

9. UMWELTAUSWIRKUNGEN EINER STILLLEGUNG (DEMONTAGE DES KRAFTWERKES)

Inhaltsverzeichnis

9. ÖKOLOGISCHE KONSEQUENZEN EINER STILLLEGUNG DES KRAFTWERKS	2
9.1. Einleitung	2
9.1. Die maßgeblichen ungarischen Gesetze bezüglich einer Stilllegung	2
9.2. Grundsätzliche Annahmen und Ausgangsbedingungen für einen Stilllegungsplan	5
9.2.1. Grundsätzliche Annahmen eines Vorausplanes zur Stilllegung	5
9.2.2. Ausgangsdaten für einen Vorausplan zur Stilllegung	6
9.3. Prozess und Phaseneinteilung der Demontage gemäß Vorausplan	14
9.3.1. Merkmale der ausgewählten Strategie	14
9.3.2. Die zur Demontage benötigten Einrichtungen und Technologien	17
9.3.3. Zeitbedarf der Demontage	17
9.3.4. Arbeitskraftbedarf der Abbrucharbeiten	18
9.3.5. Weitere Nutzung der Betriebsstätte	18
9.4. Strahlenschutzkontrolle während des Abbaus	18
9.4.1. Strahlenschutzsysteme für die unterschiedlichen Tätigkeiten während des Abbaus	18
9.4.2. Merkmale des Strahlenschutzes während der Abbauphasen	19
9.4.3. Aerosol- und flüssige Emissionen	21
9.5. Die geschätzten Mengen des radioaktiven und inaktiven Abfalls aus der Demontage	21
9.5.1. Radioaktiver Müll	21
9.5.2. Inaktiver Abfall	25
9.6. Sicherheitsanalyse der Demontage	25
9.6.1. Grundprinzipien der Maßnahmen zur Vermeidung eines Störfalls während der Demontage	25
9.6.2. Feuerschutz	26
9.6.3. Strahlenschutz	26
9.6.4. Industrielle Sicherheitstechnik	27
9.6.5. Gefahrenstoffe	28
9.6.6. Physischer Schutz während des Abbaus	28
9.7. Umweltauswirkungen der Demontage	29

9. ÖKOLOGISCHE KONSEQUENZEN EINER STILLLEGUNG DES KRAFTWERKS

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. Grundlage des gegenständlichen Kapitels sind die bereits auf Grundlage der gültigen Rechtsvorschriften fertiggestellten Demontagepläne. Da gemäß den Vorschriften der NBSZ – der Nuklearen Sicherheitsvorschriften – (Band 1, Punkt 2.5.1.) während des Fortbetriebs die Demontagepläne alle fünf Jahre aktualisiert werden müssen, müssen im Falle einer Betriebszeitverlängerung bei der Überprüfung dieser Pläne weitere zwanzig Betriebsjahre berücksichtigt werden. Die Betriebszeitverlängerung verlängert sich die Phaseneinteilung bezüglich der Stilllegung (Demontage) um die Betriebszeitverlängerung. Im Weiteren werden in diesem Kapitel die bezüglich einer Betriebszeitverlängerung modifizierten Jahreszahlen angeführt, die Parameter der anderen Daten ist auf der Grundlage der überprüften Pläne möglich, die erwartungsgemäß aber keinerlei größenmäßige Veränderungen verursachen 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 Notwendigkeit einer Umweltverträglichkeitsprüfung hinterfragen, ist doch für die Tätigkeit der Stilllegung eines AKW gemäß Regierungsverordnung 314/2005 (25. XII.) über die Zulassung zur Nutzung der Umwelt die Erstellung einer eigenen Umweltverträglichkeitsprüfung erforderlich, die in den Kompetenzbereich der RHK Kht. gehört. Auf Grund dieser Regierungsverordnung muss bezüglich der Demontage eine Voruntersuchung durchgeführt und eine Umweltverträglichkeitsprüfung erstellt werden. Die Umweltverträglichkeitsprüfung muss bereits vor der Abschaltung der Blöcke im Rahmen der sog. vorbereitenden Tätigkeit erstellt werden, und zur Genehmigung der zuständigen Behörde vorgelegt werden. Außerdem muss für eine Stilllegung des Kraftwerkes auch eine Demontagegenehmigung eingeholt werden, die laut Band 1, Punkt 2.5.3. der NBSZ dem Kompetenzkreis der OAH NBI unterstellt ist. An diesem Genehmigungsverfahren nimmt die Umweltschutzbehörde als Fachbehörde teil. Der Verlauf des gesamten Demontageprozesses, die Arbeit, die Kontrolle und die Genehmigungen sind in der ganzen Zeit gemäß den Rechtsvorschriften der jeweiligen Fachbehörde unterstellt.

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 abgewogen werden.

Gegenständliches Kapitel der Umweltverträglichkeitsprüfung ist auf Grundlage des Kapitels 18 der VBJ – des Sicherheitsberichtes in seiner letztgültigen Fassung – angefertigt worden, die sich auf den Vorplan einer Stilllegung stößt, die von der DECOM Slovakia Ltd. Im Jahr 2003 erstellt wurde. Die OAH NBI hat mit ihrem Beschluss RE-4077 (20. August 2005) die Version 2 der VBJ der Blöcke 1 bis 4 des AKW Paks gut geheißen, die sich auf den Zustand des Kraftwerks am 31. Dezember 2002 bezieht. Die aktuelle VBJ enthält deshalb auch nicht die Wirkungen des in Schacht 1 des Blocks am 2. April 2003 eingetretenen Störfalls, aber gemäß den Vorschriften der NBSZ – der "Nuklearen Sicherheitsvorschriften" – wird in der nächsten aktualisierten Fassung der Vorausplan einer Stilllegung auch dieser berücksichtigt werden.

9.1. Die maßgeblichen ungarischen Gesetze bezüglich einer Stilllegung

Gesetz CXVI. über die Atomenergie (1996)

Der Wirkungsbereich des Gesetzes ist die friedliche Nutzung der Atomenergie, es erstreckt sich auf die damit verbundenen Rechte und Pflichten, weiters auf den Schutz von Menschen und der belebte und unbelebte

Umwelt vor den schädlichen Auswirkungen der künstlichen ionisierenden Strahlung. Der Wirkungsbereich des Gesetzes erstreckt sich allerdings nicht auf jene in der Regierungsverordnung 124 (19.VII) geregelten Tätigkeiten mit radioaktiven Stoffen und Einrichtungen, die – wegen der Art und der Menge der geschaffenen ionisierenden Strahlung – als nicht gefährlich für den Menschen und die belebte und unbelebte Umwelt erachtet werden können.

Über die allgemeinen Verordnungen hinaus, legt das Gesetz folgendes fest:

- Allgemeine Regeln bezüglich der Nutzung der Atomenergie,
- System der behördlichen Zulassung, Kontrolle und Aufsicht,
- Maßnahmen zur Vermeidung der außergewöhnlichen Vorfälle und zur Vermeidung von deren Folgen,
- Art und Weise der Verantwortlichkeit für Schäden aus der Anwendung der Atomenergie und die Art und Weise der Wiedergutmachung von allfälligen Schäden,
- Geschäftsordnung des "Zentralen Nuklearen Finanzfonds" (KNPA).

Gesetz LIII. über die allgemeine Regeln zum Schutz der Umwelt (1995)

Aufgrund von § 68, Absatz 1 und 2 ist die Demontage des AKW Paks eindeutig als eine Tätigkeit zu erachten, die einen beträchtlichen Einfluss auf die Umwelt ausübt, womit die Erstellung einer Umweltverträglichkeitsprüfung notwendig ist.

Aufgrund von § 69, Absatz 1 müssen die Ergebnisse der Umweltverträglichkeitsprüfung in einer Umweltverträglichkeitsstudie vorgestellt werden. Die allgemeinen inhaltlichen Voraussetzungen für eine Umweltverträglichkeitsstudie sowie die Verfahrensregeln für eine Umweltverträglichkeitsprüfung werden von der Regierungsverordnung 314/2005 (25.XII) geregelt.

Gesetz XLIII. Über die Abfallbewirtschaftung (2000)

Anbetracht der im Rahmen der Demontage anfallenden hohen Menge an inaktivem Abfall ist auch die Einhaltung dieses Gesetzes zwingend. Noch vor dem Abbau muss alles unternommen werden, um unter den gegebenen technischen und wirtschaftlichen Anforderungen die effizienteste und umweltschonendste Lösung einer Abfallentsorgung zur Anwendung kommen zu lassen.

Abschnitt II des Gesetzes beschreibt die Vorschriften bezüglich der Abfallbewirtschaftung und die Pflichten jener, die in der Abfallbewirtschaftung tätig sind, Abschnitt III die Fragen der Abfallbehandlung und der Abfallverwertung, Abschnitt V. die Pflichten der Besitzer von Gefahrenstoffen.

In seinen Anhängen legt das Gesetz fest:

- Abfallkategorien,
- Tätigkeiten zur Unschädlichmachung des Abfalls,
- Tätigkeiten die zur Wiederverwendung des Abfalls beitragen.

Regierungsverordnung 89/2005 (5.V.) über die nuklearen Sicherheitserfordernisse für nukleare Einrichtungen und die damit im Zusammenhang stehenden behördlichen Maßnahmen

Der Wirkungsbereich der Verordnung erstreckt sich auf nukleare Objekte, deren Gebäude, Systeme und Einrichtungen, auf alle mit diesen Objekten in Verbindung stehenden Tätigkeiten und auf jene, die diese Tätigkeiten ausführen (eingeschlossen den Transport radioaktiven Materials innerhalb dieser Objekte, die Systeme, Einrichtungen, die eine vorübergehende Lagerung dieser radioaktiven Abfälle sichern, die Druckbehälter von nuklearen Einrichtungen, weiters die Feuerschutzsysteme und jene, die für den physischen Schutz der Einrichtungen verantwortlich zeigen, wenn diese einen Einfluss auf die nukleare Sicherheit haben, ausschließlich vom Standpunkt von deren Wirkung), so auch auf Tätigkeiten, die dem Abbau dienen oder damit verbunden sind.

Die nuklearen Sicherheitszulassungen im Zusammenhang mit der Ausführung einzelner Tätigkeiten in nuklearen Einrichtungen, das genaue Procedere dieser Zulassung, der Inhalt des Antrags, die Veränderungen im Bezug auf die Person, Inhalt und Ordnung der behördlichen Kontrollen, die Meldepflicht des Zugelassenen, die Voraussetzungen für die behördliche Inanspruchnahme von Experten, die Ordnung der Arbeitstätigkeit, die für eine behördliche Zulassung notwendig sind, die qualitativen, planerischen und betrieblichen nuklearen Sicherheitserfordernisse, die "Nuklearen Sicherheitsmaßregeln" werden in den Beilagen 1 bis 6 der Verordnung angeführt.

16/2000 (8.VI.) Verordnung des Gesundheitsministeriums über die Durchführung einzelner Verordnungen des Gesetzes CXVI. (1996) über die Atomenergie

Die Gültigkeit der Verordnung erstreckt sich auf den Kreis der Materialien, Einrichtungen, Objekte im Zusammenhang mit der Nutzung der Atomenergie sowie auf alle damit verbundenen Tätigkeiten und jene, die diese Tätigkeiten ausführen. Die Verordnung definiert allgemeine Strahlenschutzanforderungen, die bei allen jenen Tätigkeiten zur Anwendung kommen müssen, die mit der Anwendung der Atomenergie in Verbindung stehen, oder wo ionisierende Strahlung auftritt.

Verordnung des ESZCSM – des Gesundheits-, Sozial- und Familienministeriums – 47/2003 (8.VIII) über die vorübergehende und endgültige Lagerung von radioaktivem Abfall, über einzelne Fragen von dessen Deponierung, sowie über strahlengesundheitliche Fragen bezüglich radioaktiver Stoffe, die im Zuge einer industriellen Tätigkeit angereichert werden bzw. in der Natur vorkommen

Die Verordnung bezieht sich auf – in der Beilage 1 aufgezählten – natürliche Isotopen anreichernde Tätigkeiten (bzw. jene die solche Tätigkeiten ausführen) sowie auf jene natürliche und wirtschaftliche Organisationen, die eine vorübergehende oder ständige Deponie für radioaktiven Müll errichten, umbauen, betreiben, auflassen bzw. schließen, bzw. auf jene, bei denen radioaktiver Abfall entsteht.

