern mit Tragkonstruktion, Jetpumpen und Kerninstrumentierung). Zur Einstellung der Reaktorleistung und des Neutronenflussprofils während des Reaktorbetriebs werden die Steuerstäbe über die Steuerstabantriebe in vorgegebene Positionen gefahren.

Der erzeugte Heissdampf, auch Frischdampf genannt, wird den Hochdruck- und Niederdruckturbinen zugeführt und über den Kondensator zu Kondensat (Wasser) entspannt. Die Kondensat- und Speisewasserpumpen fördern das Speisewasser durch die Vorwärmer wieder in den Reaktor. Über eine gemeinsame Welle treiben die verschiedenen Turbinen den Generator mit Erregermaschine an. Der erzeugte Strom wird über Transformatoren ins Stromnetz eingespeist.

Die Kühlung der Anlage erfolgt durch Entnahme von Wasser aus der Aare (Kühlwasser) und Abgabe der Wärme über den Kühlwasserkreislauf an die Aare. Hauptkühlwasserpumpen stellen den Kreislauf sicher.

1.3 Gebäude und Einrichtungen des KKM

Abbildung 1-3 führt in Form eines Situationsplans die wesentlichen Gebäude und Einrichtungen auf dem Areal des KKM auf und veranschaulicht deren Anordnung.



1	Mehrzweckgebäude	8	Hochkamin
2	Personalrestaurant / Verwaltungsgebäude	9	Zwischenlager
3	Pumpenhaus	10	Aufbereitungsgebäude
4	Betriebsgebäude	11	Maschinenhaus
5	Betriebsgebäude Nord	12	Halle RA
6	Reaktorgebäude (Sekundärcontainment)	13	Halle TA
7	SUSAN-Gebäude	14	Werkstatt / Lager

Abbildung 1-3: Situationsplan der Gebäude und Einrichtungen auf dem Areal KKM

Im Zentrum des Kraftwerksgeländes liegt das zylindrische Reaktorgebäude, in dem sich mit dem Reaktor und dem Brennelementlagerbecken auch Sicherheitssysteme befinden. Angebaut ist das Maschinenhaus, das sowohl betriebliche als auch sicherheitsrelevante Einrichtungen enthält. Der Zutritt zur Kontrollierten Zone erfolgt über die Garderoben im Betriebsgebäude Nord. Die Garderoben sind mit einer Passerelle mit dem Betriebsgebäude verbunden. Im Betriebsgebäude befinden sich der gesicherte Zugang zur Kontrollierten Zone und der Hauptkommandoraum. Die Kontrollierte Zone unterliegt der Strahlenschutzüberwachung (s. Kapitel 9).

Die Anordnung der Gebäude erfüllt weitgehend den Strahlenschutzgrundsatz, dass Kontrollierte Zonen zusammenzufassen sind und einen überwachten Zu- und Ausgang für das Personal besitzen. Zur zusammengefassten Kontrollierten Zone gehören das Reaktorgebäude, das Maschinenhaus mit dem Maschinenhaus Anbau Süd, das Aufbereitungsgebäude und Teile des Betriebsgebäudes.

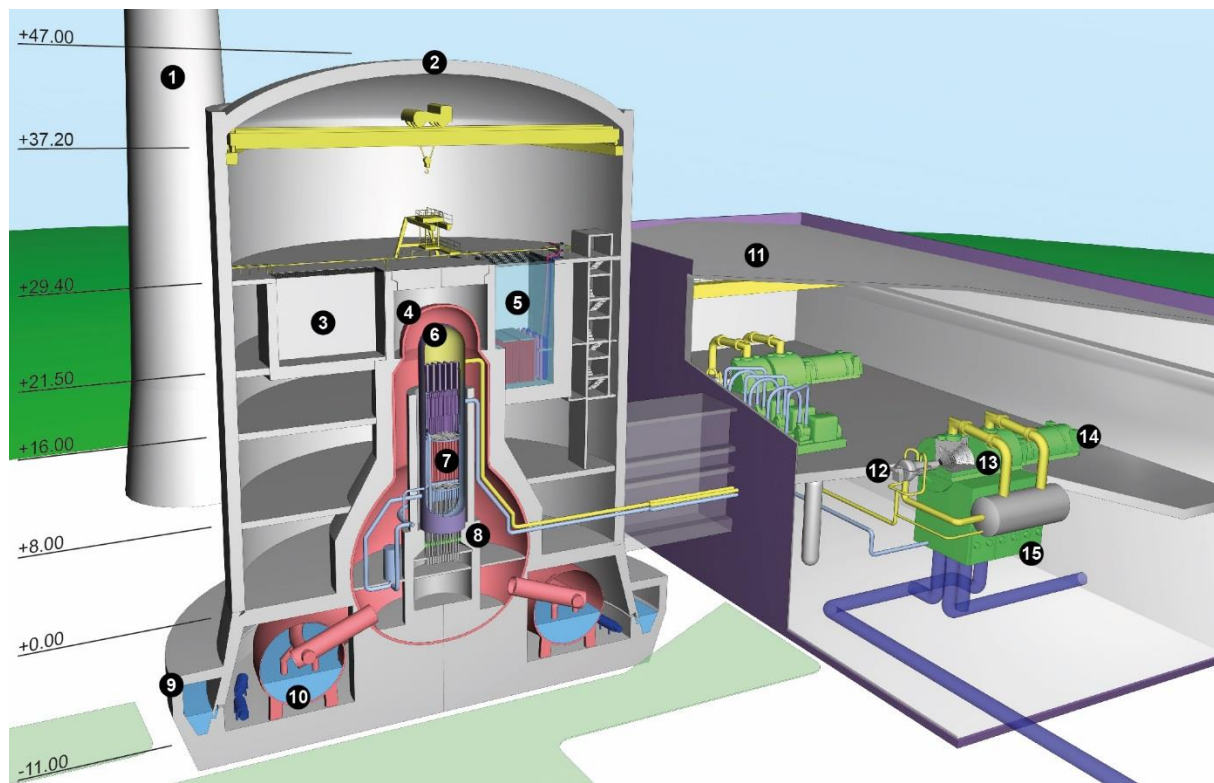
Das Notstandsgebäude (SUSAN-Gebäude) ist an der gegenüberliegenden Seite des Reaktorgebäudes angebaut. Im Notstandsgebäude sind neben dem Notkommandoraum Teile des Notstandsystems SUSAN (Spezielles Unabhängiges System zur Abfuhr der Nachzerfallswärme) mit ausschliesslich nichtradioaktiven Kreisläufen untergebracht. Deshalb gehört dieses Gebäude nicht zur Kontrollierten Zone (Strahlenschutzüberwachung). Es verfügt über einen eigenen, gesicherten Zugang.

Neben dem Aufbereitungsgebäude, das mit dem Maschinenhaus verbunden ist, steht der 125 m hohe Hochkamin. Am Aareufer liegen das Pumpenhaus mit den Haupt- und Hilfskühlwasserpumpen, die unterirdische Fassung des Kühlwassers für das Notstandssystem SUSAN und das Auslaufbauwerk. Sämtliche Abgaben von Kühlwasser werden radiologisch überwacht.

Weitere Gebäude auf dem Areal des KKM sind das Zwischenlager für schwach- und mittelaktive Abfälle (Kontrollierte Zone), Werkstatt-, Lager-, Wasseraufbereitungsräume und Hilfsgebäude, die Halle RA und die Halle TA sowie das Mehrzweckgebäude. Im Mehrzweckgebäude sind Büros, Schulungsräume und der Anlagesimulator untergebracht. Der Anbau Maschinenhaus Süd enthält Werkstätten und Einrichtungen für die Freimessung von Materialien und die Behandlung schwach radioaktiver Abfälle. Ausserdem befinden sich auf dem Areal des KKM noch Verwaltungsgebäude und temporär aufgestellte Bürocontainer, das Personalrestaurant, Garagen, das Feuerwehrlokal, Sanitätsräume und ein Gebäude zur Warenannahme.

1.4 Reaktorgebäude (RG) und Maschinenhaus (MH)

Abbildung 1-4 stellt das Reaktorgebäude sowie das Maschinenhaus schematisch dar.



1	Hochkamin	9	Äusserer Torus
2	Reaktorgebäude (Sekundärcontainment)	10	Innerer Torus
3	Einbautenbecken	11	Maschinenhaus
4	Drywell (Primärcontainment)	12	Hochdruckturbinen
5	Brennelementlagerbecken	13	Niederdruckturbinen
6	Reaktordruckbehälter	14	Generator
7	Brennelemente	15	Kondensator
8	Biologischer Schild		

Abbildung 1-4: Schematische Übersicht Reaktorgebäude (RG) und Maschinenhaus (MH)

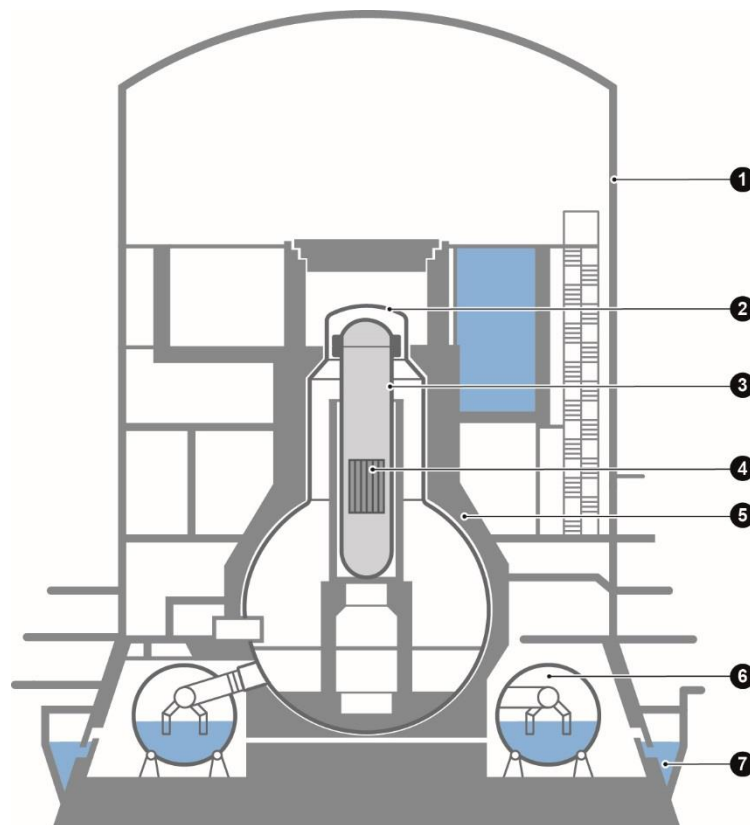
Das Reaktorgebäude (RG) umschliesst im Wesentlichen das Primärcontainment, das nukleare Dampferzeugungssystem mit Reaktordruckbehälter, Kühlmittelumwälzsystem, Speisewasser- und Frischdampfleitungen, Kernnotkühl-, Nachwärmeabfuhr- und Hilfssystemen, Brennelementhandhabungseinrichtungen sowie die Lager für neue und abgebrannte Brennelemente.

Im Maschinenhaus (MH) sind die beiden Generator-Dampfturbinen-Kreisläufe mit den jeweiligen Hilfsanlagen, Kondensatoren, Vorwärmanlagen, Kondensat- und Speisewasserpumpen, das von beiden Turbinengruppen gemeinsam benutzte Abgassystem, die Kondensatreinigungsanlagen und diverse Kühlwasserleitungen untergebracht. Ein Notstromdieselaggregat zur Eigenbedarfsversorgung steht ebenfalls im MH. Die Platzierung ist jedoch bautechnisch vom allgemein zugänglichen Teil des MH abgetrennt und nur vom Betriebsgebäude (BG) her zugänglich. Eine Erweiterung des MH, der sogenannte Maschinenhaus Anbau Süd, wurde für Unterhalts- und Strahlenschutzarbeiten errichtet.

1.5 Containment-Systeme

Die Containment-Systeme (s. Abbildung 1-5) stellen nach dem Prinzip der gestaffelten Sicherheit mehrere Barrieren gegen den Austritt von Radioaktivität bei Störfällen zur Verfügung. Zentraler Teil ist das Druckabbausystem, das durch Sicherheitshüllen geschützt ist. Die Containment-Systeme bestehen aus:

- Drywell (Primärcontainment, Sicherheitsbehälter aus Stahl) mit einem Druckabbausystem (Torus)
- Reaktorgebäude (Sekundärcontainment) mit einem zweiten Druckabbausystem, dem Äusseren Torus, der über Entlüftungsleitungen mit dem Hochkamin verbunden ist



1	Reaktorgebäude (Sekundärcontainment)	5	Betonabschirmung
2	Drywell (Primärcontainment)	6	Innerer Torus
3	Reaktordruckbehälter	7	Äusserer Torus
4	Brennstabhüllrohre		

Abbildung 1-5: Schematische Darstellung Containment-Systeme im Reaktorgebäude (RG)

Das Primärcontainment des Typs Mark I der General Electric Company besteht aus einem Drywell, das den Reaktordruckbehälter umschliesst, dem Inneren Torus als Notwärmesenke, der eine grosse Menge Wasser enthält, den Überströmrohren, die das Drywell mit dem Inneren Torus verbinden,

sowie einem Containment-Isolationssystem, einem Containment-Kühlsystem, einem Containment-Inertisierungssystem und anderen Hilfssystemen.

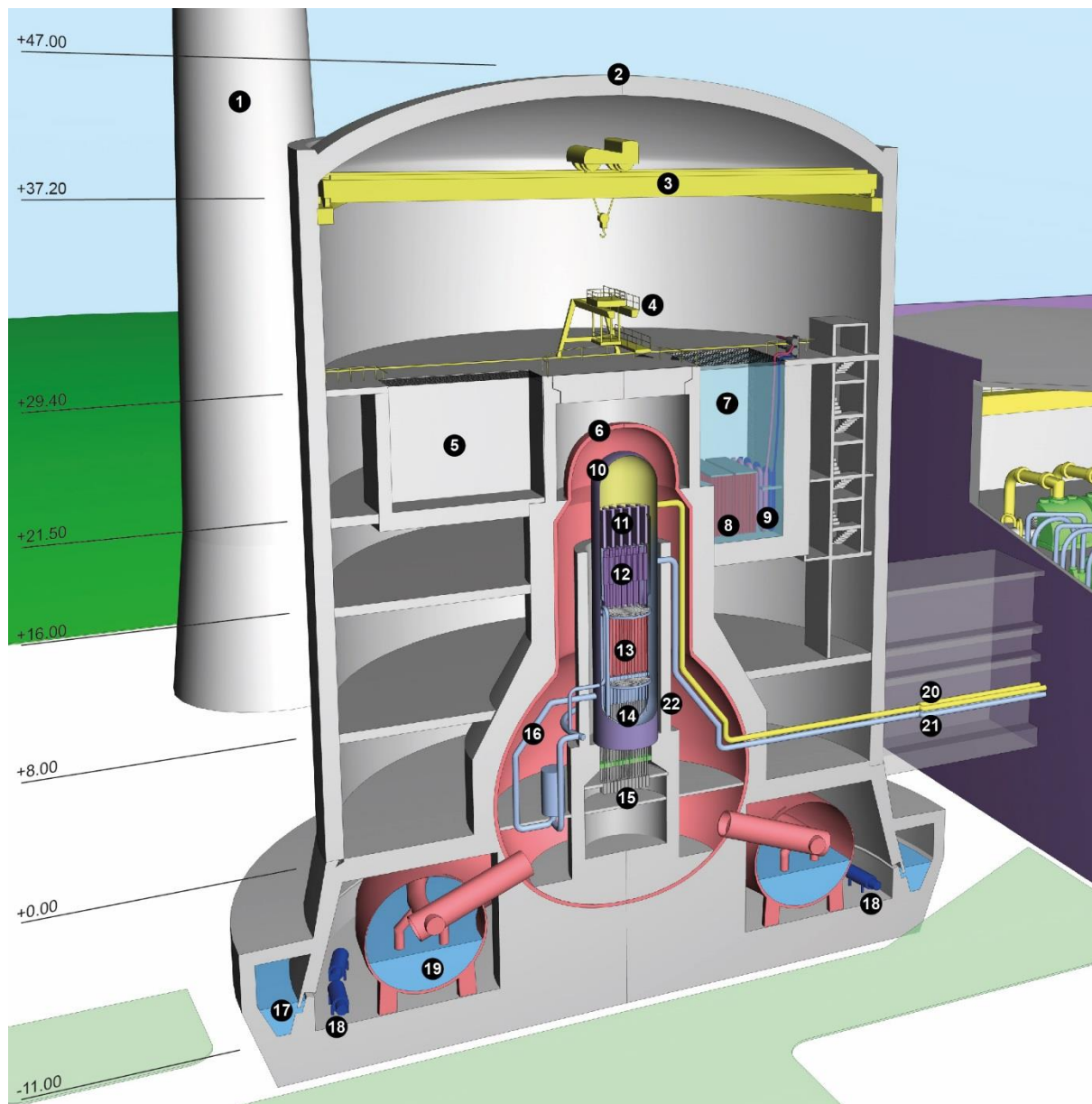
Drywell und Innerer Torus bilden die erste Sicherheitsumschliessung um das nukleare Dampferzeugungssystem.

Als zweite Sicherheitsumschliessung dient das Sekundärcontainment. Es besteht aus dem Reaktorgebäude, das das Primärcontainment vollständig umschliesst, einem Äusseren Torus mit einer grossen Menge Wasser und einem Notabluftsystem.

Die Containment-Systeme sind so ausgelegt, dass die als Folge eines angenommenen Auslegungsstörfalls in der Umgebung der Anlage zu erwartenden Strahlendosen unterhalb der in der Verordnung des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) [10] festgelegten Grenzwerten liegen.

1.6 Drywell, Reaktordruckbehälter (RDB) mit Kerneinbauten und Biologischer Schild

Abbildung 1-6 zeigt einen Schnitt durch das Reaktorgebäude (RG) einschliesslich des birnenförmigen Drywell.



1	Hochkamin	13	Brennelemente
2	Reaktorgebäude (Sekundärcontainment)	14	Steuerstäbe
3	Kran	15	Steuerstabantriebe
4	Lademaschine für Brennelemente	16	Umwälzschleife
5	Einbautenbecken	17	Äusserer Torus
6	Drywell (Primärcontainment)	18	Noteinspeisesysteme / Systeme zur Abfuhr der Nachzerfallswärme
7	Brennelementlagerbecken	19	Innerer Torus
8	Brennelemente	20	Frishdampfleitung
9	Arbek	21	Speisewasserleitung
10	Reaktordruckbehälter	22	Biologischer Schild
11	Dampftrockner		
12	Wasserabscheider		

Abbildung 1-6: Schematische Darstellung Drywell mit RDB im Reaktorgebäude (RG)

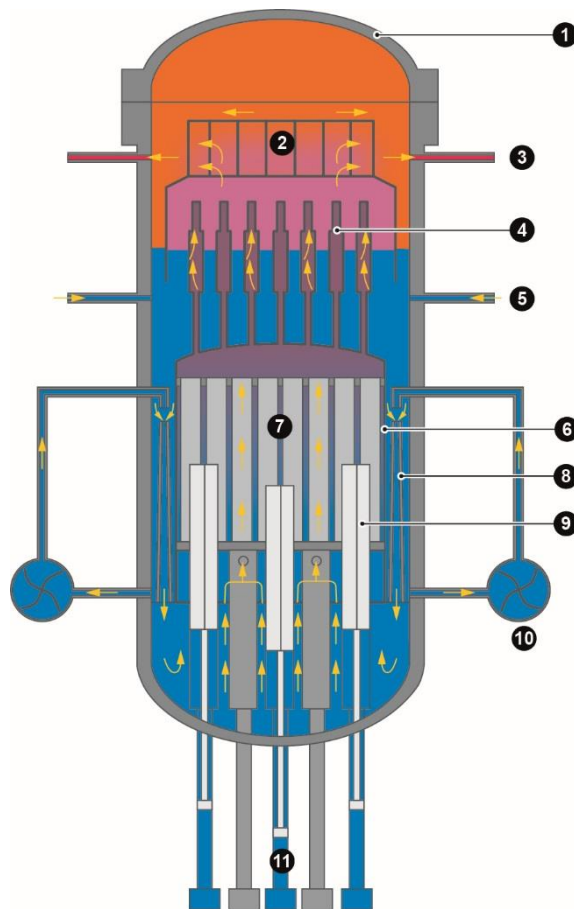
Im Drywell befinden sich insbesondere folgende Einrichtungen:

- Reaktordruckbehälter (RDB) mit Steuerstäben, Brennelementen und Kerneinbauten
- Reaktorumwälzpumpen
- Biologischer Schild
- Frischdampf- und Speisewasserleitungen

Der Biologische Schild hat im Leistungsbetrieb die Funktion, aus dem RDB austretende Neutronen- und Gammastrahlung abzuschirmen.

Der RDB (s. Abbildung 1-7) hat folgende Funktionen:

- Bilden einer sicheren Barriere gegen das Austreten radioaktiven Materials in den Drywell
- Unterbringen des Reaktorkerns, der Kerneinbauten und des Primärwassers in der Doppelfunktion als Moderator und Kühlmittel



- | | | | |
|---|--|----|--------------------|
| 1 | Reaktordruckbehälter | 7 | Brennelemente |
| 2 | Dampftrockner | 8 | Jetpumpen |
| 3 | Frischdampfleitungen (zu den Turbinen) | 9 | Steuerstäbe |
| 4 | Wasserabscheider | 10 | Umwälzpumpen |
| 5 | Speisewasserleitungen (von den Speisewasserpumpen) | 11 | Steuerstabantriebe |
| 6 | Kernmantel | | |

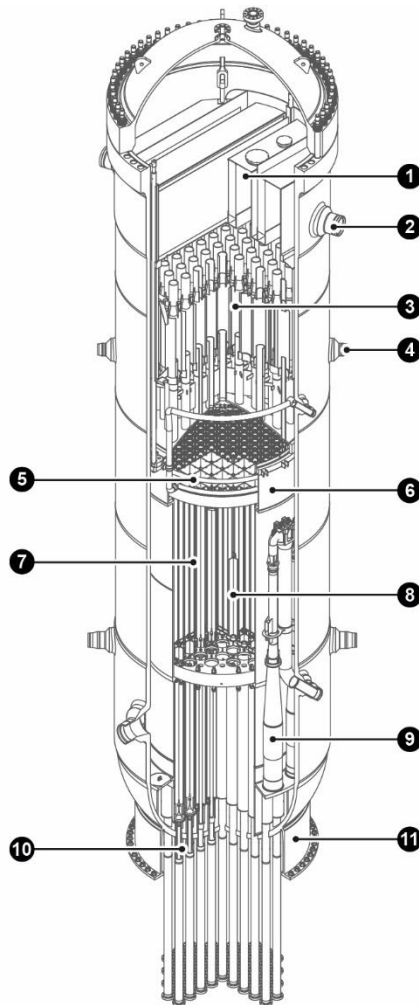
Abbildung 1-7: Funktionale schematische Darstellung RDB

Der RDB ist ein vertikaler, zylindrischer Druckbehälter und ist beispielhaft in Abbildung 1-8 dargestellt. Der Druckbehälterdeckel ist an den Behälter angeflanscht und mit zwei konzentrischen, versilberten und selbst verstärkenden O-Ringen abgedichtet. Der Bereich zwischen den beiden O-Ring-

dichtungen wird entlüftet und auf Leckagen überwacht. Die Frischdampf- und Speisewasserleitungen treten aus der Wand des RDB unterhalb des Flanschs aus. Die Steuerstabdurchführungshäuser und die Schutzhülsen der Neutronenfluss-Instrumentierung sind an der Bodenkalotte des RDB angeschweisst.

Der Reaktordruckbehälter stützt sich über eine am RDB-Boden angeschweisste Standzarge auf eine Stahlkonstruktion ab. Diese Stahlkonstruktion ist Bestandteil des Primärcontainment-Fundaments.

Stabilisierungshalterungen unter dem Druckbehälterflansch sind mit federgedämpften Spannstangen verbunden. Die Spannstangen sind über das Drywell mit der Betonstruktur ausserhalb des Drywell verbunden, um die horizontalen Schwingungen zu begrenzen und den seismischen Kräften sowie den Vibrationen der Jetpumpen standzuhalten. Die Spannstangen sind so ausgelegt, dass sie sowohl radiale als auch axiale Ausdehnung erlauben.



- | | | | |
|---|---------------------------------|----|--------------------|
| 1 | Dampftrockner | 7 | Brennelemente |
| 2 | Anschluss Frischdampfleitungen | 8 | Steuerstäbe |
| 3 | Wasserabscheider | 9 | Jetpumpen |
| 4 | Anschluss Speisewasserleitungen | 10 | Steuerstabantriebe |
| 5 | Kernsprühring | 11 | Standzarge |
| 6 | Kernmantel | | |

Abbildung 1-8: Darstellung RDB mit Kerneinbauten

2 Anlagenhistorie

2.1 Bewilligungsschritte zur thermischen Leistungsanpassung

Das Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) ist eine Siedewasserreaktoranlage mit einer ursprünglich projektierten thermischen Leistung von 947 MW_{th}.

Die BKW erhielt mit Verfügung des Eidgenössischen Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartements (EVED) – heute UVEK – am 24. Februar 1971 und am 31. Mai 1971 die Bewilligung, das Kraftwerk schrittweise in Betrieb zu nehmen. Die Bewilligung umfasste neben dem Laden des Kernbrennstoffs und der Inbetriebnahme den anschliessenden Leistungsbetrieb. Der kommerzielle Betrieb wurde am 6. November 1972 aufgenommen.

1975 erfolgte die erste Leistungserhöhung um 5 % von 947 auf 997 MW_{th}.

Am 25. März 1983 reichte die BKW beim EVED das Gesuch um Erteilung der Bewilligung für den Bau eines Speziellen Unabhängigen Systems zur Abfuhr der Nachzerfallswärme (SUSAN) ein. Die Bewilligung wurde am 5. Juli 1984 erteilt. Im September 1989 war SUSAN betriebsbereit. Gestützt auf die SUSAN-Fertigstellung ersuchte die BKW den Bundesrat, die thermische Reaktorleistung um 10 % auf 1'097 MW_{th} zu erhöhen. Der Bundesrat hat mit Verfügung vom 14. Dezember 1992 die beantragte Leistungserhöhung bewilligt.

Im März und im November 1993 wurde diese Leistungserhöhung in zwei 5 %-Schritten auf die aktuellen 1'097 MW_{th} umgesetzt. Die elektrische Bruttoleistung liegt heute bei 390 MW_e.

Ermöglicht wurde die Leistungserhöhung einerseits durch zusätzliche Brennelemente und andererseits durch ein neues Design. Die Anlage verfügt deswegen über einen Reaktorkern mit 240 Brennelementen. Die Leistungserhöhung erforderte u.a. auch gewisse Anpassungen in den Sekundäranlagen inkl. Turbinen.

Durch eine Optimierung der Turbinen und eine Ertüchtigung des Hauptkühlwassersystems in den Jahren 2007 und 2008 konnte eine bedeutende Wirkungsgradverbesserung erzielt werden.

2.2 Leistungsbetrieb und Radiologie

Seit der Leistungsbetriebsaufnahme wird das KKM kontinuierlich und umfassend radiologisch überwacht. Die Überwachung basiert auf Systembewertungen unter Berücksichtigung von aktuellen, nuklidspezifischen Analysen, Kontaminations- und Dosisleistungsmessungen. Sämtliche Überwachungen und Ergebnisse sind dokumentiert. Relevante Vorkommnisse aus der Betriebsgeschichte werden in der Systembewertung ebenfalls berücksichtigt.

Der radiologische Zustand der Anlage ist definiert durch das Aktivitätsinventar und die für Arbeiten relevanten radiologischen Bedingungen (Dosisleistung / Kontaminationsniveau). Die Ermittlung des radiologischen Zustands der Anlage liegt grundsätzlich im Aufgabenbereich des Strahlenschutzes.

Bereiche, in welchen Personen bei regelmässigem Aufenthalt Strahlendosen von 1 mSv/a oder mehr akkumulieren können, sind von Bereichen mit geringerer Strahlung getrennt und bilden die Kontrollierte Zone.

Wie die Erfahrung zeigt ist es zweckmässig, einzelne Bereiche der Kontrollierten Zone gemäss der vorhandenen oder realistisch zu erwartenden Oberflächen- oder Luftkontamination voneinander zu unterscheiden und gegeneinander abzugrenzen. Die Systeme und Räume der Kontrollierten Zone des KKM werden ihrer Kontamination entsprechend folgenden Gruppen zugeordnet:

- Nicht kontaminiert
- Leicht dekontaminierbar
- Mittelschwer dekontaminierbar
- Schwer dekontaminierbar
- Sehr schwer dekontaminierbar

Für die Stilllegung erfolgt eine radiologische Einstufung der Anlageräume hinsichtlich der Dosisleistung und der Kontamination, entsprechend den Ergebnissen von Charakterisierungen und Anlageverhalten.

Durch den langjährigen Betrieb ohne signifikante Brennelementschäden ergibt sich eine sehr geringe Kontamination im Wasser-Dampfkreislauf. Dieser radiologische Anlagezustand wird fortlaufend durch betriebliche Messprogramme überwacht und dokumentiert.

Ergeben sich im verbleibenden Leistungsbetrieb wie zu erwarten keine wesentlichen Änderungen des Anlageverhaltens, kann für den Start-Zeitpunkt der Stilllegungsarbeiten von einem radiologisch günstigen Ausgangszustand ausgegangen werden.

3 Grundlagen für die Anordnung der Stilllegung

Der Lebenszyklus einer Kernanlage wird nach dem Kernenergiegesetz (KEG) [1] im 4. Kapitel (Kernanlagen) unter folgenden Abschnitten behandelt:

- 1. Abschnitt: Rahmenbewilligung nach Art. 12 KEG (Bewilligung zum Bau und Betrieb der Kernanlage)
- 2. Abschnitt: Baubewilligung nach Art. 15 KEG (Bewilligung zur Errichtung der Kernanlage)
- 3. Abschnitt: Betriebsbewilligung nach Art. 19 KEG (Bewilligung zum Betrieb der Kernanlage)
- 4. Abschnitt: Stilllegungsverfügung nach Art. 28 KEG (Anordnung der Stilllegungsarbeiten)

Gemäss Art. 26 KEG Stilllegungspflichten [1] muss der Eigentümer seine Kernanlage stilllegen, wenn er sie endgültig ausser Betrieb genommen hat.

Er muss dabei insbesondere:

- die Anforderungen der nuklearen Sicherheit und Sicherung erfüllen,
- die Kernmaterialien in eine andere Kernanlage verbringen,
- die radioaktiven Teile dekontaminieren oder als radioaktive Abfälle behandeln,
- die radioaktiven Abfälle entsorgen,
- die Anlage bewachen, bis alle nuklearen Gefahrenquellen daraus entfernt sind.

Abgeleitet aus dieser Verpflichtung hat die BKW als Eigentümerin des KKM mit Grundsatzentscheid vom 29.10.2013 das Projekt "Stilllegung des Kernkraftwerks Mühleberg (KKM)" gestartet.

Das Kernenergiegesetz (KEG) [1] verlangt in Art. 27 die Vorlage eines "Stilllegungsprojekts" (Gesamtheit der einzureichenden Unterlagen), das u.a. die Phasen und den Zeitplan der Stilllegung darlegt. Das Stilllegungsprojekt beschreibt auch die gegenseitige Abgrenzung der geplanten Stilllegungsphasen. Über die Stilllegungsverfügung werden entsprechend Art. 46 Kernenergieverordnung (KEV) [6] die Stilllegungsphasen festgelegt.

Das vorliegende Stilllegungsprojekt entspricht dem aktuellen Stand der Planung auf konzeptioneller Ebene. Wie in länger laufenden Grossprojekten üblich, werden im Verlauf des Projekts aufgrund neuer Erkenntnisse oder neuer technischer Möglichkeiten Anpassungen gegenüber den im Stilllegungsprojekt beschriebenen Abläufen und Vorgehensweisen nötig sein. Solche Änderungen werden voraussichtlich im Aufsichtsverfahren beantragt.

Das Projekt Stilllegung KKM sieht insgesamt drei Stilllegungsphasen (SP 1 bis SP 3) vor.

Sofern in der Stilllegungsverfügung nichts Abweichendes geregelt wird, ist für jede der drei Stilllegungsphasen im Rahmen des Aufsichtsverfahrens eine Freigabe durch das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) erforderlich. In der Planung und Umsetzung der SP 1 bis SP 3 werden auch die freigabepflichtigen Tätigkeiten gemäss Art. 47 KEV [6] miteinbezogen.

Damit werden die Anforderungen aus Art. 27 KEG [1] sowie Art. 45 und 46 KEV [6] nach einer Gliederung in Stilllegungsphasen erfüllt.

3.1 Zeitachse des Projekts Stilllegung KKM

Der sich für das Projekt Stilllegung KKM ergebende Zeitplan wird mit seinen wesentlichen Meilensteinen in Abbildung 3-1 dargestellt. Das Projekt Stilllegung KKM verfügt über genügend Steuerungselemente und -mechanismen, um in der Planung auf sich ändernde Rahmenbedingungen reagieren zu können. Zu solchen Änderungen zählt zum Beispiel das Vorziehen oder Verschieben geplanter parallel laufender Stilllegungsarbeiten, die nicht im direkten Zusammenhang zueinander stehen.

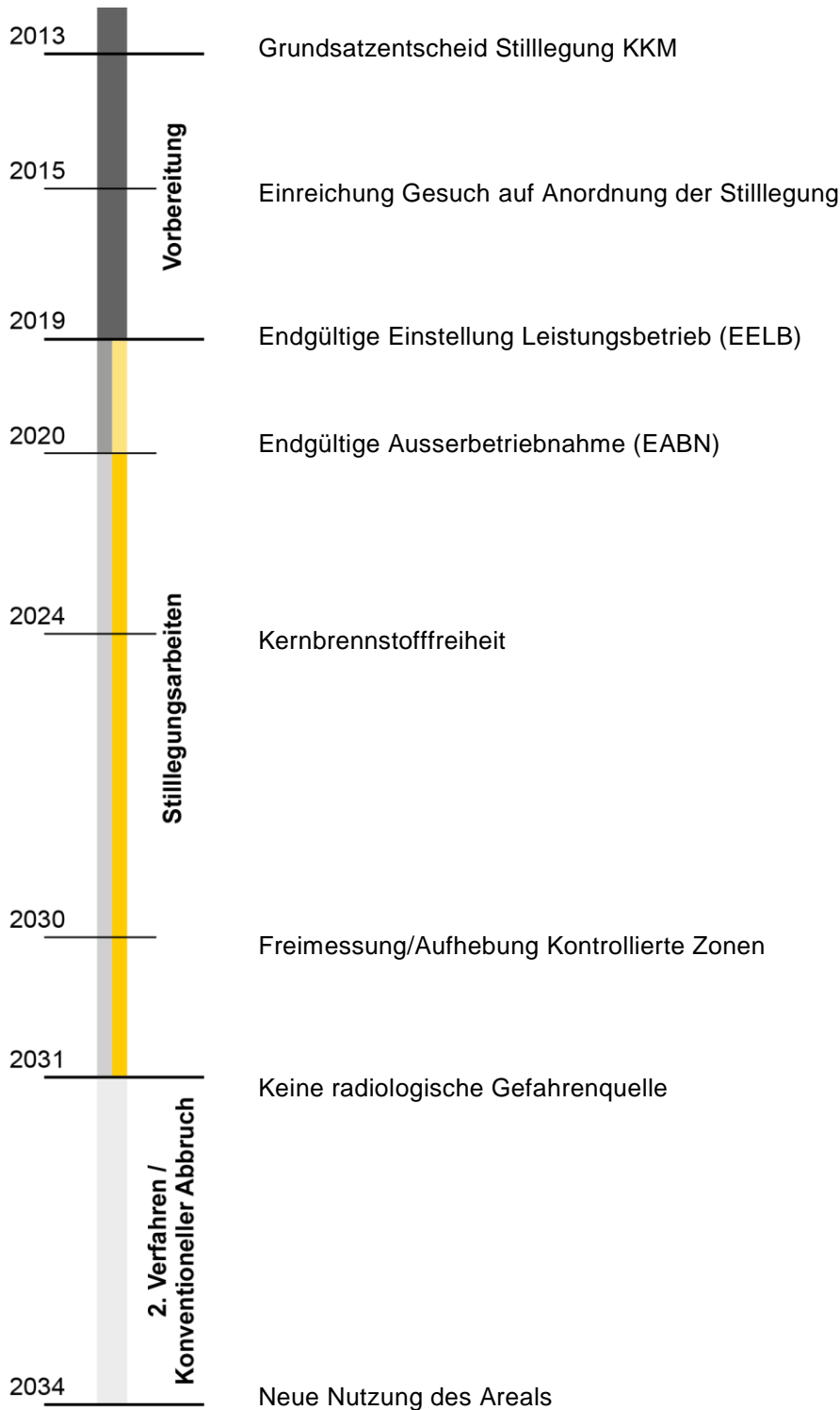


Abbildung 3-1: Das Projekt Stilllegung KKM im zeitlichen Überblick

3.2 Das Stilllegungsprojekt gem. Art. 27 KEG

Gemäss Art. 27 Kernenergiegesetz (KEG) [1] muss der Eigentümer den Aufsichtsbehörden ein Projekt für die vorgesehene Stilllegung, das Stilllegungsprojekt, vorlegen. Das Departement ordnet die Stilllegungsarbeiten auf Basis von Art. 28 KEG [1] mit einer Stilllegungsverfügung an. Es legt weiterhin fest, welche Arbeiten einer Freigabe durch die Aufsichtsbehörden bedürfen.

Mit der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) beginnt die Etablierung des Technischen Nachbetriebs. Als deren Abschluss erfolgt die Endgültige Ausserbetriebnahme (EABN). Im Rahmen der gestaffelten Umsetzung gemäss Anordnungen in der Stilllegungsverfügung werden mit der EELB des Weiteren die Vorbereitenden Massnahmen eingeleitet. Diese schaffen die Voraussetzungen für den eigentlichen Beginn der unter die Stilllegungsverfügung fallenden Arbeiten.

Im Stilllegungsprojekt wird für alle Tätigkeiten in jeder Stilllegungsphase neben der Einhaltung der grundlegenden Schutzziele und der Sicherheitsanforderungen das ALARA-Prinzip (As Low As Reasonably Achievable) als grundlegende Leitlinie berücksichtigt.

3.3 Phasen der Stilllegung

3.3.1 Phasenkonzept

Die heutige Planung sieht für die unter die Stilllegungsverfügung fallenden Arbeiten im KKM drei Stilllegungsphasen vor (SP 1 bis SP 3). Die Anzahl der Stilllegungsphasen wurde aus sicherheits- sowie sicherungstechnischen Gründen gewählt und orientiert sich am Gefährdungspotential. Dieses wird durch die Anwesenheit von Kernbrennstoff und aktivierten Komponenten bestimmt und nimmt im Lauf der Stilllegung kontinuierlich ab.

Eine vom Gefährdungspotential und von den Störfallbetrachtungen abgeleitete Definition einer geringen Anzahl von Stilllegungsphasen garantiert Stabilität der Organisation sowie der Prozesse und ist damit Grundlage einer sicheren und effizienten Stilllegung. Entsprechend wurden Stilllegungsphasen definiert, die sich signifikant unterscheiden und eine angemessene Dauer besitzen.

Der Entscheid für die Meilensteine, welche die Start- und Endpunkte der jeweiligen Stilllegungsphasen bestimmen, ist an den grundlegenden Schutzziele zur Gewährleistung der nuklearen Sicherheit, als wesentliche Bestandteile des Sicherheitskonzepts, ausgerichtet:

- Kontrolle der Reaktivität
- Kühlung der Brennelemente
- Einschluss radioaktiver Stoffe
- Begrenzung Strahlenexposition

Mit abnehmendem Gefährdungspotential, das von der Anlage ausgeht, reduzieren sich im Laufe der Stilllegung auch die Schutzziele zur Gewährleistung der nuklearen Sicherheit. Aus diesen signifikanten Änderungen lassen sich die Phasen für die Stilllegung ableiten (s. Kapitel 12).

Vorangestellt an die Stilllegungsphase 1 erstreckt sich die vom ENSI verfügte Etablierung des Technischen Nachbetriebs. Hier werden sowohl die sicherheitstechnischen als auch die organisatorischen Voraussetzungen für die Durchführung der Stilllegung geschaffen. Bereits mit der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) sinkt das Gefährdungspotential in der Anlage deutlich aufgrund des kalt abgestellten und drucklosen Zustands des Reaktorkühlkreislaufs und der abnehmenden Nachzerfallsleistung. Im Unterschied zum vorhergehenden Leistungsbetrieb und Revisionsbetrieb ist dieser Zeitraum durch den endgültigen Verzicht auf den Leistungsbetrieb gekennzeichnet.

Gegenüber der nachfolgenden Stilllegungsphase 1 ist die Etablierung des Technischen Nachbetriebs durch die Implementierung der autarken redundanten Brennelementlagerbeckenkühlung gekennzeichnet und endet mit der Endgültigen Ausserbetriebnahme (EABN) der Anlage.

Mit der EABN beginnt gemäss Art. 26 KEG [1] die Stilllegungspflicht der Betreiberin und somit die Stilllegungsphase 1. Zu diesem Zeitpunkt sind alle Brennelemente (BE) in das Brennelementlagerbecken (BEB) transferiert. Die vier grundlegenden nuklearen Schutzziele bleiben bestehen, wobei die Kühlung der BE nur noch im BEB erfolgt. Das Gefährdungspotential der Anlage ist in dieser Phase deutlich geringer als im Leistungsbetrieb. Die Gesamtaktivität in der Anlage, die überwiegend durch das Aktivitätsinventar der im BEB gelagerten BE geprägt ist, ist zu Beginn der Stilllegungsphase 1 bereits um den Faktor 1'000 gesunken. Die BE werden in mehreren, zeitlich gestaffelten Transportkampagnen von der Anlage verbracht. Mit jeder durchgeführten Brennelement-Abtransportkampagne sinkt das Gefährdungspotential weiter. Mit Abschluss aller BE-Abtransporte und entsprechend erreichter Kernbrennstofffreiheit ist das Aktivitätsinventar nochmals um den Faktor 1'000 gesunken und es entfallen die Schutzziele Kontrolle der Reaktivität sowie Kühlung der Brennelemente. Dies bildet den Abschluss der Stilllegungsphase 1.

Die Schutzziele Einschluss radioaktiver Stoffe sowie Begrenzung Strahlenexposition sind die verbleibenden Schutzziele ab Kernbrennstofffreiheit und deren Einhaltung wird bis zur Aufhebung der Kontrollierten Zonen gewährleistet. Dieser Zeitraum ist als Stilllegungsphase 2 definiert. Im Vergleich zu Stilllegungsphase 1 ist das noch in der Anlage befindliche Aktivitätsinventar hauptsächlich durch

- aktivierte Materialien (fest in die Struktur eingebunden)
- kontaminierte Einrichtungen
- zu behandelnde radioaktive Materialien
- konditionierte radioaktive Abfälle

bestimmt.

Der Umgang mit kontaminierten und aktivierten Materialien im Rahmen der Stilllegungsarbeiten wird unter der Voraussetzung der strikten Einhaltung der Schutzziele Einschluss radioaktiver Stoffe sowie Begrenzung Strahlenexposition geplant, gesteuert und überwacht. Zum Ende der Stilllegungsphase 2 sind alle radiologischen Gefahrenquellen aus der Anlage entfernt und die Freimessung sowie Aufhebung der Kontrollierten Zonen sind erfolgt. Somit entfallen die zwei verbleibenden grundlegenden Schutzziele zur Gewährleistung der nuklearen Sicherheit.

Die Stilllegungsphase 3 ist durch das sicherungstechnische Schutzziel der Arealüberwachung gekennzeichnet, eine radiologische Überwachung ist nicht mehr erforderlich. Die Stilllegungsphase 3 stellt einen Sonderfall dar, weil sie einen rein formalen Übergangszustand beschreibt. In dieser Phase werden ein Abschlussbericht eingereicht und die Verfahren geführt, damit die Aufsichtsbehörde den ordnungsgemässen Abschluss der Arbeiten unter der beantragten Stilllegungsverfügung feststellen kann. Anschliessend erfolgt die Feststellung des Departements, dass die Anlage keine radiologische Gefahrenquelle mehr darstellt und dass keine Ereignisse auftreten, die eine erhöhte Radioaktivität in der Umwelt bewirken können.

Dem abnehmenden Gefährdungspotential entsprechend werden in allen drei Stilllegungsphasen die Organisationsstruktur sowie die Personalplanung und -qualifikation an die Erfordernisse der jeweiligen Stilllegungsphase angepasst. Dabei werden auch die Erfahrungen aus internationalen Rückbauprojekten berücksichtigt.

Diese Einteilung wurde nach eingehender Prüfung möglicher alternativer Phasenkonzepte gewählt.

Eine mögliche betrachtete Alternativvariante ist die Unterteilung der Stilllegungsphase 2 in eine weitere Stilllegungsphase vor und eine Stilllegungsphase nach dem Eintritt der Wasserfreiheit im Reaktordruckbehälter und im Brennelementlagerbecken, in welchen sich die grossen Wasservolumina im Reaktorgebäude befinden. Mit Wasserfreiheit entfallen Anforderungen zur Rückhaltung von grossen kontaminierten Wassermengen im Reaktorgebäude. Die wasserführenden Einrichtungen zur Abwassersammlung und -behandlung im Aufbereitungs- und Betriebsgebäude sind jedoch nicht an die Wasserfreiheit im Reaktorgebäude gekoppelt und werden dem Fortschritt der Stilllegungsarbeiten entsprechend angepasst bzw. ausser Betrieb genommen.

Die Einführung zusätzlicher Stilllegungsphasen würde sich nur darin begründen, wenn dadurch verbleibende Schutzziele, oder allenfalls grössere Massnahmenpakete zur Erfüllung der Schutzziele entfallen würden und sich daraus ein signifikanter Unterschied zwischen den Phasen ergeben würde. Dies wäre bei einem Meilenstein Wasserfreiheit im Reaktorgebäude nicht der Fall und dementsprechend wurde diese Variante nicht weiter verfolgt.

Eine weitere Alternative für die Einteilung der Stilllegungsphasen könnte theoretisch eine gebäudebezogene Aufteilung darstellen. Dies hätte eine sequentielle Abwicklung der Stilllegung nach Gebäuden zur Folge. Solch eine Vorgehensweise würde dem Primat der sicheren, raschen und effizienten Durchführung der Stilllegung entgegenstehen. Synergieeffekte zwischen den einzelnen Abläufen würden nicht genutzt. Ein Grossteil der Systeme ist gebäudeübergreifend und es müssten für eine gebäudebezogene Abwicklung eine Vielzahl zusätzlicher Schnittstellen geschaffen werden. Diese Massnahmen würden die Komplexität der Stilllegungsarbeiten unverhältnismässig erhöhen und hätten somit Einfluss auf deren Sicherheit.

Die Forderung nach einem sicheren, raschen und effizienten Fortschritt der Stilllegungsarbeiten erfordert die Optimierung der Abläufe durch Parallelisierung, insbesondere der Demontage-, Dekontaminations- und anschliessenden Freimessarbeiten in der Anlage. Ein gebäudeorientiertes Phasenkonzept wäre somit nicht zielführend und wurde nicht weiter betrachtet.

Die Möglichkeit die Stilllegungsphasen in ihrer Anzahl weiter zu reduzieren wurde ebenfalls betrachtet. Auch diese Variante macht aus Effizienzgründen wenig Sinn. Über einen langen Zeitraum, der durch signifikant unterschiedliche Anforderungen an die Sicherheit gekennzeichnet ist, würden dieselben Vorgaben, Prozesse sowie Steuerungsmechanismen beibehalten und Optimierungspotential durch die Reduktion des Gefährdungspotentials – z.B. beim Erreichen der Kernbrennstofffreiheit – bliebe ungenutzt.

Gleichfalls wurde die Möglichkeit in Erwägung gezogen die Stilllegung in Jahresscheiben aufzuteilen und die anstehenden Arbeiten, entsprechend einer konventionellen Betriebsführung und Kostenbetrachtung, nach Jahren zu planen. Da für die Durchführung der Stilllegung eines Kernkraftwerks aber in erster Priorität sicherheitstechnische Gesichtspunkte ausschlaggebend sind, wurde von einer Betrachtung in Jahresscheiben Abstand genommen.

Zusammenfassend zu der Betrachtung unterschiedlicher Phasenkonzepte ist festzustellen, dass die Orientierung der Stilllegungsphasen an den Schutzzielen zur Gewährleistung der nuklearen Sicherheit die zielführendste Variante darstellt und dementsprechend der Stilllegung des KKM zugrunde gelegt wurde.

3.3.2 Phasenverlauf

Voraussetzung für eine sichere Durchführung der eigentlichen Stilllegungsarbeiten ist die Sicherstellung des Technischen Nachbetriebs. Dieser beginnt mit der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) und endet mit der Kernbrennstofffreiheit der Anlage.

Innerhalb des Technischen Nachbetriebs wird zwischen der Etablierung und der Aufrechterhaltung des Technischen Nachbetriebs unterschieden. Aus sicherheitstechnischer Sicht ist insbesondere die Etablierung des Technischen Nachbetriebs bedeutsam. Sie umfasst alle sicherheitstechnisch notwendigen Arbeiten der Ausserbetriebnahme und den Transfer aller Brennelemente in das Brennelementlagerbecken. Die anschliessende Aufrechterhaltung des Technischen Nachbetriebs erfolgt parallel zu den Stilllegungsarbeiten in Stilllegungsphase 1 und beinhaltet insbesondere die Gewährleistung der Kühlung der Brennelemente im Brennelementlagerbecken. Mit dem Abtransport der letzten Brennelemente von der Anlage wird aus Sicht der nuklearen Sicherheit der zentrale Meilenstein der Kernbrennstofffreiheit erreicht.

Mit Kernbrennstofffreiheit beginnt der Rückbaubetrieb, der parallel zu den Stilllegungsarbeiten in Stilllegungsphase 2 und 3 verläuft.

Abbildung 3-2 veranschaulicht den Verlauf der Stilllegungsarbeiten. Ziel und Abschluss dieser Arbeiten ist die Feststellung, dass das KKM keine radiologische Gefahrenquelle mehr darstellt. Der konventionelle Abbruch bzw. die Nachnutzung des Areals werden in einem eigenständigen zweiten Verfahren beantragt.

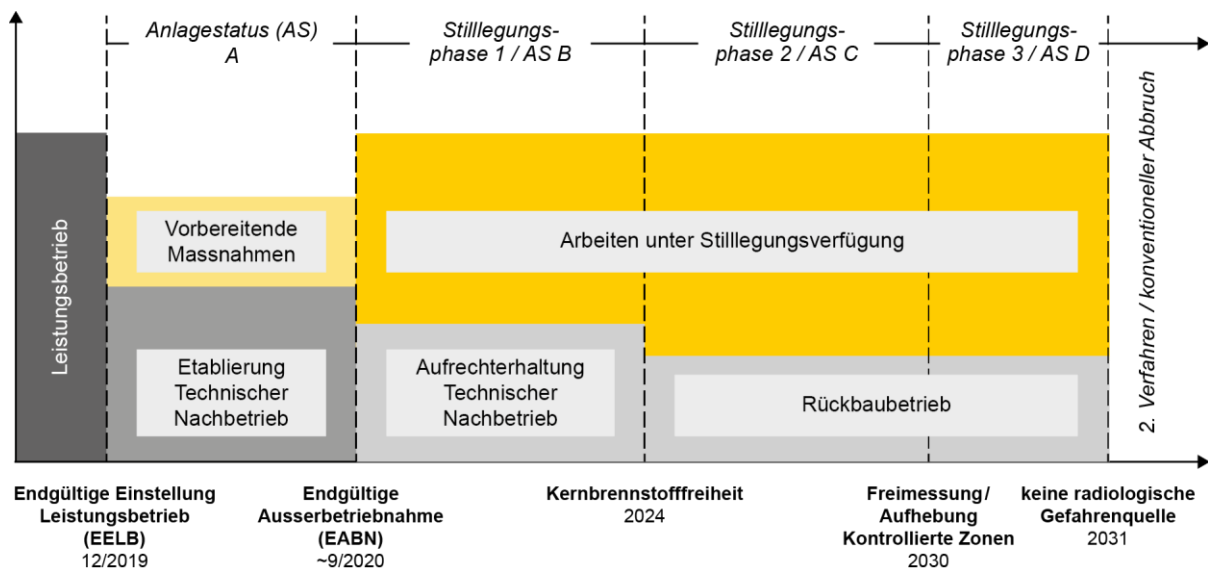


Abbildung 3-2: Der Phasenverlauf im Überblick

3.3.3 Stilllegungsphasen und Anlagestatus

Jede Stilllegungsphase (SP 1 bis SP 3) entspricht einem bestimmten, durch einen eigenen Sicherheits- und Sicherheitsbericht charakterisierten Anlagestatus. Ein neuer Anlagestatus und damit eine neue Stilllegungsphase werden erreicht, wenn das radiologische Gefährdungspotential der Gesamtanlage signifikant abnimmt.

Entsprechend der Abnahme des radiologischen Gefährdungspotentials erfolgen die Arbeiten nach der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) wie folgt:

- A. **Etablierung des Technischen Nachbetriebs und Vorbereitende Massnahmen:** Beginn mit der EELB. Abschluss der Etablierung des Technischen Nachbetriebs mit der Endgültigen Ausserbetriebnahme (EABN).
- B. **Stilllegungsphase 1:** Anschliessend an die Etablierung des Technischen Nachbetriebs. Sie endet mit der Herstellung der Kernbrennstofffreiheit.

- C. **Stilllegungsphase 2:** Anschliessend an das Erreichen der Kernbrennstofffreiheit bis zur erfolgten Freimessung und Aufhebung aller Kontrollierten Zonen.
- D. **Stilllegungsphase 3:** Ab Aufhebung der Kontrollierten Zonen bis zur Feststellung, dass die Anlage keine radiologische Gefahrenquelle mehr darstellt.

Nach heutigem Planungsstand ergeben sich hieraus für die Stilllegungsarbeiten die vier Anlagestatus A bis D.

Tabelle 3-1 zeigt die Abfolge der Anlagestatus A bis D und der aufrechtzuhaltenden Schutzziele ab dem Zeitpunkt der EELB. Im Weiteren wird die Beziehung der zum heutigen Zeitpunkt geplanten Stilllegungsphasen 1 bis 3 zu den Anlagestatus B, C und D abgebildet.

Stille- gungs- phase	Anlagestatus	Schutzziele
Etablierung Technischer Nachbetrieb / Vorbereitende Massnahmen		
	AS-A: Techn. Spezifikation Revisionsbetrieb	<ul style="list-style-type: none"> – Kontrolle der Reaktivität – Kühlung der Brennelemente – Einschluss radioaktiver Stoffe – Begrenzung Strahlenexposition
Aufrechterhaltung Technischer Nachbetrieb / Arbeiten unter Stilllegungsverfügung		
SP 1	AS-B: Autarke redundante Brennelementlagerbe- ckenkühlung	<ul style="list-style-type: none"> – Kontrolle der Reaktivität – Kühlung der Brennelemente – Einschluss radioaktiver Stoffe – Begrenzung Strahlenexposition
Rückbaubetrieb / Arbeiten unter Stilllegungsverfügung		
SP 2	AS-C: Betrieb ohne Kernbrennstoff	<ul style="list-style-type: none"> – Einschluss radioaktiver Stoffe – Begrenzung Strahlenexposition
Rückbaubetrieb / Arbeiten unter Stilllegungsverfügung		
SP 3	AS-D: Anlage ausgezont	<ul style="list-style-type: none"> – Arealüberwachung

Tabelle 3-1: Darstellung der Beziehung Stilllegungsphasen und Anlagestatus

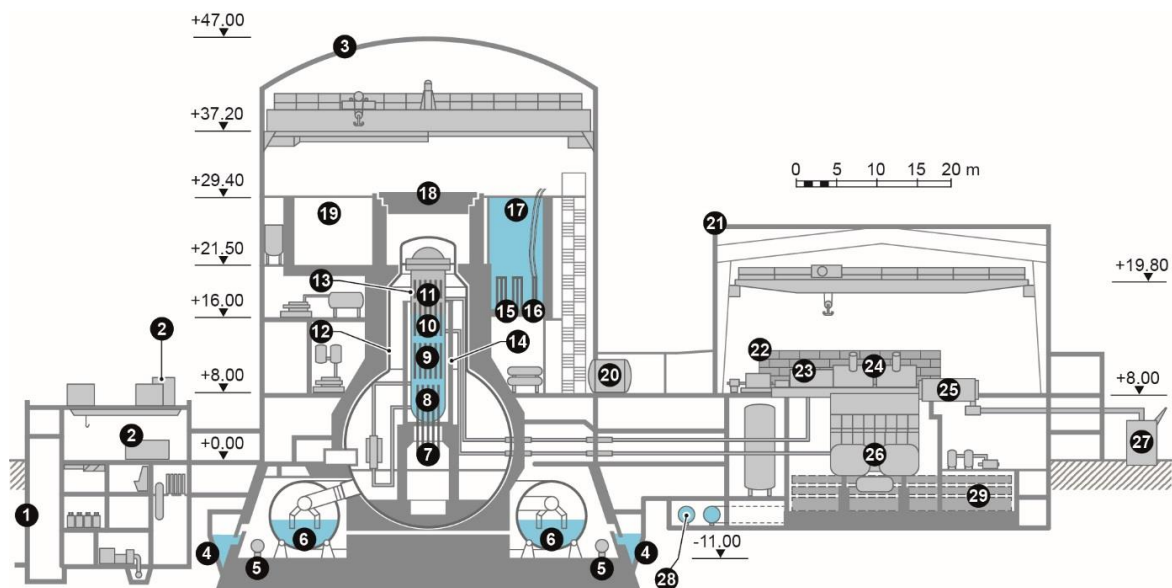
3.4 Arbeiten im Umfang der Stilllegungsverfügung

Bei der Planung und Durchführung der Stilllegungsarbeiten wird der Rückwirkungsschutz auf sicherheitsrelevante Systeme, die der Aufrechterhaltung der Schutzziele im Technischen Nach- und Rückbaubetrieb dienen, in allen Phasen der Stilllegung sichergestellt.

Zentrales Element der Stilllegungsarbeiten sind der Rückbau von Einrichtungen in der Kontrollierten Zone sowie die Behandlung der demontierten Materialien. Voraussetzung für den Rückbau einer Einrichtung ist, dass das zum Rückbau vorgesehene System oder die Komponente nicht mehr benötigt werden. Diese Voraussetzung kann auch dadurch eingehalten werden, dass die Aufgaben der zum Rückbau vorgesehenen Einrichtungen im noch erforderlichen Umfang durch andere bestehende oder neue Einrichtungen erfüllt werden. Die Stilllegungsarbeiten werden in Kapitel 7.2 näher erläutert.

Nach der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) werden parallel sowohl die Vorbereitenden Massnahmen als auch die Etablierung des Technischen Nachbetriebs durchgeführt (s. Abbildung 3-2). Die Etablierung des Technischen Nachbetriebs ist nicht Bestandteil des vorliegenden Stilllegungsprojekts, wird jedoch zum besseren Verständnis in Kapitel 3.5 erläutert.

Ausgehend vom Zustand der Anlage bei der EELB (s. Abbildung 3-3) werden im Folgenden die Vorbereitenden Massnahmen und die Stilllegungsarbeiten während der Stilllegungsphasen 1 bis 3 dargestellt und erläutert. Die Abbildungen zeigen abwechselnd die geplanten Tätigkeiten (gekennzeichnet mit Buchstaben) sowie den Zustand der Anlage mit den verbleibenden Komponenten und Systemen (gekennzeichnet mit Ziffern) beim Erreichen verschiedener Meilensteine.



1	SUSAN-Gebäude	15	Abgebrannte Brennelemente
2	Notstromdieselanlagen	16	Eintauchkühler
3	Reaktorgebäude (Sekundärcontainment)	17	Brennelementlagerbecken
4	Äusserer Torus	18	Betonriegel
5	Noteinspeisesysteme / Systeme zur Abfuhr der Nachzerfallswärme	19	Einbautenbecken
6	Innerer Torus	20	Personenschleuse
7	Steuerstabantriebe	21	Maschinenhaus
8	Steuerstäbe	22	Splitterschutzsteine
9	Brennelemente	23	Hochdruckturbinen
10	Wasserabscheider	24	Niederdruckturbinen
11	Dampftrockner	25	Generator
12	Drywell (Primärcontainment)	26	Kondensator
13	Reaktordruckbehälter	27	Blocktransformator
14	Biologischer Schild	28	Hauptkühlwasserrücklauf
		29	Abgassystem

Abbildung 3-3: Zustand der Anlage bei der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB)

3.4.1 Vorbereitende Massnahmen

Unmittelbar nach der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) werden nebst den Massnahmen zur Etablierung des Technischen Nachbetriebs die Vorbereitenden Massnahmen eingeleitet (Anlagestatus A). Die Vorbereitenden Massnahmen dienen als Vorleistungen zur Durchführung der eigentlichen Stilllegungsarbeiten ab der Endgültigen Ausserbetriebnahme (EABN).

Die sicherheitstechnischen Ziele nach der EELB und während des Technischen Nachbetriebs liegen – wie im Leistungsbetrieb – in der Einhaltung der grundlegenden Schutzziele, und werden nach der EELB sowie während der gesamten Stilllegung gewährleistet. Sämtliche Arbeiten erfolgen unter dieser Prämisse und sind darauf ausgerichtet, dass diese eingehalten werden.

Mit den Vorbereitenden Massnahmen werden die Voraussetzungen geschaffen, das Maschinenhaus für die Materialbehandlung von demontierten Materialien zu nutzen. Sobald die für den Leistungsbetrieb nötige Infrastruktur aus dem Maschinenhaus geräumt ist, kann mit der Installation in erster Linie von Dekontaminationseinrichtungen zur Materialbehandlung begonnen werden.

Parallel dazu erfolgen Anpassungen an der Stromversorgung des KKM.

Die Schwerpunkte der nach der EELB beginnenden Vorbereitenden Massnahmen sind im Folgenden aufgeführt:

- Entfernen von Bauteilen aus dem Maschinenhaus (Splitterschutzsteine usw.)
- Entfernen der Generatoren inkl. Hilfssysteme
- Entfernen der Turbinen inkl. Hilfssysteme
- Entfernen grosser Einzelkomponenten
- Entfernen der Kondensatoren und des Speisewassersystems inkl. Hilfssysteme
- Entfernen des Frischdampfsystems und der Armaturen
- Entfernen des Hauptkühlwassersystems
- Entfernen des Abgassystems
- Aufbauen der Materialbehandlung
- Anpassen der Elektroanlagen

Die einzelnen Arbeitspakete werden unter Einhaltung aller Sicherheitsvorgaben und ohne Rückwirkung auf die Massnahmen zur Etablierung des Technischen Nachbetriebs durchgeführt.

Die Durchführung der Vorbereitenden Massnahmen direkt nach der EELB begründet sich massgeblich in ihrem Beitrag zur Erfüllung folgender wichtiger Zielsetzungen:

- Reduzieren der Kollektivdosis als grundlegendes Schutzziel
- Aufrechterhalten und Nutzen des Know-hows und der Betriebserfahrung des Kraftwerkspersonals
- Rasches Aufbauen der Materiallogistik zur Sicherstellung eines kontinuierlichen Materialabflusses

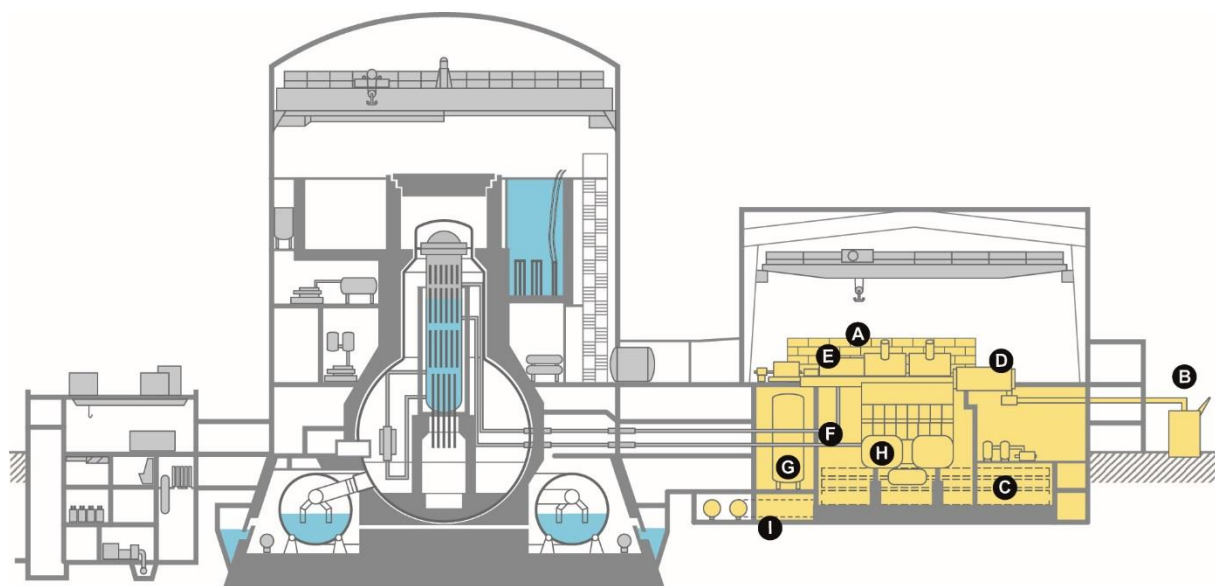
Die Vorbereitenden Massnahmen zählen nicht zu den eigentlichen Stilllegungsarbeiten. Ein Grossteil der geplanten Arbeiten an den Systemen und Komponenten im Maschinenhaus wurde bereits einmal im Rahmen des Leistungsbetriebs durchgeführt. So wurden z.B. in zwei Jahresrevisionen die Niederdruckturbinen vollständig demontiert, entsorgt und durch neue ersetzt. Die Behandlung der schwach kontaminierten Bauteile erfolgte bei einem Dienstleister im Ausland (Schweden). Die nach dem Schmelzprozess (eingesetztes Dekontaminationsverfahren) übrig gebliebenen radioaktiven Abfälle wurden gemäss international gültigem Verursacherprinzip wieder an die BKW überführt. Ebenso wurden die Kondensatoren bereits in früheren Revisionsarbeiten ausgetauscht. Umfangreiche War-

tungs- und Instandhaltungsarbeiten gab es in den letzten Jahren an nahezu allen genannten Systemen und Komponenten. Somit ist die Nutzung dieser Betriebserfahrung geknüpft an die direkte Einbindung des Kraftwerkspersonals sofort nach der EELB eine konkrete Massnahme zur Optimierung der Abläufe und damit zur Verkürzung der Aufenthaltszeiten. Dadurch können die Kollektivdosis bei den Arbeiten minimiert und die Wahrscheinlichkeit von Fehlhandlungen reduziert werden.

Das Räumen der Einrichtungen im Maschinenhaus nach der EELB verfolgt einerseits das Ziel, Arbeitsflächen und Transportwege möglichst rasch von kontaminierten Einrichtungen zu befreien, um die Strahlenexposition des Personals zu reduzieren. Andererseits soll Platz geschaffen werden, um spätere Stilllegungsarbeiten sicher durchführen zu können. Dazu gehören der Aufbau der Infrastruktur zur Behandlung von radioaktiven Materialien aus der Demontage sowie die Schaffung von Pufferzonen und Materialumschlagsplätzen. Damit verknüpft ist der frühestmögliche Aufbau einer gut funktionierenden Materiallogistik, die einen kontinuierlichen Abfluss der demontierten Materialien gewährleistet. Die Materiallogistik stellt sicher, dass Arbeitsflächen, Transportwege und Pufferflächen nicht mit radioaktiven Materialien verstopft werden und Bereiche, in denen Demontearbeiten stattfinden (z.B. im Reaktorgebäude), nicht mit demontierten kontaminierten Materialien verstellt werden.

Das rasche Entfernen der aufgeführten Einrichtungen sowie ein gut durchdachtes und frühestmöglich umgesetztes Materiallogistikkonzept schaffen die Voraussetzung, um die Kollektivdosis zusätzlich zu senken. So wird dem Gebot der Minimierung der Strahlenexposition als grundlegendes Schutzziel Rechnung getragen.

In Abbildung 3-4 sind insbesondere die Bereiche im Maschinenhaus (MH) gekennzeichnet, in denen Vorbereitende Massnahmen vorgesehen sind.



A	Entfernen Bauteile Maschinenhaus, z.B. Splitterschutzsteine	F	Entfernen Frischdampfsystem und Armaturen
B	Anpassen Elektroanlagen inkl. Entfernen Blocktransformator A2	G	Entfernen grosse Einzelkomponenten
C	Entfernen Abgassystem	H	Entfernen Kondensatoren, Speisewassersystem inkl. Hilfssysteme
D	Entfernen Generatoren inkl. Hilfssysteme	I	Entfernen Hauptkühlwassersystem
E	Entfernen Turbinen inkl. Hilfssysteme		

Abbildung 3-4: Vorbereitende Massnahmen

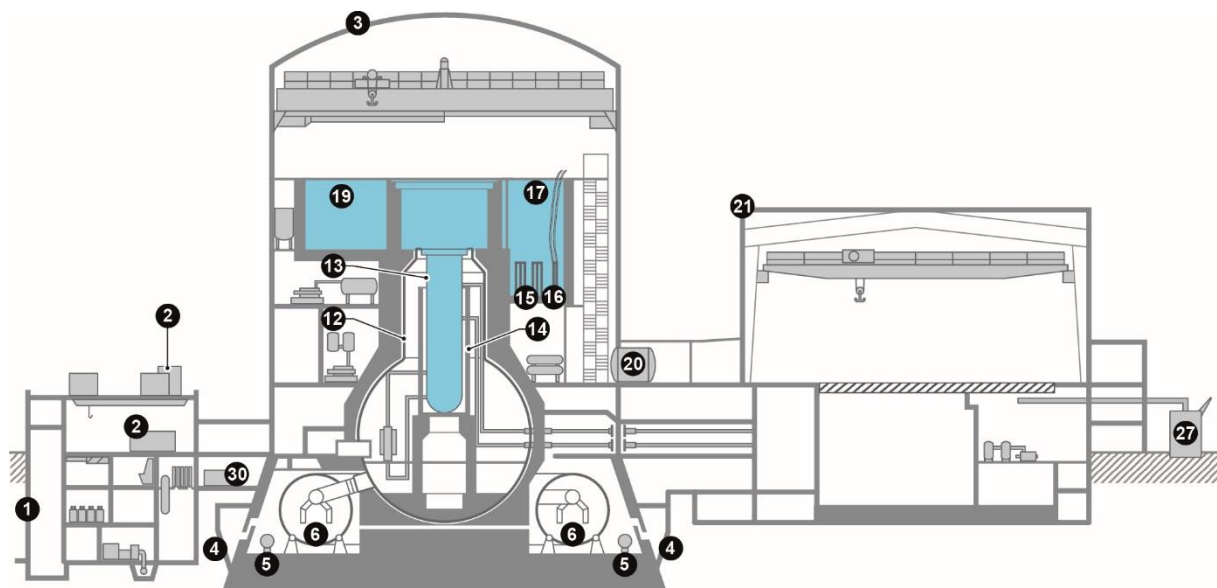
Die sicherheitsgerichtete Etablierung des Technischen Nachbetriebs wird mit der Durchführung der Vorbereitenden Massnahmen in keiner Weise tangiert. Der Rückwirkungsschutz wird grösstenteils allein durch die räumliche Trennung zum Reaktorgebäude gewährleistet.

