

## **9. UMWELTAUSWIRKUNGEN EINER STILLEGUNG (DEMONTAGE DES KRAFTWERKES)**

### Inhaltsverzeichnis

9. UMWELTAUSWIRKUNGEN EINER STILLEGUNG (DEMONTAGE DES KRAFTWERKES).....	2
9.1. Einleitung .....	2
9.2. Ausgewählte Varianten einer Stilllegung und deren Charakterisierung .....	3
9.2.1. Sofortiger Abbau .....	3
9.2.2. Aufgeschobener Abbau mit bewachter Bewahrung des Reaktors .....	4
9.2.3. Aufgeschobene Abbau mit bewachter Erhaltung des gesamten Primärkreises.....	5
9.3. Ausgangsbedingungen für einen Stilllegungsplan.....	6
9.4. Organisation und Vorgangsweise der Demontagearbeiten .....	7
9.4.1. Klassifikation der abmontierten Materialien gemäß Strahlungsaktivität.....	8
9.4.2. Abbruch .....	9
9.5. Umweltauswirkungen der Demontage .....	9

## 9. UMWELTAUSWIRKUNGEN EINER STILLEGUNG (DEMONTAGE DES KRAFTWERKES)

### 9.1. Einleitung

Das AKW Paks wurde in den Jahren 1982-1987 mit der Inbetriebnahme von vier Blöcken des Typs VVER 440/213 in Betrieb gestellt. Der Betriebszeitraum des Atomkraftwerks wird – ohne eine Betriebszeitverlängerung – in den Jahren 2012 bis 2017 ablaufen. Dann werden die vier Blöcke abgestellt, danach werden sie, entsprechend den behördlichen und örtlichen Bedingungen, stillgelegt (demontiert) werden.

Eine Demontage ist in mehreren Formen vorstellbar, eingeschlossen eine sofortige Demontage sowie eine verzögerte. Die Varianten unterscheiden sich in ihrem zeitlichen Ablauf, ihrem baulichen Ablauf und ihren Kostenansprüchen. Selbstverständlich ist es noch nicht zu entscheiden, welche dieser Varianten schließlich in zehn bis dreißig Jahren zur Umsetzung gelangen wird, können sich doch in der Zwischenzeit sowohl die wirtschaftspolitischen Überlegungen als auch die Technologien bezüglich der Demontage von Atomkraftwerken beträchtlich verändern. Dies kann aber nicht die Ausführung der gegenwärtigen Vorstudie zu einer Umweltverträglichkeitsprüfung hinterfragen, ist doch für die Tätigkeit der Stilllegung eines AKW gemäß Regierungsverordnung 20/2001 die Erstellung einer eigenen Umweltverträglichkeitsprüfung erforderlich.

Festzuhalten ist, dass das Ziel der Demontage des gegenwärtigen Kraftwerks auf jeden Fall der Abbau der Blöcke und die "Säuberung" der Betriebsstätte ist, damit eine weitere Nachnutzung ermöglicht wird. Bezüglich einer weiteren Verwendung – oder für ähnliche Zwecke – müssen regionale und lokale Gesichtspunkte gesondert abgewägt werden.

Der Abriss ist eigentlich als umgekehrte bauliche Tätigkeit zu betrachten, womit festgestellt werden kann, dass Wirkungsfaktoren und Wirkungsprozesse im großen und ganzen denen, die für einen Bau bereits aufgezählt wurden, entsprechen. Der wesentlichen Unterschied ergibt sich aus der beträchtlich größeren Abfallmenge und der mit der Entsorgung des radioaktiven Materials einhergehenden Tätigkeit.

Eine zusammenfassende, bewertende Tabelle wurde am Ende dieses Kapitels nicht erstellt, da die Bewertung immer in enger Abhängigkeit von der jeweiligen Technologie steht. Es wäre unverantwortlich, diese für einen Zeitraum von zehn bis dreißig Jahren zu prognostizieren, dazu kann es erst im Rahmen der Anfertigung einer sowieso bindend vorgeschriebenen eigenen Umweltverträglichkeitsprüfung kommen [3].

Bei der Ausarbeitung der Studien über den Abbau und bei der Ausarbeitung der Vorstudie für den Abriss wurden folgende grundlegende Gesichtspunkte in Betracht gezogen:

- Festlegung der Ausgangsumstände und -annahmen,
- Festlegung des voraussichtlich endgültigen Zeitpunktes der Stilllegung des Kraftwerkes nach Ende der Betriebsdauer,
- Auswahl der grundlegenden Stilllegungsvariante,
- Festlegung des "Drehbuches" für die zu erwartenden Abrissarbeiten unter Einbeziehung aller möglichen Varianten,
- detaillierte Verteilung der Abrissarbeiten auf einzelne Teiltätigkeiten entsprechend des festgelegten Drehbuches,
- Analyse und Bewertung der einzelnen Teiltätigkeiten, gemäß den folgenden Parametern:
  - Zeitraum,
  - Arbeitsanspruch (in Arbeitskraftstunden ausgedrückt),
  - technischer Gerätebedarf,
  - Menge des anfallenden radioaktiven Mülls,
  - Menge des anfallenden nichtradioaktiven Mülls,
  - Kollektive Dosisbelastung des Personals,
  - zu erwartende Umweltauswirkungen,
  - Kosten
- Zusammenfassung der charakteristischen Parameter für die einzelnen Abrissvarianten,

- Vergleich der ausgewählten Abrissvarianten aufgrund der charakteristischen Parameter und anderer Kriterien
- Vorschlag bezüglich der Abrissvarianten [2].