Die Verordnung regelt folgende Fragen:

- Vorübergehende und Endlagerung von radioaktivem Müll,
- Bericht, die von den zugelassenen Betreibern von Mülldeponien verfasst werden müssen und die Ordnung der behördlichen Kontrollen,
- Anreicherung und Aufbereitung natürlicher radioaktiver Isotopen in Nebenprodukten.

Regierungsverordnung 314/2005 (25.XII.) über die Vorgangsweise für eine Umweltverträglichkeitsprüfung und eine einheitliche Zulassung der Umweltnutzung

Den Kreis der Tätigkeiten, die verpflichtend einer Umweltverträglichkeitsprüfung unterliegen, wird in der Beilage 1 der Verordnung definiert. Beilage 2 der Verordnung zählt die Tätigkeiten, die an eine einheitliche Zulassung für eine Umweltnutzung gebunden sind, auf, Beilage 3 zählt jene Tätigkeiten auf, die abhängig von einem Entscheid der zuständigen Umweltschutz-, Naturschutz- und Wasserschutzbehörde an die Ausarbeiten einer Umweltverträglichkeitsprüfung gebunden sind.

Der Abbau des AKW Paks ist eindeutig dieser Regierungsverordnung zuzuordnen (Beilage 1, Punkt 31 "AKW, Atomreaktors, sowie Betriebszeitverlängerung eines AKW, eines Atomreaktors, sowie Demontage eines AKW, Atomreaktors...")

Im Falle von in Beilage 1 aufgezählten Tätigkeiten ist der Nutzer der Umwelt verpflichtet, eine Vorstudie bei der Behörde zu initiieren, einem solchen Antrag ist eine Dokumentation der Vorstudie beizulegen. Das Verfahren einer Umweltverträglichkeitsprüfung beginnt mit dem abschließenden Beschluss der Behörde bezüglich der Vorstudie.

Beilage 4 der Verordnung gibt die inhaltlichen Voraussetzungen für eine Vorstudie bekannt, Beilage 5 die inhaltlichen Vorgaben für eine Umweltverträglichkeitsprüfung bekannt.

§ 9 der Verordnung enthält die Verpflichtungen bezüglich einer öffentlichen Anhörung und der Information.

Gemeinsame Verordnung 14/2001 (9.V.) von Umwelt-, Gesundheit- und Landwirtschaftsministerium über die Grenzwerte bei der Luftverschmutzung und die Grenzwert bei der Emission für luftverschmutzende, örtlich gebundene Punktquellen

Der Wirkungsbereich der Verordnung erstreckt sich auf die Luftverschmutzung und deren Grenzwerte, sowie auf örtliche gebundene Punktquellen, deren Betreiber sowie auf die Emissionen aus Punktquellen.

Beilage 1 der Verordnung enthält die gesundheitlichen Grenzwerte der Luftverschmutzung und einzelner geplanter Richtwerte für luftverschmutzende Stoffe.

Bei der Demontage des Kraftwerks hat diese Verordnung wegen des Feinstaubes und dem krebsverursachenden Krokidolit (blauer Asbest) und wegen der geplanten Gießerei Bedeutung.

Verordnung des Umweltministeriums 15/2001 bezüglich der im Zuge der Verwendung von Atomenergie in die Atmosphäre und in das Wasser gelangenden radioaktiven Emissionen und deren Kontrolle

Wirkungsbereich erstreckt sich auch auf Demontearbeiten im Zusammenhang mit der Kontrolle der Emissionen radioaktiver Stoffe in Atmosphäre und Wasser bzw. der Kontrolle der radioaktiven Verschmutzung der atmosphärischen und Wassenumwelt.

9.2. Grundsätzliche Annahmen und Ausgangsbedingungen für einen Stilllegungsplan**9.2.1. Grundsätzliche Annahmen eines Vorausplanes zur Stilllegung**

Primäre Informationsquelle der Stilllegungsstudie waren die Planungs- und Betriebsgrundlagen. Die Ausgangsbedingungen der Stilllegung wurden wie folgt festgelegt:

- a) Der Betrieb des Atomkraftwerks Paks hört aller Voraussicht nach mit Ablauf der geplanten Lebensdauer, und einer normalen Periode der Energieproduktion nach dem Normalbetrieb auf. Der Annahme zufolge gab es keinen Unfall, kein Vorfall löste die Demontage unmittelbar aus.
- b) Alle vier Blöcke des Kraftwerkes werden demontiert, die Reihenfolge der Stilllegung entspricht der Reihenfolge der Inbetriebnahme.
- c) 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 in Bataapáti (unterirdisch) untergebracht werden.
- d) Jener radioaktiver Müll, der die Kriterien zur Deponierung in den Lagerstätten für geringfügig und mittelaktiven radioaktiven Müll nicht erfüllen konnte, der hochaktive radioaktive Müll wird in geplante (tiefengeologische) Deponien transportiert und dort gelagert.
- e) Für den Fall der Dekontaminierungsprozesse wurden die zur Anwendung gelangenden Stoffe, die Volumen des entstehenden Abfalls sowie der – in Mann/Stunde-Einheiten ausgedrückte – Arbeitskraftanspruch mit der Hilfe von fachgemäßen Auswertungen und Schätzungen festgelegt. Dabei muss selbstverständlich auch die Zahl der Dekontaminationszyklen beachtet werden, die zur Erreichung des gegebenen Dekontaminationsfaktors nötig ist.
- f) Die Brennstäbe bleiben per Block drei Jahre in den Ruhebecken. Die Behandlung der ausgebrannten Brennstäbe waren nach ihrer Überstellung in die Deponie für ausgebrannte Brennstäbe nicht mehr Gegenstand des Vorplanes zur Stilllegung und ist auch kein Gegenstand gegenständlicher Umweltverträglichkeitsstudie.
- g) Mit Ausnahme der sog. letzten Befuerung geschieht die Aufarbeitung des im Zuge des Betriebs entstandene radioaktive Abfalls außerhalb der eigentlichen Demontage.
- h) Der Abriss der inaktiven Teile der Gebäude erfolgt bis zu einer Tiefe von –1 Meter. Unter dem Niveau von –1 Meter werden nur die radioaktiv verseuchten Baumaterialien entfernt.

- i) Die Dekontaminierung der internen technologischen Oberflächen vor Demontage erfolgt mit traditionellen Mitteln entsprechend dem Charakter der Einrichtung (z. B. Rohre, Behälter usw.)
- j) Bei der Anfertigung des Vorplanes zur Stilllegung kamen folgende Kriterien zur Anwendung:
- Beta-, Gammaverschmutzung an der Oberfläche $<0,3 \text{ Bq/cm}^2$
 - Alpha-Verschmutzung an der Oberfläche $<0,03 \text{ Bq/cm}^2$
 - Beta- und Gamma-Aktivitätskonzentration $<100 \text{ Bq/kg}$
- k) Bezüglich der Betriebsstätte wurde die Errichtung einer Gießerei für die Dekontaminierung bzw. Volumenverringern der geringfügiger als 75 kBq/kg spezifisch aktiven Metalle mittels Einschmelzung in Betracht gezogen.

9.2.2. Ausgangsdaten für einen Vorausplan zur Stilllegung

Summierte Mengendaten

Der Vorausplan zur Stilllegung des Kraftwerks sieht – wie dies die internationale Terminologie festhält – eine Wiederherstellung des "green field", also eine Wiederherstellung eines dem ursprünglichen ähnlichen Zustands vor. Dementsprechend sind die Mengenangaben zu den abzureißenden/abzumontierenden Einrichtungen in Tabelle 9.1. und 9.2. zu finden.

Tabelle 9.1.: Materialbilanz der technologischen Systeme

Technologische Systeme	Menge (t)
Rostfreie maschinelle Einrichtungen	18.293
Maschinelle Einrichtungen Kohlenstoffstahl	61.609
Andere	30.490

Tabelle 9.2.; Materialbilanz der Gebäude

Gebäudeteil	Menge
Beton	116.973 m ³
Eisenbeton	403.825 m ³
Betoneisen	65.033 t
Stahl	24.070 t
Vorfabrizierte Eisenbetonelemente	48.770 t
Wand	55.805 m ³
Umrandungen – Metall	7.600 m ³
Umrandungen – Platten	100.260 m ³
Metallabdeckung – Kohlenstoffstahl	2.049 t
Metallabdeckung – rostfrei	1.733 t
Hermetische Strahlenschutztüren	2.001 t
Spez. Kanalisation	111 t
Andere	35.519 t

Merkmale des aktivierten Materials

Gemäß den Daten aus der Fachliteratur entfallen beim Abbau eines Reaktors des Typs VVER-440 99 Prozent der gesamten zu behandelnden Aktivität aus den strukturellen Teilen des aktivierten Reaktors bzw. aus den unterschiedlichen Betonelementen der biologischen Schutzzone um die aktive Zone.

Aktivität der Strukturelemente des Reaktors und die Zusammensetzung der Isotopen

Folgendes enthält die Ausgangsmengen und die Aktivitätsdaten bezüglich der aktivierten Reaktorkomponenten für den Reaktorblock des Typs VVER-440/213. Die spezifischen Aktivitätswerte stammen aus der mittels des ORIGEN-S-Programms ermittelten Aktivitätsbilanzberechnung, das für das Kraftwerk des Typus VVER-440/213 in Loviisa angefertigt wurde. Die effektive Bestrahlungszeit der Reaktorkomponenten beträgt den Annahmen zufolge dreißig Jahre. Die in Tabelle 9.3. aufgezählten spezifischen Aktivitätswerte (Aktivität/Mengeinheit) beziehen sich auf eine dreißigjährige Betriebszeit zum Zeitpunkt der Stilllegung des Kraftwerkes, auf den Zustand nach der Entleerung (null Ruhezeit).

Eine die genauen Isotopenzusammensetzung des Reaktors in Paks bestimmende Untersuchung steht vorläufig nicht zur Verfügung. Bezugnehmend auf die Fachliteratur kann aber festgehalten werden, dass die im Reaktor gebundenen Isotopen die Isotopen ^{55}Fe , ^{60}Co , ^{63}Ni , ^{54}Mn , ^{59}Ni , ^{14}C , ^{45}Ca , ^{152}Eu , ^{94}Nb , ^{93}Mo und ^{154}Eu sind, von denen ^{53}Fe , ^{60}Co und ^{63}Ni dominant sind. Im Zusammenhang mit der Demontage des Kraftwerkes wurde im Verlauf der Dosisberechnungen für die präferierte Abbauvariante nur das Isotop ^{60}Co berücksichtigt. Mit dem häufig auftretenden Isotop ^{55}Fe ist wegen seiner geringen Halbwertszeit (2,7 Jahre) und geringen Strahlung nicht zu rechnen. Das ^{63}Ni Isotop wiederum hat wegen seiner außergewöhnlichen hohen Halbwertszeit (100,1 Jahre) wiederum nur bei der Sicherheitsanalyse von geologischen Deponien eine Bedeutung.