3.4.2 Stilllegungsphase 1

Die Stilllegungsphase 1 (Anlagestatus B) beginnt mit der Endgültigen Ausserbetriebnahme (EABN). Sämtliche Brennelemente befinden sich zu diesem Zeitpunkt im Brennelementlagerbecken (BEB).

3.4.2.1 Aufrechterhaltung Technischer Nachbetrieb

Die Aufrechterhaltung des Technischen Nachbetriebs beginnt mit der EABN und endet mit dem Erreichen der Kernbrennstofffreiheit. Der Zustand der Anlage bei der EABN wird in Abbildung 3-5 dargestellt. Die EABN ist einerseits gekennzeichnet durch den Abschluss der Verbringung sämtlicher Brennelemente vom Reaktordruckbehälter (RDB) in das Brennelementlagerbecken und andererseits durch den Abschluss der Umsetzung der erforderlichen Massnahmen zur Etablierung des Technischen Nachbetriebs.



1	SUSAN-Gebäude	15	Abgebrannte Brennelemente
2	Notstromdieselanlagen	16	Eintauchkühler
3	Reaktorgebäude (Sekundärcontainment)	17	Brennelementlagerbecken
4	Äusserer Torus	19	Einbautenbecken
5	Noteinspeisesysteme / Systeme zur Abfuhr der Nachzerfallswärme	20	Personenschleuse
6	Innerer Torus	21	Maschinenhaus
12	Drywell (Primärcontainment)	27	Blocktransformator A1
13	Reaktordruckbehälter	30	Pumpen Arbek-S
14	Biologischer Schild		

Abbildung 3-5: Zustand der Anlage bei der Endgültigen Ausserbetriebnahme (EABN)

Die Aufrechterhaltung des Technischen Nachbetriebs erfordert folgende Massnahmen:

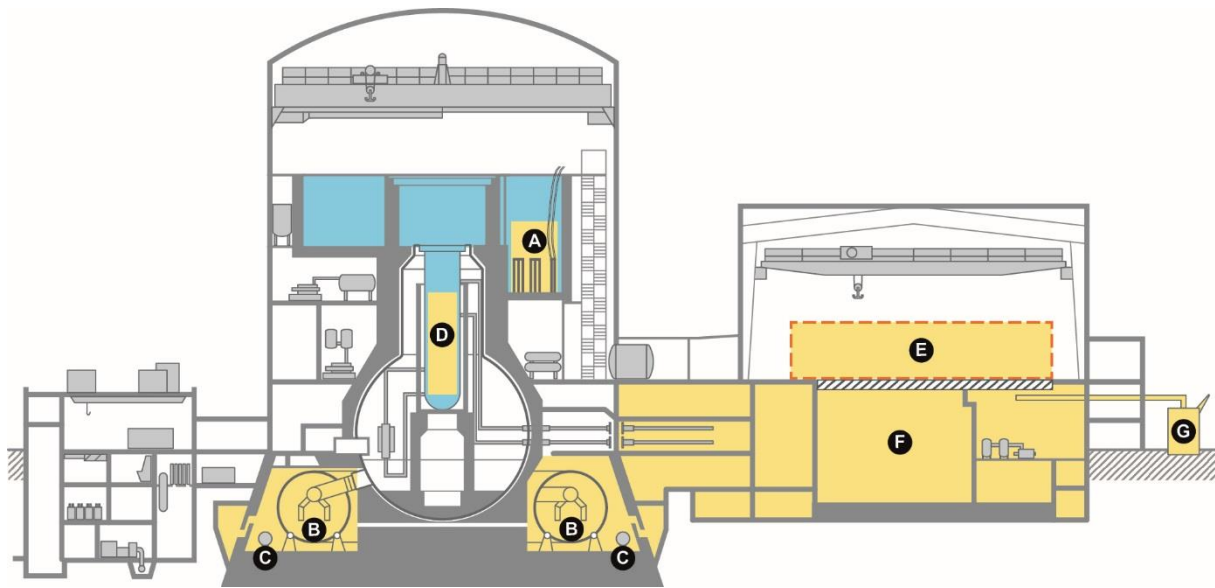
- Betreiben der nötigen Systeme zur Erfüllung der Schutzziele (Kühlung der BE)
- Verbringen sämtlicher Brennelemente in eine andere Kernanlage
- Fortführen der während der Etablierung des Technischen Nachbetriebs begonnenen Massnahmen

Die Brennelemente (Kernbrennstoff) werden in mehreren, zeitlich gestaffelten Transporten aus der Anlage entfernt. Mit dem Erreichen der Kernbrennstofffreiheit endet die Aufrechterhaltung des Technischen Nachbetriebs.

3.4.2.2 Stilllegungsarbeiten in Stilllegungsphase 1

Der Rückbau von Einrichtungen umfasst die Demontage im Ganzen (grosse Einzelkomponenten) oder in Teilen einschliesslich des Umgangs mit den dabei anfallenden radioaktiven Stoffen. Die zum Rückbau vorgesehenen Einrichtungen sind maschinen-, verfahrens-, elektro- und leittechnische, bauliche sowie sonstige technische Teile des KKM. Hierzu gehören auch die den Einrichtungen zugeordneten Hilfssysteme wie Überwachungseinrichtungen, Versorgungseinrichtungen, Kabel, Kabeltrassen, Halterungen, Anker- und Dübelplatten, Rohr- und Kabeldurchführungen, Fundamente sowie fest installierte Montage- und Bedienhilfen. Einrichtungen umfassen auch bauliche Teile und innere Gebäudestrukturen.

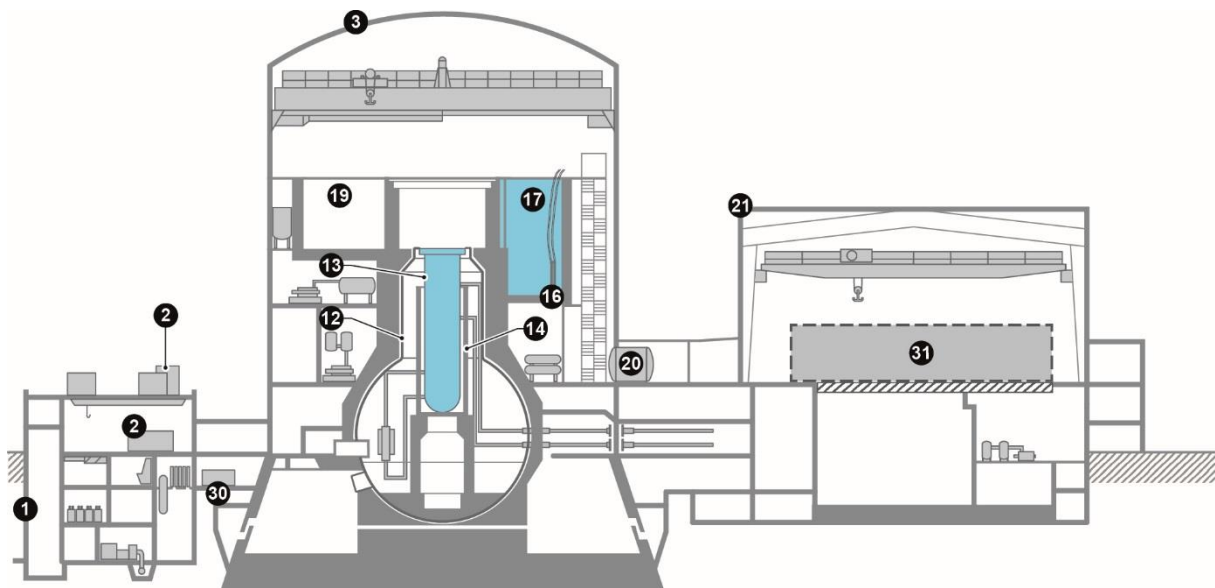
In Abbildung 3-6 werden die Bereiche im Reaktorgebäude (RG) und im Maschinenhaus (MH) gekennzeichnet, in denen Stilllegungsarbeiten innerhalb der Stilllegungsphase 1 geplant sind.



A	Abtransport abgebrannte Brennelemente	E	Aufbau Materialbehandlung
B	Demontage Torus inkl. Systeme	F	Restdemontage Systeme und Beginn Gebäude- dekontamination
C	Demontage Noteinspeisesysteme/Systeme zur Abfuhr der Nachzerfallswärme	G	Demontage Blocktransformator A1
D	Demontage Kerneinbauten		

Abbildung 3-6: Massnahmen im Reaktorgebäude und im Maschinenhaus im Rahmen der Stilllegungsphase 1

Abbildung 3-7 zeigt den Zustand der Anlage bei Abschluss der Stilllegungsphase 1.



1	SUSAN-Gebäude	17	Brennelementlagerbecken
2	Notstromdieselanlagen	19	Einbautenbecken
3	Reaktorgebäude (Sekundärcontainment)	20	Personenschleuse
12	Drywell (Primärcontainment)	21	Maschinenhaus
13	Reaktordruckbehälter	30	Pumpen Arbek-S
14	Biologischer Schild	31	Materialbehandlung
16	Eintauchkühler		

Abbildung 3-7: Zustand der Anlage bei Abschluss der Stilllegungsphase 1

3.4.3 Stilllegungsphase 2

Die Stilllegungsphase 2 (Anlagestatus C) beginnt mit der Kernbrennstofffreiheit des KKM. Die Stilllegungsphase 2 endet mit der Freimessung / Aufhebung der Kontrollierten Zonen. Die Nachweisführung der Gebäude- und Gebäudebereiche ausserhalb der Kontrollierten Zone und auf dem Areal des KKM erfolgt durch beweissichernde radiologische Messungen.

3.4.3.1 Rückbaubetrieb

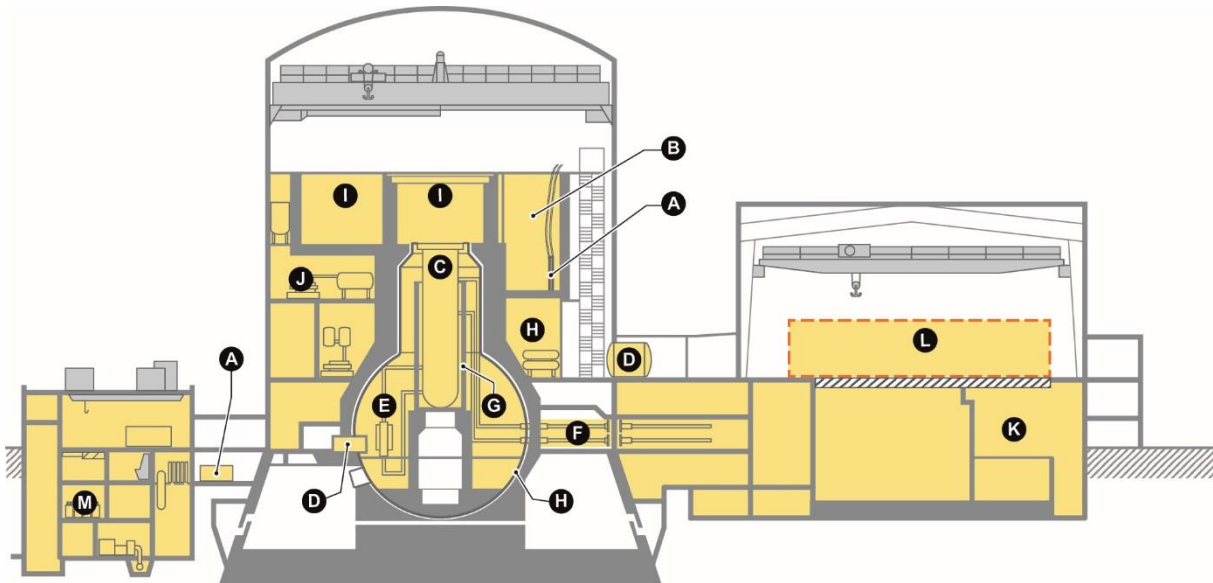
Der Rückbaubetrieb beginnt mit dem Erreichen der Kernbrennstofffreiheit und endet mit der Freimessung / Aufhebung der Kontrollierten Zonen. Die Anlage befindet sich während des Rückbaubetriebs zum grössten Teil im Anlagestatus C (Betrieb ohne Kernbrennstoff) und am Ende im Anlagestatus D (Anlage ausgezont). Im Anlagestatus C sind die Schutzziele "Einschluss radioaktiver Stoffe" und "Begrenzung der Strahlenexposition" weiterhin einzuhalten.

3.4.3.2 Stilllegungsarbeiten in Stilllegungsphase 2

Die Stilllegungsarbeiten in der Stilllegungsphase 2 werden mit Abbildung 3-8 und Abbildung 3-9 dargestellt.

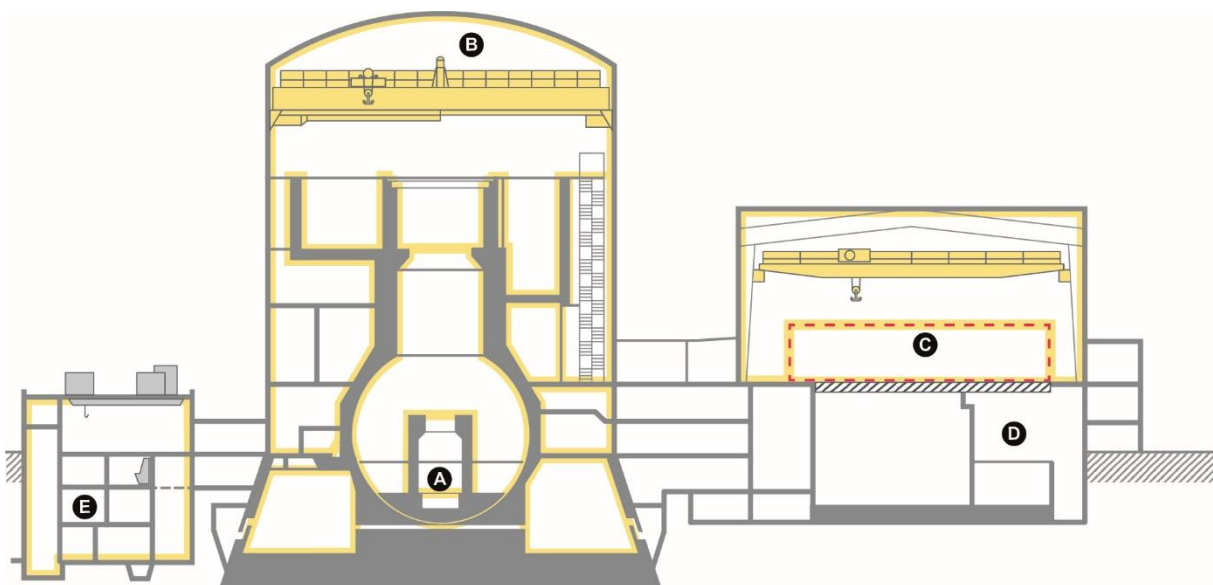
Abbildung 3-8 stellt die geplanten Massnahmen im Reaktorgebäude, insbesondere die Demontage des Reaktordruckbehälters, des oberen Teils des Biologischen Schields und der Einrichtung des Drywell dar. Im Weiteren werden sämtliche Systeme aus dem Reaktorgebäude zwischen +29m und ±0m entfernt. Im Maschinenhaus +8m findet die Bearbeitung der Materialien aus dem Rückbau von Einrichtungen statt. Unterhalb von +8m erfolgen die Gebäudedekontamination und die radiologische Freimessung. In den Nebengebäuden, wie z.B. dem SUSAN-Gebäude, werden sämtliche Systeme demontiert.

Abbildung 3-9 stellt die Demontage der Infrastruktur sowie die Gebäudedekontamination im Reaktorgebäude und in den Nebengebäuden dar. Im Maschinenhaus werden in dieser Phase auch die +8m-Ebene geräumt, die Infrastruktur demontiert und die Gebäudedekontamination durchgeführt.



- | | | | |
|---|---|---|--|
| A | Demontage Arbek | H | Demontage Stahl liner Drywell |
| B | Demontage Lagergestelle, Beckeneinbauten | I | Demontage Liner Einbauten Becken und RDB-Grube |
| C | Demontage Reaktordruckbehälter | J | Demontage sämtliche Systeme, z.B. Reaktorreinigung |
| D | Entfernen der Personen- und Materialschleusen | K | Gebäudedekontamination |
| E | Demontage Drywell einbauten | L | Betrieb Materialbehandlung |
| F | Demontage Frischdampfleitungen und Speiswasserleitungen | M | Demontage Systeme im SUSAN-Gebäude |
| G | Demontage oberer Teil Biologischer Schild | | |

Abbildung 3-8: Massnahmen im Reaktorgebäude und im Maschinenhaus in der Stilllegungsphase 2 (Teil 1)



- | | | | |
|---|---|---|---|
| A | Demontage unterer Teil Biologischer Schild | C | Abbau Materialbehandlung, Infrastrukturdemontage und Gebäudedekontamination |
| B | Infrastrukturdemontage, Gebäudedekontamination und Freimessung Reaktorgebäude | D | Freimessung Maschinenhaus |
| | | E | Beweissichernde Messung |

Abbildung 3-9: Massnahmen im Reaktorgebäude und im Maschinenhaus in der Stilllegungsphase 2 (Teil 2)

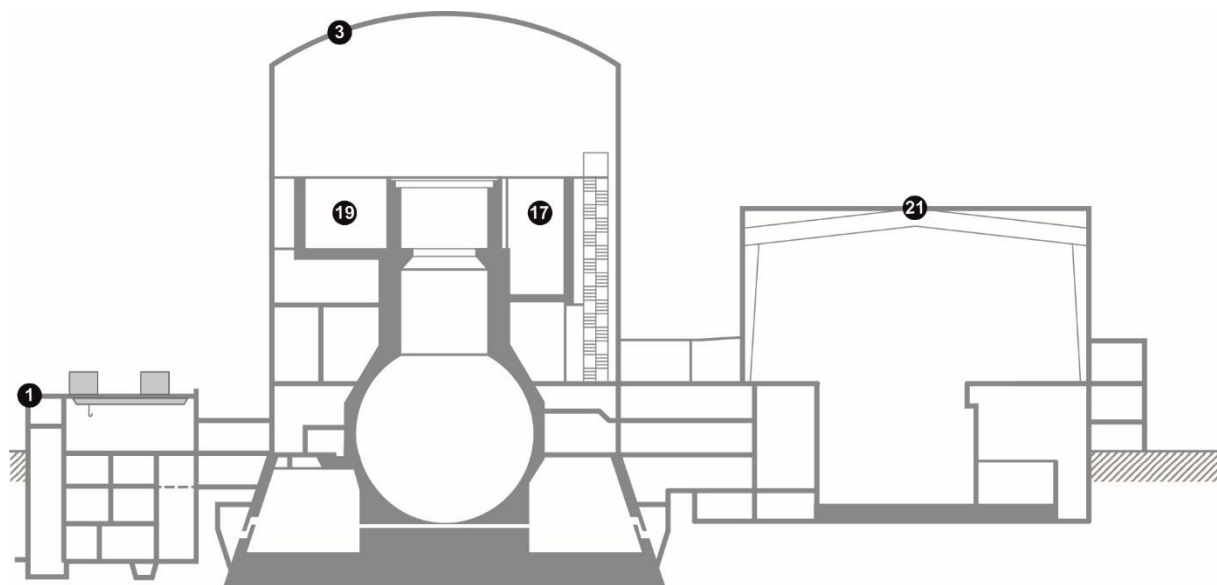
3.4.4 Stilllegungsphase 3

Die Stilllegungsphase 3 (Anlagestatus D) beginnt nach der Freimessung / Aufhebung der Kontrollierten Zonen und der abgeschlossenen beweissichernden Messungen auf dem Areal. Die Stilllegungsphase 3 endet mit der Feststellung der Behörde, dass die Anlage keine radiologische Gefahrenquelle mehr darstellt und dass keine Ereignisse auftreten, die eine erhöhte Radioaktivität in der Umwelt bewirken können.

Der Rückbaubetrieb wird in reduziertem Umfang fortgesetzt und ist durch das sicherungstechnische Ziel "Schutz der Kernanlage vor unbefugter Einwirkung" (Arealüberwachung) gekennzeichnet. Im Anlagestatus D muss kein sicherheitstechnisches Schutzziel mehr erfüllt werden. Eine radiologische Überwachung ist somit nicht mehr oder nur aus formalen Gründen erforderlich.

Da die Anlage ausgezont ist, bedarf es zum Erreichen des Stilllegungsziels keiner weiteren Rückbauarbeiten. Die Dokumentation wird fertiggestellt und der Aufsichtsbehörde in Form eines Abschlussberichts über die Stilllegung eingereicht.

Der Rückbau des KKM umfasst nicht den Abriss von Gebäuden, sofern die Gebäude nach Abschluss der Rückbautätigkeiten weiterhin ihre statischen Anforderungen erfüllen. Abbildung 3-10 zeigt die Stilllegungsarbeiten im Reaktorgebäude (RG) und im Maschinenhaus (MH) des KKM sowie den voraussichtlichen Endzustand nach Abschluss der Stilllegungsphase 3.



1	SUSAN-Gebäude	19	Einbautenbecken
3	Reaktorgebäude (Sekundärcontainment)	21	Maschinenhaus
17	Brennelementlagerbecken		

Abbildung 3-10: Endzustand im Reaktorgebäude, im Maschinenhaus und im SUSAN-Gebäude bei Abschluss der Stilllegungsphase 3

3.5 Etablierung des Technischen Nachbetriebs (Verfügung durch die Aufsichtsbehörde)

Die Massnahmen zur Etablierung des Technischen Nachbetriebs sind aus sicherheitstechnischen Gründen unverzichtbare Voraussetzung für die Endgültige Ausserbetriebnahme (EABN) und sind im Rahmen der Aufsicht zum Leistungsbetrieb durch die Aufsichtsbehörde (ENSI) verfügt.

Diese Massnahmen müssen umgesetzt werden, da sie die auf Leistungsbetrieb ausgelegte Anlage in einen langfristig sicheren abgeschalteten Zustand überführen. Die Etablierung des Technischen

Nachbetriebs beginnt mit der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB). Gekennzeichnet ist diese Phase durch sicherheitsgerichtete Tätigkeiten wie zum Beispiel Anpassungen und abschliessende Inbetriebsetzung der autarken redundanten Brennelementlagerbeckenkühlung (Arbek) für die Stilllegung einschliesslich der Massnahmen zur Einhaltung der nuklearen Schutzziele.

Der Leistungs- und Revisionsbetrieb ist durch die Definition von fünf Betriebsarten in der Technischen Spezifikation geregelt. Im Revisionsbetrieb gilt der Zustand "Reaktor abgestellt" mit den Betriebsarten 4 und 5. Zum Zeitpunkt der EELB ist die Anlage "Kalt abgestellt und RDB-Deckel geschlossen" (Betriebsart 4). Zum Entladen des Reaktordruckbehälters und Verbringen aller Brennelemente in das Brennelementlagerbecken (BEB) ist die Anlage "Kalt abgestellt, RDB-Deckel geöffnet und Reaktor geflutet" (Betriebsart 5).

Die Etablierung des Technischen Nachbetriebs beinhaltet folgende Massnahmen:

- Entladen des Reaktordruckbehälters (Verbringen der Brennelemente ins BEB)
- Etablieren der autarken redundanten Brennelementlagerbeckenkühlung (Arbek)
- Behandeln und Abtransportieren von Betriebsabfällen
- Abklassieren und Ausserbetriebnehmen der mit der EELB nicht mehr sicherheitsrelevanten bzw. erforderlichen Systeme
- Kennzeichnen der ausser Betrieb genommenen Systeme
- Irreversibles Trennen (elektrisch/mechanisch) nicht mehr benötigter Systeme von den restlichen Betriebssystemen
- Ausführen betrieblicher Tätigkeiten (z.B. Dekontamination)
- Entfernen beweglicher Anlageteile auf RG +29m

Das Entfernen der beweglichen Anlageteile leistet einen wesentlichen Beitrag zur Erfüllung der grundlegenden Schutzziele. Dies bedeutet u.a. Erhöhung der Erdbebensicherheit, Minimierung des Risikos zum Lastabsturz, Reduktion des Aktivitätsinventars, Gewährleistung der Kernbrennstoffintegrität sowie Gewährleistung des Rückwirkungsschutzes.

Autarke redundante Brennelementlagerbeckenkühlung (Arbek)

Voraussetzung für die Gewährleistung der Sicherheit ab der Endgültigen Ausserbetriebnahme (EABN) ist die vorgängige Realisierung des Projekts Arbek (autarke redundante Brennelementlagerbeckenkühlung). Mit Arbek wird die Autarkie der Kühlung des Brennelementlagerbeckens (BEB) erreicht.

Die Teilbereiche und der Umfang von Arbek sind in Abbildung 3-11 veranschaulicht. Siehe hierzu auch Kapitel 10.3.2.

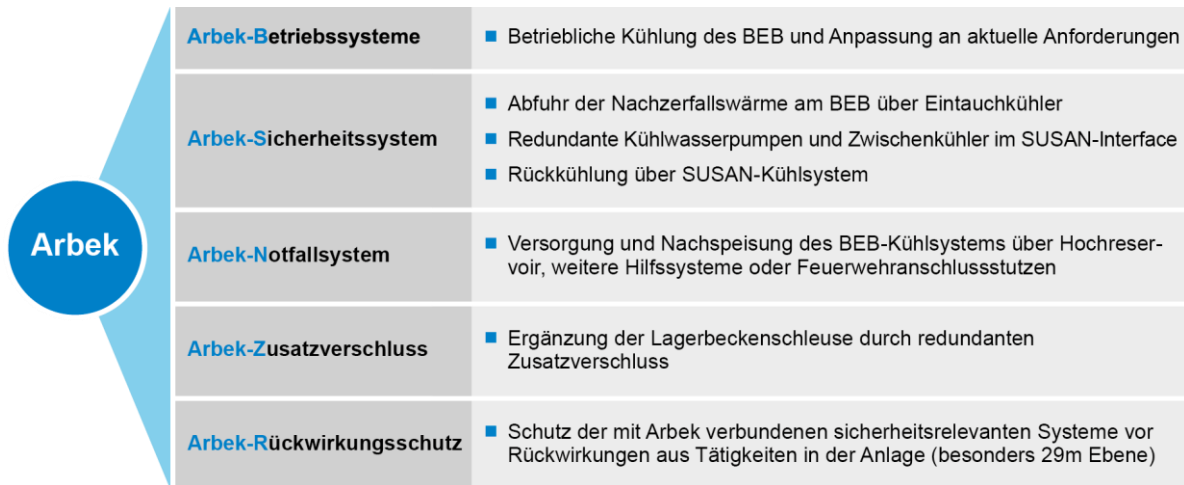


Abbildung 3-11: Arbek-Massnahmen

3.6 Abgabe radioaktiver Stoffe

3.6.1 Anpassung der Abgabelimiten für die Stilllegung von EABN bis Kernbrennstofffreiheit

Für die Stilllegung des KKM werden die Abgabelimiten, insbesondere in Hinblick auf Art. 46 Bst. c KEV [6], neu definiert. Grundlage für die Neubewertung ist sowohl der signifikante radioaktive Zerfall einiger relevanter Nuklide, die zum Zeitpunkt der Endgültigen Ausserbetriebnahme (EABN) nur noch eine vernachlässigbare Radioaktivität aufweisen, als auch die sich im Verlauf der Stilllegung verändernden Parameter zum Aktivitäts- und Freisetzungspotential.

Ab dem Zeitpunkt der EABN werden folgende Limiten zur Abgabe radioaktiver Stoffe zugrunde gelegt:

- Limiten für zulässige Abgaben für das KKM mit der Luft über den Hochkamin:
 - Edelgase, Kurzzeitabgabe $\leq 4 \text{ E}+11 \text{ Bq/d}$
 - Edelgase, Langzeitabgabe $\leq 4 \text{ E}+12 \text{ Bq/a}$
 - Aerosole mit $T_{1/2} > 8\text{d}$ (β, γ Strahler) inkl. Iod, Kurzzeitabgabe $\leq 2 \text{ E}+09 \text{ Bq/w}$
 - Aerosole mit $T_{1/2} > 8\text{d}$ (β, γ Strahler) inkl. Iod, Langzeitabgabe $\leq 2 \text{ E}+10 \text{ Bq/a}$
- Limiten für zulässige Abgaben für das KKM mit dem Abwasser:
 - Langzeitabgabe $\leq 4 \text{ E}+11 \text{ Bq/a}$ (ohne Tritium)
 - Langzeitabgabe $\leq 2 \text{ E}+13 \text{ Bq/a}$ Tritium
 - Aktivitätskonzentration im öffentlich zugänglichen Bereich der Aare \leq Immissionsgrenzwerte nach StSV
- Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des KKM:
 - Ortsdosen \leq Immissionsgrenzwerte nach StSV, Zusätzliche Begrenzung der Ortsdosen, wenn die über sämtliche Expositionspfade akkumulierte Jahresdosis unter Berücksichtigung der Expositionszeit der Direktstrahlung $0,3 \text{ mSv}$ überschreiten würde.

3.6.2 Anpassung der Abgabelimiten für die Stilllegung ab Kernbrennstofffreiheit

Für die Stilllegung des KKM werden mit Erreichen der Kernbrennstofffreiheit folgende Limiten zur Abgabe radioaktiver Stoffe zugrunde gelegt, da ab diesem Zeitpunkt keinerlei radioaktive Inventare an Iod und Edelgasen mehr vorhanden sind:

- Limiten für zulässige Abgaben für das KKM mit der Luft über den Hochkamin:
 - Aerosole mit $T_{1/2} > 8d$ (β, γ Strahler ohne Iod), Kurzzeitabgabe $\leq 2 \text{ E}+09 \text{ Bq/w}$
 - Aerosole mit $T_{1/2} > 8d$ (β, γ Strahler ohne Iod), Langzeitabgabe $\leq 2 \text{ E}+10 \text{ Bq/a}$
- Limiten für zulässige Abgaben für das KKM mit dem Abwasser:
 - Langzeitabgabe $\leq 4 \text{ E}+11 \text{ Bq/a}$ (ohne Tritium)
 - Langzeitabgabe $\leq 2 \text{ E}+13 \text{ Bq/a}$ Tritium
 - Aktivitätskonzentration im öffentlich zugänglichen Bereich der Aare \leq Immissionsgrenzwerte nach StSV
- Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des KKM:
 - Ortsdosen \leq Immissionsgrenzwerte nach StSV, Zusätzliche Begrenzung der Ortsdosen, wenn die über sämtliche Expositionspfade akkumulierte Jahresdosis unter Berücksichtigung der Expositionszeit der Direktstrahlung $0,3 \text{ mSv}$ überschreiten würde.

3.7 Massnahmen zur Überwachung der Immissionen und der Direktstrahlung

Die zu erwartende Direktstrahlung nach der EELB auf dem Areal wird durch eine Verringerung der Ortsdosisleistung (ODL) einerseits (in den Bereichen um das Maschinenhaus, wo Strahlung wegfällt) sowie durch eine Erhöhung der ODL andererseits (in den Bereichen rund um Pufferlager für radioaktive Materialien) gekennzeichnet sein. In den übrigen Bereichen an der Grenze des Areals wird aufgrund der Stilllegungsarbeiten keine relevante Änderung der ODL erwartet.

Die Direktstrahlung ausserhalb des Areals wird gemäss StSV Art. 102 [14] so begrenzt, dass die zulässigen Ortsdosen in Wohn-, Aufenthalts- und Arbeitsräumen 1 mSv pro Jahr und in anderen Bereichen 5 mSv pro Jahr weiterhin unterschritten werden.

Die radiologischen Auswirkungen auf die Umwelt in der Umgebung des KKM werden durch Messungen und Proben im Rahmen eines Umgebungsüberwachungsprogramms erfasst. Die Resultate werden dokumentiert und an die Aufsichtsbehörde gemeldet. Art und Umfang der Immissionsüberwachung sind nach Vorgaben der Aufsichtsbehörde dem durch das Fortschreiten der Stilllegungsarbeiten geänderten Emissionsverhalten anzupassen.

Details zu den Massnahmen zur Umgebungsüberwachung werden in Kapitel 9.5 erläutert.

3.8 Organisation und Personalbedarf

3.8.1 Grundsätzliches zur Organisation

Mit der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) wird für die Stilllegung des KKM eine Aufbauorganisation vorgesehen, die die Anlagesicherheit während des Technischen Nachbetriebs gewährleistet und einen effizienten, raschen und jederzeit sicheren Rückbau des KKM ermöglicht.

Dies bedeutet in erster Linie, dass die Organisation während der Stilllegungsarbeiten entsprechend dem sich reduzierenden Gefährdungspotential angepasst wird. Der Förderung und Weiterentwicklung der Sicherheitskultur wird weiterhin Rechnung getragen. Gemäss der Richtlinie ENSI-G07 [27] treffen der Bewilligungsinhaber (BKW) sowie der Inhaber der Stelle für den technischen Betrieb

(Standortleiter) klare Vorgaben für die Sicherheit und stellen sicher, dass diese kommuniziert, verstanden und eingehalten werden.

Entsprechend nimmt der Standortleiter seine Aufgaben in der Rolle als Leiter des technischen Betriebs wahr und verantwortet die Bildung einer Organisation, die den sicherheitsgerichteten Anforderungen entspricht. Namentlich beinhaltet dies die Schaffung von Organisationseinheiten in geeigneter Grösse mit klaren Verantwortlichkeiten und den nötigen Ressourcen.

Details zur geplanten Organisationsstruktur und den Verantwortlichkeiten, welche die nukleare Sicherheit sowie die Einhaltung der Schutzziele während der Stilllegung sicherstellen, sind in Kapitel 13.2 dargestellt.

3.8.2 Zuverlässigkeit der Antragstellerin und der verantwortlichen Personen

Die BKW hat ihre Zuverlässigkeit mit dem mehr als 40-jährigen, sicheren Betrieb des KKM unter Beweis gestellt. Der Technische Nach- und Rückbaubetrieb sowie die weiteren Stilllegungsarbeiten werden von Personen geleitet und beaufsichtigt, die in der BKW als verantwortliches Personal tätig sind und die erforderliche Fachkunde und Zuverlässigkeit besitzen.

Der Nutzung der Betriebserfahrung und dem Fachkundeerhalt wird Rechnung getragen, indem Erfahrungen aus dem Leistungsbetrieb, aus internationalen Rückbauprojekten, externer Lieferanten sowie aus Erkenntnissen, die in einschlägigen Gremien und Foren ausgetauscht werden, in die Planung der Stilllegung und deren Organisation mit einfließen.

Diese Erfahrungen unterstützen das verantwortliche Personal bei der Berücksichtigung der Rahmenbedingungen, der Abschätzung des Arbeitsaufwands, der Planung der Teilprojekte, der Organisation der Teams und der Steuerung der Arbeitspakete. Sie fördern eine kontinuierliche Prozessverbesserung und steigern die angestrebte Qualität.

Details zur Sicherstellung einer adäquaten Qualifikation des Personals in der Stilllegung werden in Kapitel 13.3 erläutert.

3.9 Angaben zur Kühlwasserversorgung

Nach der EABN setzt sich die Abwärmeleistung (Wärmeeintrag) aus der Nachzerfallswärme aller Brennelemente (600 kW bei einer maximalen Beladung des Brennelementlagerbeckens) sowie des Wärmeaustrags diverser Aggregate (400 kW zum Wärmeaustrag von Gebäudelüftungen und Nebenprozessen) zusammen.

Die maximale Abwärmeleistung ab der EABN beträgt 1 MW.

Die Abwärmeleistung reduziert sich kontinuierlich bis zur Kernbrennstofffreiheit durch die natürliche Abnahme der Nachzerfallswärme der Brennelemente und die sukzessive Verbringung der Brennelemente in eine andere Kernanlage.

Mit der Weiternutzung des noch in Betrieb stehenden Hilfskühlwassersystems wird sich indikativ eine maximale Temperaturerhöhung von ca. 0,5 °C ergeben bei einem veranschlagten Wasserdurchsatz von 0,55 m³/s.

Angaben zur Kühlwasserversorgung werden in detaillierterem Umfang in Kapitel 10.3.6 beschrieben.

4 Rechtsgrundlagen und Betriebsdokumentation

Die BKW übt ihre Tätigkeiten in einem rechtlich korrekten Rahmen und in Kenntnis möglicher rechtlicher Risiken aus. Als Grundlage für das Stilllegungsprojekt dienen u.a. die in den folgenden Kapiteln aufgeführten Gesetze, Verordnungen, Richtlinien, Vorschriften, Normen und Regeln.

Die Auflistung ist nicht abschliessend, nennt aber die für eine Stilllegung wesentlichen Unterlagen.

4.1 Grundlegende Gesetze

732.1	Kernenergiegesetz (KEG)
732.44	Kernenergiehaftpflichtgesetz (KHG)
814.01	Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG)
814.50	Strahlenschutzgesetz (StSG)

4.2 Grundlegende Verordnungen

510.411	Informationsschutzverordnung (ISchV)
732.11	Kernenergieverordnung (KEV)
732.17	Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung (SEFV)
732.33	Notfallschutzverordnung (NFSV)
732.112.1	Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und Sicherungsmassnahmen für Kernanlagen und Kernmaterialien
732.112.2	Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen
732.143.1	Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK)
732.143.2	Verordnung über die Betriebswachen von Kernanlagen (VBWK)
732.143.3	Verordnung über die Personensicherheitsprüfungen im Bereich Kernanlagen (PSPVK)
732.441	Kernenergiehaftpflichtverordnung (KHV)
814.011	Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPV)
814.501	Strahlenschutzverordnung (StSV)
814.501.261	Verordnung über die Ausbildungen und die erlaubten Tätigkeiten im Strahlenschutz
814.557	Verordnung über die ablieferungspflichtigen radioaktiven Abfälle

4.3 Richtlinien für die Anlagesicherheit, Anlagensicherung und den Strahlenschutz

Für das Stilllegungsprojekt sind insbesondere folgende Richtlinien, Empfehlungen und Auslegungsanforderungen für die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats (ENSI), sofern für die Stilllegung zutreffend, zu erwähnen:

ENSI-A01	Anforderungen an die deterministische Störfallanalyse für Kernanlagen
ENSI-A04	Gesuchsunterlagen für freigabepflichtige Änderungen an Kernanlagen
ENSI-A05	Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Qualität und Umfang
ENSI-A06	Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA): Anwendungen
ENSI-A08	Quelltermanalyse: Umfang, Methodik und Randbedingungen
ENSI-B02	Periodische Berichterstattung der Kernanlagen
ENSI-B03	Meldungen der Kernanlagen
ENSI-B04	Freimessung von Materialien und Bereichen aus Kontrollierten Zonen
ENSI-B10	Ausbildung, Wiederholungsschulung und Weiterbildung von Personal
ENSI-B12	Notfallschutz in Kernanlagen
ENSI-B16	Einsatz von Fremdwachen in Kernanlagen
ENSI-G04	Auslegung und Betrieb von Lagern für radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente
ENSI-G07	Organisation von Kernanlagen
ENSI-G09	Betriebsdokumentation
ENSI-G14	Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung aufgrund von Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernanlagen
ENSI-G15	Strahlenschutzziele für Kernanlagen
ENSI-G17	Stilllegung von Kernanlagen
HSK 11/400	Reglement für die Abgabe radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des Kernkraftwerks Mühleberg
HSK-B05	Anforderungen an die Konditionierung radioaktiver Abfälle
HSK-G13	Strahlenschutzmessmittel in Kernanlagen – Konzepte, Anforderungen und Prüfungen
HSK-R07	Richtlinie für den überwachten Bereich der Kernanlagen und des Paul Scherrer Institutes
HSK-R49	Sicherheitstechnische Anforderungen an die Sicherung von Kernanlagen
HSK-R50	Sicherheitstechnische Anforderungen an den Brandschutz in Kernanlagen in Verbindung mit den Brandschutzvorschriften der Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (VKF), der Brandschutznorm und diversen Brandschutzrichtlinien

4.4 Internationale Empfehlungen

- Decommissioning Strategies for Facilities Using Radioactive Material
IAEA Safety Reports Series No. 50
- Decommissioning of Nuclear Power Plants and Research Reactors Safety Guide
IAEA Safety Standards Series No. WS-G-2.1
- Organization and Management for Decommissioning of Large Nuclear Facilities
IAEA Technical Reports Series No. 339
- Release of Sites from Regulatory Control on Termination of Practices Safety Guide
IAEA Safety Standards Series No. WS-G-5.1
- The Management Systems for Facilities and Activities Safety Requirements
IAEA Safety Standards Series No. GS-R-3
- The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection
ICRP Publication 103
- DIN EN ISO, 9001:2008-12 Qualitätsmanagementsysteme, Norm 2008-12
- DIN EN ISO, 14001:2009-11 Umweltmanagementsysteme, Norm 2009-11
- OHSAS, 18001:2007 Arbeits- und Gesundheitsschutz – Managementsysteme – Anforderungen

4.5 Weitere Grundlagen, Normen und Regeln, konventionelles Recht

Darüber hinaus gelten, soweit diese für das Projekt Stilllegung KKM zutreffen, die einschlägigen Normen, Vorschriften und konventionellen Regelwerke und finden entsprechend ihre Anwendung:

- Bundesgesetz über den Schutz vor gefährlichen Stoffen und Zubereitungen (Chemikaliengesetz, ChemG) und mitgeltende Verordnungen
- Bundesgesetz über die Arbeit in Industrie, Gewerbe und Handel (Arbeitsgesetz, ArG)
- Bundesgesetz über die Arbeitsvermittlung und den Personalverleih (Arbeitsvermittlungsgesetz, AVG) und mitgeltende Verordnungen
- Kantonales Gesetz über Gewässerunterhalt und Wasserbau (Wasserbaugesetz, WBG) und mitgeltende Verordnungen
- Übereinkommen über den Zugang zu Informationen, die Öffentlichkeitsbeteiligung an Entscheidungsverfahren und den Zugang zu Gerichten (Aarhus-Konvention)
- Verordnung über den Schutz vor Störfällen (Störfallverordnung StFV)
- Technische Verordnung über Abfälle (TVA)
- Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (SDR)
- Normen des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA)
- Richtlinien der Eidgenössische Koordinationskommission für Arbeitssicherheit (EKAS)
- Richtlinien des Schweizerischen Vereins für technische Inspektionen (SVTI)

4.6 Betriebsdokumentation

4.6.1 Gegenstand und Anforderung an die Dokumentation

Gemäss Vorgabe der Kernenergieverordnung KEV Art. 41 Absatz 1 und Anhang 3 (Betriebsdokumentation) [6] und der Richtlinie ENSI-G09 [28] besteht die Betriebsdokumentation aus organisatorischen und technischen Dokumenten sowie aus Betriebsaufzeichnungen, die bis zum Abschluss der Stilllegung nachgeführt und jeweils dem aktuellen Stand des Rückbaufortschritts angepasst werden müssen. Es muss sichergestellt werden, dass die Dokumentation bis zum Abschluss der Stilllegung sicher aufbewahrt wird. Die genannten gesetzlichen Vorgaben gelten ebenfalls für die Dokumentation gemäss der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK) [11].

In der Stilllegung des KKM gilt die Betriebsdokumentation gemäss der obengenannten Definition für in Betrieb befindliche Systeme (Technischer Nach- und Rückbaubetrieb) in unveränderter Form weiter. Darüber hinaus wird die Betriebsdokumentation um rückbauspezifische Belange ergänzt. Für die Stilllegungsphasen (SP 1 - SP 3), den Technischen Nachbetrieb und den Rückbaubetrieb erfolgt dem Fortschritt der Stilllegungsarbeiten entsprechend zeitnah die redaktionelle Aktualisierung der betroffenen Dokumentation.

4.6.2 Dokumentationskonzept

Das Dokumentationskonzept für das Projekt Stilllegung KKM basiert weitgehend auf der Struktur des Dokumentationskonzepts des KKM aus dem Leistungsbetrieb. Für die Betriebsführung und Organisation im Leistungsbetrieb ist das von der Konzernleitung genehmigte Kraftwerksreglement des KKM verbindlich. Dieses wird für die Stilllegung in das sogenannte Standortreglement überführt, das den sich ändernden Anforderungen angepasst und entsprechend dem Projektfortschritt laufend weiterentwickelt wird. Das Standortreglement ist für die Aufrechterhaltung des Technischen Nachbetriebs, den Rückbaubetrieb und die Organisation in der Stilllegung des KKM verbindlich. Grundsätzlich wird im Dokumentationskonzept zwischen Vorgabe- und Nachweisdokumenten unterschieden.

Unter den Vorgabedokumenten werden u.a. die folgenden Dokumente resp. Dokumentenkategorien verstanden:

- Externe Dokumente (Gesetze, Verordnungen und Behördenvorgaben)
- Übergeordnete Dokumente (Sicherheitsbericht, BKW-Konzernvorgaben)
- Technische Spezifikation
- Standortreglement KKM (Organisation, Betriebsordnung, Strahlenschutzordnung, Notfallordnung usw.)
- Qualitätsmanagementhandbuch (QMH) (Prozessgruppen mit Verfahrensanweisungen)
- Anschlussdokumente (Anweisungen zu Verfahren und Detailanweisungen)

Unter den Nachweisdokumenten werden im Wesentlichen die Dokumente zur Aufzeichnung verstanden, wie zum Beispiel:

- Aufzeichnungen von Betriebsdaten
- Protokolle von Instandhaltung, Inspektion und Strahlenschutz
- Schichtbücher
- Wachjournal
- Schulungs- und Qualifikationsnachweise
- Zeichnungen und Schemata

Für die Stilllegungsarbeiten muss das Dokumentationskonzept bei Bedarf und in Abhängigkeit der jeweiligen Stilllegungsphase den neuen Anforderungen angepasst werden. Die Anforderungen sind im Rahmen der weiteren Planungsarbeiten zu entwickeln und die daraus resultierenden Anpassungen umzusetzen. Diese werden dazu führen, dass Dokumente vollständig bzw. in Teilen redaktionell angepasst, neu erstellt oder ausser Kraft gesetzt werden. Die Anpassungen werden dem ENSI im Rahmen des begleitenden Aufsichtsverfahrens (Freigabeverfahren) eingereicht.

Gemäss Vorgaben der Richtlinie ENSI-B02 [19] wird ab der Stilllegungsphase 1 ein Jahresbericht für die Stilllegung erstellt. Zusätzlich wird dem ENSI quartalsweise ein Fortschrittsbericht über die Stilllegungsarbeiten eingereicht.

4.6.3 Klassifizierung von Dokumenten

Dokumente, die sicherungsrelevante Information enthalten, werden nach den Grundsätzen der Informationsschutzverordnung (ISchV) [5] klassifiziert. Als sicherungsrelevante Informationen gelten Dokumentationsinhalte, deren Bekanntwerden die Sicherheit der Bevölkerung beeinträchtigen kann.

Die Klassifizierung erfolgt bei der Erstellung grundsätzlich in Absprache mit dem Freigebenden und ist in folgende Gruppen unterteilt:

- Klassifizierung "ÖFFENTLICH"
Öffentlich sind z.B. Begleitbriefe von und an Behörden. Es ist keine Kennzeichnung erforderlich.
- Klassifizierung "INTERN"
Grundsätzlich sind alle Dokumente nur für den internen Gebrauch bestimmt. Es ist keine Kennzeichnung erforderlich.
- Klassifizierung "NICHT ÖFFENTLICH"
Diese Kennzeichnung deklariert Dokumente mit sensitivem Inhalt. Eine Kennzeichnung ist je nach Dokumentenart erforderlich.
- Klassifizierung "VERTRAULICH"
Als Vertraulich gelten Dokumente, die nur für denjenigen Personenkreis bestimmt sind, der auf die Kenntnis angewiesen ist zur Erfüllung seiner Aufgaben. Eine Kennzeichnung ist je nach Dokumentenart erforderlich.
- Klassifizierung "GEHEIM"
Als Geheim klassifiziert sind Dokumente, die Geschäftsgeheimnisse enthalten oder die besonderen Geheimhaltungsverpflichtungen unterstehen. Eine Kennzeichnung ist je nach Dokumentenart erforderlich. Als geheim eingestufte Dokumente werden permanent unter Verschluss gehalten und immer mit PERSÖNLICH adressiert.

4.6.4 Lenkung von Dokumenten

Für eine einheitliche und effiziente Lenkung der Dokumente wird ein elektronisches Dokumentenmanagementsystem (DMS) verwendet.

Die Dokumentenlenkung stellt sicher, dass alle geschäftsrelevanten Dokumente in der aktuellen Version rechtzeitig am richtigen Ort verfügbar sind. Der Weg eines Dokuments von der Erstellung, Prüfung, Freigabe, Verteilung bis zur Archivierung wird über die Dokumentenlenkung festgelegt. Im Weiteren werden damit das Revidieren, die Nummerierung und die Kennzeichnung der Dokumente

sowie die Verantwortlichkeiten eindeutig geregelt. Es besteht weiter die Möglichkeit, andere Dokumente über die elektronische Altdatenerfassung ins DMS aufzunehmen.

Im Projekt Stilllegung KKM werden diese Funktionen durch das DMS-Modul des Integrierten Betriebsführungssystems (IBFS) gewährleistet.

4.6.5 Archivierung von Dokumenten

Die Archivierung von Dokumenten erfolgt einerseits über den elektronischen, andererseits über den physischen Weg. Für die elektronische Archivierung ist das oben beschriebene DMS vorgesehen. Handschriftlich unterschriebene Dokumente müssen zusätzlich in Papierform archiviert werden.

5 Betrachtete Varianten der Stilllegung

5.1 Varianten der Stilllegung

5.1.1 Direkter Rückbau / Sicherer Einschluss

Für die Stilllegung einer Kernanlage sind gemäss Kernenergiegesetz KEG [1] und Kernenergieverordnung KEV [6] zwei grundsätzliche, international gültige Varianten möglich:

- Direkter Rückbau nach Beendigung des Leistungsbetriebs
- Sicherer Einschluss für einen längeren Zeitraum mit zeitverzögertem Rückbau

Beim direkten Rückbau wird der sich noch in der Anlage befindende Kernbrennstoff durch Verbringung in eine andere Kernanlage im Nachbetrieb aus der Anlage entfernt. Nach der Endgültigen Ausserbetriebnahme (EABN) der Anlage beginnen die Rückbautätigkeiten. Dabei wird das gesamte radioaktive Material aus der Anlage entfernt, konditioniert und einer Zwischen- bzw. Abklinglagerung oder direkt einem geologischen Tiefenlager zugeführt. Mit der Feststellung, dass die Anlage keine radiologische Gefahrenquelle mehr darstellt und dass keine Ereignisse auftreten, die eine erhöhte Radioaktivität in der Umwelt bewirken können, endet der direkte Rückbau. Je nach Vorgehen werden Bauten ohne kontaminierte oder aktivierte Bauteile nach deren radiologischer Freigabe in einem konventionellen, separaten Verfahren abgerissen und entsorgt.

Beim sicheren Einschluss wird der Kernbrennstoff ebenfalls durch Verbringung in eine andere Kernanlage aus der Anlage entfernt. Nach der EABN der Anlage beginnen die Einschlusstätigkeiten. Hierbei können der Reaktordruckbehälter, das Reaktorgebäude oder die gesamte Kontrollierte Zone in einen sicheren Einschluss überführt werden. Rückbau und Abriss der Kernanlage erfolgen zu einem späteren Zeitpunkt. Während des Einschlusses wird die Kernanlage – unter Berücksichtigung aller Sicherheitsanforderungen – in einen so weit wie möglich wartungsminimalen Zustand versetzt. Der grösste Teil der Kernanlage bleibt, mit dem dafür nötigen Personal, im überwachten Zustand. Der Einschluss kann wenige Jahre oder auch bis über 50 Jahre dauern. Die Dauer des sicheren Einschlusses wird u.a. vom Zerfall von Radionukliden mit Halbwertszeit ≤ 10 Jahren während des Einschlusses bestimmt.

5.1.2 Auswahl und Begründung für das KKM

Technisch betrachtet sind für die BKW beide Stilllegungsvarianten denkbar. Die BKW hat sich aufgrund folgender Überlegungen für den direkten Rückbau des KKM entschieden:

- Hohe Akzeptanz in der Gesellschaft durch rasche Beseitigung der Anlage
- Nutzen des vorhandenen Know-hows, Verfügbarkeit von Eigenpersonal für Planung und Durchführung
- Personalperspektiven durch kontinuierliche Beschäftigungsmöglichkeiten
- Ausreichende Verfügbarkeit nuklearer Dienstleister
- Solide Kalkulierbarkeit der Kosten durch zeitnahen Start des Rückbaus
- Bevorzugte Variante auf Seiten der Behörden (ENSI-G17 [30])

Bezüglich des Strahlenschutzes hat der sichere Einschluss aus heutiger Sicht an Bedeutung verloren. Die Fortschritte bei Dekontaminationstechniken und beim (fernbedienten) Rückbau von Einrichtungen führen dazu, dass der sichere Einschluss nur für eine Dauer > 50 Jahren Vorteile gegenüber dem direkten Rückbau bietet.

Eine Gegenüberstellung verschiedener Varianten der Phasen im Rahmen des direkten Rückbaus werden in den Ausführungen zum Phasenkonzept diskutiert (s. Kapitel 3.3.1).

5.2 Stilllegungsziel und erwarteter Endzustand

5.2.1 Stilllegungsziel

Der mit diesem Hauptbericht beschriebene Umfang des Stilllegungsprojekts endet mit der Feststellung, dass die Anlage keine radiologische Gefahrenquelle mehr darstellt und dass keine Ereignisse auftreten, die eine erhöhte Radioaktivität in der Umwelt bewirken können.

5.2.2 Erwarteter Endzustand

Mit den Stilllegungsarbeiten in den Räumen bzw. Raumbereichen der Kontrollierten Zone, ausserhalb der Kontrollierten Zone und auf dem Kraftwerksareal ändert sich das äussere Erscheinungsbild des KKM nur unmerklich. Im Wesentlichen werden die verbleibenden Anlageteile und inneren Gebäudestrukturen radiologisch freigemessen. Ausserhalb der Gebäude der Kontrollierten Zone ist der Abbauumfang, der erforderlich ist, um die verbleibenden Einrichtungen radiologisch freimessen zu können, wesentlich geringer. Die verbleibenden Gebäude der Kontrollierten Zone – insbesondere das Reaktorgebäude, das Maschinenhaus, das Maschinenhaus Süd, das Aufbereitungsgebäude, das Zwischenlager für radioaktive Abfälle und der Hochkamin – nehmen mit Abschluss der Stilllegungsarbeiten im Rahmen des ersten Verfahrens überwiegend den Zustand eines Rohbaus an.

Somit kann das Areal inklusive der ausgezonten Gebäude der ehemaligen Kontrollierten Zone als Industriebrache betrachtet werden.

Die verbleibenden Gebäude ausserhalb der Kontrollierten Zone – wie z.B. das Mehrzweckgebäude, das Personalrestaurant, das Verwaltungsgebäude, das Betriebsgebäude, das Betriebsgebäude Nord, die Werkstatt und das Lager – werden in reduziertem Umfang weiter betrieben. Das SUSAN-Gebäude, das Pumpenhaus und die Hallen RA/TA nehmen mit Abschluss ihrer Auszonung ebenfalls weitestgehend den Zustand eines Rohbaus an.

6 Planung und Ablauf der Stilllegung

Der Ablauf der Stilllegung wird so strukturiert, dass die Stilllegungsarbeiten unter Berücksichtigung der Schutzziele rückwirkungsfrei auf die sicherheitsrelevanten Systeme ausgeführt werden. Zur Planung und Durchführung werden die Stilllegungsarbeiten aufeinander abgestimmt.

6.1 Rahmenbedingungen und Planungsgrundsätze

6.1.1 Allgemeine Rahmenbedingungen

Notwendige Systeme zur Erfüllung der grundlegenden Schutzziele (gemäss Art. 2 der Verordnung des UVEK vom 17. Juni 2009 [10]) werden bei den Stilllegungsarbeiten über alle drei Stilllegungsphasen betrieben. Die obsolet gewordenen Systeme sind ausser Betrieb zu nehmen und von den in Betrieb bleibenden Systemen zu trennen. Dies erfolgt unter Beachtung spezieller Schutzmassnahmen (u.a. Einhausungen, Kennzeichnungen, Sicherstellung des ungestörten Betriebs, Koordination mit anderen Gewerken). Die Gewährleistung des Rückwirkungsschutzes auf sicherheitsrelevante Systeme hat hierbei oberste Priorität.

Bei der Ausserbetriebnahme von obsoleten Systemen erfolgt eine irreversible Entkopplung der betroffenen Einrichtungen durch mechanische und bzw. oder elektrische Trennung (Systemschnittstelle) eines abgesicherten oder stillgesetzten Systems von den restlichen in Betrieb befindlichen Einrichtungen. Eine Wiederinbetriebnahme dieser Einrichtungen ist grundsätzlich nicht mehr vorgesehen. Im Integrierten Betriebsführungssystem (IBFS) des KKM werden die Schritte zur Ausserbetriebnahme nachgeführt bis zur Entfernung bzw. Löschung der betroffenen Einrichtungen nach der Demontage.

Vor Ort erfolgt eine eindeutige Kennzeichnung der ausser Betrieb genommenen Einrichtung einschliesslich der bei der Ausserbetriebnahme (ABN) hergestellten Systemschnittstellen.

Die Anforderungen an die Systemschnittstellen richten sich nach der Sicherheitsrelevanz (Sicherheitsklassierung) und nach den Anforderungen der verbleibenden Technischen Nach- und Rückbaubetriebssysteme (Betriebsparameter wie z.B. Druck und Temperatur).

Vor oder begleitend zur Durchführung von Rückbaumassnahmen werden an Einrichtungen Dekontaminationsmassnahmen zur Reduzierung der Ortsdosisleistung, zur Minimierung der Strahlenexposition des Demontagepersonals sowie zur Vermeidung einer Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Raumluft durchgeführt.

Da sich in den Raumbereichen der Kontrollierten Zone, in denen Einrichtungen abgebaut werden sollen, überwiegend ausser Betrieb genommene Systeme befinden, sind besondere sicherheitsrelevante Aspekte bezüglich möglicher Rückwirkungen auf den Technischen Nach- und Rückbaubetrieb nicht mehr zu unterstellen. In den Fällen, in denen sich in den Räumen bzw. Raumbereichen noch in Betrieb befindliche Systeme oder Komponenten befinden, für die Schutzmassnahmen erforderlich sind, werden diese im Arbeitsauftragsverfahren festgelegt. Der Rückwirkungsschutz der Rückbaumassnahmen auf den Technischen Nach- und Rückbaubetrieb wird mit der Umsetzung dieser Schutzmassnahmen in ausreichendem Umfang sichergestellt.

6.1.2 Planungsgrundsätze

Bei der Planung der Rückbaumassnahmen werden folgende allgemeine Grundsätze beachtet:

- Rückbaumassnahmen werden so durchgeführt, dass sie sich nicht gegenseitig erschweren oder sogar verhindern und rückwirkungsfrei auf den Technischen Nach- und Rückbaubetrieb sind.
- Die Rückbaumassnahmen werden vorzugsweise raumbereichs- bzw. raumweise durchgeführt.
- Vorhandene Hot-Spots werden zur Reduzierung der Ortsdosisleistung und damit Minimierung der Dosis des Demontagepersonals, soweit technisch und unter vertretbarem Aufwand machbar, zuerst entfernt oder abgeschirmt.
- Zur Reduzierung von Brandlasten werden, soweit technisch und unter vertretbarem Aufwand machbar, vor Beginn des Rückbaus verfahrenstechnischer Einrichtungen, nicht mehr benötigte Kabel und Leitungen der Elektrotechnik, nach deren ABN, in den betroffenen Räumen bzw. Raumbereichen entfernt.
- Zur Vermeidung von Querkontamination und Kontaminationsverschleppung werden Einrichtungen mit geringer Kontamination bevorzugt vor stärker kontaminierten Einrichtungen abgebaut (z.B. Elektromotoren, Stellantriebe, Steuerschränke).
- Einrichtungen mit identischer radiologischer Bewertung werden nach Möglichkeit zusammenhängend demontiert und nach Nuklidvektor und Materialart sortiert.
- Grosse Einzelkomponenten werden in möglichst grossen Teilen demontiert und entsprechend den Vorgaben der Logistik an festgelegten Übergabestellen zur weiteren Bearbeitung übergeben oder auf ausgewiesenen Pufferflächen zur zwischenzeitlichen Lagerung abgestellt.

6.2 Projektstruktur

Die erfolgreiche Abwicklung eines Rückbauprojekts erfordert eine strukturierte Projekt- und Kostenplanung. Diese Struktur bildet die Grundlage für die nachgelagerte Projektsteuerung, die Berichterstattung und ein effektives Controlling. Die Projektstruktur verbindet die Organisation, den Ablauf und die Kostenstruktur des Projekts. Die in Abbildung 6-1 abstrakt dargestellte Projektstruktur zeigt die wesentlichen Elemente des Projekts und deren Beziehungen zueinander.

Bereich	Aufgabenbereich Anwendungszweck	Gliederungsebenen (GE)
A	Standardisierte Gliederungsebenen	GE 1: Phasen
		GE 2: Funktionale Pakete
		GE 3: Technische Projekte und betriebliche Organisationseinheiten
B	Anlagespezifische Planung	GE 4: Anlagespezifische Projekte oder Organisationseinheiten
		GE 5: Gewerke
C	Projektplanung Dokumentation	GE 6: Vorgang
		GE 7: Teilvorgang
		GE 8: Arbeitsschritt

Abbildung 6-1: Gliederungsebenen Projektstruktur Stilllegung KKM

Die Stilllegungsarbeiten sind auf allen Gliederungsebenen der Projektstruktur in unterschiedlicher Detaillierung abgebildet. Die Projektstruktur umfasst drei wichtige Bereiche, die ihrerseits in acht Gliederungsebenen unterteilt sind.

– **Bereich A - Standardisierte Gliederungsebenen (GE)**

Dieser Bereich umfasst die ersten drei Gliederungsebenen: Phasen, Funktionale Pakete sowie Technische Projekte und betriebliche Organisationseinheiten, die in konzeptioneller Weise beschrieben sind.

GE 1: Phasen dienen der eindeutigen Zuordnung

- der Leistungen zur Etablierung und Aufrechterhaltung des Technischen Nachbetriebs
- der Stilllegungsarbeiten und des Rückbaubetriebs

GE 2: Funktionale Pakete dienen der Abgrenzung von Inhalten bezogen auf deren Aufgabenstellungen in übergeordneter Weise wie z.B. Demontage Einrichtungen Kontrollierte Zone, Dekontamination und Freigabe der Gebäude, Materialbehandlung usw.

GE 3: Technische Projekte und betriebliche Organisationseinheiten dienen ebenfalls der Abgrenzung von Inhalten bezogen auf deren Aufgabenstellungen in übergeordneter Weise, wie z.B. der Einbindung der Organisationseinheiten des KKM im Technischen Nach- und Rückbaubetrieb und allgemeine betriebliche Aufgaben.

– **Bereich B - Anlagespezifische Planung**

Der Bereich B umfasst zwei Gliederungsebenen.

GE 4: Hier werden in einem ersten Detaillierungsgrad die übergeordneten Elemente der GE 3 konkretisiert. Behandelt werden anlagespezifische Rahmenbedingungen, z.B. die Aufteilung der Demontage der Kontrollierten Zone in die entsprechenden Gebäude und deren Ebenen oder in nennenswerte Einzelprojekte. In dieser Ebene wird auch der Technische Nach- und Rückbaubetrieb mit seinen Tätigkeiten in erster Detaillierung spezifiziert.

GE 5: Während die GE 1 bis 4 Aggregationsebenen darstellen, erfolgt ab der GE 5 die zweite Detaillierung technischer Aspekte in Gewerken. Es werden Gewerke z.B. zur Demontage von Einrichtungen in Gebäuden bzw. Gebäudeebenen der Kontrollierten Zone genauer beschrieben (Demontagepfade). Ebenso wird die Materialbehandlung detailliert dargestellt.

– **Bereich C - Projektplanung, Dokumentation**

Im Bereich C findet nun im dritten Detaillierungsschritt (Detail- und Ausführungsplanung) die Untergliederung der Gewerke (GE 5) in Vorgänge (GE 6), Teilvorgänge (GE 7) und Arbeitsschritte (GE 8) statt. Diese Ebene ist die Grundlage für die Projektsteuerung, Kosten- und Ressourcenplanung.

6.3 Ausführung

6.3.1 Ausführungsplanung

Im Rahmen der Ausführungsplanung werden Unterlagen erstellt, die entsprechend ihrer Zuordnung die erforderlichen Informationen zur Detaillierung der Stilllegungsarbeiten enthalten. In der jeweiligen Ausführungsplanung wird die Vorgehensweise konkretisiert und die für das Rückbauvorhaben jeweils erforderlichen Massnahmen festgelegt. Bei der Ausführungsplanung werden

- Strahlenschutz
- Brandschutz
- Arbeitssicherheit, Unfallverhütung und Gesundheitsschutz
- Umweltschutz

berücksichtigt, um entsprechende Massnahmen festlegen zu können. Die Planung der Strahlenschutzmassnahmen für ein Rückbauvorhaben erfolgt gemäss den Vorgaben des Standortreglements auf Basis der Strahlenschutzverordnung. Das Vorgehen für die Planung, Erlaubnis, Überwachung und Dokumentation von Rückbaumassnahmen wird im Standortreglement ergänzt bzw. festgelegt.

Die Rückbaumassnahmen in einem Gebäude der Kontrollierten Zone werden mit einer Projektstruktur zeitlich bzw. logistisch gegliedert. Eine Rückbaumassnahme kann z.B. den Rückbau des Drywell mit den darin befindlichen Einrichtungen oder einer Gebäudeebene umfassen.

Freigabepflichtige Stilllegungsarbeiten werden im Rahmen des Aufsichtsverfahrens gemäss Art. 47 KEV [6] dem ENSI vorgelegt.

Die Durchführung der Stilllegungsarbeiten erfolgt entsprechend dem Arbeitsauftragsverfahren mit "Arbeitsaufträgen".

6.3.2 Hilfseinrichtungen für den Rückbau von Einrichtungen

Für den Rückbau von Einrichtungen des KKM ist sowohl die Nutzung von bestehenden als auch von neu zu beschaffenden Hilfseinrichtungen vorgesehen. Die für den Rückbau von Einrichtungen vorgesehenen Hilfseinrichtungen werden im Bedarfsfall hinsichtlich einer gegebenen sicherheitstechnischen und/oder strahlenschutztechnischen Bedeutung auf Grundlage der bestehenden Normen, Richtlinien und Regelwerke anforderungsgerecht ausgelegt. Die Anforderungen an die jeweiligen Hilfseinrichtungen werden in Form einer "Anforderungsspezifikation für Hilfseinrichtungen im Rückbau von Einrichtungen des KKM" beschrieben.

Zu diesen Hilfseinrichtungen gehören u.a. auch:

- Mobile, abreinigbare Abluftanlagen mit entsprechender Filterbestückung
- Industriesauger mit entsprechender Zulassung für gesundheitsgefährdende Stäube
- Mobile Hebezeuge und Ausbauhilfen

Die Anforderungen an die Hilfseinrichtungen für den Rückbau des Reaktordruckbehälters (RDB) und der RDB-Einbauten werden in Form einer weiteren "Anforderungsspezifikation für Hilfseinrichtungen im Rückbau des Reaktordruckbehälters (RDB) und der RDB-Einbauten" beschrieben.

Zu diesen Hilfseinrichtungen gehören u.a. auch:

- Fernhantierbare Handhabungs- und Trenneinrichtungen
- Handhabungs- und Trenneinrichtungen für den Einsatz unter Wasser

6.3.3 Voraussetzungen für die Durchführung

Folgende Voraussetzungen sind zur Durchführung des Rückbaus von Einrichtungen im KKM in einem Raum/Raubereich zu erfüllen:

- Dauerhaft ausser Betrieb genommene verfahrens-, elektro- und leittechnische Einrichtungen sind als rückzubauende Einrichtungen eindeutig gekennzeichnet.
- Nicht mehr benötigte sonstige Einrichtungen wie z.B. Stahlbau oder Fundamente sind als rückzubauende Einrichtungen eindeutig gekennzeichnet.
- Weiter in Betrieb oder Betriebsbereitschaft bleibende Systeme/Teilsysteme sind gekennzeichnet.
- Weiter in Betrieb oder Betriebsbereitschaft bleibende Systeme/Teilsysteme werden soweit erforderlich geschützt.
- Soweit erforderlich sind die für den Rückbau vorgesehenen Einrichtungen mit demontage-spezifischen Kennzeichnungen und/oder Kennzeichnungen für die Materialbehandlung versehen.

Zur Feststellung, dass die Voraussetzungen für die Durchführung des Rückbaus von Einrichtungen in den jeweiligen Räumen bzw. Raumbereichen erfüllt sind, wird eine Begehung des Raums bzw. des Raumbereichs durchgeführt. Sofern noch in Betrieb befindliche Einrichtungen vorhanden und hierfür besondere Schutzmassnahmen zu treffen sind, werden die erforderlichen Massnahmen vor Ort festgelegt.

Nach Umsetzung bzw. Abschluss der zu treffenden Schutzmassnahmen wird für den jeweiligen Raum/Raubereich das Ergebnis protokolliert und die geplante Rückbaumassnahme wird über den entsprechenden Prozess des Arbeitsauftragsverfahrens eingeleitet.

