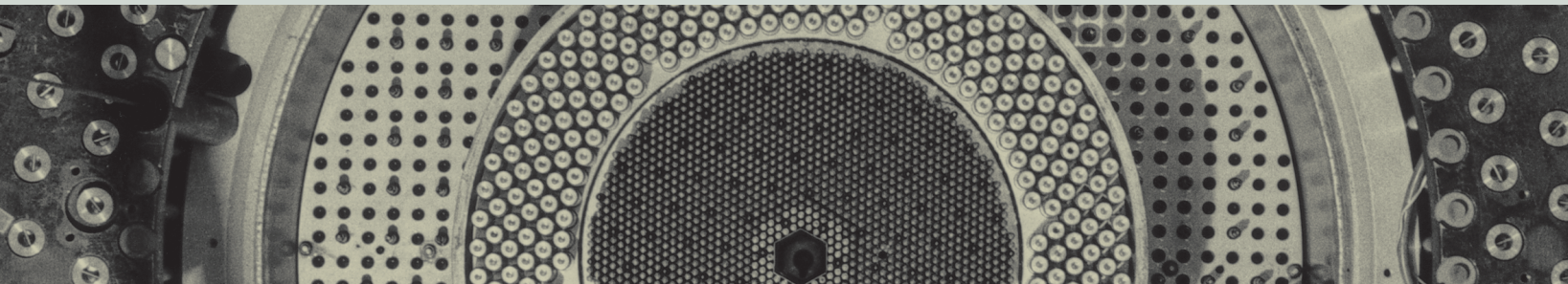




Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI  
Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN  
Ispettorato federale della sicurezza nucleare IFSN  
Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate ENSI



## Gutachten zum Stilllegungsprojekt der Kernanlage PROTEUS am Paul Scherrer Institut





Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI**

ENSI 22/1217

# **Gutachten zum Stilllegungsprojekt der Kernanlage PROTEUS am Paul Scherrer Institut**

Brugg, Dezember 2015



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>5</b>
1.1	Veranlassung	5
1.2	Angaben zum Gesuchsteller	5
1.3	Eingereichte Gesuchsunterlagen	6
1.4	Erfahrungen des Gesuchstellers beim Rückbau von Kernanlagen	6
1.5	Beurteilungskriterien	7
1.6	Aufbau des Gutachtens	8
<b>2</b>	<b>Beschreibung der Anlage</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Betrachtete Stilllegungsvarianten und Stilllegungsziel</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Ausgangssituation</b>	<b>12</b>
4.1	Radiologischer Ausgangszustand der Anlage	12
4.2	Konventionelle Gefahren	13
4.3	Entfernung der Kernmaterialien	14
<b>5</b>	<b>Rückbauphasen und Freigaben</b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>Radiologische Massnahmen</b>	<b>21</b>
6.1	Radiologischer Schutz der Arbeitnehmenden	21
6.2	Strahlenschutzmesstechnik	23
6.3	Limiten für die Abgabe von radioaktiven Stoffen an die Umwelt	26
6.4	Überwachung der Immissionen radioaktiver Stoffe und der Direktstrahlung	27
6.5	Verfahren zur Inaktiv-Freimessung von Materialien und zur Auszonung von Bereichen aus der kontrollierten Zone	28
<b>7</b>	<b>Entsorgung der anfallenden Abfälle</b>	<b>30</b>
<b>8</b>	<b>Störfallbetrachtungen und Notfallschutz</b>	<b>34</b>
<b>9</b>	<b>Menschliche und organisatorische Aspekte</b>	<b>35</b>
<b>10</b>	<b>Sicherungsmassnahmen</b>	<b>37</b>
<b>11</b>	<b>Beurteilung der sicherheitstechnischen Grundlagen der Kostenschätzung</b>	<b>38</b>
<b>12</b>	<b>Gesamtbewertung</b>	<b>40</b>
<b>13</b>	<b>Anträge für Auflagen</b>	<b>41</b>
<b>14</b>	<b>Hinweise des ENSI</b>	<b>43</b>
<b>15</b>	<b>Referenzen</b>	<b>44</b>
<b>16</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis und Glossar</b>	<b>47</b>

## Verzeichnis der Abbildungen

- Abbildung 2-1: Aussenansicht der Kernanlage PROTEUS auf dem Gelände PSI-Ost (Foto: PSI), Seite 9.
- Abbildung 5-1: Darstellung des Ausgangszustands des Reaktors vor Beginn der Rückbauarbeiten (Graphik: PSI), Seite 16.

## Verzeichnis der Tabellen

- Tabelle 4-1: Nuklidinventar in der Kernanlage PROTEUS nach Entfernen des Kernmaterials (Quelle: PSI), Seite 12.
- Tabelle 6-1: Erwartete Gesamtdosis für den vollständigen Rückbau des Reaktors PROTEUS (Quelle: PSI), Seite 22.
- Tabelle 7-1: Mengen und Art des voraussichtlich freimessbaren, inaktiven Abfalls (Quelle: PSI), Seite 30.
- Tabelle 11-1: Geschätzte Gesamtkosten für den Rückbau des Forschungsreaktors PROTEUS (Quelle: PSI), Seite 38.

# 1 Einleitung

## 1.1 Veranlassung

Mit Schreiben vom 23. April 2013 [1] reichte das Paul Scherrer Institut (PSI) dem Bundesamt für Energie (BFE) das Gesuch zur Anordnung der Stilllegungsverfügung für die Kernanlage PROTEUS ein. Dem Gesuch lagen das Stilllegungsprojekt [2] und ein Rückbaukonzept [3] bei. Mit dem Gesuch des PSI soll die Stilllegungsverfügung für die Kernanlage PROTEUS des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) erwirkt werden.

Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) wurde mit Schreiben vom 25. Juni 2013 [4] vom BFE mit der sicherheitstechnischen Überprüfung des Stilllegungsprojekts beauftragt. Nach der Grobprüfung der Unterlagen [5] kam das ENSI zum Schluss, dass die Unterlagen überarbeitet werden müssen und stellte eine Liste mit Nachforderungen auf, die dem PSI am 30. Oktober 2013 übermittelt wurde [6]. Die Erfüllung der Nachforderungen erwies sich als aufwändig, weshalb das PSI die überarbeiteten Unterlagen dem ENSI erst am 23. Dezember 2014 erneut einreichen konnte [7]. Neben dem überarbeiteten Stilllegungsprojekt PROTEUS [8] lagen dem Schreiben der Umweltverträglichkeitsbericht zum Rückbau der Kernanlage [9], ein Bericht mit der Beschreibung des Inventars der radioaktiven Materialien nach Abschluss der Nachbetriebsphase [10] sowie diverse Analysereporte [11-14] bei.

Das ENSI hat den Auftrag, das Stilllegungsprojekt zu prüfen und zuhanden des BFE ein Gutachten zu erstellen. Dieses sicherheitstechnische Gutachten ist eine Grundlage für die Stilllegungsverfügung des UVEK.

## 1.2 Angaben zum Gesuchsteller

Das Paul Scherrer Institut befindet sich beidseitig der Aare in den Aargauer Gemeinden Villigen und Würenlingen. Das PSI ist Teil des ETH-Bereichs, dem auch die ETH Zürich und die ETH Lausanne sowie die Forschungsinstitute EAWAG, EMPA und WSL angehören. Mit etwa 1900 Angestellten und einem jährlichen Budget von rund 380 Millionen Franken ist das PSI das grösste Forschungszentrum für Natur- und Ingenieurwissenschaften in der Schweiz. Jährlich besuchen, laut Angaben auf der Website<sup>1</sup> des PSI, um die 2200 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus der Schweiz und der ganzen Welt das PSI für eigene Forschung. Die Forschungsarbeiten des PSI konzentrieren sich auf die drei Themenschwerpunkte Materie und Material, Energie und Umwelt sowie Mensch und Gesundheit.

Das PSI, benannt nach dem Schweizer Physiker Paul Scherrer, ging 1988 aus dem Zusammenschluss des 1960 gegründeten Eidgenössischen Instituts für Reaktorforschung (EIR) und des benachbarten Schweizerischen Institut für Nuklearphysik (SIN, gegründet 1968) hervor. Im Wesentlichen entspricht das PSI-West am linken Aare-Ufer auf dem Gebiet der Gemeinde Villigen dem früheren SIN, das PSI-Ost am rechten Aare-Ufer auf dem Gemeindegebiet von Würenlingen dem früheren EIR.

---

<sup>1</sup> [www.psi.ch/ueber-uns](http://www.psi.ch/ueber-uns) (aufgerufen am 5. August 2015)

### 1.3 Eingereichte Gesuchsunterlagen

Die rechtlichen Grundlagen für die Gesuchsunterlagen sind das Kernenergiegesetz (KEG) [15] sowie die Kernenergieverordnung (KEV) [16]. Die Anforderungen an die Gesuchsunterlagen sind in Art. 45 KEV beschrieben und in der Richtlinie ENSI-G17 [17] genauer spezifiziert. Basierend auf diesen Grundlagen hat das PSI am 23. Dezember 2014 dem ENSI die folgenden, teilweise überarbeiteten Unterlagen eingereicht:

- Stilllegungsprojekt PROTEUS, TM-41-14-26 vom 19. Dezember 2014 [8]
- Rückbau PROTEUS, Umweltverträglichkeitsbericht, AN-90-14-14 vom 19. März 2014 [9]
- Inventar radioaktiver Materialien in der Kernanlage PROTEUS, Stand nach Abschluss der Nachbetriebsphase, AN-41-13-15 vom 19. Dezember 2014 [10]
- PSI: Analyserapport von Materialproben aus dem PROTEUS, RM96-2012-309 vom 6. Juni 2012 [13]
- PROTEUS Probenahmeprotokoll vom 27. September 2012 [14]
- Analysereport von Graphitproben aus dem PROTEUS, RM96-2013-043 vom 28. Februar 2013 [11]
- PSI: Analysereport von Edelstahlproben aus dem PROTEUS, RM96-2014-509 vom 10. Dezember 2014 [12]

Der Umweltverträglichkeitsbericht ist nicht Gegenstand des vorliegenden Gutachtens. Er wird separat vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) geprüft. Die in Art. 45 lit. j KEV geforderten Angaben zu den Gesamtkosten und der Sicherstellung der Finanzierung werden durch das BFE beurteilt.

### 1.4 Erfahrungen des Gesuchstellers beim Rückbau von Kernanlagen

In der Schweiz befinden sich derzeit drei Kernanlagen im Rückbau: die Forschungsreaktoren DIORIT und SAPHIR sowie die Versuchsverbrennungsanlage VVA. Alle genannten Anlagen befinden sich am Paul Scherrer Institut, womit das PSI bereits über Erfahrungen in der Stilllegung von Kernanlagen verfügt.

Der Forschungsreaktor DIORIT wurde 1961 in Betrieb und 1977 endgültig ausser Betrieb genommen. Mit dem Stilllegungsziel der Aufhebung der atomrechtlichen Bewilligung begannen 1997 die Rückbauarbeiten, 2005 kamen dabei asbesthaltige Materialien zum Vorschein. Bis die neue Situation analysiert war und die zusätzlichen Schutzeinrichtungen wegen des Asbests installiert waren, dauerte es bis 2009. Während dieser Zeit ruhten die Rückbauarbeiten. Ende 2012 wurde der Rückbau des Reaktors abgeschlossen. Gemäss einem Grobkonzept des PSI vom 31. Juli 2015 [18] soll die restliche Anlage zur grünen Wiese zurückgebaut werden.

Der Forschungsreaktor SAPHIR wurde 1957 in Betrieb genommen und Ende 1993 abgestellt. Im Juni 1994 beschloss die Direktion des PSI die endgültige Ausserbetriebnahme und die Stilllegung der Anlage. Das 1998 vom PSI eingereichte Stilllegungsgesuch wurde zwei Jahre später vom Bundesrat unter Auflagen genehmigt. Die 2002 aufgenommenen Rückbauarbeiten des Reaktors konnten bis 2008 weitgehend abgeschlossen werden. Nach Abschluss der



Rückbauarbeiten VVA und PROTEUS soll das SAPHIR-Gebäude, wie im Stilllegungsprojekt vorgesehen, zur grünen Wiese zurückgebaut werden.

Die Versuchsverbrennungsanlage VVA wurde 1973/74 auf dem Areal PSI-Ost gebaut, um schwach radioaktive Abfälle zu verbrennen. Zwischen 1974 und 2002 wurden insgesamt 46 Verbrennungskampagnen durchgeführt. Nach dem Abschluss der letzten Kampagne am 19. November 2002 wurde die Anlage endgültig ausser Betrieb genommen und in einen gesicherten Zustand überführt. Nach Einreichung des Stilllegungsprojekts am 14. Juli 2011 und nach der Prüfung der Unterlagen durch die Behörden, erliess das zuständige Departement UVEK am 2. Juli 2014 die Stilllegungsverfügung. Der Rückbau der VVA ist das erste Stilllegungsprojekt, das nach der neuen Kernenergiegesetzgebung durchgeführt wird.

Die Rückbauarbeiten am PSI werden von der Sektion Rückbau und Entsorgung (RBE) durchgeführt. Damit verfügt das PSI über Fachpersonal, das sich teils schon seit Jahrzehnten mit Fragestellungen der Stilllegung und des praktischen Rückbaus auseinandersetzt.

## 1.5 Beurteilungskriterien

Die Kernenergiegesetzgebung umschreibt den Inhalt des Stilllegungsprojekts, die vom Gesuchsteller einzureichenden Unterlagen, das für die Erteilung der Stilllegungsverfügung massgebende Verfahren sowie stichwortartig die Voraussetzungen für die Verfügung. Der genaue Umfang und Inhalt der Unterlagen sowie deren Detaillierungsgrad werden in der Gesetzgebung aber nicht näher konkretisiert.

Bei der Beurteilung des vorgelegten Stilllegungsprojekts stützt sich das ENSI primär auf

- das Kernenergiegesetz (KEG, SR 732.1) vom 21. März 2003 [15];
- die Kernenergieverordnung (KEV, SR 732.11) vom 10. Dezember 2004 [16];
- das Strahlenschutzgesetz (StSG, SR 814.50) vom 22. März 1991 [19];
- die Strahlenschutzverordnung (StSV, SR 814.501) vom 22. Juni 1994 [20].

Als weitere Beurteilungsgrundlage dienen Richtlinien des ENSI, die rechtliche Anforderungen aus Gesetzen und Verordnungen konkretisieren. Insbesondere kommt bei der Stilllegung die

- Richtlinie ENSI-G17, Stilllegung von Kernanlagen vom April 2014 [17]

zur Anwendung.

Stilllegungs- und Rückbauprojekte müssen sich am aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik orientieren und auch das internationale Regelwerk berücksichtigen. Damit soll gewährleistet werden, dass der Schutz von Arbeitern, Bevölkerung und Umwelt vor radioaktiven und anderen gefährdenden Stoffen jederzeit gewährleistet ist.

Der aktuelle Stand der Technik wird unter anderem festgelegt durch

- die anerkannten technischen in- und ausländischen Normen, wie Europäische Normen (EN), Normen des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA), des Deutschen Instituts für Normung (DIN) etc.;

- die Empfehlungen internationaler Gremien wie der „International Atomic Energy Agency“ (IAEA), der „Western European Nuclear Regulator’s Association“ (WENRA), der „Nuclear Energy Agency“ der OECD (OECD/NEA) und der „International Commission on Radiological Protection“ (ICRP);
- Erfahrungen mit im Ausland eingesetzten Techniken bei laufenden Rückbauprojekten;
- die Regelwerke ausgewählter Länder mit langjähriger Erfahrung im Rückbau, insbesondere Deutschland.