Tabelle 9.3. Geschätzte spezifische Aktivität eines VVER-440/213 Reaktors zum Zeitpunkt seiner endgültigen Stilllegung, nach dreißig Jahren Betrieb und Entleerung des Kühlwassers

Reaktor Teileinheiten	Masse [t]	Spezifische Aktivität [Bq/t]	Aktivität [Bq]
Steuerstäbe (183 Stk.)	13,9	7,00E+16	9,73E+17
Intermediäre Stäbe	9,5	1,36E+17	1,29E+18
Messungen innerhalb der aktiven Teile des Reaktors (Thermoelemente)	2	2,01E+14	4,02E+14
Reaktorkorb in der aktiven Zone	7,9	8,35E+15	6,60E+16
Reaktorkorb – Boden	13,4	1,03E+15	1,38E+16
Reaktorkorb – Gesamt	21,3	–	–
Reaktorschacht um aktive Zone	13	2,64E+15	3,43E+16
Reaktorschacht außerhalb der aktiven Zone	24,6	1,00E+13*	2,46E+14
Reaktorschacht – gesamt	37,9	–	–
Interne Plattierung des Reaktorbehälters in der aktiven Zone	2,4	3,02E+14	7,25E+14
Interne Plattierung des Reaktorbehälters außerhalb der aktiven Zone	6,9	1,00E+12*	6,90E+12
Interne Plattierung des Reaktorbehälters – Gesamt	9,3	–	–
Reaktorbehälter in der aktiven Zone	34,7	2,35E+13	8,15E+14
Reaktorbehälter außerhalb der aktiven Zone	180,3	5,00E+11	9,02E+13
Reaktorbehälter – Gesamt	215	–	–
Oberes Gitter	6,7	6,11E+14	4,09E+15
Schutzrohrblock (unterer Teil)	2,8	7,77E+12	2,18E+14
Schutzrohrblock und oberes Gitter	9,5	–	–

Unterer Teil des Reaktorschachts	5,6	2,54E+13	1,42E+14
Bremsrohrblock (oberer Teil)	2,5	4,37+12	1,09E+13
Andere Komponenten des unteren Teils des Reaktorschachts	22,9	1,00E+12*	2,29E+13
Unterer Teil des Reaktorschachts + Bremsrohrblock + Andere Komponenten des unteren Teils des Reaktorschachts – Gesamt	31	-	-
Hitzeschild des Reaktorbehälters in der aktiven Zone	8,8	2,17E+13	1,91E+14
Hitzeschild des Reaktorbehälters außerhalb der aktiven Zone	8,8	1,00E+13*	8,80E+11
Reaktorbehälter – Hitzeschild – gesamt	17,6	-	-
Biologische Reaktorschutzstahlbox (Innenwand)	3,9	1,00E+13*	1,05E+14
Biologische Reaktorschutzstahlbox Reste (Außenwand)	11,3	1,00E+10*	1,13E+11
Biologische Reaktorschutzstahlbox Schwerbeton - Gesamt	15,2	-	-

Zusammensetzung der Isotopen und der Aktivität des Betons, der beim biologischen Schutz angewandt wird

Der die Reaktoren umgebende biologische Schutz besteht zum überwiegenden Teil aus Normalbeton, aber bei den dem Reaktorbehälter näher liegenden Teilen wurden auch serpentinitische Betonsorten angewandt, die höhere Hitzen viel besser widerstehen. Die Mengen und Aktivitätswerte, die aus dem Abbau des biologischen Schutzes eines Blocks entstammen gibt Tabelle 9.4. wieder. Die konkreten Berechnungen für die Reaktoren in Paks wurden 1999 vom Institut für Nukleartechnik der TU Budapest durchgeführt. Bei der Berechnung wurden folgende Dichtedaten zugrunde gelegt:

- Normalbeton	2.276 t/m ³
- Serpentinitisches Beton	2.156 t/m ³
- Serpentinischer Schwerbeton	3.043 t/m ³
- Borkarbidbeton	3,5 t/m ³

Tabelle 9.4.: Menge und Aktivität einzelner beim biologischen Schutz des Reaktors verwendeten Betonarten auf einen Block bezogen, nach einer Betriebszeit von dreißig Jahren, einen Monat nach

Betonart	Abschaltung Masse (t)	Spezifische Aktivität (Bq/t)	Aktivität* (Bq)
Normalbeton	1460	5.67E+08	8,28E+11
Serpentinitischer Beton	67	1.06E+11	7,07E+12
Serpentinitischer Schwerbeton	30	3,30E+11	9,91E+12
Borkarbidmischung	6	2,34E+11	1,38E+12
Gesamt	1.563	-	-

*Anmerkung: Die Aktivität der Betonstrukturen um den Reaktor beträgt zum Zeitpunkt der endgültigen Abschaltung 50TBq, wobei sich aber dieser Wert einen Monat nach Abschaltung auf den Wert 20TBq reduziert. Anbetracht dessen entsprechen die Aktivitätswerte den Werten von einem Monat nach Abschaltung.

Nach den Berechnungen werden in den Betonstrukturen folgende Isotopen aufzufinden sein: ³H, ¹⁰Be, ¹⁴C, ^{7m}Te, ³²P, ³²Si, ³³P, ³⁵S, ³⁶Cl, ³⁷Ar, ³⁹Ar, ⁴⁰K, ⁴¹Ca, ⁴⁵Ca, ⁴⁶Sc, ⁴⁷Ca, ⁴⁷Sc, ⁴⁸Sc, ⁵¹Cr, ⁵⁴Mn, ⁵⁵Fe, ⁵⁹Fe, ⁶⁰Co, ⁶³Ni, ⁶⁵Zn, ⁶As, ⁸⁵Kr, ⁸⁶Rb, ⁸⁷Rb, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ⁹⁰Y, ⁹¹Y, ⁹⁵Zr, ⁹⁵Nb, ⁹⁵Nb, ⁹⁹Mo, ⁹⁹mTc, ⁹⁹Tc, ¹⁰³mRh, ¹⁰³Ru, ¹⁰⁵Rh, ¹⁰⁶Rh, ¹⁰⁶Ru, ¹¹¹Ag, ¹¹⁵Cd, ¹¹⁵mIn, ¹²¹Sn, ¹²²Sb, ¹²³mTe, ¹²³Sn, ¹²⁴Sb, ¹²⁵Sb, ¹²⁵mTe, ¹²⁵Sb, ¹²⁵Sn, ¹²⁷Sb, ¹²⁷Te, ¹²⁹mTe, ¹²⁹Te, ¹³¹Ba, ¹³¹Cs, ¹³¹mXe, ¹³²Te, ¹³³Xe, ¹³³Ba, ¹³³mBa, ¹³³mXe, ¹³⁴Cs, ¹³⁵Cs, ¹³⁵mBa, ¹³⁶Cs, ¹³⁶mBa, ¹³⁷Ce, ¹³⁷Cs, ¹³⁷La, ¹³⁷mBa, ¹³⁷mCe, ¹³⁸La, ¹³⁹Ce, ¹⁴⁰Ba, ¹⁴⁰La, ¹⁴¹Ce, ¹⁴²Ce, ¹⁴³Ce, ¹⁴³Pr, ¹⁴³Pr, ¹⁴⁴Ce, ¹⁴⁴mPr, ¹⁴⁴Pr, ¹⁴⁵Pm,

¹⁴Sm, ¹⁴⁷Nd, ¹⁴⁷Pm, ¹⁴⁷Sm, ¹⁴⁸Pm, ¹⁴⁸Sm, ¹⁴⁹Pm, ¹⁴⁹Sm, ¹⁵¹Sm, ¹⁵²Eu, ¹⁵³Gd, ¹⁵³Sm, ¹⁵⁵Eu, ¹⁵⁶Eu, ¹⁶⁹Er, ¹⁶⁹Yb, ¹⁷⁰Tm, ¹⁷¹Tm, ¹⁷²Tm, ¹⁷⁵Hf, ¹⁷⁵Yb, ¹⁷⁶Lu, ¹⁷⁷Lu, ¹⁷⁷mLu, ¹⁸¹Hf, ¹⁸²Ta, ²⁰⁷Tl, ²⁰⁸Tl, ²⁰⁹Pb, ²¹⁰Pb, ²¹⁰Bi, ²¹⁰Pb, ²¹¹Bi, ²¹¹Pb, ²¹²Bi, ²¹²Pb, ²¹²Po, ²¹³Bi, ²¹³Po, ²¹⁴Bi, ²¹⁴Pb, ²¹⁴Po, ²¹⁵Po, ²¹⁶Po, ²¹⁷At, ²¹⁸Po, ²¹⁹Rn, ²²⁰Rn, ²²¹Fr, ²²²Rn, ²²³Ra, ²²⁴Ra, ²²⁵Ac, ²²⁵Ra, ²²⁶Ra, ²²⁷Ac, ²²⁷Th, ²²⁸Ac, ²²⁸Ra, ²²⁸Th, ²²⁹Th, ²³⁰Th, ²³¹Pa, ²³¹Th, ²³²Th, ²³³U, ²³⁴mPa, ²³⁴Pa, ²³⁴Th, ²³⁴U, ²³⁵U, ²³⁷U, ²³⁸U, ²³⁹Np, ²³⁹Pu.

Die Isotopen ⁴¹C, ⁴⁵Ca, ⁵⁵Fe und ¹⁴C stellen in der Aktivität den höchsten Anteil. Bei der Abschaltung dominieren aber nicht die erwähnten vier Isotopen, sondern die Aktivität von anderen Isotopen mit einer geringen Halbwertszeit, aber bereits einen Monat danach macht die Aktivität von ⁵⁵Fe und ⁴⁵Ca neunzig Prozent der Gesamtaktivität aus. In einer Zeitdistanz von ein bis zehn Jahren ist die Aktivität von ⁵⁵Fe die bestimmende, nach hundert Jahren – was wiederum nur für die Lagerungsanalyse von Bedeutung ist – ist die Aktivität von ⁴¹Ca die maßgebliche.

Merkmale der kontaminierten Stoffe

Die an den Oberflächen der kontaminierten technologischen Systeme bzw. Baustrukturen verhaftete Aktivität macht ca. ein Prozent der Gesamtaktivität aus.

Verschmutzung der technologischen System der Reaktorgebäude

Die vom Gesichtspunkt der radioaktiven Verschmutzung der Reaktorgebäude (01a; 201a) Verschmutzung der technologischen Systeme und der inneren Oberflächen sind auf Tabelle 9.5. angeführt.

Tabelle 9.5. Verschmutzung der technologischen Systeme der Reaktorgebäude (01a; 201a)

Systeme	Verschmutzung der inneren Oberflächen (kBq/cm ²)
Hauptwasserkreis, Systeme innerhalb des Reaktors	50-100
Autonome Wasserkreiskühlung FKSZ	20-75
Volumenausgleicher	50-100
Ölsysteme FKSZ	20-40
Behandlung und Regeneration des Borsäurebehandlers (Wasserklärung 2)	0-200
Reinigung des Wassers aus Ruhebecken und Umlagerungsbecken (Wasserklärung 4)	20-200
Laufende Klärung des Primärkreiswassers (Wasserklärung 1)	50-200
Intermediäre Kühlkreise im Reaktorgebäude	<0.0003
Kühlkreis Ruhe und Umlagerungsbecken	20-40
Großdrucknotkühlung ZÜHR und Hydroakkumulatoren, Kleindrucknotkühlung, Sprinklersystem, Tropfwassersammler ZÜHR	20-40
Ersatzwasser für Primärkreis, Borregulierungssystem	50-100
Sprinklersystem	20-40
Borverdampfungssystem	50-100
Wasserstoffverbrennung und spezielles Gasreinigungssystem, Probeentnahmesystem	20-200
Nebenkondensatsystem, Dekontaminierungsbecken und Lösungssystem	<0.0003

Sickerwasser	500-1000
Abwässerkanalisation	<20
Stahlverkleidung	<0.01
Barbituragekondensator	<0,0003
Abschlammssystem des Dampferwicklers	<0,0003
Technologischer Transport und Wartung	0,5-20
Belüftungssystem	0,01-1

Gesamtoberfläche der vor dem Abbruch zu dekontaminierenden Oberflächen ca. 9.000 m².

Die vom Gesichtspunkt der radioaktiven Verschmutzung der Behelfsgebäude (02; 202) Verschmutzung der technologischen Systeme und der inneren Oberflächen sind auf Tabelle 9.6. angeführt.