6.3.4 Festlegung der freigabepflichtigen Tätigkeiten

6.3.4.1 Einzelfreigaben Sicherheitssysteme

Veränderungen im Technischen Nach- und Rückbaubetrieb mit Auswirkungen auf die Schutzziele werden entsprechend der Richtlinie Gesuchsunterlagen für freigabepflichtige Änderungen an Kernanlagen ENSI-A04 [18] und dem Anlageänderungsverfahren des Standortreglements durchgeführt.

Die Richtlinie ENSI-A04 [18] regelt ausgehend von Art. 40 und Anhang 4 der Kernenergieverordnung (KEV) [6] Art, Inhalt, Darstellung und Anzahl der vorzulegenden Gesuchsunterlagen. Als freigabepflichtige Änderungen im Sinn von Art. 40 Abs. 1 Bst. a KEV [6] gelten alle Massnahmen, welche die Funktion oder die Eigenschaften von Ausrüstungen, Systemen und Strukturen der Sicherheitssysteme derart verändern, dass sie von der gültigen Auslegungsbasis abweichen. Ausgenommen von dieser Bestimmung in Art. 40 KEV [6] ist der Bereich der Sicherung.

Als nicht wesentliche freigabepflichtige Änderungen gelten in diesem Zusammenhang insbesondere:

- Änderungen an sicherheits- oder sicherungstechnisch klassierten Bauwerken, Anlageteilen, Systemen und Ausrüstungen sowie an Einrichtungen mit sicherheits- oder sicherungstechnischer Bedeutung, sofern dabei bestehende Sicherheits- und Sicherungsfunktionen erhalten bleiben oder verbessert werden.
- Inhaltliche Änderungen (redaktionelle Aktualisierungen in Folge des Rückbaus von Einrichtungen) an den folgenden Dokumenten:
 - Standortreglement, Notfallreglement, Strahlenschutzreglement
 - Technische Spezifikation
 - Vorschriften und Weisungen im Sicherungsbereich

6.3.4.2 Phasenfreigaben

Gestützt auf ENSI-G17 Kapitel 5.5 [30] werden insbesondere zur Freigabe der Stilllegungsphasen 1 bis 3 (SP 1 bis SP 3) im Aufsichtsverfahren folgende Unterlagen und weitere Inhalte eingereicht:

- Geplante Stilllegungsarbeiten inklusive Ablaufplan
- Aktualisierter Sicherheitsbericht
- Betriebsplan für die Aufrechterhaltung der notwendigen Infrastruktur
- Verfahren zur Arbeitsfreigabe und Arbeitsüberwachung
- Vorgehen zur Inaktiv-Freimessung der anfallenden Materialien
- Entsorgung der anfallenden radioaktiven Abfälle
- Detaillierte Strahlenschutzplanung
- Aktualisiertes Programm zur Berücksichtigung der menschlichen und organisatorischen Faktoren
- Darlegung der Gestaltung von Arbeitsplätzen, -mitteln und -abläufen

Innerhalb dieser Unterlagen sind auch die nach KEV Art. 47 [6] als freigabepflichtig eingestuften Massnahmen und Tätigkeiten beschrieben:

- Vorgehen zur Inaktiv-Freimessung der anfallenden Materialien
- Konditionieren der anfallenden radioaktiven Abfälle
- Abbrechen von Gebäuden nach deren Dekontamination und Inaktiv-Freimessung
- Nichtnukleares Weiternutzen von Anlageteilen vor Abschluss der Stilllegung
- Aufheben von Sicherungsmassnahmen
- Demontieren des Reaktordruckbehälters und der ihn umgebenden Gebäudeteile

7 Arbeitsschritte der Stilllegung

Die Haupttätigkeiten der Stilllegung sind die Planung, nachgelagert der Technische Nach- und Rückbaubetrieb, die Demontearbeiten sowie die Materialbehandlung und Entsorgung. Technischer Nach- und Rückbaubetrieb folgen der Betriebslogik, während Demontearbeiten in Rückbauteilprojekten abgewickelt werden und dementsprechend einer Projektlogik folgen. Die Materialbehandlung gleicht einem "Industriebetrieb", mit dem Ziel, den Massendurchsatz in einem qualitätsgesicherten Arbeitsmodus zur Steigerung des Dekontaminationserfolgs zu optimieren. Um der Komplexität der Haupttätigkeiten Rechnung zu tragen, sind die Arbeitsschritte der Stilllegung gemäss Kapitel 6.2 in Funktionalen Paketen zusammengefasst. Diese werden in Kapitel 7.2 definiert.

7.1 Zeitliche Planung der Stilllegungsarbeiten (Rahmenterminplan)

Der hier vorliegende Rahmenterminplan (s. Abbildung 7-1) stellt in einer aggregierten Form den Zeitplan des Projekts Stilllegung KKM dar. Dieser basiert auf dem zum heutigen Zeitpunkt vorliegenden Planungsstand. Entsprechend können sich bei der weiteren Detaillierung der Planung Änderungen im zeitlichen Ablauf ergeben.

Der Rahmenterminplan ist horizontal in zwei Ebenen gegliedert:

- Phasenverlauf Projekt Stilllegung KKM
- Darstellung der Funktionalen Pakete

Die Darstellung des Phasenverlaufs beginnt Anfang 2019 im laufenden Leistungsbetrieb, welcher voraussichtlich bis Ende 2019 fortgeführt und mit der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) abgeschlossen wird. Mit der EELB beginnt die Etablierung des Technischen Nachbetriebs (Anlagestatus A). Parallel dazu werden Vorbereitende Massnahmen zur Stilllegung durchgeführt. Die Etablierung des Technischen Nachbetriebs endet mit der Endgültigen Ausserbetriebnahme (EABN). Mit der EABN beginnt die Aufrechterhaltung des Technischen Nachbetriebs (Anlagestatus B) und es werden Arbeiten unter Stilllegungsverfügung durchgeführt. Der Technische Nachbetrieb endet mit Kernbrennstofffreiheit. Der anschliessende Rückbaubetrieb endet mit der Erreichung des Stilllegungsziels. Der Rückbaubetrieb umfasst den Anlagestatus C, der bis zur Auszonung der Kontrollierten Zone aufrechterhalten wird, und den Anlagestatus D, der nach der Auszonung der Kontrollierten Zone bis zur Erreichung des Stilllegungsziels gilt.

Die grafische Darstellung der Funktionalen Pakete zeigt den Ablauf der Stilllegung bis zum Stilllegungsziel und den zeitlichen Ablauf der Funktionalen Pakete (FP01 bis FP10).

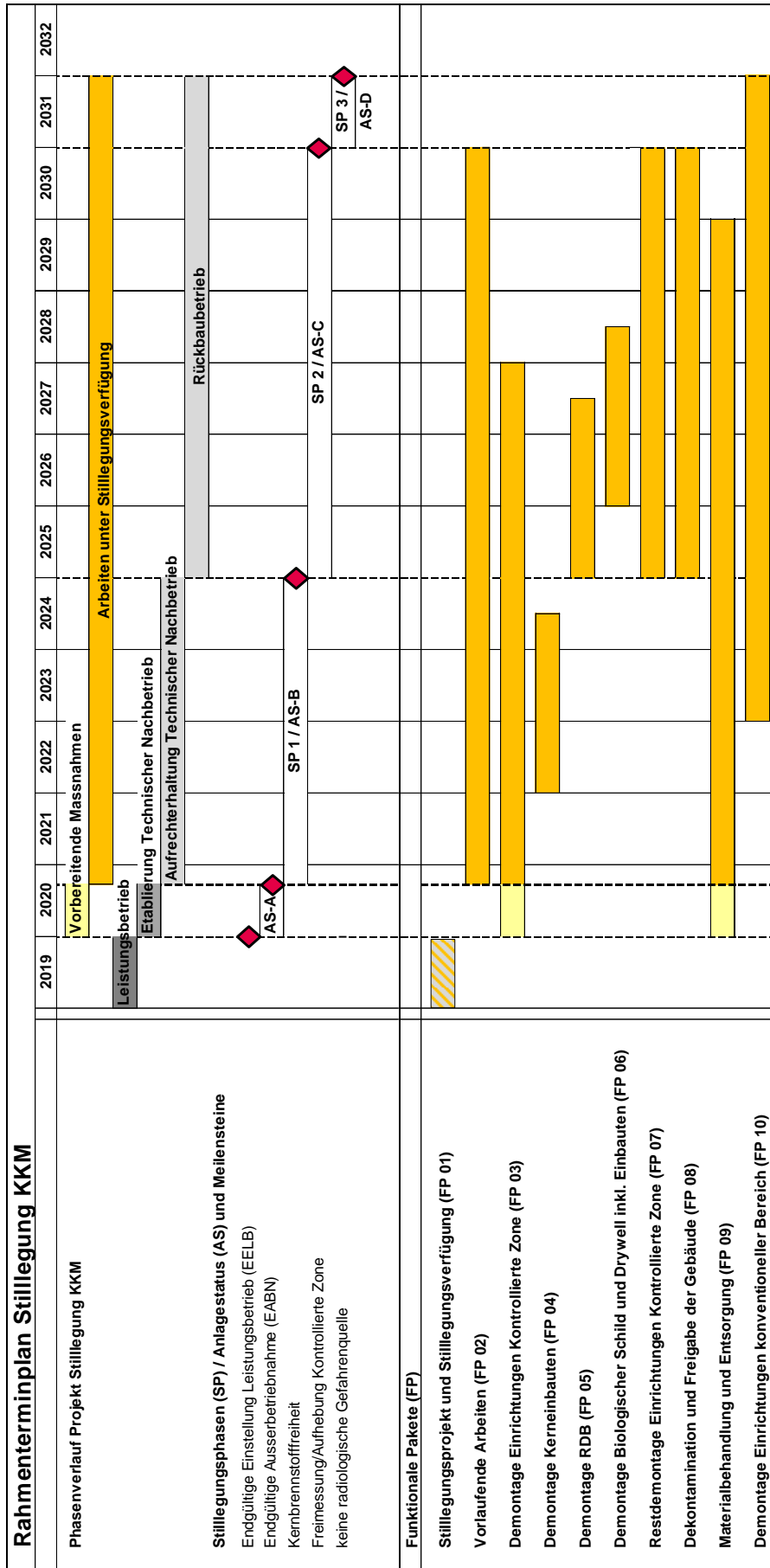


Abbildung 7-1: Rahmenterminplan Stilllegung KKM

7.2 Funktionale Pakete der Stilllegung

Für die Gesamtheit der Massnahmen, die im Rahmen der Stilllegung des KKM durchzuführen sind, wurden die folgenden Funktionalen Pakete definiert:

- FP 01: Stilllegungsprojekt und Stilllegungsverfügung
- FP 02: Vorlaufende Arbeiten
- FP 03: Demontage Einrichtungen Kontrollierte Zone
- FP 04: Demontage Kerneinbauten
- FP 05: Demontage Reaktordruckbehälter (RDB)
- FP 06: Demontage Biologischer Schild und Drywell inkl. Einbauten
- FP 07: Restdemontage Einrichtungen Kontrollierte Zone
- FP 08: Dekontamination und Freigabe der Gebäude
- FP 09: Materialbehandlung und Entsorgung
- FP 10: Demontage Einrichtungen konventioneller Bereich

Die Inhalte der Funktionalen Pakete werden nachfolgend erläutert.

7.2.1 Stilllegungsprojekt und Stilllegungsverfügung (FP 01)

Für die Stilllegung des KKM ist der zuständigen Aufsichtsbehörde innerhalb einer festgesetzten Frist die Beschreibung des Stilllegungsprojekts vorzulegen. In diesem Paket werden die wesentlichen Grundlagen für das Stilllegungsprojekt beschrieben.

Die Beschreibung der Inhalte des Stilllegungsprojekts erfolgt unter den heute anzunehmenden Rahmenbedingungen und massgeblichen Prämissen. Bei einer Veränderung dieser Rahmenbedingungen oder Prämissen können sich Termine, Kosten, Ressourcen, Technologien, die Abbaureihenfolge, Mengen- und Massengerüste sowie die Logistik ändern.

Die Planungsarbeiten für die Erstellung des Stilllegungsprojekts und das Erwirken der Stilllegungsverfügung sind im FP 01 berücksichtigt.

7.2.2 Vorlaufende Arbeiten (FP 02)

Für die Durchführung von Stilllegungsarbeiten sind am Standort diverse Änderungen/Anpassungen der Infrastruktur nötig. Diese erstrecken sich über den gesamten Projektverlauf und werden als Vorlaufende Arbeiten bezeichnet. Im Wesentlichen handelt es sich um:

- Systemtechnische Anpassungen und Ersatzsysteme
z.B. Brandschutz, Lüftung, Abwasser, Hebezeuge, Transportmittel
- Modifizieren und Neuerrichten von Infrastruktur
z.B. Druckluft, Baustromversorgung
- Bauliche Anpassungen und Umbauten
z.B. Schaffung und / oder Vergrösserung von Durchgängen, Transportöffnungen und -wegen, Schaffung von Puffer- und Lagerflächen
- Errichten und Betreiben von ortsfesten Einrichtungen für die Stilllegungsarbeiten
z.B. Beschaffung von Einrichtungen zur Zerlegung / Dekontamination

- Nutzen von bezeichneten Gebäuden zur Lagerung von radioaktiven und von nicht radioaktiven Stoffen einschliesslich der Durchführung der hierfür vorgesehenen technischen und baulichen Massnahmen insbesondere in Maschinenhaus (MH), Reaktorgebäude (RG), Aufbereitungsgebäude (AG), Betriebsgebäude (BG), Lagergebäude (HL), Werkstattgebäude (WS)

Während der Stilllegung erfolgen die Behandlung anfallender Materialien, die Konditionierung radioaktiver Abfälle und deren Pufferung (Materialien und radioaktive Abfälle) zu einem Grossteil in den Gebäuden der Kontrollierten Zone wie z.B. Maschinenhaus (MH) und Maschinenhaus Anbau Süd, Aufbereitungsgebäude (AG) und Reaktorgebäude (RG). Aus diesem Grund werden z.B. im Maschinenhaus anstelle der nicht mehr benötigten Systeme und Komponenten Einrichtungen für die Behandlung von Materialien und gegebenenfalls die Konditionierung von radioaktiven Abfällen eingerichtet. Die nötigen Arbeitsflächen für diese Behandlungseinrichtungen, Pufferflächen und Transportwege werden im Rahmen der Vorbereitenden Massnahmen in den geeigneten Raumbereichen des Maschinenhauses geschaffen.

Die Stromversorgung dieser Behandlungseinrichtungen sowie von Demontagebaustellen wird über Baustromversorgungen sichergestellt. Der nach der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) nötige Strombedarf wird über die angepasste Eigenbedarfsversorgung gedeckt. Erforderliche Umschlüsse erfolgen zu geeigneten Zeitpunkten.

Im Vorfeld können auch erforderliche Lüftungstechnische Massnahmen in der Kontrollierten Zone durchgeführt werden. Demontagebaustellen und Einrichtungen sind meist mit einer mobilen Abluftfilterung nach gültigem Regelwerk ausgestattet. Anforderungsgemäss geben mobile Abluftfilter ihre Abluft entweder in die Raumluft ab oder sind an vorhandene Abluftkanäle angeschlossen.

7.2.3 Demontage Einrichtungen Kontrollierte Zone (FP 03)

Im Funktionalen Paket 03 werden die Demontearbeiten in der Kontrollierten Zone dargestellt. Der Demontage der Kerneinbauten, des Reaktordruckbehälters (RDB) und des Biologischen Schilts mit Drywell wird auf Grund ihrer zentralen Bedeutung jeweils ein eigenes Funktionales Paket gewidmet.

Bei den Stilllegungsarbeiten fallen in der Kontrollierten Zone aktivierte und kontaminierte Stoffe, bewegliche Gegenstände, Einrichtungen und Komponenten an, die als radioaktive Materialien bezeichnet werden. Dementsprechend werden bereits bei der Planung der Massnahmen die Erkenntnisse der Anlagencharakterisierung, des Strahlenschutzes und der Arbeitssicherheit mit einbezogen. Für die bei den Massnahmen anfallenden Materialien und radioaktiven Abfälle wird zeitgleich die Entsorgung geplant.

Dem ALARA-Prinzip (As Low As Reasonably Achievable) folgend, werden Strahlenquellen wenn möglich nach abnehmender Stärke demontiert ("von heiss nach kalt"). Zur Minimierung der Gefahr einer Kontaminationsverschleppung hat sich die systematische Demontage und Dekontamination von Gebäuden "von oben nach unten" bewährt. Beschleunigend wirkt sich eine "raumweise Demontage" aus, da unnötige Rüstzeiten entfallen. Raumweise Demontage bedeutet, dass aus jedem Raum nach Freigabe der Demontearbeiten alle Einrichtungen und Systeme in einem Zug demontiert werden. Die Anwendbarkeit und Umsetzung dieser Systematiken wird in jedem Einzelfall überprüft und das sicherste und sinnvollste Vorgehen gewählt.

7.2.3.1 Trenn- und Dekontaminationsverfahren

Zur Demontage von Einrichtungen sowie deren Zerlegung und Dekontamination vor Ort steht eine Vielzahl industriereprobter und bewährter Verfahren zur Verfügung. Bei der Auswahl der anzuwendenden Zerlege- und Dekontaminationsverfahren werden verschiedene Bewertungskriterien berücksichtigt, u.a.

- Strahlenschutz (Strahlenexposition des Personals, Aerosolbildung / Inkorporationsgefahr)
- Technik (Zuverlässigkeit des Verfahrens, Fernhantierung / Fernbedienung, Unterwasser- / Trockenverfahren)
- Wirtschaftlichkeit (Werkzeugverschleiss, Zeitbedarf für die Durchführung, Personaleinsatz, Dekontamination der Werkzeuge, Anfall von Sekundärabfall)
- Lokale Gegebenheiten (Örtliche Situation, Transport- und Puffermöglichkeit der Einrichtungen)

Die Zerlege- und Dekontaminationsverfahren werden im Rahmen der Ausführungsplanung festgelegt. Für die Durchführung der Zerlege- und Dekontaminationsverfahren wird gezielt geschultes und eingewiesenes Personal eingesetzt. Art und Umfang der Schulung richten sich nach dem vorgesehenen Einsatzzweck. Durch die Unterweisungen werden im Wesentlichen die folgenden Bereiche abgedeckt:

- Strahlenschutz, Arbeitsschutz inkl. Atemschutz
- Anschlag von Lasten
- Einweisung in die Gerätetechnik
- Einweisung in Dekontaminationstechniken und -verfahren

Die Demontage der Einrichtungen sowie Massnahmen zur Zerlegung der demontierten Bauteile auf Verpackungsgrösse zum Transport zur Materialbehandlung erfolgen mit hauptsächlich mechanischen und thermischen Trennverfahren.

Mechanische Trennverfahren wie z.B. Sägen, Fräsen, Scheren, Schleifen, Meisseln, Bohren, Schneiden, Nibbeln usw. gehören zu den Kalttrennverfahren, die ohne grössere Aerosolentwicklung angewandt werden können. Die Verfahren können auch unter Wasser eingesetzt werden. Die beim Trennen entstehenden Späne und Stäube lassen sich mit Arbeitsplatzabsaugungen über Abscheider/Filter auffangen und sammeln. Mechanische Trennverfahren eignen sich zur Bearbeitung vieler Materialien, insbesondere von Metallen, Baustrukturen, Kunststoffen usw. Häufig eingesetzte Geräte zur mechanischen Trennung sind z.B.

- für Metalle:
 - Bügel-, Stich-, Kreis- oder Bandsägen
 - Scheibenfräsen
 - hydraulische Zangen
 - Wasserabrasiv-Strahlschneiden
- für Beton:
 - Diamant-Seil- und Kettensägen
 - Betonkreissägen
 - Presslufthämmer
 - Betonfräsen
 - Kernbohrer

Thermische Trennverfahren werden eingesetzt, wenn mechanische Trennverfahren nicht zum Ziel führen oder aus z.B. geometrischen Gründen nicht anwendbar sind. Thermische Trennverfahren zeichnen sich durch hohe Schnittgeschwindigkeiten, geringe Rückstellkräfte und eine universelle

Anwendbarkeit (auch bei geringem Raumangebot) aus. Die Durchführung kann auch unter Wasser erfolgen. Zu den erprobten und gängigen thermischen Verfahren zählen z.B.

- Autogenbrennschneiden
- Plasmaschmelzschneiden
- Laserschneiden
- Kontakt-Lichtbogen-Metall-Schneiden (CAMC)
- Elektroerodieren (Funkenerodierung, EDM)

Die Dekontamination von Einrichtungen erfolgt mit hauptsächlich mechanischen und chemischen Verfahren.

Mechanische Dekontaminationsverfahren wirken über einfache mechanische Entfernung der Kontamination von einer Oberfläche. Ihre Anwendung beschränkt sich auf gut zugängliche Oberflächen. Zu den erprobten und gängigen mechanischen Verfahren zählen z.B.

- Abwischen (geringer Materialabtrag)
- Abbürsten (geringer Materialabtrag)
- Nass- oder Trocken-Strahlverfahren (mittlerer Materialabtrag)
- Schleifverfahren (hoher Materialabtrag)
- Schäl- oder Granuliereinrichtungen, z.B. zum Entfernen von Kabelisierungen (hoher Materialabtrag)

Chemische Dekontaminationsverfahren lösen luft- und wassergetragene Kontaminationen auch in komplexen Geometrien von der Materialoberfläche ab. Die Verfahren werden meist für stark kontaminierte oder fest haftende Kontamination eingesetzt, wobei die entstehenden Sekundärabfälle (meist flüssig) zu berücksichtigen sind. Erprobte und eingesetzte Verfahren sind z.B.

- Säure- oder Laugenhaltige Reinigungsmittel
- Beizpasten
- Tauchbäder mit Lösungsmitteln (mit oder ohne Ultraschall)
- Elektrochemische Tauchbäder

7.2.3.2 Geplante Demontagepfade

Die Stilllegungsarbeiten in der Kontrollierten Zone lassen sich wie folgt gliedern. Die Gebäude der Kontrollierten Zone werden in spezielle Raumbereiche, Demontagepfade oder Gebäudeebenen (Ebenen) unterteilt. Ein Demontagepfad beschreibt einen räumlich abgegrenzten Bereich, in dem Demontearbeiten durchgeführt werden.

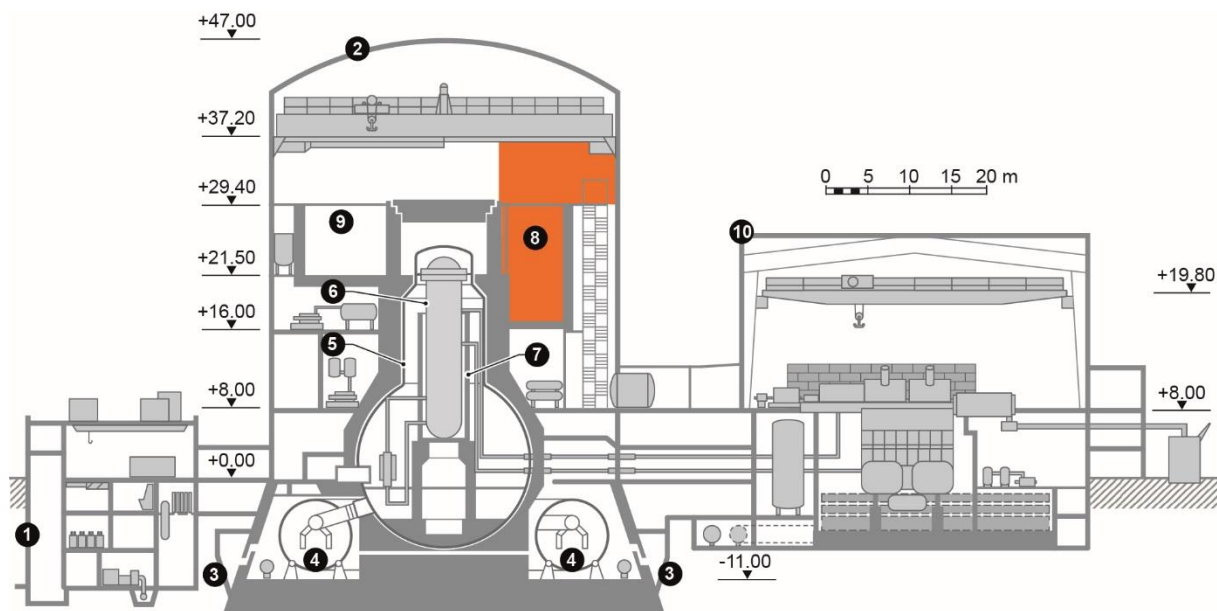
- Reaktorgebäude (RG)
 - Ebene +29m / Bereich: Brennelementlagerbecken
 - Ebene +29m / Bereich: Einbautenbecken inkl. Rest
 - Ebene +29m / Bereich: RDB inkl. Kerneinbauten
 - Raumbereich Drywell inkl. Biologischer Schild
 - Raumbereich ±0m bis +21m
 - Ebene -11m inkl. Äusserer Torus
- Maschinenhaus (MH)
 - Ebene +8m / Turbogruppen
 - Raumbereich -6m bis +3m / Kondensation und umgebende Bereiche
 - Gebäude Maschinenhaus Anbau Süd

- Aufbereitungsgebäude (AG)
 - Aufteilung in Gebäudeebenen
- Kaltkondensatbehälter (KB)
 - Behälter und Systeme
- Hochkamin (KA)
 - Aufteilung in Kaminfuss (drei Ebenen) und Kamin (eine Ebene)
- Betriebsgebäude/Kontrollierte Zone (BG)
 - Aufteilung in Gebäudeebenen
- Zwischenlager (ZL)
 - Zwischenlager

Die folgenden Abbildungen stellen die geplanten Demontagepfade anhand der sich einstellenden technischen und logischen Zusammenhänge des Rückbaus der Einrichtungen des KKM dar. Die Abarbeitung der Demontagepfade untereinander ist in der Regel zeitlich entkoppelt und unabhängig voneinander ausführbar. So kann z.B. der Rückbau von nicht mehr benötigten Einrichtungen im Maschinenhaus parallel zu andern Massnahmen im Reaktorgebäude bzw. in den sonstigen Gebäuden der Kontrollierten Zone erfolgen. Wechselbeziehungen werden bei der Ausführungsplanung erfasst. Erforderliche Massnahmen zum Rückbau von Einrichtungen werden festgelegt bzw. im Rahmen der Umsetzung der Stilllegungsarbeiten getroffen.

7.2.3.3 Demontagepfade im Reaktorgebäude (RG)

Im Reaktorgebäude sind sechs Demontagepfade geplant. Der erste, das Brennelementlagerbecken (BEB) und sein umgebender Bereich ist ein Teil der +29m-Ebene des Reaktorgebäudes (s. Abbildung 7-2).

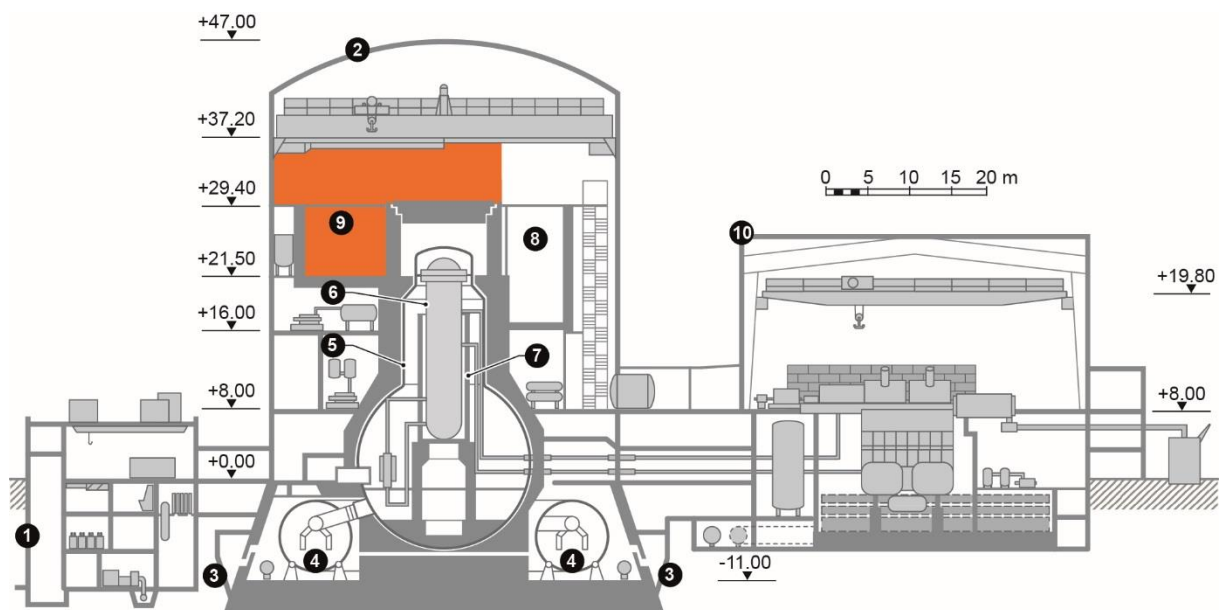


1	SUSAN-Gebäude	6	Reaktordruckbehälter
2	Reaktorgebäude (Sekundärcontainment)	7	Biologischer Schild
3	Äusserer Torus	8	Brennelementlagerbecken
4	Innerer Torus	9	Einbautenbecken
5	Drywell (Primärcontainment)	10	Maschinenhaus

Abbildung 7-2: Demontagepfad Reaktorgebäude +29m (Bereich BEB), orange gekennzeichnet

Bis zur Kernbrennstofffreiheit ist dieser Raumbereich kein Demontagepfad, sondern vom Schutz der Brennelemente gegen Rückwirkungen durch Tätigkeiten aus dem Rückbau geprägt. Nach der Entladung der Brennelemente (BE) aus dem Reaktor und der Herstellung der autarken Kühlung des BEB, können im BEB nach betrieblicher Praxis Betriebsabfälle verarbeitet werden. Während der derzeit geplanten BE-Transportkampagnen werden im BEB keine Arbeiten durchgeführt. Ist die Kernbrennstofffreiheit erreicht, kann auch die autarke BEB-Kühlung ausser Betrieb genommen und demontiert werden. Nachfolgend können die BE-Beckeneinbauten sowie die zur Handhabung der BE nötigen Komponenten abgebaut und verpackt werden. Das geräumte mit Wasser gefüllte BEB kann bei Bedarf für Nasszerlege- oder Verpackungsarbeiten verwendet werden. Nach der Demontage der Kerneinbauten und der Reinigung sowie der Abgabe des Hauptwasserinventars kann das BEB-Kühl- und -Reinigungssystem einer Dekontamination unterzogen und danach parallel zu den Beckeneinbauten demontiert werden.

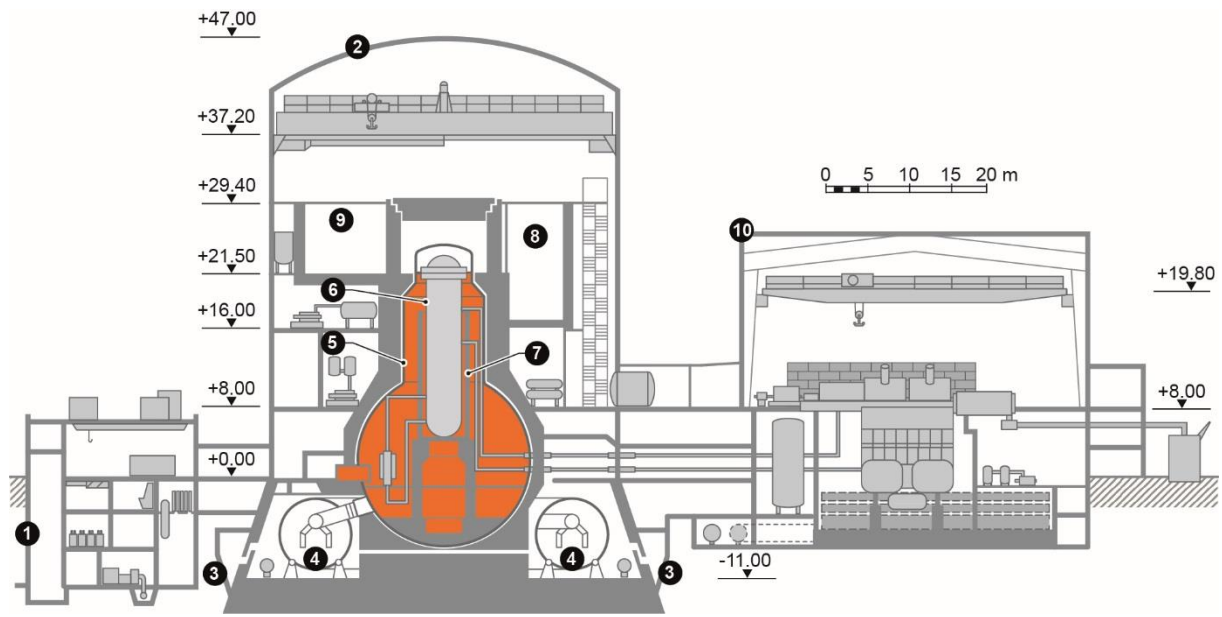
Im Bereich des Demontagepfads RG +29m / Einbautenbecken (s. Abbildung 7-3) können zunächst bewegliche Komponenten von ihren betrieblichen Positionen entfernt werden. Das Räumen dieser Abstellpositionen ist von ausschlaggebender Bedeutung für die Errichtung und den Einsatz von Handhabungs- und Verpackungseinrichtungen. Aus heutiger Sicht wird im Einbautenbecken ein Teil der beweglichen Einbauten zerlegt und verpackt. Um diese Tätigkeiten unabhängig von etwaigen Wasserniveau-Bewegungen im Reaktor durchführen zu können, wird das Einbautenbecken gegen die Reaktorgrube reversibel verschlossen. Im Rahmen der Demontage der Kerneinbauten kann das Einbautenbecken ebenfalls zum Ablegen, Zerlegen und Verpacken verwendet werden. Ein paralleles Arbeiten zur Demontage im Reaktor wird in Bezug auf notwendige Hebezeuge und Handhabungseinrichtungen abgestimmt. Parallel zur Demontage des Reaktordruckbehälters (RDB) können auch die Komponenten des Einbautenbeckens entfernt werden.



1	SUSAN-Gebäude	6	Reaktordruckbehälter
2	Reaktorgebäude (Sekundärcontainment)	7	Biologischer Schild
3	Äusserer Torus	8	Brennelementlagerbecken
4	Innerer Torus	9	Einbautenbecken
5	Drywell (Primärcontainment)	10	Maschinenhaus

Abbildung 7-3: Demontagepfad Reaktorgebäude +29m (Bereich Einbautenbecken), orange gekennzeichnet

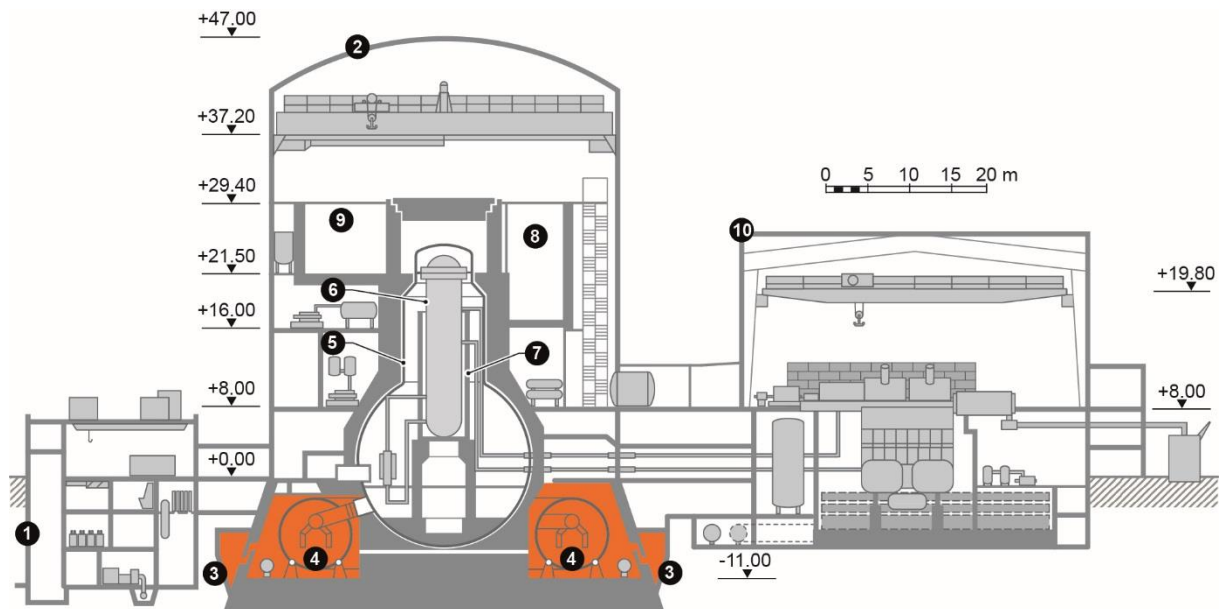
Der Bereich Drywell (Sicherheitsbehälter) stellt einen weiteren Demontagepfad dar (s. Abbildung 7-4), der im Funktionalen Paket 06 genauer beschrieben wird (s. Kapitel 7.2.6).



- | | | | |
|---|--------------------------------------|----|-------------------------|
| 1 | SUSAN-Gebäude | 6 | Reaktordruckbehälter |
| 2 | Reaktorgebäude (Sekundärcontainment) | 7 | Biologischer Schild |
| 3 | Äusserer Torus | 8 | Brennelementlagerbecken |
| 4 | Innerer Torus | 9 | Einbautenbecken |
| 5 | Drywell (Primärcontainment) | 10 | Maschinenhaus |

Abbildung 7-4: Demontagepfad Reaktorgebäude Drywell, orange gekennzeichnet

Der Bereich der -11m-Ebene wird als abgeschlossener Bereich ebenso zu einem Demontagepfad zusammengefasst (s. Abbildung 7-5).

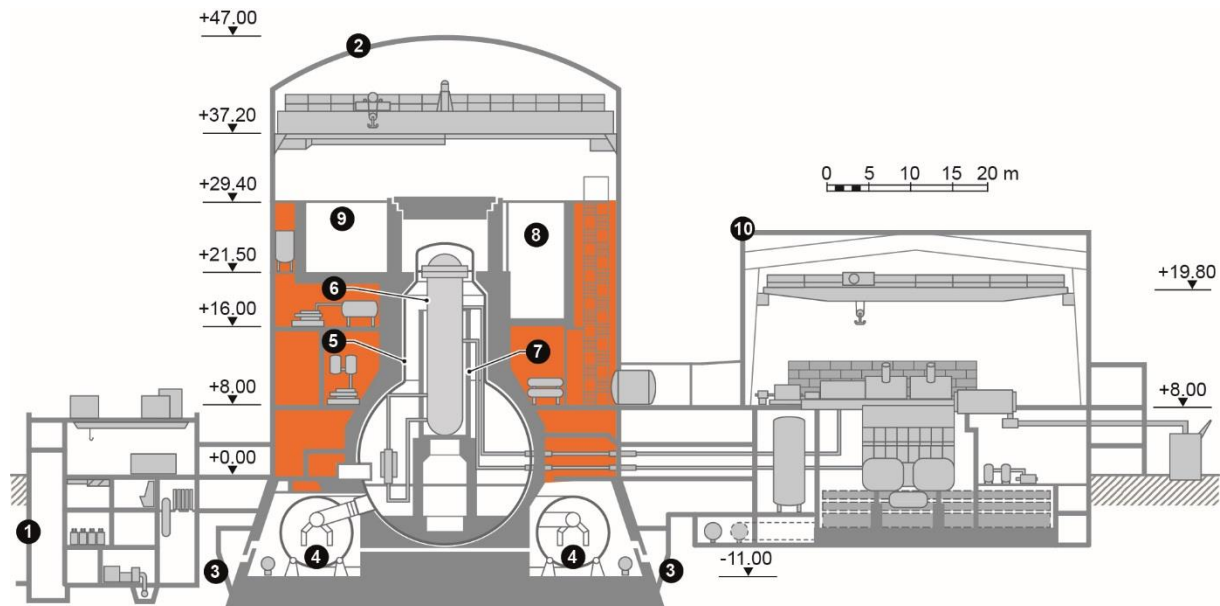


- | | | | |
|---|--------------------------------------|----|-------------------------|
| 1 | SUSAN-Gebäude | 6 | Reaktordruckbehälter |
| 2 | Reaktorgebäude (Sekundärcontainment) | 7 | Biologischer Schild |
| 3 | Äusserer Torus | 8 | Brennelementlagerbecken |
| 4 | Innerer Torus | 9 | Einbautenbecken |
| 5 | Drywell (Primärcontainment) | 10 | Maschinenhaus |

Abbildung 7-5: Demontagepfad Reaktorgebäude -11,00 m Innerer und Äusserer Torus, orange gekennzeichnet

Zunächst finden Reinigungsarbeiten im Bereich der Notkühl- und Druckabbausysteme auf dieser Ebene statt. Nach der Herstellung der Autarkie des BEB können diese Sicherheitssysteme demon­tiert werden. Die Notwärmesenke (Innerer Torus) ist das auf dieser Ebene und in der Demontage bestimmende System. Mit ihr zusammen wird eine Vielzahl weiterer Komponenten von dieser Ebene entfernt. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, Bereiche dieser Ebene als Pufferflächen für Materialien aus der Kontrollierten Zone zu verwenden. Voraussetzung für die Demontage der restlichen wasserführenden Systeme ist die Abgabe des Hauptwasserinventars auf der +29m-Ebene. Vor der Entleerung und Reinigung des Äusseren Torus erfolgt dessen lüftungstechnischer Abschluss zum Reaktorgebäude.

Der Gebäudebereich zwischen $\pm 0\text{m}$ und +21m ist der weitläufigste Demontagepfad im Reaktorgebäude (s. Abbildung 7-6). Die Arbeiten beginnen mit der Entfernung der Isolierungen (u.a. Armaturen, Behälter, Rohrleitungen) sowie der Vervollständigung der radiologischen Charakterisierung. Nach der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) können die Systeme des Wasser-Dampf­kreislaufs zum Maschinenhaus getrennt und verschlossen werden (Integrität Sekundär-Containment). Nach Kernbrennstofffreiheit können die bis dahin notwendigen Kühlsysteme demon­tiert werden. Nach der Demontage des Reaktordruckbehälters werden alle peripheren Reaktorsysteme demon­tiert. Das BEB-Kühl- und -Reinigungssystem wird erst nach einer möglichen Systemdekontamination und der Abgabe des Hauptwasserinventars auf der +29m-Ebene demon­tiert.

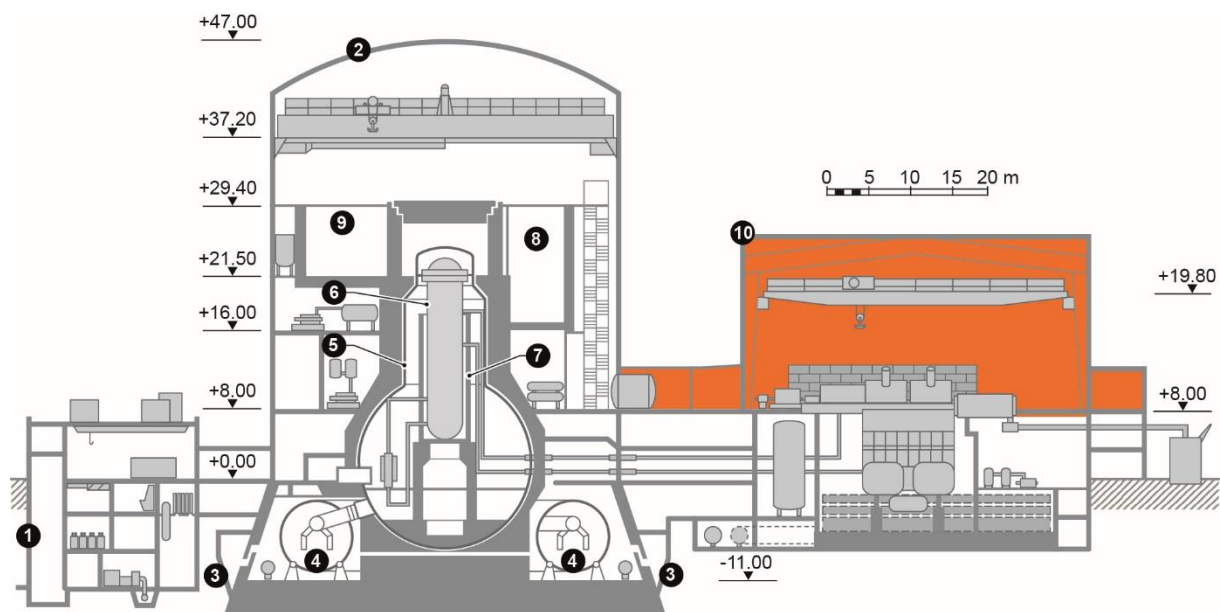


1	SUSAN-Gebäude	6	Reaktordruckbehälter
2	Reaktorgebäude (Sekundärcontainment)	7	Biologischer Schild
3	Äusserer Torus	8	Brennelementlagerbecken
4	Innerer Torus	9	Einbautenbecken
5	Drywell (Primärcontainment)	10	Maschinenhaus

Abbildung 7-6: Demontagepfad Reaktorgebäude $\pm 0,00\text{ m}$ bis +21,00 m, orange gekennzeichnet

7.2.3.4 Demontagepfade im Maschinenhaus (MH)

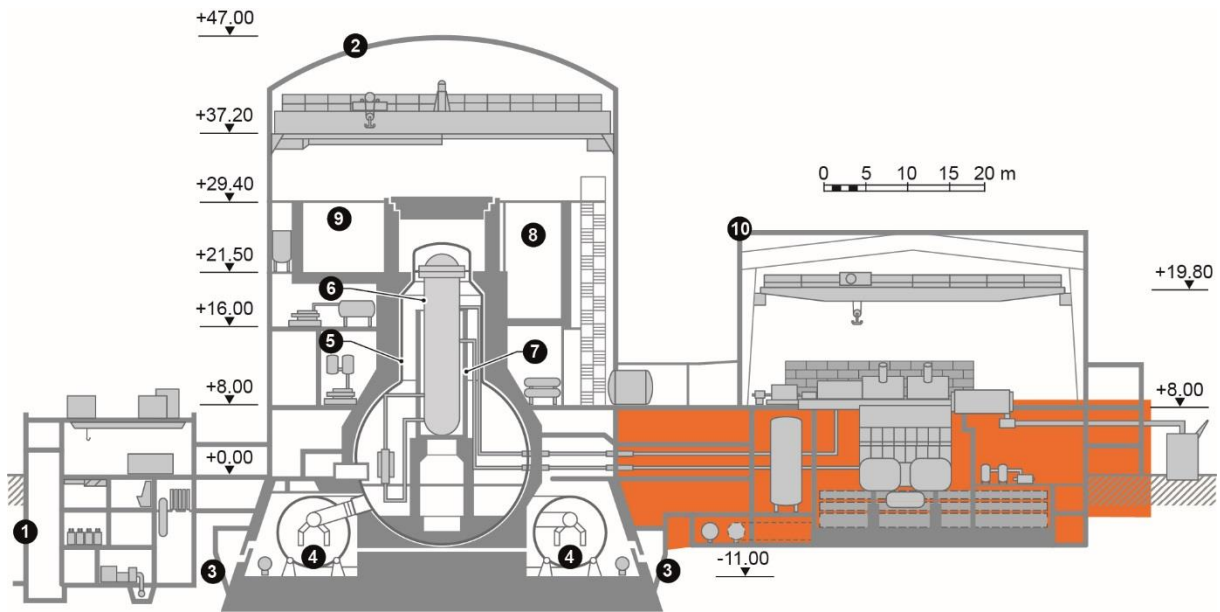
Das Maschinenhaus wird in drei Demontagepfade unterteilt. Der erste beschriebene Demontagepfad im Maschinenhaus ist die +8m-Ebene (s. Abbildung 7-7). Nach der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) wird im Rahmen der Vorbereitenden Massnahmen bereits mit der Demontage von Komponenten und Einrichtungen begonnen. Dabei werden die Isolierung u.a. von Armaturen, Behältern und Rohrleitungen entfernt und parallel dazu die Splitterschutzsteine abgebaut, dekontaminiert und radiologisch freigemessen. Sind die beiden Turbogruppen nach dem Abbau der Splitterschutzsteine besser zugänglich, beginnt die Demontage der Generatoren. Nach den Generatoren werden die Turbinen in mehreren Schritten abgebaut. Danach können die Komponenten und Einrichtungen des Wasser-Dampf-Kreislaufes demontiert werden. Parallel zur Demontage der Komponenten auf der MH +8m-Ebene werden die Einrichtungen zur Materialbehandlung aufgebaut und betrieben.



1	SUSAN-Gebäude	6	Reaktordruckbehälter
2	Reaktorgebäude (Sekundärcontainment)	7	Biologischer Schild
3	Äusserer Torus	8	Brennelementlagerbecken
4	Innerer Torus	9	Einbautenbecken
5	Drywell (Primärcontainment)	10	Maschinenhaus

Abbildung 7-7: Demontagepfad Maschinenhaus +8,00 m, orange gekennzeichnet

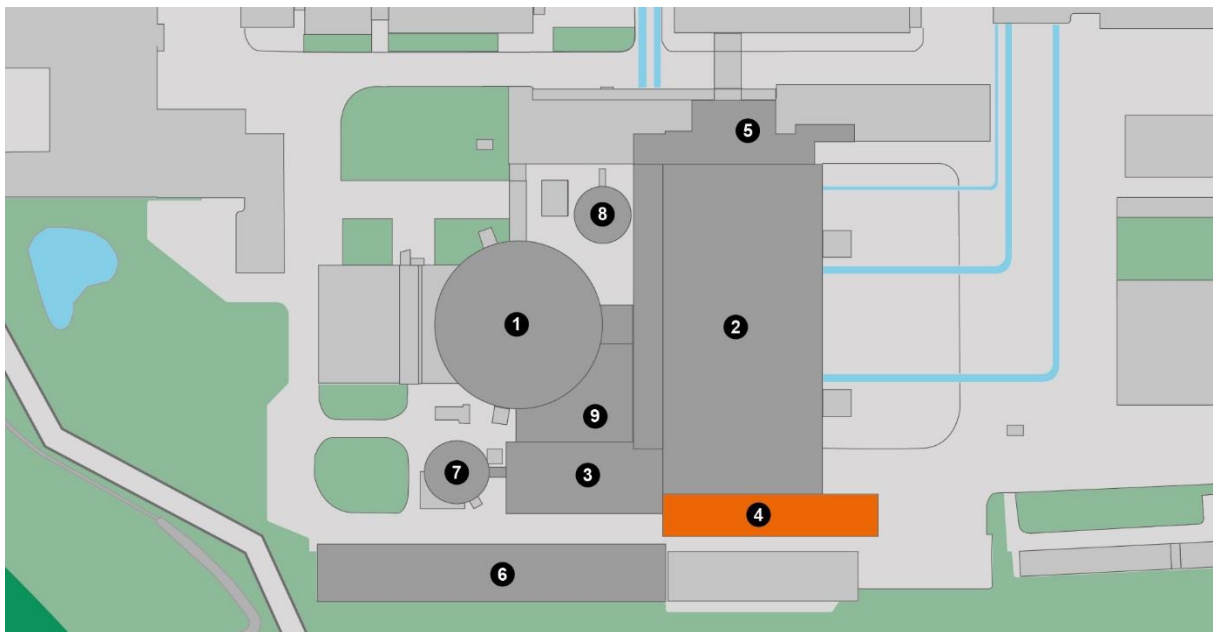
Der zweite Demontagepfad umfasst das restliche Maschinenhaus zwischen den Gebäudeebenen -6m und +3m (s. Abbildung 7-8). Nach der Entfernung der Isolierung u.a. an Armaturen und Leitungen werden die Komponenten und Einrichtungen des Wasser-Dampf-Kreislaufes vom Maschinenhaus (MH) zum Reaktorgebäude (RG) getrennt und verschlossen. Nach dem Abbau der Turbinen sind die Demontagevoraussetzungen für grosse Einzelkomponenten unterhalb der +8m-Ebene verbessert. Ein Teil der grösseren Einzelkomponenten wird abgebaut und zu einer externen Konditionierung transportiert. Ein anderer Teil der grösseren Einzelkomponenten wird direkt vor Ort zerlegt. Parallel dazu können die zu den Turbinen gehörenden Systeme demontiert werden. Nach den Turbinen werden die Kondensatoren demontiert. Aufgrund ihrer Abmessungen und ihres Gewichts müssen sie direkt vor Ort zerlegt werden. Parallel dazu erfolgt die Demontage der den Kondensatoren zugehörigen Systeme. Nach der Demontage der Kondensatoren können die Hauptkühlwasserleitungen im Maschinenhaus komplett demontiert werden.



- | | | | |
|---|--------------------------------------|----|-------------------------|
| 1 | SUSAN-Gebäude | 6 | Reaktordruckbehälter |
| 2 | Reaktorgebäude (Sekundärcontainment) | 7 | Biologischer Schild |
| 3 | Äusserer Torus | 8 | Brennelementlagerbecken |
| 4 | Innerer Torus | 9 | Einbautenbecken |
| 5 | Drywell (Primärcontainment) | 10 | Maschinenhaus |

Abbildung 7-8: Demontagepfad Maschinenhaus +3m bis -6m, orange gekennzeichnet

Der dritte Demontagepfad betrifft das Maschinenhaus Anbau Süd (s. Abbildung 7-9).



- | | | | |
|---|---------------------------------|---|---|
| 1 | Reaktorgebäude (RG) | 6 | Zwischenlager für radioaktive Abfälle (ZL) |
| 2 | Maschinenhaus (MH) | 7 | Hochkamin (KA) |
| 3 | Aufbereitungsgebäude (AG) | 8 | Kaltkondensatbehälter (KB) einschliesslich Keller |
| 4 | Maschinenhaus Anbau Süd | 9 | Umrichterhalle (UH), Lagerplatz (LLS) |
| 5 | Teile des Betriebsgebäudes (BG) | | |

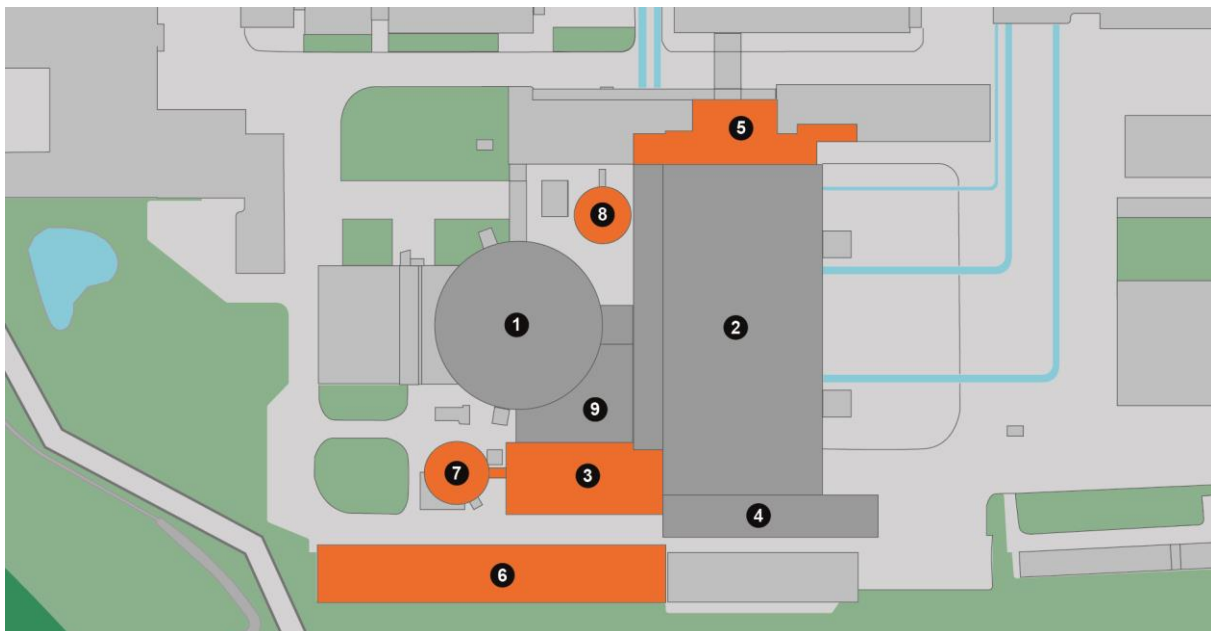
Abbildung 7-9: Demontagepfad Maschinenhaus Anbau Süd Gesamtgebäude, orange gekennzeichnet

Dieser Bereich wird als eigenständiges Gebäude in seine Gebäudeebenen unterteilt. Hier wird zunächst ein zusätzlicher radiologischer Messplatz für Messungen im Vorfeld der radiologischen Bewertung von Komponenten installiert und betrieben. Die im Maschinenhaus Anbau Süd vorhandenen Werkstätten und Lager werden bis zur Abgabe des Hauptwasserinventars der +29m-Ebene zur Unterstützung der Demontage und Materialbehandlung verwendet und danach demontiert.

7.2.3.5 Demontagepfade restliche Gebäude der Kontrollierten Zone

Für die restlichen Gebäude und Gebäudebereiche der Kontrollierten Zone sind folgende Demontagepfade geplant (s. Abbildung 7-10):

- Demontagepfad Aufbereitungsgebäude (AG)
- Demontagepfad Kaltkondensatbehälter (KB)
- Demontagepfad Hochkamin (KA)
- Demontagepfad Betriebsgebäude/Kontrollierte Zone (BG)
- Demontagepfad Zwischenlager (ZL)



1	Reaktorgebäude (RG)	6	Zwischenlager für radioaktive Abfälle (ZL)
2	Maschinenhaus (MH)	7	Hochkamin (KA)
3	Aufbereitungsgebäude (AG)	8	Kaltkondensatbehälter (KB) einschliesslich Keller
4	Maschinenhaus Anbau Süd	9	Umrichterhalle (UH), Lagerplatz (LLS)
5	Teile des Betriebsgebäudes (BG)		

Abbildung 7-10: Demontagepfad Restliche Gebäude der Kontrollierten Zone, orange gekennzeichnet

Das **Aufbereitungsgebäude (AG)** stellt einen eigenen Demontagepfad dar, der weiter in Gebäudeebenen unterteilt wird. Werkstätten und die bestehenden Anlagen zur Nassdekontamination werden parallel zu den Einrichtungen der Materialbehandlung im Maschinenhaus betrieben. Nach der Abgabe des Hauptwasserinventars werden die Anlagen zur Nassdekontamination und die Werkstätten entfernt.

Die Demontage startet mit der Entfernung der Isolierung u.a. an Armaturen, Behältern und Leitungen. Parallel kann die Anlagecharakterisierung weiter vorangetrieben werden. Nach Kernbrennstofffreiheit werden die Material- und Personenschleuse zum Reaktorgebäude (RG) demontiert. Nach der Abgabe des Hauptwasserinventars werden die bis dahin betrieblich genutzten Abwasser-aufbereitungs- und Zementier-Anlage demontiert.

Der **Kalkondensatbehälter (KB)**, der sich auf dem Betriebsgelände zwischen Reaktorgebäude, Maschinenhaus und Betriebsgebäude befindet, stellt einen weiteren Demontagepfad dar. Der Kalkondensatbehälter und seine Systeme können demontiert werden, nachdem das Hauptwasserinventar der Anlage abgegeben ist. Der Behälter wird gereinigt, in handhabbare Stücke zerlegt und im Maschinenhaus weiter behandelt. Anschliessend werden die Systeme unterhalb des Behälters demontiert.

Der Demontagepfad **Hochkamin (KA)** wird in zwei Ebenen betrachtet, Kaminfuss und Kaminteil. Der Hochkamin ist mit Messtechnik zur Sicherstellung der Bilanzierung der an die Umwelt abgegebenen Aktivität ausgerüstet. Die Stilllegungsarbeiten sehen die Inbetriebnahme einer Ersatzlüftung inklusive Messstelle zur Bilanzierung der an die Umwelt abgegebenen Aktivität vor. Ab diesem Zeitpunkt werden die vorhandenen Lüftungsanlagen im Aufbereitungsgebäude und die Messstelle im Messraum des Kaminfusses nicht mehr benötigt und demontiert.

Das **Betriebsgebäude/Kontrollierte Zone (BG)** wird als Demontagepfad weiter in Gebäudeebenen unterteilt. Betrieblich genutzte Einrichtungen zur Abwasserreduktion und Reinigung der Betriebskleidung sowie Werkstätten und Lager können nach der Abgabe des Hauptwasserinventars der Anlage demontiert werden.

Der Demontagepfad **Zwischenlager** schliesst das Zwischenlager (ZL) an sich und die vorgelagerte Halle RA ein. Nach dem Abtransport der letzten Betriebs- und Rückbauabfälle aus dem Zwischenlager können die Einrichtungen im Zwischenlager und der Halle RA demontiert werden. Die Halle RA ist nicht Teil der Kontrollierten Zone.

7.2.4 Demontage Kerneinbauten (FP 04)

Für die Demontage der Kerneinbauten sind bzw. werden im Reaktorgebäude räumlich abgetrennte Zerlegebereiche und Verpackungsbereiche eingerichtet. In diesen Bereichen erfolgt die Zerlegung und Verpackung der Bauteile unter Berücksichtigung der Anforderungen des Strahlenschutzes. Folgende Zerlege- und Verpackungsbereiche sind geplant:

- Nasszerlegebereiche
- Trockenzerlegebereiche
- Verpackungsbereiche
- Wartungs- und Dekontaminationsbereiche

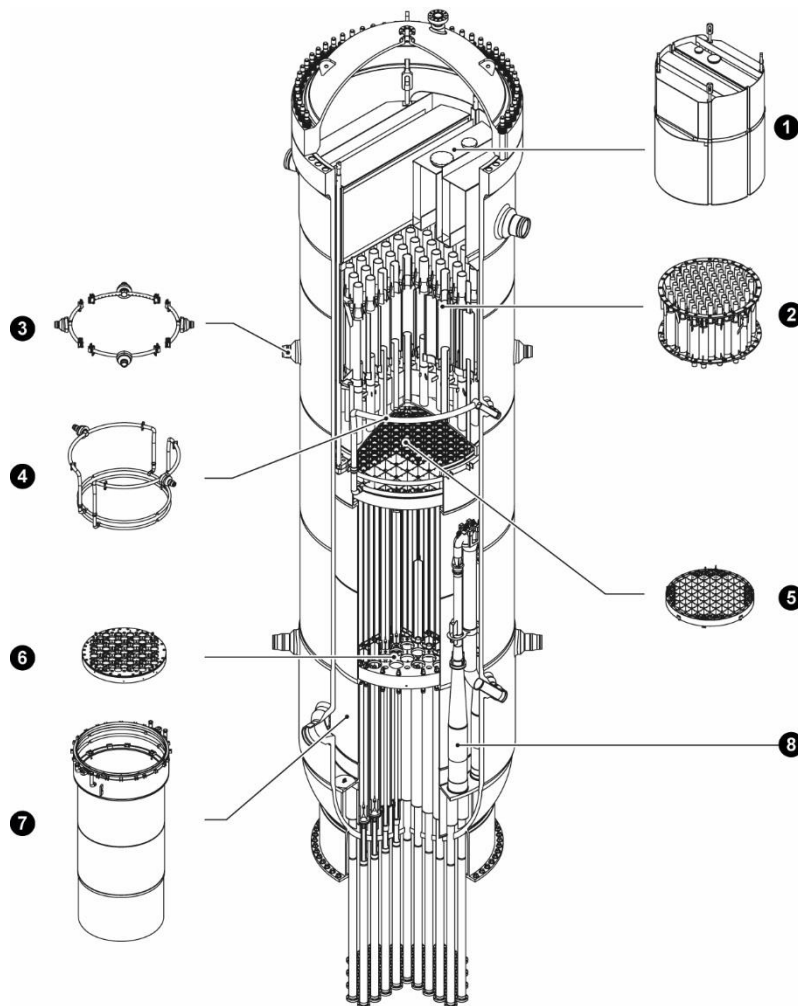
Die Auswahl der Verpackung für die zerlegten Bauteile erfolgt unter Massgabe der Einhaltung verpackungsspezifischer Zuladungen in Bezug auf Grösse, Masse und Aktivität. Dabei kommen Verpackungen mit unterschiedlichen Abschirmereigenschaften zum Einsatz. Die nötigen Transporte werden mit Transporteinrichtungen durchgeführt, die wie folgt unterteilt werden können:

- Anlagen, die bereits während des Leistungsbetriebs genutzt wurden
- Vorhabenbezogene Transporteinrichtungen, die nur für den Rückbau der Kerneinbauten genutzt werden

Zusätzlich sind weitere Krananlagen, Demotagemanipulatoren, Verpackungsmanipulatoren, Traversen, Lastaufnahme- und Anschlagmittel zum Transport von Behältern und Einrichtungen vorgesehen. Die Demontage- und Zerlege-Strategie der Kerneinbauten richtet sich im Wesentlichen nach den folgenden Grundsätzen:

- Planen der Zerlegung und Handhabung unter Einbezug des Strahlenschutzes
- Anwenden robuster und bezüglich der Radiologie der Kerneinbauten geeigneter Zerlegeverfahren, z.B. fernbedient und unter Wasser
- Vorzugsweise Nutzen betrieblich vorhandener Lastanschlagmittel und Transportwege

- Minimieren der anfallenden Materialien
- Demontagesystematik weitestgehend von oben nach unten (s. Abbildung 7-11)



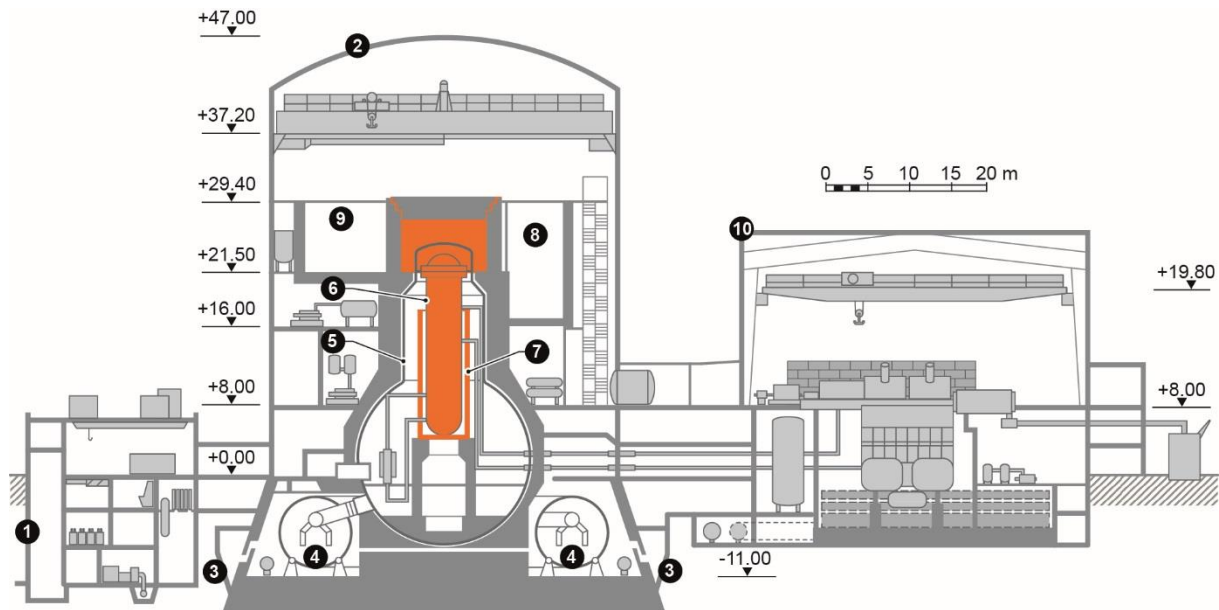
1	Dampftrockner	5	Oberes Kerngitter
2	Wasserabscheider	6	Unteres Kerngitter
3	Speisewasserverteiler	7	Kernmantel
4	Kernsprühring	8	Jetpumpen

Abbildung 7-11: Einbauten innerhalb des Reaktordruckbehälters

Die Zerlegung der Kerneinbauten beginnt mit der Entfernung der beweglichen Einbauten im Rahmen der Etablierung des Technischen Nachbetriebs. Lassen die radiologischen Verhältnisse ggf. nach einer Dekontamination einzelner Einbauten eine trockene Zerlegung zu, so ist diese zu bevorzugen. Andernfalls werden die Komponenten unter Wasser zerlegt. Die Zerlegung der Kerneinbauten, die während des Betriebs im Aktivierungsfeld des Kernbrennstoffs waren (s. Abbildung 7-11; Positionen 3 bis 8), findet aufgrund der radiologischen Verhältnisse unter Wasser statt. Die Kerneinbauten werden im Einbauzustand zerlegt und verpackt. Je nach Dosisleistung der Schnittstücke kann auch eine Nachzerlegung im Unterwasserzerlegebereich des Einbautenbeckens durchgeführt werden.

7.2.5 Demontage Reaktordruckbehälter (FP 05)

Der Demontage des Reaktordruckbehälters (RDB) wird aufgrund seiner zentralen Bedeutung ein eigenes Funktionales Paket gewidmet. Abbildung 7-12 stellt den zum heutigen Zeitpunkt geplanten Demontepfad RDB im Reaktorgebäude (RG) dar.



1	SUSAN-Gebäude	6	Reaktordruckbehälter
2	Reaktorgebäude (Sekundärcontainment)	7	Biologischer Schild
3	Äusserer Torus	8	Brennelementlagerbecken
4	Innerer Torus	9	Einbautenbecken
5	Drywell (Primärcontainment)	10	Maschinenhaus

Abbildung 7-12: Demontagepfad Reaktorgebäude +29m (Bereich RDB/Biologischer Schild), orange gekennzeichnet

Im Vorfeld der Zerlegung des RDB erfolgen folgende Bewertungen:

- Charakterisierung der Isolierung des RDB
- Fixierung der Kontamination am RDB
- Lüftungstechnische Trennung zwischen der RG +29m-Ebene und dem Drywell

Derzeit sehen die Stilllegungsarbeiten zum RDB-Rückbau dessen Zerlegung im Einbauzustand in Stilllegungsphase 2 vor. Abhängig von der Dosisleistung und dem Zerlegeverfahren kann die Demontage des RDB mit oder ohne Wasserfüllung durchgeführt werden. Die möglichen Zerlegetechniken sind in Abklärung. Die verpackungsgerecht zerlegten RDB-Schnittstücke werden in geeignete Behälter verpackt. Für die Verpackung der zerlegten Teile werden verschiedene anforderungsgerechte Behältertypen mit geeigneten Abschirmeigenschaften eingesetzt.