Die konkreten Beurteilungsgrundlagen sind fachspezifisch in den einzelnen Kapiteln des vorliegenden Gutachtens aufgeführt.

## 1.6 Aufbau des Gutachtens

Der Aufbau des Gutachtens zum Rückbau des Forschungsreaktors PROTEUS richtet sich nach dem Inhaltsverzeichnis des Stilllegungsprojekts des PSI, das sich wiederum an den Vorgaben von Art. 45 KEV orientiert.

Kapitel, in denen Aussagen des PSI vom ENSI beurteilt werden, sind wie folgt strukturiert:

- Zusammenfassende Darstellung der Sachverhalte aus Sicht des PSI („Angaben des PSI“);
- Auflistung der angewendeten Beurteilungsgrundlagen („Beurteilungsgrundlagen des ENSI“);
- Stellungnahme des ENSI („Beurteilung des ENSI“), gegebenenfalls mit Auflagenvorschlag und/oder Hinweis.

Anträge für Auflagen, die sich aus der Prüfung der Unterlagen ergeben haben, sind – falls vorhanden – am Schluss eines Kapitels ***kursiv und fett geschrieben*** aufgeführt.

Als Hinweise werden im Gutachten erforderliche weitergehende Untersuchungen oder Aktionen des PSI bezeichnet, die nicht den Stellenwert von Auflagen aufweisen. Diese Hinweise betreffen somit keine Sachverhalte, die für die Erteilung der Stilllegungsverfügung relevant sind. Es handelt sich vielmehr um Hinweise, die vom PSI im Verlauf des Stilllegungsprojekts zu beachten sind und deren Erfüllung vom ENSI im Rahmen seiner Aufsichtstätigkeit überprüft wird. Hinweise sind *kursiv geschrieben* am Schluss eines Kapitels aufgeführt.

Die Auflagenanträge sind nochmals gesamthaft am Schluss dieses Gutachtens in Kapitel 13 zusammengestellt, die Hinweise in Kapitel 14. Auflagen und Hinweise sind durchgehend nummeriert. Bei den Auflagen findet sich jeweils ein Verweis auf das Kapitel, in dem die Auflage hergeleitet wurde.

## 2 Beschreibung der Anlage

Der Gebäudekomplex PROTEUS besteht aus der Reaktorhalle und dem Bürotrakt. Aufgrund einer seismischen Untersuchung im Jahr 1977 wurde die Gebäudehülle 1983 zur Verbesserung des Tragverhaltens und der Stabilität der Reaktorhalle verstärkt. Der Graphitblock des Reaktors wurde mit einem Korsett eingefasst, um einen Erhalt der Reaktorgeometrie bei einem Erdbeben zu gewährleisten. Der Bürotrakt wurde 1984 erweitert. Im Bürotrakt sind nebst den Büros der Betreiber auch die Gebäudetechnikanlagen wie Heizungsverteiler und Zuluftanlage sowie der Kommandoraum untergebracht. Die Instrumentierung und Steuerung des Forschungsreaktors wurde seit der Erstinbetriebnahme bis zur Stilllegung im Wesentlichen beibehalten.

Vorgänger des Forschungsreaktors PROTEUS war eine kritische Anlage für Nullreaktivitätsexperimente (NRE). Der NRE-Reaktor erhielt am 22. Januar 1968 durch das Eidgenössische Energiewirtschaftsdepartement (EVED) die befristete Inbetriebnahme- und Betriebsbewilligung (erste Kritikalität am 26. Januar 1968). Mitte und Ende 1970 reichte das damalige Eidgenössische Institut für Reaktorforschung (EIR) in zwei Teilen einen Sicherheitsbericht für den PROTEUS-Reaktor mit einem gemischt schnellen thermischen Kern und plutoniumhaltigem Spaltstoff ein. Die Bewilligung für den Umbau und den Betrieb von PROTEUS erteilte das Bundesamt für Energiewirtschaft am 21. Mai 1971. Die Kommission für die Sicherheit von Atomanlagen (KSA) erteilte im Januar 1972 die Freigabe für den begrenzten Betrieb, am 5. April 1973 folgte die Freigabe für den allgemeinen Betrieb von PROTEUS.



Abbildung 2-1: Aussenansicht der Kernanlage PROTEUS. Links der Bürotrakt, rechts die Reaktorhalle. Die Gebäude sollen nach Abschluss der Stilllegung stehen bleiben und einer nicht-nuklearen Nutzung zugeführt werden. Foto PSI

In der PROTEUS-Anlage wurden hauptsächlich neutronenphysikalische Experimente mit verschiedenen Kernbrennstoffen durchgeführt.

In den 1970er-Jahren wurden Konfigurationen für den gasgekühlten Schnellen Brüter untersucht, danach folgten solche für den fortgeschrittenen Druckwasserreaktor. Für diese Experimente wurden in der zentralen Testzone verschiedene Konfigurationen von schnellen und intermediären Testgittern eingebaut. Zu Beginn der 1990er-Jahre wurden Fragestellungen zur Neutronenphysik des Hochtemperaturreaktors mit niedrig angereicherten Brennstoffkugeln untersucht. Ab 1998 wurde der Reaktor für Untersuchungen moderner Brennelemente in Leichtwasserreaktoren (LWR) eingesetzt, wobei in einer ersten Phase Leistungsverteilungen und Reaktivitätseffekte in SWR-Brennelementen untersucht wurden und in einer zweiten Phase Abbrandeffekte in einer DWR-Konfiguration.

In dem im Jahr 2006 initiierten Programm „LIFE@PROTEUS“ wollte das PSI LWR-Konfigurationen mit grossen Mengen von bestrahlten Kernbrennstoffen untersuchen. Im April 2011 beschloss die Direktion des PSI jedoch, die Anlage stillzulegen, womit auch das Projekt „LIFE@PROTEUS“ gestoppt wurde.

In der 43-jährigen Betriebszeit des Reaktors gab es 12 meldepflichtige Vorkommnisse, wobei es nie zu Freisetzen von Radioaktivität oder zu Kontaminationen kam. Die Ereignisse hatten jeweils nur geringe Auswirkungen auf die Anlage. Nach der endgültigen Ausserbetriebnahme werden drei meldepflichtige Vorkommnisse verzeichnet: der Endzapfenabriss eines Pufferstabs beim Entladen aus dem Kern, ein extern ausgelöster Wassereinbruch in die Reaktorhalle und ein Ausfall der Wertschutzanlage.

Ziel der Stilllegung von PROTEUS ist der Rückbau des Reaktors und die Entlassung der Anlage aus der Kernenergiegesetzgebung. Die Gebäude sollen stehen bleiben und einer anderen Nutzung zugeführt werden. Dazu soll auch die Infrastruktur des Gebäudes erhalten bleiben. Der Rückbau des Reaktors erfolgt in drei Phasen. Den Gesamtaufwand schätzt das PSI auf ca. 1050 Manntage.

### **3 Betrachtete Stilllegungsvarianten und Stilllegungsziel**

#### **Angaben des PSI**

Gemäss der Kernenergiegesetzgebung sind in der Schweiz als Stilllegungsvarianten entweder der direkte oder der spätere Rückbau nach einer Phase des sicheren Einschlusses möglich. Mit dem sicheren Einschluss soll die Dosisbelastung des Rückbaupersonals reduziert werden. Da die Dosisbelastung im PROTEUS schon heute sehr niedrig ist, ist der sichere Einschluss für das PSI von untergeordneter Bedeutung. Entsprechend hat sich das PSI für den direkten Rückbau entschieden.

Ziel der Stilllegung ist es, die Anlage aus der Kernenergiegesetzgebung zu entlassen. Der Reaktor wird zurückgebaut, die umgebenden Gebäude (Bürotrakt und Reaktorhalle) bleiben stehen. Dabei soll das Gebäude und seine Infrastruktur einer neuen Nutzung unter Aufsicht des Bundesamts für Gesundheit (BAG) zugeführt werden. Die Infrastruktur des Gebäudes soll bestehen bleiben und weiterhin genutzt werden können.

#### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

Die Kernenergieverordnung verlangt in Art. 45 lit a, dass im Stilllegungsprojekt verschiedene Stilllegungsvarianten gegenübergestellt werden und die gewählte Variante begründet wird. Auch verschiedene internationale Vorgaben sowie die Richtlinie ENSI-G17 verlangen ein Abwägen verschiedener Stilllegungsvarianten gegeneinander.

#### **Beurteilung des ENSI**

Die internationalen Vorgaben bevorzugen generell den sofortigen Rückbau einer Kernanlage nach deren endgültiger Ausserbetriebnahme. Auch in der Richtlinie ENSI-G17, die sich nach den internationalen Vorgaben richtet, steht in Kap. 5.4.1, dass der sofortige Rückbau zu bevorzugen sei.

Schon heute werden in der Anlage sehr niedrige Dosisleistungen gemessen, die sich nach Entfernen der Kernmaterialien weiter reduzieren [10]. Der Reaktor selbst ist nur schwach aktiviert und Kontaminationen in der Reaktorhalle gab es bislang nicht (vgl. Kap. 4.1 in diesem Gutachten). Gemäss Art. 29 KEG muss das PSI nach Abschluss der Rückbauarbeiten den Nachweis erbringen, dass die Anlage keine radiologische Gefahr mehr darstellt und aus der Kernenergiegesetzgebung entlassen werden kann. Das Gebäude steht dann für neue Nutzungen zur Verfügung.

Das ENSI ist mit dem sofortigen Rückbau der Kernanlage PROTEUS einverstanden und erachtet das gewählte Stilllegungsziel (Rückbau des Reaktors, Weiternutzung von Gebäude und Infrastruktur) als erreichbar – unter der Voraussetzung, dass das PSI das Gebäude erfolgreich freimessen kann.

## 4 Ausgangssituation

### 4.1 Radiologischer Ausgangszustand der Anlage

#### Angaben des PSI

Nach Entfernung aller Kernmaterialien und der aktivierten experimentellen Komponenten (Testtank, D<sub>2</sub>O-Tank mit Abstützung, Pufferrack) im Nachbetrieb ist die Dosisleistung stark zurückgegangen. Eine repräsentative nuklidspezifische Analyse des PSI für die aktivierten Stahlteile des PROTEUS liegt vor und ist im Inventar radioaktiver Materialien beschrieben [10]. Alle untersuchten Isotope liegen deutlich unter dem aktuellen Richtwert (LE). Innerhalb der Reaktorstruktur wurde keine Dosisleistung von über 1 µSv/h festgestellt. Deshalb sollen die aktivierten Stahlkomponenten voraussichtlich der Abklinglagerung übergeben werden.

Messungen von Graphitproben in [10] deuten darauf hin, dass der Graphit freigemessen und als inaktiver Abfall entsorgt werden kann.

Da während des Betriebs der Anlage bleibende Kontaminationen vermieden werden konnten, sind keine Kontaminationen in der Anlage bekannt.

Nuklidinventar in der Kernanlage PROTEUS nach Entfernen des Kernmaterials [Bq]						
Ba-133	Co-60	Cs-137	Fe-55	Mn-54	Ni-63	Σ
2.5E05	1.2E07	3.0E05	8.0E07	2.5E05	1.6E07	<b>1.088E08</b>

Tabelle 4-1: Gesamtinventar im abgeschalteten, von Kernmaterial befreiten Reaktor PROTEUS, Stahlkomponenten (aus [10]).

Aufgrund seiner Untersuchungen kommt das PSI zum Schluss, dass nach Abschluss der Nachbetriebsphase während des Rückbaus des Reaktors voraussichtlich keine radioaktiven Abfälle konditioniert werden müssen.

#### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

Der Stilllegungspflichtige hat nach Art. 45 lit. b KEV im Stilllegungsprojekt den radiologischen Zustand der Anlage zu ermitteln und einzureichen. Das ENSI prüft die Unterlagen auf die Plausibilität der Angaben.

#### Beurteilung des ENSI

Die Ermittlung des radiologischen Zustands der Anlage ist wesentlich für die Planung und Durchführung des Stilllegungsprojekts. Das im PROTEUS verbliebene Aktivitätsinventar (nach Entfernen der Kernmaterialien in der Nachbetriebsphase) wurde anhand von Probenahmen und Dosisleistungsmessungen ermittelt. Die Probenahmen sind für das ENSI nachvollziehbar und repräsentativ, die Analysen sind in [11-13] qualitätsgesichert dokumentiert. Kontaminationen und Alphastrahler sind nicht zu erwarten. Nicht zugängliche Teile im Reaktor und des Graphitreflektors werden während des Rückbaus beprobt.

Das ENSI erachtet die zur Abschätzung des Nuklidinventars herangezogenen Ansätze als zweckmässig und korrekt. Die daraus abgeleiteten Aktivitäten sind plausibel.

## 4.2 Konventionelle Gefahren

### Angaben des PSI

Das PSI hat aufgrund seiner Erfahrungen mit konventionellen Gefahrstoffen den PROTEUS bereits im Hinblick auf den Nachbetrieb auf Asbest und PCB untersucht [21]. Dabei wurde in der Reaktorhalle nur bei Flanschdichtungen Asbest gefunden. Im Kommandoraum wurde des Weiteren Asbest in Fensterkitt verwendet sowie bei Formstücken in Platten aus Asbestzement. Die asbesthaltigen Elemente sind bekannt und der Risikoklasse FG III (fest gebunden, Sanierung nur bei Gebäudesanierungen und Nutzungsänderungen) zugeteilt. Aufgrund der Einteilung wird der Asbest im PROTEUS gegen Ende des Rückbaus von einem Suva-anerkannten Asbestsanierungsunternehmen gemäss EKAS-Richtlinie Nr. 6503 [22] entfernt.

Bei der Erhebung der Asbestgefahren wurden gleichzeitig auch die Farbanstriche in der Reaktorhalle auf PCB (polychlorierte Biphenyle) untersucht. Dabei hat sich gezeigt, dass der Farbanstrich des Brennstofflagers einen grenzwertüberschreitenden Gehalt von 130 ppm PCB aufweist (der Grenzwert liegt bei 50 ppm). Weitere konventionelle Gefahren hat das PSI nicht festgestellt.

### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

Die Aufsicht über die Arbeiten mit Asbest fällt nicht explizit in den Aufsichtsbereich des ENSI. Neben den radiologischen Gefahren hat sich Asbest aber bei Stilllegungsprojekten als eine der grössten Gefahren bei der Arbeitssicherheit erwiesen. Das ENSI hat dazu mit den betroffenen Organisationen ein „Memorandum of Understanding“ unterzeichnet [23]. Bei der Beurteilung der konventionellen Arbeitssicherheit kommen die Bauarbeitenverordnung [24] und die EKAS-Richtlinie „Asbest“ [22] zur Anwendung.

### Beurteilung des ENSI

Das PSI hat die Kernanlage PROTEUS von externen Gutachtern auf möglicherweise vorhandene konventionelle Gefahrstoffe untersuchen lassen. Die Gutachter wurden sowohl beim Asbest als auch bei den PCB fündig. Damit sind die Elemente mit konventionellen Gefahrstoffen bekannt und können beim Rückbau entsprechend behandelt werden. Bereits bei der Beurteilung der Nachbetriebsunterlagen des PROTEUS [25] hat das ENSI eine Auflage zu Arbeiten mit Asbest aufgestellt (Auflage 1).