Tabelle 9.6. Verschmutzung der technologischen Systeme der Behelfsgebäude (02; 202)

System	Verschmutzung der inneren Oberflächen (kBq/cm ²)
Behandlung des aktiven Schmutzwassers	20-200
Reinigungssystem für Gase zum Abblasen der Behälter	20-200
Deponie für flüssige radioaktive Stoffe*	500-1000
Deponie für flüssige radioaktive Stoffe*	20-500
Entschlammung der Dampferwickler (Wasserklärung 5)	0,005-0,05
Reineskondensatsystem im Primärkreis	0,01-0,02
Probenentnahmesystem	Vernachlässigenswert
Spezielles Kanalisationssystem (Abwasser)	<20
Stahlverkleidungen	<0,01
Belüftungssysteme	<0,01-0,1

* aus Sicht der Oberflächenverschmutzung ist die Lagerstätte für radioaktiven flüssigen Abfall in zwei Teile geteilt

Gesamtoberfläche der vor dem Abbruch zu dekontaminierenden Oberflächen ca. 5.000 m².

Das Gesundheitslabor (0/) dient allen vier Blöcken. Die Verschmutzungsdaten der im Gebäude befindlichen technologischen Einrichtungen sind in Tabelle 9.7 zu finden.

Tabelle 9.7.: Verschmutzung der technologischen Systeme des Gesundheits- und Laborgebäudes (07)

System	Verschmutzung der Innenflächen [Bq/cm ²]

Waschraum- und Wasserklärsysteme	1-50
----------------------------------	------

Gesamtoberfläche der vor dem Abbruch zu dekontaminierenden Oberflächen ca. 70 m².

Da die technologischen Systeme des Gebäudes zur Aufarbeitung des radioaktiven Abfalls noch nicht fertiggestellt sind und auch eine Aufarbeitung noch nicht begonnen hat, wurden die Inputdaten gemäß den Daten der Tabelle 9.8. nur geschätzt.

Tabelle 9.8. Verschmutzung der Stoffe der im Gebäude zur Aufarbeitung radioaktiven Abfalls befindlichen Stoffe

System	Verschmutzung der Innenflächen [Bq/cm ²]
System zur Aufarbeitung des Abfalls	20-200

Gesamtoberfläche der vor dem Abbruch zu dekontaminierenden Oberflächen ca. 1.520 m².

Daten zur Oberflächenschmutzung der kontaminierten Gebäude

Die geschätzte durchschnittliche Verschmutzung der Oberflächen (Böden) der Gebäude nach Abschaltung des Reaktors in den einzelnen aktiven Gebäuden ist auf Tabelle 9.9., die verschmutzte Gesamtoberfläche der aktiven Gebäude auf Tabelle 9.10. auffindbar.

Tabelle 9.9. Geschätzte Durchschnittverschmutzung der Oberflächen von wichtigeren Gebäuden

Gebäude	Oberflächenverschmutzung
Reaktorgebäude – 01a, 201a	50
Behelfsgebäude – 01, 202	50
Gesundheits- und Laborgebäude – 07	2
Entlüftungsschornsteine – 100, 200	3
Gebäude zur Aufarbeitung radioaktiver Abfälle	10

Tabelle 9.10. Verschmutzte Gesamtoberfläche der aktiven Gebäude

	01a, 1a (m ²)	02,202 (m ²)	07 (m ²)	RHF Gebäude (m ²)	100, 200 (m ²)	Gesamt (m ²)
Rostfreie Oberflächen	49 200	5307	1000	30	-	55 537
Oberflächen mit Kohlenstoffstahl oder Epoxidharz	42 000	2570	0	75	-	44 645
Andere Oberflächen mit Epoxid	6 520	1200	50	1000	-	8770
Andere Oberflächen ohne Abdeckung	-	-	-	-	6400	6400
Summe	97 720	9077	1050	1105	6400	115 352

Isotopenzusammensetzung der kontaminierten technologischen Systeme und Gebäudeteile

Gemäß den radiochemischen Messungen ist die erwartete Isotopenzusammensetzung der kontaminierten Oberflächen der technologischen Systeme und Gebäudeteile wie folgt: ^3H , ^{14}C , ^{36}Cl , ^{41}Ca , ^{55}Fe , ^{54}Mn , ^{59}Fe , ^{58}Co , ^{59}Ni , ^{60}Co , ^{63}Ni , ^{90}Sr , ^{99}Tc , ^{110}mAg , ^{129}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U , ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Am , ^{243}Am , ^{244}Cm .

Im Zuge der Dosisberechnungen des Abbaus/Abrisses der kontaminierten technologischen Systeme und Gebäudeteile wurden von den obigen Isotopen nur die Isotopen ^{60}Co und ^{137}Cs in Betracht gezogen. Die für eine Strahlenbelastung in Innenräumen so wichtigen Alpha-Strahler wurden wegen der geringen Oberflächenkontamination und der geringen spezifischen Konzentration sowie wegen der verpflichtenden Verwendung von individuellen Schutzanzügen außer Betracht gelassen.

Auf die gesamte Betriebsstätte bezogenen Nuklidvektor

Wie bereits früher erwähnt steht eine Studie, die die genaue Isotopenzusammensetzung des Reaktors Paks bestimmen würde, noch nicht zur Verfügung, deshalb wird der sog. Nuklidvektor auf die gesamte Betriebsstätte bezogen erwartungsgemäß ähnlich jenen Werten sein, die nach der Auswertung der sechshundert Proben in den Primärkreisen der vier Blöcke des AKW Greifswald gemessen wurden:

- ^{60}Co – 17%
- ^{137}Cs – 2%
- ^{55}Fe – 71%
- ^{63}Ni – 10%.

Daten zur Dosisleistung in einzelnen Raumgruppen

Das Strahlungsniveau wurde für Räume und Räumlichkeiten nach folgenden Umständen festgelegt:

- Aktivität des gegebenen technologischen Systems,
- dichter Verschluss der Einrichtungen, was die Oberflächenverschmutzung der Räumlichkeiten beeinflusst

Die Klassifizierung der kontaminierten Gebäude erfolgte nach der gegenwärtigen Vermessung der Strahlungssituation. Die Klassifikation der Räumlichkeiten nach ihrem Strahlungsniveau ist unter Tabelle 9.11. zu finden.

Tabelle 9.11.: Klassifikation der Räumlichkeiten nach Strahlungsniveau bei Normalbetrieb des Kraftwerks

Kategorie	Dosisleistung im Normalbetrieb	
	Durchschnitt [$\mu\text{Gy/h}$]	Maximal [$\mu\text{Gy/h}$]
1	1	25
2	100	1.000
3	1.000	6.500

Nach Betriebsabschaltung, während des Abbaus ging die durchschnittliche wie die maximale Dosisleistung zurück.

In den Räumlichkeiten der Behelfsgebäude erster Kategorie geht die Dosisleistung infolge der Aufarbeitung der im Rahmen des Betriebs angehäuften Abfälle um zwei Größenordnungen zurück (in der Phase der Betriebseinstellung.)

Bei Beginn des Abbaus wird die Oberflächenverschmutzung dieselbe sein als zur Zeit des Betriebs – in allen Raumkategorien. Bei der Dosisberechnung ist die durch die Entleerung der radioaktiven Stoffe und dem Zerfall der radioaktiven Stoffe eingetretene Dosisleistungsminderung bereits berücksichtigt. Sofern dieser Wert

unbekannt ist, wurde bei den Berechnungen eine durchschnittliche Ausgangsdosisleistung von $20\mu\text{Gy/h}$ angenommen.

Angaben bezüglich des Transports

Letzte Tätigkeit der Abfallentsorgung ist der Abtransport der konditionierten nichtkontaminierten/kontaminierten Abfälle, was wie folgt geschehen kann:

- in örtliche Mülldeponien, wohin die nicht weiterverwertbaren inaktiven Abfälle transportiert werden können,
- in Sammelstellen, wo nur wiederverwertbare inaktive Abfälle entgegengenommen werden, die mit der Vermittlung der Sammelstellen bei anderen Firmen zur Wiederverwertung gelangen,
- in "äußere" Gießereien – wohin ausschließlich inaktive Metallabfälle transportiert werden, die die Voraussetzungen bezüglich der Emissionswerte erfüllen und die wiederverwertet werden können,
- in unterirdische Deponien, wohin in Containern untergebrachte, in ihre endgültige Form konditionierte geringfügig und mittel radioaktive Abfälle gebracht werden,
- in tiefegeologische Deponien, wohin zur Oberflächenlagerung ungeeignete, in Containern untergebrachte, in ihre endgültige Form konditionierte hochradioaktive Abfälle gebracht werden.

Materialtransport in örtliche Müllsammelstätten

Die angenommene Entfernung der örtlichen Müllsammelstätte beträgt fünfzehn Kilometer. Transportmittel sind Sattelschlepper für dreißig Tonnen. Die benötigte Zeit (3,5 Stunden) setzt sich aus Beladung (1,25 Stunden), Entladung (1,25 Stunden) und Transport (1 Stunde) zusammen. Arbeitskraftbedarf: zwei Personen.

Materialtransport in Metallsammelstellen/Gießereien außerhalb der Betriebsstätte

Der Transport der unterschiedlichen Metalle wird mit Eisenbahnwaggons für fünfzig Tonnen geschehen. Die Entfernung der Gießerei beträgt nach konservativen Schätzungen ca. 45 Kilometer. Der Arbeitsbedarf für die Beladung macht 2,5 Stunden aus, Arbeitskraftbedarf: drei Personen.

Materialtransport in Gießereien außerhalb der Betriebsstätte

Der Transport der unterschiedlichen Stahlsorten wird mit Eisenbahnwaggons für fünfzig Tonnen geschehen. Die Entfernung der Gießerei beträgt nach konservativen Schätzungen ca. dreihundert Kilometer. Der Arbeitsbedarf für die Beladung macht 2,5 Stunden aus, Arbeitskraftbedarf: drei Personen.

Radioaktiver Materialtransport in unterirdische Deponien

Die in Containern konditionierten gering und mittelaktiven radioaktiven Abfälle müssen in unterirdische Deponien transportiert werden. Transportmittel sind Kraftwägen für dreißig Tonnen mit Anhängern. Transportentfernung hin und zurück ca. 120 Kilometer. Ein Transport bedeutet zwei Container. Die für die Tätigkeit benötigte Zeit (4,5 Stunden), setzt sich aus Beladung (0,75 Stunden), Entladung (0,75 Stunden) und Transport (3 Stunden) zusammen. Arbeitskraftbedarf bei Be- und Entladung: fünf, beim Transport zwei Personen.

Radioaktiver Materialtransport in tiefegeologische Deponien

Die hochaktiven Abfälle für tiefegeologische Deponien werden in Containern konditioniert. Transportmittel sind Kraftwägen für dreißig Tonnen mit Anhängern. Transportentfernung hin und zurück ca. 240 Kilometer. Ein Transport bedeutet zwei Container. Die für die Tätigkeit benötigte Zeit (7,5 Stunden), setzt sich aus Beladung (0,75 Stunden), Entladung (0,75 Stunden) und Transport (6 Stunden) zusammen. Arbeitskraftbedarf bei Be- und Entladung: fünf, beim Transport zwei Personen.

Eventueller Transport des Betonschutts außerhalb der Betriebsstätte

Wegen des hohen Anteils an Betonschutt muss erwähnt werden, dass in dem Vorausplan zur Demontage die eventuelle Verwertung des gestoßenen, inaktiven Betons besonders erwähnt wird. In diesem Fall würde der Transport die Käufer belasten. Sofern es aber keinen Bedarf für den Betonschutt gibt, so wird mit diesem jene Teile des inaktiven Gebäudes aufgefüllt, die unter einem Niveau von -1 Meter nicht zum Abriss gelangen, bzw. die chemischen Becken und der Kalt- bzw. der Warmwasserkanal.

Weitere wichtige Daten für die Berechnung

Durchschnittlicher nichtproduktiver Arbeitszeitanteil in der kontrollierten Zone: zwanzig Prozent der Arbeitszeit

Durchschnittlicher nichtproduktiver Arbeitszeitanteil in freien Zone: neun Prozent der Arbeitszeit

Die Abhängigkeit des Faktors, der die Arbeitszeitkapazitäten erhöht, von der Dosisleistung zeigt Tabelle 9.12..