7.2.6 Demontage Biologischer Schild und Drywell inkl. Einbauten (FP 06)

Die Demontage des Biologischen Schields, des Drywell inkl. Einbauten und der aktivierten Bereiche der Drywell-Betonstruktur werden auf Grund ihrer Bedeutung als eigenes Funktionales Paket beschrieben. Dabei werden die folgenden Hauptkomponenten im Drywell demontiert.

- Biologischer Schild
- Drywell (Sicherheitsbehälter)
 - Einrichtungen / Systeme
 - Stahliner
 - Betonstruktur

Eine Vielzahl der im Drywell vorhandenen Systeme kann nach der Endgültigen Ausserbetriebnahme (EABN) ausser Betrieb genommen werden. Vor den Demontearbeiten werden die Isolierungen

der Systeme u.a. an Armaturen, Behältern und Leitungen entfernt. Parallel dazu kann die radiologische Charakterisierung der Systeme und Einrichtungen vervollständigt werden. Im Vorfeld einer möglichen Reaktordekontamination wird der Wasser-Dampf-Kreislauf am Reaktordruckbehälter (RDB) getrennt. Die Rückbauarbeiten im Drywell finden anfänglich bei geflutetem RDB statt. Gegen Ende der RDB-Demontage können die erforderlichen Systeme zur Änderung des Wasserstands im RDB sowie die Personen- und Materialschleusen demontiert werden.

Nach der Demontage der Einrichtungen im Drywell wird der Biologische Schild demontiert. Der Abtransport des demontierten Materials des Biologischen Schilts kann entweder über die RG +29m-Ebene erfolgen oder über einen alternativ zu schaffenden Weg. Eine Nachzerlegung bzw. Behandlung des demontierten Materials des Biologischen Schilts kann direkt auf der RG +29m-Ebene oder nachfolgend im Maschinenhaus erfolgen.

Der Stahlliner des Drywell wird in mehreren Abschnitten zerlegt. Der oberste Abschnitt kann vor der Demontage des Biologischen Schilts entfernt werden. Die Demontage des kugelförmigen Teils im unteren Bereich erfolgt nach der Demontage des Biologischen Schilts. Im Kugelboden des Drywell befindet sich Beton über dem Stahlliner. Durch Messungen und Probenahmen wird geklärt, ob der Beton inklusive dem darunter liegenden Stahlliner entfernt werden muss. Nach der Demontage des Stahlliners wird der aktivierte Teil der Drywell-Betonstruktur abgetragen. Den erforderlichen begleitenden baustatischen Berechnungen wird während dieser Massnahmen Rechnung getragen.

7.2.7 Restdemontage Einrichtungen Kontrollierte Zone (FP 07)

Das Funktionale Paket 07 beschreibt die Restdemontage von Einrichtungen in der Kontrollierten Zone. Die Restdemontage umfasst die Stilllegungsarbeiten zur Demontage der verbliebenen Systeme und Einrichtungen. Damit werden die Rahmenbedingungen für die Gebäudedekontamination und die radiologische Freimessung geschaffen. Die Restdemontage wird in jedem Gebäude zu einem unterschiedlichen Zeitpunkt durchgeführt und umfasst den Rückbau der noch vorhandenen Einrichtungen inklusive neu installierter Einrichtungen und Ersatzsysteme, wie z.B.:

- Lüftungsanlagen und -kanäle
- Elektrische Einrichtungen und Kabel inkl. Kabeltrassen
- Sumpfsysteme
- Brandschutzeinrichtungen
- Sonstige noch vorhandene Einrichtungen
- Stilllegungsgeräte und -einrichtungen

Die bereits in Kapitel 7.2.3.2 beschriebene Untergliederung der Massnahmen in Gebäude und spezielle Raumbereiche (Demontagepfade oder Gebäudeebenen) findet auch hier Anwendung.

Reaktorgebäude (RG)

Ebene +29m / Bereich Brennelementlagerbecken:

Nach der Demontage der Beckeneinbauten können sämtliche Einrichtungen der Betriebsinfrastruktur demontiert werden.

Ebene +29m / Bereich Einbautenbecken inkl. Rest:

Nach dem Abbau der Beckensysteme auf der RG +29m-Ebene können die Handhabungs- und Verpackungseinrichtungen (RDB-Einbauten/RDB) demontiert und abtransportiert werden. Nachdem alle Einrichtungen von der +29m-Ebene entfernt sind, kann die Demontage des RG-Krans beginnen. Danach folgt die Demontage der Einrichtungen der Betriebsinfrastruktur.

Raubereich Drywell inkl. Biologischer Schild:

Nach der Demontage des Stahl liners bzw. des aktivierten Drywellbetons kann die verbliebene Infrastruktur – z.B. Drywell-Lüftung und Stahlbühnen – demontiert und entfernt werden.

Raubereich ±0m bis +21m:

Nach der Demontage der restlichen Systeme kann mit der Demontage der Infrastruktur begonnen werden. Speziell werden im grössten zusammengefassten Gebäudebereich des Reaktorgebäudes Gebäudestopfen, Stahlbaukonstruktionen, Kabeltrassen inkl. Aufhängung, Kabeldurchführungen, Lüftungskanäle, Brandschutzeinrichtungen, Krananlagen/Hebezeuge, Beleuchtungs- und Kommunikationstechnik sowie sämtliche Mess- und Leittechnische Einrichtungen entfernt.

Ebene -11m:

Nachdem das Hauptwasserinventar aus den Becken der RG +29m-Ebene abgegeben ist, können die Sumpfsysteme im Bereich RG -11m entfernt werden. Wird der Bereich nicht bzw. nicht mehr zur Pufferung von Rückbaumaterial herangezogen, können die Einrichtungen der Betriebsinfrastruktur abgebaut werden.

Maschinenhaus (MH)

Ebene +8m:

Mit Abschluss der Stilllegungsphase 2 werden die Einrichtungen zur Materialbehandlung schrittweise ausser Betrieb genommen und demontiert. Die Einrichtungen können entweder entsorgt oder an eine andere Kernanlage zur weiteren Verwendung abgegeben werden. Im Anschluss werden die Stahlbaustrukturen entfernt und der MH-Kran demontiert. Abschliessend folgt die Demontage der Infrastruktur. Nach der Demontage der Einrichtungen wird die Bearbeitung der Setzsteine durchgeführt und gegebenenfalls ein Lüftungstechnischer Abschluss zu den darunter liegenden Gebäudeebenen hergestellt. Ziel ist, die Setzsteine mit der Gebäudestruktur freizumessen.

Raubereich -6m bis +3m:

Nach der Demontage sämtlicher Systeme können die Sumpfsysteme und die Infrastruktur in diesem Bereich demontiert werden. Hier kann, wenn es die radiologischen Verhältnisse zulassen, die Gebäudedekontamination zum frühestmöglichen Zeitpunkt starten.

Gebäude Maschinenhaus Anbau Süd:

Mit der Ausserbetriebnahme der Materialbehandlung im Maschinenhaus werden auch die Werkstätten und Lager im Maschinenhaus Anbau Süd abgebaut. Abschliessend erfolgt die Demontage der Infrastruktur.

Aufbereitungsgebäude (AG)

Nach der Demontage der Abwasseraufbereitung kann die Demontage der Sumpfsysteme im Gebäude beginnen. Parallel läuft die Demontage der Infrastruktur. Ist die Ersatzlüftungsanlage installiert und in Betrieb genommen, werden die betrieblichen Lüftungsanlagen im AG und die Lüftungsanbindung an den Hochkamin demontiert. Die Ersatzlüftung wird erst im Rahmen der Auszonung demontiert.

Hochkamin (KA)

Nach der Demontage des Messraums sowie der Räumung sämtlicher Pufferflächen im Kaminfuss kann die Infrastruktur in diesem Bereich demontiert werden. Im Bereich des Kamins wird vor der Gebäudedekontamination keine Restdemontage in diesem Sinn nötig sein.

Betriebsgebäude/Kontrollierte Zone (BG)

Im Rahmen der Restdemontage von Einrichtungen wird die Ergänzungsschaltanlage demontiert. Für den Rückzug aus der Kontrollierten Zone und somit den Rückbau von noch vorhandenen Systemen der Kontrollierten Zone (Lüftung, Stromversorgung, Brandschutzeinrichtungen, Kommunikations- und Meldeeinrichtungen, Beleuchtung, Zugang zur Kontrollierten Zone usw.) werden Ersatzeinrichtungen als Übergangslösung geschaffen. Im Zuge der radiologischen Freigabe dieser Bereiche (Auszonung) werden die Ersatzeinrichtungen demontiert.

Zwischenlager (ZL)

Im Bereich des Zwischenlagers wird die Restdemontage mit anschliessender Gebäudereinigung durchgeführt.

7.2.8 Dekontamination und Freigabe der Gebäude (FP 08)

Im Funktionalen Paket 08 werden die Dekontamination und Freigabe von Gebäuden zusammengefasst. Gebäudestrukturen werden soweit erforderlich dekontaminiert oder entfernt und die Räume insgesamt freigemessen. Für Gebäude bzw. das Gelände ausserhalb der Kontrollierten Zone sind beweissichernde Messungen vorgesehen.

Im Vorfeld der Dekontamination und Freimessung wird eine radiologische Kategorisierung von Gebäuden, Gebäudebereichen oder speziellen Gebäudestrukturen durchgeführt.

Die Gebäudedekontamination und -freigabe ist an die Verfügbarkeit kompletter Gebäude bzw. kompletter zusammenhängender Gebäudebereiche geknüpft und findet nach der Demontage jeglicher Einrichtungen und Infrastruktur statt. Deshalb folgt die angewandte Systematik in der Regel für Gebäude dem Prinzip "von oben nach unten" und bei Gebäudebereichen bzw. -ebenen "von innen nach aussen". Es ist vorgesehen, die Gebäudestrukturen der Kontrollierten Zone an der stehenden Struktur und verbleibende Einrichtungen im eingebauten Zustand freizumessen. Im Wesentlichen umfassen die Dekontamination und Freigabe eines Gebäudes folgende Massnahmen:

- Bau-Ist-Aufnahme
- Beseitigung von Störkanten
- Orientierende Messung des Raums bzw. Raumbereichs
- Grobdekontamination
- Feindekontamination und begleitende orientierende Messungen
- Lüftungstechnischer Abschluss
- Begleitende Bautechnische Prüfung
- Mess- und Probenahmeplan zur Freimessung
- Bericht zur Freimessung des Gebäudes
- Freimessung des Gebäudes

7.2.9 Materialbehandlung und Entsorgung (FP 09)

Das Funktionale Paket 09 beschreibt die Materialbehandlung und Entsorgung. Die im Rahmen der Stilllegungsarbeiten demontierten Materialien und radioaktiven Abfälle werden in geeigneter Art und Weise behandelt, ggf. konditioniert und entsorgt. Die Materialbehandlung umfasst dabei Massnahmen, um Materialien möglichst über die radiologische Freimessung der Freigabe zuzuführen sowie Massnahmen zur Konditionierung radioaktiver Abfälle. Ist eine Behandlung mit dem Ziel der radiologischen Freimessung nicht möglich, wird das Material dem radioaktiven Abfall zugeführt.

Die Entsorgung umfasst Massnahmen, die mit der Abgabe von behandeltem Material zusammenhängen. Materialien, die behandelt und freigemessen sind, werden der konventionellen Beseitigung

bzw. der Wiederverwertung zugeführt. Konditionierte radioaktive Abfälle werden zunächst dokumentiert und ggf. auf dem Betriebsgelände gepuffert. Grundsätzlich werden radioaktive Abfälle in eine andere Kernanlage transportiert. Mit Abbildung 7-13 werden mögliche Entsorgungsziele aufgezeigt.

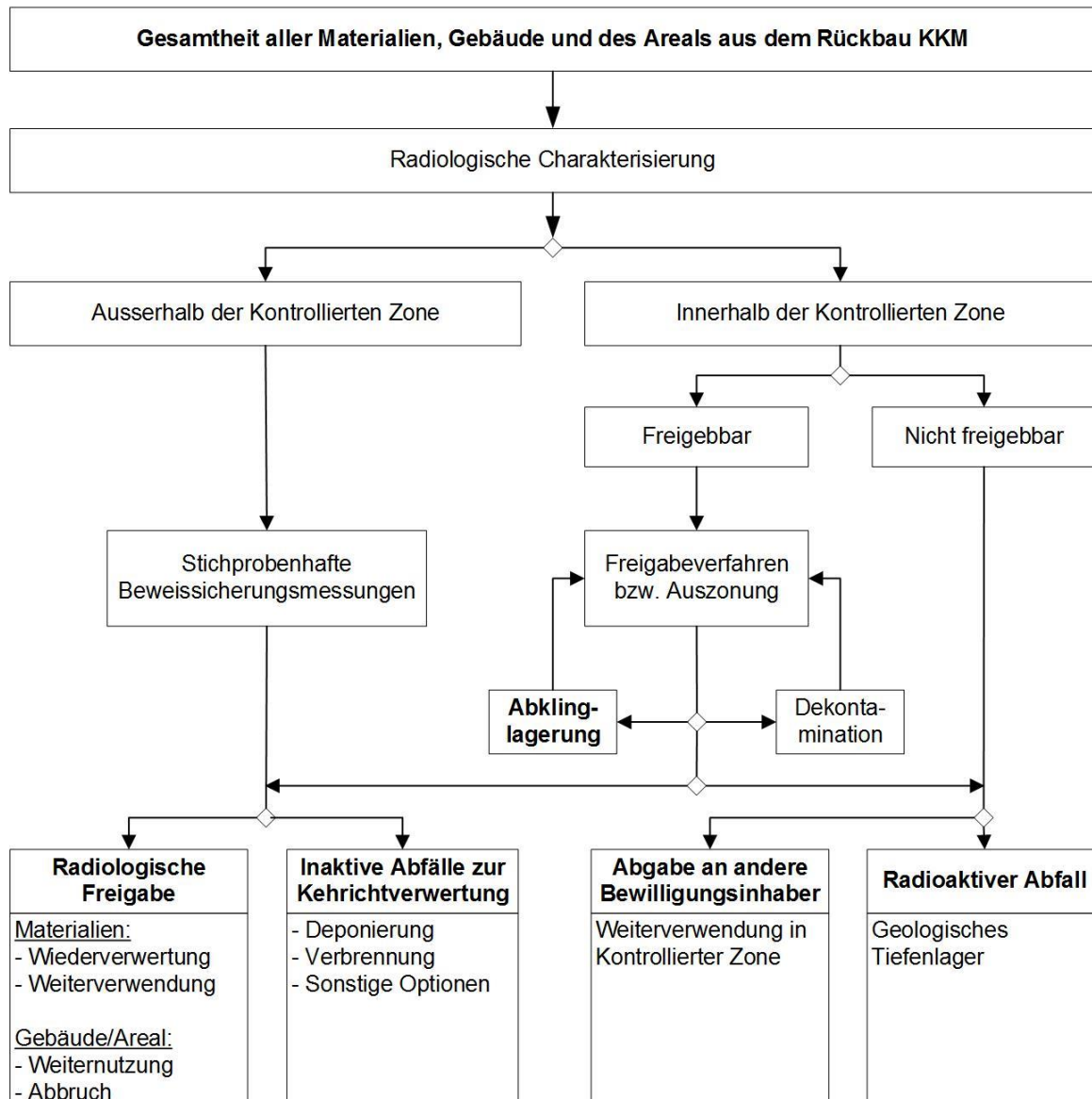


Abbildung 7-13: Darstellung möglicher Entsorgungsziele der Stilllegungsarbeiten

7.2.9.1 Materialbehandlung

Die Behandlung von Materialien erfolgt bevorzugt in den dafür geplanten Behandlungseinrichtungen im Maschinenhaus (MH) sowie in den bereits existierenden Einrichtungen des KKM. Die Übergabebedingungen für Material von der Demontage an die Materialbehandlung werden im Standortreglement festgelegt. Im Rahmen der Stilllegungsarbeiten ist auch eine Behandlung in externen Einrichtungen vorgesehen. Dabei werden die jeweiligen Annahmebedingungen der entsprechenden Dienstleister eingehalten.

Die Auslegung der Materialbehandlungseinrichtungen erfolgt unter Berücksichtigung der mittleren Materialströme über den gesamten Zeitraum der Stilllegungsarbeiten. Der Strahlenschutz ist bereits in den Planungsvorgang zur Entwicklung sicherer und optimierter Behandlungsprozesse involviert. Die Prozesse zur Materialbehandlung werden qualitätsgesichert durchgeführt, um den erwarteten Dekontaminationserfolg zu maximieren. Die Ausgestaltung der Behandlungseinrichtungen orientiert

sich auch an radiologischen Gesichtspunkten und den daraus resultierenden möglichen Störfallbetrachtungen.

Zum Aufbau der Behandlungseinrichtungen im Maschinenhaus (MH) werden im Rahmen der Vorbereitenden Massnahmen Komponenten und Einrichtungen entfernt. Die Montage und die Verfügbarkeit der Behandlungseinrichtungen orientieren sich an der fortschreitenden Räumung von Komponenten und Einrichtungen im MH. Deshalb werden die Behandlungseinrichtungen nach Möglichkeit in modularer Bauweise ausgeführt. Das Einbringen der Behandlungseinrichtungen erfolgt über die herkömmlichen Transportwege ins Maschinenhaus.

Die Splitterschutzsteine können in flexiblen Behandlungseinrichtungen (z.B. Zeltbauweise) zwischen den Turbinengruppen im MH dekontaminiert und freigemessen werden. Nach der Entfernung der Generatoren können die Behandlungseinrichtungen weiter zur Zerlegung und Dekontamination von Turbinenteilen genutzt werden. Zur Entfernung grösserer Einzelkomponenten werden die Behandlungseinrichtungen so umgesetzt, dass die Bodenöffnungen zu grösseren Einzelkomponenten zugänglich sind und geöffnet werden können. Sind die grösseren Einzelkomponenten entfernt und verpackt, werden diese aus dem MH entfernt und ggf. einer externen Konditionierung zugeführt. Nach Entfernung der grösseren Einzelkomponenten werden die Behandlungseinrichtungen weitestgehend stationär genutzt.

Demontierte Komponenten werden in der Regel vor der Dekontamination nachzerlegt. Dies erfolgt einerseits, um messtechnischen Anforderungen zu genügen, andererseits, um eine Dekontamination zu ermöglichen. Zusätzlich wird durch die Nachzerlegung die Hantierbarkeit der Bauteile im weiteren Prozess hergestellt. Zur Zerlegung werden aus heutiger Sicht folgende manuelle oder maschinelle Trennverfahren in Betracht gezogen:

- Mechanische Trennverfahren (Sägen, Scheren, Fräsen, Schleifen, Abkreisen usw.)
- Thermische Trennverfahren (Plasmaschmelzschneiden, Autogenes Brennschneiden usw.)

Im Maschinenhaus Anbau Süd werden parallel dazu die bestehenden betrieblichen Behandlungseinrichtungen sowie deren Infrastruktur gemäss Bedarf und Anforderungen angepasst. Die mögliche Nutzung der Dekontaminationseinrichtungen im Aufbereitungsgebäude reduziert den Kontaminationseintrag im Maschinenhaus. Demontierte Komponenten, deren Kontaminationsgrad dies erfordert, werden direkt am Demontageort vorzerlegt und dekontaminiert. Die Dekontamination erfolgt mit erprobten, einfachen und robusten Behandlungsmethoden. Die betrieblich vorhandenen Dekontaminationsanlagen arbeiten mit Nassverfahren und werden auch für die Stilllegungsarbeiten weiterbetrieben. Trockene Dekontaminationsverfahren mit Medien wie z.B. Stahlkies eignen sich ebenfalls zur Dekontamination. Kabel werden im Rahmen der Dekontamination entweder mit einem Kabelschredder oder mit einer Kabelschälmaschine in kontaminierte Isolierungen und in nicht kontaminierte Metalle aufgetrennt. Weitere Dekontaminationsverfahren, die spezielle Anlagen und Methoden erfordern, kommen im Bedarfsfall zum Einsatz.

Die Trennung konventioneller und radioaktiver Abfälle findet vorzugsweise im Triage-Sortierraum oder im Maschinenhaus statt. Die Trennung vollzieht auch eine Aufteilung der brennbaren und nicht brennbaren Abfälle. Mit Aufgabe des Maschinenhaus Anbau Süd erfolgt ein vollständiger Umzug der Einrichtungen ins Maschinenhaus.

Folgende Behandlungseinrichtungen sind vorgesehen:

Zerlegeeinheiten

- Einheit zur Verpackung und Dekontamination grosser Einzelkomponenten
- Mechanische Zerlegeeinrichtungen (Sägen, Scheren usw.)
- Betonbearbeitungseinrichtungen (Sägen, Bohrer, Brecher, Fräsen usw.)
- Thermische Zerlegeeinrichtungen (Brennschneiden usw.)

Dekontaminationseinrichtungen

- Dekontaminationsanlagen (Muldenstrahlanlage, Handschuhstrahlbox usw.)
- Nassstrahlanlage
- HD-Wasserstrahlbox
- Kabelschäler und Kabelschredder

Abfallbehandlungseinheiten

- Abfallverarbeitungseinrichtung (konventionelle Gefahrstoffe)
- Triage-Sortierraum
- CVRS (Zementiereinrichtung für Harze, AG)
- Zementier-Container (flexible Aufstellung im MH oder RG)

Daneben werden infrastrukturelle Einrichtungen wie Büro, Materialausgabe, Pufferflächen, Transportwege/-schächte, Staplerabstell- und Ladestationen und eine Transportboxenwaschanlage vorgesehen.

7.2.9.2 Entsorgung

Die Entsorgung beginnt mit der Entsorgungsplanung, die insbesondere konventionelle Abfälle, freizugebende Materialien sowie die radioaktiven Abfälle umfasst. Sie basiert auf den Daten der Voruntersuchungen, die konventionelle Schadstoffe identifiziert und das KKM radiologisch charakterisiert. Die radiologische Charakterisierung legt Nuklidvektoren fest und bewertet die Stoffströme pro Entsorgungsziel. Daraus ergeben sich zum einen für die Demontearbeiten einzuhaltende Kriterien und zum andern Kriterien für die Behandlung von Material (Stückgrößen, Dekontaminationsverfahren und -ziel). Aus der Entsorgungsplanung leiten sich der Bedarf an Behandlungseinrichtungen (Fläche, Anforderung) sowie der Bedarf an technischen und personellen Ressourcen zur Durchführung der Freimessung ab. Entsorgungsziele sind:

- Radiologische Freigabe
- Abklinglagerung mit anschliessender radiologischer Freigabe
- Konditionierung als radioaktiver Abfall

Priorität hat bei den Entsorgungszielen die radiologische Freigabe ggf. auch nach einer Abklinglagerung. Zur Minimierung der radioaktiven Abfälle werden radioaktive und inaktive Materialien voneinander getrennt.

Konventionelle Schadstoffe werden in einem Schadstoffkataster erfasst. Insbesondere asbesthaltige Materialien (Brandabschottungen, Dichtungen usw.) und keramische Mineralfasern (Isolierung usw.) sind bei der Demontage zu berücksichtigen. Daneben fallen weitere konventionelle Schadstoffe an, wie PCB-haltige Anstriche z.B. an Gebäudestrukturen, PAK-haltige Farb- und Korrosionsschutzanstriche sowie Teerepoxydharze z.B. an Komponenten.

Einrichtungen mit dem Verdacht auf konventionelle Schadstoffe werden vor der Demontage gekennzeichnet. Die Demontage erfolgt in geeigneter Weise, wobei die Schadstoffe von den übrigen Materialien getrennt gesammelt, verpackt, gekennzeichnet und entsorgt werden.

Grosse Einzelkomponenten sollen möglichst zeitnah nach der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) ohne Zerlegung vom Areal entfernt und ggf. extern behandelt werden. Die externen Massnahmen schliessen die Zerlegung und Behandlung dieser Materialien und der entstehenden Abfälle ein. Der Hauptanteil des Materials kann nach dieser Behandlung unmittelbar im Anschluss freigegeben werden. Die entstehenden radioaktiven Abfälle werden am externen Standort

gesammelt und entsprechend international gültigem Verursacherprinzip zur Entsorgung zurückgeliefert. Externe Behandlungsmöglichkeiten für grosse Einzelkomponenten stehen derzeit hauptsächlich im Ausland zur Verfügung.

Abklinglagerung

Materialien, bei denen festgestellt wird, dass sie aufgrund ihrer niedrigen Radioaktivität nach spätestens 30 Jahren unter den Freigrenzen der StSV liegen werden, werden einer Abklinglagerung zugeführt. Die Zuordnung der Materialien zum jeweiligen Entsorgungsziel erfolgt im Rahmen von Entscheidungsmessungen.

Die Abklinglagerung definiert die Lagerung von radioaktiven Materialien zur Ausnutzung des radioaktiven Zerfalls mit dem Ziel der Unterschreitung der Freigrenzen gemäss StSV und der anschliessenden radiologischen Freigabe. Bei der Stilllegung fallen neben den unmittelbar freigebbaren Materialien auch Materialien an, welche die Freigrenzen nicht wesentlich überschreiten und für die eine Dekontamination nicht möglich bzw. nicht effizient durchführbar ist. Bei solchen Materialien wird – je nach der nuklidspezifischen Zusammensetzung der Aktivierung bzw. Kontamination – der radioaktive Zerfall, also das Abklingen der Aktivität, ausgenutzt.

Durch die Abklinglagerung wird die Freigabe der Materialien zu einem späteren Zeitpunkt erreicht. Der Anfall radioaktiven Abfalls und somit der Bedarf an Lagervolumen im geologischen Tiefenlager wird deutlich reduziert. Abklinglagerung ist eine Methode, die dem übergeordneten Grundsatz der Minimierung radioaktiver Abfälle gemäss KEG Art. 30 [1] Rechnung trägt und entsprechend als Entsorgungsziel definiert ist.

Die sich derzeit in Revision befindende Strahlenschutzverordnung beinhaltet Vorgaben zur Abklinglagerung. Diese Vorgaben gelten für radioaktive Materialien, deren Aktivität aufgrund des radioaktiven Zerfalls spätestens 30 Jahre nach dem Ende ihrer Verwendung soweit abgeklungen ist, dass sie nach erfolgter Freigabe in den konventionellen Materialkreislauf überführt werden können. Bis zum Erreichen dieses Zeitpunkts sollen diese Materialien anforderungsgerecht gelagert werden und sie sind von den radioaktiven Abfällen zu trennen.

Bei den Materialien, die nach Revision der Strahlenschutzverordnung und Anpassung der Freigrenzen für eine Abklinglagerung infrage kommen, handelt es sich ausschliesslich um sehr schwach radioaktives Material. Gemäss aktuell gültiger Strahlenschutzverordnung könnte ein Grossteil dieser Materialien zum heutigen Zeitpunkt freigemessen werden. Den Hauptanteil dieser Materialien bilden Metalle und Bauschutt.

Die Materialien für die Abklinglagerung werden gekennzeichnet, verpackt und getrennt von radioaktiven Abfällen aufbewahrt. Materialart, -massen, vorgesehene Abklingdauer sowie die Ergebnisse der Messungen, auf deren Basis die Freigabe nach Ablauf der ausgewiesenen Abklingdauer erfolgt, werden dokumentiert. Technisch existieren zur Abklinglagerung keine Hindernisse. Bereits heute wird Abklinglagerung als bewährte Methode zur Rezyklierung und zur Freigabe von Materialien und Minimierung von radioaktiven Abfällen angewandt. Der Sicherung der Materialien zur Abklinglagerung vor Entwendung sowie unbefugter Einwirkung von aussen wird anforderungsgerecht Sorge getragen.

Die BKW strebt Abklinglager an einem oder mehreren Standorten ausserhalb des Kraftwerksareals an. Aufgrund geringerer sicherheits- und sicherungstechnischer Anforderungen an ein Abklinglager im Vergleich zu einer Kernanlage erarbeitet BKW aktuell Kriterien zur Bestimmung geeigneter Standorte. Die finale Planung und die Bestimmung des Aufbewahrungsorts können jedoch erst erfolgen, wenn nach der Inkraftsetzung der sich derzeit in Revision befindenden Strahlenschutzverordnung die entsprechenden gesetzlichen Vorgaben abschliessend vorliegen.

Materialien, die auch unter Berücksichtigung einer allfälligen Abklinglagerung radiologisch nicht freigegeben und somit nicht weiter verwendet werden können, sind gemäss KEG Art. 3 [1] radioaktive Abfälle. Das Verfahren zur Konditionierung und die Entsorgung der radioaktiven Abfälle sind in Kapitel 8 beschrieben.

Radiologische Freigabe

Die Verfahrensschritte der radiologischen Freigabe gelten für alle Materialien aus den Stilllegungsarbeiten. Das radiologische Freigabekonzept beinhaltet die Anforderungen und die Vorgehensweise, um das radiologisch freigemessene Material einschliesslich konventionellem Abfall aus dem Geltungsbereich der Strahlenschutzgesetzgebung zu entlassen. Das Verfahren basiert auf dem bereits heute angewandten radiologischen Freigabeverfahren und wird den Anforderungen der Stilllegung entsprechend angepasst.

Gemäss Richtlinie Freimessung von Materialien und Bereichen aus kontrollierten Zonen ENSI-B04 [21] wird für das Entfernen von Materialien aus der Kontrollierten Zone im Zuge des radiologischen Freigabeverfahrens festgelegt:

- welche Materialien ausserhalb des Geltungsbereichs der Strahlenschutzverordnung (StSV) [14] vor einer Verwendung, Verwertung, Beseitigung, Lagerung oder vor einer Weitergabe an Dritte auf eine Aktivierung oder Kontamination zu prüfen sind (Auswahlverfahren)
- die messtechnische Nachweisführung und die dazu verwendeten Messgeräte sowie die Dokumentation der Ergebnisse

Für die Stilllegungsarbeiten werden im Laufe des radiologischen Freigabeverfahrens u.a. folgende Messverfahren eingesetzt:

- Gesamt-Gamma-Freimessanlage
- Gammaspektrometrie an Proben
- In-situ-Gammaspektrometrie
- Direktmessungen mit Oberflächenkontaminationsmonitoren
- Dosisleistungsmessungen

Auf Basis der Entsorgungsplanung erfolgen die Auswahl der Messtechnik zum Nachweis der Grenzwertunterschreitung sowie die Anforderungen zur Nuklidvektorfestlegung (Leit- und Schlüsselnuclide). Der Nachweis der Grenzwertunterschreitung ergibt sich aus dem Produkt mehrerer aufeinander angeordneter Messungen.

Für die aus einem Freigabeprozess anfallenden Materialmengen von mehr als 1 Mg oder mehr als 1 m³ erfolgt nach der radiologischen Freimessung eine schriftliche Meldung an die Aufsichtsbehörde. Diese erfolgt mindestens 10 Arbeitstage vor dem Abtransport vom Kraftwerksgelände auf Basis der Mustervorlage Freimessprotokoll aus Richtlinie ENSI-B04 Anhang 5 [21]. Mit dem Freimessprotokoll wird die Meldepflicht gemäss Art. 53 Kernenergieverordnung (KEV) [6] erfüllt. Hieraus abgeleitet können vor dem Abtransport Inspektionen und allenfalls Kontrollmessungen durch die Aufsichtsbehörde erfolgen.

Die zeitnahe radiologische Freigabe der Materialien und Abfälle ist für einen reibungs- und störungsfreien Materialfluss vom Areal von ausschlaggebender Bedeutung. Mit dem Verlassen des Areals erfolgt die formelle Übernahme des radiologisch freigemessenen Materials durch den Entsorger. Die Dokumentation wird mit dem Eintrag des Entsorgers mit dem Datum des Abtransports abgeschlossen.

Das detaillierte Vorgehen zur Inaktiv-Freimessung einschliesslich qualitätssichernder Massnahmen und Dokumentation (Verfahrensqualifizierung) wird gemäss ENSI-G17 [30] im Aufsichtsverfahren zur Freigabe eingereicht.

Mengengerüst und Ströme von Materialien

Die bisherige Planung und Abschätzung ergeben unter Berücksichtigung der Strategie zur Materialbehandlung und Entsorgung die in den nachfolgenden Abbildungen dargestellten Mengengerüste (s. Abbildung 7-14) und Ströme von Materialien (s. Abbildung 7-15).

Entsorgungsgesamtmasse des KKM	
Gesamt	196'700 Mg
Gebäudestruktur	181'900 Mg
Einrichtungen	13'700 Mg
Zusatzmassen/Sekundärabfälle	1'100 Mg

Umfang Stilllegungsverfügung	
Gesamt	19'900 Mg

Kontrollierte Zone		Ausserhalb Kontrollierter Zone	
Radioaktive Materialien und Abfälle (zu behandeln, d.h. freizugeben oder zu konditionieren)			
Gesamt	16'000 Mg		
Gebäudestruktur (Biologischer Schild)	1'400 Mg		
Gebäudestruktur (Drywell Bauschutt)	2'300 Mg		
Gebäudestruktur (Oberflächenabtrag)	1'400 Mg		
Einrichtungen	9'800 Mg		
Zusatzmassen	800 Mg		
Sekundärabfälle	300 Mg		
Radioaktiver Abfall			
Gesamt	2'900 Mg		
Gebäudestruktur (Biologischer Schild)	400 Mg		
Gebäudestruktur (Drywell Bauschutt)	100 Mg		
Gebäudestruktur (Oberflächenabtrag)	400 Mg		
Einrichtungen ohne Behandlung	1'600 Mg		
Einrichtungen nach Dekontamination	-		
Zusatzmassen ohne Behandlung	100 Mg		
Zusatzmassen nach Dekontamination	-		
Sekundärabfälle	300 Mg		
Radiologische Freigabe			
Gesamt	13'100 Mg		
Gebäudestruktur (Biologischer Schild)	1'000 Mg		
Gebäudestruktur (Drywell Bauschutt)	2'200 Mg		
Gebäudestruktur (Oberflächenabtrag)	1'000 Mg		
Einrichtungen ohne Dekontamination	2'100 Mg		
Einrichtungen nach Dekontamination	6'100 Mg		
Zusatzmassen ohne Behandlung	300 Mg		
Zusatzmassen nach Dekontamination	400 Mg		
		Nicht radioaktive Materialien und Abfälle	
		Gesamt	3'900 Mg
		Einrichtungen ¹	3'900 Mg

Umfang 2. Verfahren / konventioneller Abbruch	
Gesamt (nur Gebäudestruktur)	176'800 Mg

1) Ggf. erst Bestandteil des 2. Verfahren / konventioneller Abbruch

Abbildung 7-14: Stoffströme und Mengengerüst

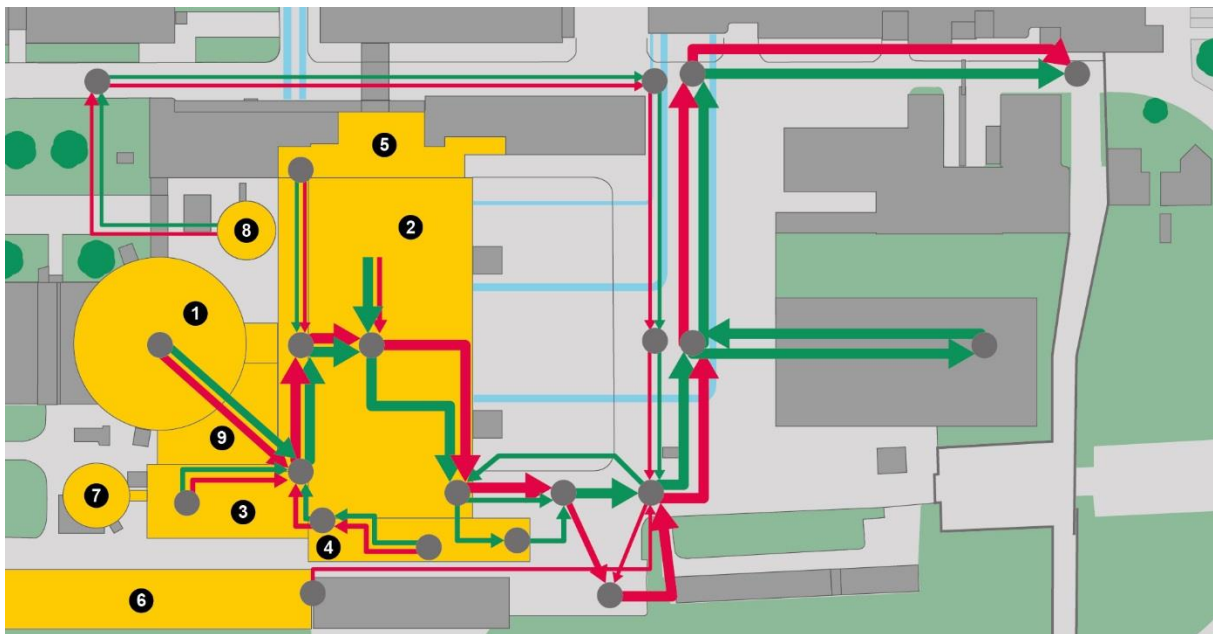
Die anfallenden Massen bis zum Erreichen des Stilllegungsziels belaufen sich maximal auf etwa 19'900 Mg. Davon stammen 16'000 Mg aus der Kontrollierten Zone und enthalten Teile der Gebäudestrukturen (Biologischer Schild, Drywell Bauschutt und Oberflächenabtrag), Einrichtungen sowie beim Rückbau eingebrachte Sekundär- und Zusatzmassen. Von diesen radioaktiven Materialien und Abfällen kann der grösste Teil, ca. 13'100 Mg, der radiologischen Freimessung zugeführt und freigegeben werden. Diese beinhalten gemäss aktuellem Wissensstand ca. 2'500 Mg sehr schwach radioaktive Materialien, die einer Abklinglagerung bis längstens 30 Jahre zugeführt werden. Der restliche Teil mit ca. 2'900 Mg ist als radioaktiver Abfall zu entsorgen. Hinzu kommen maximal weitere ca. 3'900 Mg aus dem Rückbau von Einrichtungen in den Bauten ausserhalb der Kontrollierten Zone.

Der Rückbau von konventionellen Einrichtungen erfolgt im Rahmen der Stilllegungsverfügung soweit technisch sinnvoll. Mindestens die für die Infrastruktur nötigen Einrichtungen, beispielsweise Personalrestaurant und Verwaltungsgebäude, werden voraussichtlich bis zum zweiten Verfahren erhalten bleiben. Dabei handelt es sich um einen relativ kleinen Teil der insgesamt ca. 3'900 Mg an konventionellen Einrichtungen.

Im Rahmen des zweiten Verfahrens ergibt sich beim konventionellen Abbruch eine Rückbaumasse von 176'800 Mg aus Gebäudestrukturen. Die Gebäudestrukturen setzen sich aus denen der Gebäudegruppen ausserhalb der Kontrollierten Zone sowie dem radiologisch freigebaren Anteil der Gebäudestrukturen der ehemaligen Kontrollierten Zone zusammen.

Die Entsorgungsgesamtmasse des KKM beläuft sich somit auf ca. 196'700 Mg. Sie setzt sich aus der Masse der Gebäudestrukturen, der Masse der Einrichtungen sowie den beim Rückbau eingebrachten Sekundär- und Zusatzmassen zusammen.

Abbildung 7-15 zeigt schematisch die Ströme der radiologisch freigebaren Materialien (grün) sowie der radioaktiven Abfälle (rot) aus der Kontrollierten Zone. Der grösste Strom stellt sich aus dem Reaktorgebäude über das Maschinenhaus ein. Ein ähnlicher Strom ergibt sich im Maschinenhaus, wobei der Anteil radioaktiver Abfälle wesentlich geringer ist. Die restlichen Ströme stammen aus den restlichen Gebäuden der Kontrollierten Zone.



- | | | | |
|---|---------------------------------|---|--|
| 1 | Reaktorgebäude (RG) | 6 | Zwischenlager für radioaktive Abfälle (ZL) |
| 2 | Maschinenhaus (MH) | 7 | Hochkamin (KA) |
| 3 | Aufbereitungsgebäude (AG) | 8 | Kalkondensatbehälter (KB) einschliesslich Keller |
| 4 | Maschinenhaus Anbau Süd | 9 | Umrichterhalle (UH) / Lagerplatz (LLS) |
| 5 | Teile des Betriebsgebäudes (BG) | | |

Abbildung 7-15: Ströme der radiologisch freigebaren Materialien sowie der radioaktiven Abfälle

7.2.10 Demontage Einrichtungen konventioneller Bereich (FP 10)

Im Funktionalen Paket 10 wird die Demontage von Einrichtungen im konventionellen Bereich beschrieben. Der Rückbau von nicht mehr benötigten Einrichtungen in den Gebäuden ausserhalb der Kontrollierten Zone sowie auf dem Areal des KKM wird ebenso in Gebäude, Gebäudeebenen und Gebäudebereiche unterteilt. Zum heutigen Planungszeitpunkt ergeben sich folgende Demontepfade:

- Demontepfad SUSAN-Gebäude
- Demontepfad Pumpenhaus (PH) / Ein- und Auslaufbauwerk
- Demontepfad Betriebsgebäude / Kontrollierte Zone (BG)
- Demontepfad Areal einschliesslich Halle TA

7.3 Radiologische Anlagencharakterisierung

Die Erreichung des optimalen Entsorgungsziels über die Auswahl der dazu nötigen Behandlungen ist primär vom radiologischen Zustand (Aktivierung, Kontamination) der Einrichtungen aber nur sekundär von Grössen wie z.B. der Masse oder der Materialart abhängig. Die radiologische Charakterisierung ist für eine zielführende Rückbauplanung unerlässlich und von der Richtlinie ENSI-G17 [30] gefordert.

Die radiologische Charakterisierung ist vom Fortschritt der Stilllegungsarbeiten und dem damit zusammenhängenden Anlagezustand abhängig und wird deshalb kontinuierlich über die gesamte Stilllegung nachgeführt, zum Teil aktualisiert und dokumentiert. Im Vorfeld zur Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) kann die radiologische Charakterisierung des Ausgangszustands zum Teil durchgeführt werden. Nach der EELB und dem Abklingen der kurzlebigen Nuklide kann die Charakterisierung der restlichen Bereiche, z.B. Drywell und Kondensation, durchgeführt werden. Während der Vorbereitenden Massnahmen im Maschinenhaus und der Etablierung des Technischen Nachbetriebs im Reaktorgebäude werden Proben an bis dahin sicherheitstechnisch relevanten Einrichtungen (z.B. Reaktor bzw. Komponenten des Maschinenhauses) genommen. Während der Aufrechterhaltung des Technischen Nachbetriebs sowie des Rückbaubetriebs werden die für die Demontage in dem jeweiligen Zeitabschnitt vorgesehenen Einrichtungen und Gebäudeteile kontinuierlich weiter beprobt, charakterisiert und dokumentiert. Anhand der Charakterisierungsergebnisse werden die möglichen Entsorgungsziele für die demontierten Komponenten vorgeschlagen und die entsprechenden Behandlungsschritte festgelegt.

Die radiologische Charakterisierung der Anlage umfasst und dokumentiert alle relevanten Daten z.B. Aktivierung, Kontamination sowie Dosisleistung und wird an Einrichtungen sowohl im Einbauzustand als auch nach dem Rückbau im ausgebauten Zustand durchgeführt. Die radiologische Systembewertung basiert auf aktuellen nuklidspezifischen Analysen (γ -Spektroskopie), Kontaminations- und Dosisleistungsmessungen sowie der Betriebshistorie. Die nuklidspezifischen Analysen an Einrichtungen und Gebäuden ermöglichen die Ermittlung der Nuklidverteilung (Art, Menge), woraus Nuklidvektoren abgeleitet werden. Die Nuklidvektoren dienen als Grundlage zur Bewertung der demontierten Einrichtungen und Gebäudestrukturen.

Zur Charakterisierung des Ausgangszustands werden soweit möglich vorhandene Daten aus dem Leistungs- bzw. Revisionsbetrieb verwendet wie z.B. Dosisleistungs- und Kontaminationskataster aus der betrieblichen Überwachung. Daneben werden stilllegungsbegleitend weitere notwendige Daten erhoben. Messungen (in situ γ -Spektroskopie, Dosisleistungsmessungen usw.) werden unter Berücksichtigung der Untergrundstrahlung, der Beaufschlagung von Systemen mit Betriebsmedien sowie der Art und Geometrie der zu charakterisierenden Einrichtungen durchgeführt. Ist der Direktnachweis der Radioaktivität nicht möglich, werden indirekte Messungen wie Material- oder Medienproben (Kratzproben, Bohrkerne für Tiefenprofile, Wischtestproben usw.) durchgeführt. Messungen und Probenahmen werden in der Regel an Orten mit der am höchsten zu erwartenden Radioaktivität

(z.B. an Rohrbögen, Siphons, Armaturen usw.) oder in Bereichen mit im Leistungsbetrieb signifikanter Neutronenbestrahlung genommen. Der Umfang richtet sich nach der Höhe der zu erwartenden Radioaktivität sowie der Homogenität der Verteilung.

Verfahren ohne Direktnachweis sind ebenfalls möglich, wenn aufgrund der Betriebshistorie und anhand von Referenzdaten der radiologische Zustand plausibel nachgewiesen werden kann, ohne dass detaillierte Messungen vorgenommen werden. Die Durchführung der radiologischen Charakterisierung wird vorab unter Berücksichtigung der relevanten Kriterien festgelegt, die Ergebnisse werden dokumentiert und für die Planung der Rückbauvorhaben zugrunde gelegt. In der Regel wird vor einer umfangreichen Charakterisierung des radiologischen Zustands ein radiologisches Mess- und Probenahmeprogramm erstellt, das die wesentlichen Parameter der Charakterisierung und der Dokumentation beschreibt. Hierdurch werden die Reproduzierbarkeit der Prozesse zur radiologischen Bewertung der Messungen, der Probenahmen und der sonstigen Massnahmen gewährleistet.

Die Datenerfassung des radiologischen Inventars basiert auf der Abschätzung der Aktivierung und auf bisherigen Kenntnissen zu Kontaminationen.

Ausserhalb des Drywell ist die Radioaktivität hauptsächlich durch Kontamination bedingt. Es handelt sich dabei um radioaktive Verunreinigungen, die während des Leistungsbetriebs aus den Systemen des Wasser-Dampf-Kreislaufs stammen. Diese radioaktiven Partikel können zudem durch Tätigkeiten an den kontaminierten Systemen (Revision, Reparaturen) in die Räume der Kontrollierten Zone gelangen. Wird die Kontamination über Aerosole (Dämpfe, Nebel usw.) getragen, so spricht man von luftgetragener Kontamination, die sich auf den Oberflächen von Einrichtungen und Gebäuden wiederfindet und sich meist leicht entfernen lässt. Wird die Kontamination durch Wasser getragen, so wird zunächst die Kontamination auf den inneren Flächen der Leitungen und Komponenten verteilt, kann jedoch mit dem Wasser beim Entleeren oder bei Leckagen auch in Gebäudestrukturen eindringen.

Die Systeme und Räume der Kontrollierten Zone des KKM wurden entsprechend der Art ihrer Kontamination in folgende Kategorien eingeteilt:

- Nicht kontaminiert
- Leicht dekontaminierbar
- Mittelschwer dekontaminierbar
- Schwer dekontaminierbar
- Sehr schwer dekontaminierbar

Bau- und Systemteile, die während des Leistungsbetriebs der Neutronenstrahlung des Reaktors ausgesetzt sind, werden je nach Intensität der Strahlung aktiviert. Dies betrifft vor allem die Kerneinbauten, den Reaktordruckbehälter (RDB) selbst, das Biologische Schild sowie Teile der Drywell-Einbauten und der Drywell-Wand.

Die Bestimmung der Aktivierung erfolgte auf Basis von Simulationsrechnungen, die mittels zweier Messkampagnen im Drywell qualitativ verifiziert wurden. In Abbildung 7-16 wurden die berechneten aktivierten Segmente des RDB, des Biologischen Schields und der Drywell-Wand in Aktivierungsgebiete zusammengefasst.

Die Farbskala bezieht sich auf den berechneten Aktivierungsgrad zum Zeitpunkt der Abschaltung des Reaktors und ist wie folgt definiert:

- Rot: Komplett oberhalb der Freigrenze
- Orange: Stahlarmierung oberhalb der Freigrenze, Beton unterhalb der Freigrenze nach 30 Jahren
- Gelb: Stahlarmierung oberhalb der Freigrenze, Beton unterhalb der Freigrenze
- Blau: Stahlarmierung unterhalb der Freigrenze nach 30 Jahren, Beton unterhalb der Freigrenze
- Grün: Komplett unterhalb der Freigrenze

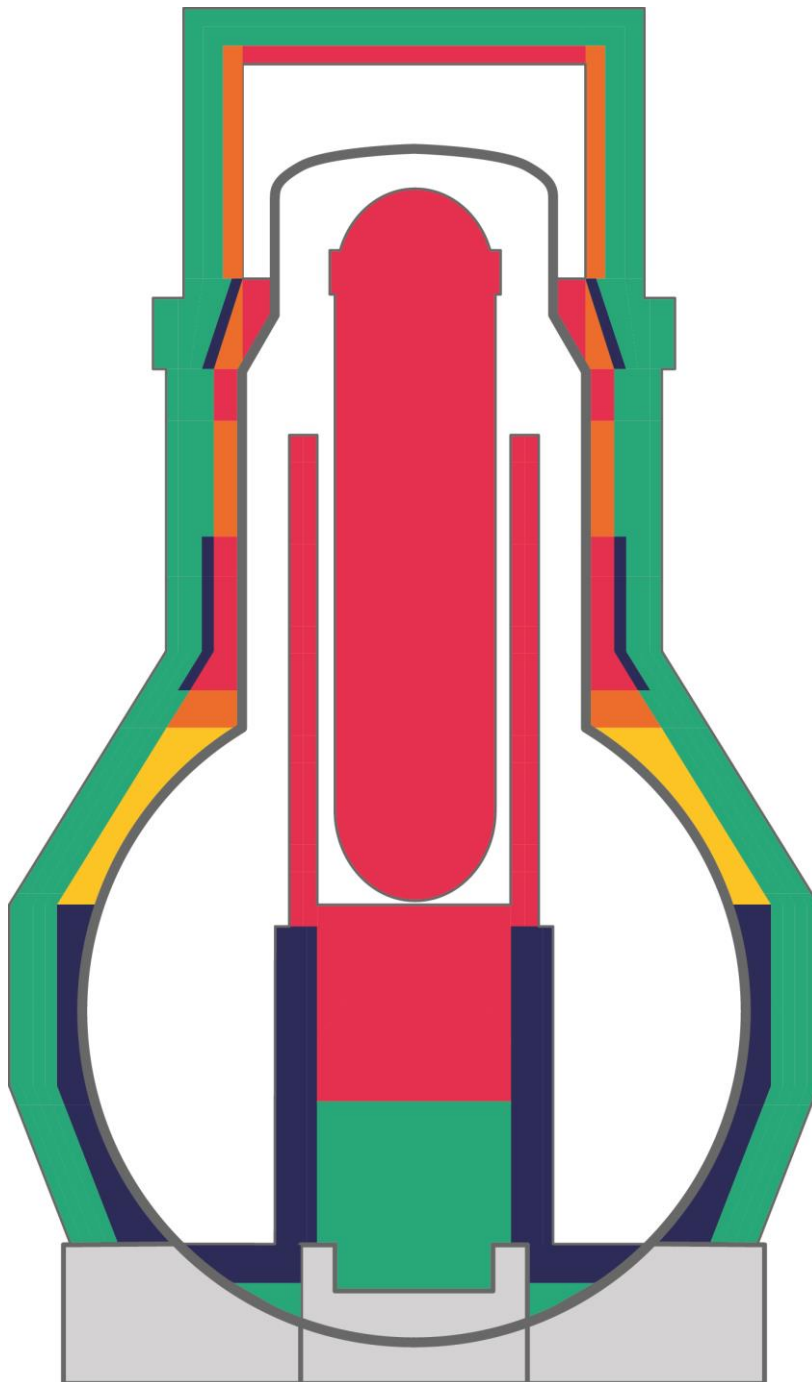


Abbildung 7-16: Erwartete aktivierte Bereiche unter Berücksichtigung des Entwurfs zur Revision der StSV (Stand Oktober 2015)

Pro Aktivierungsbereich wurde die mittlere, nuklidbezogene Aktivität ermittelt (s. Tabelle 7-1). Als Ergebnis der Analyse ergibt sich, dass die äusseren Betonstrukturen des Drywell erwartungsgemäss der radiologischen Freigabe zugeführt werden können. Die inneren Betonstrukturen sowie der Stahl liner des Drywell werden im Rahmen detaillierter Probenahmen nach EELB entsprechend ihrer Aktivierung den jeweiligen Entsorgungszielen gemäss Kapitel 7.2.9.2 zugeordnet. Der Reaktordruckbehälter inklusive Kerneinbauten sowie das Biologische Schild müssen aus heutiger Sicht als radioaktiver Abfall entsorgt werden. Die Ergebnisse werden durch Probenahmen nach EELB verifiziert.

Die Aktivierungsberechnungen erfolgten exemplarisch für Abklingzeiten von 10 bzw. 30 Jahren nach Abschaltung des Reaktors unter Berücksichtigung der neuen Freigrenzen aus dem Entwurf zur Revision der Strahlenschutzverordnung (Stand Oktober 2015). In Tabelle 7-1 sind für einige aktivierte RDB-Komponenten und für Bereiche des Biologischen Schields sowie des Drywell die minimale und maximale Co-60 Aktivität (stilllegungsrelevantes Nuklid) dargestellt, wie sie sich aus den Aktivierungsberechnungen ergeben.

Komponente	Basis: 10 Jahre nach letzter Kritikalität		Basis: 30 Jahre nach letzter Kritikalität	
	Min. Aktivierung des Leitnuklids Co60 (Bq/g)	Max. Aktivierung des Leitnuklids Co60 (Bq/g)	Min. Aktivierung des Leitnuklids Co60 (Bq/g)	Max. Aktivierung des Leitnuklids Co60 (Bq/g)
Reaktordruckbehälter-Einbauten				
Dampftrockner	9,50E+00	1,90E+01	6,80E-01	1,40E+00
Wasserabscheider	5,80E+01	9,30E+05	4,20E+00	6,70E+04
Oberes Kernführungsgitter	1,30E+08	3,00E+08	9,70E+06	2,20E+07
Kernmantel	9,40E+07	9,40E+07	6,80E+06	6,80E+06
Wasserstrahlpumpen	1,90E+07	2,10E+07	1,40E+06	1,50E+06
Untere Kernstützplatte	6,50E+06	9,90E+07	4,70E+05	7,10E+06
Reaktordruckbehälter				
Behälter (Plattierung)	8,90E+00	1,80E+05	6,50E-01	1,30E+04
Isolierung	2,30E+01	2,20E+04	1,70E+00	1,60E+03
Deckel	4,60E+00	4,60E+00	3,40E-01	3,40E-01
Biologischer Schild				
Beton	9,80E-02	9,00E+02	7,10E-03	6,50E+01
Liner	1,90E+00	3,00E+04	1,40E-01	2,10E+03
Drywell-Wand				
Beton	2,20E-02	2,50E-01	1,60E-03	1,80E-02
Armierung	1,10E+00	1,20E+01	7,90E-02	8,40E-01
Drywell-Schale	2,30E+00	3,00E+01	1,60E-01	2,20E+00

Tabelle 7-1: Eingangsdaten Aktivierungsbereiche Reaktordruckbehälter, Biologischer Schild und Drywell

7.4 Transportlogistik und Lagerflächen

Ziel der Logistik im kerntechnischen Rückbau des KKM ist das Optimieren der Demontage-, der Materialbehandlungs- und der Entsorgungsprozesse sowie die Koordination des Massen- und Informationsflusses. Der Materialfluss beginnt bei der Demontage von Anlageteilen und endet mit dem Abtransport von Material zu externen Entsorgungsanlagen oder der Verbringung von radioaktiven Abfällen in eine andere Kernanlage. Die abgestimmte Logistik optimiert das Handling der zu bearbeitenden Teile und minimiert dadurch die Zahl der Transporte (intern und extern).

Im Folgenden wird näher auf die externen Transporte eingegangen. Das durchschnittliche Transportaufkommen während der Stilllegung wird voraussichtlich in etwa demjenigen des Leistungsbetriebs entsprechen. In den ersten Jahren (Stilllegungsphase 1) ist das gesamte Transportaufkommen stabil und vergleichbar mit dem des Leistungsbetriebs, d.h. ca. 15 – 20 LKW-Fahrten pro Tag (Zu- und Wegfahrten). Ab Kernbrennstofffreiheit (Stilllegungsphase 2) ist mit einer leichten Zunahme der LKW-Bewegungen auf ca. 20 – 25 Fahrten pro Tag und in der Stilllegungsphase 3 mit einer leichten Abnahme auf ca. 10 – 15 LKW-Fahrten pro Tag zu rechnen. Etwa die Hälfte aller LKW-Fahrten sind Entsorgungstransporte, die andere Hälfte sind Fahrten für die Versorgung des Standorts (z.B. Personalrestaurant).

In den gesamten LKW-Bewegungen sind die Transporte grosser Einzelkomponenten (s. Kapitel 7.5) sowie die Radioaktivtransporte (s. Kapitel 8.8) berücksichtigt.

Die BKW wird während der gesamten Stilllegung die Zahl der durchzuführenden Transporte auf ein notwendiges Minimum reduzieren. Massnahmen dazu sind namentlich:

- Optimieren der Versorgungsabläufe des Standorts
- Weitestgehendes Vermeiden von Leerfahrten
- Festlegen geeigneter Transportrouten, um die Belastung der Anrainer so gering wie möglich zu halten

Zusätzlich zur Planung der externen Transportabläufe werden die internen logistischen Abläufe gezielt aufeinander abgestimmt. Darauf wird im Folgenden eingegangen.

Im Wesentlichen setzen sich die logistischen Abläufe wie folgt zusammen:

- Bereitstellen des demontierten Materials am Ausbauort
- Abtransport zur Pufferfläche oder Materialbehandlung
- Handling innerhalb der Materialbehandlung (Transport, Pufferung)
- Transport des behandelten Gebindes zur orientierenden Messung bzw. des konditionierten radioaktiven Abfalls zur Messung
- Transport des Materials zur radiologischen Freigabe (Halle TA) bzw. des verpackten gemessenen radioaktiven Abfalls
- Pufferung, Handling und Entscheidungsmessen (Halle TA) oder Pufferung der Abfallgebinde vor Transport in die Anlagen der Zwiilag
- Fertigstellung der Dokumentation zur Freigabe

Für die Bewältigung der anfallenden Demontagemassen bedarf es der Schaffung ausreichender Bereitstellungsräume, Pufferflächen sowie sinnvoll ausgelegter und definierter Transportöffnungen und Transportwege, die Schwankungen im Materialfluss aufnehmen können. Ausschlaggebend für die Dimensionierung der einzelnen Arbeits- und Lagerflächen ist

- die Verteilung der Entsorgungsmasse über die Stilllegungsdauer
- die Behandlungsgeschwindigkeit und -art
- die Transportmöglichkeiten und -dauer
- die zur Verfügung stehenden Pufferflächen über die Stilllegungsdauer

Die heutige Planung sieht Pufferflächen inner- und ausserhalb der Kontrollierten Zone vor. Innerhalb der Kontrollierten Zone sind Pufferflächen im Reaktorgebäude und im Maschinenhaus geplant. Ausserhalb der Kontrollierten Zone sind Stellplätze für Container sowie Pufferflächen für freigabefähiges und freigegebenes Material in der Halle TA vorgesehen. Dadurch werden Materialstaus verhindert und die Materialbehandlung von der Demontage entkoppelt. Neben den genannten Pufferflächen im Reaktorgebäude (RG) und Maschinenhaus (MH) wird jede Behandlungsstation mit einem ausrei-

chenden Ein- und Ausgangspuffer ausgestattet, so dass die Arbeitsstationen der Behandlungseinrichtungen ebenfalls voneinander entkoppelt sind und zusätzlich zu einem kontinuierlichen Materialfluss beitragen. Um Engpässen im Transport vorzubeugen, sind nach heutiger Planung ausreichende Einrichtungen für Vertikaltransporte (Hebezeuge, Transportschächte, Kräne usw.) sowie Horizontaltransporte (Stapler, Hubwagen usw.) vorgesehen. Speziell der Transport grosser Einzelkomponenten erfordert die exakte Planung von Transportwegen (Lichtraummasse, Schleusenabmessungen) oder die Schaffung entsprechender Möglichkeiten (Decken- und Wanddurchbrüche).

Zentraler Bestandteil der Logistik ist die Dokumentation des Materialflusses sowohl innerhalb als auch ausserhalb der Kontrollierten Zone. Dokumentiert wird der Verlauf des Materials, welches das Areal verlässt (Freigabe, radioaktive Abfälle) und des Materials, das für den Rückbau benötigt (Sekundär- und Zusatzmassen: Geräte, Werkzeuge, Verbrauchsmaterial usw.) und deshalb auf das Areal gebracht wird.

Zu den Aufgaben der Logistik gehören die Steuerung, Kontrolle und Optimierung sowie die Durchführung von:

- Transport-, Umschlags- und Lagervorgängen
- Bereitstellen und Verteilen von Material
- Informationsverwaltung und Aktualisierung der Demontage-, Sekundär- und Zusatzmassendaten

7.5 Transport und Behandlung grosser Einzelkomponenten

Grosse Einzelkomponenten können nach der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) demontiert, transportgerecht verpackt, vom Areal gebracht und ggf. extern behandelt werden. Das Verfahren eignet sich z.B. für Generatorteile, Turbinenteile und Behälter (Vorwärmer usw.) aus dem Maschinenhaus.

Die externe Behandlung schliesst die Zerlegung (Sägen, Brennen usw.) und die Dekontamination (Mediumstrahlen, Schmelzen usw.) der Komponenten ein. Der Transport grosser Einzelkomponenten findet nach internationalen Transport- und Gefahrgutvorschriften statt. Zum Einsatz kommen für die Grösse und das Gewicht geeignete Schwerlastfahrzeuge. Je nach Möglichkeit und Ort der externen Behandlung kann ein weiterer Transport via Bahn oder Schiff nötig sein.

Der Grossteil des Materials ist nach durchgeführter Behandlung durch externe Dienstleister der radiologischen Freigabe zuführbar. Der Freigabeprozess unterliegt den gesetzlichen Regelungen. Die bei der externen Behandlung entstehenden radioaktiven Abfälle (Strahlstäube, Schlämme, Schlacken/Aschen und Filterstäube usw.) werden am Standort der externen Behandlung gesammelt und an den Verursacher zur Entsorgung als radioaktiver Abfall zurückgeliefert.

Die Dienstleistung zur Behandlung von schwach kontaminierten grossen Einzelkomponenten wird derzeit hauptsächlich im Ausland angeboten. Die Möglichkeit der externen Behandlung im Ausland sowie der termingerechte Abtransport vom Areal müssen durch entsprechende internationale Vereinbarungen sichergestellt werden. Alternativ sind die Pufferung grosser Einzelkomponenten auf dem Areal des KKM und eine spätere Verarbeitung im Maschinenhaus möglich.

In der Stilllegung werden nach derzeitigem Planungsstand maximal zehn Schwerlasttransporte von schwach kontaminierten grossen Einzelkomponenten anfallen. Die Anzahl Schwerlasttransporte von nicht kontaminierten grossen Einzelkomponenten wird in einer vergleichbaren Grössenordnung liegen.

8 Behandlung und Entsorgung radioaktiver Abfälle

8.1 Übersicht radioaktive Abfälle

Gemäss Art. 51 der Kernenergieverordnung (KEV) [6] erfolgt die Einteilung der radioaktiven Abfälle in folgende Kategorien:

- Hochaktive Abfälle: ausgedienter Kernbrennstoff
- Alphatoxische Abfälle: Abfälle, deren Gehalt an Alphastrahlern den Wert von 20'000 Bq/g konditionierter Abfall übersteigt
- Schwach- und mittelaktive Abfälle: alle anderen radioaktiven Abfälle

Gemäss der Verordnung über die ablieferungspflichtigen radioaktiven Abfälle [16] müssen radioaktive von inaktiven Abfällen getrennt werden. Zudem sind für reaktive und toxische Abfälle, deren chemische Eigenschaften ein erhöhtes Gefahrenpotential bei der Sammlung, der Verpackung, dem Versand und der weiteren Verarbeitung darstellen, vor der Verpackung geeignete Schutzmassnahmen zu treffen.

Im Folgenden wird beschrieben, wie diese Vorgaben beim Rückbau von Einrichtungen des KKM umgesetzt werden. Im Rahmen des Stilllegungsprojekts KKM werden die Überlegungen in Form eines Entsorgungskonzepts detailliert und präzisiert. Das vorliegende Kapitel geht in Bezug auf das Entsorgungskonzept lediglich auf die Behandlung und Entsorgung radioaktiver Abfälle sowie Kernbrennstoffe ein.

Unter Berücksichtigung der sinkenden Freigabewerte aus dem Entwurf zur Revision der Strahlenschutzverordnung (Stand Oktober 2015) ist mit einer Erhöhung der radioaktiven Abfallmassen um ca. 7 % zu rechnen. Entsprechend ist zu erwarten, dass von der Gesamtmasse des KKM (ca. 196'700 Mg) ca. 2'900 Mg als radioaktiver Abfall zu entsorgen sind. Diese Angaben zeigen in einer ausreichenden Genauigkeit die zu erwartenden Massen auf. Die vorhandenen Zwischenlagerkapazitäten sind auch nach der Revision der Strahlenschutzverordnung ausreichend, um den anfallenden radioaktiven Abfall aufzunehmen. Auswirkungen auf das geologische Tiefenlager sind nicht zu erwarten.

Spätestens nach der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) erfolgt im Rahmen der radiologischen Anlagencharakterisierung eine weitere Konkretisierung der Massenangaben zum radioaktiven Abfall. Dabei werden Systembewertungen und die aktuellen nuklidspezifischen Analysen, Kontaminations- und Dosisleistungs-Messungen sowie die Betriebshistorie einschliesslich relevanter Vorkommnisse berücksichtigt.

Aus dem Leistungsbetrieb, dem Technischen Nachbetrieb und dem Rückbaubetrieb sowie der Stilllegung fallen verschiedene radioaktive Abfälle an. Sie werden über die ganze Dauer der Stilllegung abtransportiert. Insbesondere werden folgende radioaktiven Abfälle unterschieden:

- Betriebsabfälle aus dem Leistungsbetrieb, die bereits konditioniert sind und im KKM-Zwischenlager (ZL) auf ihren Abtransport in die Anlagen der Zwiilag warten
- Betriebsabfälle aus dem Leistungsbetrieb, die während der Stilllegung noch zu konditionieren sind, bevor sie in die Anlagen der Zwiilag abtransportiert werden können
- Betriebsabfälle aus dem Technischen Nachbetrieb (einschliesslich Etablierung) und Rückbaubetriebsabfälle

- Stilllegungsabfälle durch den Rückbau von Einrichtungen, aus der Demontage der originär vorhandenen Komponenten, der Sekundärabfälle und ggf. von benötigten Zusatzmassen

8.2 Reaktorabfälle

Als Reaktorabfälle werden ausgebaut, nicht wiederverwendbare, aktivierte Teile aus dem Reaktor-druckbehälter bezeichnet. Reaktorabfälle können während des Leistungsbetriebs, im Technischen Nachbetrieb oder beim Rückbau von Einrichtungen anfallen und entsprechend den Betriebs-, Nachbetriebs- oder Stilllegungsabfällen zugeordnet werden.

Grundsätzlich werden alle Reaktorabfälle, die im KKM bereits während des Leistungsbetriebs angefallen und konditioniert worden sind, den Betriebsabfällen zugeordnet.

8.3 Weitere Betriebsabfälle aus dem Leistungsbetrieb

Während des Betriebs fallen beispielhaft folgende radioaktive Betriebsabfälle an:

- Brennbare / Schmelzbare Mischabfälle
- Verbrauchte Ionenaustauscherharze

Diese sind nicht den Stilllegungsabfällen zugeordnet und werden separat betrachtet. Prinzipiell werden die Betriebsabfälle so weit als möglich bereits vor der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) konditioniert sowie aus dem Zwischenlager (ZL) des KKM in die Anlagen der Zwilag zur Zwischenlagerung überführt.

Ein Teil der Betriebsabfälle muss nach der EELB konditioniert und abtransportiert werden. Diese Abfälle werden analog den aus dem Leistungsbetrieb stammenden Abfällen behandelt.

8.4 Abfälle aus dem Technischen Nachbetrieb und Rückbaubetrieb

Die Nachbetriebs- und Rückbaubetriebsabfälle resultieren mittelbar aus dem Technischen Nachbetrieb und dem sich anschließenden Rückbaubetrieb des KKM. Daneben werden während des Rückbaus der Einrichtungen weitere radioaktive Abfälle entstehen bzw. aus einer Behandlung zurückgeführtes Material als radioaktive Abfälle zu entsorgen sein. Dazu gehören unter anderem:

- Dekontaminationsabfälle (Strahlmittel, Abfälle aus der Abwasseraufbereitung)
- Ionenaustauscherharze aus der Abwasseraufbereitung
- Sofern erforderlich Ionenaustauscherharze aus einer chemischen Systemdekontamination
- Rücknahme radioaktiver Abfälle aus externer Behandlung (z.B. aus dem Schmelzen)

Diese Abfälle stellen Nach- und Rückbaubetriebsabfälle dar und müssen konditioniert und entsorgt werden. Für die Konditionierung der Nach- und Rückbaubetriebsabfälle stehen die bewährten Verfahren aus dem Leistungsbetrieb zur Verfügung.

Für die Stilllegungsarbeiten müssen gegebenenfalls auch neue Verfahren aufgrund der Anpassung von betrieblichen Systemen oder Ersatzsystemen (zum Beispiel zur Dekontamination von Einrichtungen) zum Einsatz kommen. Die dabei entstehenden Abfälle sind einem genehmigten Abfallgebundety zuordnen. Sofern kein geeigneter und anwendbarer Abfallgebundety existiert, muss ein neuer spezifiziert und einem Typenprüfverfahren unterzogen werden. Aus Sicht der Abfallbehandlung wird die Tiefenlagerfähigkeit sichergestellt, indem neue geplante Behandlungsmethoden einer entsprechenden Qualifizierung unterzogen werden.