#### Hinweis 1:

*Gemäss Bauarbeitenverordnung (SR 832.311.141) muss das PSI bei besonders gesundheitsgefährdenden Stoffen wie Asbest oder polychlorierten Biphenylen (PCB) die Gefahren eingehend ermitteln und die damit verbundenen Risiken bewerten. Darauf abgestützt sind die erforderlichen Massnahmen zu planen. Wird ein besonders gesundheitsgefährdender Stoff im Verlauf der Bauarbeiten unerwartet vorgefunden, sind die betroffenen Arbeiten einzustellen. Vor dem Errichten eines allfällig notwendigen Schwarzbereichs für Arbeiten mit Asbest muss das PSI einen Fachplaner beiziehen, der ein Gutachten zur Asbestsanierung erstellt und die Asbestsanierung gemäss Art. 60a der Bauarbeitenverordnung der Suva meldet. Vor Beginn der Arbeiten ist das Konzept von der Suva prüfen zu lassen. Das PSI informiert das ENSI über die getroffenen Massnahmen.*

## 4.3 Entfernung der Kernmaterialien

### Angaben des PSI

Gemäss Planung des PSI ist der Kernbrennstoff zu Beginn der Rückbauarbeiten aus der Kernanlage PROTEUS entfernt. Dies ist die Vorbedingung für den Beginn der im Stilllegungsprojekt beschriebenen Rückbauarbeiten. Die Entfernung des Kernbrennstoffs erfolgt während des Nachbetriebs.

### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

Gemäss Art. 26 Abs. 2 lit. b KEG ist der Eigentümer einer endgültig ausser Betrieb genommenen Kernanlage dazu verpflichtet, die darin enthaltenen Kernmaterialien in eine andere Kernanlage zu verbringen. Gemäss Art. 45 lit. c KEV muss der Stilllegungspflichtige das Vorgehen zur Entsorgung der radioaktiven Abfälle im Stilllegungsprojekt darlegen.

### Beurteilung des ENSI

Das hier beurteilte Stilllegungsprojekt PROTEUS des PSI geht in der Beschreibung der Rückbauarbeiten davon aus, dass sich keine Kernmaterialien mehr in der Anlage befinden und nennt dies als Voraussetzung für den Beginn der Rückbauarbeiten.

Sämtliche Kernmaterialien sollen noch im Rahmen des Nachbetriebs aus der Anlage entfernt werden.

Das ENSI ist mit dem Vorgehen des PSI einverstanden, weil die ganze Rückbauplanung und auch die Sicherheitsbetrachtungen darauf beruhen, dass sich bei Beginn der Rückbauarbeiten keine Kernmaterialien mehr in der Anlage befinden.

### **Auflage 1:**

***Mit den im Stilllegungsprojekt beschriebenen Rückbauarbeiten darf erst begonnen werden, wenn der gesamte Kernbrennstoff aus der Kernanlage PROTEUS entfernt worden ist. Falls die experimentellen Kernmaterialien und die radioaktiven Quellen nicht vorgängig aus der Kernanlage PROTEUS entfernt sind, ist dies bei der Beantragung der Phasenfreigabe zu berücksichtigen.***



## 5 Rückbauphasen und Freigaben

Das folgende Kapitel basiert auf den Angaben des PSI in Kapitel 8 „Rückbaukonzept und Terminplanung“ in [8].

### Angaben des PSI

#### Allgemein

Ziel des Rückbaus ist es, sämtliche Systeme, Strukturen und Komponenten des Reaktors vollständig zu entfernen. Dazu sieht das PSI einen Rückbau in drei Phasen vor. Das Reaktorgebäude inkl. Bürotrakt, die Lüftungsanlage inkl. Fortluftüberwachung, das radioaktive Abwassersystem sowie alle radiologischen Überwachungssysteme und Sicherungseinrichtungen sind vom Rückbau nicht betroffen. Die Installationen im Kommandoraum sind vom Rückbau teilweise betroffen. Im Nachbetrieb werden gewisse vorbereitende Arbeiten durchgeführt, etwa das Entfernen der Kernmaterialien oder die Ausserbetriebnahme der Reaktorinstrumentierung.

Die Installationen, die für den Betrieb des Gebäudes notwendig sind, wie Brandmeldeanlagen, Elemente der Sicherungsanlagen oder der Lüftungsüberwachung bleiben in Betrieb. Sie sollen im Rahmen einer Umnutzung des Gebäudes behandelt und allenfalls entfernt bzw. modifiziert werden.

Aufgrund seiner Konstruktion geht das PSI davon aus, dass der Reaktor ohne Einsatz von Trennwerkzeugen demontiert werden kann. Sollten wider Erwarten doch Trennwerkzeuge erforderlich sein, beabsichtigt das PSI, nichtspannende mechanische Trennmöglichkeiten durch den Bereich Logistik (LOG) entwickeln zu lassen. Eine thermische Trennung von Komponenten ist ausdrücklich nicht vorgesehen.

Der Rückbau erfolgt von innen nach aussen und von oben nach unten.

#### Systeme und Komponenten

Folgende Komponenten und Systeme werden dem Rückbau zugeordnet:

- Antriebe für Abschalt- und Sicherheitsstäbe, die Stäbe selber sowie deren Unterbringungsort ausserhalb der biologischen Abschirmung;
- Podeste an der West- und Ostseite der biologischen Abschirmung;
- andere Einbauten in der oberen Reaktorkammer;
- Graphitreflektor mit seiner Verspannung;
- Reaktortragstruktur mit oberer und unterer Reaktortrageplatte;
- biologische Abschirmung mit der Reaktorabdeckung;
- Einbauten in der unteren Reaktorkammer;
- nordseitiges Brennstablager in der Reaktorhalle;
- Brennstofflager im Untergeschoss (Lager 11/12);
- Medienleitungen und elektrische Leitungen, soweit zum Reaktor gehörend;

- Installationen im Kommandoraum, soweit sie nicht für den Betrieb des Gebäudes erforderlich sind.

Folgende Komponenten und Systeme werden nicht dem Rückbau zugeordnet, da sie nicht direkt mit dem Reaktor in Zusammenhang stehen oder ihr Rückbau nicht beabsichtigt ist:

- D<sub>2</sub>O-Aufkonzentrieranlage;
- Gamma-Scan-Anlage an der Südwand der Reaktorhalle;
- Infrastruktur des Gebäudes PROTEUS Lüftung/Heizung, Wasser, Druckluft etc.

Alle für den Rückbau benötigten Systeme sind bereits vorhanden, einzig ein neues Hebezeug in der oberen Reaktorkammer muss eingebaut werden, um jede Position oberhalb des Graphitreflektors erreichen zu können. Das wichtigste System für den Rückbau ist der Hallenkran mit einer Tragkraft von 10 t.

#### Rückbau Elektro-Komponenten

Die Demontage von Versorgungs- und Medienleitungen soll laufend, parallel zum Rückbaufortschritt erfolgen. Sie können nach Rücksprache mit den jeweiligen Fachstellen des PSI und des Anlagenleiters der Kernanlage PROTEUS entfernt werden. Der Rückbau von Leitungen wird bis an deren Ursprung erfolgen. Dies können z. B. Elektroverteilungen, Depots für Gasflaschen oder auch der Kommandoraum sein. Die Fachstellen des PSI werden in die Planung und in die Ausführung der einzelnen Tätigkeiten einbezogen.

### Phase 1: Demontage der Reaktorstruktur

Die obere Reaktortragplatte mit einem Gesamtgewicht von ca. 1500 kg liegt mit 16 Nivellierelementen auf der Reaktortragstruktur auf. Die ganze Platte kann mit dem Kran durch die vollständig geöffneten Abschirmtüren gehoben werden und der Abklinglagerung zugeführt werden. Die Stabilität der Reaktortragstruktur wird durch den Ausbau nicht beeinträchtigt.

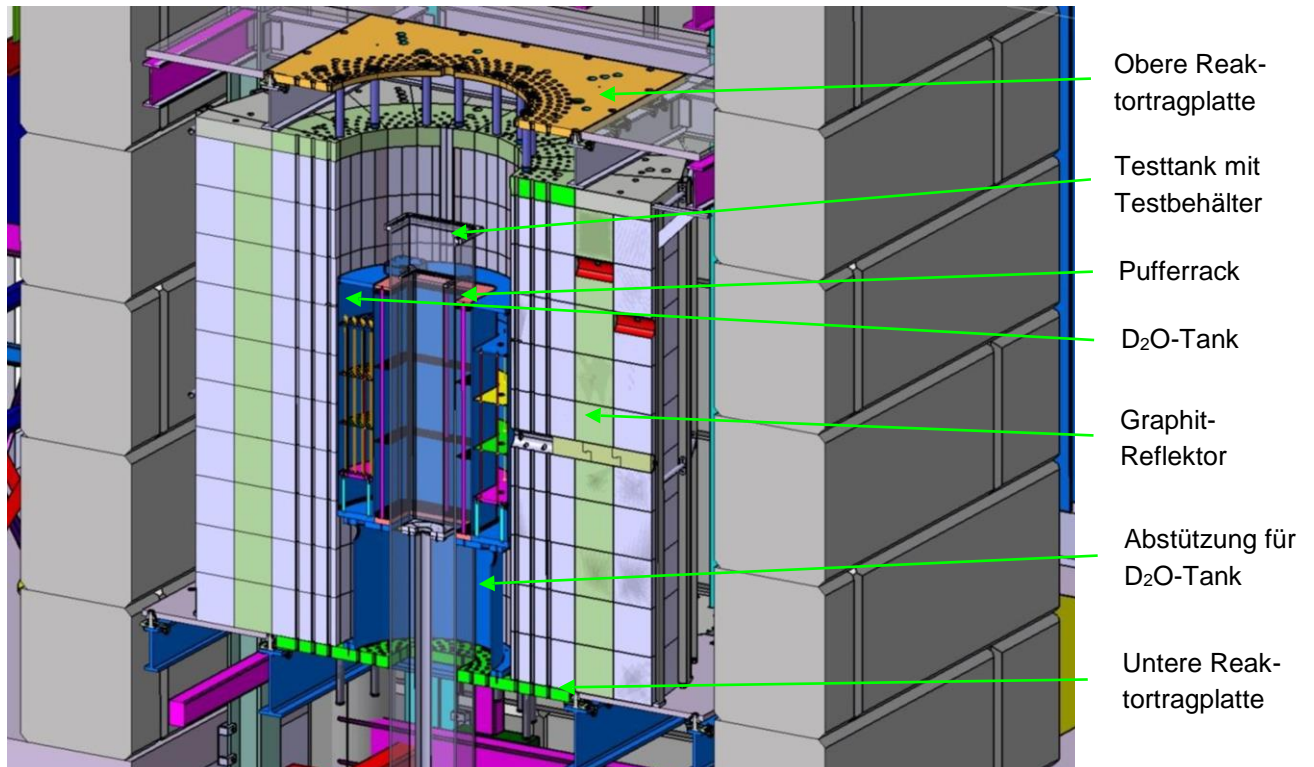


Abbildung 5-1: Darstellung des Ausgangszustands des Reaktors vor Beginn der Rückbauarbeiten. Die Reaktoreinbauten (Testtank, Testbehälter, Pufferrack und D<sub>2</sub>O-Tank) wurden allerdings bereits entfernt. Graphik PSI

Die untere Reaktortragplatte, bestehend aus einer zentralen Stahlplatte und vier kleineren Seitenplatten, liegt ebenfalls auf Nivellierelementen auf der Reaktortragstruktur auf. Beim Rückbau des Reaktors ist vorgesehen, zuerst die vier Seitenplatten (Gewicht max. ca. 725 kg) und anschließend die zentrale Platte (Gewicht ca. 2800 kg) zu demontieren und der Abklinglagerung zuzuführen. Die Stabilität der Reaktortragstruktur wird durch den Ausbau der unteren Platten nicht beeinträchtigt.

Die geschraubte Stahl-Reaktortragkonstruktion besteht im Wesentlichen aus acht im Boden verankerten durchgehenden Stahlstützen sowie Querträgern zwischen den Stützen, welche auf vier verschiedenen Niveaus für die Auflagerung der Reaktortragplatten, Podeste und Abstützung der oberen Abschirmung dienen. Für die Demontage der Reaktortragkonstruktion muss die Abschirmung gegen oben vollständig geöffnet werden und die oberste Lage der Abschirmsteine abgetragen werden. Die Demontage der Stahlkonstruktion erfolgt dann von oben nach unten. Sämtliche Querträger, Podeste, Treppen und Leitern werden systematisch demontiert und mit dem Kran aus der Abschirmung gehoben. Die Demontage der unten eingespannten Stahlstützen erfolgt am Schluss.

Der Graphitreflektor besteht aus 11 Lagen zu je 94 Graphit-Segmenten, angeordnet in drei Ringen. An der radialen Fuge sind die einzelnen Graphit-Segmente nicht miteinander verbunden. An den horizontalen Fugen werden sie durch Graphitbolzen in Position gehalten. Die Segmente weisen Bohrungen auf, die die Aufnahme mit einem Greifwerkzeug erlauben. Vor dem Abbau der Graphit-Segmente muss die Verspanneinheit, die den Reflektor umspannt, an einer oder mehreren Stellen entspannt werden. In der oberen Reaktorkammer ist zusätzlich ein Hebezeug vorzusehen, damit jede Position am Graphitreflektor erreicht werden kann. Nach dem Entfernen eines Segments mit diesem lokalen Hebezeug muss das Segment in einen Behälter gelegt werden, der dann mit dem Hallenkran hochgezogen werden kann. Auf diese Weise möchte das PSI den Graphitreflektor Stück um Stück abtragen.

Innerhalb der biologischen Abschirmung sind Installationen der Lüftungsanlage untergebracht. Dabei handelt es sich um einen Lüftungsstrang, mit dem Luft von der oberen Reaktorkammer angesaugt und durch den Reaktor geleitet wurde. In der unteren Reaktorkammer sind zu diesem Zweck zwei Ventilatoren mit je einem vorgeschalteten Filter installiert. Abluftseitig sind die Ventilatoren an den Abluftstrang der Gebäudelüftung angeschlossen. Dieser Teil der Lüftungsanlage ist für den weiteren Rückbau nicht mehr erforderlich und kann entfernt werden.

Wasserleitungen (D<sub>2</sub>O-Füll- und Überlaufleitungen zum Testtank) können, soweit sie sich innerhalb der biologischen Abschirmung befinden, entfernt werden. Der in der unteren Reaktorkammer stehende Vorratsbehälter samt Pumpe, Leitungen und Ventilen kann ebenfalls zurückgebaut werden. Der Vorratsbehälter und die entsprechenden Leitungen sind vorgängig zu leeren.

Das nordseitige Stablager ist eine geschweisste Stahlkonstruktion und besteht im Wesentlichen aus dem Lagerbehälter mit verschiedenen Lagerkavitäten und der Abstützkonstruktion. Die Zwischenräume der Lagerbehälter sind aus Abschirmgründen mit Eisenerz-Sand gefüllt, welcher vorgängig soweit als möglich in Handarbeit mit einer Schaufel entfernt wird. Anschließend kann der Lagerbehälter von der Abstützkonstruktion getrennt werden, mit dem Kran in die Reaktorhalle gelegt und dort weiter zerlegt werden.