Tabelle 9.12.: Abhängigkeit des Faktors, der die Arbeitszeitkapazitäten erhöht, von der Dosisleistung

Dosisleistung [$\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$]	<2	2-20	20-200	200-2.000	>2.000
Erhöhungsfaktor	1,0	1,4	2,0	4,0	6,0

9.3. Prozess und Phaseneinteilung der Demontage gemäß Vorausplan

9.3.1. Merkmale der ausgewählten Strategie

Die Auswahl der Demontagemöglichkeiten erfolgte aufgrund folgender Begründungen:

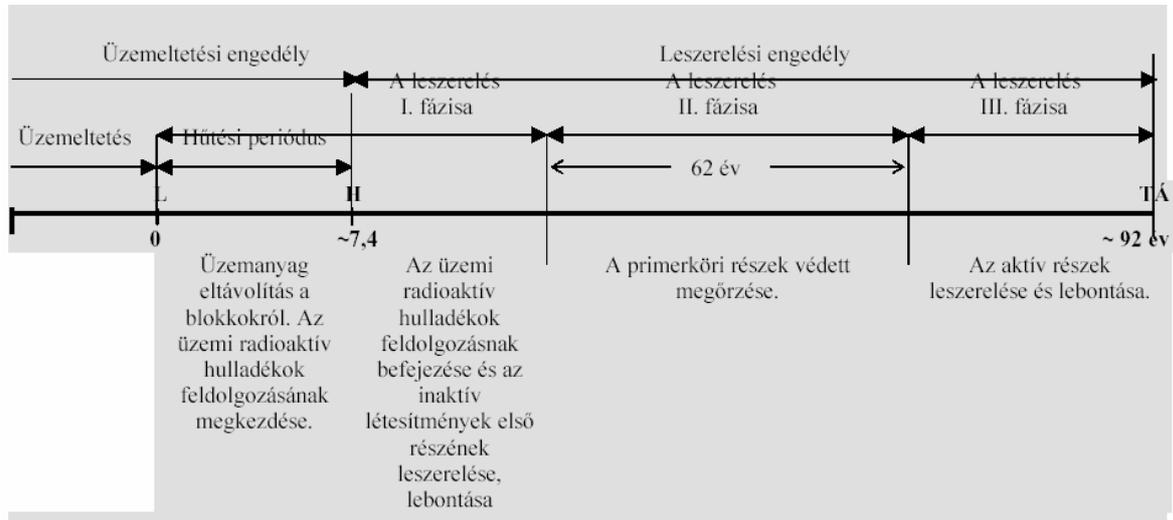
- es muss die günstigste von allen in Hinkunft umzusetzenden Demontagemöglichkeiten ausgewählt werden,
- die miteinander zu vergleichenden Varianten müssen sich voneinander in einem Maß unterscheiden, dass die Wirkung der einzelnen Maßnahmen und deren Zeitbedarf bezüglich der charakteristischen Daten des Abbaus vergleichbar sind: wie zum Beispiel Kostenbedarf, technische Dienstleistungen, Sicherheitsstandpunkt, Notwendigkeit von endgültigen Deponien und deren Art,
- die ausgewählten Varianten sollen sich in ihrem Realisierbarkeitszeitbedarf, bezüglich der Menge des anfallenden radioaktiven Abfalls und der technischen und finanziellen Mittel voneinander unterscheiden. Dies ermöglicht, dass man im späteren die dem gegebenen Bedarf (Technik, Finanzen, Sicherheit) in der am ehesten entsprechenden und naheliegenden Variante für die Umsetzung auswählen kann.

Die drei grundlegenden Demontagevarianten sind demnach folgende:

1. sofortige Demontage,
2. verschobene Demontage, mit geschützter Bewahrung der Reaktoren für fünfzig (oder optional siebzig, hundert) Jahre,
3. verschobene Demontage mit geschützter Bewahrung des gesamten Primärkreises für siebzig Jahre.

Die im Falle der siebenjährigen Bewahrungsfrist gegebene Möglichkeit einer geringeren Einzahlung in den Fonds der KNP sowie die Vorteile, die sich aus der radioaktiven Spaltung ergeben, wurde beschlossen, dass Kraftwerk nach der Variante 3 zu demontieren. Die Hauptprozesse der ausgewählten Variante zeigt Abbildung 9.1.

Abbildung 9.1.: Präsentation der ausgewählten Demontagevariante



Betriebszulassung			Demontagezulassung	
		I. Phase der Demontage	II. Phase	III. Phase
Betrieb	Abkühlung			
	Entfernung des Brennstoffes aus dem Block, Beginn der Aufarbeitung des radioaktiven Abfalls	Abschluss der Aufarbeitung des radioaktiven Abfalls, und Abriss des ersten Teils der inaktiven Einrichtungen	Geschützte Bewahrung des Primärkreises	Abriss und Demontage der aktiven Teile

Das charakteristische Merkmal dieser Variante ist die geschützte Bewahrung des Primärkreises.

Unter Meilenstein H werden die ausgebrannten Brennstoffkassetten aus dem Block entfernt, ein Teil des radioaktiven Abfalls wird aufgearbeitet. Diese Variante unterscheidet sich in einem gewissen Maß von den anderen. In der ersten Phase der Demontage kommt es nicht zu einer Dekontamination des Primärkreises, es werden auch keine aktiven Teile demontiert. Die restlichen radioaktiven Stoffe werden aufgearbeitet, es kommt zu baulichen Verbesserungen (bauliche Bewahrung), das Maschinenhaus wird demontiert und abgerissen. Die Einrichtungen werden dem Phaseneinteilungsplan entsprechend geschlossen. Nach der Schließung der Einrichtungen werden diese regelmäßig bezüglich ihrer Umweltbelastung kontrolliert. Nach Ablauf der Schutzfrist werden die noch bestehenden Gebäude abgerissen bzw. demontiert und die Betriebsstätte für eine andere Tätigkeit übergeben. Diese Variante ist als eine unterbrochene Demontage zu bezeichnen.

Die aufgeschobene Demontage mit geschützter Bewahrung des Primärkreises ist mit folgenden Tätigkeiten zu charakterisieren:

I. Abrissphase

- Aufarbeitung der betrieblichen radioaktiven Abfälle, Abtransport in Deponien
- Transport der ausgebrannten Brennstoffkassetten in die KKÁT-Deponie,
- Entfernung der Betriebsstoffe,
- 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

II. Abrissphase

- Kraftwerksteile, die radioaktive Stoffe und Einrichtungen enthalten bleiben verschlossen, Schleusen, die eine Emission verhindern, müssen gewartet werden

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

Die Materialmengen, die in den einzelnen Demontagephasen der ausgewählten Variante zum Tragen kommen, sind unter den Tabellen 9.13. bis 9. 16 dargestellt.

Tabelle 9.13.: In Phase I demontierte Stoffe technologischen Ursprungs

Technologische Einrichtungen	Menge (t)
Maschineneinrichtungen (rostfrei)	80
Maschineneinrichtungen - Kohlenstoffstahl	39.828
Andere	6.761

Tabelle 9.14.: In Phase I demontierte Baustoffe

Gebäudeteil	Menge
Beton	86.390 m ³
Eisenbeton	57.880 m ³
Betoneisen	5.920 t
Stahl	9.052 t
Vorfabrizierte Elemente	10.780 t
Wand	28.112 m ³
Umfassungsmauern – Stahl	–
Umfassungsmauern – Platten	43.200 m ³
Metallabdeckung – Kohlenstoffstahl	–
Metallabdeckung – rostfrei	–
Hermetische Schleusentore	–
Spezielle Kanäle	–
Anderes	32.838 t

Tabelle 9.15.: In Phase II demontierte Stoffe technologischen Ursprungs

Technologische Einrichtungen	Menge (t)
Maschineneinrichtungen (rostfrei)	18.213
Maschineneinrichtungen - Kohlenstoffstahl	21.781
Andere	23.729

Tabelle 9.16.: In Phase II demontierte Baustoffe

Gebäudeteil	Menge
Beton	30.583 m ³
Eisenbeton	345.945 m ³
Betoneisen	59.113 t
Stahl	15.018t
Vorfabrizierte Elemente	37.990 t
Wand	27.693 m ²
Umfassungsmauern – Stahl	7.600
Umfassungsmauern – Platten	57.060 m ³
Metallabdeckung – Kohlenstoffstahl	2.049 t
Metallabdeckung – rostfrei	1.733 t
Hermetische Schleusentore	2.001 t
Spezielle Kanäle	111 t
Anderes	4.681 t

9.3.2. Die zur Demontage benötigten Einrichtungen und Technologien

Zur Durchführung der ausgewählten Demontagevariante wird es notwendig sein, zahlreiche Investitionen durchzuführen.

Unter den größeren Posten: Selbstlaufender Kran, Schneidegerät mit Hochdruckwasserstrahl, Diamantbetonbohrer, automatischer Luftkompressor, Raupenkettensbuldozzer, Exkavator mit Abrisshammer, Stapelgerät, Abrisskugel, allgemeine sicherheitstechnische und Wartungsgeräte für einen langfristigen Schutz – physische Monitoringsysteme (Kameras), Spezialeinrichtungen zur Dekontamination für große oder untypische Einrichtungen (Behälter usw.), drei Kilometer Zaun, Manipulator zur Zerstückelung des Reaktors, Schutzkleidung und spezielles Werkzeug zur Demontage von Asbest, Meißelmaschine, Bruchmaschinen, Einrichtungen zur Dekontamination mit Hochdruckwasserstrahlen, Einrichtungen zur Dekontamination mit halbtrockener Elektrolyse, Dekontaminationsgeräte für nach der Demontage, Geräte zur Dekontamination von Kabeln, spezielle Zerschneidegeräte für den Reaktor, Gießerei für die Betriebsstätte, Wiederverwertungsmaschinen für Bauschutt, Miete für Wiederverwertungsmaschinen für Bauschutt, neue Wärmezentrale, neue Deponie für toxischen Abfall.

9.3.3. Zeitbedarf der Demontage

Die Demontage des Kraftwerkes – ohne Berücksichtigung einer Betriebszeitverlängerung – beginnt 2013 mit der Stilllegung von Block 1 und wird 2104, nach 92 Jahren beendet. Die erste Phase der Demontage dauert bis 2022. Die auf die ganze Betriebsstätte bezogene II. Phase (die Bewachung der Teile des Primärkreises) kommt 2104, also nach 62 Jahren zu einem Abschluss. (Die Bewachung des Primärkreises dauert bei allen Blöcken siebenzig Jahre, aber unter Betracht des realen Stilllegungszeitpunktes der Blöcke beträgt das Zeitintervall zwischen dem Abtransport der ausgebrannten Brennstäbe aus Block 4 und der Demontage von Block 1 nur 62 Jahre).

Unter Einbezug der Betriebszeitverlängerung beginnt der Abbau von Block 1 2033 und wird 2124 abgeschlossen. Die auf die ganze Betriebsstätte bezogene II. Phase (die Bewachung der Teile des Primärkreises)

kommt 2104, also nach 62 Jahren zu einem Abschluss. (Die Bewachung des Primärkreises dauert bei allen Blöcken siebzig Jahre, aber unter Betracht des realen Stilllegungszeitpunktes der Blöcke beträgt das Zeitintervall zwischen dem Abtransport der ausgebrannten Brennstäbe aus Block 4 und der Demontage von Block 1 nur 62 Jahre).