Für die Abwicklung der Stilllegung des Atomkraftwerks Paks ist – laut gültigen Rechtsbestimmungen – die RHK Kt., die Gesellschaft öffentlichen Rechts für die Entsorgung radioaktiven Abfalls, zuständig.

## 9.2. Ausgewählte Varianten einer Stilllegung und deren Charakterisierung

Die letzte Phase der Stilllegung der Kraftwerkblöcke ist die Entfernung der Brennstäbe aus den Blöcken und deren Transport in die "Provisorische Lagerstätte für ausgebrannte Brennstäbe", KKÁT, was mindestens drei bis fünf Jahre dauern wird. Das Atomkraftwerk übernimmt die Arbeiten zur Aufarbeitung und Entsorgung der radioaktiv verseuchten Stoffe und des radioaktiven Betriebsabfalls: Dies ist der Ausgangspunkt einer Demontage.

Die Auswahl der Varianten bezüglich des Atomkraftwerks Paks erfolgte unter Einbeziehung der folgenden Begründungen:

- unter den möglichen Stilllegungsvarianten ist die günstigste bezüglich einer Umsetzung in der Zukunft auszuwählen,
- die einzelnen zu vergleichenden Varianten haben sich voneinander in einem Ausmaß zu unterscheiden, dass die Auswirkungen der einzelnen Schritte und der Abrisszeit auf die Eckdaten des Abrisses abgeschätzt werden können, darunter Kosten, Gesichtspunkte technischer Dienste und der Sicherheit, endgültige Lagerstätten und deren Typen,
- die ausgewählten Varianten unterscheiden sich voneinander in der Realisierungszeit, in der Menge des anfallenden radioaktiven Abfalls und in den notwendigen technischen und finanziellen Mitteln. Dies ermöglicht, dass im weiteren die gegebenen Voraussetzungen (technischer, finanzieller und sicherheitstechnischer Art) die beste Auswahl bezüglich der Ausarbeitung einer konkreten Variante ermöglichen [2].

Die gegenwärtig zur Verfügung stehenden – konzeptionellen – Abrisspläne sind in der Studie der RHK Kt., der Gesellschaft öffentlichen Rechts für die Entsorgung radioaktiven Abfalls, aus dem Jahr 2002 enthalten. In der Studie wurden drei Varianten analysiert:

1. sofortiger Abbau,
2. aufgeschobener Abbau, mit bewachter Bewahrung des Reaktors,
3. aufgeschobener Abbau, mit bewachter Erhaltung des gesamten Primärkreises.

### 9.2.1. Sofortiger Abbau

Hauptcharakteristikum dieser Variante ist der sofortige und laufende Abbau, der Abriss der Gebäude und die laufende Übergabe des Gebietes für eine weitere Nutzung. Nach der endgültige Stilllegung des Reaktors wird der Betrieb eingestellt, die Reste der flüssigen radioaktiven Abfälle werden entsorgt, die im späteren nicht mehr benutzten Gebäude werden abgerissen. Die Reihenfolge ist dabei die folgende: Dekontaminierung der technologischen Einrichtungen vor dem Abbau im Interesse der Schaffung der Arbeitsvoraussetzungen vor Ort und die weitere Dekontaminierung der abmontierten Einheiten im Interesse einer Wiederverwertung, Entsorgung des radioaktiven Abfalls. Diesen Schritten folgt die Dekontaminierung der Oberflächen des Gebäudes, dann der Abriss, auch im hermetisch abgeriegelten Raum. In diesem Drehbuch ist der Abriss ein laufender Prozess. Diese Variante beginnt mit der endgültigen Abschaltung des Reaktors und nach Abschluss dieser Variante wird die Betriebsstätte zur freien Nachnutzung übergeben [1].

Zeitraum des Abrisses: 2013-2040, also 28 Jahre

Die Variante 1 kann mit folgenden Tätigkeiten charakterisiert werden:

- a.) Nach Ende des Betriebs und endgültiger Abschaltung des Reaktors:
  - Entfernung der ausgebrannten Brennstäbe aus dem Reaktor in die Ruhebecken,
  - Entsorgung eines Teils des radioaktiven Abfalls,

- Dekontaminierung des Primärkreises.

b.) I. Abrissphase:

- Entfernung der betrieblichen Übertragungstoffe,
- Entsorgung des restlichen radioaktiven Abfalls,
- Abbau der nicht mehr nötigen inaktiven Einrichtungen und Systeme,
- Entsorgung des aus der Dekontaminierung stammenden radioaktiven Abfalls sowie des inaktiven Abfalls

c.) II. Abrissphase

- Dekontaminierung vor Abriss,
- schrittweiser Abriss der aktiven Einrichtungen und der noch bestehenden Betriebssysteme,
- Dekontaminierung nach Abriss,
- Abriss der leeren Gebäude,
- Entsorgung des aktiven und inaktiven Mülls nach Dekontaminierung, Demontage und Abriss,
- letzte Kontrolle der Betriebsstätte, Reinigung und Geländeregulierung

d) endgültiger Zustand

- Übergabe der ehemaligen Betriebsstätte zur unbeschränkten oder beschränkten Weiterverwendung

### 9.2.2. Aufgeschobener Abbau mit bewachter Bewahrung des Reaktors

Grundlegendes Charakteristikum der Variante 2 ist die bewachte Bewahrung des Reaktors in der Reaktormine. Die ausgebrannten Brennstäbe werden aus dem Block entfernt, die betrieblichen radioaktiven Abfälle entsorgt, und der ganze Primärkreis dekontaminiert.

Im Laufe der Phase I werden im weiteren die restlichen radioaktiven Abfälle entsorgt, die inaktiven Einrichtungen demontiert, und das Gebäude abgerissen, sofern eine nachträgliche Verwendung nicht geplant ist. Die Reihenfolge der Arbeiten: Dekontaminierung der technologischen Einrichtungen vor dem Abbau im Interesse der Schaffung der Arbeitsvoraussetzungen vor Ort, Demontage der technologischen Einrichtung mit Ausnahme der Einrichtungen, die von der bewachten Bewahrung des Reaktor betroffen sind, weitere Dekontaminierung der abmontierten Einheiten im Interesse einer Wiederverwertung, Entsorgung des anfallenden radioaktiven Abfalls. Diesen Schritten folgt die Dekontaminierung der Oberflächen des Gebäudes, dann der Abriss der kontrollierten Zone, ausgenommen der Teile, die von der bewachten Bewahrung des Reaktor betroffen sind. Die bewachte Bewahrung des Reaktors entspricht allen Auflagen des Umwelt- und Strahlenschutzes [1].

Diese Variante umfasst auch eine Unterbrechung in den Demontearbeiten. In der Phase der bewachten Bewahrung des Reaktors bleiben vier voneinander unabhängige Gebäude auf der Betriebsstätte bestehen: Die Reaktorminen bei den Reaktoren mit einer Grundfläche von  $4 \times 80 \text{ m}^2$  und einige Dienstleistungsgebäude sowie andere Aufbauten.

Zeitraum der Stilllegung: 2013-2105, also 93 Jahre, da der Reaktorbehälter 62 Jahre ruhen muss, um ihn weiter zerlegen und aufteilen zu können.

Für Variante 2 wurden auch zwei weitere Möglichkeiten für die Bewahrungsphase ausgearbeitet:

2013-2085, also 73 Jahre, davon 42 Jahre für die Reaktorruhe

2013-2135, also 123 Jahre, davon 92 Jahre für die Reaktorruhe

Die Variante 2 kann mit folgenden Tätigkeiten charakterisiert werden:

a.) Nach Ende des Betriebs und endgültiger Abschaltung des Reaktors:

- Entfernung der ausgebrannten Brennstäbe aus dem Reaktor in die Ruhebecken,
- Entsorgung eines Teils des radioaktiven Abfalls,
- Dekontaminierung des Primärkreises.

b.) I. Abrissphase:

- Entfernung der betrieblichen Medien,

- Entsorgung des restlichen radioaktiven Abfalls,
- Dekontaminierung der Oberflächen der Einrichtungen
- Entsorgung des aus der Dekontaminierung stammenden radioaktiven Abfalls sowie des inaktiven Abfalls
- Abbau der nicht mehr nötigen inaktiven Einrichtungen und Systeme,
- Abriss der nicht mehr nötigen nichtradioaktiven Gebäude,
- Abriss der aktiven Einrichtungen,
- Abriss der leeren Gebäude,
- Entsorgung der im Zuge der Abrissarbeiten und Demontage entstandenen radioaktiven Abfälle,
- Vorbereitung des Reaktors für die bewachte Bewahrung,
- Bau der Bauten zur Bewachung des Reaktors

c.) II. Abrissphase

- In den während der bewachten Bewahrung der Reaktoren nötigen Bauten sind die Erhaltung der emissionsverhindernden Schutzeinrichtungen und deren Monitoring notwendig

d) III. Abrissphase

- Abriss der Reaktoren und der inneren Teile,
- Abriss der während der Bewahrungsphase aktiven Einrichtungen und der Reaktormine,
- Entsorgung des aktiven und inaktiven Mülls, der im Zuge der Dekontaminierung, Säuberung und des Abrisses angefallen ist,
- letzte Kontrolle der Betriebsstätte, Reinigung und Geländeregulierung,
- Übergabe der ehemaligen Betriebsstätte zur unbeschränkten oder beschränkten Weiterverwendung

### 9.2.3. Aufgeschobene Abbau mit bewachter Erhaltung des gesamten Primärkreises

Grundlegendes Charakteristikum der Variante 3 ist die bewachte Bewahrung des ganzen Primärkreislaufes. Die ausgebrannten Brennstäbe werden aus dem Block entfernt, die betrieblichen radioaktiven Abfälle entsorgt.