Der D<sub>2</sub>O-Tank im Untergeschoss (ausserhalb der biologischen Abschirmung) samt peripherer Einrichtungen (Rohrleitungen, Pumpe, Ventile, Füllstandsanzeigen und andere Instrumente) werden demontiert. Die Leitungen werden mittels hydraulischer Schere oder anderer Trennwerkzeuge zerlegt. Das PSI geht davon aus, dass alle Teile freigemessen und konventionell entsorgt werden können.

Am Ende von Phase 1 ist der eigentliche Reaktor, bestehend aus den zur Aufnahme der jeweiligen Kernkonfigurationen notwendigen Bauteilen, vollständig entfernt. Auch die Radioaktivität in der Anlage ist damit vollständig entfernt. In der Reaktorhalle steht noch die biologische Abschirmung, wobei die obere Abschirmtür und die oberste Reihe der Abschirmsteine bereits entfernt sind.

### Phase 2: Abtragung der biologischen Abschirmung

Die biologische Abschirmung besteht aus Baryt-Betonblöcken mit den Abmessungen Länge x Breite (= Wanddicke) x Höhe von 2,5 m x 0,8 m x 1,0 m und einem Gewicht von ca. 5400 kg pro Block. Der Rückbau erfolgt mit dem Kran. Die Blöcke besitzen eingegossene Anhängpunkte. Das PSI geht davon aus, dass sich die lediglich aufgestapelten und nicht untereinander verbundenen Blöcke ohne Trennwerkzeuge entfernen lassen. Im Zuge des Rückbaus sind

jeweils auch die an der Abschirmung befestigten Stahl-Podeste und Treppen zu demontieren. Die inaktiven Betonblöcke werden freigemessen.

Am Ende von Phase 2 sind alle Bestandteile des Reaktors entfernt. Alle Einbauten (Podeste, Treppenaufgänge) sind entfernt. Die Lüftungsanlage bleibt bestehen und in Betrieb. Der Abgang von der Reaktorhalle zum ehemaligen Brennstofflabor bleibt ebenfalls bestehen. Die entstandene Bodenöffnung von der Reaktorhalle zur ehemaligen unteren Reaktorkammer wird durch Geländer gesichert.

### Phase 3: Abschlussarbeiten

In der dritten und letzten Rückbauphase wird die ehemalige Reaktorhalle aufgeräumt. Die Halle und die noch vorhandenen Komponenten (z. B. die Lüftung) werden anschliessend freigemessen. Nach dem Freimessen wird ein Abschlussbericht verfasst, um damit die Entlassung der Anlage aus der Kernenergiegesetzgebung zu erwirken. Arbeiten für eine spätere Weiterverwendung der Reaktorhalle werden erst nach der Entlassung aus der Kernenergiegesetzgebung in Angriff genommen.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

Die Arbeitsplanung ist der zentrale Teil der Stilllegung des PROTEUS. Dies geht auch aus Art. 27 Abs. 2 KEG hervor, wonach die Phasen und der Zeitplan (lit. a) und die einzelnen Schritte von Demontage und Abbruch (lit. b) im Stilllegungsprojekt dargelegt werden müssen. In der Richtlinie HSK-R-08 sind die Anforderungen an die Sicherheit der Bauwerke und die Prüfverfahren des Bundes für die Bauausführung festgelegt. Die Anforderungen an Baustrukturen sind in den aktuellen Normen des SIA festgelegt.

### **Beurteilung des ENSI**

Der Rückbau des ehemaligen Forschungsreaktors PROTEUS erfolgt in drei Phasen, die jeweils mit dem Erreichen eines bestimmten „Meilensteins“ beendet werden. Nach Abschluss der Stilllegung bleiben die Gebäude mit einem Teil der Infrastruktur (Bürotrakt und ehemalige Reaktorhalle) stehen und sollen einer neuen Nutzung zugeführt werden.

Jede Phase beginnt mit einer Freigabe des ENSI, um allfällige Veränderungen zu berücksichtigen, die sich während der vorausgegangenen Rückbauarbeiten ergeben haben könnten.

In der Kernenergieverordnung (Art. 47) ist festgehalten, dass die Stilllegungsverfügung die Freigabepflicht u. a. folgender Tätigkeiten regelt:

- Das Vorgehen zur Inaktiv-Freimessung der anfallenden Materialien.
- Die Konditionierung der anfallenden radioaktiven Abfälle.
- Der Abbruch von Gebäuden nach deren Dekontamination und Inaktiv-Freimessung.
- Die nichtnukleare Weiternutzung von Anlagenteilen vor Abschluss der Stilllegung.

Ferner sind freigabepflichtig:

- Änderungen an sicherheits- oder sicherungstechnisch klassierten Bauwerken, Anlagenteilen, Systemen und Ausrüstung sowie an Einrichtungen mit sicherheits- oder sicherungstechnischer Bedeutung, sofern diese Änderungen nicht bereits im Rahmen von freigabepflichtigen Rückbausritten angemeldet wurden.

- Auszonung von Räumen aus der kontrollierten Zone.

Der Rückbau der Elemente obere Reaktortragplatte, untere Reaktortragplatte, Graphitreflektor, Reaktortragstruktur, Stablager und biologische Abschirmung ist ausreichend detailliert und vollständig beschrieben, das Konzept und das Vorgehen sind grundsätzlich plausibel und nachvollziehbar. Die Rückbauarbeiten an den erwähnten Elementen sind aufgrund des konstruktiven Aufbaus im Wesentlichen Demontearbeiten, welche ohne spezielle Trennwerkzeuge ausgeführt werden können.

Bezüglich der Baryt-Betonblöcke der biologischen Abschirmung ist das ENSI nicht überzeugt, dass diese nicht im Mörtelbett verlegt, sondern nur aufgestapelt wurden. Die Demontierbarkeit könnte sich infolge der Haftung der einzelnen Blöcke untereinander erschweren und den vorgängigen Einsatz von entsprechenden Werkzeugen und Geräten erforderlich machen. Sollte dies zutreffen, ist das ENSI rechtzeitig über die erforderlichen Änderungen in der Planung der Rückbauarbeiten zu informieren.

Die Arbeiten an den elektrischen Installationen des PROTEUS sind nur von Fachpersonen auszuführen. Es sind dabei die gängigen Normen der Arbeitssicherheit und der radiologischen Grundsätze einzuhalten. Für die Demontage sind die Arbeitsschritte mit dem Anlagenleiter des PROTEUS zu planen und auszuführen. Die bestehenden Dokumentationen sind bei den Deinstallationen laufend nachzuführen. Die Arbeiten zur Deinstallation von Komponenten und Kabeln müssen mit dem Anlageleiter geklärt und gemäss Rückbaukonzept ausgeführt werden.

Während der Stilllegung sind die elektrischen Versorgungen z. B. von Lüftungsanlagen zur Unterdruckhaltung sowie radiologische Überwachungen und Bilanzierungen, wie auch Versorgungen der Brandschutzanlagen und Fluchtwegbeleuchtungen weiter sicherzustellen. Dabei sind allfällige periodische Kontrollen auch in der Stilllegung weiter durchzuführen.

### **Auflage 2:**

***Das PSI hat dem ENSI vor jeder Phase ein Freigabegesuch zu stellen. Jede Phase beginnt mit einer Freigabe des ENSI.***

***Mit jedem Freigabegesuch für eine Phase sind folgende Unterlagen einzureichen:***

- a. ***Detaillierte Beschreibung des Ausgangszustands und Definition des Endzustands der jeweiligen Phase;***
- b. ***Detailplanung der Phase, bestehend aus***
  - ***Ablaufplan, inkl. Arbeitsschritte; Abweichungen von der bisherigen Ablaufplanung sind zu begründen,***
  - ***Einsatz neuer Techniken oder Gerätschaften, Prüfergebnisse vor deren Einsatz, Schulung des Personals (evtl. mit mock-up-Trainings),***
  - ***Vorgehen und Verfahren zur Inaktivfreimessung der anfallenden Materialien,***
  - ***Konditionierung der allenfalls anfallenden radioaktiven Abfälle;***
- c. ***Strahlenschutzmassnahmen, Strahlenschutzplanung;***
- d. ***Personaleinsatzkonzept, Organisation, Qualitätsmanagement, „Human and Organisational Factors“ (HOF-Programm).***

## 6 Radiologische Massnahmen

Das folgende Kapitel basiert auf den Angaben des PSI in Kapitel 8.3.3 „Radiologische Schutzziele und ihre Einhaltung“ und Kapitel 10 „Massnahmen zum radiologischen Schutz“ in [8].

### 6.1 Radiologischer Schutz der Arbeitnehmenden

#### Angaben des PSI

##### Allgemein

Grundsätzlich orientiert sich der Rückbau des PROTEUS an der „Allgemeinen Weisung für den Strahlenschutz am PSI“ [26]. Bei Tätigkeiten mit gerechtfertigter Strahlenexposition muss eine Optimierung des Strahlenschutzes nach der Erfahrung sowie nach dem Stand von Wissenschaft und Technik zur Begrenzung der Strahlenexposition vorgenommen werden. Eine weitere Reduktion der Dosis muss durch Optimierungsmassnahmen erreicht werden. Es gilt das ALARA-Prinzip („As Low As Reasonably Achievable“).

Dieses Optimierungsgebot gilt auch, wenn nicht zu erwarten ist, dass ein Dosisgrenzwert oder Dosisrichtwert überschritten wird.

Die Kompetenzen bezüglich des Strahlenschutzes sind eindeutig geregelt. Die Sektion Betriebsstrahlenschutz sorgt für eine zweckmässige und den Gegebenheiten angepassten Umsetzung der Strahlenschutzvorschriften während der gesamten Dauer des Rückbaus. Die Sektion Betriebsstrahlenschutz ernennt einen SU-Techniker als für den operationellen Strahlenschutz verantwortliche Person.

Die praktischen, auf den Rückbau bezogenen Strahlenschutzarbeiten, werden von einer Strahlenschutzfachkraft begleitet und vom Strahlenschutztechniker beaufsichtigt.

Mit dieser bewährten Art der Organisation kann sichergestellt werden, dass sich Strahlenschutzpersonal permanent vor Ort befindet. Es wurden damit beim Rückbau der Forschungsreaktoren SAPHIR und DIORIT bereits gute Erfahrungen gemacht.

Das gesamte Personal im Rückbauteam ist durch die Personendosimetrie des PSI erfasst und unterliegt deren Überwachung. Arbeitsmedizinische Untersuchungen, Ein- und Austrittsmessungen oder Ganzkörpermessungen sind für das Eigen- wie für das Fremdpersonal vorgesehen und werden periodisch angeordnet. Für die Erfassung der akkumulierten Dosis werden persönliche Dosimeter verwendet und regelmässig ausgewertet. Für die Erfassung der Dosis im PROTEUS wird jedem Mitarbeiter ein elektronisches Dosimeter ausgehändigt, das nur in den kontrollierten Zonen des PROTEUS zu tragen ist. Die akkumulierte Dosis wird wöchentlich, gegebenenfalls auch täglich erfasst.

Von der geringen Dosisleistung im Reaktor ausgehend, kann gesagt werden, dass eine hohe externe Bestrahlung des Personals ausgeschlossen werden kann. Eine Inkorporation kann ausgeschlossen werden, weil keine lose oder luftgetragene Kontamination nachweisbar ist.

Die zu treffenden Schutzmassnahmen werden vom zuständigen Strahlenschutztechniker jeweils situationsbezogen für jeden Rückbauschritt im Rahmen der Strahlenschutzplanung festgelegt.

### Strahlenschutzplanung

Die Arbeiten zum Rückbau des Forschungsreaktors PROTEUS erfolgen unter sehr geringer Strahlenbelastung. Das PSI hat dazu in [8], Kapitel 8.3.4.2 eine detaillierte Strahlenschutzplanung vorgelegt.

Die folgende Tabelle zeigt die erwartete Gesamtdosis für den kompletten Rückbau des Forschungsreaktors PROTEUS. Daraus ist ersichtlich, dass pro Arbeitstag zu sechs Arbeitsstunden vor Ort in der kontrollierten Zone eine Personendosis von etwa 1µSv erwartet wird.

Operation	Manntage	Pers.-Dosis [µSv]
Entfernen der Einbauten des Reaktors	0,0	0,0
Demontage der Seilführung für die Sicherheits- und Abschaltstäbe	24,0	12,0
Demontage der Antriebe für Sicherheits- und Abschaltstäbe	0,0	0,0
Instrumentierung und Messgeräte in der ORK entfernen	20,0	30,0
Obere Reaktortragplatte entfernen	6,0	18,0
Ausbau des Graphitreflektors	119,5	153,0
Untere Reaktortragplatte ausbauen	10,0	30,0
Lüftungsleitungen und evtl. Wasserleitungen innerhalb der biologischen Abschirmung entfernen	0,0	0,0
Hebevorrichtung der Testtanks entfernen	0,0	0,0
Demontage der Reaktortragstruktur	140,0	48,0
Demontage des nordseitigen Stablagers	0,0	0,0
Demontage Brennstofflager im UG	0,0	0,0
Demontage des D20-Tanks und dessen peripherer Installationen	0,0	0,0
Demontage von Elektrokabeln und anderen Versorgungsleitungen	0,0	0,0
Abtragen der biologischen Abschirmung	0,0	0,0
<b>Total</b>	<b>319,5</b>	<b>291,0</b>

Tabelle 6-1: Erwartete Gesamtdosis für den vollständigen Rückbau des Forschungsreaktors PROTEUS. Das PSI rechnet pro Arbeitstag zu sechs Arbeitsstunden in der kontrollierten Zone mit einer Personendosis von etwa 1 µSv.

Die Angabe der Anzahl Manntage bezieht sich lediglich auf die Arbeiten, bei denen mit einer gewissen Personendosis gerechnet wird. Der zeitliche Aufwand, bei dem nicht mit Personendosis gerechnet wird, ist in Tabelle 6-1 nicht enthalten, der Gesamtzeitaufwand wird auf ca. 1050 Manntage geschätzt.

### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

Nach Art. 45 lit. d KEV hat der Stilllegungspflichtige Unterlagen zum radiologischen Schutz der Arbeitnehmenden einzureichen.

### Beurteilung des ENSI

Für die Ausführung der Arbeiten gilt die „Allgemeine Weisung für den Strahlenschutz am PSI“ [26], die sich in der Praxis bewährt hat. Die Rückbauarbeiten werden von einer Strahlenschutzfachkraft begleitet und von einem Strahlenschutztechniker beaufsichtigt. Auf die vorhandene Infrastruktur der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit (ASI) kann zurückgegriffen werden.



Die Sektion Betriebsstrahlenschutz hat die Kompetenz und Befugnis, die Strahlenschutzvorschriften zweckmässig und den Gegebenheiten angepasst umzusetzen.

Das PSI erstellte vorgängig für Teilschritte eine detaillierte Strahlenschutzplanung. Bei der Planung wurden die allgemeinen Grundsätze des Strahlenschutzes, insbesondere die Optimierung und die Ausbildung des Personals, berücksichtigt.