9.3.4. Arbeitskraftbedarf der Abbrucharbeiten

Die Zeitabhängigkeit der ausgewählten Abbruchvariante, die dafür notwendigen Arbeitsstunden und die Zahl der benötigten Arbeiter wurde festgelegt. Die durchschnittliche Zahl der Arbeiter hat in zwei Fällen einen Maximalwert: 2020 (zwischen 2013 und 2022), bzw. bei den betriebszeitverlängerten Blöcken zwischen 2033 und 2044 beträgt der durchschnittliche Personalstand 1.134, 2095 (zwischen 1082 und 2103), bzw. 2115 1.044 Personen. In den 62 Jahren zwischen den tatsächlichen Demontearbeiten erreicht der notwendige Personalstand keine vierzig Personen.

9.3.5. Weitere Nutzung der Betriebsstätte

Unter den strategischen Zielen der Demontage sind auch Vorstellungen bezüglich einer weiteren Nutzung der Betriebsstätte anzuführen. Die Betriebsstätte des AKW ist ein außerordentlich wertvolles Industriegebiet, die im Besitz der AKW Paks AG steht – bei den Berechnungen des KNP-Fonds ("Zentraler Nuklearer Finanzfonds") ist eine gemeinsam mit der Übergabe der Betriebsstätte erfolgender Ankauf dieser durch die RHK Kht. für den ungarischen Staat nicht in Erwägung gezogen.

Im Falle der Anwendung der ausgewählten Variante würden die Abbautätigkeiten einer Absicht des Besitzers, die Betriebsstätte (Investitionsareal) zum Zweck der Produktion elektrischer Energie zu nutzen, nicht im Wege stehen.

9.4. Strahlenschutzkontrolle während des Abbaus

9.4.1. Strahlenschutzsysteme für die unterschiedlichen Tätigkeiten während des Abbaus

Das Konzept für den Strahlenschutz beim Abbau des Kraftwerkes wird sich aus der im Zuge des Normalbetriebes angewandten Strahlenschutzkontrollsysteme ergeben.

Der Aufbau des bestehenden Strahlenschutzes schaut wie folgt aus:

- Kontrolle mittels installierter Strahlenschutzkontrollen,
- Strahlenschutz über Probeentnahmen,
- persönliche dosimetrische Kontrollen.

Es ist anzunehmen, dass diese Strahlenschutzsysteme wegen des langen Demontagezeitraumes des öfteren veralten werden, die – vielleicht sogar öfters – durch neue, dem technischen Niveau der Zeit entsprechende Systeme ersetzt werden müssen – immer mit der Genehmigung der entsprechenden Behörden. Unter den Kosten ist dieser mehrmalige Austausch der Geräte berücksichtigt.

Installierte Strahlungsschutzsysteme

Das installierte Strahlungsschutzsystem besteht aus folgenden Teilen:

- Strahlungsschutzsysteme der Arbeitsplätze und der technologischen Systeme
- Emissions- und Umweltkontrolle
- Strahlungsschutztore an der Grenze der kontrollierten Zone

Strahlungsschutzsysteme der Arbeitsplätze und der technologischen Systeme

Die Strahlungsschutzsysteme der Arbeitsplätze und der technologischen Systeme im Hauptgebäude und den Nebengebäuden dienen der Kontrolle von

- Messung der Gammadosisleistung im Bereich des Betriebs,
- Kontrolle der Aktivitätskonzentration der Edelgase und Aerosol in den festgelegten Räumlichkeiten der kontrollierten Zone,
- Messung der Gammadosisleistung innerhalb der kontrollierten Zone,
- Festlegung der Strahlungsparameter der technologischen Systeme,
- Kontrolle der Aktivitätskonzentration der zur Emission gelangenden Flüssigkeiten

Das Ausmaß der Systeme (die Zahl der Messkanäle) wird sich laufend verändern – im Hinblick auf die Demontage- und Abrissarbeiten und die damit verbundenen Tätigkeiten.

Emissions- und Umweltkontrolle

Aufgabe der installierten Emissions- und Umweltkontrolle ist es, dass das Kraftwerk in allen Betriebszuständen die entsprechenden und zuverlässigen Messdaten zur Beurteilung der Umweltsituation liefern kann, damit die nötigen Maßnahmen getroffen werden können.

Strahlungsschutztore

Die Strahlungsschutztore sind ebenfalls Teil des sog. installierten Strahlungsschutzsystems. Sie dienen der der Ausweisung der radioaktiven Oberflächenverschmutzung der in der kontrollierten Zone arbeitenden Menschen im Fall der Betaeilchen emittierenden Radioisotopen und zeigen die lokalen Werte an.

Probenentnahmen zur Strahlungsschutzkontrolle

Die im Rahmen der Emissionskontrolle mit Probeentnahmen dienen die der Luft und Flüssigkeiten entnommenen Proben der Präzisierung der Messungen der Daten liefernden Fernmessgeräte unter Einbeziehung sensibler Messtechniken im Labor.

Dosimetrische Kontrollen an Personen

Die dosimetrischen Kontrollen an Personen erfolgen im Verlauf der Demontage des Kraftwerks denselben Prinzipien wie im Normalbetrieb – entsprechend den gerade gültigen rechtlichen Regelungen.

9.4.2. Merkmale des Strahlenschutzes während der Abbauphasen

Bezüglich der Dosisbelastung am Menschen sind im Verlauf der Demontage folgende Tätigkeiten maßgeblich:

- Beendigung des Betriebes,
- Entfernung der ausgebrannten Brennstäbe aus dem Block,
- Dekontaminierung,
- Abbau,
- Behandlung und Konditionierung des anfallenden radioaktiven Mülls.

Die Durchführung der obigen Tätigkeiten kann zu einer Bestrahlung der Arbeiter führen, was die Hauptquelle einer persönlichen Bestrahlung ist. Die andere Quelle – Einatmen von Quellen – ist vernachlässigenswert, weil die Arbeiter mit Schutzanzügen (Atemschutz) ausgestattet sein werden. Das qualitative Maß der

Strahlungsbelastung des Personals ist die kollektive Dosis, die die Summe aller Personendosen ist, die im Laufe der Tätigkeiten bei der Demontage anfallen.

Die Dosisberechnungen der kollektiven Dosis bezüglich der in den einzelnen Phasen ausgeführten Tätigkeiten in der ausgewählten Demontagevariante enthalten die Tabellen 9.17. bis 9.19.

Tabelle 9.17.: Zu erwartende kollektive Dosis in der I. Phase des Abbaus

Art der Tätigkeit	Kollektive Dosis (Person.Sv)
Vorbereitungsarbeiten	0,02
Abbruchmanagement und Unterstützung	0,21
Abschluss des Betriebs	2,25
Behandlung des radioaktiven Mülls	0,02
Gesamt	2,5

Tabelle 9.18.: Zu erwartende kollektive Dosis in der II. Phase des Abbaus

Art der Tätigkeit	Kollektive Dosis (Person.Sv)
Geschützte Bewachung und Wartung	0,06
Gesamt	0,06

Tabelle 9.19.: Zu erwartende kollektive Dosis in der III. Phase des Abbaus

Art der Tätigkeit	Kollektive Dosis (Person.Sv)
Abbruchmanagement und Unterstützung	0,02
Dekontamination vor Abbruch	0,01
Abbruch	21,5
Dekontamination nach Abbruch	1,52
Dekontamination der Gebäude	0,06
Behandlung der radioaktiven Abfälle	1,63
Gesamt	≈ 24,74

Die kollektive Dosis des Personals beträgt für den gesamten Zeitraum 27,3 Personen.Sv. Die Spitzenwerte der jährlichen kollektiven Dosis sind bei Tätigkeiten, die mit einer hohen Dosisbelastung einhergehen zu erwarten – wie Dekontamination, Abriss der Primäreinrichtungen und der Aufarbeitung des radioaktiven Mülls.

9.4.3. Aerosol- und flüssige Emissionen

Die die Umweltauswirkungen des Abbruch bestimmenden Faktoren sind:

- Ausbreitung der Einrichtungen und deren Betriebsart in der kontrollierten Zone,
- Zeitspanne zwischen Abschluss des Reaktorbetriebs und dem Beginn der Demontage,
- Effizienz der durchgeführten Dekontaminierung,
- Ausmaß der Abbrucharbeiten, Art und Weise und der Prozess der Demontearbeiten,
- Dekontaminierung der Oberflächen und die zur Sammlung des entstandenen Abfalls benutzten Mittel,
- Art und Weise der Abfallentsorgung,
- Filtrierungseffizienz der Belüftungssysteme.

Quelle der bei Beginn des Abbruch potenziell über die Schornsteine in die Umwelt gelangenden Aerosole:

- Behandlung und Aufarbeitung der flüssigen Stoffe der technologischen Systeme,
- Fallweise Dekontaminierung der Außenoberflächen,
- Demontage der in der kontrollierten Zone befindlichen Einrichtungen.

Diese Tätigkeiten können zur Entstehung von Aerosolen beitragen. Da die Demontage mit den weniger verschmutzten Systemen beginnt, ist am Beginn die Aktivität der Aerosole sehr gering. Was die Menge der Aerosole betrifft, ist die Methode der Aufspaltung die entscheidende: Bei mechanischen Schnitten (Sägen und Verkleinerung) entstehen weniger Aerosole als bei Feuerschnitten (Azethylen-Sauerstoff und Plasmaschnitt).

Bei der Zerstückelung stark verseuchter Einrichtungen wird die Anwendung von hocheffizienten, mobilen Absauge- und Filtergeräten ausgegangen, um die Emission verseuchter und nichtverseuchter Aerosole zu minimieren. Die geschätzte Effizienz radioaktive Aerosole zu binden beträgt 99,99 Prozent.

Die Behandlung von radioaktiven Stoffen bedeutet ebenfalls eine potenzielle Quelle radioaktiver Aerosole – in erster Linie bei der Behandlung und Konditionierung der abmontierten Materialien. Selbst dann, wenn die Arbeitsstätten mit sehr guten Belüftungssystemen ausgestattet sind, muss mit einer gewissen Emission radioaktiver Aerosole über die Schornsteine gerechnet werden.

Alle anderen Tätigkeiten im Zusammenhang mit der Entstehung und Aufarbeitung radioaktiver Stoffe können zur Entstehung und Emission von Aerosolen führen.

Es ist zu betonen, dass sich die Aktivitätswerte der Emissionen von Aerosolen und Flüssigkeiten auf Schätzungen beziehen und sehr eng mit der ausgewählten Technologie im Zusammenhang stehen – die tatsächlichen Werte damit von den gegebenen abweichen können.

Die Hauptquelle der Emissionen von Aerosolen und Flüssigkeiten sind die Dekontaminierung vor Demontage, die Demontage der aktiven Einrichtungen nach der Dekontaminierung und dem Ausbau, die Aufarbeitung des radioaktiven Abfalls.

9.5. Die geschätzten Mengen des radioaktiven und inaktiven Abfalls aus der Demontage

9.5.1. Radioaktiver Müll

Merkmale der Kategorisierung von radioaktivem Müll

Im Zuge des Vorabplanes zur Demontage wurden die unten dargestellten Entsorgungs- und Abfallbehandlungskriterien in Betracht gezogen:

Die aus der Demontage stammenden Metalle:

- Im Falle einer Emission in die Umwelt:

- Oberflächenbeta- und -gammaverschmutzung $<0,3 \text{ Bq/cm}^2$,
- Oberflächenalphaverschmutzung $<0,03 \text{ Bq/cm}^2$
- Spezifische Beta- und Gammaaktivität $<100 \text{ Bq/cm}^2$
- Im Falle der Einschmelzung muss die spezifische Aktivität geringer als 75 kBq/kg sein, im Falle der Komprimierung zwischen 75 kBq/kg und 2 MBq/kg sein
- Die Metalle mit einer spezifischen Aktivität von mehr als 2 MBq/kg müssen nach der Zerlegung in Fässern bzw. Containern gelegt werden und in – unter Verwendung von inaktivem Wasser angefertigten – Zement eingebunden werden.