Im Laufe der Phase I kommt es zu keiner Dekontaminierung. In der Phase I werden keine aktiven Teile demonstert. Die restlichen anfallenden radioaktiven Abfälle werden entsorgt, und die Gebäude repariert (bauliche Bewahrung), das Maschinenhaus wird abgebaut und abgerissen. Die Einrichtungen werden nach Betriebsplan zugesperrt. Danach wird die Umweltbelastung regelmäßig kontrolliert, Nach Ablauf der Schutzfrist werden die noch bestehenden Einrichtungen – unter Beachtung des Strahlungsniveaus, das infolge des natürlichen Zerfalls der Isotopen sinkt – abgerissen. Diese Variante ist damit als eine mit Unterbrechungen zu erachten, in deren Verlauf der komplette Primärkreis abgesperrt wird und in einem festgesetzten Zeitraum beobachtet und schließlich abmontiert wird, die Betriebsstätte einer weiteren Nutzung übergeben wird [1].

Zeitraum der Stilllegung: 2013-2104, also 92 Jahre, da der Reaktorbehälter 62 Jahre ruhen muss um in weiter zerlegen und aufteilen zu können.

Die Variante 3 kann mit folgenden Tätigkeiten charakterisiert werden:

a.) Nach Ende des Betriebs und endgültiger Abschaltung des Reaktors:

- Entfernung der ausgebrannten Brennstäbe aus dem Reaktor in die Ruhebecken,
- Entsorgung eines Teils des radioaktiven Abfalls

b.) I. Abrissphase:

- Entfernung der betrieblichen Übertragungsmedien,
- Entsorgung des restlichen radioaktiven Abfalls,
- Demontage der nicht länger benötigten und verwendbaren Einrichtungen,
- Abriss der nicht benötigten nichtradioaktiven Gebäude,
- Konservierung der im weiteren zur Verwendung gelangenden Einrichtungen (Belüftung, Kanalsystem usw.),
- Erhaltung und Monitoring der Schutzeinrichtungen, die Emissionen verhindern,
- Kontrolle der geschlossenen Einrichtungen und Gebäude

## c.) II. Abrissphase

- Jene Teile des Kraftwerkes, die radioaktive Stoffe und Einrichtungen enthalten werden verschlossen. Die Schutzeinrichtungen, die Emissionen verhindern, müssen entsprechen instand gehalten werden und gemonitort werden

## d) III. Abrissphase

- Dekontaminierung
- Abriss der Einrichtungen, Reaktor eingeschlossen, Abriss der Dienstleistungseinrichtungen Schritt für Schritt,
- Abriss der leeren Gebäude,
- Entsorgung des radioaktiven Mülls, der im Zuge der Dekontaminierung, Säuberung und des Abrisses angefallen ist,
- letzte Kontrolle der Betriebsstätte, Reinigung und Geländeregulierung,
- Übergabe der ehemaligen Betriebsstätte zur unbeschränkten oder beschränkten Weiterverwendung

### 9.3. Ausgangsbedingungen für einen Stilllegungsplan

Primäre Informationsquelle der Stilllegungsstudie waren die Planungs- und Betriebsgrundlagen. Die bei Beendigung des Betriebes gültigen Voraussetzungen (die die Ausgangsdaten des Stilllegungsprozesses sind) wurden wie folgt festgelegt:

- Der Betrieb des Atomkraftwerks Paks hört aller Voraussicht nach mit Ablauf der geplanten Lebensdauer, nach dem Normalbetrieb auf.
- Alle vier Blöcke des Kraftwerkes werden demontiert, die Reihenfolge der Stilllegung entspricht der Reihenfolge der Inbetriebnahme.
- Der überwiegende Teil des im Rahmen der Demontage anfallenden radioaktiven Mülls kann entsorgt werden, die endgültigen Formationen können in der geplanten Lagerungsstätte für radioaktiven Müll untergebracht werden. Die im Zuge des Normalbetriebes des Atomkraftwerks Paks angewandten technologischen Prozesse und Einrichtungen werden für im Rahmen der Entsorgung und Konditionierung des oben erwähnten Abfalls in einem maximalen Ausmaß zur Verwendung gebracht.
- Da die Freigabeebenen bezüglich der demontierten Materialien zum Zeitpunkt der Fertigstellung der Studie noch nicht festgelegt waren (bei der periodisch erfolgenden Überprüfung der Studie müssen die aufgenommenen Werte gemäß den gültigen Rechtsvorschriften überprüft und dementsprechend modifiziert werden), wurden die weiter unten angeführten Werte bezüglich der Festlegung von aktivem und inaktivem Material festgesetzt:
- Die bei der Demontage anfallenden Metalle können unter folgenden Bedingungen unbeschränkt freigegeben werden:
  - Beta-, Gammaverschmutzung an der Oberfläche  $<1,4\text{Bq/cm}^2$
  - Alfa-Verschmutzung an der Oberfläche  $<0,04\text{ Bq/cm}^2$
  - Beta- und Gamma-Aktivitätskonzentration  $<100\text{ Bq/cm}^2$
  - Die aus der Demontage anfallenden nichtmetallischen Teile können unbeschränkt zur Verwendung freigegeben werden, wenn deren Beta- und Gammakonzentration nicht den Wert von  $100\text{ Bq/kg}$  überschreitet.
- Bei der von Zeit zu Zeit erfolgenden Überprüfung der Studie haben die in der Zwischenzeit in Kraft getretenen Vorschriften bezüglich der Freigabeneiveaus beachtet zu werden, und die Bestimmung der Menge des aktiven und inaktiven Abfalls hat dementsprechend zu erfolgen.
- Bei der Bewertung der Dekontamination erfolgte die Bewertung des Volumens des verwendeten Materials, des Ausmaßes der Abfälle, der nötigen Arbeitskraftefordernisse (Arbeitskraftstunden) aufgrund