8.5 Abfälle aus dem Rückbau von Einrichtungen (Stilllegungsabfälle)

Die während des Rückbaus von Einrichtungen anfallenden radioaktiven Abfälle unterscheiden sich zum Teil in Menge, Aktivität sowie erforderlicher Behandlung und Bearbeitung von denen aus dem Leistungsbetrieb. Daher ist eine Einteilung dieser Abfälle wie folgt möglich:

- (Metallische) Komponenten, wie Pumpen, Antriebe, Gehäuse usw.
- Mischabfälle (brennbar, schmelzbar)
- Beton (kontaminiert und aktiviert), zum Beispiel aus dem Reaktorgebäude

Prinzipiell sollen radioaktive Materialien minimiert und wenn immer möglich, dekontaminiert und radiologisch freigegeben anstatt als radioaktive Abfälle entsorgt werden. Dennoch werden radioaktive Stilllegungsabfälle verbleiben und zwar

- wenn Massnahmen zur Dekontamination nicht zur Inaktivfreigabe führen
- als Produkt einer Dekontamination, Filter, verbrauchte Strahlmittel oder Schlämme aus Absetzungen
- aktivierte Materialien, die oberhalb der Freigrenzen liegen

Zudem werden radioaktive Abfälle mit konventionellen Nebengefahren anfallen und müssen entsorgt werden. Unter Kapitel 15 sind die Schadstoffe aufgeführt. Insbesondere mit kontaminiertem Asbest und PCB muss gerechnet werden, wobei diese in Bezug auf die insgesamt anfallenden Massen gering sind.

Eine Möglichkeit besteht darin, diese als Rohabfälle zu den Anlagen der ZwiIag zu transportieren, um sie dort weiterzubearbeiten. Dazu ist gegebenenfalls die Erstellung einer entsprechenden Abfallgebündetypenspezifikation erforderlich.

8.6 Verwendung von Abfallbehältern

Folgende Behältertypen sind derzeit für die Verpackung radioaktiver Abfälle vorgesehen:

- 200 I-Fässer (verschiedene Ausführungen für verschiedene Abfälle)
- Behälter Typ B(U) oder Typ B(M) (z.B. MOSAIK® für hochaktive Kerneinbauten)
- Container Typ LC 84 und LC 86

Container Typ LC 84 und LC 86 für Stilllegungsabfälle befinden sich in der Entwicklung. Diese Bauarttypen erfüllen hinsichtlich ihrer Abmessungen die Anforderungen an eine Stapelbarkeit im Zwischenlager der ZwiIag sowie an die spätere geologische Tiefenlagerung. Die Zulassung der LC-Behälter soll nach derzeitigem Planungsstand spätestens 2019 erfolgen und wird für die Stilllegung des KKM rechtzeitig zur Verfügung stehen.

Für Transporte von radioaktiven Abfallgebunden in 200 I-Fässern existieren bereits Typ A-Verpackungen, die sich im Eigentum des KKM befinden, so dass die Verfügbarkeit gewährleistet ist. Fässer mit höheren Aktivitätsgehalten, die nicht in Typ A-Verpackungen transportiert werden können, müssen in Typ B-Verpackungen transportiert werden. Deren Qualifizierung läuft derzeit.

8.7 Konditionierung radioaktiver Abfälle

Die Eigentümer einer Kernanlage sind gesetzlich verpflichtet, radioaktive Abfälle derart zu konditionieren, dass die resultierenden Abfallprodukte samt ihrer Verpackung als Einheit (Gebinde) ohne Eingriffe in ihre Integrität gehandhabt und den weiteren Entsorgungsschritten Transport, Zwischenlagerung und geologischer Tiefenlagerung zugeführt werden können.

Generell ist sicherzustellen, dass

- die Anforderungen an ein geologisches Tiefenlager erfüllt werden
- die radioaktive Abfälle transportiert werden können

Alle radioaktiven Abfälle werden heute entsprechend den Vorschriften der ENSI-Richtlinie HSK-B05 [32] konditioniert. Nur konditionierte Gebinde dürfen aktuell der Zwischenlagerung zugeführt werden. Als Konditionierung versteht sich die Gesamtheit der Operationen in der Behandlung, Dekontamination sowie Endbehandlung zur Erzeugung tiefenlagergerechter Abfallprodukte.

Die Konditionierung radioaktiver Abfälle beinhaltet entweder die Herstellung von Halbfabrikaten oder die direkte Konditionierung zu einem tiefenlagerfähigen Gebinde.

8.7.1 Einteilung

Während der Konditionierung zum tiefenlagerfähigen Gebinde, lassen sich die radioaktiven Abfälle entsprechend des erreichten Zustands wie folgt einteilen:

- Rohabfall
- Halbfabrikat
- Konditioniertes Gebinde

Die aus der Stilllegung resultierenden radioaktiven Abfälle stellen vorerst Rohabfälle dar. Beispielfähig sind hier Beton, Glas, Gummi, Kunststoffe (z.B. Polyamid und PVC) sowie Metalle zu nennen, die während den Stilllegungsarbeiten in den dafür vorgesehenen Abfallbehältern gesammelt werden.

Auf dem Weg zum tiefenlagerfähigen Gebinde kann es erforderlich sein, Halbfabrikate herzustellen. Als Halbfabrikate werden Gebinde bezeichnet, die noch nicht den Annahmebedingungen eines geologischen Tiefenlagers entsprechen. Dies sind im Wesentlichen Behälter mit brenn- und schmelzbaren Mischabfällen, die z.B. vom KKM zur Konditionierung in die Anlagen der Zwiilag verbracht werden. Die Zwiilag verarbeitet diese brenn- und schmelzbaren Mischabfälle in ihrer Plasmaanlage. Die Halbfabrikate werden durch das KKM gemäss den Annahmebedingungen der Zwiilag oder anderer Dienstleister hergestellt.

Konditionierte Gebinde sind Behälter mit verfestigten oder mineralisierten Abfällen, die entsprechend definierter Abfallgebindetypenspezifikationen (AGTS) (s. Kapitel 8.7.5) behandelt wurden und für die eine typbezogene Endlagerfähigkeitsbescheinigung (ELFB) durch die Nagra erteilt wurde sowie eine Typgenehmigung durch das ENSI vorliegt (Prüfung der AGTS und der ELFB).

8.7.2 Erzeugung konditionierter Abfallgebände im KKM

Innerhalb des KKM erfolgt die Erzeugung von tiefenlagergerechten Abfallgebänden in Form von 200 l-Fässern oder Lagerbehältern LC 84 und LC 86 in erster Linie durch Zementierung. Die hierbei in Form von 200 l-Fässern erzeugten Abfallgebände sind für die spätere geologische Tiefenlagerung (gTL) als Innenbehälter in speziellen Betoncontainern vorgesehen. Sie gelten aber gleichwohl als konditioniert.

Eine Zementierung von radioaktiven Abfällen in Lagercontainern (LC 84 und LC 86), die ohne weitere Umverpackung in das gTL eingelagert werden können, wird derzeit entwickelt (neue Abfallgebindetypenspezifikation). Dabei kann auf die Erfahrung des Betoncontainers KC-T12 zurückgegriffen werden. Dieser vom Paul-Scherrer-Institut und der Zwiilag eingesetzte Gebindetyp verfügt bereits über eine gültige Abfallgebindetypenspezifikation.

Für verbrauchte Ionenaustauscherharze sowie für das Zementieren zerlegter Reaktorabfälle wie z.B. Brennelementkästen existieren beim KKM aus dem Leistungsbetrieb genehmigte Abfallgebündetypenspezifikationen mit Endlagerfähigkeitsbescheinigungen. Die genehmigten Abfallgebündetypen finden auch für die Stilllegungsabfälle ihre Anwendung. Die zur Konditionierung im KKM vorhandenen Einrichtungen werden im Rahmen der Stilllegung des KKM weiter genutzt.

8.7.3 Erzeugung konditionierter Abfallgebünde in den Anlagen der Zwiilag

Im Rahmen der Stilllegungsarbeiten fallen brennbare Mischabfälle an. Die Verarbeitung der betrieblichen Mischabfälle aus dem Leistungsbetrieb der Schweizer Kernkraftwerke erfolgt heute durch die Plasmaanlage der Zwiilag im Rahmen einer jährlichen Kampagne. Eine Ausweitung auf zwei Kampagnen pro Jahr ist technisch möglich und in der Praxis erprobt. Engpässe durch eine gegebenenfalls erhöhte Mischabfallmenge sind nicht zu erwarten.

Des Weiteren existieren bei der Zwiilag Anlagen zur Konditionierung von Betonbehältern durch Zementierung. Die vorhandenen Konditioniereinrichtungen können voraussichtlich für die Lagercontainer LC 84 und LC 86 modifiziert werden, so dass die Konditionierungsaufgaben für das KKM im Anforderungsfall erfüllt werden.

8.7.4 Erzeugung konditionierter Abfallgebünde bei weiteren externen Auftragnehmern

Unter externen Auftragnehmern werden hier alle Dienstleister innerhalb und ausserhalb der Schweiz verstanden, die für das KKM Material- bzw. Abfallbehandlungen durchführen werden.

In der Vergangenheit haben die Schweizer Betreiber von Kernanlagen gemeinschaftlich Kampagnen zur Konditionierung radioaktiver Abfälle durchgeführt. In diesem Zusammenhang wurden beispielsweise radioaktive Abfälle aus dem KKM im Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) hochdruckverpresst. Entsprechende Abfallgebündetypenspezifikationen mit Endlagerfähigkeitsbescheinigungen bestehen bereits zum heutigen Zeitpunkt.

Radioaktive Abfälle, die bei Schmelzkampagnen durch externe Auftragnehmer im Ausland entstehen, werden zurückgenommen. Diese Abfälle werden – sofern dies nicht bei den Betreibern der Schmelzanlage im Ausland möglich ist – entweder im KKM oder vorzugsweise in den Anlagen der Zwiilag konditioniert.

8.7.5 Abfallgebündetypenspezifikation

Die Gesamtheit von Abfallgebünden mit vergleichbaren chemischen, physikalischen und radiologischen Eigenschaften sowie verfahrensgleicher Herstellung unter Verwendung eines einheitlichen Behälters wird als Abfallgebündetyp bezeichnet. Die Charakteristika eines Abfallgebündetyps einschliesslich des Herstellungsverfahrens und der zu treffenden, qualitätssichernden Massnahmen sowie der Anzahl der voraussichtlich herzustellenden Abfallgebünde sind in einer Abfallgebündetypenspezifikation zu beschreiben. Sind die Charakteristika vorläufig, wird die Abfallgebündetypenspezifikation als provisorisch bezeichnet.

Neben der Beschreibung des Konditionierverfahrens ist insbesondere der Rohabfall zu beschreiben. Hierzu sind folgende Angaben erforderlich:

- Materialien (möglichst einfache, chemisch definierte Bezeichnungen) und deren zu normierende Massenanteile
- Nuklide und deren spezifischen Aktivitäten
- Eigenschaften des Rohabfalls
- Angabe der chemischen Zusammensetzung und der Dichte

- Herkunft des Rohabfalls und Vorbehandlung
- Zusatzstoffe bei nachgewiesener Eignung
- Einbauten wie Rührer
- Behälter

Die für die Einlagerung und Entsorgung von radioaktiven Abfällen in Behälter des Typs B(U) (z.B. MOSAIK®) notwendige Abfallgebindetypenspezifikationen werden rechtzeitig für die Stilllegung zur Verfügung stehen. Diese werden unter Beibehaltung der bewährten Prozesse aus der Betriebszeit gemäss ENSI-Richtlinie HSK-B05 [32] erstellt.

8.8 Transporte radioaktiver Materialien

Die anfallenden radioaktiven Materialien und Abfälle werden vom Areal verbracht. Grundsätzlich sind folgende Transporte zu unterscheiden:

- Radioaktive Abfälle werden vom KKM in die Anlagen der Zwiilag transportiert und dort zwischengelagert, bis sie in ein geologisches Tiefenlager (gTL) eingelagert werden können.
- Grosse Einzelkomponenten werden zur Zerlegung und weiteren Behandlung mit dem Ziel der Freigabe vom Areal transportiert, z.B. zum Einschmelzen. Dabei entstehende radioaktive Abfälle müssen zurückgenommen werden (Konditionierung in den Anlagen der Zwiilag oder im KKM).

Solche Transporte sind bewilligungspflichtig und werden vorab terminiert. Die Gültigkeit einer Transportbewilligung durch das BFE ist zeitlich begrenzt. Mit ausreichendem Vorlauf und den Erfordernissen angepasst, wird die BKW regelmässig die entsprechenden Bewilligungen beantragen. Hierbei finden die einschlägigen Gesetze mit allen Auflagen und Berichterstattungen ihre Anwendung (Bewilligungen nach Gefahrgutgesetzgebung, Strahlenschutzgesetzgebung und Kernenergiegesetzgebung).

Während der Etablierung des Technischen Nachbetriebs ist im Mittel mit einem Radioaktivtransport pro Arbeitstag zu rechnen. Hierbei handelt es sich schwerpunktmässig um den Abtransport der radioaktiven Betriebsabfälle aus dem Zwischenlager am Standort sowie die Transporte schwach kontaminierter grosser Einzelkomponenten.

In Stilllegungsphase 1 wird im Mittel mit einer Erhöhung des Aufkommens für Radioaktivtransporte auf ein bis zwei Transporte pro Arbeitstag gerechnet. Die Transporte umfassen die radioaktiven Abfälle aus der fortgeführten Räumung des Zwischenlagers auf dem Areal des KKM, den Abtransport erster Abfälle aus der Stilllegung sowie den Abtransport sämtlicher Brennelemente in den dafür vorgesehenen Shuttle-Behältern. Die Leerfahrten der Shuttle-Behälter vom Zwiilag ins KKM werden ebenfalls zu den Radioaktivtransporten gezählt.

Vor Auszonung des Areals steigt das Transportaufkommen gemittelt über Stilllegungsphase 2 auf ca. drei Radioaktivtransporte pro Arbeitstag. Die Räumung des Zwischenlagers auf dem Areal des KKM ist plangemäss zu diesem Zeitpunkt abgeschlossen, ebenso die Abtransporte der Brennelemente. Nun bilden die Stilllegungsabfälle den Grossteil der Radioaktivtransporte. Diese stammen aus dem fortgeschrittenen Rückbau von Komponenten und Zusatzmassen sowie aus Abfällen der Dekontamination der Gebäudestrukturen. Zusätzlich fallen Rückbaubetriebsabfälle und Sekundärabfälle an.

Vor der Durchführung von Transporten radioaktiver Stoffe (Klasse 7 gemäss ADR [47]), werden Kontrollmessungen vorgenommen. So wird sichergestellt, dass die Grenzwerte der Dosisleistung nicht überschritten werden und somit das begleitende Personal sowie die allgemeine Bevölkerung und die Umwelt keiner unzulässigen Strahlenexposition ausgesetzt sind.

8.9 Pufferung und Zwischenlagerung

Bei der Aufbewahrung von Abfallgebinden wird grundsätzlich zwischen Pufferung und Zwischenlagerung unterschieden:

- Pufferung, temporäre Aufbewahrung
- Zwischenlagerung, Lagerung konditionierter, tiefenlagerfähiger Abfallgebinde unter kontrollierten Bedingungen in eigens dafür eingerichteten Anlagen, Anlagenteilen oder Räumlichkeiten (unter Beachtung der Richtlinie ENSI-G04 [26])

Im KKM wird die Pufferung als kurzfristige Verwahrung am Kraftwerksstandort verstanden, z.B. als Transportbereitstellung fertig verpackter Transportgebinde. Ziel der Zwischenlagerung ist die Aufbewahrung bis zum Verbringen in ein geologisches Tiefenlager. Die Abfälle aus dem Zwischenlager des KKM werden in die Lager der ZwiLag verbracht, so dass letztlich nur von einer internen Pufferung im KKM und einer externen Zwischenlagerung in den Anlagen der ZwiLag ausgegangen wird.

8.9.1 Interne Pufferung

Während der Stilllegungsarbeiten werden Gebinde und Transportbehältnisse auf dem Areal des KKM innerhalb ausgewiesener Pufferflächen temporär verwahrt. Derzeit erfolgt bereits eine Pufferung für Betriebsabfälle im kraftwerkseigenen Zwischenlager (ZL). Die Kapazität des ZL beläuft sich zum heutigen Zeitpunkt auf 6'103 200 I-Fässer. Davon sind ca. 4'000 Plätze belegt. Im ZL existieren weitere Lagerflächen, die eine Kapazitätsausweitung auf ca. 7'800 Plätze ermöglichen.

Zusätzlich werden weitere temporäre Pufferflächen innerhalb der Kontrollierten Zone vorgesehen. Die Stilllegungsarbeiten sehen eine Erweiterung der Pufferkapazität auf dem Areal in Form von 20'-Containern oder temporären Einrichtungen bzw. durch Ausweisung geeigneter Freiflächen vor.

8.9.2 Externe Zwischenlagerung

Die Verfügbarkeit eines geologischen Tiefenlagers (gTL) wird in der Schweiz ab 2050 erwartet. Ein direkter Transport konditionierter Abfallgebinde vom KKM in ein zur Verfügung stehendes gTL kann somit ausgeschlossen werden. In der Zwischenzeit werden die verpackten Abfälle aus dem KKM entsprechend den Annahmebedingungen gemäss Richtlinie ENSI-G04 [26] in den Anlagen der ZwiLag zwischengelagert. Die konditionierten Stilllegungsabfälle werden nach derzeitigem Planungsstand in erster Linie in der Halle S der ZwiLag gelagert. Die Arbeiten zum nukleartechnischen Ausbau dieser Halle für die Lagerung von Abfallgebinden in normierten stapelbaren Containern sind in Planung. Für die Einlagerung verwendet das KKM insbesondere die Betoncontainer LC 84 und LC 86.

Ausgehend von den Massen gemäss Kapitel 8.18.2 und bezugnehmend auf Tabelle 8-1 steht in den Anlagen der ZwiLag genügend Zwischenlagervolumen für sämtliche radioaktiven Abfälle des KKM zur Verfügung.

Die Kapazität der ZwiLag ist für die Zwischenlagerung der Betriebs- und Stilllegungsabfälle aller Schweizer Kernkraftwerke ausreichend.

8.10 Kernbrennstoff-Entsorgung

Nach derzeitigem Planungsstand sollen die ausgedienten Brennelemente des KKM zum Erreichen der Kernbrennstofffreiheit möglichst früh aus dem Brennelementlagerbecken (BEB) zur ZwiLag verbracht und dort in Lagerbehältern gelagert werden. Oberstes Ziel ist dabei eine sichere Durchführung der Brennelementtransporte. Hierbei wird auf die bestehenden betrieblichen Prozesse und Verfahren zurückgegriffen.

Nach Durchführung sämtlicher im Leistungsbetrieb geplanter Transportkampagnen bis Ende 2019, befinden sich zum Zeitpunkt der EABN ca. 360 Brennelemente im BEB. Daraus ergäben sich sechs Transportkampagnen zu je zehn Transporten pro Kampagne, die noch in der Stilllegungsphase 1 durchgeführt werden, um Kernbrennstofffreiheit zu erreichen. Im theoretischen Fall einer maximalen Belegung des BEB mit Brennelementen zum Zeitpunkt der EABN, ergäben sich zehn Transportkampagnen, um sämtliche ausgediente Brennelemente in die Anlagen der Zwiilag zu verbringen. Die Gesamtanzahl der Transporte nach EABN soll auf das minimal erforderliche Mass reduziert werden.

Aufgrund der im KKM bewährten Praxis werden die Brennelemente (BE) weiterhin mit Shuttle-Behältern zu den Anlagen der Zwiilag verbracht. Der Ablauf ist schematisch in Abbildung 8-1 dargestellt.

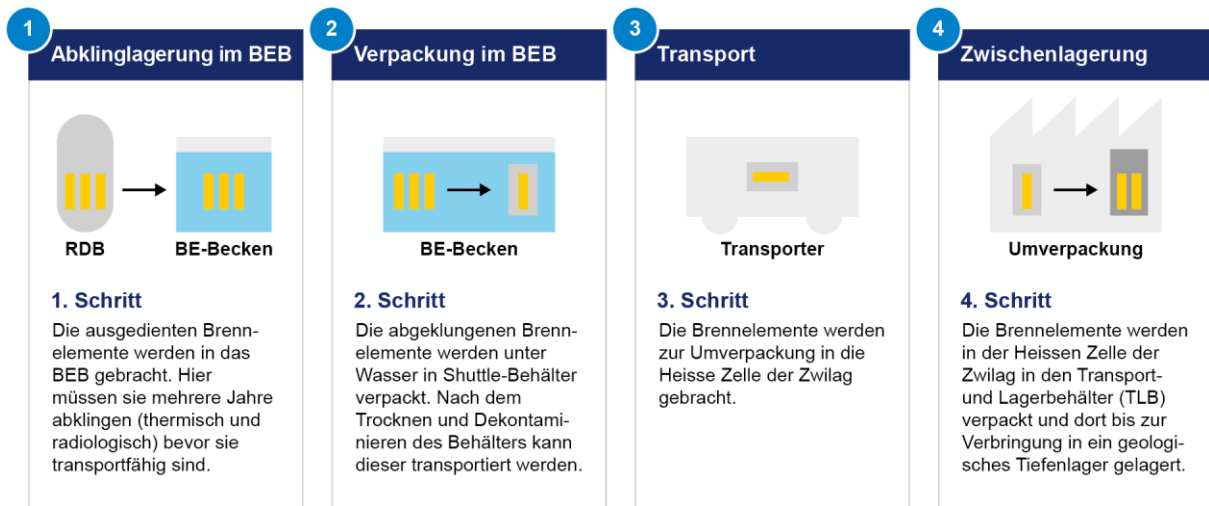


Abbildung 8-1: Schematischer Ablauf geplanter Brennelementtransporte

Zum heutigen Zeitpunkt wird als Planungsgrundlage davon ausgegangen, dass die Kernbrennstofffreiheit Ende 2024 hergestellt ist.

8.11 Übersicht Verpackungen radioaktiver Abfälle und Brennelemente

In Tabelle 8-1 ist eine Übersicht über Geometrie und Masse verschiedener Behältertypen dargestellt.

8.11.1 200 I-Fass

Das 200 I-Fass ist eine Standardverpackung für radioaktive Materialien und Abfälle. Es existieren verschiedene Ausführungen, um den unterschiedlichen Materialien und Abfällen sowie weiteren Verarbeitungsschritten gerecht zu werden.

So dient das 200 I-Fass unter anderem als Behälter für endkonditionierte Abfälle wie verfestigte Harze. Der Behälter wird auch für Transporte von Halbfabrikaten benutzt (wie zum Beispiel zum Transport von brennbaren Mischabfällen zur Plasmaanlage).

Die Behälter unterscheiden sich je nach Einsatzzweck in ihrem Aufbau. So kommen verschiedene Deckelschliesssysteme und Materialarten zum Einsatz und die Art der Verfestigung variiert. Hierfür kann Zement, Bitumen und Kunststoff (Polystyrol) zur Anwendung kommen.

8.11.2 Behälter Typ B(U) und B(M)

Für Abfälle mit hohen Dosisleistungen (z.B. >100 mSv) stehen stärker abgeschirmte Behälter für Transport und Lagerung zur Verfügung. Diese bestehen zum Beispiel aus Gusseisen mit Kugelgraphit und können als Transport- und Lagerbehälter zum Beispiel für Kernbauteile oder Verdampferkonzentrate eingesetzt werden.

Für die Aufnahme der verschiedenen Abfallarten existieren verschiedene Behältertypen mit unterschiedlichen Volumina, Wanddicken und Deckelsystemen. Falls erforderlich, kann eine zusätzliche Bleiabschirmung eingebracht werden.

8.11.3 Lagercontainer LC 84 und LC 86

Die Lagercontainer LC 84 und LC 86 sind derzeit in Entwicklung und sollen als Container für Stilllegungsabfälle für das geologische Tiefenlager verwendet werden. Die beiden Typen unterscheiden sich in ihren Abmessungen. Die unterschiedlichen Abmessungen dienen der optimalen Ausnutzung des Lagervolumens in den Hallen der Zwiilag.

Die Container sind für aktivierte und kontaminierte metallische Komponenten sowie für Baustrukturen und die Abfälle aus der Gebäudedekontamination vorgesehen. Die Behälter können mit Einstellhilfen versehen werden. Zudem werden sie mit entsprechendem Füllmaterial verfüllt.

200 I-Fässer werden zu gegebenem Zeitpunkt in LC-Container eingestellt und ins Tiefenlager eingebracht.

Form	Höhe	Durchmesser (*Länge/Breite)	Wandstärke	Aussenvolumen	Eigenmasse	Nutzvolumen	Gesamtgewicht
200 I-Fass							
Zylinder	0,85 - 0,93m	0,56 - 0,63m	0,8 - 3mm	0,210 - 0,225m ³	22 - 60kg	0,200 - 0,220m ³	Ca. 300 - 700kg
Behälter Typ B(U) und B(M)							
Zylinder	Ca. 1,5 m	Ca. 1,06m	Ca. 16cm	Ca. 1,30m ³	Ca. 6'000 - 9'000kg	Ca. 0,2m ³	Ca. 11'000kg
Lagercontainer LC84 und LC86							
Quader	2m	*2,43m/ 1,22 - 1,83m	15cm	6 - 9m ³	Ca. 6'700 - 8'600kg	3,3 - 5,6m ³	24'000kg

Tabelle 8-1: Behälter für schwach- und mittelaktive Abfälle

8.11.4 Transport- und Lagerbehälter für Brennelemente

Hochradioaktive Materialien werden in speziellen Transport- und Lagerbehältern eingebracht. Diese Behälter finden ausschliesslich Verwendung für Brennelemente oder Abfallprodukte aus der Wiederaufarbeitung. Es handelt sich dabei um Schmiedestahl- oder Gussbehälter, die eine genau definierte Anzahl an Brennelementen aufnehmen können. Der Grossteil der Behältertypen besitzt sowohl eine Zulassung für den Transport wie auch für die Lagerung von ausgedientem Kernbrennstoff. Dabei dient der Behälter selbst als Schutz gegen äussere Einwirkungen und schliesst den radioaktiven Inhalt sicher ein.

Mehrere Anbieter stellen solche Transport- und Lagerbehälter für Brennelemente her. Die Lagerbehälter unterscheiden sich in ihrer Art, je nachdem ob sie für Brennelemente aus Druck- oder Siedewasserreaktoren zum Einsatz kommen. Zudem gibt es Unterschiede in der Anzahl der vom Behälter

aufzunehmenden Brennelemente und in der zulässigen maximalen Wärmeleistung. Für Siedewasserreaktoren können in der Regel zwischen 50 und 70 Brennelemente in einem Behälter entsorgt und 30 - 35 kW Wärmeleistung eingebracht werden.

9 Massnahmen zum radiologischen Schutz

Nachfolgend werden die vorgesehenen Massnahmen zum radiologischen Schutz während der Stilllegung des KKM auf Basis der Richtlinie Strahlenschutzziele für Kernanlagen ENSI-G15 [29] dargestellt und erläutert. Die Richtlinie ENSI-G15 präzisiert die Bestimmungen über den zu gewährleistenden Schutz des Personals in einer Kernanlage und der Bevölkerung in der Umgebung einer Kernanlage vor ionisierender Strahlung. Sie bezieht sich dabei auf das Strahlenschutzgesetz (StSG) [4] und auf die Strahlenschutzverordnung (StSV) [14].

9.1 Übergeordnete Massnahmen

9.1.1 Allgemeines

Im Rahmen der Stilllegung des KKM stellt das Ressort Strahlenschutz, im Folgenden Strahlenschutz genannt, den zuverlässigen radiologischen Schutz von Mensch und Umwelt vor ionisierender Strahlung sicher.

Der Strahlenschutz setzt die gesetzlichen und behördlichen Vorschriften im KKM um und überwacht deren Einhaltung. Neben operationellen Massnahmen sind die Personenüberwachung, die Aufrechterhaltung der erforderlichen Sauberkeit innerhalb der Kontrollierten Zonen und die Freigabe von Tätigkeiten ein wesentlicher Bestandteil des Aufgabenbereichs.

Darüber hinaus hat der Strahlenschutz Einfluss auf viele Bereiche der Stilllegungsarbeiten. Dementsprechend fallen Messungen und Bewertungen ins Aufgabengebiet des Strahlenschutzes. Hierzu zählen Messungen zur Einhaltung von Grenzwerten bei Transporten, Bewertungen von radiologischen Gefährdungspotentialen oder Bewertungen von möglichen bzw. tatsächlichen Emissionen und Immissionen.

Ein wesentlicher Bestandteil des Aufgabenbereichs ist das Führen des Freigabeverfahrens zur Entlassung von Stoffen, Anlagenkomponententeilen, Werkzeugen und Gebäuden auf Grundlage der StSV [14].

Die Strahlenschutzziele in Bezug auf Rechtfertigung, Optimierung, Limitierung und Einhaltung von Dosisgrenz- und Richtwerten werden in konkreten innerbetrieblichen Zielen entsprechend den Stilllegungsphasen definiert. Diese Ziele dienen unter Berücksichtigung sozialer und wirtschaftlicher Aspekte der Unterschreitung von gesetzlichen Grenzwerten und Erfüllung behördlicher Strahlenschutzvorgaben.

Der Umfang des radiologischen Schutzes wird im Rahmen des Arbeitsauftragsverfahrens für jeden geplanten Vorgang festgelegt.

9.1.2 Strahlenschutzbereiche / Zonenkonzept

Als Strahlenschutzbereiche sind die Gebiete definiert, für die spezielle Regelungen des Kernenergiegesetzes KEG [1] und das Strahlenschutzgesetz StSG [4] gelten.

Das Kraftwerksgelände des KKM unterteilt sich strahlenschutztechnisch in unterschiedliche Bereiche:



Abbildung 9-1: Strahlenschutzbereiche

9.1.2.1 Überwachter Bereich

Der überwachte Bereich umfasst die gesamte Fläche innerhalb der äusseren Umschliessung des Sicherungszauns und unterliegt der Zugangskontrolle durch das KKM. Er beinhaltet auch die Kontrollierte Zone.

9.1.2.2 Kraftwerks-Areal

Das Kraftwerks-Areal, im weiteren Areal genannt, umfasst den überwachten Bereich ohne Kontrollierte Zone.

9.1.2.3 Kontrollierte Zone

Bereiche, in welchen Personen bei regelmässigem Aufenthalt Strahlendosen von 1 mSv/a oder mehr akkumulieren können, werden von Bereichen mit geringerer Strahlung getrennt und bilden die Kontrollierte Zone. Innerhalb der Kontrollierten Zone sind "Zonentypen" entsprechend des Zonenkonzepts festgelegt.

Die erforderlichen Festlegungen werden über betriebliche Arbeitsvorschriften geregelt. Die Regelungen aus dem Leistungsbetrieb und aus der Richtlinie HSK-R07 [34] zur Aufrechterhaltung des Zonenkonzepts werden im Technischen Nach- und Rückbaubetrieb, soweit erforderlich, aufrechterhalten und gegebenenfalls den Erfordernissen entsprechend angepasst.

Mit dem Zonen- und Barrierenkonzept wird eine Trennung von Gebäuden und Systemen mit radioaktiven Stoffen von Gebäuden und Systemen ohne radioaktive Stoffe sichergestellt. Dies dient der Vermeidung von Kontaminationsverschleppungen und Inkorporation von radioaktiven Stoffen. Das Barrierenkonzept realisiert die Trennung zwischen Systemen mit aktivitätsführenden Medien und inaktiven Systemen. Dies ist mittels physikalischen, baulichen und sofern erforderlich messtechnischen Massnahmen umgesetzt. Kontaminationsverschleppungen innerhalb der Kontrollierten Zone und aus der Kontrollierten Zone heraus auf das Areal werden durch die Einstufung in verschiedene Zonentypen mit darauf abgestimmten Schutz- und Kontrollmassnahmen vermieden. Das Zonenkonzept orientiert sich an der Richtlinie HSK-R07 [34].

Hinsichtlich der Einhaltung des Zonenkonzepts sind folgende Festlegungen zu beachten, die auch während der jeweiligen Stilllegungsphasen gelten:

- Hinsichtlich der Durchdringung von Komponenten und Systemen zwischen Kontrollierten Zonen und der Umgebung werden auch im Rahmen der Stilllegungstätigkeiten geeignete Massnahmen getroffen, die eine Einhaltung des Zonenkonzepts sicherstellen.
- Die Systemtrennung zwischen aktivitätsführenden und aktivitätsfreien Systemen wird durch Barrieren sichergestellt.

Im Rahmen der Stilllegung werden an Grenzen zwischen aktiven und inaktiven Bereichen bzw. Systemen die Massnahmen zur Aufrechterhaltung des Barrierenkonzepts in Abhängigkeit des Gefährdungspotentials angepasst.

Mit fortschreitenden Stilllegungsarbeiten entfallen die Vorgaben zur Einhaltung des Barrierenkonzepts für solche Systeme, die dauerhaft ausser Betrieb genommen wurden und die kein relevantes Potential radioaktiver Stoffe mehr enthalten.

Zonenbereiche werden durch die Festlegung von Zonentypen entsprechend der vorhandenen oder realistisch zu erwartenden Oberflächen- oder Luftkontamination gegeneinander abgegrenzt. Entsprechend den Zonentypen werden Tenuevorschriften und Massnahmen festgelegt.

9.1.3 Strahlenschutzoptimierung

Im Rahmen der Stilllegungsarbeiten werden die Vorgehensweisen zur Demontage, die Zerlege-Verfahren und die erforderliche Behandlung der anfallenden radioaktiven Materialien und der Abfälle mit dem Ziel der Optimierung der Kollektiv- und Individualdosen (ALARA-Prinzip) festgelegt.

Für die Stilllegungsarbeiten wird der Strahlenschutz in die Arbeitsplanung und Arbeitsvorbereitung eingebunden und nimmt im Zusammenhang der Optimierung Einfluss auf die Planung und Durchführung.

Folgende Grundsätze gelten für die Planung:

- Optimieren der Kollektiv- und Individualdosen durch Reduzieren von Strahlenquellen im Arbeitsbereich, Abschirmen von Strahlenquellen und Minimieren der Aufenthaltszeit in Bereichen mit erhöhter Dosisleistung nach dem ALARA-Prinzip
- Verhindern der Freisetzung / Verschleppung von Kontaminationen aus Arbeitsbereichen durch Festlegen anlagenbezogener Strahlenschutzmassnahmen wie z.B. Errichtung von Zonen, Zeltbau oder lokalen Absaugungen mit mobilen Filteranlagen
- Verhindern von Inkorporationen durch Festlegen personenbezogener Strahlenschutzmassnahmen
- Berücksichtigen von Erfahrungen aus vorangegangenen Tätigkeiten

Zur Abschätzung der Dosis während der Stilllegung werden geeignete Arbeitsschritte betrachtet. Die Abschätzung der Dosis erfolgt anhand von empirischen Werten, der detaillierten Verifizierung der einzelnen geplanten Arbeitsschritte, der Anzahl und Aufenthaltsdauer der Mitarbeitenden sowie der Höhe der lokalen Exposition an den Arbeitsorten.

Arbeiten in Strahlenfeldern und an kontaminierten Anlageteilen unterliegen dem Arbeitsauftragsverfahren und erfordern eine interne Arbeitsfreigabe durch den Strahlenschutz.

Sofern im Rahmen der strahlenschutztechnischen Planung von Arbeiten ersichtlich wird, dass eine Kollektivdosis von grösser 50 Personen-mSv zu erwarten ist, wird eine Strahlenschutzplanung einschliesslich Dosisplanungszielen im Aufsichtsverfahren eingereicht.

9.1.4 Strahlenschutz-Messtechnik

Zur Erfüllung gesetzlicher Anforderungen werden aus Strahlenschutzgesichtspunkten Messungen oder Bewertungen gefordert. Den Rahmen hierfür bildet die Richtlinie Strahlenschutzmessmittel in Kernanlagen, Konzepte, Anforderungen und Prüfungen ENSI-Richtlinie HSK-G13 [33].

Diese Richtlinie legt die Anforderungen, den Nachweis der Eignung und die Prüfungen für die Messmittel, die im operationellen Strahlenschutz und zur radiologischen Anlageüberwachung eingesetzt werden, fest.

Der Umfang der Messungen orientiert sich am radiologischen Gefährdungspotential der Tätigkeiten und an die Anforderungen, resultierend aus dem Materialfluss in den Stilllegungsphasen 1 bis 3. Die Strahlenschutz-Messtechnik umfasst insbesondere

- Festinstallierte Messtechnik zur Kreislauf-, Raumluft- und Emissionsüberwachung
- Grossgeräte zur Personenkontrolle
- Grossgeräte und Handmessgeräte zur Freimessung
- Messplätze der Radiochemie
- Mobile Messtechnik des Strahlenschutzes zur Arbeitsplatzüberwachung
- Mobile Labormesstechnik zur Immissionsüberwachung

Es steht eine ausreichende Anzahl an für den Messzweck geeigneten Strahlenmessgeräten zur Verfügung. Die Messgeräte werden entsprechend der Einsatzzwecke kalibriert und soweit gefordert geeicht. Für alle Messgeräte sind Prüfintervalle festgelegt. Es wird administrativ sichergestellt, dass nur Geräte mit gültigen Prüfstatus zum Einsatz kommen. Die Qualitätssicherung der Messgeräte erfolgt anhand betrieblicher Vorgaben.

9.1.5 Dokumentation

Die Dokumentation unterliegt den betrieblichen Festlegungen zum Qualitätsmanagement im KKM und den gesetzlichen Regelungen zu Umfang und Aufbewahrungszeiten.

Dies umfasst die Daten

- zum radiologischen Zustand der Anlage und der Systeme
- der Messwerte des operationellen Strahlenschutzes
- der Dosimetrie
- der Umgebungsüberwachung
- der Emissionsüberwachung
- der Freimessung
- der Abklinglagerung
- des Verbleibs von radioaktiven Stoffen (Abfälle) und Quellen (Prüfpräparate)
- des Kernbrennstoffs (Aufbewahrungsort, Leistungsgeschichte, Zustand, Abbrand)

9.2 Massnahmen zum radiologischen Schutz der Arbeitnehmenden

9.2.1 Operationeller Strahlenschutz

Strahlenschutzmassnahmen dienen der Begrenzung der Strahlenexposition des Personals und werden im Rahmen der strahlenschutztechnischen Planung von Arbeiten festgelegt. Interventions-schwellen bilden eine Schutzkomponente vor externer Bestrahlung und Inkorporation. Im Rahmen der Arbeitsplatzüberwachung erfolgt das Festlegen der notwendigen Schutzmassnahmen jeweils vor

der Arbeitsaufnahme, basierend auf der aktuellen radiologischen Situation. Während der Arbeitsdurchführung werden die radiologische Situation überprüft und die Schutzmassnahmen soweit sinnvoll angepasst.

Die betriebliche Raum- und Anlageüberwachung innerhalb der Kontrollierten Zone erfolgt mit aus dem Leistungsbetrieb des KKM vorhandenen Einrichtungen und wird weiter betrieben. Im Verlauf des Rückbaufortschrittes erfolgt eine anforderungsgerechte Anpassung der betrieblichen Raum- und Anlageüberwachung.

Der operationelle Strahlenschutz folgt der grundlegenden Leitlinie des ALARA-Prinzips. Das ALARA-Prinzip fordert, beim Umgang mit ionisierenden Strahlen sei eine Strahlenbelastung (Strahlendosis) von Mensch, Tier und Material (auch unterhalb von Grenzwerten) so gering zu halten wie dies mit vernünftigen Mitteln machbar ist.

Folgende Massnahmen zur Strahlendosisreduzierung werden angewendet:

- Abschirmung
- Dekontamination zur Reduzierung der Dosisleistung
- Schutz vor Kontamination
- Schutz vor Inkorporation

9.2.1.1 Abschirmung

Abschirmmassnahmen stellen den Schutz von Personen innerhalb und ausserhalb des Kraftwerks sicher. Sie werden entsprechend den Erfordernissen und in Abhängigkeit der jeweiligen Rückbaumassnahmen sowie des radiologischen Zustands durchgeführt und angepasst. Art und Umfang der Abschirmungen werden fallweise festgelegt.

9.2.1.2 Dekontamination zur Reduzierung der Dosisleistung

Zur Reduzierung der Dosisleistung werden Systeme dekontaminiert. Diesem Grundsatz wird durch den Gegebenheiten angemessenen Dekontaminationsmassnahmen Rechnung getragen. Zur Dekontamination können chemische oder mechanische Verfahren sowie verfahrenstechnische Vorgänge wie das Spülen mittels demineralisiertem Wasser (Deionat), zum Einsatz kommen.

Grundsätzlich dienen ein möglichst niedriges Kontaminationsniveau und das Tragen einer dem Kontaminationsgrad angemessenen persönlichen Schutzausrüstung dem Schutz vor Kontamination und Inkorporation.

9.2.1.3 Schutz vor Kontamination

Regelmässige Dekontaminationsmassnahmen und Kontaminationsmessungen im Rahmen eines Routineprogramms für Gebäudeoberflächen und Werkzeuge bilden die Grundlage für den Kontaminationsschutz und die Vermeidung von Kontaminationsverschleppung.

Abhängig vom zu erwartenden Kontaminationsgrad werden innerhalb der Kontrollierten Zone unterschiedliche Zonentypen eingerichtet. Die Zonentypen werden gekennzeichnet, abgegrenzt und hinsichtlich Einstufung und Einhaltung der Grenzen überwacht.

In Abhängigkeit des Zonentyps werden Art und Umfang der zu tragenden persönlichen Schutzkleidung (Tenuevorschriften) und die Aufenthaltsbestimmungen festgelegt.

Im Rahmen der Arbeitsplatzüberwachung wird der Kontaminationszustand in den Zonentypen und an verwendeten Werkzeugen überwacht. Bei Bedarf werden Dekontaminationsmassnahmen eingeleitet.

Zusätzlich können temporäre Zonen und Einhausungen von Arbeitsplätzen eingerichtet sowie mobile Absaugungen und Filter aufgestellt werden.

9.2.1.4 Schutz vor Inkorporation

Der Schutz vor Inkorporation wird durch die nachfolgend aufgeführten Massnahmen sichergestellt:

- Einrichten von Zonentypen in der Kontrollierten Zone
- Dekontamination von Arbeitsbereichen und Materialien
- Atemschutzmassnahmen
- Strahlenschutztechnische- und messtechnische Überwachung der Arbeitsplätze
- Vermeiden von Querkontamination durch entsprechende Planung der Rückbausequenzen und Logistik
- Lokale Einhausungen
- Lokale Absaugungen

Wird eine Personenkontamination festgestellt, erfolgt spätestens vor Verlassen der Kontrollierten Zone eine personenbezogene Dekontamination. Die Dekontaminationsmassnahmen werden so durchgeführt, dass die Kontamination entfernt werden kann, ohne eine Inkorporation oder eine Hautschädigung herbeizuführen. Bei Bedarf wird medizinisch ausgebildetes Personal hinzugezogen.

Nach Beendigung der jeweiligen Dekontaminationsschritte werden Kontrollmessungen durchgeführt. Bei Verdacht auf Inkorporation wird eine Inkorporationsmessung vorgenommen.

9.2.2 Radiologische Personenüberwachung

Die Personenüberwachung dient sowohl der Überwachung der Einhaltung der rechtlich festgelegten Grenzwerte als auch der Optimierung des Strahlenschutzes anhand der durch die Datenauswertung gewonnenen Erkenntnisse. Die radiologische Personenüberwachung besteht im Wesentlichen aus:

- Messung und Überwachung der Personendosis
- Inkorporationskontrolle
- Personen-Kontaminationskontrolle

9.2.2.1 Messung und Überwachung der Personendosis

Zur Bestimmung der externen Strahlenexposition bei Arbeiten innerhalb der Kontrollierten Zone werden immer persönlich zugeordnete, direkt ablesbare betriebliche Dosimeter und behördlich anerkannte, in der Regel passive, Dosimeter verwendet. Je nach Art der durchzuführenden Arbeit werden weitere zusätzliche Dosimeter getragen.

Um ein Überschreiten der Dosisgrenzwerte durch Akkumulation kleiner Dosen zu vermeiden, werden Tagesdosisgrenzwerte festgelegt. Zur Warnung von Personen vor Bereichen mit hoher Dosisleistung, sind Warnschwellen in den direkt ablesbaren Dosimetern programmiert.

Zur arbeitsspezifischen Überwachung der Strahlenexposition in relevanten Strahlenfeldern wird eine Jobdosimetrie betrieben. Die Resultate fliessen in die strahlenschutztechnische Planung ein.

Ausserhalb der Kontrollierten Zone kann eine Verwendung von Dosimetern im Einzelfall festgelegt werden.

Im Fall von Inkorporationen erfolgt die Dosiserfassung mittels in-vivo-Messungen und bei Bedarf mittels Ausscheidungsanalysen (in-vitro) statt.

9.2.2.2 Inkorporationskontrolle

Inkorporationskontrollen mittels Triagemessung erfolgen grundsätzlich vor dem ersten Betreten der Kontrollierten Zone und im Anschluss in vom Strahlenschutzsachverständigen festgelegten Intervallen bis zur Beendigung der Tätigkeiten. Ebenso ist eine Kontrollmessung nach Abschluss der Tätigkeiten eingeplant.

Lässt das Messergebnis der Triagemessung auf eine mögliche Inkorporation schliessen oder besteht aus sonstigen Gründen der Verdacht auf die Möglichkeit einer Inkorporation, wird die betroffene Person einer qualitativen und quantitativen Inkorporationsmessung unterzogen. Diese Inkorporationsmessung erfolgt durch eine anerkannte Personendosimetriemessstelle.

9.2.2.3 Personen-Kontaminationskontrolle

Beim Verlassen der Kontrollierten Zone erfolgt obligatorisch eine Kontaminationskontrolle des Personals mittels Ganzkörpermonitoren.

Alternativ können unter bestimmten Umständen z.B. bei kurzzeitigem Betreten der Kontrollierten Zone im Rahmen von Schleustätigkeiten oder beim Ausfall der Ganzkörpermonitore, Handmessungen oder Hand-Fuss-Monitore unter Aufsicht des Strahlenschutzes zum Einsatz kommen.

Die Alarmschwellen sind so konservativ festgelegt, dass sie ein Überschreiten der Richtwerte für Kontamination gemäss StSV [14] verhindern.

Bei Bedarf werden Kontrollen innerhalb der Kontrollierten Zone, insbesondere an Orten mit einer höheren Kontaminationswahrscheinlichkeit, mittels zusätzlicher Messgeräte durchgeführt. Orte und Umfang der Kontaminationskontrollen werden den Erfordernissen entsprechend dem Rückbaufortschritt angepasst.

9.2.3 Radiologische Raum- und Systemüberwachung

Bei der Raum- und Systemüberwachung handelt es sich um betriebliche Einrichtungen von Messsystemen zur Überwachung der Radioaktivität.

Die bestehende Raum- und Systemüberwachung wird im Verlauf des Rückbaufortschritts den Erfordernissen angepasst. Dies kann im Einzelfall sowohl eine Erweiterung als auch eine Demontage bestehender Überwachungseinrichtungen bedeuten.

Oft betretene Räume, in welchen mit variabler Ortsdosisleistung respektive Luftkontamination gerechnet werden muss, werden durch fest installierte Messinstrumente mit Alarmschwellen überwacht. Die Werte und die Alarme werden im Kommandoraum und/oder vor Ort angezeigt.

Bei Arbeiten mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit der Freisetzung luftgetragener Radioaktivität werden durch den Strahlenschutz lokal zusätzliche Einrichtungen zur Überwachung der Aktivitätskonzentration der Raumluft eingesetzt.

Die Überwachung der Abluft erfolgt mittels festinstallierter Aerosolaktivitätsmessung.

Sollten im Verlauf der Stilllegungsarbeiten Änderungen an der Raum- und Systemüberwachung erforderlich sein, so wird sichergestellt, dass die nötige Überwachung in jedem Fall, gegebenenfalls mit alternativen und adäquaten Massnahmen, aufrechterhalten wird.

9.3 Kollektivdosis Abschätzung

Das bezüglich Anzahl und Qualifikation für die Stilllegungsarbeiten benötigte Personal wird auf Basis der vorliegenden Aufgaben ermittelt. Der Arbeitsaufwand für die Stilllegungsarbeiten wird zumeist unter Verwendung spezifischer Faktoren (z.B. Personenstunden/kg) in Zusammenhang mit den Massen oder anderer anlagespezifischer Kenndaten berechnet. Nach Kalkulation sämtlicher Arbeitsschritte erhält man eine Aussage zum Bedarf des erforderlichen Personals für die Stilllegungsarbeiten sowie dessen Verteilung über die Projektlaufzeit.

Wird ein Arbeitsschritt in der Kontrollierten Zone durchgeführt, wird zur Berechnung der zu erwartenden Kollektivdosis der kalkulierte Arbeitsaufwand dieses Arbeitsschritts mit einem Dosisleistungsmittelwert multipliziert. Die den Arbeitsschritten zugewiesenen Dosisleistungsmittelwerte werden in verschiedene Dosisleistungsklassen eingeteilt. Sie basieren auf langjährigen Erfahrungen bei Revisionsmassnahmen und beim Rückbau von Kernkraftwerken.

Für die gesamten Stilllegungsarbeiten, mit einem Betrachtungszeitraum von etwa 11 Jahren, wird eine Kollektivdosis von ca. 7,2 Sv abgeschätzt. Im Vergleich dazu beträgt die mittlere Kollektivdosis in einem Jahr Leistungsbetrieb ca. 1 Sv/Jahr. Eine Aufgliederung des Personalaufwands und der abgeschätzten Kollektivdosis nach Funktionalen Paketen ist in Tabelle 9-1 dargestellt.

Funktionales Paket	Personalaufwand [ca. Pers.-Jahre]	Kollektivdosis [ca. Sv]
Stilllegungsprojekt sowie Stilllegungsverfügung	86	< 0,1
Vorlaufende Arbeiten	40	0,2
Demontage Einrichtungen Kontrollierte Zone	69	0,6
Demontage Kerneinbauten	36	0,5
Demontage Reaktordruckbehälter	22	0,3
Demontage Biologischer Schild und Drywell inkl. Einbauten	58	0,8
Restdemontage Einrichtungen Kontrollierte Zone	87	0,8
Dekontamination und Freigabe der Gebäude	117	0,4
Materialbehandlung und Entsorgung	250	2,8
Demontage Einrichtungen konventioneller Bereich	73	0,0
Konventioneller Abriss (2. Verfahren)	78	0,0
Rückbaubetrieb	863	0,8
Gesamt	1'779	7,2

Tabelle 9-1: Personalaufwand und Kollektivdosis für die Stilllegung KKM

Hinweis Die Angaben beruhen auf der Datensammlung zur Kostenstudie 2011 "KS11-Schätzung der Stilllegungskosten der Schweizer Kernanlagen vom 13_Okt_2011" [38].

9.4 Begrenzung der Abgaben und Direktstrahlung

Zusätzlich zu den dargestellten Massnahmen zum Strahlenschutz hinsichtlich der Vermeidung von Aktivitätsfreisetzungen und Kontaminationsverschleppungen tragen die Festlegung, Einhaltung und Überwachung von Abgabelimiten wesentlich zum Schutz der Umwelt bei.

9.4.1 Limiten während des Leistungsbetriebs

Die im Rahmen der Betriebsbewilligung geltenden Limiten am KKM gemäss behördlichem Reglement für die Abgabe radioaktiver Stoffe HSK 11/400 [31] sind nachfolgend aufgeführt.

- Limiten für zulässige Abgaben für das KKM mit der Abluft:
 - Edelgase (umgerechnet auf $CA=2E+5Bq/m^3$):
 - Kurzzeitabgabe $\leq 2 E+14 Bq/d$
 - Langzeitabgabe $\leq 2 E+15 Bq/a$
 - Iod-131 (gasförmig und aerosolgebunden):
 - Kurzzeitabgabe $\leq 4 E+09 Bq/w$
 - Langzeitabgabe $\leq 2 E+10 Bq/a$
 - Aerosole mit $T_{1/2} > 8d$ (β, γ , ohne Iod-131):
 - Kurzzeitabgabe $\leq 2 E+09 Bq/w$
 - Langzeitabgabe $\leq 2 E+10 Bq/a$
- Limiten für zulässige Abgaben für das KKM mit dem Abwasser:
 - Langzeitabgabe ohne Tritium $\leq 4 E+11 Bq/a$ umgerechnet in 200 LE/kg Äquivalenten
 - Langzeitabgabe Tritium $\leq 2 E+13 Bq/a$
 - Aktivitätskonzentration (ohne Tritium) vor der Einleitung $\leq 200 LE$, im öffentlich zugänglichen Bereich der Aare \leq Immissionsgrenzwerte nach StSV
- Limiten für die Direktstrahlung:
 - Ortsdosen \leq Immissionsgrenzwerte nach StSV, Zusätzliche Begrenzung der Ortsdosen, wenn die über sämtliche Expositionspfade akkumulierte Jahresdosis unter Berücksichtigung der Expositionszeit der Direktstrahlung 0,3 mSv überschreiten würde

Aufgrund neuer Definitionen in der laufenden Revision der Strahlenschutzverordnung wird eine Anpassung der Berechnungsgrundlage für die Ermittlung der Aktivitätsäquivalente notwendig. Diese Anpassung steht zurzeit noch nicht fest und erfolgt zum Inkrafttreten der neuen Strahlenschutzverordnung durch die Aufsichtsbehörde. Im Folgenden beziehen sich daher die Angaben zur den Abgabelimiten nach der Endgültigen Ausserbetriebnahme (EABN) ausschliesslich auf absolute Becquerel-Werte.

9.4.2 Anpassung der Limiten für die Stilllegung

Für die Stilllegung des KKM werden die Abgabelimiten, insbesondere in Hinblick auf Art. 46 Bst. c KEV [6] neu definiert. Grundlage für die Neubewertung ist sowohl der signifikante radioaktive Zerfall einiger relevanter Nuklide, die zum Zeitpunkt der Endgültigen Ausserbetriebnahme (EABN) nur noch eine vernachlässigbare Radioaktivität aufweisen, als auch die sich im Verlauf der Stilllegungsarbeiten verändernden Parameter zum Aktivitäts- und Freisetzungspotential.

Obwohl sich während der Stilllegung das gesamthafte Radioaktivitätsinventar auf der Anlage verringert, ist dem Freisetzungspotential durch Stilllegungsarbeiten Rechnung zu tragen. Dies betrifft vor allem die Abgaben mit dem Abwasser und die Aerosole hinsichtlich des Abluftpfads.

9.4.2.1 Limiten für den Abgabepfad Luft

Zu den relevanten Nukliden mit kurzer Halbwertszeit, deren Limiten reduziert werden können, gehören die kurzlebigen Isotope der Edelgase und das Iod-131. Die Berechnung der Aktivität der entsprechenden Isotope erfolgte als Grundlage für die Quantifizierung der reduzierten Limiten für den Zeitpunkt der EABN (ca. 9 Monate) nach der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB). Damit kommen zum Zeitpunkt der EABN die revidierten Limiten für die Abgaben mit der Abluft zur Anwendung.

Ab der EABN können die Limiten für die Abgabe von Edelgasen und Iod mit der Abluft signifikant reduziert werden. Massgeblich für die resultierenden Limiten der Edelgase ist ausschliesslich das Isotop Krypton Kr-85. Das Iod-Inventar ist für die Abgaben von untergeordneter Bedeutung, so dass diese Limiten mit denen der Aerosole zusammengefasst werden können.

Es ergeben sich somit folgende Limiten:

- Edelgase:
 - Kurzzeitabgabe $\leq 2 \text{ E}+11 \text{ Bq/d}$
 - Langzeitabgabe $\leq 2 \text{ E}+12 \text{ Bq/a}$
- Aerosole mit $T_{1/2} > 8\text{d}$ (β, γ , ohne Iod) inklusive Iod (gas und aerosolgebunden):
 - Kurzzeitabgabe $\leq 2 \text{ E}+09 \text{ Bq/w}$
 - Langzeitabgabe $\leq 2 \text{ E}+10 \text{ Bq/a}$

Ab Kernbrennstofffreiheit können die Limiten für Iod und Edelgase vollständig entfallen, da kein Inventar dieser radioaktiven Nuklide mehr vorhanden ist.

Es verbleiben somit die Limiten für Aerosole mit Halbwertszeiten grösser 8 Tagen:

- Kurzzeitabgabe $\leq 2 \text{ E}+09 \text{ Bq/w}$
- Langzeitabgabe $\leq 2 \text{ E}+10 \text{ Bq/a}$

9.4.2.2 Limiten für den Abgabepfad Wasser

Es ist davon auszugehen, dass während der Stilllegung insbesondere Kobalt Co-60 und Cäsium Cs-137 als relevante Nuklide für den Abgabepfad Wasser zu betrachten sind.

Erfahrungsgemäss ist die Beantragung einer Erhöhung der Abgabelimiten für die Stilllegung gegenüber den Limiten für den Leistungsbetrieb nicht erforderlich. Somit bleiben während der gesamten Stilllegung im Vergleich zum Leistungsbetrieb die Limiten für die Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser an die Aare unverändert:

- $\leq 4 \text{ E}+11 \text{ Bq/a}$ für Abgaben ohne Tritium
- $\leq 2 \text{ E}+13 \text{ Bq/a}$ für Tritiumabgaben

9.4.2.3 Limiten für Direktstrahlung

Die vermehrte Abwicklung von Transporten und die damit verbundene Transportbereitstellung auf dem Areal sowie der Pufferung von radioaktiven Abfällen in geeigneten Behältern und Abfallgebinden im KKM-Zwischenlager führt zu punktuellen Erhöhungen der Direktstrahlung. Diese werden durch den Entfall der Stickstoff-16-Direktstrahlung ab der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) mehr als kompensiert.

Somit bleiben während der gesamten Stilllegung die Limiten für die Direktstrahlung unverändert zu den bestehenden Limiten im Leistungsbetrieb:

Ortsdosen \leq Immissionsgrenzwerte nach StSV, Zusätzliche Begrenzung der Ortsdosen, wenn die über sämtliche Expositionspfade akkumulierte Jahresdosis unter Berücksichtigung der Expositionszeit der Direktstrahlung 0,3 mSv überschreiten würde.

9.5 Vermeidung der Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung

Bei der Durchführung der Stilllegungsarbeiten in der Kontrollierten Zone sind im Wesentlichen folgende Massnahmen zur Vermeidung einer Kontaminationsverschleppung zu treffen:

- Errichtung von Einhausungen bei Einsatz thermischer Trennverfahren oder bei ungünstigen radiologischen Bedingungen, sofern der jeweilige Raum nicht als Einhausung genutzt werden kann
- Einsatz mobiler Abluftanlagen für die Gewährleistung einer gerichteten Luftströmung in die Einhausungen und Reinhaltung der Abluft aus den Einhausungen

9.5.1 Voraussichtliche radioaktive Abgaben mit der Abluft

Die radioaktiven Abgaben mit der Abluft in den letzten 10 Jahren des Leistungsbetriebs (2005 bis 2014) lagen für Edelgase, Iod und Aerosole deutlich unter den genehmigten Limiten. Die Abgabe von Iod und Edelgasen ist bei den Stilllegungsarbeiten aus den unter Kapitel 9.4 genannten Gründen bedeutungslos. Es ist davon auszugehen, dass die radioaktiven Abgaben mit der Abluft bei den Stilllegungsarbeiten für einen vergleichbaren Zeitraum in der gleichen Grössenordnung liegen werden wie bei Revisionstätigkeiten, da bei der Stilllegung Arbeiten durchgeführt werden, die einer Revision vergleichbar sind (z.B. Öffnen von Systemen, Trennen von Systemen, Material- und Abfallbehandlung).

Die radioaktiven mittleren Tages-Abgaben (Aerosole ohne Iod und Edelgase) mit der Abluft werden sich während den Stilllegungsarbeiten gegenüber dem Revisionsbetrieb voraussichtlich nicht signifikant verändern.

9.5.2 Voraussichtliche radioaktive Abgaben mit dem Abwasser

Die radioaktiven Abgaben mit dem Abwasser in den letzten 10 Jahren des Leistungsbetriebs (2005 bis 2014) lagen deutlich unter den genehmigten Limiten. Im Gegensatz zum Jahresmittel während des Leistungsbetriebs ergeben sich bei den Stilllegungsarbeiten zum Teil höhere Emissionspotentiale durch das Öffnen von Systemen, das Trennen von Systemen sowie die Abfall- und Materialbehandlung. Dafür entfallen andere Emissionsquellen, die speziell für die An- und Abfahrvorgänge typisch sind. Durch Anpassungen der Abwasserbehandlung werden die Abgaben im Mittel auf kleinem Niveau gehalten. Im Fall von notwendigen Abgaben grosser Wassermengen, bedingt durch einzelne rückbauspezifische Vorgänge, kann punktuell eine Ausschöpfung der Abgabelimiten eintreten. Speziell mit Reduktion des Wasserinventars und der damit einhergehenden absinkenden Aktivität durch den Rückbaufortschritt während der Stilllegungsphase 2 ist mit einer Reduktion der Abgaben zu rechnen.

Somit ergeben sich durch die Stilllegungsarbeiten im langfristigen Mittel keine signifikanten Veränderungen gegenüber dem Leistungsbetrieb.

9.5.3 Zu erwartende Direktstrahlung

Durch den Entfall der Stickstoff N-16-Direktstrahlung nach der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) sinkt die Ortsdosisleistung (ODL) insbesondere an der Ostseite des Areals. Demgegenüber steht eine zu erwartende Erhöhung der Direktstrahlung an der Grenze des Areals im Bereich des Zwischenlagers ZL (Südseite des Areals). Dies begründet sich mit der Pufferung grösserer Mengen radioaktiver Materialien und Abfälle im ZL. Die gesetzlichen Grenzwerte und Vorgaben des Reglements für die Abgabe radioaktiver Stoffe HSK 11/400 [31] werden durch entsprechende Planung und Überwachung der Logistikvorgänge weiterhin eingehalten und unterschritten.

In den übrigen Bereichen an der Grenze des Areals wird keine relevante Änderung der ODL aufgrund des Rückbaus erwartet. Die zu erwartenden Messwerte werden sich im Bereich der ODL des natürlichen Untergrunds bewegen.

9.5.4 Strahlenexposition in der Umgebung

Aufgrund des radioaktiven Zerfalls sind Iod-Emissionen nach ca. neun Monaten nach der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) ebenso zu vernachlässigen wie Edelgas-Emissionen. Aus den verbleibenden Emissionen ist eine Strahlenexposition ausserhalb des Kraftwerksgeländes noch unterhalb der bereits sehr geringen Strahlenexposition im Leistungsbetrieb von kleiner 0,01 mSv/a zu erwarten.

9.5.5 Emissionsüberwachung

Die Emissionsüberwachung ist in der StSV Art. 81 [14] als Kontrollmassnahme festgelegt und dient zur Einhaltung der Abgabelimiten. Alle nicht zu vernachlässigenden Emissionen von radioaktiven Stoffen an die Umwelt über den Luft- und Wasserpfad werden mit geeigneten Messverfahren überwacht und bilanziert.

Die Emissionsüberwachung wird entsprechend dem Fortschreiten der Stilllegungsarbeiten an die Erfordernisse angepasst.

- Überwachung und Abgabe radioaktiver Stoffe mit der Abluft:

Die Luft innerhalb der Kontrollierten Zone wird kontinuierlich ausgetauscht, die Abluft über den Kamin radiologisch überwacht und abgeführt. Durch die Messung von Edelgasen, Aerosolen und Iod in der Abluft wird die Überwachung der radioaktiven Abgaben mit der Luft sichergestellt. Die Überwachung umfasst die gesamte Abluft aus der Kontrollierten Zone.

Die kontinuierliche Iod-Überwachung kann entfallen, da das vorhandene Iod-131-Inventar im Kernbrennstoff keine emissionsrelevante Grösse mehr darstellt.

Nach dem Abtransport des Kernbrennstoffs ist kein Edelgas- oder Iod-Inventar mehr vorhanden. Eine Überwachung der Aerosole ist somit ausreichend.

- Überwachung und Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser:

Die anfallenden Abwässer aus der Kontrollierten Zone werden soweit nötig mit den vorhandenen Wasseraufbereitungsanlagen bearbeitet. Alle Abwässer, die für eine Abgabe an die Aare vorgesehen sind, werden vor der Abgabe einer Entscheidungsmessung unterzogen und erst nach radiologischer Freigabe durch die für die Emissionsüberwachung zuständige KKM-Organisationseinheit abgegeben. Innerhalb des Abgabepfads erfolgt eine kontinuierliche Überwachung der Abwässer vor der Abgabe an die Aare.

9.5.6 Immissionsüberwachung

Die radiologischen Auswirkungen auf die Umwelt in der Umgebung des KKM werden durch Messungen und Probenahmen erfasst. Diese sind Teil eines Umgebungsüberwachungsprogramms, das im Reglement für die Abgabe radioaktiver Stoffe HSK 11/400 [31] für das KKM festgelegt ist und durch die Aufsichtsbehörde begleitet wird. Änderungen in Art und Umfang der Immissionsüberwachung, die dem geänderten Emissionsverhalten aufgrund des Rückbaufortschritts Rechnung tragen, werden separat beantragt.

Aufgaben der Umgebungsüberwachung seitens KKM:

- Überwachung der Direktstrahlung:

Die Gamma-Direktstrahlung wird mittels passiver Dosimeter erfasst, die an definierten Orten in der Umgebung des KKM installiert sind. Die Resultate werden im Rahmen des Quartalsberichts an die Aufsichtsbehörde gemeldet.

- Überwachung der Aktivitätsimmission in der Umgebung und auf dem Areal:

Die Immission aus der Luftaktivität wird mittels Staubfangplatten gesammelt, die in der Umgebung des KKM an festgelegten Orten platziert und periodisch gewechselt werden. Die sich auf den Proben abgesetzten Aerosole werden hinsichtlich ihrer Radioaktivität ausgewertet. Die Resultate werden dokumentiert und im Rahmen des Quartalsberichts an die Aufsichtsbehörde gemeldet.

10 Technischer Nachbetrieb und Rückbaubetrieb

10.1 Allgemeine Anforderungen

Systeme oder Teilsysteme, die ab der Endgültigen Ausserbetriebnahme (EABN) zur Aufrechterhaltung des Technischen Nach- und des Rückbaubetriebs und für die Stilllegungsarbeiten erforderlich sind, werden als Nach- und Rückbaubetriebssysteme geführt. Diese sind insbesondere dadurch gekennzeichnet, dass

- die noch in Betrieb stehenden Systeme niedrigere Betriebsdrücke und Betriebstemperaturen aufweisen.
- die für die Aufrechterhaltung des Technischen Nachbetriebs und für den Rückbaubetrieb erforderlichen Sicherheits- und Sicherungssysteme gemäss Anforderungen weiterhin zur Verfügung stehen.

Der Systemumfang zur Stilllegungsphase 1 (SP1) ergibt sich insbesondere aus den Anforderungen zur Aufrechterhaltung des Technischen Nachbetriebs und der gegebenen Schutzziele "Kontrolle der Reaktivität", "Kühlung der Brennelemente", "Einschluss radioaktiver Stoffe" und "Begrenzung der Strahlenexposition".

Mit dem Erreichen der Kernbrennstofffreiheit entfallen die Schutzziele "Kontrolle der Reaktivität" und "Kühlung der Brennelemente".

Der Systemumfang zur Stilllegungsphase 2 (SP 2) ergibt sich insbesondere aus den Anforderungen des Rückbaubetriebs sowie, je nach Rückbaufortschritt, anhand der für die Stilllegungsarbeiten noch benötigten Systeme einschliesslich der verbleibenden Schutzziele "Einschluss radioaktiver Stoffe" und "Begrenzung der Strahlenexposition".

Abbildung 10-1 zeigt die Schutzziele in den Stilllegungsphasen 1 bis 3 auf.

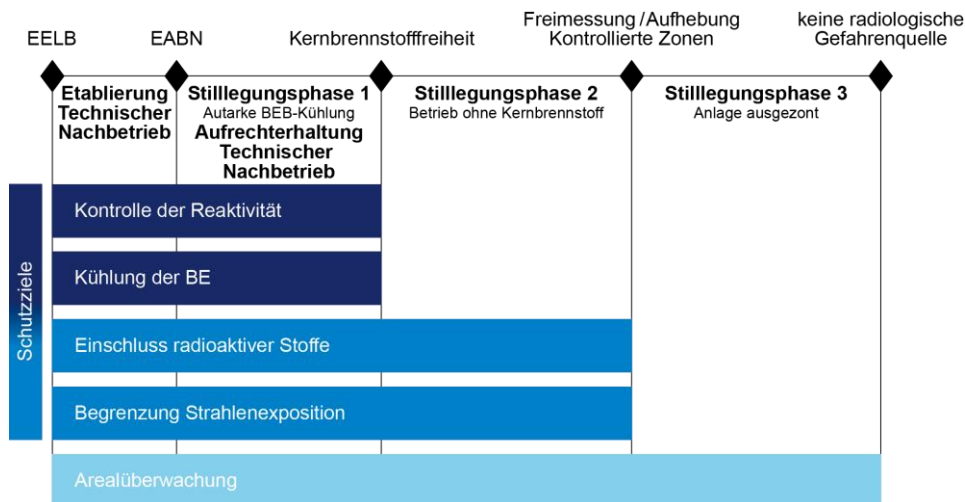


Abbildung 10-1: Schutzziele in den Stilllegungsphasen

Die Systeme des Technischen Nach- und Rückbaubetriebs werden während der Stilllegungsarbeiten entsprechend den jeweiligen Erfordernissen und Anforderungen bedarfsgerecht angepasst, ergänzt, umgebaut oder verlegt sowie ggf. durch adäquate Ersatzsysteme ersetzt. Hierzu erfolgt eine Prüfung, ob verfahrens-, elektro- und leittechnische Systeme oder bautechnische sowie sonstige Einrichtungen insbesondere für die Erhaltung der Schutzziele bzw. für den Technischen Nach- und Rückbaubetrieb und die Stilllegungsarbeiten oder für die allgemeine Standortinfrastruktur des KKM noch benötigt werden.

Erfahrungen vergleichbarer Projekte zeigen, dass die zum Teil noch benötigten Systeme/Teilsysteme aus dem Leistungsbetrieb für den Einsatz im Technischen Nach- und Rückbaubetrieb oft überdimensioniert sind. Die Stilllegungsarbeiten sehen auch den Rückbau von Einrichtungen der Infrastruktur innerhalb der Kontrollierten Zone vor.