Die aus dem Abriss stammenden Stoffe:

- bei Beton und Böden
 - können jene Stoffe, deren spezifische Aktivität unter 100 Bq/kg liegt, zur freien Verwendung freigegeben werden,
 - Stoffe, verseuchte Böden und Betonschutt mit einer spezifischen Aktivität zwischen 10 und 10.000 Bq/kg müssen auf der (abgesonderten) Betriebsstätte des Kraftwerkes, in einer geschützten Abfalldeponie gelagert werden,
 - Stoffe mit einer spezifischen Aktivität höher als 10.000 Bq/kg müssen in Fässern untergebracht werden, die Fässer wiederum in Container zur endgültigen Lagerung platziert werden.
- Elektrokabel
 - Kabel außerhalb der kontrollierten Zone können als inaktives Material behandelt werden,
 - Kabel aus der kontrollierten Zone, deren Oberflächenverschmutzung geringfügiger ist als $0,3 \text{ Bq/cm}^2$, können in die Umwelt entlassen werden,
 - Kabel aus der kontrollierten Zone, deren Oberflächenverschmutzung höher als $0,3 \text{ Bq/cm}^2$ ist, muss als radioaktives Material konditioniert werden. Die Isolation der Kabel ist zu entfernen, sie sind zu zerstückeln und so als Metall zu verwerten. Die verseuchte Isolierung wird in Fässern, danach in Containern endgültig gelagert.

Methoden zur Behandlung von radioaktivem Abfall

Die in Betracht gezogenen Methoden zur Behandlung von radioaktivem Müll sind:

- Verdampfung der Flüssigkeiten,
- Zementierung von kompaktierten Material und der Ionenaustauscharze,
- Komprimierung unter geringem Druck,
- Zerstückelung der Metalle,
- Wiederverwertung der Kabel,
- Superkompaktierung,
- Einschmelzen.

Die konditionierten Endprodukte zeigen sich vor der endgültigen Lagerung in unterirdischen Deponien wie folgt:

- Fässer – zementierte Produkte, einige Stoffe ohne Superkompaktierung,
- Superkompaktorendprodukte,
- Ohne Verpackung – Barren nach Einschmelzung, Betonschutt, große Metallstücke.

Container und Fässer zur Verwendung in unterirdischen bzw. tiefengeologischen Deponien

Die Abfälle müssen hinsichtlich ihrer Form in Container bzw. Fässer getan werden – sowohl im Fall eines Transports in unterirdische Deponien als auch in jenem eines Transports in tiefengeologische Deponien. Das "freie" Volumen dieser muss mit Zement aufgefüllt werden.

Zum Zweck der Abbauplanung wurde 2001 ein sechs Fässer fassender Stahlcontainer ausgewählt, mit einer Wanddicke von 20 mm, der sowohl in den unterirdischen als auch den tiefengeologischen Deponien zur Anwendung kommen soll.

In einem Container können sechs Fässer oder 22 bis 26 Superkompaktorprodukte untergebracht werden. Der Container wird mit lockerem (unverpacktem) Abfall angefüllt, die maximale Füllmenge beträgt 13 Tonnen (im Falle eines effektiven Volumens von 2,6 m³ für die Masse des Abfalls und des Betonfüllmaterials.).

Mengenmerkmale des radioaktiven Abfalls**Abfall hoher Aktivität**

Die Aktivität und Dosisleistung der aus den Teilen um die aktive Zone des Reaktors entnommenen Teile bzw. die im Zuge des Betriebs des Kraftwerks aus dem Reaktor entnommenen aktivierten Ersatzteile (Absorbenten der Steuerkassetten, intermediäre Stangen, Thermoelemente) wird auch nach der geschützten Aufbewahrungsperiode nicht zu vernachlässigen sein und wegen der noch immer in ihnen aufzufindenden außerordentlich hohen Aktivität werden diese Abfälle auch nach Abschluss der geschützten Periode als Abfall hoher Aktivität zu behandeln sein.

Die aus dem Reaktor entnommenen aktivierten Ersatzteile werden in der kontrollierten Zone, als Ausbau gesondert in abgetrennten Lagerungsbrunnen untergebracht. Zu ihrer Entfernung kommt es erst bei der endgültigen Demontage des Kraftwerks.

Wie bereits erwähnt wurden konkrete Berechnungen bezüglich des AKW Paks noch nicht angestellt, aber wegen der physikalischen Gesetzmäßigkeiten ähneln sich die in der internationalen Fachliteratur angeführten Ergebnisse in ihrem Charakter sehr stark – unabhängig von der Leistung des Reaktors, der Einstrahlzeit. Aus den konkreten Berechnungen des 254 MW Reaktors in Lingen, der nach einer Betriebszeit von elf Jahren stillgelegt wurde, ist zum Beispiel ersichtlich, wie die Gesamtaktivität des Reaktors in Abhängigkeit von der Zeit zurückgeht. Als Ergebnis dieser Berechnungen wird die Gesamtaktivität nach siebzig Jahren um ca. eine Größenordnung reduziert. Im Zusammenhang mit der Dosisleistung ist festzustellen, dass nach einer siebzehnjährigen Beschützung diese um ca. drei Größenordnungen sinken wird.

In Anbetracht des oben gesagten darf der hochaktive Abfall – dessen Materialvolumen nach Schätzungen unaufgearbeitet ca. 66 m³ beträgt – nur in tiefengeologischen Deponien untergebracht werden. Anbetracht dessen, dass es sich hier um verhältnismäßig große Metallstücke handelt, ist im Zuge der Zementierung mit einer Vergrößerung dieses Volumens um das 2,3-fache zu rechnen. Weiters die Volumen der Container berücksichtigend ist die geschätzte Menge hochaktiven Mülls, der in tiefengeologischen Deponien untergebracht werden muss, in Tabelle 9.20. dargestellt.

Tabelle 9.20.: Volumen des in tiefengeologischen Deponien unterzubringenden hochaktiven Mülls nach Aufarbeitung

	Menge
Zahl der Container für tiefengeologische Deponien	67 Stück
Netto (Innen-)Volumen der in tiefengeologischen Deponien unterbrachten Container	174,3 m ³
Volumenbedarf der in tiefengeologischen Deponien unterbrachten Container Brutto-(Außen-)Volumen der Container	247 m ³

Abfälle geringfügig oder mittlerer Aktivität

Ein Großteil der bei den Abrissarbeiten anfallenden flüssigen Abfälle geringer oder mittlerer Aktivität entsteht bei den unterschiedlichen Dekontaminierungsarbeiten. Außer den Dekontaminierungsabwässern entstehen auch in den Duschen und Waschanlagen radioaktive Gewässer. Diese flüssigen Abwässer werden unter Anwendung einer heutigen Technologie bis zu 400g/l komprimiert, diese dann einzementiert.

Die festen Abfälle geringer oder mittlerer Aktivität sind metallische oder nichtmetallische Abfälle bei denen es sich nicht auszahlt das Freigabekriterium zu erreichen bzw. dieses auch technisch nicht erreicht werden kann. Das Freigabekriterium kann zum Beispiel in jenen Fällen nicht erreicht werden, wo die Rohre kleinen Durchmessers mit hydraulischen Scheren geschnitten werden, weil im Zuge des Schnitts die Rohre an den Schnittstellen zusammengepresst werden und man sie daher nicht dekontaminieren kann, weil die Dekontaminationslösung in den Rohren verbleibt. Die Frage der Wirtschaftlichkeit bezieht ebenfalls auf diese kleinen Rohre. Die bisherige internationale Praxis zeigt, dass es wirtschaftlicher ist, diese zusammenzupressen und in Deponien zu lagern, als sie eventuell zu dekontaminieren.

Die Gesamtmenge des primären und sekundären radioaktiven Abfalls geringer oder mittlerer Aktivität vor der Aufarbeitung zeigt Tabelle 9.21.

Tabelle 9.21.: Menge des primären und sekundären radioaktiven Abfalls geringer oder mittlerer Aktivität vor der Aufarbeitung

Abfallart	Menge
Flüssiger radioaktiver Abfall vor Verdickung	87.302 m ³
Verdickungen 400g/l Salzanteil	797 m ³
Feste Abfälle – Metall	24.456 m ³
Feste Abfälle - Nichtmetall	6.199 t

Bei diesen Abfällen ist im Zuge der Einzementierung mit einer höheren Volumensteigerung als jener die bei den hochaktiven Abfällen angenommen wurde.

Die Volumen der aufgearbeiteten Abfälle zeigt Tabelle 9.22.

Tabelle 9.22.: Volumenbedarf der gering und mittelaktiven radioaktiven Abfälle nach Aufarbeitung

	Menge
Zahl der Container für unterirdische Deponien	4.657 Stück
Netto (Innen-)Volumen der Container	12.109 m ³
Volumenbedarf der Container - Brutto-(Außen-)Volumen der Container	17.115 m ³

Phaseneinteilung der Entstehung radioaktiven Mülls

Die Entfernung des hochaktive Mülls wird ohne Betriebszeitverlängerung zwischen 2092 und 2095, im Falle einer Betriebszeitverlängerung zwischen 2112 und 2115 fällig – bis zu diesem Zeitpunkt müssen die inneren Strukturelemente des Kraftwerks ausgebaut sein, bzw. die Zerstückelungsgeräte des Reaktorbehälters. Zur Zeit schreibt der Vorabplan für eine Demontage die traditionelle Plasmaschnitttechnologie vor.

Der gering und mittelaktive Müll fällt in zwei Phasen an. Die erste Phase entspricht praktisch dem I. Abschnitt der Demontage, der mit der Entleerung der technologischen Systeme des abgestellten Blocks, deren Austrocknung und Aufarbeitung der flüssigen Abfälle charakterisiert werden kann. Das zweite große Zeitintervall fällt mit dem III. Abbaubereich zusammen, der mit der Demontage und Aufarbeitung der

primären Systeme charakterisiert werden kann. In der zweiten Phase der Demontage, im Zeitabschnitt der kontrollierten Bewahrung ist nur ein geringfügiger Anfall von metallischen Abfällen angenommen.

9.5.2. Inaktiver Abfall

(...)

9.6. Sicherheitsanalyse der Demontage

9.6.1. Grundprinzipien der Maßnahmen zur Vermeidung eines Störfalls während der Demontage

Die Grundprinzipien der Maßnahmen zur Vermeidung eines Störfalls während der Demontage sind folgende:

- Die Ausarbeitung, Einführung und Aufrechterhaltung von Maßnahmen zur Vermeidung eines Störfalles kann sich während der Demontearbeiten zum Zwecke der Vermeidung außergewöhnlicher Vorfälle als notwendig erweisen.
- Das Personal der Betriebsstätte muss für die Behandlung außergewöhnlicher Vorfälle eingeschult werden.
- Die Weisungen müssen zur Verfügung stehen, müssen mit dem Leitungs- und Durchführungspersonal abgesprochen sein, sowie mit anderen zuständigen Behörden, um den Unfällen und Vorfällen beikommen zu können, sie auswerten und melden zu können.
- Die Weisungen müssen aufrecht bleiben bis radioaktives Material auf der Betriebsstätte verbleibt, bis eine Unfallgefahr besteht.
- Während der Demontage des Kraftwerks beruht die Planung zur Vermeidung eines Störfalls auf den Plan zur Vermeidung eines Störfalls auf der Betriebsstätte.
- Die Planung zur Vermeidung eines Störfalls wird dem aktuellen Stand des demontierten Kraftwerks entsprechen, das heißt der Plan zur Vermeidung von Störfällen muss laufend aktualisiert und reduziert werden.
- Den Annahmen zufolge können folgende Maßnahmen zu Quellen von Aerosol- und Flüssigkeitsaktivität im Zuge des Abrisses werden:
 - Behandlung des Betriebsstoffes nach Abschaltung des Reaktors,
 - Dekontaminierung der Einrichtungen,
 - Dekontaminierung der Oberflächen des Gebäudes,
 - Demontage und Zerstückelung der verseuchten Einrichtungen,
 - Behandlung des im Zuge des Abbaus anfallenden radioaktiven Abfalls und Konditionierung in eine zur endgültigen Lagerung bestimmten Form.