Das ENSI ist mit den getroffenen Massnahmen zum radiologischen Schutz der Arbeitnehmenden einverstanden. Auf eine Jobdosimetrie kann wegen der geringen Exposition verzichtet werden. Nachdem die Personen des Rückbaupersonals aber auch in anderen Bereichen des PSI tätig sein werden, ist gemäss einer Aussprache zwischen dem ENSI und dem PSI [27] eine anlagenbezogene Personendosimetrie unter Verwendung der elektronischen Personendosimetern vorzunehmen. Die im PSI bewährten Vorschriften und Vorgehensweisen werden angewendet. Aus dem Bereich des konventionellen Arbeitsschutzes, vor allem im Umgang mit Asbest, kommen aber Anforderungen hinzu, die den radiologischen Arbeitsschutz ergänzen.

### **Auflage 3:**

***Für die Stilllegungsarbeiten des PROTEUS ist eine anlagenbezogene Personendosimetrie mit kalibrierten elektronischen Personendosimetern durchzuführen. Die Ergebnisse sind dem ENSI im Rahmen der weiterzuführenden Quartals- und Jahresberichterstattung gemäss Richtlinie ENSI-B02 zu melden.***

## **6.2 Strahlenschutzmesstechnik**

### **Angaben des PSI**

Gemäss den Ausführungen im Stilllegungsprojekt PROTEUS [8] gibt es keine bekannten radioaktiven Oberflächenkontaminationen in der Kernanlage. Das radioaktive Inventar beschränkt sich am Ende der Nachbetriebsphase nach dem Entfernen des Kernbrennstoffs auf leicht aktivierte Stahlkomponenten und den leicht aktivierten Graphitreflektor. Gemäss [10] ist die dort gebundene Aktivität kleiner als 1 GBq.

Im Stilllegungsprojekt PROTEUS [8] legt das PSI dar, dass es sämtliche Massnahmen zum radiologischen Schutz, wie sie am Ende der Nachbetriebsphase angewendet werden [21], im Rückbau unverändert übernehmen wird. Je nach Fortschritt der Rückbauarbeiten werden bestimmte Systeme unnötig und werden dann jeweils nach Rücksprache mit dem Betriebsstrahlenschutz entfernt. Im Einzelnen umfasst die Strahlenmesstechnik am Ende der Nachbetriebsphase folgende Systeme:

#### **Areal- und Anlagedosimetrie**

Am Ende des Nachbetriebs sind für die Anlagedosimetrie zwei Gammadosimeter in der Reaktorhalle und eines im Kommandoraum vorhanden.

#### **Personendosimetrie**

Das Personal, das beim Rückbau der Kernanlage PROTEUS zum Einsatz kommt, wird von der PSI-Dosimetriestelle mit einem Gammadosimeter ausgestattet und überwacht. Personen mit Arbeitsplatz im Bürotrakt der Kernanlage PROTEUS ohne Funktion in der Kernanlage werden nicht dosimetriert.

Alle am Rückbau beteiligten Personen werden mittels einer Ganzkörpermessung pro Jahr, oder bei Verdacht sofort, auf Inkorporationen überwacht.

#### Festinstalliertes Messsystem zur Überwachung der Dosisleistung

Als Bestandteil der nuklearen Instrumentierung wird die Dosisleistung in der oberen und unteren Reaktorkammer sowie auf der Reaktorplattform und am Boden der Reaktorhalle überwacht. Die Messwerte und Alarme werden im Kommandoraum angezeigt und registriert. Im Verlauf des Rückbaus werden diese demontiert.

Drei weitere Dosisleistungsmessgeräte mit einer Vor-Ort-Anzeige und Alarmierung sind an den drei Zugängen in die Reaktorhalle montiert. Diese bleiben bis zum Ende des Rückbaus oder bis zur Aufhebung der Zugänge im ersten Obergeschoss und Erdgeschoss in Betrieb.

#### Kontaminationsmonitore

Die Reaktorhalle verfügt über drei Zugänge vom Bürotrakt her. Jeder dieser Zugänge verfügt über einen  $\alpha/\beta/\gamma$ -Hand-Fuss-Kleidermonitor zur Kontaminationskontrolle. Diese Monitore bleiben solange in Betrieb, wie die Zugänge in Betrieb sind. Nach Schliessung der Zugänge werden sie abgebaut.

#### Mobile Messgeräte

Neben den fest installierten Strahlenmessgeräten sind im PROTEUS mobile Dosisleistungs- und Kontaminationsmessgeräte vorhanden.

#### Überwachung des Abwassers

Das Aktivabwassersystem des PROTEUS besteht aus zwei Behältern, die getrennt nach einer Analyse des Wassers entweder in das Inaktivwassersystem entleert oder deren Inhalt in einen mobilen Tank gepumpt und zur Weiterverarbeitung in das Hotlabor transferiert wird.

#### Radiologische Fortluftüberwachung

Die Gesamtfortluft des PROTEUS setzt sich aus der Abluft des Brennstofflabors und der Abluft aus dem Reaktor, der Reaktorhalle und dem Aktivlager zusammen. Aus jedem dieser beiden Abluftstränge werden nach den Abluftfiltern isokinetisch Luftproben genommen und durch je eine Bilanzierungseinrichtung mit einem Aerosolfilter und einer Iodpatrone geleitet. Die Filter werden wöchentlich gewechselt und ausgewertet.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

Bei der Beurteilung der Strahlenmesstechnik prüft das ENSI, ob die anwendbaren gesetzlichen Vorschriften wie das Strahlenschutzgesetz [19] Art. 9, 11, 17, 31, 34, 43 und 44, die Strahlenschutzverordnung [20] Art. 33-37, 42-44, 63, 64, 79-81, 96, 97 und die Dosimetrieverordnung [28] Art. 32-35 und 38 eingehalten werden. Zusätzlich wird das Abgabereglement für das PSI (HSK 2/370 Rev. 1 [29]) zur Beurteilung der Emissionsüberwachung herangezogen.

Die Verordnung des Eidgenössischen Justiz- und Polizeidepartements (EJPD) über Messmittel für ionisierende Strahlung [30] Art. 2, 7-9, 13-15 und die Richtlinie ENSI-G13 [31] regelt die Anforderungen, den Nachweis der Eignung und die Prüfungen für die Messmittel, die im operationellen Strahlenschutz und zur radiologischen Anlagenüberwachung eingesetzt werden.

## Beurteilung des ENSI

Zur Gewährleistung des Schutzes des Personals und der Umwelt sowie zur Überwachung der bestimmungsgemässen Funktion von Systemen müssen die radiologischen Verhältnisse innerhalb der Anlage und in der Umgebung sowie die Menge der Abgaben radioaktiver Stoffe nach aussen bekannt sein. Dazu sind spezielle Messeinrichtungen notwendig, die folgende Aufgaben erfüllen:

- Erfassung von Messwerten zur Charakterisierung der Radioaktivität und der Dosisleistung;
- Fallweise automatische Anregung geeigneter Gegenmassnahmen;
- Messung der an die Umwelt abgegebenen Stoffe;
- Erfassung der Strahlendosen und allfälliger Kontamination des Personals.

Aufgrund der geringen sich im PROTEUS befindlichen Aktivität, die auch noch in einzelnen Komponenten gebunden ist, sind keine Störfälle mit nennenswerten radiologischen Konsequenzen zu erwarten [10] (vgl. auch Kap. 8 in diesem Gutachten). Aus diesem Grund kann auf eine störfallfest ausgelegte Messinstrumentierung verzichtet werden.

Das ENSI hat die Strahlenmesstechnik im PROTEUS im Detail mit folgenden Ergebnissen überprüft:

### Areal- und Anlagedosimetrie

Die Areal- und Anlagedosimetrie ist geeignet, um während der Stilllegung die Einhaltung der Grenzwerte nach Art. 59 Abs. 3 StSV zu überwachen.

### Personendosimetrie

Die Erfassung der Personendosen erfolgt im Einklang mit der Dosimetrieverordnung und entspricht dem Stand der Technik.

### Festinstalliertes Messsystem zur Überwachung der Dosisleistung

Das festinstallierte Messsystem zur Überwachung der Dosisleistung erfüllt zwar nicht in allen Punkten die Anforderungen der Richtlinie HSK-G13. Insbesondere werden die Messwerte und Alarmer der Messgeräte an den Zugängen zur Reaktorhalle nicht im Kommandoraum angezeigt. Jedoch ist das bestehende Messsystem geeignet, die Personen vor zu hohen Dosisleistungen zu warnen. Auf eine Modifikation kann deshalb aus Gründen der Verhältnismässigkeit verzichtet werden.

### Kontaminationsmonitore

Die Überwachung von Personenkontaminationen erfolgt im Einklang mit der Richtlinie HSK-R-07. Sie erfüllt die Anforderungen der Verordnung des EJPD über Messmittel für ionisierende Strahlung.

### Mobile Messgeräte

Die eingesetzten mobilen Messgeräte erfüllen die Anforderungen der Richtlinie HSK-G13.

Gemäss den Ausführungen des PSI ist die im PROTEUS noch vorhandene Aktivität hauptsächlich in den leicht aktivierten Stahlkomponenten und dem leicht aktivierten Graphitreflektor gebunden [10]. Eine Freisetzung von Radioaktivität in die Raumluft ist nur möglich, wenn aktivierte Komponenten mechanisch, chemisch oder thermisch bearbeitet oder behandelt werden. Das PSI führt aus, dass beim Rückbau keine solchen Bearbeitungs- und Behandlungsmethoden zum Einsatz kommen. Sollten solche Methoden bei aktivierten Komponenten trotzdem zum Einsatz kommen, dann verlangt das ENSI eine kontinuierlich messende Arbeitsplatzüberwachung hinsichtlich radioaktiver Aerosole in der Luft.

### Auflage 4:

***Bei einem allfälligen Einsatz von mechanischen, chemischen und thermischen Methoden zur Trennung bzw. Bearbeitung aktivierter Komponenten muss die Luft des Arbeitsplatzes kontinuierlich hinsichtlich radioaktiver Aerosole überwacht werden.***

### Überwachung des Abwassers

Das vom PSI praktizierte Vorgehen zur radiologischen Überwachung des Abwassers aus der kontrollierten Zone des PROTEUS ist in Anbetracht dessen, dass es während des gesamten Betriebs des PROTEUS noch nie kontaminiert war, für den Rückbau zulässig.

### Radiologische Fortluftüberwachung

Da nach dem Entfernen des Kernbrennstoffs die verbleibende Aktivität von weniger als 1 GBq hauptsächlich in den leicht aktivierten Stahlkomponenten und dem leicht aktivierten Graphitreflektor gebunden ist [10], beurteilt das ENSI eine rein bilanzierende Überwachung der radioaktiven Abgaben in der Fortluft des PROTEUS hinsichtlich radioaktiver Aerosole als ausreichend. Obwohl die im PROTEUS vorhandenen Bilanzierungseinrichtungen, insbesondere deren Probeentnahmesysteme, die Anforderungen der Richtlinie HSK-G13 und der DIN ISO 2889 [32] nicht vollumfänglich erfüllen, erachtet das ENSI eine Ertüchtigung dieser Einrichtungen in Anbetracht des geringen Gefährdungspotentials als unverhältnismässig.

## **6.3 Limiten für die Abgabe von radioaktiven Stoffen an die Umwelt**

### **Angaben des PSI**

Im Stilllegungsprojekt PROTEUS [8] legt das PSI dar, dass es sämtliche Massnahmen zum radiologischen Schutz, wie sie am Ende der Nachbetriebsphase angewendet werden, im Rückbau unverändert übernehmen wird.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

Gemäss Art. 46 Abs. lit. c KEV müssen in der Stilllegungsverfügung die Limiten für die Abgaben von radioaktiven Stoffen an die Umwelt festgelegt werden. Es gelten Art. 7 und Art. 80 StSV, die Richtlinien ENSI-G15 [31] und ENSI-G14 [33] sowie die ENSI-Bewilligung 6/2013 [34], die BAG-Bewilligung AG-0444.04.001 [35] und das Abgabereglement für das PSI (HSK 2/370 Rev. 1 [29]).

## Beurteilung des ENSI

Bis Ende 1997 wurden vom ENSI für jede einzelne Abgabestelle des PSI Abgabelimiten festgelegt. Anfang 1998 wurden diese Limiten aufgehoben. An deren Stelle trat der quellenbezogene Dosisrichtwert vom 0,3 mSv pro Jahr für den Standort bestehend aus den Arealen PSI-Ost, PSI-West und dem Zentralen Zwischenlager Würenlingen (ZZL). Davon werden in der ENSI-Bewilligung 6/2013 [34] und der BAG-Bewilligung AG-0444.04.001 [35] den Anlagen des PSI gesamthaft die Dosisanteile von 0,15 mSv pro Jahr und 0,2 mSv für die Kurzzeitabgaben zugeordnet. Zur Verhinderung einer Überschreitung des quellenbezogenen Dosisrichtwerts wurden vom PSI für die einzelnen Abgabestellen zur Überwachung der Langzeitabgaben Dosiskontingente und zur Überwachung der Kurzzeitabgaben aktivitätsbasierte Interventionsschwellen festgelegt. Der Nachweis für die Einhaltung des quellenbezogenen Dosisrichtwerts erbringt das PSI mit Hilfe des vom ENSI validierten Computerprogramms ESS-41. Die detaillierten Anforderungen an die Abgaben- und Umweltüberwachung hat das ENSI im Abgabereglement für das PSI (HSK 2/370 Rev. 1 [29]) festgelegt.

Für die Stilllegung des PROTEUS schlägt das ENSI keine Limiten für die Abgabe von radioaktiven Stoffen an die Umwelt vor. Die Kernanlage PROTEUS ist in die Abgabeüberwachung des PSI eingebunden, mit der die Einhaltung des quellenbezogenen Dosisrichtwerts für das PSI permanent überwacht wird. Es gelten die ENSI-Bewilligung 6/2013 [29], BAG-Bewilligung AG-044.04.001 [35] und das Abgabereglement für das PSI (HSK 2/370 Rev.1 [29]).

### **Auflage 5:**

***Der quellenbezogene Dosisrichtwert von 0,3 mSv pro Jahr für den Standort PSI und Zentrales Zwischenlager Würenlingen ist einzuhalten und zu überwachen. Es gilt das aktuelle Abgabereglement für das PSI.***

## 6.4 Überwachung der Immissionen radioaktiver Stoffe und der Direktstrahlung

### Angaben des PSI

Im Stilllegungsprojekt PROTEUS [8] legt das PSI dar, dass es sämtliche Massnahmen zum radiologischen Schutz, wie sie am Ende der Nachbetriebsphase angewendet werden [21], im Rückbau unverändert übernehmen wird.

### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

Gemäss Art. 46 lit. d KEV muss in der Stilllegungsverfügung die Überwachung der Immissionen radioaktiver Stoffe und der Direktstrahlung festgelegt werden. Beurteilungsgrundlagen für die Immissionsüberwachung sind das Kap. 8 StSV, die Richtlinie ENSI-G15 [31] und das Abgabereglement für das PSI (HSK 2/370 Rev. 1 [29]).

### Beurteilung des ENSI

Die Überwachung der Direktstrahlung und der Radioaktivität in der Umgebung (Immissionsüberwachung) ist eine wichtige Kontrollmassnahme zum Schutz der Bevölkerung in der Umgebung einer Kernanlage.