von Schätzungen/Bewertungen von Fachleuten. Dabei muss selbstverständlich auch die Zahl der Dekontaminationszyklen beachtet werden, die zur Erreichung des gegebenen Dekontaminationsfaktors nötig ist.

- Im Zuge der allgemeinen Analyse des Stilllegungsverfahrens des AKW Paks sind die möglichen Auswirkungen einer Betriebszeitverlängerung um zwanzig Jahre zu bewerten (im Vergleich zur Normalbetriebsdauer von dreißig Jahren). Erwartungsgemäß wird das Niveau der inneren Verschmutzung der technologischen Einrichtungen ansteigen – wegen der längeren Kumulierungszeit. An Betrachtung dessen ist mit einer Alterung des Spektrums und einem beträchtlichen Anstieg der Komponenten längerer Lebensdauer zu rechnen.

Alle Objekte (Gebäude, Einrichtungen), eingeschlossen den Gesundheitstrakt, sind Teil des Stilllegungsprozesses [2].

#### 9.4. Organisation und Vorgangsweise der Demontearbeiten

Die Demontage der inaktiven Einrichtungen erfolgt mit üblichen technischen Mitteln und Arbeitsweisen, die bei den Instandhaltungs- und Wartungsarbeiten üblich sind: mit mechanischer Demontage (Zerstückelung), Sauerstoff-Acetylen Schnitten, Plasmaschnitten, hydraulischen Schnitten usw. Ähnliche Mittel gelangen auch bei der Demontage der aktiven Teile zum Einsatz, sofern der Dosisleistungswert an der Oberfläche des kontaminierten Materials die Durchführung solcher Arbeiten erlaubt. Bei Oberflächen, deren Strahlungsbelastung mit einem Wert über 2 mGy/h charakterisiert werden, muss im Zuge der Demontage mit einer eingeschränkten Zugänglichkeit und der Anwendung spezieller Demontagewerkzeuge und -manipulatoren gerechnet werden

Demontageprinzipien bei Einrichtungen und Verrohrungen:

- Die Demontage der technologischen Einrichtungen erfolgt mit Schraubenschlüsseln, hydraulischen Scheren, mechanischer Zerstückelung (Kreissägen und Rahmensägen), Plasmaschneidegeräten (rostfreier Stahl), Sauerstoff-Azetylen Schnitten (C-Stahl). Spezielle Verfahren kommen dann zur Anwendung, wenn am Ort der Demontage Dosisleistungen gemessen werden, die den Grenzwert überschreiten (Manipulatoren), oder wo die Gefahr radioaktiver Aerosolbildung sehr hoch ist (Unterwasserschneidegeräte).
- Der Abbau der elektro- und regelungstechnischer Einrichtungen erfolgt gemeinsam mit der Demontage der technologischen Einrichtungen,
- der Abbau der Belüftungseinrichtung – sofern sie während des Abbaus in Betrieb sind – erfolgt in der Abschlussphase der Arbeiten,
- die Demontage der hermetischen Türen, Tore, baulichen Stahlstrukturen (Gehwege, Leitern, Kranläufe usw.) sowie die eingebauten Teile der Überleitungen und des speziellen Kanalsystems erfolgt vor Abbau des Gebäudes von einem Subunternehmer, der auch die bauliche Struktur demontiert.

Der Ablauf der Demontearbeiten:

##### a) Vorbereitung

In den gegebenen Räumlichkeiten oder Gebieten sind Arbeitsbereiche zu sichern für:

- Die Kontrolle der zur Verfügung stehenden Einrichtungen und Bereiche,
- dosimetrische Kontrolle, Sicherung von Umzieh- und Gesundheitsschleusen, für die Bestimmung der Strahlungssituation,
- für die Sicherung von Schutzeinrichtungen, Festlegung für deren Verwendung, für die Einrichtung zusätzlicher biologischer Schutzmaßnahmen,
- für die Durchführung der nötigen baulichen Veränderungen, Abdeckung der Montageöffnungen, deren Abschattung,
- Abbindung der zu demontierenden Einrichtungen vom Stromnetz.