Temporär werden Ersatzsysteme oder Baustelleneinrichtungen aufgebaut, um eine reibungslose und rückwirkungsfreie Demontage zu gewährleisten. Die Systeme/Teilsysteme des Technischen Nachbetriebs und insbesondere die des Rückbaubetriebs unterliegen während der Stilllegungsarbeiten einer stetigen Anpassung an den Rückbaufortschritt.

Es ist zu prüfen, inwieweit die Systeme/Teilsysteme

- nur in ihrer Betriebsweise bedarfsgerecht anzupassen sind,
- ergänzt oder geändert werden müssen, oder
- durch bedarfsgerechte Ersatzanlagen ersetzt werden müssen oder können. Die Ersatzanlagen sind dann entsprechend der noch erforderlichen Anforderungen unter Beachtung der oben genannten Schutzziele auszulegen.

Bei der Planung der Anpassung werden folgende Grundsätze beachtet:

- Systeme, Teilsysteme und Komponenten, die bereits mit der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) nicht mehr benötigt und somit obsolet werden, werden ausser Betrieb genommen.
- Die Strahlenschutzgrundsätze der StSV [14] sind einzuhalten.
- Änderungen werden so geplant, dass der Rückwirkungsschutz auf erforderliche, in Betrieb stehende sicherheitsrelevante Systeme/Teilsysteme gewährleistet ist.

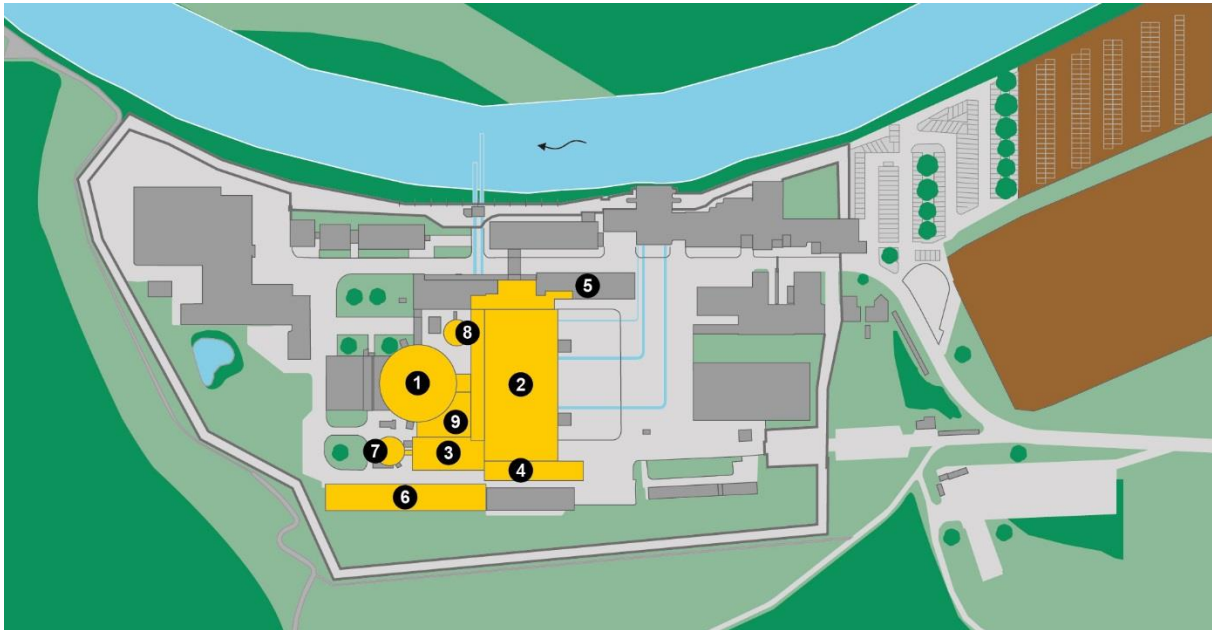
10.2 Gebäude im Technischen Nach- und Rückbaubetrieb

10.2.1 Gebäudestrukturen

Die Gebäude und überdachten Flächen innerhalb des überwachten Bereichs, unterteilen sich in den nuklearen Bereich (Kontrollierte Zone; gelbe Kennzeichnung in Abbildung 10-2) und in den nicht nuklearen Bereich (ausserhalb der Kontrollierten Zone; dunkelgraue Kennzeichnung in Abbildung 10-2). Im Weiteren werden die versiegelten Flächen (hellgrau) und Grünflächen (grün) abgebildet. Der überwachte Bereich wird eingegrenzt durch einen ihn umschliessenden Sicherheitszaun.

Ausserhalb des überwachten Bereichs besitzt das KKM weitere versiegelte Flächen (hellgrau) sowie Flächen mit Kies-/Schotteraufschüttungen (braun) als Parkflächen für Fahrzeuge.

Abbildung 10-2 zeigt anhand eines Lageplans die Anordnung der Kraftwerksgebäude und Kontrollierten Zone des überwachten Bereichs.



1	Reaktorgebäude (RG)	6	Zwischenlager für radioaktive Abfälle (ZL)
2	Maschinenhaus (MH)	7	Hochkamin (KA)
3	Aufbereitungsgebäude (AG)	8	Kaltkondensatbehälter (KB) einschliesslich Keller
4	Maschinenhaus Anbau Süd	9	Umrichterhalle (UH), Lagerplatz (LLS)
5	Teile des Betriebsgebäudes (BG)		

Abbildung 10-2: Lageplan der Kraftwerksgebäude und der Gebäude der Kontrollierten Zone

Für die Stilllegung sind die Gebäude, Komponenten und Einrichtungen innerhalb der Kontrollierten Zone von wesentlicher Bedeutung.

Alle weiteren Gebäude innerhalb des überwachten Bereichs zählen nicht zur Kontrollierten Zone. Sie werden als konventionelle Gebäude und Einrichtungen bezeichnet.

10.2.2 Gebäude, Bauwerke

Anhand der Nutzungsansprüche an die Gebäude der Kontrollierten Zone ergeben sich Anforderungen an deren Funktionen. Diese Anforderungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Gebäudeauslegung gegen innere Lasten
- Gebäudeauslegung gegen äussere Lasten
- Bestimmen von Brandabschnitten
- Sicherstellen der Dekontaminierbarkeit der inneren Gebäudeflächen
- Bestimmen von Anlagesicherheitsgrenzen (Hochwasser)
- Massnahmen gegen unerlaubte Einwirkung

Zwischen den Gebäuden der Kontrollierten Zone bestehen zum Teil Verbindungen durch Türen, Tore und Schleusen. Im Weiteren bestehen Kanäle, Rohr- und Leitungsdurchführungen usw., über welche immer ein Luftaustausch stattfindet. Die Lüftungsanlagen werden im KKM so betrieben, dass eine Unterdruckhaltung bzw. eine gerichtete Luftströmung in den Gebäuden der Kontrollierten Zone sichergestellt ist.

Die Nutzung der bestehenden Gebäude wird im Verlauf der Stilllegungsarbeiten bedarfsgerecht angepasst. Die nukleare Sicherheit, die Gebäudestatik sowie die Arbeitssicherheit werden dabei jeder-

zeit gewährleistet. Beispiel für eine derartige Umwidmung ist die Halle TA, die während des Leistungsbetriebs als Lagerhalle genutzt wird und im Rahmen der Stilllegung als Einrichtung zur Handhabung ausgebauten Materials und als Freimessbereich vorgesehen ist.

10.3 In Betrieb bleibende Nach- und Rückbaubetriebssysteme

In diesem Kapitel werden jene Systeme beschrieben, die für den Nach- und Rückbaubetrieb weiterhin von Bedeutung sind. Zudem wird auf die sich mit dem Fortschreiten der Stilllegungsarbeiten ändernden Anforderungen eingegangen.

10.3.1 Aufgabe der in Betrieb bleibenden Systeme

Nachbetriebssysteme

Als Nachbetriebssysteme werden die Systeme und Einrichtungen und speziell die Sicherheitssysteme verstanden, die zur Aufrechterhaltung des Technischen Nachbetriebs (sichere Verwahrung und Handhabung des Kernbrennstoffs in der Anlage) und der Erhaltung der Schutzziele

- Kontrolle der Reaktivität
- Kühlung der Brennelemente
- Einschluss der radioaktiven Stoffe
- Begrenzung der Strahlenexposition

erforderlich sind.

Der nötige Umfang der Systeme und Einrichtungen für den Technischen Nachbetrieb erfüllt im Weiteren folgende Funktionen:

- Gewährleistung der Kontrolle der Reaktivität und der Kühlung der Brennelemente
- Gewährleistung der Rückhaltung der Radioaktivität sowie eine kontrollierte Abgabe unter Einhaltung der zulässigen Abgabelimiten (Begrenzung der Strahlenexposition)
- Erfüllung der Anforderungen des Arbeitsschutzes, Brandschutzes, Umweltschutzes und sonstiger, konventioneller Regelwerke für den Betrieb von Arbeitsstätten, Baustellen usw.
- Aufrechterhaltung einer ausreichenden Versorgung der Raumbereiche insbesondere mit elektrischer Energie, Wasser, Frischluft, Druckluft usw.
- Überwachung und Steuerung der Nachbetriebssysteme

Rückbaubetriebssysteme

Der erforderliche Umfang der Systeme und Einrichtungen für den Rückbaubetrieb erfüllt insbesondere folgende Funktionen:

- Gewährleistung der Rückhaltung der Radioaktivität sowie eine kontrollierte Abgabe unter Einhaltung zulässiger Abgabelimiten (Begrenzung der Strahlenexposition)
- Erfüllung der Anforderungen des Arbeitsschutzes, Brandschutzes, Umweltschutzes und sonstiger, konventioneller Regelwerke für den Betrieb von Arbeitsstätten, Baustellen usw.
- Aufrechterhaltung einer ausreichenden Versorgung der Raumbereiche insbesondere mit elektrischer Energie, Wasser, Frischluft, Druckluft usw.
- Überwachung und Steuerung der Rückbaubetriebssysteme

10.3.2 Arbek Anlagen der autarken redundanten Brennelementlagerbeckenkühlung

Wesentliche Voraussetzung für die Aufrechterhaltung des Technischen Nachbetriebs ist die vorgängige Realisierung einer autarken redundanten Brennelementlagerbeckenkühlung (Arbek). Mit Arbek

wird die Autarkie der Kühlung des Brennelementlagerbeckens (BEB) unabhängig von anderen Einrichtungen des KKM erreicht. Im Weiteren wird der Schutz der Sicherheitseinrichtungen vor Fehlbedienungen, Lasteinträgen und Brandeinwirkungen sichergestellt (Rückwirkungsschutz auf Sicherheitseinrichtungen). Arbek setzt sich aus folgenden Teilsystemen zusammen:

Arbek-B (Betriebssysteme) beinhaltet die Systeme zur betrieblichen Kühlung und Reinigung des BEB. Arbek-B besteht aus dem BEB-Kühl- und Reinigungssystem, das Wärme an das Zwischenkühlwassersystem im Reaktorgebäude abgibt. Dieses überträgt die Wärme wiederum über das Hilfskühlwassersystem an die Aare.

Arbek-S (Sicherheitssystem) ist das Sicherheitssystem der BEB-Kühlung und besteht aus den im BEB angeordneten Eintauchkühlern zur Abfuhr der Nachzerfallwärme im BEB, einem Rohrleitungssystem im Reaktorgebäude vom BEB zum SUSAN-Gebäude, redundanten Kühlwasserpumpen und einem Zwischenkühler im SUSAN-Gebäude.

Arbek-N (Notfallsystem) ist die ergänzende Wasserversorgung des BEB-Kühlsystems und Nachspeisung des BEB im Notfall aus einer neuen ergänzenden Wasserversorgung vom Hochreservoir des KKM. Das zum heutigen Zeitpunkt bereits bestehende System zur externen BEB-Bespeisung bleibt zusätzlich weiterhin verfügbar.

Arbek-Z (Zusatzverschluss) ist die Ergänzung der Beckenschleuse durch einen redundanten Zusatzverschluss zwischen Reaktorgrube und BEB. Dieser Zusatzverschluss ergänzt den Dammbalken in seiner Abdichtfunktion und wird seismisch robust ausgeführt. Er wird vor der Stilllegungsphase 1 nach der Auslagerung sämtlicher Brennelemente aus dem Reaktordruckbehälter in die BEB-Schleuse gesetzt.

Arbek-R (Rückwirkungsschutz) ist der Schutz der mit Arbek verbundenen sicherheitsrelevanten Systeme vor Rückwirkungen aus Tätigkeiten in der Anlage. Der Rückwirkungsschutz beinhaltet alle Bereiche, in denen sich sicherheitsrelevante Systeme und Komponenten für die autarke BEB-Kühlung befinden. Unabhängig von den Arbek-Systemen werden weitere, für den sicheren Betrieb erforderliche Einrichtungen mit Rückwirkungsschutzmassnahmen versehen.

Neben den Arbek-Teilsystemen bleiben noch modifizierte SUSAN-Systeme funktionsbereit, soweit sie für den Betrieb des neuen Sicherheitssystems der Brennelementlagerbeckenkühlung (Arbek-S) notwendig sind. Die Notstromversorgung wird durch die SUSAN 600 kVA-Dieselegeneratoren sichergestellt.

10.3.3 Lüftungstechnische Anlagen

Innerhalb Kontrollierter Zone (Lüftung Kontrollierte Zone)

Die Ventilationsanlagen innerhalb der Kontrollierten Zone haben folgende Aufgaben zu erfüllen:

- In Gebäuden einen Unterdruck gegenüber der Atmosphäre einhalten oder eine gerichtete Luftströmung in die Gebäude der Kontrollierten Zone sicherstellen
- Eine gerichtete Luftströmung von Räumen mit geringer zu Räumen mit grösserer Raumluftaktivität sicherstellen
- Die Überwachung der abgeleiteten radioaktiven Stoffe gewährleisten
- Die Filterung der Abluft entsprechend der radiologischen und technischen Anforderungen ausführen und über den Hochkamin kontrolliert ins Freie abgeben
- Eine unkontrollierte Aktivitätsableitung an die Umgebung durch Abluftüberwachung und Bilanzierung vermeiden

Weiterhin dienen die Lüftungstechnischen Anlagen dazu, geeignete Umgebungs- oder Arbeitsplatzbedingungen für Personal und Einrichtungen herzustellen.

Für Rückbauarbeiten oder die Weiterbearbeitung demontierter Einrichtungen in der Kontrollierten Zone, bei denen mit einer verstärkten Mobilisierung von radioaktiven Stoffen in Form von Aerosolen gerechnet werden muss, werden soweit erforderlich zusätzliche Massnahmen zur Rückhaltung ergriffen. Dies sind u.a. das Aufstellen mobiler Einrichtungen zur Luftabsaugung, Luftfilterung oder eine Lüftungstechnische Abtrennung von Arbeitsbereichen.

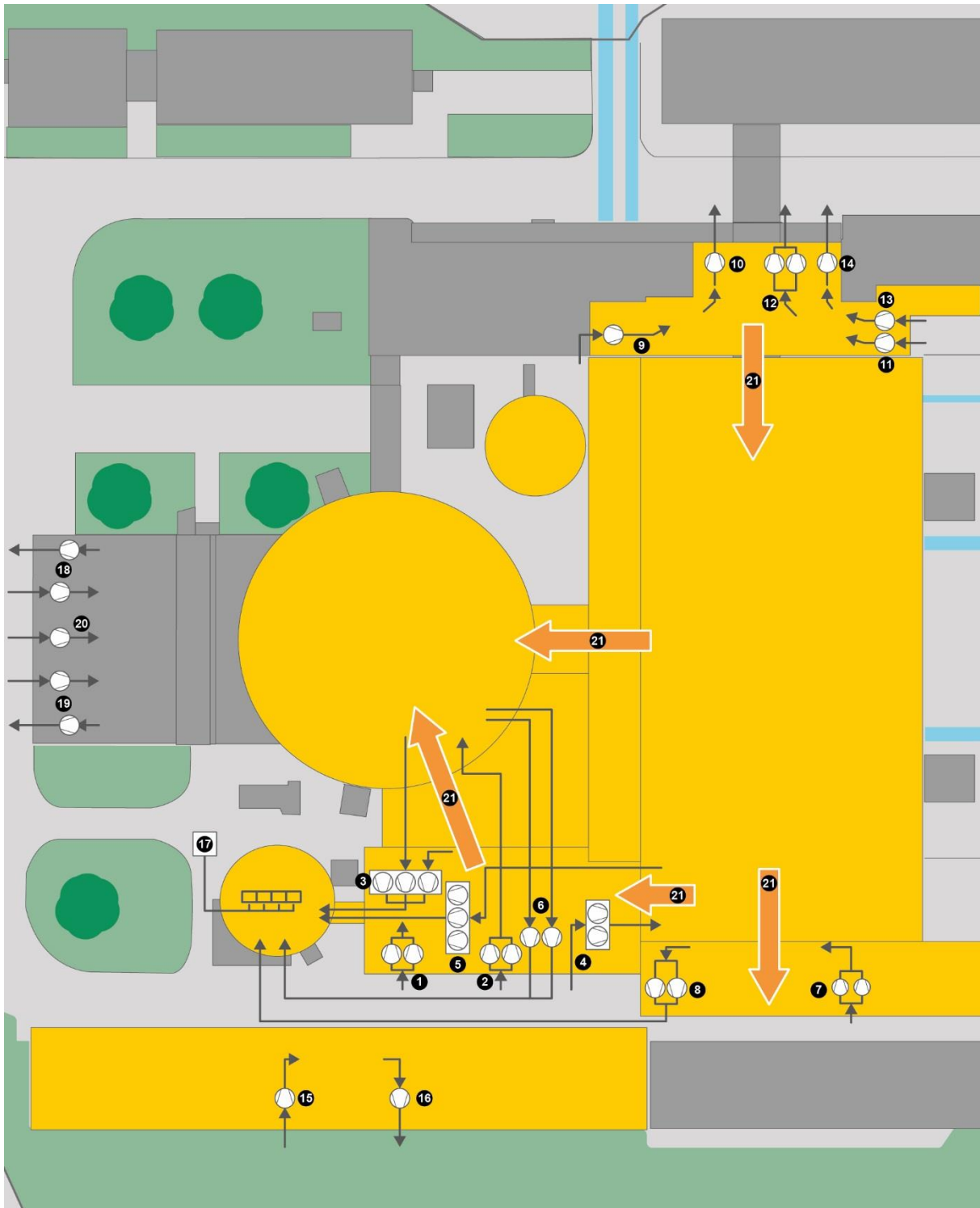
Bei Ausfall von Lüftungsanlagen in abgegrenzten Raumbereichen werden die dortigen Arbeiten eingestellt. Bei einem Ausfall der gesamten Ventilationsanlagen erfolgt die Einstellung der Arbeiten innerhalb der Gebäude der Kontrollierten Zone.

Abbildung 10-3 gibt einen Überblick über die zum Zeitpunkt der Endgültigen Ausserbetriebnahme (EABN) noch in Betrieb stehenden Ventilationsanlagen. Die orangen Pfeile markieren die Hauptrichtung der gerichteten Luftströmung in die Gebäude.

Die Ventilationsanlagen innerhalb der Kontrollierten Zone werden im erforderlichen Umfang weiterbetrieben oder gegebenenfalls an den Rückbaufortschritt angepasst bzw. ersetzt, wie es zur Einrichtung geeigneter Umgebungs- oder Arbeitsplatzbedingungen erforderlich ist.

Ausserhalb Kontrollierte Zone (konventionelle Lüftung)

Die Lüftungstechnischen Anlagen ausserhalb der Kontrollierten Zone dienen dazu, geeignete Umgebungs- oder Arbeitsplatzbedingungen für Personal und Einrichtungen herzustellen. Diese werden im erforderlichen Umfang weiterbetrieben oder gegebenenfalls angepasst.



- | | | | |
|----|----------------------------------|----|---|
| 1 | Zuluft Aufbereitungsgebäude (AG) | 12 | Abluft Labor |
| 2 | Zuluft Reaktorgebäude (RG) | 13 | Zuluft Zonenzutritt |
| 3 | Abluft RG/AG | 14 | Abluft Zonenzutritt |
| 4 | Zuluft Maschinenhaus (MH) | 15 | Zuluft Zwischenlager (ZL) |
| 5 | Abluft Maschinenhaus (MH) | 16 | Abluft Zwischenlager (ZL) |
| 6 | Notabluft Reaktorgebäude (RG) | 17 | Abluftüberwachung und Bilanzierung |
| 7 | Zuluft MH Anbau Süd | 18 | Zu- und Abluft SUSAN-Gebäude Div. A |
| 8 | Abluft MH Anbau Süd | 19 | Zu- und Abluft SUSAN-Gebäude Div. B |
| 9 | Zuluft Aktivwäscherei | 20 | Notzuluft SUSAN-Gebäude |
| 10 | Abluft Aktivwäscherei | 21 | Gerichtete Luftströmung (Unterdruckhaltung) |
| 11 | Zuluft Labor | | |

Abbildung 10-3: Lüftungsschemata KKM

10.3.4 Elektrische Anlagen und Leittechnik

10.3.4.1 Eigenbedarfsversorgung

Die Aufgabe der elektrischen Eigenbedarfsversorgung besteht in der sicheren und zuverlässigen Energieversorgung der für die Stilllegungsarbeiten benötigten Ausrüstungen. Im Wesentlichen bestehen die elektrischen Anlagen der Eigenbedarfsversorgung aus drei 6-kV-Eigenbedarfsschienen mit ihren 400-V-Hauptverteilungen sowie aus Notstromquellen, die den Strängen I bis IV der Sicherheitssysteme zugeordnet sind.

Eine externe Stromversorgung besteht zum 50-kV-Hochspannungsnetz sowie weiterhin noch zum 220-kV-Hochspannungsnetz. Die elektrischen Anlagen sind zur Erfüllung folgender Aufgaben vorgesehen:

- Decken des Eigenbedarfs der Nach- und Rückbaubetriebssysteme einschliesslich Baustromversorgungen
- Notstromversorgung der Sicherheitssysteme

Es sind keine neuen Anforderungen hinsichtlich der Auslegung und Betriebsweise an die Eigenbedarfsversorgung zu stellen. Die Leistung der Einspeisung aus dem 50-kV-Hochspannungsnetz ist ausreichend, um auch temporär aufzubauende Ersatzsysteme und -einrichtungen zu versorgen.

Die vorhandene Eigenbedarfsversorgung (inkl. Notstromversorgung) wird im erforderlichen Umfang weiterbetrieben, gegebenenfalls an den Rückbaufortschritt angepasst. Nicht mehr benötigte Einrichtungen (z.B. Schaltanlagen, Verteilungen) werden ausser Betrieb genommen.

10.3.4.2 Notstromversorgung

Die interne Notstromversorgung versorgt die unbedingt notwendigen Verbraucher sicher mit elektrischer Energie bei einem Ausfall der externen Stromversorgung. Die Versorgung der Sicherheitssysteme der Stränge I und II setzt sich zum heutigen Zeitpunkt aus der 1,8-MVA-Dieselanlage und den beiden unabhängigen 16-kV-Einspeisungen aus dem Wasserkraftwerk Mühleberg zusammen. Die Sicherheitssysteme der Stränge III und VI werden von den beiden redundanten SUSAN 600-kVA-Dieselanlagen versorgt.

Ferner werden im erforderlichen Umfang batteriegepufferte Schienen zur Versorgung der für den Nach- und Rückbaubetrieb benötigten Sicherheitssysteme betrieben. Die Versorgung betrifft u.a.:

- Fluchtwegebeleuchtung
- Brandmeldeanlagen
- Lautsprecheranlagen und Alarmierungseinrichtungen
- Kommunikationseinrichtungen

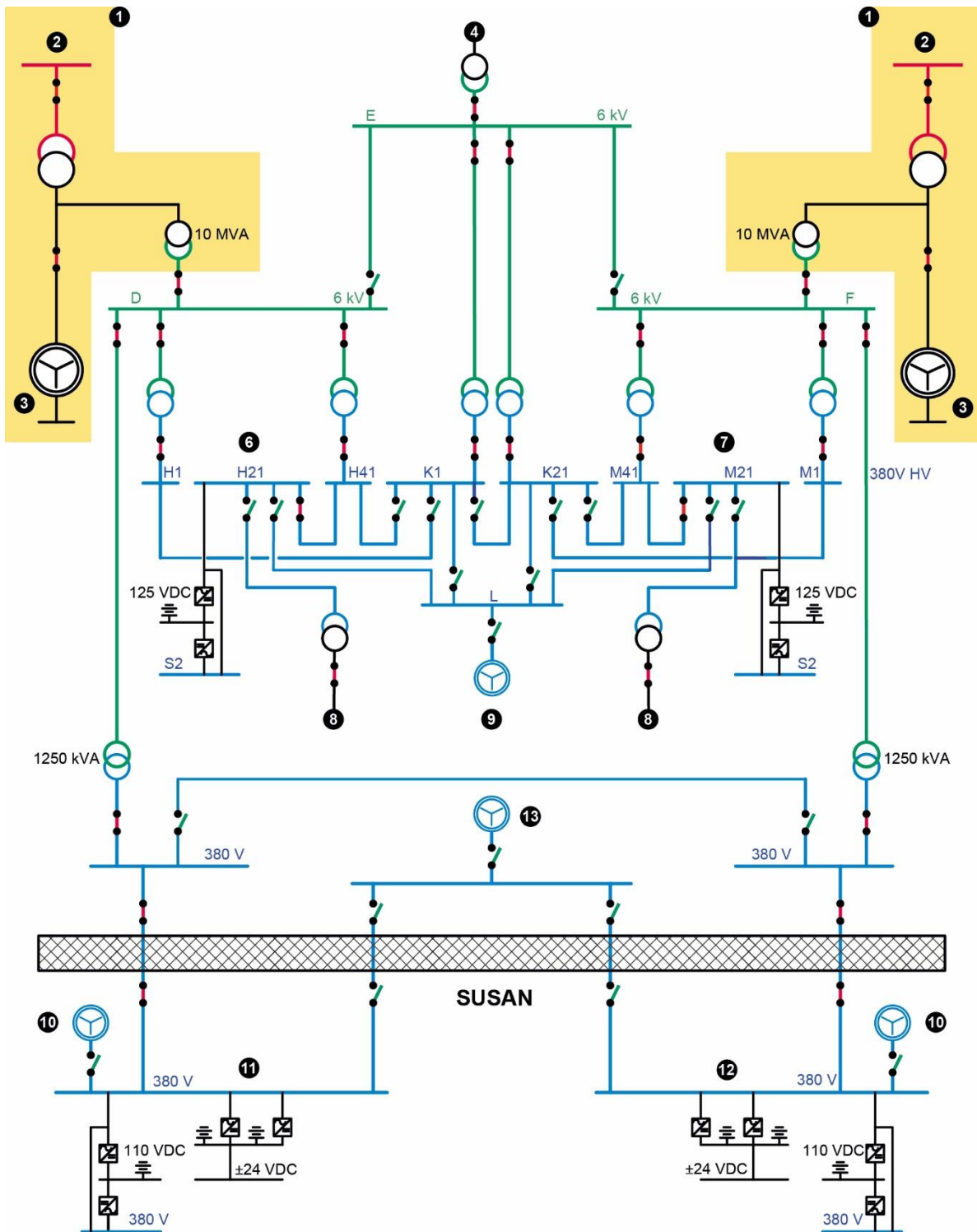
Die Batteriekapazitäten sind nach konventionellem Regelwerk bemessen. Die angeschlossenen Verbraucher werden ggf. so umgebaut, dass sie dezentral versorgt werden können, oder es werden gleichwertige Ersatzmassnahmen getroffen. Die batteriegepufferten Schienen werden dann bedarfsgerecht angepasst und – wenn sie nicht mehr benötigt werden – dauerhaft ausser Betrieb genommen. Zur Ersatzstromversorgung können vorhandene betriebliche Dieselaggregate genutzt werden.

Zur Erfüllung der Schutzziele wird im Rahmen der Phasenfreigaben ein angepasstes, detailliertes Notstromkonzept vorgelegt.

10.3.4.3 Baustromversorgung

Zusätzlich zur bestehenden Eigenbedarfsversorgung werden bedarfsgerecht Baustromversorgungen aufgebaut oder andere geeignete Ersatzmassnahmen ergriffen.

Abbildung 10-4 zeigt eine schematische Übersicht der Eigenbedarfs- und Notstromversorgung.



- | | | | |
|---|---|----|--|
| 1 | Vorbereitende Massnahme:
Ausserbetriebnahme 220 kV | 8 | Hydro Mühleberg Einspeisung 16 kV |
| 2 | Netzanschluss 220 kV | 9 | Notstromdieselanlage 1800 kVA |
| 3 | Generator | 10 | Notstromdieselanlage 600 kVA |
| 4 | Einspeisung vom 50 kV-Netz | 11 | Versorgung der Sicherheitssysteme Strang III |
| 6 | Versorgung der Sicherheitssysteme Strang I | 12 | Versorgung der Sicherheitssysteme Strang IV |
| 7 | Versorgung der Sicherheitssysteme Strang II | 13 | Alternative Notstromdieselanlage 1000 kVA |

Abbildung 10-4: Übersicht elektrische Anlagen Eigenbedarfsversorgung KKM

10.3.4.4 Prozessrechner- und Datenerfassungssystem

Das Prozessrechner- und Datenerfassungssystem ist ein Instrument zur Überwachung der für den Technischen Nachbetrieb benötigten Ausrüstungen. Zentrale Aufgabe ist die Prüfung, Konversion und Aufbereitung der Prozessdaten der in Betrieb bleibenden Nachbetriebssysteme zu nutzbaren Informationen. Diese aufbereiteten Daten stehen dem Personal in den Kommandoräumen oder an örtlichen Leitständen zur Verfügung.

Das Prozessrechner- und Datenerfassungssystem wird im Technischen Nach- und Rückbaubetrieb auf den erforderlichen Umfang reduziert und weiterbetrieben und im Rahmen des Rückzugs ausser Betrieb genommen und/oder durch Ersatzsysteme ersetzt.

10.3.4.5 Kommandoräume

Das KKM verfügt über zwei Kommandoräume mit unterschiedlichen Funktionen. Die für den Technischen Nachbetrieb benötigten Anlagen werden vom Hauptkommandoraum aus überwacht und gesteuert. Von hier aus lassen sich alle wesentlichen Vorgänge für die in Betrieb bleibenden Nachbetriebssysteme ausführen und überwachen. Bei einem Verlust des Hauptkommandoraumes können die Sicherheitssysteme des Technischen Nachbetriebs aus dem Kommandoraum des Notstandsystems SUSAN überwacht und gesteuert werden. Weitere Überwachungs- und Steuerfunktionen stehen über örtliche Steuerstellen (Befehlsstände) zur Verfügung.

Die Kommandoräume und örtlichen Steuerstellen sind die Bindeglieder zwischen Mensch und Maschine. Sie bilden die zentralen Nahtstellen zur Überwachung und Steuerung der Systeme der für den Technischen Nach- und Rückbaubetrieb benötigten Ausrüstungen.

Die Kommandoräume und örtlichen Steuerstellen werden im Rückbaubetrieb im erforderlichen Umfang weiterbetrieben und an den Rückbaufortschritt angepasst oder im Rahmen des Rückzugs ausser Betrieb genommen und/oder durch Ersatzsysteme ersetzt.

10.3.4.6 Allgemeine Hilfssysteme

Auf dem Areal sind die noch erforderlichen Nach- und Rückbaubetriebssysteme der allgemeinen Infrastruktur des KKM weiterhin in Betrieb. Hierzu zählen u.a.:

Versorgungseinrichtungen. Beispielhaft sind hier zu nennen:

- Gasversorgung (Zählgas, Druckluft)
- Gebäudeheizung und -kühlung
- Trinkwasser
- Konventionelle Brennstoffe (Diesel, Heizöl)

Überwachungs- und Vorsorgeeinrichtungen. Beispielhaft sind hier zu nennen:

- Leckageüberwachung Brennelementlagerbecken/Reaktorbecken
- Brandschutzeinrichtungen aktiv (Löschwasserversorgung, Gaslöschanlagen, Brandmelde-technik)
- Brandschutzeinrichtungen passiv
- Strahlungs- und Aktivitätsüberwachung, Meteorologie
- Blitzschutzeinrichtungen
- Überwachung auf toxische oder explosive Gase
- Einrichtungen des Notfallschutzes

Handhabungseinrichtungen. Beispielhaft sind hier zu nennen:

- Hebezeuge und Aufzüge
- Lademaschine mit Hilfsbrücke sowie Werkzeuge zur Handhabung von Kernbauteilen
- Dekontaminationseinrichtungen
- Flurförderfahrzeuge

Die Versorgungseinrichtungen, Überwachungs- und Vorsorgeeinrichtungen sowie Handhabungseinrichtungen innerhalb und ausserhalb der Kontrollierten Zone sowie auf dem Areal werden im erforderlichen Umfang weiterbetrieben, bei Bedarf an den Rückbaufortschritt angepasst, oder im Rahmen des Rückzugs ausser Betrieb genommen und/oder durch Ersatzsysteme ersetzt.

10.3.5 Brandschutzsysteme

Brandschutzsysteme sind im KKM vorhanden und entsprechen den aktuellen Anforderungen. Die Funktionstauglichkeit der Brandschutzsysteme wird periodisch überprüft. Die Brandschutzsysteme bleiben zunächst in Betrieb und werden an den Rückbaufortschritt angepasst.

Das Konzept zum Brandschutz ist durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- Brandabschnitt-Bildung durch bautechnische Trennung
- Brandmeldeanlagen mit Brandmeldern und Handalarmtaster
- Brandfallsteuerungen der Lüftungen (u.a. Brandschutzklappen)
- Brandfallsteuerungen der Sprühflutanlagen, Gaslöschanlagen, Brandschutztüren, Rauch- und Wärmeabzugsanlagen
- Stationäre Feuerlöschsysteme (inklusive Feuerlöschwasserversorgung) als Sprühflutanlagen und Gaslöschanlagen
- Anordnung von Handfeuerlöscher
- Brandschutzabschlüsse (Schottungen, Brandschutzklappen, Türen usw.)
- Abschottung von Baubereichen mit hoher Brandlast (in Einzelfällen Kabelbeschichtungen, Verkleidungen oder ähnliches)

Das Konzept zum Brandschutz beruht insbesondere auf einer Kombination von bautechnischen, anlagentechnischen und betrieblichen Brandschutzmassnahmen im Zusammenhang mit der Richtlinie HSK-R50 Sicherheitstechnische Anforderungen an den Brandschutz in Kernanlagen [35]. Diese Richtlinie gilt für die Aufsicht über die Brandschutzmassnahmen in den schweizerischen Kernanlagen während der Projektierung, des Baus, des Betriebs und der Stilllegung. Die Aufsicht erstreckt sich auf alle für die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz relevanten Brandschutzaspekte.

Die Gesichtspunkte des Personenschutzes und des Sachschutzes werden hierbei im ausreichenden Umfang berücksichtigt.

Bei der Festlegung der Brandschutzmassnahmen werden primär Massnahmen zur Minimierung und Kapselung vorhandener Brandlasten ergriffen. Ergänzend sind in Bereichen mit erhöhten Brandlasten (z.B. hohe Kabeldichte, Ölbehälter) stationäre, zum Teil fernauslösbare bzw. automatisch auslösende Feuerlöschsysteme vorhanden.

Die Feuerlöschsysteme mit Feuerlöschwasserversorgung bestehen u.a. aus den Feuerlöschwasserpumpen, einem Ringleitungssystem mit Überflurhydranten, den Steigleitungen in den Gebäuden, den Wandhydranten und den Anschlüssen für die Auslösestationen der Sprühflut- und Sprühnebelanlagen.

Verschiedene elektrische Betriebsräume sind mit Gaslöschanlagen ausgestattet.

Alle Gebäude sind mit tragbaren Handfeuerlöschern ausgerüstet.

Alle Gebäude des KKM inklusive den Bereichen mit erhöhten Brandlasten sind mit Brandmeldern überwacht. Zusätzlich befinden sich an exponierten Stellen Handalarmtaster zur Brandalarmierung.

Grundsätzlich unterliegen Änderungen an Brandschutzsystemen (Demontage, Neumontage, Anpassungen) der Freigabepflicht durch die zuständige Behörde. Die betrieblichen Aufgaben und sicherheitstechnischen Anforderungen entfallen zum Teil mit Erreichen der Kernbrennstofffreiheit sowie mit fortschreitender Stilllegung. Nach Entfall der betrieblichen Aufgaben und sicherheitstechnischen Anforderungen werden die jeweiligen Brandschutzsysteme stillgesetzt und zu gegebener Zeit demontiert (nach Erhalt der Freigabe durch die Behörde). Allenfalls werden vorhandene Brandschutzsysteme im Verlauf der Stilllegungsarbeiten angepasst und/oder durch neue, bedarfsgerechte Systeme ersetzt. Brandabschnitte werden im Zuge der Stilllegungsarbeiten zusammengefasst.

10.3.6 Anlagen zur Bereitstellung von Kühlwasser

10.3.6.1 Hauptkühlwassersystem

Mit der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) wird aufgrund eines wesentlich geringeren Kühlwasserbedarfs das Hauptkühlwassersystem nicht mehr benötigt. Das Hauptkühlwassersystem wird nach der EELB ausser Betrieb genommen.

10.3.6.2 Nukleare Kühlwassersysteme

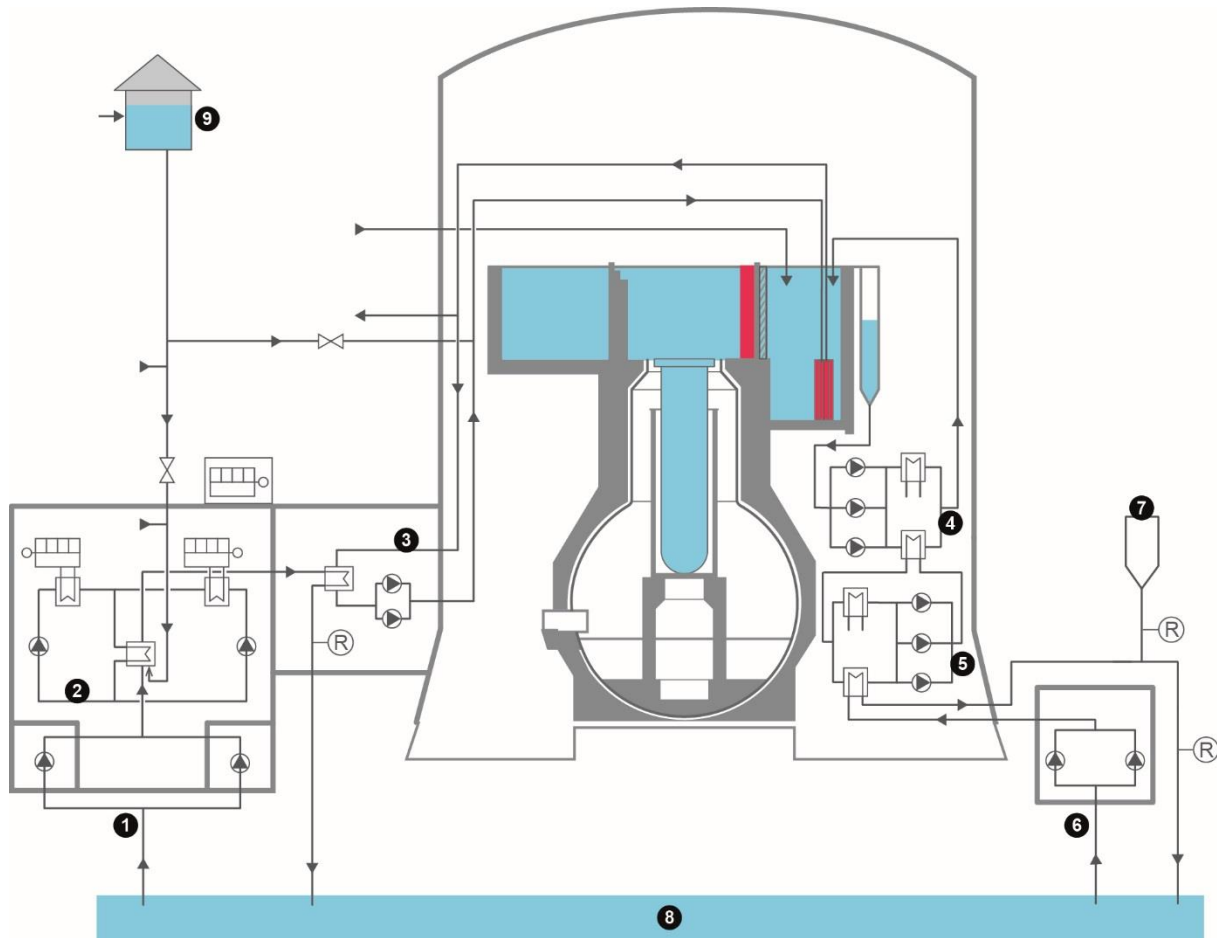
Zu den nuklearen Kühlwassersystemen gehören:

- Das Hilfskühlwassersystem und das SUSAN-Kühlwassersystem, die das Kühlwasser der Aare entnehmen und wieder an diese abgeben
- Das SUSAN-Zwischenkühlwassersystem für verunreinigungsfreie Kühlung der Notstromdiesel und Lüftung
- Die Zwischenkühlwassersysteme im Reaktorgebäude und Maschinenhaus

Das Hilfskühlwassersystem hat unter normalen Bedingungen die Wärmeabfuhr aus den Nach- und Rückbaubetriebssystemen an die äussere Wärmesenke sicherzustellen. Die Zwischenkühlkreisläufe sind geschlossene Kreisläufe innerhalb der Anlage und dienen insbesondere auch als Aktivitätsbarriere.

Im Rahmen der SUSAN-Nachrüstung wurde im KKM eine zusätzliche Kühlwasserversorgung realisiert. Diese erhöht die Verfügbarkeit des Kühlwassers beim Verlust der externen Stromversorgung und beim Sicherheitserdbeben sowie bei externer Überflutung, Flugzeugabsturz und Blitzschlag. Im Notfall wird die Wärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken durch Arbek-S und das SUSAN-Kühlwassersystem sichergestellt.

Abbildung 10-5 zeigt einen schematischen Überblick über die Kühlwassersysteme des KKM.



- | | | | |
|---|---|---|-----------------------------------|
| 1 | SUSAN-Kühlwassersystem | 5 | Zwischenkühlwasser Reaktorgebäude |
| 2 | Zwischenkühlwasser SUSAN-Gebäude | 6 | Hilfskühlwasser |
| 3 | Sicherheitskühlwasser Brennelementlagerbecken (Arbek-S) | 7 | Abwasseraufbereitung |
| 4 | Brennelementlagerbecken Kühl- und Reinigungssystem | 8 | Aare |
| | | 9 | Hochreservoir |
| | | R | Radioaktivitätsüberwachung |

Abbildung 10-5: Kühlwassersysteme KKM

Die Kühlwassersysteme innerhalb und ausserhalb der Kontrollierten Zone werden im erforderlichen Umfang weiterbetrieben oder gegebenenfalls an den Rückbaufortschritt angepasst bzw. ersetzt. Unter Einhaltung der Abgabelimiten wird das Kühlwasser über Auslaufbauwerke wieder an die Aare abgegeben. Die Abgaben werden mit geeigneten Messeinrichtungen überwacht und bilanziert.

10.3.6.3 Bestehende Konzession Kühlwasserversorgung

Mit dem Bau des Kernkraftwerks Mühleberg wurde die erste Kühlwasserkonzession zur Nutzung von Kühlwasser aus der Aare beim Kanton Bern 1966 beantragt und erteilt. In der Folge wurde die Kühlwasserkonzession mehrmals, u.a. auf Grund der Anlageauslegung oder Leistungserhöhung bzw. durch Änderung der Abwassereinleitungsverordnung, angepasst. 1992 erfolgte die Umwandlung der bis dato geführten Mengenkonzession in eine Abwärmeleistungskonzession, die weiterhin gilt.

Das KKM besitzt ein Pumpenhaus (PH) über welches mit Hilfe von Pumpen, Rechen und Korbsiebmaschinen gereinigtes Wasser aus der Aare abgesaugt wird. Dieses dient der Kühlung der benötigten Einrichtungen für den Leistungs- und Revisionsbetrieb des KKM. Nachdem das Wasser den Kühlkreislauf durchlaufen hat, fliesst das erwärmte Kühlwasser durch den Rücklaufkanal des Auslaufbauwerks in die Aare zurück.

Für 2014 ergaben sich folgende Daten:

– Mittlere Abwärmeleistung (Wärmeeintrag 2014)	661 MW
– Mittlere Temperaturerhöhung Kühlwasser (2014)	13,3 Kelvin (°C)
– Wasserdurchsatz in 2014 (indikativ)	375 Mio. m ³

Die seit 1966 bestehende Kühlwasserkonzession wird zum Zeitpunkt der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) nur noch in sehr begrenztem Umfang genutzt. Zum Zeitpunkt der Endgültigen Ausserbetriebnahme (EABN) mit Abschluss der Massnahmen zur Etablierung des Technischen Nachbetriebs wird eine Anpassung der Kühlwasserkonzession erforderlich, entsprechend der reduzierten Erfordernisse in der Stilllegung des KKM. Im Folgenden wird auf die Daten für die angepasste Konzession eingegangen.

10.3.6.4 Anpassung Konzession Kühlwasserversorgung

Für die Anpassung der Konzession werden folgende Ansätze ab der EABN zugrunde gelegt:

- Die Wasserentnahme und -einleitung erfolgt über die vorhandenen Bauwerke.
- Die aus dem Leistungsbetrieb vorhandenen Messeinrichtungen und Berechnungsgrundlagen (Menge, Temperatur) werden im Rahmen der Stilllegungsarbeiten bedarfsgerecht angepasst.

Die Abwärmeleistung (Wärmeeintrag) setzt sich zusammen aus der Nachzerfallswärme aller Brennelemente (600 kW bei einer maximalen Beladung des Brennelementlagerbeckens) sowie des Wärmeaustrags diverser Aggregate (400 kW zum Wärmeaustrag von Gebäudelüftungen und Nebenprozessen).

Zur Anpassung der Konzession wird im Sinn der Begrenzung des Wärmeeintrags in die Aare eine maximale Abwärmeleistung zugrunde gelegt:

– Maximale Abwärmeleistung ab der EABN	1 MW
--	------

Die Abwärmeleistung reduziert sich kontinuierlich über die Zeit bis zur Kernbrennstofffreiheit durch die natürliche Abnahme der Nachzerfallswärme der Brennelemente und die sukzessive Verbringung der Brennelemente in eine andere Kernanlage.

Mit der Weiternutzung des noch in Betrieb stehenden Hilfskühlwassersystems wird sich indikativ eine maximale Temperaturerhöhung von ca. 0,5 °C ergeben bei einem veranschlagten Wasserdurchsatz von 0,55 m³/s.

10.3.7 Anlagen zur Abwassersammlung und Abwasserbehandlung

Es wird unterschieden in Abwässer, die in Gebäuden/Gebäudeteilen der Kontrollierten Zone und in Abwässer, die ausserhalb der Kontrollierten Zone anfallen.

Durch Filtrieren werden die Abwässer aus der Kontrollierten Zone so gereinigt, dass sie wieder an die Aare abgegeben werden können. Die Abwässer werden innerhalb der Grenzen der Abgabelimiten (s. Kapitel 9.4) an die Aare abgegeben.

10.3.7.1 Abwassersammlung und -behandlung, -lagerung und -abgabe in der Kontrollierten Zone

Die Anlagen zur Abwassersammlung und -behandlung umfassen im Wesentlichen:

- Abwassersammlung und -lagerung in Behältern
- Abwasserbehandlung (z.B. Filteranlagen, Verdampfer-Anlage)
- Anlagenteile zur kontrollierten Abgabe von Wässern (z.B. Abgabe von behandelten Wässern an die Aare)

In der Kontrollierten Zone fallen während der Stilllegung Abwässer bei der Entleerung von Behältern und Systemen, bei der Entleerung des Brennelementlagerbeckens sowie des Flutraums und im Bereich des Hygienetrakts an. Leckage- oder Entleerungswasser wird in der Kontrollierten Zone an den tiefsten Gebäudepunkten gesammelt. Dazu kommen noch Abwässer des Chemielabors, der Wäscherei, der Dusche, der Dekontamination und der in Gebäuden verteilten Entleerungsstellen für Reinigungswasser. Darüber hinaus fallen auch Abwässer bei der Durchführung von Stilllegungsarbeiten und bei der Behandlung von radioaktiven Materialien (Dekontaminationsmassnahmen) an.

Von den einzelnen Gebäuden wird das Abwasser in den dafür vorgesehenen, bereits vorhandenen Sammelbehältern im Aufbereitungsgebäude (AG) bzw. im Betriebsgebäude (BG) gesammelt. Aus den Sammelbehältern wird das Abwasser über Filter, Ionentauscher oder Zentrifugen zu den Prüfbehältern gefördert. In den Prüfbehältern wird das Abwasser umgewälzt und es werden Proben genommen. Unter Einhaltung der Abgabelimiten wird das Abwasser an die Aare abgegeben. Die Abgaben werden mit geeigneten Messeinrichtungen überwacht und bilanziert.

Insbesondere nach Beendigung wesentlicher Rückbaumassnahmen in den jeweiligen Gebäuden der Kontrollierten Zone (z.B. Demontage Reaktordruckbehälter-Einbauten im Nasszerlegebereich des Reaktorgebäudes) können die Einrichtungen zur Abwassersammlung und -behandlung in der Kontrollierten Zone ausser Betrieb genommen werden. Bei Erfordernis werden geeignete Ersatzmassnahmen getroffen.

10.3.7.2 Abwassersammlung, -lagerung und -abgabe ausserhalb der Kontrollierten Zone

Ausserhalb der Kontrollierten Zone und auf dem Areal fallen folgende Abwässer an:

- Regenabwasser (Meteorwasser)
- Konventionelle, betriebliche Abwässer
- Häusliche Abwässer

Regenabwasser wird oberflächlich über das Regenwassernetz gesammelt und an die Aare abgeführt, an das Abwassernetz abgegeben oder versickert über die unversiegelten Flächen. Abwasser aus den Sanitärbereichen, aus Küche und Kantine werden über das Abwassernetz einer Kläranlage zugeführt. Das Abwasser aus den Gebäuden ausserhalb der Kontrollierten Zone (konventionelle, betriebliche Abwässer) wird ebenfalls über das Abwassernetz einer Kläranlage zugeführt.

Die Abwasseranlagen innerhalb und ausserhalb der Kontrollierten Zone sowie auf dem Areal werden im erforderlichen Umfang weiterbetrieben, gegebenenfalls dem Fortschreiten der Stilllegungsarbeiten angepasst bzw. ersetzt.

10.4 Obsoleszenz und Ausserbetriebnahme von Systemen

10.4.1 Klassierung von Nach- und Rückbaubetriebssystemen

Die Systeme werden hinsichtlich ihrer Bedeutung zur Aufrechterhaltung des Technischen Nach- und Rückbaubetriebs gemäss Anhang 4 Kernenergieverordnung (KEV) [6] sicherheitstechnisch klassiert. Die Klassierung erfolgt in Anlehnung an die bestehende Richtlinie ENSI-G01 [25]. Durch die Angabe der betreffenden Anforderungsklassen ergeben sich Vorgaben für das Aufsichtsverfahren bei Austausch und Änderungen der Nach- und Rückbaubetriebssysteme.

Die erforderlichen Systeme dienen der Aufrechterhaltung der Schutzziele:

- Kontrolle der Reaktivität (Gewährleistung der Unterkritikalität)
- Kühlen der Brennelemente (Sicherstellung der Nachwärmeabfuhr aus dem Brennelementlagerbecken BEB)
- Einschluss radioaktiver Stoffe (Aufrechterhaltung von Barrieren)
- Begrenzen der Strahlenexposition (Überwachung Strahlenschutz)

10.4.2 Feststellung Funktionale Obsoleszenz von Systemen/Teilsystemen

Bereits mit der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) ergeben sich im Rahmen der Stilllegung des KKM Systeme und Einrichtungen, die keinerlei Verwendung mehr haben (funktional obsolet). Diese Systeme werden kalt abgestellt und gegen unberechtigtes Wiedereinschalten gesichert. Im Verlauf der Stilllegungsarbeiten werden weitere Systeme und Einrichtungen einen funktional obsoleten Zustand erreichen. Die Feststellung der Obsoleszenz erfolgt im Rahmen der vorbereitenden Planung zur Ausserbetriebnahme (ABN) dieser Systeme und Einrichtungen.

Mit der Feststellung, dass ein System oder eine Einrichtung einen funktional obsoleten Zustand erreicht hat, wird sichergestellt, dass diese Einrichtungen auch zu einem späteren Zeitpunkt nicht mehr benötigt werden. Für Systeme und Einrichtungen mit einer sicherheitstechnischen Klassierung erfolgt die Feststellung der Obsoleszenz im Aufsichtsverfahren durch Freigabe der Aufsichtsbehörde. Mit der Freigabe entfällt die sicherheitstechnische Klassierung der Einrichtungen und die Vorgaben für das Aufsichtsverfahren bei Austausch und Änderungen werden entsprechend angepasst.

Nach der Feststellung, dass Systeme/Teilsysteme und Einrichtungen funktional obsolet sind, können sie ausser Betrieb genommen werden.

10.4.3 Ausserbetriebnahmen (ABN) von Systemen/Teilsystemen

Zur Vorbereitung der geplanten Stilllegungsarbeiten sind Ausserbetriebnahmen (ABN) vorgesehen. Diese ABN umfassen funktional obsolet gewordene Systeme. Beispielhaft sind hier die Systeme zur Stromerzeugung sowie die Sicherheitssysteme für den Leistungsbetrieb zu nennen. Mitinbegriffen sind die zugehörigen Hilfs- und Nebensysteme und die dazugehörenden elektro- und leittechnischen Anlagen und Einrichtungen. Im Rahmen der Stilllegungsarbeiten werden auch die nicht mehr benötigten Einrichtungen der allgemeinen Infrastruktur des KKM ausser Betrieb genommen.

Werden für den Rückbaubetrieb bzw. für den Rückzug aus den Gebäuden der Kontrollierten Zone Ersatzsysteme – z.B. für Beleuchtung, Brandschutzeinrichtungen, Kommunikationssysteme erforderlich – so werden diese vor der ABN der betroffenen Rückbaubetriebssysteme in Form einer Baustelleninfrastruktur errichtet und in Betrieb gesetzt.

Die ausser Betrieb zu nehmenden Einrichtungen werden gekennzeichnet und irreversibel durch mechanische und/oder elektrische Schnittstellen (physikalische Trennung) von den Systemen/Teilsys-

temen des Rückbaubetriebs getrennt. Schnittstellen werden zwischen den Gebäuden in der Kontrollierten Zone, wo notwendig, und beim Übergang aus der Kontrollierten Zone ins Areal anforderungsgerecht ausgeführt. Eine unbeabsichtigte Wiederinbetriebnahme der Einrichtungen wird durch technische und administrative Massnahmen ausgeschlossen.

Die Durchführung der Massnahmen erfolgt gemäss den Vorgaben des Standortreglements. Die ABN erfolgt rückwirkungsfrei auf die weiterhin in Betrieb stehenden Systeme und Einrichtungen. Das Standortreglement wird mit den Unterlagen zur Freigabe der Stilllegungsphase 1 (SP 1) eingeführt und enthält insbesondere die rückbauspezifischen Belange.

10.5 Rückzugskonzept

10.5.1 Massnahmen zur Anpassung der Infrastruktur

In Vorbereitung einer radiologischen Freimessung von Gebäuden, Raumbereichen oder Räumen werden Massnahmen zur Schaffung optimaler Voraussetzungen für die Durchführung der radiologischen Freimessverfahren erforderlich.

Vor dem Beginn der Dekontamination und radiologischen Freimessung der Gebäudestrukturen in den Räumen der Kontrollierten Zone müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Die Stilllegungsarbeiten im jeweiligen Raum oder Raumbereich sind mit Ausnahme der für die Dekontamination noch benötigten Einrichtungen und der am Ort radiologisch freimessbaren Einrichtungen (z.B. Schleusen, Hebezeuge) abgeschlossen.
- Die für die Dekontamination und die radiologische Freimessung erforderlichen Infrastruktureinrichtungen sind in Betrieb (z.B. Teile der Lüftung oder Ersatzlüftung, Baustromversorgung, Baustellenbeleuchtung).

10.5.2 Sicherstellung Rückwirkungsschutz

Zur Sicherstellung des Rückwirkungsschutzes der Stilllegungsarbeiten und der Schaffung optimaler Voraussetzungen werden Anpassungen an den Infrastruktursystemen erforderlich. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um folgende Infrastruktursysteme:

- Eigenbedarfsversorgung
- Brandmeldeeinrichtungen
- Feuerlöscheinrichtungen
- Beleuchtung/Fluchtwegbeleuchtung
- Lüftungstechnische Anlage (z.B. Anpassung von Lüftungskanälen im jeweiligen Demontagepfad, temporäre Massnahmen)
- Gebäudeentwässerung
- Melde- und Kommunikationseinrichtungen.
- Baustellenversorgung (z.B. Baustrom, Wasser, Druckluft, Beleuchtung)

Im Rahmen des Rückzugskonzepts in den Räumen innerhalb eines Demontagepfads erfolgt die Anpassung der oben genannten Infrastruktursysteme.

10.5.3 Demontage verbliebener Einrichtungen

Die Demontage der noch verbliebenen, ggf. im Rahmen des Rückbaubetriebs modifizierten Rückbaubetriebssysteme und Hilfseinrichtungen erfolgt, nachdem der Reaktordruckbehälter und der Biologische Schild abgebaut sind. Voraussetzung ist, dass die Systeme und Einrichtungen für den

Rückbaubetrieb nicht mehr benötigt werden oder durch Ersatzmassnahmen entsprechend eines Rückzugskonzepts ersetzt wurden. Im Verlauf des Rückzugs sind im Wesentlichen noch folgende Anlagenteile abzubauen:

- Hebezeuge und Aufzüge
- Abwassersammel- und -aufbereitungssysteme
- Elektrotechnische und leittechnische Einrichtungen (Restinfrastruktur)
- Brandschutzeinrichtungen
- Lüftungstechnische Anlagen
- Strahlenschutzanlagen
- Bearbeitungseinrichtungen
- Hygienetrakt/Kontrollbereichseingang

In Räumen oder Raumbereichen, die für den weiteren Rückbaubetrieb nicht mehr benötigt werden, wird mit der Dekontamination der Gebäudestruktur mit dem Ziel der radiologischen Freigabe begonnen. Dies geschieht durch die systematische Reinigung bzw. den Abtrag der Oberflächen mit anschließender Messung und dem Nachweis, dass die Voraussetzungen für die Freigabe gemäss Art. 2, Abs. 1 und 2 Strahlenschutzgesetz (StSG) [4] und Art. 29 Kernenergiegesetz (KEG) [1] erfüllt sind. Nach Verlassen des Raums wird der Zugang gegen Wiederbetreten gesichert und der Raum falls erforderlich lufttechnisch abgetrennt. Auf diese Weise wird verhindert, dass Raumbereiche, die bereits die Freigabekriterien erfüllen, eventuell wieder kontaminiert werden.

Für den Rückzug aus der Kontrollierten Zone wird ein Rückzugskonzept erarbeitet, das auf folgenden wesentlichen Prinzipien beruht:

- Vorgehensweise in Richtung "Kontrollbereichseingang". Für das KKM bedeutet dies zunächst den Rückzug aus dem Drywell/Reaktorgebäude/Aufbereitungsgebäude und anschliessend aus dem Maschinenhaus. Dabei werden die Verkehrs- und die Transportwege den sich durch den fortschreitenden Rückzug ändernden Rahmenbedingungen angepasst.
- Anpassung der Infrastruktur an die sich reduzierenden Erfordernisse, Aufbau der temporären Hilfseinrichtungen sowie die sukzessive Verkleinerung von z.B. Strängen der Lüftungstechnischen Anlage und Ersatz der Einrichtungen zur Bilanzierung und Überwachung der Abluft
- Einhaltung der Arbeitsschutzbedingungen

Die Lüftungstechnische Anlage mit Abluftfiltern wird solange wie möglich betrieben und schliesslich durch mobile Filtersysteme ersetzt. Dies wird letztlich nötig, wenn der Rückzug auch innerhalb des Aufbereitungsgebäudes in Richtung Ausgang Kontrollierte Zone erfolgt. Sonstige Einrichtungen, die bis zum Ende des Abbaus mit abnehmender Verfügbarkeit vorgehalten werden, sind z.B.:

- Kontrollbereichseingang mit Hygienebereich und Kontaminationskontrolle
- Einrichtungen zur Behandlung und Verpackung von Abfällen, die in diesem Zeitraum noch anfallen
- Labor- und Messeinrichtungen (ggf. Auslagern von Messeinrichtungen/Labors)
- Wäscherei (ggf. externe Dienstleistung)
- Dosimetrie
- Elektrotechnische Einrichtungen
- Anlagensicherung

10.5.4 Abschluss

Zum Abschluss der Stilllegungsarbeiten werden, sofern noch vorhanden, die zentralen oder restlichen Einrichtungen u.a. folgender Infrastruktursysteme ausser Betrieb genommen und abgebaut:

- Restliche Brandmeldeeinrichtungen
- Restliche Melde- und Kommunikationseinrichtungen
- Normal- und Fluchtwegbeleuchtung einschliesslich vorhandener Standardinstallation (Steckdosen, Schalter)
- Mobile und ortsfeste Einrichtungen, Baustellenversorgung (u.a. Baustrom, Wasser, Druckluft, Beleuchtung)

Die Ausserbetriebnahme und Anpassungen der Infrastruktur erfolgen nach standardisierten Verfahren. Diese werden auf Basis von Festlegungen im Standortreglement im Freigabe-, Melde- und Inspektionsverfahren abgewickelt.

Die Tätigkeiten umfassen alle Massnahmen, die zur Feststellung nötig sind, dass die Anlage keine radiologische Gefahrenquelle mehr darstellt und dass keine Ereignisse auftreten, die eine erhöhte Radioaktivität in der Umwelt bewirken können.

11 Sicherungsmassnahmen

Im Teilbericht 3 werden sicherungsrelevante Zusammenhänge und Massnahmen im Rahmen der Stilllegung des KKM thematisiert.

Die Aufgabe der Anlagensicherung besteht darin, bei unbefugter Einwirkung eine Beeinträchtigung der nuklearen Sicherheit sowie die gezielte Freisetzung von radioaktiven Stoffen und den Diebstahl von Kernmaterialien zu verhindern. Rechtsgrundlagen für die Anlagensicherung bilden grundlegende Gesetze und Verordnungen zu Kernanlagen sowie spezielle nationale sowie internationale Richtlinien. Diese Rechtsgrundlagen finden in der Stilllegung weiterhin Anwendung.

Ziel der Sicherungsmassnahmen ist die Gewährleistung der sicherungstechnischen Schutzziele. Diese sind:

- Schutz der Kernanlagen vor unbefugter Einwirkung
- Schutz der Kernmaterialien vor Entwendung und unbefugter Einwirkung
- Schutz von Mensch und Umwelt vor radiologischer Schädigung verursacht durch unbefugte Einwirkung

Die Anordnung der Gebäude am Standort des KKM erfüllt den Grundsatz der in die Tiefe gestaffelten Abwehr durch Etablierung von ineinander liegenden Sicherungszonen und -schränken. Bestandteile sind bauliche und technische sowie personelle und organisatorische Sicherungsmassnahmen zum Schutz vor Sabotage, gewaltsamen Einwirkungen oder Entwendung von radioaktiven Einrichtungen und Materialien. Die Anlage wurde während der gesamten Betriebszeit kontinuierlich nachgerüstet und sicherheits- sowie sicherungstechnisch unter Berücksichtigung der internationalen Entwicklung und der Bedrohungslage angepasst.

Im Rahmen der Betriebsdokumentation werden spezielle sicherungsrelevante Dokumente geführt. Namentlich sind dies der Jahresbericht Sicherung sowie der Sicherheitsbericht. Der Jahresbericht Sicherung enthält die erforderlichen Angaben über die Sicherungsorganisation und deren Systeme sowie die Ausbildung der Betriebswache und ist vertraulich. Das Verfahren der periodischen Berichterstattung wird während der Stilllegung fortgeführt. Der Sicherheitsbericht ist umfangreicher und entsprechend einer höheren Vertraulichkeitsklassifizierung zugeordnet. Der bestehende Sicherheitsbericht aus dem Leistungsbetrieb des KKM wird im Rahmen des Aufsichtsverfahrens periodisch aktualisiert.

Mit Fortschritt der Stilllegungsarbeiten und dem einhergehenden abnehmenden Gefährdungspotential verringert sich auch die Anzahl der einzuhaltenden sicherungstechnischen Schutzziele. Die Sicherungsmassnahmen werden entsprechend angepasst, um die Erfüllung der Schutzziele während der gesamten Stilllegung zu erfüllen. Die Anpassung erfolgt unter Berücksichtigung des Stands der Technik, des Gewaltpotentials im internationalen Terrorismus und Extremismus, der spezifischen Bedrohungslage in der Schweiz sowie unter Wahrung der Gesetz- und Verhältnismässigkeit. Durch kontinuierliche Überprüfungen werden Auswirkungen auf die Anlagensicherung identifiziert und entsprechender Anpassungsbedarf festgelegt. Anpassungen der Sicherungsmassnahmen erfolgen im Rahmen des Aufsichtsverfahrens.

Die Betriebswache ist zentrales Element der Anlagensicherung. Die Anlagensicherung im KKM wird von Personen geleitet und beaufsichtigt, die in der BKW als verantwortliches Personal tätig sind. Die Aufgaben zur Anlagensicherung im KKM werden von Personen wahrgenommen, welche die notwendigen Kenntnisse über die möglichen Gefahren und die anzuwendenden Schutz- und Sicherungsmassnahmen sowie die erforderliche Zuverlässigkeit besitzen.

Um sicherzustellen, dass die für die Bewachungstätigkeit nötigen Anforderungen an die Persönlichkeit und die nötigen gesundheitlichen Voraussetzungen erfüllt sind, werden die Angehörigen der Betriebswache periodisch nach Eignung beurteilt respektive darauf untersucht.

Eine angemessene und wirksame Gefahrenabwehr ist sichergestellt.

12 Störfallbetrachtungen und Notfallschutzmassnahmen

Im Teilbericht 1 werden Störfallbetrachtungen und Notfallschutzmassnahmen thematisiert.

Für jede Phase der Stilllegung (Abbildung 12-1, Zeile 2) wird aufgezeigt, dass das KKM weiterhin keine radiologische Gefährdung für Mensch und Umwelt darstellt. Im abgestellten und drucklosen Zustand ist zur Verhinderung von Brennstoffschäden und folglich zur Vermeidung der Freisetzung radioaktiver Stoffe einzig die Nachbespeisung von Kühlwasser erforderlich. Hierfür steht weiterhin eine grosse Anzahl von Systemen zur Verfügung. Zudem ergeben sich wegen der sehr viel geringeren Wärmeleistung (Abbildung 12-1, Zeilen 3 und 4) grössere Zeitfenster für effektive Notfallschutzmassnahmen (AMM – Accident Management Measures).

Das Aktivitätsinventar befindet sich überwiegend in den Brennelementen. Zu Beginn der Stilllegungsphase 1 befinden sich alle Brennelemente im Brennelementlagerbecken (BEB) und werden in mehreren Abtransportkampagnen aus der Anlage gebracht. Das Gefährdungspotential ausgedrückt als Aktivitätsinventar nimmt folglich mit fortschreitender Stilllegung ab (Abbildung 12-1, Zeile 5).

Das Gefährdungspotential ausgedrückt als Gesamtfreisetzung pro Jahr aufgrund schwerer Unfälle mit Brennstoffschaden (TRAR – Total Risk of Activity Release) nimmt mit der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) um einen Faktor von ca. 200 ab. Mit jeder durchgeführten Brennelement-Abtransportkampagne sinkt das Gefährdungspotential weiter. Die BKW wird deshalb die Brennelement-Abtransportkampagnen möglichst früh durchführen.

Der Teilbericht 1 besteht aus drei Hauptteilen, welche die nachfolgend aufgeführten Themen zusammenfassen:

- Deterministische Störfallanalyse
- Probabilistische Sicherheitsanalyse
- Notfallschutzmassnahmen

Im Rahmen der **Deterministischen Störfallanalyse** wird unter spezifischer Berücksichtigung des noch vorhandenen Gefährdungspotentials sowie von Art und Umfang der vorgesehenen Tätigkeiten anhand eines für die Stilllegung repräsentativen Ereignisspektrums aufgezeigt, dass die grundlegenden Schutzziele gemäss Artikel 2 der Gefährdungsannahmenverordnung des UVEK [10] für jede Phase der Stilllegung eingehalten werden.

Mit der **Probabilistischen Sicherheitsanalyse** wird aufgezeigt, dass die Risikokenngrössen des KKM die Akzeptanzkriterien der Gefährdungsannahmenverordnung des UVEK [10] deutlich erfüllen.

Die aus den Störfallbetrachtungen abgeleiteten **Notfallschutzmassnahmen** bei der Stilllegung des KKM werden dokumentiert. Es wird aufgezeigt, dass die organisatorischen und ausrüstungstechnischen Anforderungen an die Notfallorganisation erfüllt sind und somit jederzeit eine angemessene und wirksame Gefahrenabwehr sichergestellt ist.

Der Teilbericht 1 zeigt, dass die nukleare Sicherheit während der Stilllegung des KKM jederzeit gewährleistet ist und dass in jeder Phase der Stilllegung eine ausreichende Vorsorge zur Vermeidung einer unzulässigen Strahlenexposition in der Umgebung getroffen ist.