Gemäss Art. 104 bis Art. 106 StSV obliegen die Überwachung der Radioaktivität in der Umgebung der Kernanlagen und die Veröffentlichung der Resultate dem Bundesamt für Gesundheit (BAG) und dem ENSI. Die dafür notwendigen Messungen in der Umgebung von Kernanlagen des PSI werden sowohl vom PSI wie auch vom BAG, der Eidgenössischen Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG), vom Institut de Radiophysique (IRA) der Universität Lausanne, dem Kantonslabor Aarau und dem ENSI durchgeführt. Die Probenahmen und Messungen erfolgen gemäss dem Umgebungsüberwachungsprogramm, das im Anhang 2 des Abgabereglements für das PSI [29] festgelegt ist und jährlich vom ENSI und BAG überprüft wird.

Die durch die aktivierten Reaktorkomponenten verursachten Dosisleistungserhöhungen sind aktuell kleiner 1  $\mu\text{Sv/h}$ . Aufgrund der Rückbauarbeiten des PROTEUS muss das Umgebungsüberwachungsprogramm, das im Abgabereglement [29] für das PSI definiert ist, nicht angepasst werden.

#### **Auflage 6:**

***Die Überwachung der Immissionen radioaktiver Stoffe und der Direktstrahlung muss vom PSI gemäss dem Abgabereglement für das PSI durchgeführt werden.***

## **6.5 Verfahren zur Inaktiv-Freimessung von Materialien und zur Auszonung von Bereichen aus der kontrollierten Zone**

### **Angaben des PSI**

Das PSI hat die Freimessung von Abfällen und das Auszonen von Bereichen aus der kontrollierten Zone in Verfahrensanweisungen und Arbeitsanweisungen, die auf der Richtlinie ENSI-B04 [36] basieren, geregelt.

Das PSI schätzt, dass während des Rückbaus des Reaktors rund 550 t Abfälle anfallen werden. Es handelt sich dabei in erster Linie um Barytbeton, Stahl, Graphit, brennbare Materialien und Sekundärabfälle.

Das PSI beabsichtigt, das Freimessen der beim Rückbau anfallenden Abfälle in der Reaktorhalle durchzuführen. Dort ist die Ortsdosisleistung auf sehr geringem Niveau und beeinträchtigt die Messergebnisse nicht. Nach erfolgter Freimessung sollen die Abfälle im benachbarten Gebäude OEUA oder im Freien gelagert werden, bis das ENSI dem Abtransport zugestimmt hat.

Die Reaktorhalle mit der Lüftungsanlage und dem Aktivabwassersystem sowie alle radiologischen Überwachungssysteme und Sicherungseinrichtungen bleiben bestehen und sollen unter der Aufsicht des BAG einer neuen Nutzung zugeführt werden. Das PSI wird zur gegebenen Zeit ein Konzept zur Freimessung der Reaktorhalle einschliesslich ihrer Infrastruktur erarbeiten.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

Beurteilungsgrundlagen für die Inaktiv-Freimessung von Materialien und Bereichen aus einer kontrollierten Zone sind Art. 53 Art. 72 StSV und die Richtlinie ENSI-B04 [36].

## Beurteilung des ENSI

Das Verfahren zur Inaktiv-Freimessung von Materialien und zum Auszonen von Bereichen soll sicherstellen, dass die entsprechenden gesetzlichen Bedingungen eingehalten werden.

Das PSI wird die aus dem Rückbau anfallenden Abfälle und die Reaktorhalle einschliesslich ihrer Infrastruktur gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B04 freimessen.

Zusätzlich zu den Anforderungen der Richtlinie ENSI-B04 für die Inaktiv-Freimessung von Materialien verlangt das ENSI, dass das PSI vorgängig bei grossen freizumessenden Materialmengen, z. B. bei den Barytbetonblöcken, dem Graphitreflektor und den Stahlkomponenten, das Verfahren zur Inaktiv-Freimessung schriftlich darlegt und beim ENSI einreicht.

### **Auflage 7:**

***Bei grossen freizumessenden Materialmengen, z. B. bei den Barytbetonblöcken, dem Graphitreflektor und den Stahlkomponenten, ist vorgängig das Verfahren zur Inaktiv-Freimessung schriftlich darzulegen und beim ENSI einzureichen.***

## 7 Entsorgung der anfallenden Abfälle

### Angaben des PSI

Das PSI strebt an, möglichst viele Komponenten und Anlagenteile freizumessen und als inaktiver Abfall dem jeweils entsprechenden Abfallpfad zuzuweisen. Es wird grundsätzlich zwischen inaktiven und radioaktiven Abfällen unterschieden. Beim Rückbau des Reaktors fallen in erster Linie Abfälle aus Stahl, Aluminium, Graphit und Barytbeton sowie brennbare Materialien und Sekundärabfälle an. Die radioaktiven Abfälle können je nach Grad der Aktivierung der Abklinglagerung oder der radioaktiven Entsorgung zugeführt werden. Damit Abfälle der Abklinglagerung zugewiesen werden können, dürfen gemäss einer PSI-internen Weisung [37] folgende Dosisleitungen nicht überschritten werden:

- Stahl<sup>2</sup>: 5,0 µSv/h in 10 cm Abstand, Lagerzeit 30 Jahre
- Aluminium<sup>3</sup>: 5,0 µSv/h in 10 cm Abstand, Lagerzeit 30 Jahre
- Beton<sup>4</sup>: 0,4 µSv/h in 10 cm Abstand, Lagerzeit 30 Jahre

Nuklide mit langer Halbwertszeit, die eine Abklinglagerung verunmöglichen, erwartet das PSI nicht. Insbesondere haben Probenahmen am Graphit ergeben, dass dieser als inaktiver Abfall entsorgt werden kann. Hingegen geht das PSI davon aus, dass voraussichtlich drei Komponenten mit einem Gewicht von rund 8,2 t der Abklinglagerung zugeführt werden müssen. Dabei handelt es sich um die obere Reaktortragplatte, die untere Reaktortragplatte (ohne Seitenplatten) und die Verspanneinheit am Graphitreflektor.

Das PSI geht in seiner Abschätzung davon aus, dass rund 550 t Material als inaktiver Abfall freigemessen und konventionell entsorgt werden kann.

Material	Geschätzte Menge inaktiven Abfalls
Stahl	55,0 t
Aluminium	0,5 t
Kupfer	5,0 t
Kunststoffe und Diverse	0,4 t
Betonblöcke	486,0 t
Eisenerz	4,0 t
<b>Total</b>	<b>550,0 t</b>

Tabelle 7-1: Mengen und Art des voraussichtlich anfallenden freimessbaren, inaktiven Abfalls.

Sollten radioaktiv kontaminierte Komponenten auftreten, so wird versucht, sie zu dekontaminieren. Eine eventuelle Dekontamination kann in der Reaktorhalle durchgeführt werden. Zum Einsatz gelangen dabei die am PSI bereits erfolgreich eingesetzten handelsüblichen Dekontaminationsmittel. Falls die Dekontamination aus logistischen oder organisatorischen Gründen

<sup>2</sup> Wert basiert auf Co-60

<sup>3</sup> Wert basiert auf Co-60

<sup>4</sup> Wert basiert auf Eu-152



nicht in der Reaktorhalle vorgenommen werden kann, steht das Abfalllabor der Sektion RBE (Gebäude OALA) zur Verfügung. Bezüglich der Menge zu dekontaminierender Abfälle kann aus heutiger Sicht davon ausgegangen werden, dass es keine solchen kontaminierten Abfälle geben wird.

Allfällig anfallende radioaktive Abfälle verbleiben in der Reaktorhalle, bis sie in ein entsprechendes Abfallgebinde eingebracht werden. Das Beladen der Abfallgebinde erfolgt in der Reaktorhalle. Das Vergiessen der Gebinde wird in den Konditionierungsanlagen der Sektion RBE durchgeführt.

### **Beurteilungsgrundlagen des ENSI**

In seiner Beurteilung der Entsorgung der Abfälle stützt sich das ENSI auf Art. 26 Abs. 2 lit. d KEG bzw. Art. 31 Abs. 1 KEG, wonach der Eigentümer einer stillgelegten Anlage die radioaktiven Abfälle entsorgen muss und auf Art. 27 Abs. 2 lit. e KEG, wonach er im Stilllegungsprojekt darzulegen hat, wie die radioaktiven Abfälle entsorgt werden sollen.

Zur Bewertung der Konditionierung der radioaktiven Abfälle stützt sich das ENSI auf Art. 54 KEV bzw. auf die Richtlinie ENSI-B05. Zudem hat der Bewilligungsinhaber gemäss Art. 84 StSV über die Abfälle Buch zu führen und gemäss Art. 48 KEV bzw. ENSI-B02 darüber zu berichten.

### **Beurteilung des ENSI**

Aufgrund von Messungen und Probenahmen von Graphit, geht das PSI davon aus, dass beim Rückbau des PROTEUS-Reaktors keine radioaktiven Abfälle anfallen werden. Gemäss Angaben des PSI können rund 550 t Material direkt freigemessen und konventionell entsorgt werden, drei insgesamt rund 8,2 t schwere Komponenten aus Stahl sind leicht aktiviert, können aber nach Einschätzung des PSI nach einer Abklinglagerung von 30 Jahren ebenfalls freigemessen und konventionell entsorgt werden.

Allerdings ist nicht auszuschliessen, dass trotz der geringen Aktivitäten radioaktive Abfälle anfallen werden, die konditioniert werden müssen. Denn die vom PSI angestellten Betrachtungen basieren alle auf der aktuellen Strahlenschutzverordnung (StSV) und den darin enthaltenen Freimessgrenzen. Jedoch befindet sich die StSV derzeit in Revision, dabei werden die strengereren Freimessgrenzen nach Vorgaben der IAEA<sup>5</sup> übernommen. Voraussichtlich können dann nicht mehr alle leicht aktivierten Komponenten des PROTEUS wie vom PSI vorgesehen freigemessen, resp. in die Abklinglagerung überführt werden. Die Stilllegungsverfügung des UVEK zum PROTEUS wird zwar vor Inkrafttreten der revidierten StSV erwartet, es ist aber davon auszugehen, dass die neuen Freimessgrenzen anschliessend während des Rückbaus anzuwenden sind. Denn gemäss den Übergangsbestimmungen in der revidierten StSV sind die neuen Vorschriften voraussichtlich sofort anzuwenden. Deshalb sollte das PSI schon heute eine Neubewertung der möglicherweise anfallenden radioaktiven Abfälle gemäss den neuen Freimessgrenzen der revidierten StSV vornehmen – dies vor allem im Hinblick auf das Freimessen von Materialien und die Abklinglagerung (vgl. auch Kap. 6.5).

---

<sup>5</sup> IAEA Safety Requirements: Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, Revision of IAEA Safety Series N°115, GOV2011/42, 15 August 2011; Tabelle I-2.

**Auflage 8:**

***Sobald die revidierte Strahlenschutzverordnung (SR 814.501) in Kraft ist, muss das PSI das Mengengerüst der erwarteten radioaktiven PROTEUS-Rückbauabfälle neu bewerten.***

Sollten trotzdem radioaktive Abfälle anfallen, muss dafür ein genehmigter Abfallgebindetyp (AGT) vorliegen. Mit einem Schreiben vom 7. Januar 2014 [38] hat das PSI die Genehmigung der drei AGT J-P-005000 (für MIF-Abfälle), J-P-005100 (Rückbauabfälle VVA) und J-P-005110 (Rückbauabfälle PROTEUS) sowie die Freigabe zur Einlagerung der entsprechenden Gebinde in das Bundeszwischenlager beantragt. Dem Gesuch lagen die entsprechende Sammel-spezifikation des PSI [39] sowie die Endlagerfähigkeitsbeurteilungen [40, 41] und die Endlagerfähigkeitsbescheinigungen [42-44] der Nagra bei.

Gemäss der Spezifikation für den AGT J-P-005110 [39] für die PROTEUS-Abfälle nimmt das PSI an, dass neben 95 % stückiger Abfälle 5 % dispersible Abfälle anfallen werden. Bei den stückigen radioaktiven Abfällen handelt es sich vor allem um Stahl und Graphit. Allenfalls anfallendes Aluminium soll auf der Schmelzanlage im DIORIT eingeschmolzen werden und nicht im AGT J-P-005110 konditioniert werden.

Für die Konditionierung von Reaktorgraphit als radioaktiver Abfall soll dieser grösstenteils geschreddert werden und als Verfüllmörtel verarbeitet werden. Dieser Graphit-Mörtel (Abfallmatrix) wird dann zum Verfüllen von KC-T12-Containern genutzt, die vornehmlich mit stückigen radioaktiven Rückbauabfällen des PROTEUS (A-P-005111) gefüllt sind.

Möglicherweise fallen beim Rückbau der Stahlkonstruktion sowie des Barytbetons geringe Mengen an Bohr- oder Schneidschlämmen an, die als dispersible Rückbauabfälle der entsprechenden Mörtelmischung zugesetzt werden sollen.

Die mit [38] ersuchte Genehmigung für den AGT J-P-005110 steht noch aus. Allerdings hat das ENSI anlässlich der Beurteilung des mitspezifizierten AGT J-P-005000 [45] eine Revision der Sammel-spezifikation [39] gefordert. Dies ist auch eine Voraussetzung für die Erteilung der ersuchten Genehmigung des AGT J-P-005110. Dieser ist zurzeit grundsätzlich der einzige für die Konditionierung allfälliger Rückbauabfälle der Anlage PROTEUS infrage kommende AGT, auch wenn in der Sammel-spezifikation [39] aus Optimierungsgründen eine gemeinsame Konditionierung mit Rückbauabfällen der VVA oder mit MIF-Abfällen in den entsprechenden AGT J-P-005100 bzw. J-P-005000 erwägt wird.

**Auflage 9:**

***Mit den Rückbauarbeiten darf erst begonnen werden, wenn der für die erwarteten radioaktiven PROTEUS-Rückbauabfälle spezifizierte Abfallgebindetyp J-P-005110 vom ENSI genehmigt ist.***

Das PSI erwähnt in [8], dass sich die Konditionierungsanlage der Sektion RBE für Betonkleincontainer (KC-T12) im Untergeschoss des DIORIT befindet. Ferner ist gemäss [39] eine Konditionierung allfälliger Aluminium-Abfälle auf der ebenfalls im DIORIT befindlichen Schmelzanlage vorgesehen. Gemäss einer Verfügung des ENSI vom 14. Juni 2013 [46] dürfen aber grundsätzlich keine neuen, anlagenfremden radioaktiven Abfälle in die Kernanlage DIORIT verbracht und damit umgegangen werden.

**Hinweis 2:**

*Gemäss ENSI-Verfügung vom 14. Juni 2013 dürfen grundsätzlich keine Rückbauabfälle aus der Kernanlage PROTEUS in das Gebäude ODRA (DIORIT) verbracht werden. Für eine allfällige Konditionierung von Aluminium-Abfällen aus dem PROTEUS-Rückbau auf der Schmelzanlage im DIORIT ist beim ENSI ein separater Freigabeantrag zu stellen; Voraussetzung dafür ist ein abdeckender, genehmigter Abfallgebindetyp.*

## 8 Störfallbetrachtungen und Notfallschutz

### Angaben des PSI

Am Ende der Nachbetriebsphase wird sämtliches Kernmaterial aus der Anlage entfernt worden sein. Gemäss PSI [8, 10] werden noch während der Nachbetriebsphase die am stärksten aktivierten Komponenten (D<sub>2</sub>O-Tank mit Abstützung, Testtank und Pufferrack) ausgebaut, abtransportiert und dem Abfallpfad bzw. der Abklinglagerung zugeführt. Es verbleiben am Ende der Nachbetriebsphase bloss die obere und die untere Reaktortragplatte als aktivierte Komponenten. Diese können aufgrund der kleinen Ortsdosisleistung ( $< 1 \mu\text{Sv/h}$ ) der Abklinglagerung zugeführt werden.