##### b) Ausstattung der Arbeitsstätte

In den gegebenen Räumlichkeiten oder Gebieten sind Arbeitsbereich zu sichern für:

- Beleuchtung, lokale Absaugeinrichtungen, Sicherung der Stromversorgung,
- Kontrolle des technischen Zustands der Ausstattung, Aufstellung von Provisorien,
- Aufstellung von Gerüsten und Podesten, Zulieferung und Vorbereitung der Demontagewerkzeuge, des Zielwerkzeuges und der Hilfsmittel,
- Kontrollmessungen für die Strahlensituation am Arbeitsplatz, eventuelle Dekontaminierung.

c) Hauptarbeiten

Entfernung der Wärmeisolierung von den Einrichtungen und der Berohrung:

- Entfernung der Abdeckplatten und des Isoliermaterials,
- Abtransport aus dem Raum,
- Kontrollmessungen für die Strahlensituation am Arbeitsplatz, eventuelle Dekontaminierung.

Sicherung der abzumontierenden Einrichtungen und der Rohrleitungen:

- Stützung der abzumontierenden Einrichtungen, Rohre und Installationen, andere Art und Weise von deren Abhängung oder Sicherung,
- Demontage und Abtransport der bestehenden Aufhängungen und anderer Sicherungseinrichtungen,
- Demontage der Absaugvorrichtungen.

Abbau der Einrichtungen und Rohrinstallationen und Behandlung des abgebauten Materials:

- Demontage der Einrichtungen und Rohre,
- Verschließung der offenen Rohre und Rümpfe,
- Abtransport der abgebauten Einrichtungen,
- dosimetrische Kontrolle und Klassifizierung nach Art und Kontamination des Abfalls,
- Platzierung der Stücke auf den Transporteinrichtungen (frei, in Plastiksäcken, Fässern oder Containern) und Abtransport aus dem Gebäude,
- Kontrollmessung der Strahlungslage vor und nach dem Abbau.

d) Abschlussarbeiten

- Abschluss der Arbeiten, Abbau der Demontageeinrichtungen und Abtransport des Werkzeuges wie folgt:
- Abtransport der verwendeten Werkzeuge und der Hilfsmittel aus dem Raum oder vom Arbeitsbereich (nach einer eventuellen Dekontaminierung),
- Abbau der provisorischen Beleuchtung, Stromversorgung, Absaugeinrichtungen, Netz für komprimierte Luft,
- Abbau der Gerüste,
- Kehrung des Raumes, Kontrolle der Strahlensituation, falls nötig Dekontaminierung.

Die oben beschriebenen Maßnahmen beziehen sich auf radioaktiv verseuchten Räume, in den anderen Fällen ist eine Messung nicht nötig [2].

#### 9.4.1. Klassifikation der abmontierten Materialien gemäß Strahlungsaktivität

Die Klassifizierung der abgebauten Materialien lautet gemäß ihres Aktivitätsgrades wie folgt:

- Radioaktiv nicht verseuchte Stoffe, die ohne Beschränkungen weiter verwendet werden können,
- geringfügig verseuchtes Material – die Verseuchung kann leicht entfernt werden,
- Materialien, die mit chemischen oder physikalischen Mitteln gesäubert werden können,
- die durch Neutronen aktivierte Stoffe, deren Dekontaminierung nicht möglich ist und die zur Gänze als radioaktiv erachtet werden müssen.

In Bereichen, wo die Dosisleistung von 0,2 mGyh überschritten wird, müssen für die Durchführung der Tätigkeit Manipulatoren oder Automaten eingesetzt werden.



#### 9.4.2. Abbruch

Die Demontage erfolgt in der Regel bis auf eine Ebene von  $-1,00$  Meter. Die vorgegebenen Demontagearbeiten und Demontagewerkzeuge beruhen auf den in den Montagearbeiten angewandten gegenwärtigen Kenntnissen.

In den abzureißenden radioaktiv verseuchten Gebäuden sind folgende Tätigkeiten auszuführen:

- Mechanische Dekontamination der Oberflächen der Gebäude, Abschleifen einer zwei Zentimeter dicken Schicht,
- Ausschneiden der die speziellen Kanäle enthaltenden Betonschicht,
- Ausschneiden der eventuell verseuchten Betonschichten und Überleitungen,
- Abriss der Gebäude,
- Transport des wiederverwendbaren Betonschutts in ein Übergangslager, dann in die Wiederverwertung
- Transport des nichtwiederverwendbaren Schutts in die kommunale Mülldeponie,
- Transport der Stoffe, die als Sekundärrohstoff gelten zur Weiterverwendung.

"Abriss der Gebäude" kennzeichnet den Abriss radioaktiv nicht verseuchter Gebäude. Vor dem Abriss werden die Gebäude vom Stromnetz abgeschaltet.