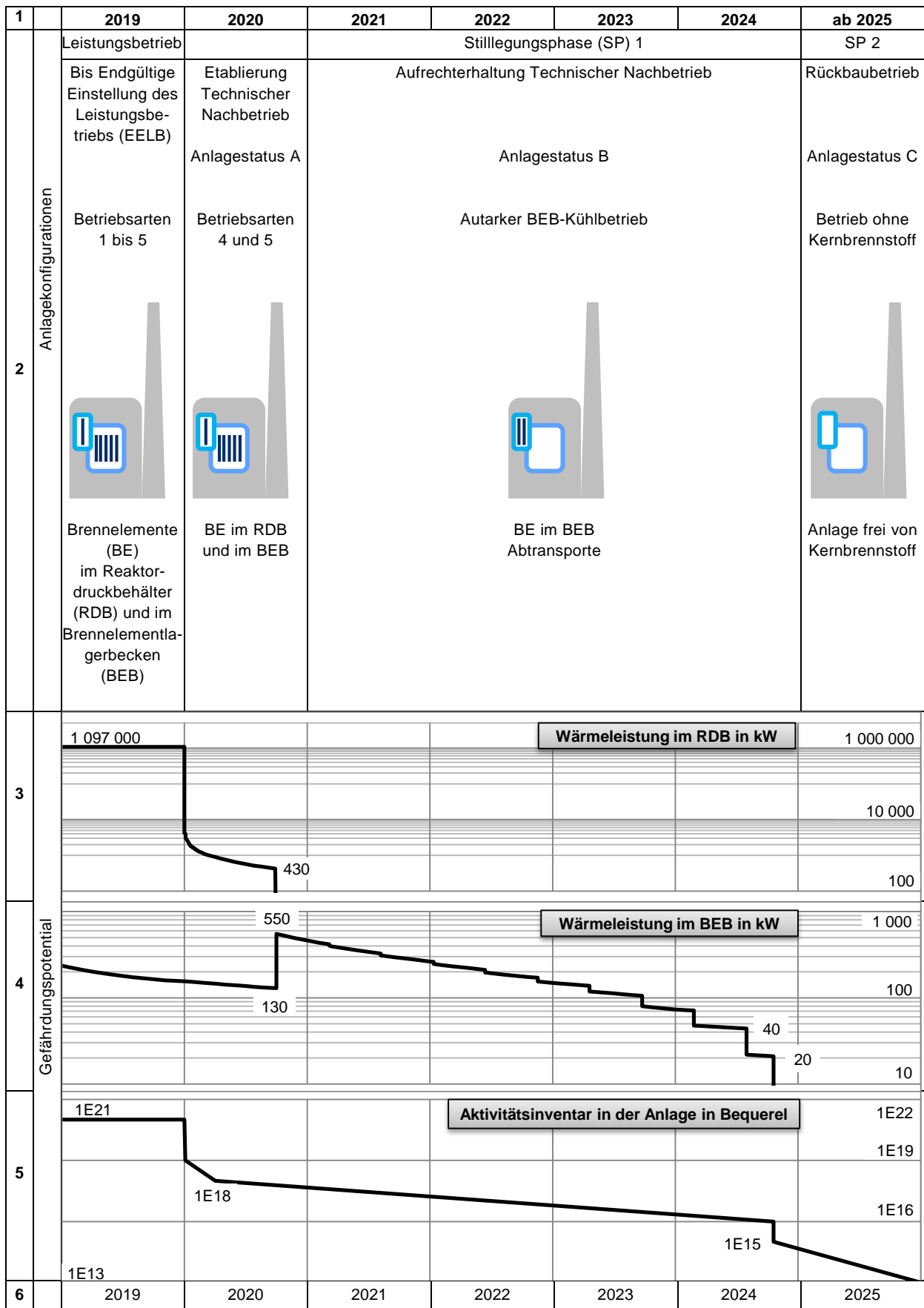


Abbildung 12-1: Darstellung des Gefährdungspotentials der Anlage bis Kernbrennstofffreiheit

13 Menschliche und organisatorische Faktoren

13.1 Sicherheitskultur

Die Sicherheit einer Kernanlage ist geprägt von ihrer technischen Auslegung, der Qualität der zum Einsatz kommenden Einrichtungen und einer adäquaten Sicherheitskultur beim Personal. Unter einer guten Sicherheitskultur wird das optimale Zusammenwirken der Unternehmenskultur und der Führungsprinzipien mit den individuellen Verhaltensmustern der Mitarbeitenden verstanden. Sicherheitskultur ist ein integraler Begriff, der alle relevanten Aspekte der technischen sowie betrieblichen und nachbetrieblichen Sicherheit abdeckt. Die KKM-Sicherheitskultur orientiert sich an Leitsätzen, die für den Leistungsbetrieb beschrieben sind. Für die Stilllegung werden diese Leitsätze den Anforderungen entsprechend angepasst. Im Folgenden wird ein Grossteil der Grundregeln, an denen sich die Sicherheitskultur in der Stilllegung orientieren wird, adressiert.

Die BKW als Eigentümerin des KKM ist jederzeit für dessen Sicherheit verantwortlich. Dies schreiben das Kernenergiegesetz KEG [1] sowie die Kernenergieverordnung KEV [6] klar vor. Damit ist die BKW auch für die Sicherheitskultur verantwortlich. Die Führung der BKW steht unmissverständlich zur Sicherheit.

13.1.1 Human & Organizational Factors: HOF-Programm

Das im KKM angewendete HOF-Programm (HOF = Human & Organizational Factors, auf Deutsch: menschliche und organisatorische Faktoren) legt dar, wie die menschlichen und organisatorischen Faktoren auch während der Stilllegung angemessen berücksichtigt werden. Es stellt sicher, dass die Anforderungen an eine optimale, sicherheitsgerichtete Interaktion von Mensch, Technik und Organisation bedarfsgerecht erfüllt werden.

Im klassischen Ansatz sind die drei Säulen Mensch, Technik und Organisation voneinander abhängig und wirken zusammen auf die gemeinsam zu erfüllende Aufgabe. Entsprechend diesem Konzept kann die Einführung respektive Anwendung neuer Techniken und Methoden in einem Unternehmen nur dann den angestrebten Erfolg bewirken, wenn sowohl menschliche als auch technische Ressourcen sowie Umweltgegebenheiten, Erwartungen und Erfahrungen beachtet werden.

Menschliche Faktoren, ihre möglichen Auswirkungen auf technische und organisatorische Aspekte sowie allfällige Wechselwirkungen untereinander finden auch in der Gestaltung von Stellen und Tätigkeiten in der Stilllegung Berücksichtigung. So werden z.B. Arbeitsplätze und -abläufe für die Bedienung und Instandhaltung der Nach- und Rückbaubetriebssysteme so gestaltet, dass die menschlichen Fähigkeiten, aber auch deren Grenzen, berücksichtigt werden.

Mit Hilfe des HOF-Programms wird sichergestellt, dass der bereits im Leistungsbetrieb etablierte und angewendete Mensch-Technik-Organisation-Ansatz respektive die Regelungen und deren Umsetzung, auch in der Stilllegung bedarfsgerecht angepasst, fortgeführt und gemäss Fortschreiten der Stilllegungsarbeiten laufend weiterentwickelt wird.

Aus diesem Grund werden folgende Aspekte berücksichtigt und umgesetzt, um ein sicherheitsgerichtetes Handeln auch nach der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) zu gewährleisten:

- Integrierte Gestaltung des Zusammenspiels von Mensch, Technik und Organisation (MTO)
- Systematische und kontinuierliche Berücksichtigung der Human & Organizational Factors (HOF)
- Zielorientierte Berücksichtigung interner und externer Betriebs-, Nachbetriebs- und Rückbauerfahrungen
- Verfahren und Techniken zur Berücksichtigung von HOF entsprechend dem Stand der nuklearen Sicherheitstechnik
- Benutzerorientierte Gestaltung der Änderung, d.h. aktive Beteiligung der Benutzer und Berücksichtigung der Benutzeranforderungen
- Iterative Abwicklung, d.h. Prüfung von vorläufigen Gestaltungslösungen durch Einbezug der Benutzer

Zur Förderung des Sicherheitsbewusstseins der Mitarbeitenden und zur Weiterentwicklung der Sicherheitskultur wird das aktive Verfolgen des diesbezüglichen Stands von Wissenschaft und Technik auch in der Stilllegung unterstützt. Die Teilnahme an in- und ausländischen Gremien zum Erkenntnisaustausch durch erfahrene Mitarbeitende wird entsprechend den Anforderungen verbunden mit dem Rückbau bedarfsgerecht gefördert.

Mensch-Maschine Schnittstelle

Vorgabe der Arbeitsvorbereitung im Rahmen der Stilllegungsarbeiten ist es, auf der Grundlage des ALARA-Prinzips die Arbeitsbedingungen, die räumliche und zeitliche Anordnung der Arbeitsabläufe sowie die Hilfseinrichtungen zur Erfüllung der gestellten Aufgaben so zu optimieren, dass ein Höchstmass an sicherheitstechnischen, qualitativen und wirtschaftlichen Arbeitsergebnissen erzielt wird.

Ein Schwerpunkt der Arbeitsvorbereitung für die Stilllegungsarbeiten liegt in der Arbeitsgestaltung, bei der es darauf ankommt, effizientes und fehlerfreies Arbeiten zu fördern und die Menschen vor Gesundheitsschäden bei der Ausübung der Tätigkeit zu schützen. Somit hat die Planung bereits eine grosse Bedeutung für den präventiven Arbeitsschutz und die Arbeitssicherheit.

13.1.2 Identifikation und Bewertung der Sicherheitsrelevanz

Der Vorrang der Sicherheit ist oberstes Ziel des Sicherheitsleitbilds und der daraus abgeleiteten Leitsätze des KKM. Für die kontinuierliche bedarfsgerechte Weiterentwicklung der Sicherheitskultur im KKM werden neben technischen Aspekten seit jeher Erfahrungen und aktuelle Entwicklungen auch für sogenannte weiche Faktoren verfolgt. Diese Faktoren sind zwar nicht objektiv quantifizierbare Grössen, haben aber ebenfalls einen grossen Einfluss auf den Erfolg des Projekts Stilllegung KKM. Insbesondere für die Zusammenarbeit im Team werden Faktoren wie Kommunikation, Kooperation, Partizipation, Engagement, Verantwortungsbereitschaft, Interesse, Vertrauen, Konfliktfähigkeit u.v.a. betrachtet.

Vor der Umsetzung von Änderungen werden Vorhaben auf sämtliche Belange zur Sicherheit überprüft. Dabei werden technische, menschliche und organisatorische Aspekte sowie deren Wechselwirkung berücksichtigt. Die Erfassung und Berücksichtigung der menschlichen und organisatorischen Faktoren erfolgen bereits in der Konzeptphase der Stilllegungsplanung und werden in Abhängigkeit zum Projektfortschritt der Stilllegungsarbeiten überprüft sowie – wenn erforderlich – angepasst und konkretisiert.

Durch dieses Vorgehen werden die Anforderungen an eine für die Stilllegung optimale und sicherheitsgerichtete Interaktion von Mensch, Technik und Organisation erfüllt. Anpassungen von Einschätzungen durch zusätzliche Erkenntnisse im weiteren Projektverlauf sind möglich. Das HOF-Programm wird an diese Veränderungen angepasst.

13.2 Organisationsstruktur

13.2.1 Grundlegende Anforderungen an die Organisation in der Stilllegung

Mit der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) wird die Aufbauorganisation vorgesehen, die der Gewährleistung der Sicherheit der Anlage während des Technischen Nachbetriebs sowie einem effizienten, raschen und jederzeit sicheren Rückbau des KKM gerecht wird.

Die Sicherheit hat in der BKW grundsätzlich oberste Priorität. Es ist im Interesse des Konzerns, eine kontinuierliche Verbesserung der Sicherheit anzustreben. Mitarbeitende sind zu motivieren und aktiv in die Prozesse einzubinden. Gegenüber den Interessen Dritter wird gewährleistet, dass bei deren Berücksichtigung die Sicherheit des KKM nicht beeinträchtigt wird.

Entsprechend der Richtlinie Organisation von Kernanlagen ENSI-G07 [27] haben der Bewilligungsinhaber (BKW) und der Inhaber der Stelle für den technischen Betrieb (Standortleiter) klare Vorgaben für die Sicherheit zu treffen und diese als Referenz für die Entscheidungsfindung und bei der Lösung von Problemen anzuwenden. Im Rahmen der Unternehmensziele und für die Stilllegungsarbeiten werden die Sicherheitsziele und -strategien derart formuliert und kommuniziert, dass sie vom Personal in der Kernanlage verstanden, leicht überwacht und nachverfolgt werden können.

Die relevanten Forderungen aus der Gesetzgebung – Kernenergiegesetz KEG [1], Kernenergieverordnung KEV [6], Strahlenschutzgesetz StSG [4] und Strahlenschutzverordnung StSV [14] – sowie Anforderungen aus einschlägigen weiteren Verordnungen (namentlich die Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen VAPK [11]) und Richtlinien der Behörden (namentlich ENSI-G07 [27], ENSI-G17 [30] und ENSI-B10 [22]) werden in der Organisationsplanung berücksichtigt.

13.2.2 Organisationsstruktur und Verantwortlichkeiten

Konzernleitung und Geschäftsbereichsleitung

Die Konzernleitung der BKW besteht aus CEO und Leitern der Geschäftsbereiche. Die Konzernleitung bestimmt die Grundsätze der Organisation unterhalb der Geschäftsbereiche, insbesondere die Mission und die Verantwortlichkeiten der unterhalb der Geschäftsbereiche angesiedelten Organisationseinheiten. Daneben obliegt der Konzernleitung die Verantwortung für die Bereitstellung der erforderlichen Mittel sowie des fachlich ausgewiesenen Personals in genügender Anzahl für eine effiziente Durchführung der Stilllegung des KKM und den damit einhergehenden Technischen Nachbetrieb.

Das KKM ist als Geschäftseinheit der Geschäftsbereichsleitung Produktion unterstellt. Neben dem KKM besteht die Geschäftseinheit "Nuklear", die das Projekt Stilllegung KKM führt und für die Stilllegung verantwortlich ist. Die Geschäftsbereichsleitung Produktion hat die Aufsicht über das Einhalten der Bestimmungen der Betriebsbewilligung sowie jener der Stilllegungsverfügung und insbesondere über die jederzeitige Gewährleistung der Sicherheit der Anlage und des Technischen Nachbetriebs (mit Unterstützung durch sachkundige Personen aus anderen Organisationseinheiten im Rahmen eines Aufsichtsgremiums).

Standortleiter

Der Standortleiter ist dem Leiter des BKW-Geschäftsbereichs Produktion direkt unterstellt. Er nimmt die in Art. 30 Abs. 4 KEV [6] geforderte Stelle für den technischen Betrieb des KKM wahr und ist für die Entscheide in Bezug auf Sicherheit und Sicherung verantwortlich. Der Standortleiter nimmt seine nukleare Verantwortung wahr, indem er für das KKM

- eine entsprechende Organisationsform mit adäquaten Grössen der Organisationseinheiten festlegt
- die massgebenden sicherheitsgerichteten Aufgaben den Organisationseinheiten eindeutig zuordnet
- die Qualifikation des Personals gewährleistet, das qualifizierte Personal an den entsprechenden Stellen einsetzt und Sorge trägt für die Unabhängigkeit der Verantwortlichen für sicherheitsgerichtete Aufgaben
- sicherstellt, dass die Organisation ihre Aufgaben gemäss KEV [6] wahrnimmt, durch geeignete und bei Bedarf unabhängige Überwachungsmechanismen bzw. Gremien

Der Standortleiter greift zur Erfüllung seiner Aufgaben auf die entsprechenden Organisationseinheiten zu.

Gesamtprojektleiter Stilllegung KKM

Der Gesamtprojektleiter Stilllegung KKM trägt die Gesamtverantwortung für die effiziente Durchführung der Stilllegung. Dem Projekt Stilllegung KKM obliegt die Verfahrensverantwortung, die Finanzverantwortung sowie die Prozesssteuerung zur effektiven Abwicklung der Stilllegung. Um dieser Verantwortung gerecht zu werden, zählen zu den Kompetenzen des Gesamtprojektleiters die Veranlassung bzw. Ausführung aller Arbeiten, die für die Erfüllung der Projektziele erforderlich sind, die Beschaffungskompetenz für den Rückbau sowie abschliessende technische, terminliche und kaufmännische Entscheidungskompetenz innerhalb des Projekts unter Vorbehalt der Kompetenzen und Vorgaben der übergeordneten Projektorgane. Er vertritt die Belange des Projekts Stilllegung KKM in den übergeordneten Steuerungsgremien. Ihm obliegt auch die Verantwortung für den Behördenkontakt und die Kommunikation im Rahmen der Stilllegung.

Durch die Aufteilung der Verantwortung auf Standortleitung und Gesamtprojektleitung wird der Unvoreingenommenheit und Unabhängigkeit sowie der Absicherung und Kontrolle bei kritischen Fragen und Entscheiden Rechnung getragen. Eine übergeordnete Steuerung ist durch die Geschäftsbereichsleitung Produktion sichergestellt.

Die für die Stilllegung des KKM entsprechend geplante Aufbauorganisation, die sich bis zum Zeitpunkt des Inkrafttretens der Stilllegungsverfügung im Detail noch ändern kann, ist in Abbildung 13-1 dargestellt.

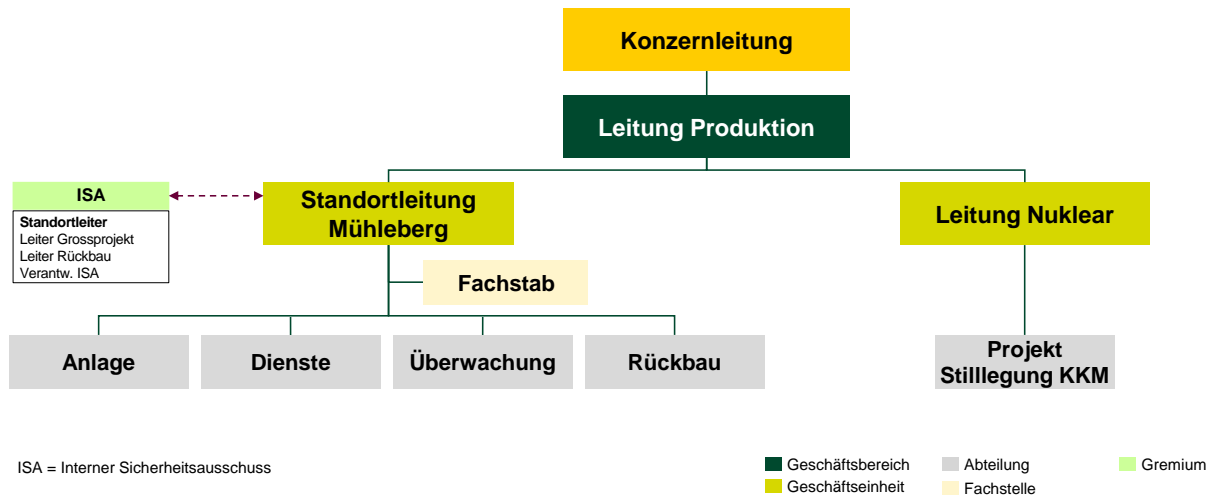


Abbildung 13-1: Geplante Aufbauorganisation Stilllegung KKM

Weitere zentrale Organisationseinheiten

Die im Leistungsbetrieb operativen Abteilungen "Betrieb", "Elektrotechnik" und "Maschinentechnik" werden in einer Abteilung "Anlage" zusammengeführt. Die Abteilung ist verantwortlich für den Technischen Nachbetrieb der Anlage in allen Betriebszuständen, für die Instandhaltung, die Material- und Prüftechnik sowie die technische Unterstützung. Daneben zählen Aus- und Weiterbildung des Personals, Förderung des Sicherheitsbewusstseins und Einhaltung der Schutzziele zu den Aufgaben der Abteilung.

Die Abteilung "Dienste" ist verantwortlich für die Sicherung des Standorts. Daneben zählen auch das Qualitätsmanagement sowie die Qualitätssicherung gemäss den entsprechenden Anforderungen der durch Auftragnehmer erbrachten Leistungen zu ihren Aufgaben. Auch die Aufgaben der Technischen Dienste, wie die Technische Dokumentation, sowie der Hausdienste (Reinigung, konventionelle Wäscherei usw.) fallen unter den Verantwortungsbereich der Abteilung "Dienste".

Die Abteilung "Überwachung" verantwortet die Überprüfung und Überwachung der Kernmaterialien, den Strahlenschutz und die radioaktiven Abfälle sowie die Wasserchemie und den Einsatz chemischer Hilfsstoffe.

Neu wird die Abteilung "Rückbau" gebildet. Sie führt in Abstimmung mit dem Projekt Stilllegung KKM die Rückbauplanung aus, stellt Personalressourcen für die Durchführung der Demontearbeiten sicher und ist verantwortlich für eine effiziente Materialbehandlung und Entsorgung. Um der Unabhängigkeit sicherheitsgerichteter Aufgaben auch hier Rechnung zu tragen, werden die Rückbau-Aktivitäten von den Prozessen der Freimessung separiert.

Der Fachstab unterstützt die Standortleitung in der Überwachung und Bewertung der nuklearen Sicherheit und ist für die Notfallplanung und Gewährleistung der Notfallbereitschaft verantwortlich.

Interner Sicherheitsausschuss (ISA)

Der Interne Sicherheitsausschuss (ISA) ist ein internes Gremium zur Gewährleistung eines hohen Sicherheitsstandards. Im Zentrum stehen die Einhaltung der grundlegenden Schutzziele, die Belange von Arbeitssicherheit, Unfallverhütung und Gesundheitsschutz (AUG) sowie die Informatik-sicherheit. Dabei ist die Förderung der Sicherheitskultur von besonderer Bedeutung. Der ISA formuliert Empfehlungen und Anträge für Massnahmen zuhanden der Standortleitung.

Mit illustriertem Organisationsplan werden die Anforderungen an die Organisation von Kernanlagen Art. 30 des KEV [6] und der Richtlinie ENSI-G07 [27] sichergestellt.

Spezielles Augenmerk wird auch in der Stilllegung auf folgende Funktionen gelegt:

- Strahlenschutzbeauftragter
- Qualitätsbeauftragter
- Sicherheitsbeauftragter
- Brandschutzbeauftragter
- AUG-Beauftragter
- IT-Sicherheitsbeauftragter
- Gefahrgut- / Chemikalienbeauftragter

Die personelle Besetzung für die Sicherstellung der Aufgaben wird im Rahmen des Standortreglements dokumentiert. Die erforderlichen zulassungspflichtigen Funktionen werden ebenfalls dort beschrieben. Die Definition der Verantwortlichkeiten der Organisationseinheiten, der Sonderbeauftragungen sowie des zulassungspflichtigen Personals werden entsprechend der Entwicklung des Gefährdungspotentials der Anlage angepasst, um die an die Aufbauorganisation gestellten Sicherheitsanforderungen in der Stilllegung zu gewährleisten.

Neben den oben genannten Funktionen wird in der Organisation auch einer zielorientierten Umweltbaubegleitung Rechnung getragen. Konkret betreut und überwacht die Umweltbaubegleitung die Umweltbelange bei der Stilllegung und unterstützt die BKW bei der rechtskonformen Realisierung. Voraussichtlich wird eine externe Umweltbaubegleitung in das Projekt eingebunden.

Organisationsänderungen

Die Organisationsstruktur wird in Abhängigkeit des Fortschreitens der Stilllegungsarbeiten und der kontinuierlichen Reduktion des Gefährdungspotentials angepasst. Von der Organisation erfordert dies hohe Flexibilität, die es ihr ermöglicht, sich an die unterschiedlichen Stilllegungsphasen mit den gegebenen fachlichen und methodischen Schwerpunkten anzupassen. Dazu gehört die Sicherstellung der zugehörigen personellen Ressourcen mit adäquaten Qualifikationen.

Für die Definition der Aufgaben und Verantwortlichkeiten werden bewährte Prozesse und Dokumente weiter geführt und an die neuen Gegebenheiten adaptiert. Anpassungen der Mindestbestände des zulassungspflichtigen Personals werden im Standortreglement nachgeführt.

Die Organisation stellt sicher, dass auch externe Lieferanten die oben erwähnten Kompetenzen und Ressourcen sowie eine geeignete Organisation bereitstellen. Das im Ausland bereits vorhandene Know-how und die Erfahrungen von sich im Rückbau befindenden Anlagen fließen – unter Berücksichtigung der Übertragbarkeit (rechtlicher Rahmen, Arbeitsmarktbedingungen usw.) – laufend in die Überlegungen zu Organisation und Personal mit ein.

Die kontinuierliche Verbesserung der Sicherheit und der Prozesse, die Entscheidungsfindung sowie weitere Qualitätssicherungsaufgaben können auch mit der neuen Struktur angemessen abgebildet, überwacht und nachverfolgt werden.

13.2.3 Projektstruktur und Abläufe

Zur Durchführung einer effizienten Stilllegung sieht die gegenwärtige Planung eine Matrixorganisation zwischen dem Standort und dem Projekt für die Umsetzung der notwendigen Projektkultur vor. Eine entsprechende Matrixstruktur ist in Abbildung 13-2 dargestellt.

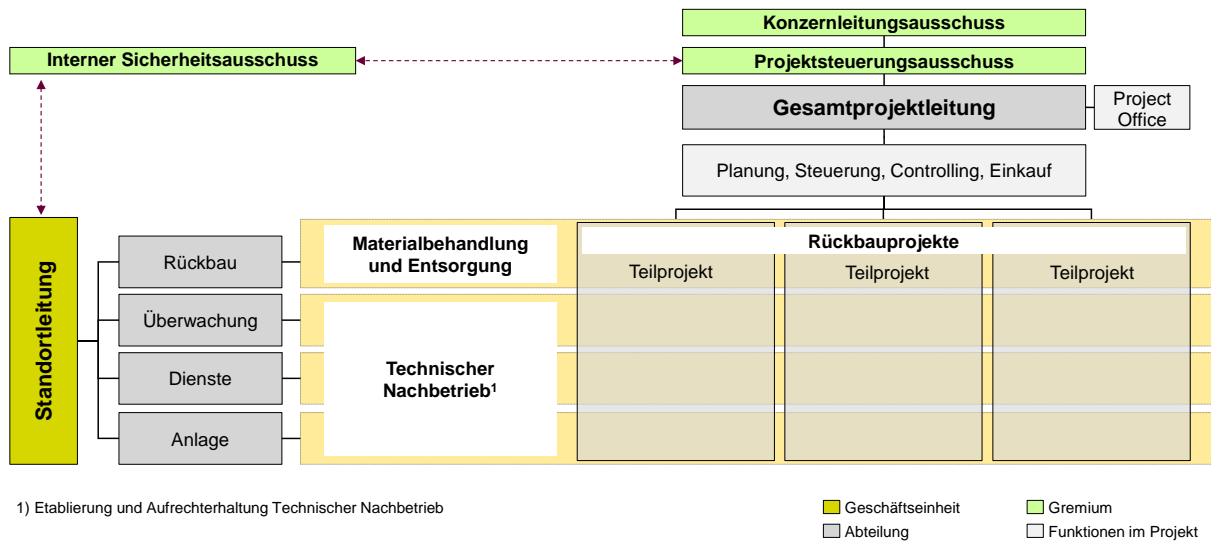


Abbildung 13-2: Geplante Matrixorganisation in der Stilllegung (Projektsicht)

Das Projekt Stilllegung KKM ist hierbei der Motor für die Durchführung der Stilllegung. Es steuert den Rückbau über definierte Teilprojekte und ist Taktgeber der Arbeiten. Es vergibt Arbeitspakete an den Standort oder externe Lieferanten. Der Standort stellt dem Projekt über die Matrixorganisation kompetentes Personal für die Materialbehandlung und für die Umsetzung der an ihn vergebenen Rückbauvorhaben zur Verfügung.

Der Konzernleitungsausschuss (KLA) vertritt die Konzernleitung als Projektauftraggeberin im Projekt und verantwortet die Umsetzung des Projekts innerhalb der Konzernleitung. Weiterhin stellt der KLA die Wahrung von übergeordneten Konzerninteressen im Projekt sicher.

Der Projektsteuerungsausschuss (PSA) ist das zentrale Steuerungsgremium für das Projekt. In diesem Zusammenhang definiert der PSA Anforderungen an Ergebnisse und legt die wesentlichen Ziele und Meilensteine für das Projekt fest. Um eine sachgerechte Projektabwicklung zu ermöglichen, stellt der PSA auf Antrag der Projektleitung die Zuweisung von Finanzmitteln, personellen Ressourcen und Fremdleistungen entsprechend den Projekterfordernissen sicher. In Abgrenzung zum KLA liegt der Fokus des PSA auf der operativen Projektsteuerung.

13.3 Personalbedarf für die Stilllegung und Qualifikation

13.3.1 Grundsätzliches zum Personal- und Qualifikationsbedarf

Die Stilllegungsarbeiten werden von Personen geleitet und beaufsichtigt, die in der BKW als verantwortliches Personal tätig sind. Die Personen besitzen die erforderliche Fachkunde und Zuverlässigkeit gemäss der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen VAPK [11] und der Verordnung über die Personensicherheitsprüfungen im Bereich Kernanlagen PSPVK [12].

Die Stilllegungsarbeiten werden grundsätzlich von Personen durchgeführt, welche die notwendigen Kenntnisse über den Rückbau, die möglichen Gefahren und die anzuwendenden Schutzmassnahmen besitzen. Dies sind entweder Personen der BKW oder Mitarbeitende von externen Lieferanten, bei denen nach Möglichkeit die erforderlichen Kenntnisse bzw. Fachkunde sowie die Zuverlässigkeit durch langjährige Mitarbeit im Leistungsbetrieb des KKM oder durch Abwicklung vorgelagerter vergleichbarer Rückbauprojekte im Ausland vorliegen.

13.3.2 Aufgabenspektrum und neue Aufgabenstellungen

Die Personalplanung wird auf Basis der neuen Aufgabenbeschreibungen angepasst. Die bisherigen Aufgaben, die in Ausprägung und Menge reduziert werden, führen zu einer Reduktion des involvierten Personals. Andererseits werden Mitarbeitende für die neuen Aufgaben aufgebaut.

Die neuen Aufgabenstellungen zielen darauf ab, Mitarbeitende zu motivieren, zu schulen und in die Pflicht zu nehmen. Ein spezielles Augenmerk wird auf den Umgang mit und die Bereitschaft zur Veränderung gelegt. In diesem Zusammenhang ist zu nennen, dass neue Prozesse und neue geltende Dokumente eingeführt werden, neue Schnittstellen entstehen (v.a. Mensch-Maschine) und generell das Bestreben vorhanden ist, den Mitarbeitenden Motivation und Unterstützung im Umgang mit den Veränderungen zu bieten.

Bereits in den letzten Jahren des Leistungsbetriebs werden die Entscheidungen betreffend Weiterentwicklungen, Investitionen (auch Neu- und Ersatzanstellungen), Nachrüstungen usw. unter Einbezug der sich abzeichnenden Bedürfnisse der Stilllegung gefällt. Somit wird ein optimaler Ressourceneinsatz gesichert. Zudem kann die Betriebsorganisation bereits im Vorfeld zur Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) erste Arbeiten und Überlegungen unter den künftigen Prämissen angehen.

Zur Förderung des Kulturwandels und der Auseinandersetzung mit neuen Anforderungen an die Organisation verbunden mit der Stilllegung, werden bereits heute Initiativen ergriffen.

Zur Durchführung der Stilllegungsarbeiten wird es erforderlich sein, externe Lieferanten in die Stilllegung des KKM einzubinden. Aufgabe der KKM-Organisation wird es sein, alle in die Stilllegung involvierten Personen von externen Lieferanten so zu steuern und zu informieren, dass sie das Leitbild und die Standards der BKW, die in der Stilllegung Anwendung finden, übernehmen. Dazu zählt auch die Berücksichtigung menschlicher und organisatorischer Faktoren sowie eine klare Aufgaben- und Kompetenzverteilung.

13.3.3 Betriebs- und Projekterfahrungen

Erkenntnisse, die aus der Auswertung von über 40 Jahren Betriebserfahrung durch das KKM-Personal gewonnen wurden, bilden die Grundlage sowohl für technische und organisatorische Verbesserungen in der Anlage als auch für Anpassungen technischer Vorgabedokumente. Die in über 40 Jahren gemachten Erfahrungen aus dem Leistungsbetrieb und aus diversen, erfolgreich umgesetzten Projekten fließen in die Stilllegung ein.

Erfahrungen von externen Lieferanten aus bisherigen Rückbauprojekten und die Abwicklung BKW-eigener Projekte, die in der Praxis aus positiven oder negativen Situationen entstanden sind, verhel- fen dem verantwortlichen Personal:

- die Arbeitsrahmenbedingungen zu definieren und einzuhalten
- Schätzungen präziser durchzuführen
- Risiken zu vermeiden bzw. zu minimieren
- Teams besser aufzubauen und zu steuern
- Prozesse effektiver zu nutzen
- Entscheidungsprozesse zu vereinfachen
- die angestrebte Qualität besser zu erreichen

Im Folgenden werden die Verfahren zur Dokumentation, Analyse sowie Auswertung von Erfahrungen und Erkenntnissen mit dem Ziel, operative Verbesserungen zu erzielen, skizziert.

Zum Abschluss eines Vorgangs (s. Kapitel 6.2) wird ein Abschlussbericht erstellt. In Reviews werden Lehren und Erfahrungen geteilt und in einer Erfahrungsdatenbank erfasst. Meldepflichtige Vorkommnisse und interne Ereignisse werden bedarfsgerecht dokumentiert und ausgewertet. Verbesserungsmassnahmen werden abgeleitet. Aus weiteren Prozessen wie Qualitätsmanagement-Audits, Abweichungsmeldungen, Arbeitsbeobachtungen, Notfallübungen, Empfehlungen der Sicherheitsausschüsse usw. werden ebenso Verbesserungsmassnahmen abgeleitet.

Alle Verbesserungsvorschläge, Abweichungen oder Empfehlungen werden in einer Datenbank erfasst. Entsprechend werden Massnahmen abgeleitet und umgesetzt.

13.3.4 Aus- und Weiterbildung

Die Aus- und Weiterbildung des Personals werden an die notwendigen Massnahmen und Tätigkeiten zur Aufrechterhaltung der erforderlichen Schutzziele entsprechend der Komplexität der Anlage und dem sich verändernden Gefährdungspotential in der Stilllegung angepasst.

Der Fachkundeerwerb und -erhalt für das verantwortliche Personal werden in Anlehnung an die einschlägigen behördlichen Regelungen zielgerichtet angepasst. Folgende Regelungen sind massgebend:

- Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK) [11]
- Richtlinie ENSI-B10 zu Ausbildung, Wiederholungsschulung und Weiterbildung von Personal [22]
- Verordnung über die Ausbildungen und die erlaubten Tätigkeiten im Strahlenschutz (Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung) [15]
- Richtlinie ENSI-B13 zu Ausbildung und Fortbildung des Strahlenschutzpersonals [24]
- Richtlinie ENSI-B11 zu Notfallübungen [23]

Für die Abwicklung der Stilllegung verstärkt in die Fachkundevermittlung aufzunehmende Themen schliessen ein:

- Rückbauspezifische Kenntnisse bzgl. Methoden der Demontage und Zerlegetechniken, Dekontaminationsverfahren, Verhinderung der Ausbreitung oder Verschleppung radioaktiver Kontamination
- Bedeutung von Systemen für die Aufrechterhaltung des Technischen Nachbetriebs und Sicherstellung des Rückwirkungsschutzes von Demontagearbeiten
- Materialbehandlung und Entsorgung (insb. Konditionierung radioaktiver Abfälle, Grenzwerte und Verfahren zur Freimessung, Materialverwertung)

Die Ausbildungsprogramme und der Umfang der Fortbildungsmassnahmen werden laufend den Anforderungen der fortschreitenden Stilllegungsarbeiten angepasst. Weiterhin zentraler Bestandteil werden allgemeine Ausbildungen sein, mit dem Ziel, eine gemeinsame KKM-Sicherheitskultur auch in der Stilllegung weiterzuentwickeln, zu fördern und zu leben.

14 Qualitätsmanagementprogramm

14.1 Grundsätze des Qualitätsmanagements

Das Qualitätsmanagementprogramm im KKM, im weiteren Qualitätsmanagement (QM) genannt, ist die Gesamtheit aller organisatorischen Massnahmen – inkl. Festlegung der jeweiligen Zuständigkeiten – zur Erfüllung der übergeordneten Anforderungen mit dem Fokus auf Qualität und Sicherheit.

Wesentliche Teile des QM sind das Qualitätsmanagementsystem (QMS) und das Qualitätsmanagementhandbuch (QMH). Das KKM verfügt bereits aus dem Leistungsbetrieb der Anlage über ein integriertes, zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem (QMS) nach den Normen ISO 9001 [41], ISO 14001 [42] und nach OHSAS 18001 [43]. Das System erfüllt ausserdem die entsprechenden ENSI-Richtlinien sowie die Safety Series GS-R-3 [40] der IAEA. Eine weitere zentrale Funktion übernimmt das QM-Handbuch (QMH), das mit dem Sicherheitsleitbild und den -leitsätzen die Grundlage für ein sicherheitsgerichtetes Denken und Handeln darstellt.

Für die Stilllegungsarbeiten wird das QM jeweils zeitgerecht an die neuen Anforderungen angepasst, wobei die grundsätzlichen Rahmenbedingungen, wie die rechtlichen und behördlichen Vorgaben sowie die Anforderungen an die Sicherheit, weiterhin adäquat berücksichtigt werden. Das aus dem Leistungsbetrieb integrierte QM findet in angepasster Form auch für die Stilllegung seine Anwendung.

Ziel des QM ist eine sichere, effiziente und plangemässe Abwicklung der Stilllegungsarbeiten sowie die Einhaltung der Bestimmungen im Bereich der Arbeitssicherheit, des Gesundheitsschutzes und des Umweltschutzes zu gewährleisten.

Das QM erfasst die im Betrieb laufenden Tätigkeiten ganzheitlich. Es gewährleistet, dass Massnahmen geplant, durchgeführt, überwacht und dokumentiert werden. Mit Indikatoren, Audits und dem Verfolgen der Zielvorgaben werden Prozesse periodisch bewertet.

Auch für die Stilllegung werden ein prozessorientierter QM-Ansatz und kontinuierliches Verbesserungsmanagement vorgesehen. Ziel ist es, mit stetigen Prozess- und Qualitätsverbesserungen den Anforderungen der Stilllegung gerecht zu werden.

Abbildung 14-1 gibt einen Überblick über das integrierte Sicherheitsleitbild des KKM.

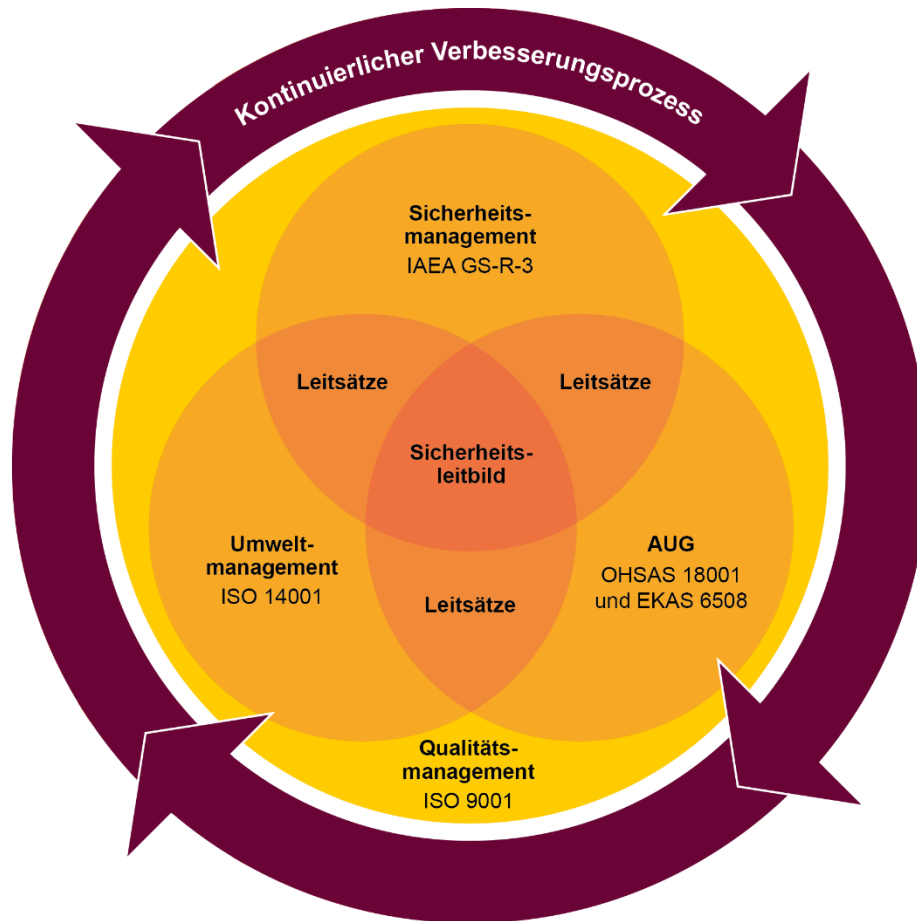


Abbildung 14-1: Qualitätsverständnis im KKM / Sicherheitsleitbild (adaptiert, in Anlehnung an QM im Leistungsbetrieb)

14.2 Qualitätsmanagementsystem (QMS)

14.2.1 Hauptmerkmale

Folgende Hauptmerkmale bilden die Grundlage für das QMS:

- Beschreibung der Abläufe/Prozesse operativer Tätigkeiten in der Stilllegung, insbesondere wenn diese für die nukleare Sicherheit bedeutsam sind
- Eindeutige Zuordnung der Verantwortlichkeiten und der Kompetenzen in der Organisation der Abläufe/Prozesse
- Erfassung der sicherheits- und sicherungsrelevanten Aufgaben, sodass diese systematisch geplant, durchgeführt, kontrolliert, dokumentiert, intern und extern periodisch überprüft und angepasst werden können
- Stand der Auslegung der nuklearen Sicherheits- und Sicherungstechnik

Das QMS trägt den Aspekten Sicherheit, Sicherung, Arbeitsschutz, Unfallverhütung und Gesundheitsschutz sowie Umweltschutz Rechnung. Der Begriff "Qualität" ist dabei als umfassend zu verstehen und schliesst insbesondere auch die Güte der Sicherheitskultur während der Stilllegung mit ein. Die Sicherheitskultur bildet ein wichtiges Element des Qualitätsmanagements. Bedeutend ist zusätzlich eine zeitgerechte, planmässige und effiziente Abwicklung der Stilllegungsarbeiten.

Das QMS des KKM umfasst grundsätzlich alle Stilllegungsarbeiten und ordnet sie in eine Prozesslandschaft ein (s. Abbildung 14-2).

14.2.2 Prozesslandschaft in der Stilllegung

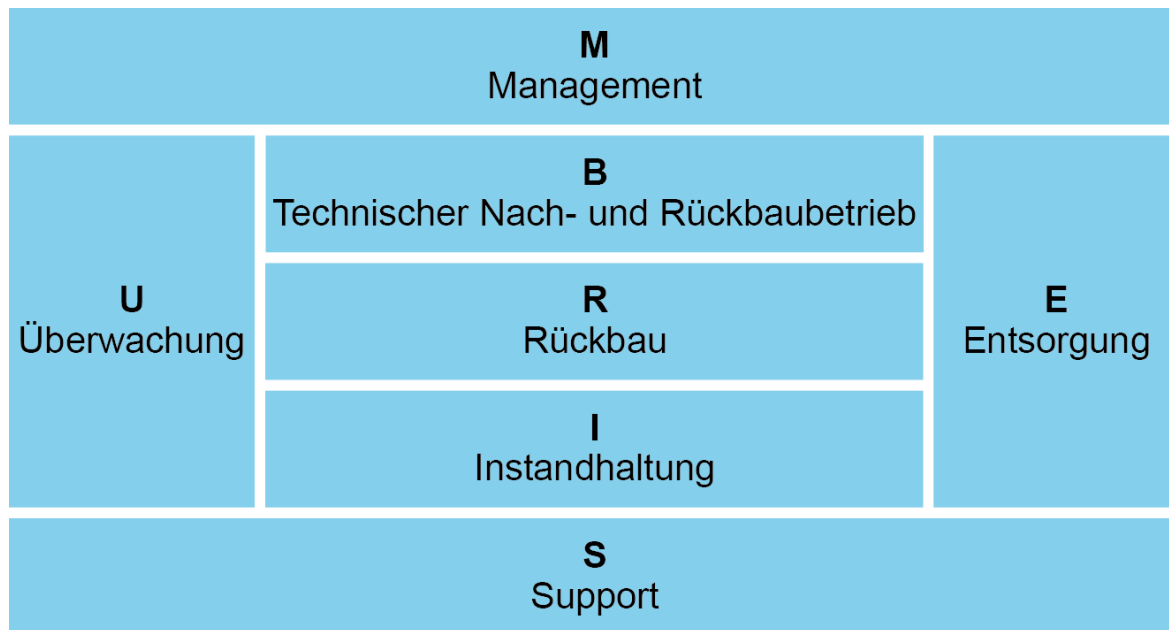


Abbildung 14-2: Überblick der Prozessgruppen im KKM in der Stilllegung

Die Zuordnung der Geschäftsprozesse zu den sieben Prozessgruppen in der Stilllegung ergibt sich wie folgt:

- R Der Rückbau ist die zentrale Prozessgruppe zu Demontagearbeiten im KKM, zum Aufbau einer Materiallogistik und zur internen Behandlung radioaktiver Materialien unter Gewährleistung der Sicherheit.
- M Die übergeordneten Prozesse in der Prozessgruppe Management regeln das Zusammenwirken der Prozesse und stellen den Einsatz geeigneter Mittel zu deren Realisierung sicher.
- B Die Prozessgruppe Technischer Nach- und Rückbaubetrieb gewährleistet, dass die Verfügbarkeit der Technischen Nach- und Rückbaubetriebssysteme entsprechend sichergestellt ist.
- I Die Prozessgruppe Instandhaltung umfasst die elektrische, die mechanische und die bauliche Instandhaltung. Sie unterstützt die Prozessgruppen Rückbau sowie Technischer Nach- und Rückbaubetrieb in deren Aufgabenerfüllung und bearbeitet erforderliche Ersatzmassnahmen sowie die Implementierung von Einrichtungen für Stilllegungsarbeiten.
- U Die Prozessgruppe Überwachung ist die Prozessgruppe, mit welcher die Voraussetzungen aus strahlenschutz-, arbeitsschutz- sowie brandschutztechnischer Sicht für den sicheren, zuverlässigen und umweltschonenden Rückbau sowie Technischen Nach- und Rückbaubetrieb geschaffen werden.
- E Die Prozessgruppe Entsorgung stellt sicher, dass Abfälle jeglicher Art gesetzeskonform und umweltgerecht entsorgt oder ggf. gelagert werden.
- S Die Prozessgruppe Support wirkt unterstützend und integrierend. Sie bildet eine wichtige Grundlage für das wirtschaftliche Abwickeln der Rückbautätigkeiten im KKM, indem sie die nicht-operative Infrastruktur bereitstellt.

Änderungen gegenüber der Prozesslandschaft im Leistungsbetrieb sind u.a. der Wegfall der Prozessgruppe Ressourcen (z.B. Kernbrennstoffbeschaffung), Anpassung der Prozessgruppe Betrieb an den Technischen Nach- und Rückbaubetrieb sowie die Aufnahme der Rückbau-Prozesse als neue zentrale Prozessgruppe.

14.3 Qualitätsmanagementhandbuch (QMH)

Das Qualitätsmanagementhandbuch (QMH) erfüllt zwei Funktionen:

- Das QMH bildet die wesentlichen Prozesse im KKM ab, zeigt Schnittstellen und Wechselbeziehungen auf und ermöglicht einen strukturierten Überblick über die Prozesse.
- Das QMH dokumentiert die Absichten und Vorgaben zur Qualitätssicherung und kontinuierlichen Verbesserung der Qualität im KKM.

Um diese beiden Funktionen zu erfüllen, fasst das QMH wesentliche Aspekte zusammen, die zum Aufbau und Ablauf der Prozesse gehören. Zusätzlich verweist es auf Rechtsvorschriften, Reglementierungen, Verfahrens-/Arbeits-/Prüfanweisungen und bei Bedarf auf weitere Dokumente, die zu den Prozessen gehören. Die Prozessbeschreibungen haben Weisungscharakter.

Im Folgenden werden relevante Bereiche des QM skizziert.

14.3.1 Sicherheits-Management

Die für die Konformität mit der Auslegung relevanter Prozesse wie z.B. Wartung und Instandhaltung, Prüfungen und Kontrollen sind in den Prozessgruppen "Instandhaltung" und "Überwachung" eingeordnet.

In den Instandhaltungsprozessen sind Ingenieursaufgaben und Inspektionen in den Gebieten der Maschinen-, Bau- und Elektrotechnik geregelt. Teilprozesse umfassen Planung und Koordination, anforderungsgerechte Erneuerung und Erweiterung der technischen Einrichtungen für den Rückbau und die Durchführung der Instandhaltungsarbeiten.

14.3.2 Umwelt-Management

Die Überwachungsprozesse regeln Immissions- und Emissionsüberwachung, Dosimetrie, Gefahrgut, Brennelemente-Handhabung, Strahlenschutzdienstleistungen, chemische und radiochemische Analysen sowie Mess- und Prüfmittel. Im Vordergrund stehen dabei die Vorkehrungen zur Verhinderung störfallbedingter Emissionen radioaktiver Stoffe.

14.3.3 Arbeitsschutz und Gesundheitsmanagement

Die Aspekte der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsmanagement sind ebenfalls Gegenstand des QM. Aus der Arbeit entstandene, gemessene oder durch Prüfung festgestellte Ergebnisse werden mit erwarteten bzw. definierten Werten verglichen und ggf. werden Massnahmen festgelegt, die als operative Ziele direkt in die betroffenen Prozesse einfließen.

14.3.4 Sicherheitsrelevante Prozesse

Optimierungs- und Anpassungsmassnahmen an das Fortschreiten der Stilllegungsarbeiten stützen sich auf die Bewertung der Prozesse und deren Zielerreichung. Bei der Prozessoptimierung steht neben dem Erhalten der Sicherheit als Daueraufgabe die zügige Abwicklung der Stilllegungsarbeiten für alle Beteiligten im Vordergrund.

15 Umweltverträglichkeitsbericht

Im Teilbericht 2 werden die nichtnuklearen Auswirkungen der Stilllegungsarbeiten auf die Umwelt thematisiert.

Das im UVB betrachtete Stilllegungsvorhaben beginnt Ende 2019, ausgehend vom Bezugszeitpunkt der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) und endet nach dem ordnungsgemässen Abschluss der Stilllegungsarbeiten Ende 2031 mit der Feststellung, dass das KKM keine radiologische Gefahrenquelle mehr darstellt und dass keine Ereignisse auftreten können, die eine erhöhte Radioaktivität der Umwelt bewirken.

Gemäss aktuellem Planungsstand finden die Rückbauarbeiten (Demontage, Zerlegung und Dekontamination) vorwiegend im Innern der Gebäude der Kontrollierten Zone statt. An der Aussenhülle der Gebäude sind keine relevanten Veränderungen geplant. Ausserhalb der Gebäude werden entsprechend Zu- und Wegtransporte, Materiallager und Transportbereitstellungsflächen sichtbar sein. Zudem werden die Ein- und Auslaufbauwerke in der Aare rückgebaut werden.

Der konventionelle Abriss der Gebäude und Anlagen sowie die Nachnutzung des Areals sind nicht Gegenstand des Verfügungsumfangs zum Projekt Stilllegung KKM und werden folglich im UVB nicht betrachtet.

Die Rahmenbedingungen für die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) zur Stilllegung von Kernenergieanlagen liefert die Kernenergiegesetzgebung, konkret Art. 45 Bst. i der Kernenergieverordnung (KEV) [6]. Die Erstellung des Umweltverträglichkeitsberichts hingegen richtet sich nach der Umweltschutzgesetzgebung [3]. Die UVP betrachtet die nichtnuklearen Auswirkungen der Stilllegungsarbeiten auf die Umwelt.

Die umweltrelevanten Vorgänge während der Stilllegung beziehen sich vorwiegend auf die Rückbauarbeiten innerhalb der bestehenden Gebäude, die Entsorgung des anfallenden Materials (unter Umständen nach erfolgter Dekontamination) sowie die damit verbundenen Transporte. Zudem werden die Ein- und Auslaufbauwerke in der Aare rückgebaut.

Die Flächenbeanspruchung während der Stilllegung beschränkt sich auf das KKM-Areal und die unmittelbar angrenzenden Flächen (Parkplatz und Aareufer).

Im Teilbericht 2 werden der Umgang bzw. die Entsorgung der anfallenden, nicht radioaktiven Materialien und Abfälle sowie alle erforderlichen Transporte (auch jene mit radioaktiven Abfällen) betrachtet. Weiter werden auch die möglichen Auswirkungen des Rückbaus und der Entsorgung auf die verschiedenen Umweltfachbereiche aufgezeigt.

Luft

Im Fachbereich Luft sind einerseits Luftschadstoff- und Staubemissionen als Folge von Stilllegungsarbeiten auf dem KKM-Areal zu erwarten und andererseits Emissionen und Immissionen infolge von LKW-Materialtransporten und PKW-Fahrten entlang den Transport- bzw. Fahrrouten.

Die UVP betrachtet die nichtnuklearen Auswirkungen der Stilllegung auf die Umwelt. Folglich sind die Stilllegungsarbeiten – obschon viele Arbeiten innerhalb bestehender Gebäude stattfinden werden – grundsätzlich als Baustelle im Sinn der Luftreinhalteverordnung (LRV) bzw. der Baurichtlinie Luft zu betrachten. Dementsprechend sind als Massnahmen die Einhaltung der Anforderungen gemäss LVR des Bundes (Art. 19a + 19b sowie Anhang 4 Ziffer 3, Ausrüstung von dieselbetriebenen Baumaschinen und Geräten mit einem Partikelfiltersystem) [44] sowie die Umsetzung von Massnahmen gemäss Baurichtlinie Luft, Massnahmenstufe B (entspricht dem "Stand der Technik gemäss Art. 4 LRV") vorgesehen.

In Bezug auf LKW-Materialtransporte wird hingegen auf eine spezifische Massnahme verzichtet (wenig intensive Transportbewegungen und recht heterogene Transportmaterialien und -fahrzeuge).

Mit den im Bericht vorgesehenen Massnahmen werden die gesetzlichen Anforderungen hinsichtlich der Luftreinhaltung eingehalten.

Lärm

Basierend auf den vorgenommenen Lärmmessungen während des Leistungsbetriebs und der Revisionsphase wurden die Lärmimmissionen infolge der Stilllegungsarbeiten an den nächstgelegenen Liegenschaften mit lärmempfindlicher Nutzung ermittelt und beurteilt. Mit den im Projekt vorgesehenen Massnahmen (Begrenzung Einzelanlagen, Massnahmenstufe B gemäss Baulärm-Richtlinie (BLR) [46]) können die gesetzlichen Anforderungen hinsichtlich des Lärmschutzes gut erfüllt werden.

Erschütterungen, abgestrahlter Körperschall

Die Stilllegungsarbeiten auf dem KKM-Areal führen aufgrund der grossen Distanzen zu den nächstgelegenen Liegenschaften mit lärmempfindlicher Nutzung zu keinen relevanten Erschütterungs- immissionen. Mit der geplanten Anzahl LKW-Fahrten von max. 25 pro Tag und den vorgesehenen Massnahmen (allfällige messtechnische Überwachung einzelner Schwertransporte) werden die Anforderungswerte gemäss DIN 4150 an den betroffenen Liegenschaften gut eingehalten.

Nichtionisierende Strahlung (NIS)

Die Transformatoranlagen auf dem KKM-Areal werden mit fortschreitender Stilllegung ausser Betrieb genommen. Somit ist mit einer Reduktion der nichtionisierenden Strahlung zu rechnen. Eine Präzisierung der für die Stilllegung benötigten Ersatzsysteme ist im aktuellen Projektstand noch nicht möglich. Unter der Berücksichtigung der im Umweltverträglichkeitsbericht (UVB) vorgeschlagenen Massnahme kann aber davon ausgegangen werden, dass die gesetzlichen Anforderungen bezüglich NIS eingehalten werden.

Grundwasser

Das KKM bezieht aktuell jährlich rund 50'000 m³ Wasser zur Gebäudekühlung, Lüftung, Umgebungsbewässerung, Trinkwassernutzung, Reinigungen sowie für Feuerwehrrübungen aus der Grundwasserfassung Rewagau. Während der Stilllegung wird dieser Bedarf leicht abnehmen, da die Gebäudekühlung sowie die Lüftung sukzessive weniger Wasser benötigen werden. Insgesamt wird sich der Grundwasserbezug während der Stilllegung aber nur unwesentlich verändern, da ein geringer Mehrbedarf an Grundwasser für die Dekontaminationsprozesse benötigt wird. Nach Abschluss der Stilllegung wird der Bezug aber deutlich verringert werden. Aufgrund der aktuellen Kenntnisse sind während der Stilllegung keine relevanten Auswirkungen auf das Grundwasser im Bereich des KKM oder die Grundwasserfassung Rewagau zu erwarten.

Oberflächengewässer und aquatische Ökosysteme

Da die aquatische Fauna und Flora des betroffenen Aareabschnitts in den letzten 25 Jahren mehrmals intensiv untersucht wurde, wurden keine Felduntersuchungen zum heutigen Zustand durchgeführt. Die aktuellsten Resultate (2008/09) zeigen, dass der Aareabschnitt eine vielfältige Wirbello- sen- und Fischfauna aufweist und sich insbesondere die anspruchsvollen Kieslaicher Bachforellen und Äschen zwischen dem Wehr des Wasserkraftwerks Mühleberg und der Saanemündung erfolgreich fortpflanzen. Obschon durch die bestehende Kühlwassereinleitung des KKM zeitweise eine wesentliche Temperaturerhöhung (v.a. bei niedrigem Winterabfluss, aber auch bei hohen Sommer-temperaturen) verursacht wurde, konnte weder bezüglich Fischfauna noch Makrozoobenthos eine negative Veränderung der Biozönose nachgewiesen werden.

Mit dem Rückbau des KKM und insbesondere dem Wegfall der Abwärmeeinleitung in die Aare werden sich die thermischen Verhältnisse des Flusses normalisieren. Es wird erwartet, dass die sommerlichen Höchsttemperaturen unter 25°C bleiben werden – vorausgesetzt, die Klimaerwärmung

schreitet nicht stärker voran – und sich die winterlichen Tiefsttemperaturen dem "natürlichen" Bereich annähern.

Weiter werden bauliche Eingriffe zum Rückbau der Ein- und Auslaufbauwerke in die Aare und deren Uferbereich notwendig werden. Bei Einhaltung der Laich- und Eientwicklungszeiten von Bachforelle und Äsche für Arbeiten im Wasser (Spundwände setzen und ziehen) und der Vermeidung übermässiger Trübungen (z.B. Kiesschüttungen, Eingriffe in die Flusssohle) durch Arbeiten mit trockener Baugrube sowie vollständiger Entsorgung des rückgebauten Betonmaterials können die negativen Auswirkungen weitgehend minimiert werden.

Entwässerung

Im Betriebszustand entwässert das KKM das gefasste Grundwasser in die öffentliche Kanalisation bzw. zu einem kleinen Teil in die Aare. Im Weiteren treten Verluste durch Verdunstung, Bewässerungen und Leckagen sowie Reinigungsprozesse auf. Das aus der Aare gefasste Kühlwasser wird gänzlich wieder an die Aare zurückgegeben. Während der Stilllegungsarbeiten werden v.a. Bauabwässer (Abwasser aus Dekontaminationsprozessen werden im Umweltverträglichkeitsbericht nicht berücksichtigt) aus kleineren baulichen Anpassungen sowie dem Rückbau der Kühlwasserfassung in der Aare hinzukommen, die gemäss den Vorgaben der SIA 431 bzw. des Merkblatts des Amts für Wasser und Abfall des Kantons Bern entsorgt werden müssen. Zur Beschreibung der vorgesehenen Entwässerungswege werden phasenangepasste Entwässerungskonzepte erstellt.

Für die Lagerung von wassergefährdenden Flüssigkeiten werden die bestehenden Sicherheitseinrichtungen weiterhin benutzt bzw. neue wassergefährdende Flüssigkeiten ebenso fachgerecht gelagert.

Unter Einhaltung der gesetzlichen Grundlagen sind durch die Entwässerung während der Stilllegungsarbeiten keine relevanten Auswirkungen auf die Umwelt zu erwarten.

Boden

Die Grünflächen innerhalb des Areals setzen sich aus rund 20 cm mächtigen Auffüllungen (Oberboden) ohne Unterboden zusammen. Die Bodenflächen werden nicht landwirtschaftlich genutzt. Eine Mischprobe aus den Grünflächen rund um die Kontrollierte Zone zeigte keine chemischen Belastungen mit Schwermetallen oder Polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen an.

Zurzeit ist noch unklar, ob und in welchem Umfang Bodenflächen temporär oder definitiv für Installationsplätze, Lagerflächen o.ä. beansprucht werden. Falls Flächen mit Boden im Rahmen der Stilllegungsarbeiten tangiert werden, so wird vorgängig der vorhandene Oberboden in seiner gesamten Mächtigkeit abgetragen. Das abgetragene Bodenmaterial wird für Umgebungsgestaltungen oder Rekultivierungen verwertet. Allfällige bodenrelevante Arbeiten werden von der Umweltbaubegleitung (UBB) freigegeben und begleitet.

Unter Berücksichtigung der im Umweltverträglichkeitsbericht definierten Bodenschutzmassnahmen kann das Vorhaben als umweltverträglich beurteilt werden.

Altlasten

Das ganze Areal des KKM ist im Kataster der belasteten Standorte als belasteter Standort "Kernkraftwerk Mühleberg" (Nr. 06680026) mit dem Vermerk "bei Bauvorhaben / Umnutzung" untersuchungsbedürftig eingetragen. Im Rahmen dieser Umweltverträglichkeitsprüfung wurde eine historische Untersuchung über den Gesamtstandort durchgeführt.

Innerhalb der Kontrollierten Zone wurden keine Prozesse oder Tätigkeiten eruiert, die zu einer Belastung des Untergrunds unter den Gebäuden der Kontrollierten Zone geführt haben könnten. Aus-

serhalb der Kontrollierten Zone wurde für die Flächen "Lagergebäude", "Werkstattgebäude", "Tanklager", "Garage" und "Auffüllungen Baugrube" eine mögliche Belastung des Untergrunds identifiziert. Als relevante Schutzgüter wurden das Grundwasser, Porenluft und untergeordnet auch die Aare (Oberflächengewässer) eingestuft. Eine abschliessende altlastenrechtliche Klassifizierung gemäss Art. 8 der Altlasten-Verordnung (AltV) [17] ist aufgrund der Erkenntnisse aus der historischen Untersuchung noch nicht möglich. Deshalb wurde auf Basis der historischen Untersuchung ein Pflichtenheft für eine technische Untersuchung ausgearbeitet.

Mit der geplanten technischen Untersuchung vor Beginn allfälliger Aushubarbeiten sollte eine Klassifizierung gemäss Art. 8 AltV [17] möglich sein. Allfällige altlastenrelevante Aushubarbeiten werden durch eine Altlastenfachperson begleitet. Dadurch wird der gesetzeskonforme Umgang mit belastetem Aushubmaterial sichergestellt. Eine vollständige Umsetzung der vorgesehenen Massnahmen vorausgesetzt, sollte das Projekt bezüglich Altlasten umweltverträglich umgesetzt werden können.

Abfälle, umweltgefährdende Stoffe

Die Entsorgung umfasst alle Massnahmen, die mit der Abgabe von behandeltem und konditioniertem Material zusammenhängen. Materialien, die behandelt und freigemessen sind, werden der konventionellen Beseitigung bzw. der Wiederverwendung zugeführt. Konditionierte radioaktive Abfälle werden zunächst dokumentiert und ggf. auf dem Betriebsgelände gepuffert. Grundsätzlich werden radioaktive Abfälle in eine andere Kernanlage abtransportiert. Die anfallenden Massen bis zur Erreichung des Stilllegungsziels belaufen sich auf 19'900 Mg. Der grösste Teil davon sind radioaktive Materialien und Abfälle (16'000 Mg). Davon können ca. 13'100 Mg der radiologischen Freimessung zugeführt werden. Die verbleibenden 2'900 Mg sind als radioaktiver Abfall zu entsorgen. Die anfallenden nicht radioaktiven Materialien und Abfälle belaufen sich auf 3'900 Mg.

Für die Hauptuntersuchung im Rahmen des Umweltverträglichkeitsberichts (UVB) wurde ein Gebäudescreening der Kontrollierten Zone durchgeführt. Alle Räume und Anlageteile in der Kontrollierten Zone wurden begangen, visuell untersucht und die Verdachtsflächen erfasst. Ein Teil der nicht einsehbaren Baumaterialien wurde auf Grund der zur Verfügung gestellten Gebäudedokumentationen beurteilt. Es wurden keine Materialproben entnommen oder Sondagen erstellt.

Das Ausmass der Verdachtsflächen bzgl. Asbest ist recht hoch und hat eine grosse Streuung (Brand-schottungen) innerhalb der Kontrollierten Zone. Die Kontamination durch Asbest und Polyzyklische und aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) wird vor allem in den Abdichtungen (Dachpappen) vermutet, der Gehalt von PAK muss vor dem Rückbau untersucht werden. Die PCB-haltigen Produkte (Kittfugen) sind vor allem im Freien verbaut worden. Die Gesundheitsgefährdung ist somit gering.

Der Rückbau und die Entsorgung der belasteten Baustoffe sind im Zusammenhang mit der Kontamination durch ionisierende Strahlung sorgfältig und exakt zu planen und es sind stufengerecht Massnahmen zu treffen, die durch entsprechend geschultes und qualifiziertes Personal durchzuführen sind. Die Entsorgung hat in die den Schadstoffklassen entsprechenden Deponien zu erfolgen.

Unter Berücksichtigung der im UVB definierten Massnahmen kann das Vorhaben aus Sicht dieses Fachbereichs als umweltverträglich beurteilt werden.

Umweltgefährdende Organismen

Innerhalb des Projektgebiets kommen gesamthaft vier Arten von Neophyten vor: einjähriges Berufkraut, Armenische Brombeere, Goldrute und Essigbaum. Grössere Bestände erreicht lediglich das Berufkraut (vor allem innerhalb der Umzäunung). Von den anderen Arten sind über den ganzen Perimeter verteilt nur wenige Exemplare vorhanden.

Vor dem Projektstart, während der Stilllegungsarbeiten sowie in den ersten Jahren nach erfolgter Wiederherstellung der betroffenen Flächen (bspw. Aareufer) werden diese nach Vorkommen von

Neophyten abgesucht. Werden dabei Neophyten festgestellt, sind Bekämpfungsmassnahmen vorgesehen. Mit der Umsetzung dieser Massnahmen erfüllt das Projekt die entsprechenden gesetzlichen Vorgaben (insbesondere der Freisetzungsverordnung).

Störfallvorsorge / Katastrophenschutz (nicht nuklearer Teil)

Das KKM unterliegt in der Betriebsphase der Störfallverordnung. Ein entsprechender Störfallbericht ist vorhanden. Die Mengenschwellen der entsprechenden Stoffe werden voraussichtlich auch zu Beginn der Stilllegung noch überschritten. Zur Dekontamination werden wahrscheinlich zusätzliche Stoffe benötigt, die ebenfalls der Störfallverordnung unterliegen. Aus diesem Grund wird der Störfallbericht gemäss den während der Stilllegungsarbeiten benötigten Stoffen etappenweise angepasst. Nach Abschluss der Stilllegung wird das KKM voraussichtlich aus dem Geltungsbereich der Störfallvorsorge entlassen.

Flora, Fauna, Lebensräume

Innerhalb des umzäunten KKM-Geländes herrschen versiegelte Flächen vor und die Mehrheit der Grünflächen wird intensiv genutzt. Das Vorkommen von schutzwürdigen Lebensräumen gemäss Art. 18 Abs. 1 bis des Bundesgesetzes über den Natur- und Heimatschutz (NHG) [45] beschränkt sich auf kleine Bestände von Artenreicher Fettwiese sowie Feuchtvegetation im Bereich des Teichs. Ausserhalb des Areals sind die Ufervegetation entlang der Aare sowie die im Bereich der ehemaligen Unterstation ausgedehnten Bestände von Ruderalvegetation und Artenreicher Fettwiese zu erwähnen. Die – vor allem innerhalb des Sicherungszauns – ökologische Verarmung widerspiegelt sich auch bei der floristischen und faunistischen Artenzusammensetzung dieses Gebiets. Seltene bzw. geschützte Arten sind nur wenige vorhanden oder haben hier keinen Verbreitungsschwerpunkt. Eine Ausnahme bildet der Bereich der ehemaligen Unterstation.

Die Projekteingriffe werden sich mit Ausnahme des temporären Eingriffs auf die Ufervegetation primär auf die Innenräume der Gebäude oder bereits versiegelte bzw. ökologisch verarmte Bereiche konzentrieren. Sollten zudem – innerhalb oder ausserhalb der umzäunten Flächen – zusätzliche Bereiche temporär belegt werden, so ist wie bei der erwähnten Ufervegetation ihre fachgerechte Wiederherstellung vorgesehen. Auf diesem Hintergrund hält das Projekt die einschlägigen gesetzlichen Vorgaben ein (u. a. von Art. 18 Abs. 1ter NHG [45]).

Landschaft und Ortsbild (inkl. Lichtemissionen)

Es ist geplant, dass die vorgesehenen Stilllegungsarbeiten in den Gebäuden stattfinden und höchstens geringe sichtbare Änderungen an bestehenden Gebäuden nach sich ziehen. Die Flächen, welche temporär als Umschlagsplätze genutzt werden, liegen innerhalb des umzäunten KKM-Areals. Die heutigen Parkplätze unmittelbar östlich des Areals werden weiterhin als Parkplätze zur Verfügung stehen. Ausserhalb des Areals werden keine "neuen" Flächen belegt. Nach Rückbau der Ein- und Auslaufbauwerke in der Aare wird das Ufer wiederhergestellt und somit durchgehend ohne Einfluss von Bauwerken begrünt bzw. bestockt. Mit Umsetzung einer Reduktion der Aussenbeleuchtung bzw. der Lichtemissionen mit fortschreitender Stilllegung kann das Vorhaben als landschaftsverträglich beurteilt werden.

Kulturdenkmäler, archäologische Stätten

Die im Gebiet vorhandenen Kulturgüter und archäologischen Stätten befinden sich weiter östlich des KKM-Areals und liegen ausserhalb des Wirkungssperimeters der Stilllegung. Folglich ist mit keinen Auswirkungen auf die Fachbereiche Kulturgüter und Archäologie zu rechnen.

16 Kosten und Finanzierung

Die Eigentümer der Schweizer Kernanlagen sind gemäss Kernenergiegesetz KEG [1] verpflichtet, ihre Anlagen nach der Endgültigen Ausserbetriebnahme (EABN) stillzulegen, alle aus dem Betrieb und den Stilllegungsarbeiten anfallenden radioaktiven Abfälle zu entsorgen und sämtliche damit verbundenen Kosten zu tragen.