Der Graphitreflektor wurde beprobt und als nicht radioaktiv befunden; alle Proben des Graphits deuten darauf hin, dass dieser als inaktiver Abfall entsorgt werden kann.

Während des Nachbetriebs werden sämtliche Quellen auf ihre Verwendbarkeit innerhalb des PROTEUS überprüft. Nicht mehr benötigte Quellen werden dem Quelledienst des PSI übergeben.

Das Auftreten von radioaktiv kontaminierten Komponenten wird nicht erwartet und sämtliche Aktivität liegt in Form von aktivierten Komponenten vor. Da zudem die Störfallanalysen für den Nachbetrieb eine maximale Folgedosis von 12 nSv ergaben, verzichtet das PSI auf eine Störfallanalyse für die Stilllegung des PROTEUS [8].

### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

In seiner Beurteilung stützt sich das ENSI auf die StSV, die UVEK-Verordnung über die Gefährdungsmassnahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen [47] sowie die Richtlinien ENSI-A08 und ENSI-G14.

### Beurteilung des ENSI

Der Verzicht seitens PSI auf Störfallanalysen mit der oben genannten Begründung wird vom ENSI akzeptiert. Störfälle in der Stilllegungsphase sind durch Störfälle im Nachbetrieb [48] abgedeckt.

In [10] weist das PSI die Ergebnisse der Beprobungen von Reaktortragplatten und Graphit aus. Davon ausgehend berechnet das PSI die potentiell noch vorhandene Aktivität in einer aus Sicht des ENSI realistischen bis konservativen Weise. Für die Aktivierung der Abstützung des D<sub>2</sub>O-Tanks wird auf einen Analysebericht [12] verwiesen. Diese Ergebnisse fliessen aber nicht in die Aktivitätsauflistung ein, da diese Komponenten bereits in der Nachbetriebsphase entfernt werden.

Eigene Dosisberechnungen des ENSI mit den vom PSI auf Seite 7 in [10] ausgewiesenen Aktivitätsvektoren für Stahlkomponenten und Graphit ergeben bei bodennaher Freisetzung maximale Dosen in der Umgebung kleiner  $1 \mu\text{Sv}$ . Daraus schliesst das ENSI, dass selbst bei vollständiger Freisetzung des zu Beginn der Stilllegung vorhandenen Inventars der tiefste Dosiswert aller Störfallkategorien von  $0,3 \text{ mSv}$  in jedem Fall eingehalten wird.

Aufgrund der stark veränderten Sachlage gegenüber den zum Zeitpunkt der Grobprüfung eingereichten Dokumente erachtet das ENSI die in der Grobprüfung Kap 4.7 [5] gestellten Nachforderungen als hinfällig.

## 9 Menschliche und organisatorische Aspekte

Die folgenden Abschnitte gründen auf den Angaben des PSI in den Kapitel 12.1 „Arbeitssicherheit“, 13. „Personelles“ und 14. „Qualitätsmanagement“ des Stilllegungsprojekts.

### Angaben des PSI

Das PSI kann zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht darlegen, wo die Kernanlage PROTEUS während des Rückbaus organisatorisch angegliedert sein wird. Entweder bleibt sie wie bisher Teil des Labors für Reaktorphysik und Systemverhalten (LRS) im Fachbereich für Nukleare Energie und Sicherheit (NES) oder sie wird dem Fachbereich Logistik (LOG) unterstellt. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass die aktuelle Organisation innerhalb des LRS erhalten bleibt, bis die Kernanlage PROTEUS aus der Kernenergiegesetzgebung entlassen ist.

Das Personal der Kernanlage PROTEUS setzt sich während des Rückbaus aus dem Anlagenleiter und dessen Stellvertreter, dem Strahlenschutzbeauftragten, dem Quellenbeauftragten, Fremdfirmenmitarbeitenden (als Ausführende des Rückbaus) sowie externen Raumnutzern ohne Funktion zusammen. Der Einbezug von Fremdpersonal hat gemäss PSI den Vorteil, dass nach Personal gesucht werden kann, welches den Anforderungen in möglichst hohem Mass entspricht. Es soll jeweils ein Team mit drei Personen eingesetzt werden, da nur ein Hallenkran, welcher für die meisten Rückbauschnitte von Bedeutung ist, zur Verfügung steht.

Das PSI weist darauf hin, dass die Mitarbeitenden der Sektion Rückbau und Entsorgung (RBE), welche die Arbeiten am Reaktor ausführen, regelmässig geschult werden. Falls notwendig wird auch das Fremdpersonal im selben Umfang geschult oder instruiert. Die Sektion RBE sowie die Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit (ASI) werden vom PSI als wichtigste Partner für den Rückbau des Forschungsreaktors PROTEUS wahrgenommen. Diese verfügen jeweils über akkreditierte Managementsysteme.

Der Anlagenleiter PROTEUS bleibt auch während des Rückbaus des Forschungsreaktors verantwortlich. Der Anlagenleiter koordiniert die Tätigkeiten unter Beachtung der Arbeitssicherheit und des Strahlenschutzes. Hierbei erhält er Unterstützung durch eine Strahlenschutz-Fachkraft des Betriebsstrahlenschutzes des PSI.

Das PSI sieht vor, den Rückbau des Forschungsreaktors PROTEUS mit einer ähnlichen Organisation wie beim Rückbau der Reaktoren SAPHIR und DIORIT anzugehen. Diese Art von Organisation habe sich bewährt und insgesamt hätten gemäss Gesuchsteller gute Erfahrungen gemacht werden können.

### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

Gemäss Art. 45 lit. g KEV ist ein Nachweis für die Bereitstellung des für die Durchführung und die Überwachung der Stilllegungsarbeiten erforderlichen geeigneten und fachlich ausgewiesenen Personals in genügender Zahl sowie einer geeigneten Organisationsstruktur mit klarer Zuweisung der Verantwortlichkeiten einzureichen. Gemäss Art. 45 lit. h KEV ist ausserdem ein Qualitätsmanagementprogramm einzureichen. Weitere Beurteilungsgrundlagen sind zudem der Richtlinie ENSI-G17 Kap. 5.4.7 lit. a und lit. b sowie Kap. 5.4.8 lit. a und lit. b. zu entnehmen.

## Beurteilung des ENSI

Das PSI hat zum Zeitpunkt der Erstellung des Stilllegungsprojekts noch nicht festgelegt, wo die Kernanlage PROTEUS während des Rückbaus organisatorisch angegliedert sein wird. Zumindest sollte erläutert werden, wovon die Entscheidung der organisatorischen Angliederung abhängt und zu welchem Zeitpunkt diese getroffen wird. Die Zuweisungen und Bestimmungen der Verantwortlichkeiten und Schnittstellen sollen für beide Möglichkeiten (organisatorische Angliederungen an NES oder LOG) aufgezeigt werden. Dabei ist auch die Veränderung der Organisation in den einzelnen Stilllegungsphasen zu berücksichtigen. Gemäss Richtlinie ENSI-G17 Kap. 5.4.7 lit. b sind die Organisationsstruktur sowie die vorgesehenen Abläufe zu beschreiben.

Für den Rückbau wird eine ähnliche Organisation wie beim Rückbau der Reaktoren SAPHIR und DIORIT vorgesehen, da sich gemäss PSI dies insgesamt bewährt habe und gute Erfahrungen vorlägen. Für das Stilllegungsprojekt PROTEUS muss aufgezeigt werden, was sich bei der Rückbauorganisation der Reaktoren SAPHIR und DIORIT bewährt hat und übernommen wird, mit welchen Punkten man weniger gute Erfahrungen gemacht hat und wie dies im Stilllegungsprojekt PROTEUS berücksichtigt wird. Gemäss Richtlinie ENSI-G17 Kap. 5.4.7 lit. b ist ein Programm zur Berücksichtigung der menschlichen und organisatorischen Faktoren (HOF) darzulegen.

Das ENSI begrüsst, dass der Anlagenleiter PROTEUS während des Rückbaus des Forschungsreaktors verantwortlich bleibt. Das PSI beschreibt die Zusammensetzung des Personals der Kernanlage PROTEUS während des Rückbaus. Dabei werden die Fremdfirmenmitarbeitenden erwähnt, welche den Rückbau ausführen. An anderer Stelle ist die Rede von den Mitarbeitenden der Sektion Rückbau und Entsorgung, die die Arbeiten am Reaktor ausführen werden. Die Unterscheidung der Tätigkeitsbereiche und die Schnittstellen der Sektionsmitarbeitenden RBE und des Personals der Kernanlage PROTEUS während des Rückbaus müssen klar definiert werden.

### **Auflage 10:**

***Vor der ersten Rückbauphase ist die organisatorische Angliederung, inklusive Verantwortlichkeiten und Schnittstellen aller für den Rückbau vorgesehenen Personen, dem ENSI darzulegen. Weiter soll aufgezeigt werden, welche Art der Organisation des Rückbaus sich bei den Reaktoren SAPHIR und DIORIT bewährt hat und auch für den Rückbau des Forschungsreaktors PROTEUS übernommen werden soll.***

Das PSI erwähnt die akkreditierten Managementsysteme der wichtigsten Partner für den Rückbau: die Sektion Rückbau und Entsorgung (RBE) und die Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit (ASI). Der Gesuchsteller äussert sich nicht darüber, in welchem Bezug die Managementsysteme zum Stilllegungsprojekt PROTEUS stehen. Nach Art. 45 lit. h KEV wird aber ein Qualitätsmanagementprogramm als integraler Bestandteil des Managementsystems gefordert. Dieses muss alle Festlegungen und Tätigkeiten zur Erreichung der qualitätsbezogenen Projektziele mittels Qualitätsplanung, -lenkung und -prüfung umfassen. Insbesondere sind die für die Gewährleistung der Sicherheit relevanten Prozesse ausführlich zu beschreiben.

### **Auflage 11:**

***Das Managementsystem des PSI ist bezüglich der Einbeziehung des Rückbaus zu prüfen und gegebenenfalls anzupassen. Es hat zu berücksichtigen, in welchem Bereich des PSI die Kernanlage PROTEUS während des Rückbaus angegliedert ist.***

## 10 Sicherungsmassnahmen

### Angaben des PSI

Die Sicherung der Kernanlage PROTEUS basiert auf einer Securiton-Wertschutzanlage. Das Konzept sieht eine mehrstufige Sicherung vor, die man sich laut PSI als Zwiebelschalenmodell vorstellen kann. Gesichert sind der Kommandoraum, die Reaktorhalle und das Brennstofflabor.

Aus heutiger Sicht kann das PSI nicht abschliessend beurteilen, ob die Sicherungsanlage für die künftige Nutzung des Gebäudes OPRA beibehalten wird oder nicht. Bis dies entschieden ist, bleibt die Anlage bestehen.

### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

Art. 26 Abs. 2 lit. a KEG sagt aus, dass der Eigentümer einer Kernanlage bei deren Stilllegung die Anforderungen an die nukleare Sicherheit und Sicherung erfüllen muss. Nach Art. 45 lit. e KEV muss er im Stilllegungsprojekt die Sicherungsmassnahmen darlegen.

### Beurteilung des ENSI

Die Kernanlage PROTEUS befindet sich innerhalb des Areals PSI-Ost, das nur über Personenschleusen mit Ausweis zugänglich ist. Der Zutritt zur Kernanlage PROTEUS ist als weitere Sicherungsmassnahme nur berechtigten Personen möglich. Im Inneren der Anlage gibt es weiter ein mehrstufiges Sicherungskonzept.

Spezielle Sicherungsmassnahmen in einer Kernanlage sind besonders dann erforderlich, wenn sich Kernmaterialien in der Anlage befinden. Wie international in den Safeguards der IAEA beschrieben, sind dann umfassende Sicherungs- und Überwachungsmassnahmen notwendig. Als Grundvoraussetzung für den Beginn des hier beurteilten Stilllegungsprojekts nennt das PSI aber die Entfernung des Kernbrennstoffs vor Beginn der Rückbauarbeiten. Danach befinden sich nur noch leicht aktivierte Komponenten im Gebäude, die für die Sicherung unerheblich sind. Weil das PSI noch nicht weiss, wie das Gebäude OPRA nach Abschluss der Stilllegung weiterverwendet wird, behält es solange auch die vorhandene Sicherungsanlage. Zusätzliche Sicherungsmassnahmen während des Rückbaus sind deshalb nicht notwendig.

## 11 Beurteilung der sicherheitstechnischen Grundlagen der Kostenschätzung

### Angaben des PSI

Das PSI legt dar, dass sich die Kernanlagen des PSI im Eigentum des Bundes befinden und in der Bilanz des Bundes entsprechende Rückstellungen gebildet worden sind. Allerdings sind diese Rückstellungen nicht ausfinanziert, es sind nur „Erinnerungspositionen“ vorhanden. Die benötigten Mittel müssen mit einer Vorlaufzeit von einem Jahr budgetiert werden.

Den Rückbau des Forschungsreaktors PROTEUS bezeichnet das PSI als einfaches Vorhaben, weshalb die Gesamtkosten mit 2.4 MCHF moderat ausfallen. Weil keine radioaktiven Abfälle anfallen und der Rückbau eine einfache Demontage darstellt, überwiegen die Personalkosten.

Kostenart	Anzahl	Dauer [Jahre]	Betrag [kCHF]	kCHF pro Jahr	kCHF Projektdauer
Personal extern	3 Personen	2,5	120	360	900
Personal intern (Projektleiter)	1 Person	3,0	148	148	444
Personal intern (SU-Fachkraft)	1 Person	2,5	112	112	280
Betriebskosten, Lagerbezüge			50	50	150
Maschinen, Werkzeuge			20	20	60
Lagerkosten	50 m <sup>2</sup>	30,0	0,33	16,5	495
Entsorgung inaktiv			50	50	50
<b>Gesamtkosten</b>					<b>2379</b>

Tabelle 11-1: Vom PSI geschätzte Kosten für den Rückbau des Forschungsreaktors PROTEUS.

### Beurteilungsgrundlagen des ENSI

Nach Art. 27 Abs. 2 lit. f KEG sind die Gesamtkosten sowie die Sicherstellung der Finanzierung Teil des Stilllegungsprojekts. Gemäss Art. 45 lit. j KEV umfasst die Zusammenstellung sämtlicher aus der Stilllegung anfallenden Kosten auch die Kosten für die Entsorgung der radioaktiven und nicht radioaktiven Abfälle sowie die Sicherstellung der Finanzierung.