Bei allen für den Abriss vorgesehenen inaktiven Gebäuden wird die Methode des Teilabrisses angewandt, was heißt, dass die unterirdischen Teile der Gebäude bis zu einem Niveau von  $-1,00$  Meter abgerissen werden, den unterirdischen Objekten (Kanäle) vergleichbar. Die beim Abriss der einzelnen Gebäude entstandenen Materialien sind folgendermaßen zu klassifizieren:

- Ohne Beschränkung weiter zu verwendende Stoffe,
- kontrollierte Verwendung der Stoffe,
- im Boden verbleibende Stoffe.

#### 9.5. Umweltauswirkungen der Demontage

Auch aus dem vorhergehenden ist damit eindeutig ersichtlich, dass in der Demontagephase bauindustrielle Abriss- und Demontagearbeiten dominieren.

Die Demontage- und Abrissarbeiten erstrecken sich auf die inaktiven Einrichtungen, Gebäude und Bauten; nach der Durchführung der entsprechenden Dekontaminierungsarbeiten auch auf die radioaktiven. Zum Abriss gelangen auch die wassertechnischen Kunstbauten, die Becken und Linieneinrichtungen; die Einrichtung zur Wahrnehmung des Wasserpegels und die Brunnen zur Probenentnahme werden zugeschüttet, die Kanäle aufgefüllt. Danach folgt die Geländeregulierung, bereits in der Phase der Rekultivierung. Entsprechend den Vorkenntnissen kommt es in einer einzigen Phase oder mit Unterbrechungen zur Demontage, womit sich diese Arbeiten von einigen Jahrzehnten bis auf einhundert Jahre erstrecken können.

Der Personalstand der Demontagearbeiten hängt von der Zahl der auf der Betriebsstätte arbeitenden Personen ab, was sich von ca. sechshundert Personen auf bis zu maximal zweitausend erstrecken kann. Die zu den obigen Personalständen gehörenden, aufgrund der Demontagepläne der Blöcke des Atomkraftwerks Paks ermittelten Demontagefristen verändern sich zwischen fünf und zwanzig Jahren, sofern wir die Ruheperioden im Falle einer abschnittswisen Demontage nicht in Betracht ziehen. Aus dem Aufenthalt der Arbeitskräfte, die sich mit dem Abbau beschäftigen, ist als zusätzliche Umweltauswirkung der Wasserverbrauch, die Schmutzwasseremission und der Abfall zu erwähnen, doch werden diese Umweltauswirkungen im Vergleich zur Bauphase (wo die diesbezüglichen Personalstände wesentlich höher lagen) vernachlässigenswert sein.

Als beträchtliche Auswirkung des Abbaus ist auf jeden Fall die Abfallbildung zu erwähnen. Es ist ein grundsätzliches Ziel, dass die so entstehenden Abfallmengen möglichst gering bleiben – sowohl was die Menge als auch was die Sorten betrifft. Im Zuge des Abbaus ist mit der Entstehung größerer Mengen an Industriemüll zu rechnen. Als inaktiven Industriemüll treten in erster Linie Metalle und Bauschutt auf. Bei beiden Sorten ist an eine

Wiederverwendung zu denken: Einschmelzen der Metallabfälle (Verkauf an Eisen- und Stahlwerke), Verwendung des Bauschutts für Straßenbau oder Geländeregulierung.

Die Abfallmengen im Bereich des inaktiven Geröllmülls sind bei einer Größenordnung von einer Million Tonen anzusetzen, im Falle der Metalle liegt dieses Volumen bei ca. einhunderttausend Tonnen.

Im Zuge des Abbaus ist mit nicht mehr gefährlichen Abfall zu rechnen als beim Normalbetrieb. Diese Annahme stützt sich auf den verringerten Personalstand an der Betriebsstätte. Bei Sammlung und Entsorgung sind die dann gültigen Normen zu beachten.

Im Zuge des Abbaus können – aus der Dekontaminierung der Gebäude und technologischen Einrichtungen innerhalb der kontrollierten Zone sowie wegen der verbleibenden Verseuchung – auch radioaktive Abfälle entstehen. Bei der Auswahl und Anwendung entsprechender Technologien können Emissionen in die Wasserumgebung vermieden werden. Bezüglich der Menge an radioaktivem Abfall können nur sehr grobe Schätzung angegeben werden: Im allgemeinen wird dasselbe Volumen angenommen wie bei den betrieblichen Abfällen. Anbetracht der "verringerten" Abfallbildung der Blöcke bzw. ihrer verlängerten Lebensdauer müssen wir mit dem Entstehen von 18 bis 20.000 m<sup>3</sup> konditioniertem radioaktivem Abfall rechnen. Diese Menge tritt bei einem sofortigen "grünen Wiesen"-Abbau innerhalb von fünfzehn bis zwanzig Jahren auf, bei der Variante mit Ruhepausen über einen Zeitraum von dreißig bis siebzig Jahren auf, in einem Verhältnis von etwa halbe-halbe. Der Entstehungszeitpunkt der unterschiedlichen Sorten radioaktiven Mülls bei der Demontage hängt von der Wahl der jeweiligen Stilllegungsvariante ab [3].