Bis Ende 2014 sind für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle der BKW bereits Kosten von 709 MCHF angefallen. Darin enthalten sind die technische Planung und die Standortsuche für geologische Tiefenlager, die Wiederaufarbeitung von Brennelementen und die Bearbeitung, Zwischenlagerung und der Transport von radioaktiven Abfällen.

Für die zukünftigen Verpflichtungen aus der Entsorgung der radioaktiven Abfälle und der Stilllegung (inklusive Nachbetrieb) sowie aus weiteren kraftwerkspezifischen Kosten hat die BKW Rückstellungen gebildet. Die Rückstellungen werden jährlich geprüft und dem aktuellen Wissensstand angepasst, so dass alle erkennbaren zukünftigen Verpflichtungen gedeckt werden können.

Die erwarteten Kosten werden hierbei in folgende Kostenkategorien untergliedert:

- Nachbetrieb
- Stilllegung (Rückbau, Rückbaubetrieb)
- Entsorgung
- Werkspezifische Kosten
- Change Management

16.1 Sicherstellung der Finanzierung

Die Sicherstellung der Finanzierung der Stilllegung und Entsorgung ist im KEG [1] und in der Verordnung über den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds für Kernanlagen (Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung, SEFV) [7] geregelt.

Das KEG [1] verpflichtet in Art. 77 die Eigentümer von Kernanlagen die Rückstellungen für die nach der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) anfallenden Stilllegungs- und Entsorgungskosten in zwei staatlich kontrollierten Fonds, dem Stilllegungsfonds und dem Entsorgungsfonds (Fonds), anzusparen. Die Pflicht zur Stilllegung und Entsorgung bleibt, unabhängig von den in den Fonds angesparten Mitteln, bei den Eigentümern der Kernanlagen. Die Fonds tragen somit kein Kostenrisiko, stellen aber sicher, dass die durch die Eigentümer zurückgelegten Mittel zum benötigten Zeitpunkt zur Verfügung stehen und nicht z.B. durch schlechte Betriebsergebnisse oder Fehlinvestitionen verloren gehen können.

Die Rückstellungen für den Nachbetrieb und die noch während des Kraftwerksbetriebs anfallenden Kosten für Stilllegung und Entsorgung werden wegen ihrer Nähe zum Kraftwerksbetrieb gemäss SEFV nicht in die Fonds einbezahlt, sondern direkt für die anfallenden Kosten verwendet.

Die Bemessung der Fondsbeiträge sowie der weiteren Rückstellungen der Eigentümer erfolgt auf Basis einer umfassenden Schätzung der Stilllegungs- und Entsorgungskosten, die gemäss Art. 4 der SEFV alle fünf Jahre erfolgt. Gleichzeitig mit der Aktualisierung der Stilllegungs- und Entsorgungskostenstudien werden jeweils auch die Kosten für den Nachbetrieb neu geschätzt.

Die letzte Kostenschätzung basiert auf Daten aus dem Jahr 2011 (Kostenstudie 2011 KS11 Mantelbericht) [36]. Sie bildet die Grundlage der Rückstellungsbildung für die Jahre 2012-2016.

Im Rahmen der gesetzlich vorgesehenen periodischen Aktualisierungen ist die swissnuclear von der Kommission der Fonds beauftragt, die Kostenschätzung in Zusammenarbeit mit den für die nukleare Entsorgung in der Schweiz verantwortlichen Organisationen erneut durchzuführen und bis Ende 2016 in Form der Kostenstudie 2016 (KS16) fertigzustellen. Anschliessend wird die Kostenschätzung im Auftrag des Bundes durch das Eidgenössische Nuklear Sicherheitsinspektorat (ENSI) und weiteren unabhängigen Experten geprüft.

Der in der KS11 modellierte Stilllegungsplan setzt einen Zustand der Anlage zu Beginn der Rückbauarbeiten voraus, der sich vom betrieblichen Zustand u.a. dadurch unterscheidet, dass sich keine Brennelemente mehr in der Anlage befinden, und dass alle nicht mehr benötigten Betriebsmedien sowie die Betriebsabfälle von der Anlage entfernt sind.

Eine grosse Zahl gewonnener Erfahrungen aus laufenden oder bereits abgeschlossenen Projekten stehen für die Planung des Projekts Stilllegung KKM zur Verfügung. Sofern anwendbar, werden diese Kenntnisse im Projekt Stilllegung KKM und auch in den aktualisierten Stilllegungsstudien für die Schweizer Kernkraftwerke berücksichtigt. Durch die Einbindung dieser Erfahrungen ergeben sich einige Änderungen im Ablauf, im Aufwand und in den Kosten der Stilllegung des KKM und der KS16.

Weiter hat die Kommission für Stilllegung und Entsorgung für die zur Zeit in Durchführung befindende KS16 eine neue Kostengliederung und Kostenstruktur vorgegeben, die von der Struktur der KS11 dahingehend abweicht, dass Schätzunsicherheiten und Risiken explizit ausgewiesen werden müssen.

Da die KS16 in ungeprüfter Form erst Ende 2016, und in geprüfter Form Ende 2017 vorliegt, werden im Folgenden die Kostenschätzungen der KS11 dargelegt (Stand 31.12.2010). Das in diesem Bericht dargelegte Projekt Stilllegung KKM weicht zwar in einigen Punkten von dem in der KS11 zugrunde gelegten Stilllegungsplan ab. Trotzdem sind die Resultate der KS11 geeignet, um ein repräsentatives Bild der zu erwartenden Kosten zu liefern.

Das Ergebnis der Kostenstudie 2011 (KS11) [36] zu den Positionen Entsorgung, Nachbetrieb und Stilllegung des KKM ist in Tabelle 16-1 dargestellt. Aufgelistet sind die ab 2011 erwarteten Kosten in Preisen von 2011.

KKM, Kosten ab 2011, Preisbasis 2011	MCHF
Entsorgung	1'197
Nachbetrieb	319
Stilllegung (Rückbau, Rückbaubetrieb)	487
Total	2'003

Tabelle 16-1: Gesamtkostenschätzung

16.2 Kosten des Nachbetriebs und der Stilllegung

Direkt nach der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) des KKM beginnt die Phase des Nachbetriebs. Dieser umfasst diejenigen (betrieblichen) Massnahmen, die einerseits für die Etablierung und andererseits für die Aufrechterhaltung des Technischen Nachbetriebs notwendig sind.

Während des Nachbetriebs müssen die Brennelemente weiterhin gekühlt, gesichert und in Transport- und Lagerbehälter verpackt werden. Gemäss dem heutigen Stand der insgesamt geplanten Massnahmen ist hierfür ein Zeitraum von fünf Jahren, mit Beginn ab der EELB, ausgewiesen. In dieser Zeit werden sämtliche Brennelemente in eine andere Kernanlage überführt.

Das Ergebnis der Kostenstudie 2011 (KS11) "Schätzung der Kosten des Nachbetriebs der Schweizer Kernkraftwerke" [39] für das KKM ist in Tabelle 16-2 dargestellt.

Kosten Nachbetrieb, Preisbasis 2011	MCHF
von der EELB bis Kernbrennstofffreiheit	319
Total	319

Tabelle 16-2: Kosten des Nachbetriebs

Der Nachbetrieb endet, wenn sämtliche Brennelemente in eine andere Kernanlage überführt sind.

Im Rahmen der Planung erfolgt eine differenzierte Zuordnung der Stilllegungsarbeiten. Massnahmen, die einen infrastrukturellen, durchlaufenden Charakter haben, wie z.B. Anlagensicherung, werden zunächst vollständig dem Nachbetrieb zugeordnet. Mit Erreichen der Kernbrennstofffreiheit erfolgt die Zuordnung vollständig auf den Rückbaubetrieb. Gleiches gilt für Instandhaltungsmassnahmen und Prüfungen an Systemen, die nach der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB) als auch nach der Endgültigen Ausserbetriebnahme (EABN) des KKM noch benötigt werden.

Als Stilllegungskosten gelten alle Kosten, die bei der Stilllegung von Kernanlagen entstehen. Zu den Stilllegungskosten gehören gemäss SEFV [7] namentlich die Kosten für:

- die anlagentechnische Vorbereitung für die Stilllegung
- den Einschluss, den Unterhalt und die Bewachung der Anlage
- die Dekontamination oder Demontage und Zerkleinerung der aktivierten und kontaminierten Teile
- den Transport und die Entsorgung der bei der Stilllegung anfallenden radioaktiven Abfälle
- den Abbruch aller technischen Einrichtungen und der Gebäude und die Deponie der inaktiven Abfälle
- die Dekontamination des Geländes
- Planung, Projektierung, Projektleitung und Überwachung
- Strahlen- und Arbeitsschutzmassnahmen
- behördliche Bewilligungen und Aufsicht
- Versicherungen
- Verwaltungskosten

Das Ergebnis der Kostenstudie 2011 (KS11) "Schätzung der Stilllegungskosten der Schweizer Kernanlagen" [38] für das KKM zur Position Stilllegung ist in Tabelle 16-3 dargestellt.

Stilllegungskosten, Preisbasis 2011	MCHF
Stilllegungsprojekt und Stilllegungsverfügung / Vorbereitungsmaßnahmen	51
Nuklearer Rückbau, einschliesslich Freigaben	95
Materialbehandlung und Entsorgung	99
Rückbaubetrieb *)	218
Konventioneller Abriss	24
Total	487

*) Betriebskosten vom Zeitpunkt der Kernbrennstofffreiheit bis zum Erreichen des Stilllegungsziels "Feststellung, dass das KKM keine radiologische Gefahrenquelle mehr darstellt".

Tabelle 16-3: Stilllegungskostenschätzung

16.3 Entsorgungskosten radioaktiver Abfälle

Als Entsorgungskosten gelten alle Kosten, die für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle und abgebrannten Brennelemente nach der Endgültigen Ausserbetriebnahme (EABN) von Kernkraftwerken anfallen. Zu den Entsorgungskosten gehören gemäss SEFV [7] namentlich die Kosten für:

- den Transport und die Entsorgung der radioaktiven Abfälle
- den Transport und die Entsorgung der abgebrannten Brennelemente
- eine Beobachtungsphase von 50 Jahren für ein geologisches Tiefenlager
- Planung, Projektierung, Projektleitung, Bau, Betrieb, Rückbau und Überwachung von Entsorgungsanlagen
- Strahlen- und Arbeitsschutzmassnahmen
- behördliche Bewilligungen und Aufsicht
- Versicherungen
- Verwaltungskosten

Diese Kostenelemente wurden durch die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra), Zwiilag und die KKW im Rahmen der KS11 [37] geschätzt. Das Ergebnis der KS11 [37] zur Position Entsorgung ist in Tabelle 16-4 dargestellt.

Entsorgungskosten, Preisbasis 2011	MCHF
Aufgelaufene Kosten bis 2010	638
Zukünftige Kosten ab 2011	1'197
Gesamtsumme	1'835

Tabelle 16-4: Entsorgungskostenschätzung

16.4 Werkspezifische Rückstellungen

Die Werkspezifischen Rückstellungen sind nicht Bestandteil der KS11. Sie decken Sachverhalte der laufenden Entsorgung ab, die sich auf die werkspezifischen Gegebenheiten des KKM beziehen, wie etwa alte Steuerelemente oder den Letztkern. Die kontinuierliche Prüfung der werkspezifischen Rückstellungen ist in die laufende Steuerung der finanzwirtschaftlichen Prozesse der BKW integriert. Die Kostenschätzung der BKW beläuft sich für werkspezifische Kosten auf 87 MCHF.

16.5 Rückstellung für Change Management

Die Rückstellung für Change Management deckt die Aufwendungen ab, die im Zusammenhang mit der Sicherstellung des Personalbestands bei der Umstellung vom Leistungsbetrieb auf den Nachbetrieb und den Rückbau der Anlage anfallen. Sie umfassen zum Beispiel Massnahmen zur Aus- und Weiterbildung im Rahmen eines umfassenden Personalkonzepts. Die Kostenschätzung der BKW beläuft sich für Change Management Massnahmen auf Kosten von 40 MCHF.

16.6 Rückstellungen und Fondsvermögen per 31.12.2014

Die BKW weist in Ihren Finanzberichten den Stand ihrer Rückstellungen aus Nachbetrieb, Stilllegung, Entsorgung und werkspezifischen Kosten regelmässig aus. Tabelle 16-5 gibt die entsprechenden Angaben aus dem Finanzbericht der BKW für das Jahr 2014 wieder. Die Rückstellungen basieren auf der Kostenstudie 2011 und BKW-internen Schätzungen für werkspezifische Sachverhalte.

Kosten, Stand der Rückstellungen und Ansprüche an die staatlichen Fonds für Stilllegung und Entsorgung sind in Preisen des jeweiligen Bezugsjahrs angegeben, mit Ausnahme der werkspezifischen Kosten, die in Preisen von 2014 angegeben sind. Die Bildung der Rückstellungen erfolgt planmässig auf der Grundlage des erwarteten zukünftigen Kostenanfalls und ist so ausgerichtet, dass jeweils im Jahr des Kostenanfalls alle Kosten gedeckt werden können. Der Barwert der geschätzten Kosten für die Stilllegung und für die Entsorgung wird zurückgestellt und jährlich aufgezinnt. Zudem werden für die durch den Kraftwerksbetrieb jährlich zusätzlich verursachten Stilllegungs- und Entsorgungskosten entsprechende Rückstellungen gebildet. Für die Berechnung der Rückstellungen kommen folgende Annahmen zur Anwendung: Endgültige Einstellung des Leistungsbetriebs des Kraftwerks 2019 (47 Betriebsjahre), eine jährliche Teuerungsrate von durchschnittlich 1,5 % und eine Verzinsung von 3,5 %. Die Parameter für Zins und Teuerung sind in der Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung vorgegeben.

Kostenschätzung 2011, BKW interne Schätzungen		Rückstellungen BKW Ende 2014	Ansprüche an die Fonds per Ende 2014
319	Nachbetrieb	305	
487	Stilllegungskosten	415	371
1'197	Entsorgungskosten	713	534
87	Werkspezifische Kosten	87	
40	Change Management	39	
2'130	Gesamt	1'559	905

Tabelle 16-5: Übersicht Kosten, Rückstellungen und Fondsansprüche in MCHF

Die Rückstellungen für Nachbetrieb, Stilllegung, werkspezifische Kosten und Change Management decken schon heute im Wesentlichen die Kosten der Stilllegung. Die Rückstellung für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle liegt wegen des sehr langen Zeitraums, in dem Entsorgungskosten anfallen werden und des entsprechend langen Zeitraums für die Verzinsung der Rückstellung, noch unterhalb der Kostenschätzung. Unter Berücksichtigung der Verzinsung wird die Rückstellung Entsorgung ausreichen, um die in der Kostenstudie 2011 geschätzten Kosten zu decken.

Die Rückstellungsbildung wird jährlich überprüft und Ende 2016 an die Erkenntnisse der Kostenschätzung 2016 angepasst. Die Rückstellungen werden durch Vermögenswerte in der Bilanz der BKW abgedeckt. Somit stehen der BKW genügend Mittel zur Verfügung, um den Nachbetrieb und die Stilllegung des KKM sowie die Entsorgung der daraus entstehenden Abfälle sachgerecht und sicher abzuwickeln.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Darstellung der Beziehung Stilllegungsphasen und Anlagestatus	33
Tabelle 7-1:	Eingangsdaten Aktivierungsbereiche Reaktordruckbehälter, Biologischer Schild und Drywell	90
Tabelle 8-1:	Behälter für schwach- und mittelaktive Abfälle	101
Tabelle 9-1:	Personalaufwand und Kollektivdosis für die Stilllegung KKM	110
Tabelle 16-1:	Gesamtkostenschätzung	162
Tabelle 16-2:	Kosten des Nachbetriebs.....	163
Tabelle 16-3:	Stilllegungskostenschätzung	164
Tabelle 16-4:	Entsorgungskostenschätzung	164
Tabelle 16-5:	Übersicht Kosten, Rückstellungen und Fondsansprüche in MCHF	165

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Topografischer Auszug des Kraftwerkstandorts KKM.....	15
Abbildung 1-2:	Vereinfachtes Funktionsschema Siedewasserreaktor KKM.....	16
Abbildung 1-3:	Situationsplan der Gebäude und Einrichtungen auf dem Areal KKM	17
Abbildung 1-4:	Schematische Übersicht Reaktorgebäude (RG) und Maschinenhaus (MH).....	18
Abbildung 1-5:	Schematische Darstellung Containment-Systeme im Reaktorgebäude (RG).....	19
Abbildung 1-6:	Schematische Darstellung Drywell mit RDB im Reaktorgebäude (RG)	21
Abbildung 1-7:	Funktionale schematische Darstellung RDB	22
Abbildung 1-8:	Darstellung RDB mit Kerneinbauten.....	23
Abbildung 3-1:	Das Projekt Stilllegung KKM im zeitlichen Überblick.....	28
Abbildung 3-2:	Der Phasenverlauf im Überblick	32
Abbildung 3-3:	Zustand der Anlage bei der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs (EELB)	34
Abbildung 3-4:	Vorbereitende Massnahmen	36
Abbildung 3-5:	Zustand der Anlage bei der Endgültigen Ausserbetriebnahme (EABN)	37
Abbildung 3-6:	Massnahmen im Reaktorgebäude und im Maschinenhaus im Rahmen der Stilllegungsphase 1.....	38
Abbildung 3-7:	Zustand der Anlage bei Abschluss der Stilllegungsphase 1	39
Abbildung 3-8:	Massnahmen im Reaktorgebäude und im Maschinenhaus in der Stilllegungsphase 2 (Teil 1)	40
Abbildung 3-9:	Massnahmen im Reaktorgebäude und im Maschinenhaus in der Stilllegungsphase 2 (Teil 2)	40
Abbildung 3-10:	Endzustand in Reaktorgebäude, Maschinenhaus und SUSAN-Gebäude bei Abschluss der Stilllegungsphase 3.....	41
Abbildung 3-11:	Arbek-Massnahmen.....	43
Abbildung 6-1:	Gliederungsebenen Projektstruktur Stilllegung KKM	57
Abbildung 7-1:	Rahmenterminplan Stilllegung KKM.....	62
Abbildung 7-2:	Demontagepfad Reaktorgebäude +29m (Bereich BEB), orange gekennzeichnet.....	67
Abbildung 7-3:	Demontagepfad Reaktorgebäude +29m (Bereich Einbautenbecken), orange gekennzeichnet	68
Abbildung 7-4:	Demontagepfad Reaktorgebäude Drywell, orange gekennzeichnet	69
Abbildung 7-5:	Demontagepfad Reaktorgebäude -11,00 m Innerer und Äusserer Torus, orange gekennzeichnet	69
Abbildung 7-6:	Demontagepfad Reaktorgebäude ±0,00 m bis +21,00 m, orange gekennzeichnet.....	70
Abbildung 7-7:	Demontagepfad Maschinenhaus +8,00 m, orange gekennzeichnet	71
Abbildung 7-8:	Demontagepfad Maschinenhaus +3m bis -6m, orange gekennzeichnet	72
Abbildung 7-9:	Demontagepfad Maschinenhaus Anbau Süd Gesamtgebäude, orange gekennzeichnet	72

Abbildung 7-10:	Demontagepfad Restliche Gebäude der Kontrollierten Zone, orange gekennzeichnet	73
Abbildung 7-11:	Einbauten innerhalb des Reaktordruckbehälters	75
Abbildung 7-12:	Demontagepfad Reaktorgebäude +29m (Bereich RDB/Biologischer Schild), orange gekennzeichnet	76
Abbildung 7-13:	Darstellung möglicher Entsorgungsziele der Stilllegungsarbeiten	80
Abbildung 7-14:	Stoffströme und Mengengerüst	85
Abbildung 7-15:	Ströme der radiologisch freigebbaren Materialien sowie der radioaktiven Abfälle	86
Abbildung 7-16:	Erwartete aktivierte Bereiche unter Berücksichtigung des Entwurfs zur Revision der StSV (Stand Oktober 2015)	89
Abbildung 8-1:	Schematischer Ablauf geplanter Brennelementtransporte	100
Abbildung 9-1:	Strahlenschutzbereiche	104
Abbildung 10-1:	Schutzziele in den Stilllegungsphasen	117
Abbildung 10-2:	Lageplan der Kraftwerksgebäude und der Gebäude der Kontrollierten Zone.....	119
Abbildung 10-3:	Lüftungsschemata KKM.....	123
Abbildung 10-4:	Übersicht elektrische Anlagen Eigenbedarfsversorgung KKM.....	125
Abbildung 10-5:	Kühlwassersysteme KKM.....	129
Abbildung 12-1:	Darstellung des Gefährdungspotentials der Anlage bis Kernbrennstofffreiheit....	140
Abbildung 13-1:	Geplante Aufbauorganisation Stilllegung KKM	145
Abbildung 13-2:	Geplante Matrixorganisation in der Stilllegung (Projektsicht).....	147
Abbildung 14-1:	Qualitätsverständnis im KKM / Sicherheitsleitbild (adaptiert, in Anlehnung an QM im Leistungsbetrieb)	152
Abbildung 14-2:	Überblick der Prozessgruppen im KKM in der Stilllegung.....	153

Unterlagenverzeichnis

- | | | |
|------|-------------|---|
| [1] | 732.1 | Kernenergiegesetz (KEG) vom 21. März 2003 (Stand 1. Januar 2009) |
| [2] | 732.44 | Kernenergiehaftpflichtgesetz (KHG) vom 18. März 1983 (Stand 1. Januar 2011) |
| [3] | 814.01 | Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG) vom 7. Oktober 1983 (Stand 1. Juli 2014) |
| [4] | 814.50 | Strahlenschutzgesetz (StSG) vom 22. März 1991 (Stand 1. Januar 2007) |
| [5] | 510.411 | Informationsschutzverordnung (ISchV) vom 4. Juli 2007 (Stand 1. Januar 2015) |
| [6] | 732.11 | Kernenergieverordnung (KEV) vom 10. Dezember 2004 (Stand 1. Mai 2012) |
| [7] | 732.17 | Verordnung über den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds für Kernanlagen vom 7. Dezember 2001 (Stand 1. Februar 2008) |
| [8] | 732.33 | Verordnung über den Notfallschutz in der Umgebung von Kernanlagen (NFSV) vom 20. Oktober 2010 (Stand 1. Januar 2013) |
| [9] | 732.112.1 | Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und Sicherungsmassnahmen für Kernanlagen und Kernmaterialien vom 16. April 2008 (Stand 1. Mai 2008) |
| [10] | 732.112.2 | Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen vom 17. Juni 2009 (Stand 1. August 2009) |
| [11] | 732.143.1 | Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK) vom 9. Juni 2006 (Stand 1. Januar 2009) |
| [12] | 732.143.3 | Verordnung über die Personensicherheitsprüfungen im Bereich Kernanlagen (PSPVK) vom 9. Juni 2006 (Stand 1. April 2011) |
| [13] | 814.011 | Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPV) vom 19. Oktober 1988 (Stand 1. Dezember 2013) |
| [14] | 814.501 | Strahlenschutzverordnung (StSV) vom 22. Juni 1994 (Stand 1. Januar 2011) |
| [15] | 814.501.261 | Verordnung über die Ausbildungen und die erlaubten Tätigkeiten im Strahlenschutz (Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung) vom 15. September 1998 (Stand 1. Januar 2013) |
| [16] | 814.557 | Verordnung über die ablieferungspflichtigen radioaktiven Abfälle vom 3. September 2002 (Stand 25 Juli 2006) |
| [17] | 814.680 | Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten (Altlasten-Verordnung, AltIV) (2015) |
| [18] | ENSI-A04 | Gesuchsunterlagen für freigabepflichtige Änderungen an Kernanlagen (Ausgabe Juli 2008, Rev.1 vom 24. September 2009) |
| [19] | ENSI-B02 | Periodische Berichterstattung der Kernanlagen (Ausgabe September 2008, Rev. 2 vom 1. August 2011) |
| [20] | ENSI-B03 | Meldungen der Kernanlagen (Ausgabe September 2008, Rev. 2 vom 15. Februar 2010) |
| [21] | ENSI-B04 | Freimessung von Materialien und Bereichen aus Kontrollierten Zonen (Ausgabe August 2009) |

- [22] ENSI-B10 Ausbildung, Wiederholungsschulung und Weiterbildung von Personal (Ausgabe Oktober 2010)
- [23] ENSI-B11 Notfallübungen
- [24] ENSI-B13 Ausbildung und Fortbildung des Strahlenschutzpersonals
- [25] ENSI-G01 Sicherheitstechnische Klassierung für bestehende Kernkraftwerke (Ausgabe Januar 2011)
- [26] ENSI-G04 Auslegung und Betrieb für von Lagern radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente (Ausgabe September 2010)
- [27] ENSI-G07 Organisation von Kernanlagen (Ausgabe Juli 2013)
- [28] ENSI-G09 Betriebsdokumentation (Ausgabe Juni 2014)
- [29] ENSI-G15 Strahlenschutzziele für Kernanlagen (Ausgabe November 2010)
- [30] ENSI-G17 Stilllegung von Kernanlagen (Ausgabe April 2014)
- [31] HSK 11/400 Reglement für die Abgabe radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des Kernkraftwerks Mühleberg
- [32] HSK-B05 Anforderungen an die Konditionierung radioaktiver Abfälle (Februar 2007)
- [33] HSK-G13 Strahlenschutzmessmittel in Kernanlagen – Konzepte, Anforderungen und Prüfungen (Februar 2008)
- [34] HSK-R07 Richtlinie für den überwachten Bereich der Kernanlagen und des Paul Scherrer Institutes
- [35] HSK-R50 Sicherheitstechnische Anforderungen an den Brandschutz in Kernanlagen (März 2003) in Verbindung mit den Brandschutzvorschriften der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF), der Brandschutznorm und diverse Brandschutzrichtlinien
- [36] KS11 Kostenstudie 2011 (KS11) Mantelbericht swissnuclear (Stand 13.10.2011)
- [37] KS11 Kostenstudie 2011 (KS11) Schätzung der Entsorgungskosten der Schweizer Kernkraftwerke swissnuclear (Stand 13.10.2011)
- [38] KS11 Kostenstudie 2011 (KS11) Schätzung der Stilllegungskosten der Schweizer Kernanlagen swissnuclear (Stand 13.10.2011)
- [39] KS11 Kostenstudie 2011 (KS11) Schätzung der Kosten der Nachbetriebsphase der Schweizer Kernkraftwerke swissnuclear (Stand 13.10.2011)
- [40] GS-R-3 The Management Systems for Facilities and Activities Safety Requirements IAEA Safety Standards
- [41] DIN EN ISO 9001:2008-12 Qualitätsmanagementsysteme Norm 2008-12
- [42] DIN EN ISO 14001:2009-11 Umweltmanagementsysteme Norm 2009-11
- [43] OHSAS 18001:2007 Arbeits- und Gesundheitsschutz-Managementsysteme-Anforderungen
- [44] 814.318.142.1 Luftreinhalte-Verordnung (LRV) vom 16. Dezember 1985
- [45] 451 Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG) vom 1. Juli 1966 (Stand 12. Oktober 2014)
- [46] UV-0606-D Baulärm-Richtlinie (BLR), BAFU, Bern, 2006 (Stand 2011)
- [47] ADR 2015 Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse, ASTRA (Stand 10. August 2012)

Abkürzungsverzeichnis

ABN	Ausserbetriebnahme
ADR	Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route)
AG	Aufbereitungsgebäude
ALARA	Kurzwort für "As Low As Reasonably Achievable" (englisch für so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar)
ALPS	Alternate low pressure spray system (Alternatives Niederdruckkernsprühsystem)
APRM	Average power range monitor (Neutronenflussmessung)
Arbek	<u>A</u> utarke <u>r</u> edundante <u>B</u> rennelementlagerbecken <u>k</u> ühlung
Areal	Betriebsgelände innerhalb Objektschutzzaun
AS-A	Anlagestatus A (AS-B bis AS-D analog)
AUG	Arbeitssicherheit / Unfallverhütung / Gesundheitsschutz
BA 4	Betriebsart 4 gemäss Technischer Spezifikation; 3. Aufl. v. 05.06.1997 (BA 5 analog)
BAG	Bundesamt für Gesundheit
BE	Brennelemente
BEB	Brennelementlagerbecken
BKW	BKW Energie AG
Bq	Becquerel (Einheit für Kernzerfälle pro Sekunde)
CR	Control rod (Steuerstab)
CS	Core spray (Kernsprühsystem)
CSD	Chemical system decontamination (Chemische Systemdekontamination)
CU	Clean up (Reinigungssystem Reaktorwasser)
CVRS	Cement volume reduction solidification (Verfestigungsanlage)
CWS	Cooling water system (Kühlwassersystem)
Deko	Dekontamination
Dem.	Demontage
Drywell	Sicherheitsbehälter
DT	Dampftrockner (Kerneinbauten)
EABN	Endgültige Ausserbetriebnahme
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat

FD	Frischdampf
FDL	Frischdampfleitung
FP	Funktionales Paket
FSD	Full system decontamination (Vollständige chem. System-Dekontamination)
gTL	geologisches Tiefenlager
Halle TA	Einrichtung zur Handhabung ausgebauten Materials und Freimessbereich beim Rückbau
Halle RA	Anlage zur Bereitstellung von Radioaktivtransporten
HD	Hochdruck
HiKW	Hilfskühlwasser
IBFS	Integriertes Betriebsführungssystem
ICWS	Intermediate Cooling Water System
KA	Hochkamin
KB	Kalkondensatbehälter
KEG	Kernenergiegesetz
KEV	Kernenergieverordnung
KKM	Kernkraftwerk Mühleberg
kW	Kilowatt
Ltg.	Leitung
m	Meter
MCR	Hauptkommandoraum
Mg	Megagramm (= 1000 kg = 1 Tonne)
MH	Maschinenhaus
ND	Niederdruck
NV	Nicht verfügbar
NZL	Nachzerfallsleistung
ODL	Ortsdosisleistung
ONSEN	Organisation, Nachbetrieb, Stilllegung, Entsorgung
PAK	Polyaromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	Polychlorierte Biphenyle (z.B. Weichmacher in Dekontfarben)
PH	Pumpenhaus
PMGL	Project management guide line

Q1	1. Quartal eines Jahres (Q2 - Q4 analog)
RA	Radioaktive Abfälle
RBA	Rückbaubetriebsart
RCIC	Reactor core isolation cooling (Kernisolationskühlsystem)
RDB	Reaktordruckbehälter
RG	Reaktorgebäude
SCR	SUSAN-Kommandoraum
SPW	Speisewasser
SWL	Speisewasserleitung
SRV	Safety relief valve (Sicherheits- und Abblaseventil)
STCS	Shut down and torus cooling system (Abfahr- und Toruskühlsystem)
StG	Strahlenschutzgesetz
StSV	Strahlenschutzverordnung
SUSAN	<u>S</u> pezielles <u>u</u> nabhängiges <u>S</u> ystem zur <u>A</u> bfuhr der <u>N</u> achzerfallsleistung
SU	Abteilung Strahlenschutz
Sv	Sievert
TCS	Torus cooling system (Toruskühlsystem)
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
ÜZ	Übergangszustandes
vs.	versus
WA	Wasserabscheider (Kerneinbaute)
ZL	Zwischenlager KKM
ZWILAG	Zwischenlager Würenlingen AG
ZwKW	Zwischenkühlwasser

Glossar

Begriff	Definition
Abbruch	Zerstören eines Gebäudes oder Gebäudeteils.
Abfallbehandlung	Eine Abfallbehandlung ist ein physikalischer bzw. chemischer Prozess, bei dem Geometrie und Form der radioaktiven Abfälle verändert werden, um ein geeignetes Abfallprodukt herzustellen. Sie kann bezwecken, die Verpackbarkeit der Abfälle zu erreichen (z.B. mechanische Zerlegung), inaktive und aktive Abfallbestandteile voneinander zu trennen (z.B. Dekontamination), den Volumenanstieg zu verringern (z.B. Kompaktierung, Versäuerung brennbarer Stoffe) und die Abfalleigenschaften in Bezug auf die Sicherheit bei Lagerung und Transport zu verbessern (z.B. Einbettung in geeignete Abfallmatrizen).
Abfälle	Materialien, die weder wiederverwendet noch recycelt werden. Inaktive Abfälle werden der normalen Kehrverwertung (Deponie, Verbrennung, usw.) zugeführt.
Abfälle, radioaktiv	Radioaktive Stoffe oder radioaktiv kontaminierte Materialien, die nicht weiter verwendet werden.
Abfallgebinde	Das Abfallgebinde ist eine isoliert handhabbare Einheit mit radioaktiven Abfällen. Es setzt sich aus einem oder mehreren Abfallprodukten und der Verpackung zusammen.
Abfallprodukt	Als Abfallprodukt werden radioaktive Abfälle einer festen physikalisch-chemischen Form bezeichnet, welche sich aufgrund der durchgeführten Abfallbehandlung ergibt. Inaktive Stoffe (z. B. Bindemittel), welche im Verlauf der Abfallbehandlung mit dem radioaktiven Abfall vermischt wurden, sind Bestandteil des Abfallprodukts.
Abgabe	Kontrollierte Freisetzung von radioaktiven Stoffen an die Umwelt, hauptsächlich als Gase und Aerosole über den Abluftpfad und als Flüssigkeiten über den Abwasserpfad. Das Einbringen radioaktiver Abfälle in ein geologisches Tiefenlager gilt nicht als Abgabe an die Umwelt im Sinne von Artikel 79 StSV.
Abgabereglement	Im anlagenspezifischen "Reglement für die Abgaben radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung der Kernanlage ..." werden die Vorschriften über die Kontrolle der Abgaben und das Programm für die Umgebungsüberwachung, gestützt auf Art. 79 bis 81 und 102 bis 106 StSV, geregelt. Im Weiteren regelt es die Aufsichtstätigkeit, insbesondere die Stichprobenerhebung und die Vergleichsmessungen durch die Behörden BAG und ENSI.

Abklassierung	Neueinstufung der Bauwerke, Systeme und Ausrüstungen einer Kernanlage in Bauwerks-, Sicherheits- und Erdbebenklassen auf der Grundlage verminderter Bedeutung für die nukleare Sicherheit gemäss ENSI-G01.
Abklinglagerung	Lagerung von radioaktiven Stoffen oder Komponenten im Sinn von Art. 85 Abs. 2 StSV im Hinblick auf eine Freigabe gemäss Art. 53 KEV bzw. der Richtlinie ENSI-B04.
Absicherung	Eine betriebliche, durch das Betriebsführungssystem gestützte Prozedur, um ein Arbeiten am System bzw. an Komponenten zu ermöglichen. Bei jeder Absicherung ist in einem ersten Ansatz eine Rücksicherung vorgesehen.
Aktivierung	Vorgang durch den ein Material durch Beschuss mit Neutronen, Protonen oder anderen Teilchen radioaktiv wird.
Aktivität	Anzahl der Zerfälle pro Zeiteinheit. Die Einheit der Aktivität ist das Becquerel (Bq): $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$
Änderung	Als Änderungen im Sinn von Art. 40 Abs. 1 Bst. a KEV gelten alle Massnahmen, welche die Funktion oder die Eigenschaften von Ausrüstungen, Systemen und Strukturen derart verändern, dass sie von der gültigen Auslegungsbasis abweichen.
Änderung, freigabepflichtige	Änderung, die nicht wesentlich von einer Bewilligung oder Verfügung abweicht jedoch einen Einfluss auf die nukleare Sicherheit oder Sicherung haben kann. Dazu braucht der Inhaber eine Freigabe der Aufsichtsbehörden.
Anforderungsspezifikation	Spezifikation der Anforderungen, die von der Implementierungsweise oder dem eingesetzten leittechnischen System unabhängig sind.
Anlagezustand	Ein Anlagezustand ist ein Betriebszustand oder eine Unfallbedingung. Betriebszustände umfassen den Normalbetrieb und Betriebsstörungen. Unfallbedingungen umfassen Auslegungsstörfälle und auslegungsüberschreitende Störfälle.
Anlagestatus	Anlagestatus steht für Sicherheits- und Sicherungsstatus, welche durch je einen eigenen Sicherheits- und Sicherungsbericht charakterisiert sind, unabhängig davon, ob die Stilllegung bereits verfügt ist oder nicht. Innerhalb eines Anlagestatus können grundsätzlich beliebig viele Anlagekonfigurationen eingestellt werden.
Arbek	Die Arbek (autarke, redundante Brennelementlagerbeckenkühlung) ist der technische Teil der BEB-Autarkie. Sie besteht aus der Sicherheitskühlfunktion (Arbek-S), den betrieblichen (Arbek-B) sowie notfalltechnischen (Arbek-N) Kühl- und Nachspeisefunktionen und der Zusatzbarriere gegen Wasserverlust (Arbek-Z) des BEB. Der technische Rückwirkungsschutz (Arbek-R) gegen unplanmässige Entfernungs- und Rückbautätigkeiten für die zuvor erwähnten Teile der Arbek komplettiert die technischen Massnahmen.

Auslegungsstörfall	<p>Störfall, bei dem durch auslegungsgemässes Verhalten der Sicherheitssysteme keine unzulässige Freisetzung radioaktiver Stoffe und keine unzulässige Bestrahlung von Personen auftreten. Die Gesamtheit der Auslegungsstörfälle kann in folgende Kategorien eingeteilt werden:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Störfälle der Kategorie 1: Störfälle mit einer Häufigkeit kleiner gleich 10^{-1} und grösser als 10^{-2} pro Jahr 2. Störfälle der Kategorie 2: Störfälle mit einer Häufigkeit kleiner gleich 10^{-2} und grösser als 10^{-4} pro Jahr 3. Störfälle der Kategorie 3: Störfälle mit einer Häufigkeit kleiner gleich 10^{-4} und grösser als 10^{-6} pro Jahr
---------------------------	---

Ausrüstungen	<p>a. mechanische Mechanische Komponenten wie Behälter, Pumpen, Absperrarmaturen, Wärmetauscher, Rohrleitungen, Abstützungen, Aufhängungen, Schwingungsdämpfer, Stossbremsen, Ausschlagsicherungen usw.</p> <p>b. elektrische Elektrische oder elektronische Geräteeinheiten oder Baugruppen wie z.B. Elektromotoren, Schalter, Messwertumformer, Stellantriebe, Durchführungen, Wechselrichter, Ladegeräte, Batterien, Elektroschränke, -tafeln und -pulte, Installationsmaterial</p>
---------------------	--

Ausserbetriebnahme von Systemen	<p>Irreversible Entkopplung der betroffenen Anlageteile vom noch betriebenen Teil der Anlage. Es handelt sich um eine mechanische und bzw. oder elektrische Trennung eines abgesicherten oder stillgesetzten Systems von der restlichen Anlage, eine Wiederinbetriebnahme ist nicht mehr vorgesehen. Im Integrierten Betriebsführungssystem (IBFS) erfolgt eine Rücksicherung und die betroffenen Komponenten werden storniert.</p>
--	---

Ausserbetriebnahme, Endgültige	<p>Die Endgültige Ausserbetriebnahme (EABN) ist die endgültige Einstellung des bestimmungsgemässen Betriebs einer Kernanlage. Mit der Endgültigen Ausserbetriebnahme wird der Eigentümer stilllegungspflichtig.</p> <p>Aus technischer Sicht gilt die Anlage erst nach Etablierung des Nachbetriebs als endgültig ausser Betrieb genommen.</p>
---------------------------------------	--

Autarkie des Brennelementlagerbeckens	<p>Ein von anderen Systemen unabhängiges Brennelementlagerbecken, erreicht durch technische und administrative Massnahmen zum Schutz vor unplanmässigen Entfernungs- bzw. Rückbautätigkeiten mit dem Ziel der Gewährleistung des sicheren Einschlusses der Radioaktivität.</p> <p>Die administrativen Massnahmen bestehen aus elektronischen oder schliesstechnischen Abgrenzungen wichtiger, zum Schutz der Brennelementhüllrohre erforderlicher Komponenten. Die technischen Massnahmen bestehen aus den Teilen des Arbek.</p>
--	--

Bauteil	<p>Ein Bauteil ist ein Einzelteil einer Komponente. Eine Gruppe von Bauteilen, die im Zusammenspiel einen Zweck erfüllen, gilt als Komponente.</p>
----------------	--

Befehl	Regelt die Durchführung des Einsatzes und bestimmt verbindlich, was bei der Durchführung zu vollziehen ist. Der Befehl orientiert die Unterstellten über die Lage, die Absicht der Einsatzleitung und deren Aufträge sowie die besonderen Anordnungen und Standorte. Der Befehl beschränkt sich auf das Wesentliche.
Behälter	Bauteil zur Aufnahme von Medien, z.B. ein geschlossenes Bauteil zur Aufnahme von unter Druck stehenden Fluiden oder radioaktiven Stoffen, einschliesslich der direkt angebrachten Teile bis hin zur Vorrichtung für den Anschluss an andere Bauteile: Ein Behälter kann mehrere Druckräume aufweisen.
Bescheinigung	Eine Bescheinigung ist ein Dokument, das eine positive Aussage über eine Prüfung oder ein anderes Dokument beinhaltet. Bescheinigungen können aus Zeugnissen, Protokollen, Attesten oder Zertifikaten bestehen.
Betrieb	Die Gesamtheit der zur zweckgemässen Nutzung einer Anlage erforderlichen Tätigkeit und deren Organisation.
Betriebsabfälle, radioaktiv	Radioaktive Betriebsabfälle entstehen durch Reinigungsmassnahmen des Kühlkreislaufes, aus Kontrollierten Zonen abzugebenden Wassers und Luft sowie durch Reinigung der Anlage. Dazu gehören beispielsweise Verdampferkonzentrate, Pulverharze, Filterkonzentrate und Schlämme, Festabfälle, Öle und Betriebsmedien. Bei der Reinigung der Anlage fallen insbesondere brennbare und pressbare Abfälle an. Diese Rohabfälle werden entweder direkt im Kernkraftwerk oder in einer externen Abfallkonditionierungsanlage behandelt.
Betriebsart	Eine Betriebsart ist eine in der Technischen Spezifikation festgelegte Kombination von thermischer Leistung bzw. Neutronenfluss, mittlerer Hauptkühlmitteltemperatur und Anzugsgrad der Reaktordeckelverschraubung, solange sich Brennelemente im Kern befinden.
Brandabschnitt	Anlagebereich, der komplett von Brandschutzbarrieren umgeben ist.
Brennelement	Im Brennelement (BE), das bei Leichtwasserreaktoren in der Regel als Matrix aus Stäben des Hüllmaterials mit eingefülltem Kernbrennstoff (angereichertes Uran) ausgeführt ist, findet der eigentliche Prozess der Energieumwandlung statt. Wegen des hohen Energieumsatzes auf kleinem Raum wird das BE vom Kühlmittel gekühlt, das gleichzeitig die Wärmeenergie zwecks Erzeugung elektrischer Energie abführt. Beim Reaktorbetrieb werden die BE zum Erreichen optimaler Ausnutzung entsprechend ihrer bisherigen Einsatzdauer (Abbrand) geeignet angeordnet bzw. umgesetzt.
Brennelementlagerbecken	Brennelementbecken im Reaktorgebäude; mit Wasser gefülltes Becken, welches zur Aufnahme der Brennelemente bei einer Kernentladung erforderlich ist oder in welchem Brennelemente nach einem Einsatz im Reaktorkern gelagert werden. Betriebliche Lagerbecken dienen auch zur Ansammlung von Reaktorabfällen im Sinne von Art. 54 Abs. 1 KEV.

Charakterisierung	Zustandsaufnahme hinsichtlich Radioaktivität und deren Verteilung (radiologische Charakterisierung) oder hinsichtlich konventioneller Schadstoffe und deren Verteilung.
Dekontamination	Beseitigung oder Verminderung von radioaktiven Verunreinigungen, d.h. von Oberflächen- oder Volumenkontamination, durch den Einsatz technischer Verfahren.
Dosis	Mass für die Beurteilung des gesundheitlichen Risikos durch ionisierende Strahlung. Die Einheit der Dosis ist das Sievert (Sv).
Dosisleistung	Dosis je Zeiteinheit. Sofern nicht explizit anders vermerkt, ist die Umgebungs-Äquivalentdosisleistung $\dot{H}^*(10)$ gemeint; betreffend Richtungs-Äquivalentdosisleistung $\dot{H}'(0,07)$.
Dosisplanungsziel	Bei der Strahlenschutzplanung abgeschätzte Kollektiv- oder Individualdosis einzelner Jobs oder Jobgruppen: Die durch Anwendung guter Praxis erreichbaren niedrigsten Dosen sollen nach der ICRP-Publikation 103 als Dosisplanungsziele (dose constraints) zur Indikation eines optimierten Strahlenschutzes verwendet werden. Bei der Abschätzung der Dosisplanungsziele werden die Arbeitsabläufe (Personenzahl, Aufenthaltszeiten, Entfernung von Strahlenquellen), der radiologische Zustand (Dosisleistungen, Strahlenarten und Energiespektren) sowie Schutz- und Optimierungsmassnahmen (Reduktionsfaktoren) mit einbezogen. Durch Abweichung der tatsächlich gemessenen oder ermittelten Dosis vom Dosisplanungsziel ergeben sich mögliche Hinweise auf Verbesserungspotentiale.
Einrichtungen	Maschinen-, verfahrens-, elektro- und leittechnische sowie sonstige technische Teile. Hierzu gehören auch Überwachungs- und Versorgungseinrichtungen, Kabel, Kabeltrassen, Halterungen, Anker- und Dübelplatten, Rohr- und Kabeldurchführungen, fest installierte Montage- und Bedienhilfen sowie weitere Teile. Bauliche Einrichtungen umfassen innere Gebäudestrukturen. Nach Entfernung der Einrichtungen ist ein Gebäude vollständig entkernt und nicht mehr nutzbar.
Entfernen	Entfernen ist Ausbauen von Bauwerkteilen, Systemen und Ausrüstungen. Ein Entfernen ist auch vor Inkrafttreten der Stilllegungsverfügung als Vorbereitung auf den Rückbau möglich.
Entschluss	Ist das folgerichtige Resultat der Beurteilung der Lage. Mit ihm entscheidet sich die Einsatzleitung für eine Lösungsmöglichkeit zur Auftragserfüllung. Der Entschluss bildet die Grundlage für die Befehlsgebung. Er bestimmt die Ziele einer Aktion, legt fest, wie die Einsatzleitung die Ziele erreichen will, ordnet den zeitlichen und räumlichen Ablauf des Einsatzes, regelt das Zusammenwirken von Teilkraften und Unterstützungsmitteln und bestimmt dadurch das Handeln aller Beteiligten während der ganzen Dauer des Einsatzes.

Entsorgung	Entsorgung ist der Oberbegriff für alle Verfahren und Tätigkeiten, die der Beseitigung oder Verwertung von Abfällen dienen. Im Zusammenhang mit radioaktiven Abfällen versteht man unter Entsorgung die Konditionierung, Zwischenlagerung und Lagerung der radioaktiven Abfälle in einem geologischen Tiefenlager sowie damit verbundene Transporte.
Entsorgungsfonds	Der Entsorgungsfonds stellt die Finanzierung der Entsorgung der radioaktiven Betriebsabfälle und abgebrannten Brennelemente nach Ausserbetriebnahme der Kernanlagen (Entsorgungskosten) sicher.
Ereignis	Fehlerhafter Ablauf im Betrieb einer Anlage oder bei Transporten, der die Sicherheit beeinträchtigen kann.
Ersatz	Beim Ersatz handelt es sich um eine Massnahme der Instandsetzung. Als Ersatz gilt das Austauschen einzelner Betrachtungseinheiten durch gleichartige resp. kompatible Betrachtungseinheiten (Ersatzteil) zur Wiederherstellung des Abnutzungsvorrates.
Ersatzsystem	Neu zu installierendes System, welches die Funktion eines zu ersetzenden Systems übernimmt und diese vereinfacht.
Eventualplanung	Mit der Eventualplanung bereitet sich die Einsatzleitung auf die mögliche Entwicklung der Lage vor, damit dieser reflexartig begegnet werden kann. Die Eventualplanung führt aufgrund von Szenarien zu vorbehaltenen Entschlüssen, die bei sich entwickelnder Lage ohne Zeitverlust ausgelöst werden können, ohne dass der Grundentschluss abgeändert werden muss.
Fehler	Als Fehler gelten Abweichungen von einem Soll-Zustand oder von einem Soll-Ablauf.
Freimessung	Messtechnischer Nachweis, dass Materialien bzw. Bereiche nicht mehr in den Geltungsbereich der Strahlenschutzverordnung (gemäss Art. 1 Abs. 1 StSV) fallen.
Freimessung von Bereichen (Räume, Arbeitsbereiche, Immobilien, Böden im Freien usw.)	Gesamtheit der Tätigkeiten zur Auszonung von Bereichen aus Kontrollierten Zonen. Dazu zählen insbesondere Nachweis und Dokumentation, dass der Bereich ausgezont und inaktiv weiter genutzt werden kann.
Freimessung von Materialien	Gesamtheit der Tätigkeiten zur Entlassung von Material aus dem Geltungsbereich der Strahlenschutzverordnung (gemäss Art. 1 Abs. 1 StSV). Dazu zählen insbesondere Nachweis und Dokumentation, dass das Material als inaktiv betrachtet werden kann.
Füllmaterialien	Füllmaterialien dienen der Reduzierung von Hohlräumen in oder der Verbesserung der mechanischen Eigenschaften von Abfallgebinden. Beispiele sind Sand oder Zementmörtel. Anforderungen an Füllstoffe sind in Anhang 3 Teil B formuliert.

Gefährdungsannahme	Die Gefährdungsannahmen beruhen insbesondere auf dem weltweiten Terrorismus und gewalttätigen Extremismus, der spezifischen Bedrohungslage in der Schweiz, dem Gefährdungspotential der zu schützenden Objekte, dem Stand der Angriffstechnik und dem möglichen Täterverhalten.
Grenzwert	Generelle Bezeichnung für Werte, bei deren Überschreitung Massnahmen zwingend vorgeschrieben sind: Im Bereich der Strahlenschutzgesetzgebung ist ein Grenzwert ein gesetzlich festgelegter Wert einer physikalischen Grösse, welcher nicht über- bzw. unterschritten werden darf.
Herstellung	Herstellung umfasst – wie der Begriff in der VBRK verwendet wird – alle Massnahmen zur Fertigung von Werkstoff, Halbzeug und der Bauteile sowie den Zusammenbau der Komponente in der Herstellungsfirma.
Inaktiv	Material, welches nicht in den Geltungsbereich der Strahlenschutzverordnung (gemäss Art. 1 Abs. 1 StSV) fällt, gilt als inaktiv.
Individualdosis	Effektive Dosis einer einzelnen Person während eines bestimmten Zeitraums wie zum Beispiel Jahr, Monat, Dauer eines Arbeitsschrittes oder Funktionspakets.
Inkorporation	Aufnahme radioaktiver Stoffe in den menschlichen Organismus durch Ingestion, Inhalation oder durch Aufnahme durch die Haut oder Wunden.
Inkorporationsmessung	Bestimmung der effektiven Folgedosis E50 auf Grund der gemessenen Körperaktivität oder der Aktivität in den Ausscheidungen.
Instandhaltung	Die Instandhaltung umfasst alle Massnahmen zur Bewahrung und Wiederherstellung des Sollzustandes sowie zur Feststellung und Beurteilung des Istzustandes von Ausrüstungen und Systemen.
Kategorien radioaktiver Abfälle	Radioaktive Abfälle sind im Hinblick auf die Entsorgung in folgende Kategorien einzuteilen: <ul style="list-style-type: none"> a) Hochradioaktive Abfälle: 1. abgebrannte Brennelement, die nicht weiter verwendet werden; 2. verglaste Spaltproduktlösungen aus der Wiederaufbereitung von abgebrannten Brennelementen b) Alphatoxische Abfälle: Abfälle, deren Gehalt an Alphastrahlen den Wert 20 000 Becquerels/g konditionierter Abfall übersteigt c) Schwach- und mittelaktive Abfälle: alle anderen radioaktiven Abfälle
Kernanlage	Einrichtung zur Nutzung von Kernenergie, zur Gewinnung, Herstellung, Verwendung, Behandlung oder Lagerung von Kernmaterialien sowie zur Entsorgung von radioaktiven Abfällen im Sinne von Art. 2 Ab. 1 Bst. c.
Kernbrennstoff	Kernmaterialien, aus denen mittels Kernspaltungsprozessen Energie gewonnen werden kann. Darunter fällt insbesondere das sich in Brennelementen oder auch in Defektstäben befindliche spaltbare Material.

Kerneinbauten	Kerneinbauten sind Einbauten im Reaktordruckgefäß, die bspw. der Unterstützung, Führung und Halterung der Elemente des Reaktorkerns (Brennelemente, Steuerstäbe usw.) bzw. der Führung des Primärmediums dienen.
Kernenergie	Jede Art von Energie, die bei der Spaltung oder Verschmelzung von Atomkernen frei wird.
Kernmaterialien	Stoffe, die zur Energiegewinnung mittels Kernspaltungsprozessen benutzt werden können.
Klassierung, sicherheitstechnische	Einstufung der Bauwerke, Systeme und Ausrüstungen einer Kernanlage in Bauwerks-, Sicherheits- und Erdbebenklassen auf der Grundlage ihrer Bedeutung für die nukleare Sicherheit.
Kollektivdosis	Summe der Individualdosen aller Personen eines Betriebs, einer Organisationseinheit oder eines Arbeitsschritts während eines vorgegebenen Zeitraums.
Komponente	Eine Komponente ist ein in sich abgeschlossener Teil eines Systems, welcher eine bestimmte Funktion erfüllt. Beispiele sind: Behälter, Pumpen, Absperrarmaturen, Wärmetauscher, Rohrleitungen, Abstützungen, Aufhängungen, Schwingungsdämpfer.
Konditionierung	Gesamtheit der Operationen, mit welchen radioaktive Abfälle für die Zwischenlagerung oder für die Lagerung in einem geologischen Tiefenlager vorbereitet werden; insbesondere die mechanische Verkleinerung, die Dekontamination, die Verpressung, die Verbrennung, die Einbettung in Abfallmatrizen und die Verpackung. Die Operationen lassen sich in Abfallbehandlungen und Verpackungsmassnahmen gliedern. Wenn technisch sinnvoll können einzelne Operationen zeitversetzt stattfinden (Teilkonditionierung).
Kontamination, radioaktive	Oberflächenverunreinigung eines Materials durch radioaktive Stoffe.
Kontrollierte Zone	Kontrollierte Zonen sind: <ul style="list-style-type: none"> a. Arbeitsbereiche für den Umgang mit offenen radioaktiven Strahlenquellen nach Art. 69 b. Bereiche, in welchen die Konzentration der Luft über 1/20 der Richtwerte nach Anhang 3 Spalte 11 liegen kann c. Bereiche, in welchen die Oberflächenkontamination über den Richtwerten nach Anhang 3 Spalte 12 liegen kann d. Bereiche, in denen Personen durch externe Strahlenexpositionen eine effektive Dosis von mehr als 1 mSv pro Jahr akkumulieren können e. Bereiche, in denen Anlagen ohne Vollschutzeinrichtung betrieben werden f. Bereiche, die von der Aufsichtsbehörde als solche bezeichnet werden

Lager für radioaktive Materialien	Überbegriff umfassend Nasslager, Zwischenlager und alle weiteren Anlagen, Einrichtungen sowie Räumlichkeiten, in welchen radioaktive Materialien oder ausgediente Brennelemente aufbewahrt werden. Die betrieblichen Lagerbecken fallen nicht unter diese Begriffsdefinition, ausgenommen hiervon sind auch Räumlichkeiten, in denen ausschliesslich Abklinglagerung erfolgt.
Lagercontainer	Lagercontainer können als Überbehälter um die Abfallgebinde eingesetzt werden. Bis zum Ende der Beobachtungsphase ist die mechanische Beständigkeit der Lagercontainer zu gewährleisten.
Leistungsbetrieb	Betrieb einer Anlage zum Zweck der Stromproduktion.
Leitnuklid	Für die Dosisbestimmung repräsentatives Nuklid in einem Nuklidgemisch.
Limiten	Ein Sammelbegriff für Werte, deren Über- bzw. Unterschreitung eine interne oder externe Meldepflicht nach sich zieht. Beispiele sind die Jahres- und die Kurzzeitabgabegrenzen oder auch interne Dosislimite.
Nachbetrieb	Der Nachbetrieb beginnt mit der Endgültigen Ausserbetriebnahme und endet mit der Rechtskraft der Stilllegungsverfügung.
Nachbetrieb, Technischer	<p>Innerhalb des Technischen Nachbetriebs wird zwischen der Etablierung und der Aufrechterhaltung des Technischen Nachbetriebs unterschieden. Nach der Endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs erfolgt die Etablierung des Technischen Nachbetriebs unter der Betriebsbewilligung, zur Überführung der Anlage in einen langfristig sicheren Zustand. Nach der Etablierung des Technischen Nachbetriebs gilt die Anlage als endgültig ausser Betrieb genommen. Die anschliessende Aufrechterhaltung des Technischen Nachbetriebs beinhaltet insbesondere die Gewährleistung der Kühlung der Brennelemente im Brennelementlagerbecken und geht mit Kernbrennstofffreiheit sowie Rechtskraft der Stilllegungsverfügung in den Rückbaubetrieb über.</p> <p>Nachbetrieb aus finanztechnischer Sicht umfasst die Etablierung und die Aufrechterhaltung des Technischen Nachbetriebs.</p>
Nichtleistungsbetrieb	Umfasst alle Betriebszustände ausser dem Leistungsbetrieb.
Normalbetrieb	Anlagezustand innerhalb der hierfür spezifizierter Betriebsgrenzen und gemäss geltender Vorschriften.
Nuklidvektor	Quantitative Beschreibung der Nuklidzusammensetzung normiert auf 100%.
Prüfung	Prüfung umfasst alle Massnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes sowie der Bestimmung der Ursachen der Abnutzung und dem Festlegen der notwendigen Konsequenzen für eine künftige Nutzung der Komponenten.

Pufferung	Dient der temporären Bereitstellung von Materialien, bspw. unmittelbar nach dem Ausbau, vor und nach Bearbeitungsschritten bzw. Transporten.
Qualifizierung	Systematischer Nachweis, dass ein Prüfsystem die von ihm erwartete Leistung unter realistischen Bedingungen erbringt.
Reaktorabfälle	Sammelbegriff für aktivierte Abfälle, z.B. ausgediente Kernbauteile, Steuerelemente, Vergiftungs- und Blindelemente, Brennelementkästen, Kastenbefestigungen, Instrumentierungslanzen, neutronenabsorbierende Einsätze, Neutronenquellen usw.
Richtwert	Generelle Bezeichnung für einen Wert, der von einem Grenzwert abgeleitet wird, dessen Überschreiten gewisse Massnahmen bewirkt bzw. dessen Einhaltung auch die Einhaltung des zugehörigen Grenzwertes sicherstellt. Eine Überschreitung hat keine rechtlichen Konsequenzen.
Rückbau	Rückbau umfasst Demontage, Zerlegung, Dekontamination und Abbruch. Der Rückbau beginnt mit der Rechtskraft der Stilllegungsverfügung und endet, wenn das Stilllegungsziel erreicht ist.
Rückbaubetrieb	Der Rückbaubetrieb beginnt mit dem Erreichen der Kernbrennstofffreiheit und der Rechtskraft der Stilllegungsverfügung. Der Rückbaubetrieb endet mit der Feststellung, dass die Anlage keine radiologische Gefahrenquelle mehr darstellt.
Rücksicherung	Die Rücksicherung ist die betriebliche (z.B. durch das integrierte Betriebssystem IBFS gestützte) Prozedur zum rückgängig machen einer Absicherung, d.h. die Bereitstellung der Betriebsbereitschaft eines abgesicherten Systems, Teilsystems oder von Komponenten.
Schutzziele, grundlegende	Die grundlegenden Schutzziele zur Gewährleistung der nuklearen Sicherheit sind: <ol style="list-style-type: none"> 1. die Kontrolle der Reaktivität 2. die Kühlung der Kernmaterialien und der radioaktiven Abfälle 3. der Einschluss der radioaktiven Stoffe 4. die Begrenzung der Strahlenexposition
Sekundärmasse	Verbrauchsmittel und -material, das während des Rückbaus anfällt (z.B. Zonenkleidung, Folien, Dekontaminationsmittel, Flüssigkeiten).
Sicherer Einschluss	Als sicherer Einschluss wird ein durch technische und bauliche Massnahmen hergestellter Zwischenzustand einer Anlage nach der Endgültigen Ausserbetriebnahme (EABN) und nach Abtransport der Kernmaterialien bezeichnet, in dem sie längere Zeit unverändert bestehen bleibt und das verbleibende radioaktive Inventar sicher eingeschlossen ist. Damit wird der endgültige Rückbau verschoben und die Kernanlage untersteht weiterhin der Kernenergiegesetzgebung.

Sicherheit	Idealzustand bei Abwesenheit jeglicher Risiken. Dieser kann in komplexen Systemen nie erreicht werden. Jedoch können Risiken und deren Auswirkungen minimiert werden um dem Idealzustand stets näher zu kommen.
Sicherheitsanalyse	Systematische quantitative Untersuchung mit dem Ziel, die Erfüllung der vorgegebenen Sicherheitsanforderungen aufzuzeigen.
Sicherheitseinrichtungen	Unter Sicherheitseinrichtungen werden Strukturen, Systeme und Komponenten (SSK) verstanden, die gemäss der Richtlinie ENSI-G01 der Bauwerksklasse BK I sowie den Sicherheitsklassen SK 1 bis 3 und 1E zugeordnet sind.
Sicherheitsgrenzen	Sicherheitsgrenzen sind in der Technischen Spezifikation festgelegte Grenzen für sicherheitsrelevante Betriebsparameter (z.B. thermische Leistung, Kühlmitteldruck, Aufheiz- und Abkühlgradienten des Reaktordruckbehälters, Reaktorniveau in SWR-Anlagen). Sicherheitsgrenzen spezifizieren die durch die Auslegung abgedeckten Belastungen. Nach einer Verletzung einer Sicherheitsgrenze darf die Anlage erst weiter betrieben werden, wenn die Auswirkungen der Verletzung analysiert worden sind und nachgewiesen worden ist, dass die Anlage die Sicherheitsanforderungen weiterhin erfüllt.
Sicherheitssystem	Das Sicherheitssystem ist die Gesamtheit aller Einrichtungen einer Kernanlage, die der Störfallbeherrschung dienen.
Sicherung	Abwehr von Gefahren für die Krenanlage aus regelwidrigem oder kriminellem menschlichen (vorsätzlichen) Verhalten.
Stilllegung	Gesamtheit der Massnahmen zum Rückbau der Kernanlage, beginnend mit den dazu notwendigen vorbereitenden Massnahmen und jener zum Erwirken der Stilllegungsverfügung einschliesslich des Vorlegens des Stilllegungsprojekts. Die Stilllegung ist abgeschlossen, wenn die Anlage keine radiologische Gefahrenquelle mehr darstellt.
Stilllegungsarbeiten	Die Stilllegungsarbeiten umfassen alle Tätigkeiten, die für das Erreichen des Stilllegungsziels erforderlich sind.
Stilllegungsfonds	Der Stilllegungsfonds stellt die Finanzierung der Stilllegung und des Abbruchs von ausgedienten Kernanlagen sowie der Entsorgung der dabei entstehenden Abfälle (Stilllegungskosten) sicher.
Stilllegungsprojekt	Das Stilllegungsprojekt legt für die Stilllegung die Phasen und den Zeitplan, die einzelnen Schritte von Demontage und Abbruch, die Schutzmassnahmen, den Personalbedarf und die Organisation, die Entsorgung der radioaktiven Abfälle, die Gesamtkosten sowie die Sicherstellung der Finanzierung durch die Betreiberin dar (Art. 27 Abs. 2 KEG). Es ist der zuständigen Aufsichtsbehörde innert einer von dieser gesetzten Frist vorzulegen (Art. 27 Abs. 1 KEG).

Stilllegungsverfügung	Anordnung der Stilllegungsarbeiten gemäss Art. 28 KEG durch das zuständige Departement einschliesslich der Festlegung, welche Arbeiten einer Freigabe durch die Aufsichtsbehörden bedürfen.
Stilllegungsziel	Das Stilllegungsziel ist erreicht, sobald die behördliche Feststellung vorliegt, dass das KKM keine radiologische Gefahrenquelle mehr darstellt und keine Ereignisse auftreten, die eine erhöhte Radioaktivität in der Umgebung bewirken können.
Stoffe, radioaktiv	Stoffe, die Radionuklide enthalten, deren Aktivität die im Anhang StSV festgesetzten Freigrenzen übersteigt.
Störfall	Jeder vom Normalbetrieb abweichende Anlagezustand, der ein Eingreifen eines Sicherheitssystems erfordert. / Ereignis, bei welchem eine Anlage vom Normalbetrieb abweicht und a.) die Sicherheit einer Anlage oder eines Gegenstandes beeinträchtigt wird (technischer Störfall) b.) das zu einer Überschreitung eines Immissionsgrenzwerts oder des Dosisgrenzwerts für nichtberuflich strahlenexponierte Personen führen kann (radiologischer Störfall); oder c.) bei dem jemand einer Dosis von mehr als 50 mSv ausgesetzt wird (Strahlenunfall).
Störfallanalyse	Untersuchung des Verhaltens der Kernanlage bei Störfällen mit Hilfe analytischer Methoden: Die Störfallanalyse umfasst eine deterministische und eine probabilistische Untersuchung von Störfallabläufen. Anhand der deterministischen Störfallanalyse ist nachzuweisen, dass ein abdeckendes Spektrum von Störfällen durch die getroffenen Schutzmassnahmen wirksam beherrscht wird und damit die grundlegenden Schutzziele eingehalten werden. Ergänzend hierzu ist anhand der probabilistischen Sicherheitsanalyse nachzuweisen, dass die gegen Störfälle getroffenen Schutzmassnahmen ausreichend zuverlässig und ausgewogen sind.
Strahlenquellen	Apparate und Gegenstände, die radioaktive Stoffe enthalten (geschlossene und offene radioaktive Strahlenquellen), sowie Anlagen, die ionisierende Strahlen aussenden können.
System	Kombination von mechanischen oder elektrischen Ausrüstungen, die zur Erfüllung einer bestimmten Funktion erforderlich ist.
Tiefenlager, geologisches	Anlage im geologischen Untergrund, die verschlossen werden kann, sofern der dauernde Schutz von Mensch und Umwelt durch passive Barrieren sichergestellt wird.
Transport- und Lagerbehälter	Behälter der sowohl für die Zwischenlagerung als auch den Transport von radioaktiven Stoffen geeignet ist.
Transportbehälter	Überbegriff für Behälter zum Transport von radioaktiven Stoffen, wie Abfallbinden oder Brennelementen. Zu unterscheiden sind hierbei: <ul style="list-style-type: none"> a) Behälter, die für den externen Transport zugelassen sind (Strassentransporte usw.) b) Behälter, die lediglich für interne Transporte vorgesehen sind

Triage	Sortierung auf Grundlage definierter Messkriterien.
Überwachung	Eine über längere Zeit kontinuierliche oder periodisch wiederholte Beobachtung einer Eigenschaft oder Messung einer Kenngrösse oder die Summe aller solcher Beobachtungen und Messungen.
Umgang	Forschung, Entwicklung, Herstellung, Lagerung, Transport, Ein-, Aus-, Durchfuhr und Vermittlung.
Umweltverträglichkeitsprüfung	Instrument der Umweltvorsorge zur Prüfung auf Gesetzeskonformität mit welchem im Rahmen eines Bewilligungsverfahrens untersucht wird, ob ein Bauvorhaben das Umweltrecht einhält.
Unbefugte Einwirkung	Beeinträchtigung der nuklearen Sicherheit von Kernanlagen und Kernmaterialien sowie Entwendung von Kernmaterialien.
Verifizierung	Feststellung, ob das Ergebnis jeder Phase des Entwicklungsprozesses den Anforderungen aus der vorherigen Phase entspricht.
Verpackung (als Bestandteil von Abfallgebinden)	Als Verpackung gelten alle Bestandteile des Abfallgebindes, soweit sie nicht zum Abfallprodukt gehören. Das Abfallgebinde kann schalenförmig aus mehreren Behältern aufgebaut sein. Ein Behälter kann wiederum mehrere kleinere Behälter umschliessen.
Verpackungsmassnahmen	Erstellung oder Änderung von Verpackungen radioaktiver Abfälle. Beispiele für Verpackungsmassnahmen sind: Abfüllen des Abfallprodukts in Abfallbehälter, Verfüllen von Hohlräumen zwischen Abfallbehältern und Zusatzbehältern, Anbringen von Abschirmbehältern.
Vorkommnis	Ereignisse und Befunde werden unter dem Begriff Vorkommnisse zusammengefasst. Siehe auch Ereignis sowie Befund.
Wartung	Sicherstellung der Funktionalität und Sicherheit einer Einrichtung durch vorbeugende Massnahmen.
Wiederaufarbeitung	Mechanische Zerlegung der abgebrannten Brennelemente, chemische Auflösung des Oxid-Brennstoffes und Trennung in Uran, Plutonium und Spaltprodukte
Zerlegen	Zerlegen beschreibt das Trennen von Baugruppen, Maschinen oder Anlagen. Es umfasst Auseinandernehmen (Demontieren i. e. S.), Entleeren, Lösen kraftschlüssiger Verbindungen, Zerlegen von durch Urformen gefügten Teilen, Zerlegen von durch Umformen gefügten Teilen, Ablöten, Lösen von Klebeverbindungen und Zerlegen textiler Verbindungen.
Zusatzmasse	Masse aus den speziell für den Rückbau der Anlage neu installierten Komponenten und Einrichtungen (z.B. Fernbedienungs-, Zerlege-, Dekontaminationseinrichtungen) welche nach Beendigung der Nutzung analog der Primärmasse zu entsorgen ist.

Zwischenlager Anlagen, Einrichtungen oder Räumlichkeiten, welche der Zwischenlagerung dienen.

Zwischenlagerung Lagerung unter kontrollierten Bedingungen in eigens hierzu eingerichteten Anlagen, Einrichtungen oder Räumlichkeiten, von konditionierten radioaktiven Abfällen oder abgebrannten Brennelementen (nass oder trocken) im Rahmen ihrer Entsorgung bis zur Verbringung in ein geologisches Tiefenlager oder bis zu einer allfälligen Wiederaufarbeitung.