Im Laufe aller dieser Tätigkeiten werden mit den notwendigen Filtern versehenen Belüftungssysteme operieren, damit die Aktivität der Aerosolemissionen reduziert wird. Die Regeln zur Planung der Vermeidung eines Störfalls sind in diesem Fall für einen Fehler dieser Systeme gültig.

Im Zuge der Demontage wird die Aktivitätsmenge in den Einrichtungen des Kraftwerks und in dessen Bereich immer geringer, womit auch die Gefahr einer Entweichung in die Umwelt geringer wird. Die Anforderungen gegenüber der Planung zur Vermeidung eines Störfalles werden so mit den einzelnen Demontageschritten immer weniger werden.

Die Anforderungen zur Vermeidung eines Störfalles sind im Verlauf der Demontage niedriger als die Anforderungen an das Kraftwerk im Betriebszustand.

9.6.2. Feuerschutz

Eine Aufrechterhaltung der Feuerwehr des Kraftwerks mit einem ähnlichen Personalstand ist nur wegen der nuklearen Sicherheit erforderlich, aber nur bis zum Abtransport der ausgebrannten Kassetten aus Block 4.

Nach dem Abbau der Feuerwehr des Kraftwerks müssen die mit dem Abbau des Kraftwerks befassten Organe mit dem Feuerschutz beauftragt werden, und sie müssen in dieser Hinsicht auch eingeschult werden. Im Falle eines größeren Feuers muss die städtische Feuerwehr einbezogen werden.

Während der dreijährigen Periode, in der die ausgebrannten Kassetten ruhen und die der Abschaltung des Blocks erfolgt, müssen – die Systeme, die an der Kühlung der Kassetten beteiligt sind, ausgenommen – alle technologischen Systeme abgebaut werden und auch die brennbaren Materialien – die Kabel ausgenommen – entfernt werden.

Gewisse Dekontaminierungs- und Demontagetechnologien erfordern besondere Brandschutzmaßnahmen. Die mit diesen Maßnahmen einhergehenden Kosten müssen gesondert berücksichtigt werden (thermische Zerkleinerung oder Stoßung).

Die Feuerwarn- und -schutzsysteme müssen während der ganzen Periode in Betrieb bleiben, deren Ausmaß muss aber immer wieder den Anforderungen angepasst werden.

9.6.3. Strahlenschutz

Das Strahlenschutzprogramm muss den Strahlenschutz optimieren und den Umstand sichern, dass die Dosen innerhalb der betreffenden Grenzwerte bleiben. Obwohl die Grundprinzipien und -ziele des Strahlenschutzes im Normalbetrieb und während des Abbaus grundsätzlich kongruent sind, können die einzelnen Methoden und Maßnahmen sich doch voneinander unterscheiden. Während der Demontage ist auch mit der Entstehung besonderer Situationen zu rechnen, die besondere Einrichtungen und die Anwendung nicht routinemäßiger Maßnahmen erfordern.

Die Strahlenschutzsicherung des Personals im Zuge der Demontage des Kraftwerks und die Bewertung der zu erwartenden Wirkung auf Abbaupersonal und Umwelt basiert auf folgenden Kriterien:

- konsequente Einhaltung des ALARA-Prinzips,
- maximale Verwendung des bestehenden Strahlenschutzsystems,
- es muss angestrebt werden, dass die durchschnittliche jährliche Personendosis der Arbeiter den Wert von 20mSv/Jahr nicht überschreitet (der Charakter der Abbauarbeiten erfordert nicht die Ausnutzung der behördlich vorgeschriebenen maximalen Dosisgrenzwerte).
- an Betrachtung des obigen müssen folgende Maßnahmen im Interesse der Einhaltung der maximalen Dosisbelastung des Personals eingeführt werden:
 - in den Bereichen mit einer zu erwartenden Dosisleistung von 0,002 mGy/Std kann eine Arbeit ohne Gefährdung gestattet werden,
 - in Bereichen, wo die Dosisleistung voraussichtlich 0,002 – 0,02 mGy/Std. sein wird, ist die Arbeit während der Dauer einer ganzen Schicht gestattet,
 - in jenen Räumlichkeiten aber, in denen sich die Dosisleistung voraussichtlich zwischen 0,02 und 0,2 mGy/Std. bewegen wird, ist nur ein beschränkter Aufenthalt des Personals gestattet, unter genauer Festlegung der zu machenden Tätigkeiten und einer Begründung,
 - in jenen Räumlichkeiten, wo die zu erwartende Dosisleistung im Spektrum 0,2-2 mGy/Std. sein wird, kann die Arbeit nur unter strengen Auflagen gestattet sein, die Tätigkeiten sind sorgfältig zu planen, die einzelnen Schritte müssen geübt werden, damit die zugelassenen Dosiswerte nicht überschritten werden.
 - In Bereichen, wo sich die Dosisleistung voraussichtlich über 2 mGy/Std. befinden wird, ist die Anwesenheit von Arbeitern nicht vorgesehen und jede notwendige Arbeit muss mit Robotern ausgeführt werden – ausgenommen jene Fälle, wie der Einbau der Roboter bzw. die Vermeidung eines Gefahrenfalls.

- Im Zuge jedweder Tätigkeiten mit aktiven Einrichtungen oder radioaktiven Stoffen müssen in verstrahlten Gebieten die Vorschriften immer eingehalten werden.
- Bezüglich der Emissionen von Aerosolen und Flüssigkeiten müssen dieselben Grenzwerte wie im Normalfall angewandt werden
- Die Strahlenbelastung des Personals kann wie folgte bestimmt werden:
 - Dosisleistung am Ort der Tätigkeit (Berechnung, Messungen oder Schätzung der Verschmutzung der Einrichtungen durch Experten),
 - Angenommene Aufenthaltsdauer (Zeitdauer der Tätigkeit)
- Die Aktivitätswerte der Aerosolemissionen könne auf folgende Weise festgelegt werden:
 - Dosisleistung am gegebenen Arbeitsplatz,
 - Angenommener Verschmutzungsgrad der Einrichtungen (auf die die gegebene Aktivität geschätzt wird)
 - Emission der angenommenen radioaktiven Produkte im Verlauf der beabsichtigten Tätigkeit),
 - Effizienz des Lüftungssystems
- Grundlage der Emissionswerte der Flüssigkeiten ist die Aktivität und das Volumen der im gegebenen Zeitraum aufgearbeiteten Flüssigkeit sowie die Effizienz des angewandten Wasserklärungssystems (Dekontaminierungsfaktor)
- Den Annahmen zufolge beträgt die maximale Aufenthaltszeit des Personals in der kontrollierten Zone sechs Stunden der achtstündigen Arbeitsschicht.

9.6.4. Industrielle Sicherheitstechnik

Die Haupttätigkeiten der Demontage/Abrissarbeiten des Kraftwerkes sind:

- Dekontaminierung,
- Demontage der technologischen Einrichtungen,
- Heben der schweren Lasten,
- händische Materialbewegung,
- Gerüstbau,
- Arbeiten in der Höhe,
- Industrielle alpine technische Arbeiten,
- Abrissarbeiten bautechnischer Art,
- Maschinelle Materialbewegung, Transport,
- Sprengung.

Die oben angeführten Prozesse sind auch gegenwärtig bereits aus arbeitssicherheitlicher Sicht geregelt und werden auch in Zukunft geregelt sein – nichtsdestotrotz muss ein besonderes Augenmerk auf die Einhaltung dieser Vorschriften gelegt werden, bzw. müssen die einzelnen gesundheitsschädlichen Auswirkungen (Strahlung Staub, Lärm usw.) auf ein möglichst niedriges Niveau reduziert werden.

Da den internationalen Statistiken zufolge, die bei Abbrucharbeiten erfolgenden Unfälle sich zu neunzig Prozent aus Stromschlägen ergeben (und davon ein Großteil, weil Kabel zerschnitten werden, von denen man meint sie seien bereits vom Stromnetz abgekoppelt), muss auf die elektrischen Anschlüsse der Geräte und Kleingeräte sowie das Beleuchtungssystem besonders geachtet werden. Es erscheint zielbringend, ein komplett anderes, mit anderen Kabelfarben ausgestattetes Stromsystem auszubauen, um die genannten Unfälle zu vermeiden.

9.6.5. Gefahrenstoffe

Innerhalb des Stoffinventars benötigen einige Materialien eine besondere Behandlung. Darunter sind zum Beispiel die Asbestabdeckungen und -baustoffe, die unter Gefahrenstoffen eingereiht werden, obwohl das Grundmaterial nicht toxisch ist bzw. eine Berührung keinerlei Gefahren mit sich bringt. Die eingeatmeten Asbestfäden können aber unter bestimmten Umständen zu Lungen-, Brustkorb und Bauchfellerkrankungen, ja Krebs führen. Die eingeatmeten Asbestfäden können zu schweren Schäden in der Lunge führen, besonders die Fäden des blauen Asbest, die wegen ihrer Lanzenform nicht "ausgehustet" werden können. Die mit Asbest verbundenen Tätigkeiten (Entfernung, Sammlung, Platzierung) ist an Genehmigungen und Zulassungen gebunden.

Außer dem Asbest müssen auch noch die verschiedenen Behälter für Chemikalien und Öl erwähnt werden und das dazugehörige Rohrsystem, deren Entfernung und eventuelle Wiederverwendung an spezielle Voraussetzungen gebunden sind – und deren Menge keinesfalls vernachlässigenswert ist.

9.6.6. Physischer Schutz während des Abbaus

Die Grundprinzipien des physischen Schutzes während des Abbaus sind wie folgt:

- Die Systeme, die das Kraftwerk vor Sabotage und dem Eindringen Unbefugter schützt bzw. die Systeme die dem physischen Schutz des radioaktiven Materials dient, müssen im Verlauf des Abbaus des Kraftwerks vor Ort bleiben.
- Das System des physischen Schutzes muss im Einklang mit den verbleibenden Stoffen sein – mit dem damit verbundenen Risiko und dem (Anziehungs-)Wert der Stoffe.
- Das System des physischen Schutzes wird im Zuge des Abbaus im Prinzip dem Konzept des physischen Schutzes des Kraftwerkes im Normalbetrieb folgen. Eine laufende Reduzierung erscheint mit der Reduktion des radioaktiven Materials bzw. entsprechend dem Abbau/Abriss der Gebäude als möglich.
- Die Aktivitätsmenge in den Einrichtungen und Gebäuden des Kraftwerks wird bereits in der Anfangsphase des Abbaus geringer als im Normalbetrieb sein. Die ursprünglichen Ausmaße der kontrollierten Zone müssen aber bewahrt werden. Mit dem Fortschreiten der Demontage wird die Aktivitätsmenge und der Verseuchungsgrad weiter sinken. Anbetracht dieser Tatsache werden auch die Anforderungen gegenüber des physischen Schutzes immer geringer werden, der physische Schutz wird daher immer dem Grad der Demontearbeiten entsprechen.
- Der physische Schutz ist ein wesentliches Element des Demontageprozesses des Kraftwerkes – anberachtet der physischen Gegenwart der ausgebrannten Brennelemente und des konditionierten radioaktiven Abfalls.
- Bis es radioaktive Stoffe auf der Betriebsstätte gibt, muss der Betreiber die diesbezüglichen Vorschriften einhalten und den Safeguard-Prinzipien der IAEA entsprechen.

9.7. Umweltauswirkungen der Demontage

Auch aus dem vorhergehenden ist damit eindeutig ersichtlich, dass in der Demontagephase bauindustrielle Abriss- und Demontearbeiten 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 Demontearbeiten 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 Arbeitkräfte, 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 m³ 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 m³ 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 $<0,4 \text{ Bq/cm}^2$,
 - Die Al fakontamination von Oberflächen $<0,04 \text{ Bg/cm}^2$,
 - Die Beta- und Gammaktivitätskonzentration $<100 \text{ Bq/kg}$,
- die Aktivitätskonzentration des einzuschmelzenden Materials $<75 \text{ Bq/kg}$ ist,
- wenn das Material mit einer Aktivität zwischen 75 Bq/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 Abfalldéponie 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., November 2003.

[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., 2004.