Die Menge des zu erwartenden Abfalls im Zusammenhang mit dem Abriss:

550.000 m<sup>3</sup> Beton  
 90.000 t Stahl  
 10.000 t Buntmetall  
 50.000 t Restmüll

#### Entsorgung, Transport und endgültige Lagerung des Abfalls

Der überwiegende Teil des radioaktiven Abfalls wird aufgearbeitet, damit er den Kriterien zur Aufbewahrung in der endgültigen Lagerstätte entspricht, unter Verwendung der im AKW Paks unter normalen Betriebsbedingungen angewandten technologischen Prozesse und Einrichtungen, weiters unter Verwendung der mobilen Einrichtungen zur Entsorgung und Konditionierung unterschiedlichen radioaktiven Mülls.

Die Klassifizierung der aus dem Abbau stammenden Metallabfälle geschieht nach folgenden Kriterien:

- Das Material kann in die Umwelt entlassen werden (sogenannte beschränkungsfreie Emission), wenn
  - Die Beta-, Gammakontamination von Oberflächen <0,4 Bq/cm<sup>2</sup>,
  - Die Al fakontamination von Oberflächen <0,04 Bg/cm<sup>2</sup>,
  - Die Beta- und Gammaktivitätskonzentration <100 Bq/kg,
- die Aktivitätskonzentration des einzuschmelzenden Materials <75Bq/kg ist,
- wenn das Material mit einer Aktivität zwischen 75Bq/kg und 2 MBq/kg komprimiert wird,
- und Material mit einer Aktivitätskonzentration von über 2 MBq/kg zerstückelt wird und 200 Liter Fässer verpackt wird und mit Zementmörtel fixiert wird.

Bei der Klassifizierung der beim Abbau anfallenden Abfälle können gemäß den gegenwärtigen internationalen Erfahrungen folgende Kriterien beachtet werden:

- Stoffe unter einer Aktivitätskonzentration von 100 Bq/kg werden im Wiederverwertungssystem zur freien Weiterverwendung gestellt,
- Stoffe mit einer Aktivitätskonzentration von 100 bis 3000 Bq/kg werden in kontrollierte Deponien für verseuchte Böden gebracht,
- Stoffe mit einer Aktivitätskonzentration von über 3000 Bq/kg werden in Fässer abgefüllt, mit Zement fixiert und in die Abfalldeponie geschafft,

- Elektroeinrichtungen, Kabel und andere Stoffe, die nicht aus der kontrollierten Zone stammen, werden als inaktives Material ohne Beschränkungen weiter verwendet,
- Elektroeinrichtungen und Kabel, die aus der kontrollierten Zone stammen und unter  $0,4 \text{ Bq/cm}^2$  auf der Oberfläche verseucht sind, sind zur Gänze verwendbar und können ohne Einschränkung an die Umwelt gelangen,
- Elektrische Einrichtungen und Kabel, die aus der kontrollierten Zone stammen und über  $0,4 \text{ Bq/cm}^2$  auf der Oberfläche verseucht sind: die Isolierung wird entfernt und als radioaktiver Abfall behandelt; die Buntmetalleitungen, Leitungen werden als Sekundärrohstoff ohne Einschränkungen wiederverwertet.

#### Wiederverwertbarer Abfall

Ein Teil der nichtverseuchten Abfälle wird aus der Demontage der Einrichtungen und dem Abriss der gebauten Teilen des Atomkraftwerks stammen.

Dies sind die folgenden:

##### a) Wiederverwertbare Metallabfälle

- Buntmetalle (Aluminium, Kupfer), Fensterrahmen, äußere Metallwände,
- C-Stahl und rostfreie Stahlsorten (Rohre, Platten aus der Wärmeisolierung, Abdeckungen, Einrichtungsteile, hermetische und Strahlenschutztüren, Kranleitungen und -aufbauten, Abwasserleitungen, Stahldrähte usw.)
- Stahlstrukturen der Gebäude

##### b) Wiederverwertbare Baumaterialien:

- Beton
- Eisenbeton
- Vorfabrizierte Elemente
- Wände
- Annexe (Stiegenhaus)
- Außenwände

#### Literaturverzeichnis

[1] A Paksi Atomerőmű előzetes leszerelési terve (=Vorstudie bezüglich einer Stilllegung des AKW Paks), DECOM Slovakia Ltd., 2002.

[2] Paksi Atomerőmű 1-4. blokk, Végleges Biztonsági Jelentés 18. fejezet, Az atomerőmű és blokkjai megszüntetésének előzetes terve 1. kiadás, (=AKW Paks, Block 1-4. Abschließender Sicherheitsbericht. Kapitel 18. Vorstudie zur Stilllegung des AKW und seiner Blöcke. Erste Ausgabe) ETV-ERŐTERV Rt., 2000.

[3] A Paksi Atomerőmű bővítése AP 600 típusú blokk(ok)kal, Előzetes környezeti hatástanulmány (=Vorstudie für eine Umweltverträglichkeitsprüfung des Ausbaus des AKW Paks mit Blöcken des Typs AP600) , ETV-ERŐTERV Rt., 1998.