### Beurteilung des ENSI

Die Angaben des PSI zu den Kosten, zur Sicherstellung der Finanzierung, aber auch zu den einzelnen Arbeitsschritten und den pro Phase budgetiertem Aufwand sind nur minimal und reichen für eine genaue Überprüfung der technischen Grundlagen der Kostenberechnung nicht aus. Es ist deshalb nicht möglich, einzelne Arbeiten dem Personalaufwand zuzuordnen. In Kapitel 8.3.4.2 auf Seite 54 im Stilllegungsprojekt [8] wird in einem Nebensatz der Gesamtaufwand auf 1050 Manntage beziffert. Aus der oben abgebildeten Tabelle 11-1 geht hingegen ein Gesamtaufwand von 13 Mannjahren hervor. Dies stimmt mit den 1050 Manntagen (rund



4,2 Mannjahren) nicht überein. Die fehlenden Angaben zur Ablaufplanung und Gesamtaufwand sind beim Freigabeantrag für die erste Rückbauphase dem ENSI gemäss Auflage 2, Punkt b einzureichen. Das ENSI erwartet, dass die genauen Angaben zu Mannstunden pro Arbeitseinheit in den Freigabeanträgen für die einzelnen Phasen aufgeführt werden.

Das PSI geht davon aus, dass beim Rückbau keine radioaktiven Abfälle anfallen werden. Diese Einschätzung beruht auf der aktuellen StSV, die sich allerdings in Revision befindet und voraussichtlich per 2017 mit strengeren Freimessgrenzen in Kraft gesetzt wird. Gemäss den Freimessgrenzen der revidierten StSV dürften – entgegen den Annahmen des PSI – radioaktive Abfälle anfallen, weshalb das PSI das Mengengerüst der möglicherweise anfallenden radioaktiven Abfälle neu bewerten muss (vgl. Auflage 8). Da radioaktive Abfälle ein wesentlicher Kostentreiber sind [49], muss das PSI – sobald die revidierte Strahlenschutzverordnung in Kraft ist – die Gesamtkosten neu berechnen und dem BFE vorlegen.

Weiter geht das PSI davon aus, dass sich die Baryt-Betonblöcke der biologischen Abschirmung ohne Einsatz von Trennwerkzeugen auseinandernehmen lassen. Sollte dies nicht möglich sein, fallen Zusatzkosten für das Werkzeug und vor allem für das Personal durch die längere Arbeitsdauer an.

Das ENSI stellt weiter fest, dass offenbar, wegen allfälliger unvorhergesehener Verzögerungen, keine technische Risikoanalyse durchgeführt wurde. Für die technischen Grundlagen der Kostenschätzungen, wie beispielsweise den Personalaufwand, wurden auch keine Sicherheitsmargen ausgewiesen.

Die Überprüfung der Sicherstellung der Finanzierung erfolgt durch das BFE.

## 12 Gesamtbewertung

Das ENSI hat die vom PSI überarbeiteten Unterlagen zum Rückbau des Forschungsreaktors PROTEUS auf dem Areal Ost des PSI eingehend geprüft und die Ergebnisse der Überprüfung in diesem Gutachten dargelegt. Dabei hat sich das ENSI vergewissert, dass das PSI alle für das Stilllegungsprojekt relevanten Bestimmungen des Kernenergiegesetzes, der Kernenergieverordnung, des Strahlenschutzgesetzes und der Strahlenschutzverordnung sowie die Richtlinien des ENSI und weitere relevante Verordnungen berücksichtigt hat. Auch hat das ENSI darauf geachtet, dass das Stilllegungsprojekt PROTEUS den internationalen Anforderungen von IAEA, WENRA und OECD/NEA entspricht und den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik berücksichtigt.

Beim Überprüfen der Unterlagen hat das ENSI Sachverhalte festgestellt, die weiter geklärt werden müssen. Dazu hat das ENSI Anträge für elf Auflagen im Hinblick auf die Stilllegungsverfügung des UVEK (vgl. Kap. 13) und zwei Hinweise (vgl. Kap. 14) formuliert. Die Hinweise haben nicht den Stellenwert von Auflagen und betreffen somit keine Sachverhalte, die für das Erlangen der Stilllegungsverfügung durch das UVEK relevant sind.

Nachdem das ENSI die erstmalig im April 2013 eingereichten Unterlagen zum Stilllegungsprojekt PROTEUS [1-3] zur Überarbeitung zurückgewiesen hatte, konnte das PSI in den überarbeiteten Unterlagen [7-14] den geplanten Rückbau des Forschungsreaktors PROTEUS, unter Einschränkung der mit den Auflagen formulierten Verbesserungen, nachvollziehbar und vollständig darlegen. Die Nachforderungen des ENSI, die sich aus der Grobprüfung [5, 6] ergeben haben, sind damit erfüllt.

Zusammenfassend stellt das ENSI fest, dass das PSI in den Gesuchsunterlagen zur Stilllegung des Forschungsreaktors PROTEUS nachvollziehbar dargelegt hat, dass der Schutz von Mensch und Umwelt vor radioaktiver Strahlung während des Rückbaus der Anlage sichergestellt werden kann, dass ein umsetzbares Konzept für den Rückbau vorliegt und dass der Nachweis für die Entsorgung der anfallenden Abfälle erbracht ist. Dies allerdings unter der Grundvoraussetzung, dass vor Beginn der Rückbauarbeiten der Kernbrennstoff aus der Anlage entfernt worden ist.

Aus Sicht des ENSI sind damit alle erforderlichen Voraussetzungen für die Erteilung der Stilllegungsverfügung – soweit sie vom ENSI zu beurteilen waren – unter Berücksichtigung der Auflagen und Hinweise erfüllt.

## 13 Anträge für Auflagen

Die positive Gesamtaussage des ENSI zum Stilllegungsprojekt PROTEUS gilt unter der Voraussetzung, dass die folgenden Auflagen in die Stilllegungsverfügung des UVEK aufgenommen werden werden.

### Auflage 1 (Kap. 4.3):

*Mit den im Stilllegungsprojekt beschriebenen Rückbauarbeiten darf erst begonnen werden, wenn der gesamte Kernbrennstoff aus der Kernanlage PROTEUS entfernt worden ist. Falls die experimentellen Kernmaterialien und die radioaktiven Quellen nicht vorgängig aus der Kernanlage PROTEUS entfernt sind, ist dies bei der Beantragung der Phasenfreigabe zu berücksichtigen.*

### Auflage 2 (Kap. 5):

*Das PSI hat dem ENSI vor jeder Phase ein Freigabegesuch zu stellen. Jede Phase beginnt mit einer Freigabe des ENSI.*

*Mit jedem Freigabegesuch für eine Phase sind folgende Unterlagen einzureichen:*

- a. *Detaillierte Beschreibung des Ausgangszustands und Definition des Endzustands der jeweiligen Phase;*
- b. *Detailplanung der Phase, bestehend aus*
  - *Ablaufplan, inkl. Arbeitsschritte; Abweichungen von der bisherigen Ablaufplanung sind zu begründen,*
  - *Einsatz neuer Techniken oder Gerätschaften, Prüfergebnisse vor deren Einsatz, Schulung des Personals (evtl. mit mock-up-Trainings),*
  - *Vorgehen und Verfahren zur Inaktivfreimessung der anfallenden Materialien,*
  - *Konditionierung der allenfalls anfallenden radioaktiven Abfälle;*
- c. *Strahlenschutzmassnahmen, Strahlenschutzplanung;*
- d. *Personaleinsatzkonzept, Organisation, Qualitätsmanagement, „Human and Organisational Factors“ (HOF-Programm).*

### Auflage 3 (Kap. 6.1):

*Für die Stilllegungsarbeiten des PROTEUS ist eine anlagenbezogene Personendosimetrie mit kalibrierten elektronischen Personendosimetern durchzuführen. Die Ergebnisse sind dem ENSI im Rahmen der weiterzuführenden Quartals- und Jahresberichterstattung gemäss Richtlinie ENSI-B02 zu melden.*

### Auflage 4 (Kap. 6.2):

*Bei einem allfälligen Einsatz von mechanischen, chemischen und thermischen Methoden zur Trennung bzw. Bearbeitung aktivierter Komponenten muss die Luft des Arbeitsplatzes kontinuierlich hinsichtlich radioaktiver Aerosole überwacht werden.*

Auflage 5 (Kap. 6.3):

*Der quellenbezogene Dosisrichtwert von 0,3 mSv pro Jahr für den Standort PSI und Zentrales Zwischenlager Würenlingen ist einzuhalten und zu überwachen. Es gilt das aktuelle Abgabereglement für das PSI.*

Auflage 6 (Kap. 6.4):

*Die Überwachung der Immissionen radioaktiver Stoffe und der Direktstrahlung muss vom PSI gemäss dem Abgabereglement für das PSI durchgeführt werden.*

Auflage 7 (Kap. 6.5):

*Bei grossen freizumessenden Materialmengen, z. B. bei den Barytbetonblöcken, dem Graphitreflektor und den Stahlkomponenten, ist vorgängig das Verfahren zur Inaktiv-Freimessung schriftlich darzulegen und beim ENSI einzureichen.*

Auflage 8 (Kap. 7):

*Sobald die revidierte Strahlenschutzverordnung (SR 814.501) in Kraft ist, muss das PSI das Mengengerüst der erwarteten radioaktiven PROTEUS-Rückbauabfälle neu bewerten.*

Auflage 9 (Kap. 7):

*Mit den Rückbauarbeiten darf erst begonnen werden, wenn der für die erwarteten radioaktiven PROTEUS-Rückbauabfälle spezifizierte Abfallgebindetyp J-P-005110 vom ENSI genehmigt ist.*

Auflage 10 (Kap. 9):

*Vor der ersten Rückbauphase ist die organisatorische Angliederung, inklusive Verantwortlichkeiten und Schnittstellen aller für den Rückbau vorgesehenen Personen, dem ENSI darzulegen. Weiter soll aufgezeigt werden, welche Art der Organisation des Rückbaus sich bei den Reaktoren SAPHIR und DIORIT bewährt hat und auch für den Rückbau des Forschungsreaktors PROTEUS übernommen werden soll.*

Auflage 11 (Kap. 9):

*Das Managementsystem des PSI ist bezüglich der Einbeziehung des Rückbaus zu prüfen und gegebenenfalls anzupassen. Es hat zu berücksichtigen, in welchem Bereich des PSI die Kernanlage PROTEUS während des Rückbaus angegliedert ist.*

## 14 Hinweise des ENSI

Hinweise des ENSI sind nicht Teil der Stilllegungsverfügung des UVEK, weil sie nicht den Stellenwert von Auflagen aufweisen. Diese Hinweise betreffen somit keine Sachverhalte, die für die Erteilung der Stilllegungsverfügung relevant sind. Es handelt sich vielmehr um Hinweise, die vom PSI im Verlauf der Stilllegung zu beachten sind und deren Erfüllung vom ENSI im Rahmen seiner sachbezogenen Aufsichtstätigkeit überprüft wird.

### Hinweis 1 (Kap. 4.2):

*Gemäss Bauarbeitenverordnung (SR 832.311.141) muss das PSI bei besonders gesundheitsgefährdenden Stoffen wie Asbest oder polychlorierten Biphenylen (PCB) die Gefahren eingehend ermitteln und die damit verbundenen Risiken bewerten. Darauf abgestützt sind die erforderlichen Massnahmen zu planen. Wird ein besonders gesundheitsgefährdender Stoff im Verlauf der Bauarbeiten unerwartet vorgefunden, sind die betroffenen Arbeiten einzustellen. Vor dem Errichten eines allfällig notwendigen Schwarzbereichs für Arbeiten mit Asbest muss das PSI einen Fachplaner beiziehen, der ein Gutachten zur Asbestsanierung erstellt und die Asbestsanierung gemäss Art. 60a der Bauarbeitenverordnung der Suva meldet. Vor Beginn der Arbeiten ist das Konzept von der Suva prüfen zu lassen. Das PSI informiert das ENSI über die getroffenen Massnahmen.*

### Hinweis 2 (Kap. 7):

*Gemäss ENSI-Verfügung vom 14. Juni 2013 dürfen grundsätzlich keine Rückbauabfälle aus der Kernanlage PROTEUS in das Gebäude ODRA (DIORIT) verbracht werden. Für eine allfällige Konditionierung von Aluminium-Abfällen aus dem PROTEUS-Rückbau auf der Schmelzanlage im DIORIT ist beim ENSI ein separater Freigabeantrag zu stellen; Voraussetzung dafür ist ein abdeckender, genehmigter Abfallbindetyp.*

Brugg, 8. Dezember 2015

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI

Der Direktor



Dr. Hans Wanner

## 15 Referenzen

- [1] PSI: Brief „Einreichung Stilllegungsprojekt nach Art. 27 KEG Kernanlage PROTEUS des Paul Scherrer Instituts (PSI)“ vom 23. April 2013.
- [2] PSI: Stilllegungsprojekt PROTEUS, TM-41-13-05 vom 27. März 2013.
- [3] PSI: Rückbau PROTEUS, Rückbaukonzept, TM-90-13-03 Rev. 1 vom 31. Mai 2013.
- [4] BFE: Brief „Stilllegungsprojekt für die Kernanlage PROTEUS am PSI“ vom 25. Juni 2013.
- [5] ENSI: Ergebnis der Grobprüfung der Stilllegungsunterlagen PROTEUS, ENSI 22/1108 vom 30. Oktober 2013.
- [6] ENSI: Brief HAH/GUJ - 22KGX.PR\_STIL, „Grobprüfung der Stilllegungsunterlagen PROTEUS am PSI“ vom 30. Oktober 2013.
- [7] PSI: Brief LF41 „Überarbeitete Unterlagen zum Stilllegungsprojekt PROTEUS“ vom 23. Dezember 2014.
- [8] PSI: Stilllegungsprojekt PROTEUS, TM-41-14-26 vom 19. Dezember 2014.
- [9] PSI: Rückbau PROTEUS, Umweltverträglichkeitsbericht, AN-90-14-14 vom 19. März 2014.
- [10] PSI: Inventar radioaktiver Materialien in der Kernanlage PROTEUS, Stand nach Abschluss der Nachbetriebsphase, AN-41-14-07 vom 19. Dezember 2014.
- [11] PSI: Analysereport von Graphitproben aus dem PROTEUS, RM96-2013-043 vom 28. Februar 2013.
- [12] PSI: Analysereport von Edelstahlproben aus dem PROTEUS, RM96-2014-509 vom 10. Dezember 2014.
- [13] PSI: Analyserapport von Materialproben aus dem PROTEUS, RM96-2012-309 vom 06. Juni 2012.
- [14] PSI: PROTEUS Probenahmeprotokoll vom 27. September 2012.
- [15] KEG: Kernenergiegesetz, SR 732.1 vom 21. März 2003 (Stand 1. Januar 2009).
- [16] KEV: Kernenergieverordnung, SR 732.11 vom 10. Dezember 2004 (Stand 1. Mai 2012).
- [17] ENSI: Richtlinie ENSI-G17, Stilllegung von Kernanlagen vom April 2014.
- [18] PSI: Grobkonzept Rückbau DIORIT (letzte Phase), AN-11-15-06 vom 31. Juli 2015.
- [19] StSG: Strahlenschutzgesetz, SR 814.50 vom 22. März 1991 (Stand 1. Januar 2007).
- [20] StSV: Strahlenschutzverordnung, SR 814.501 vom 22. Juni 1994 (Stand 1. Januar 2014).
- [21] PSI: Nachbetriebsplan PROTEUS, TM-41-13-11 Rev. 2 vom 2. Oktober 2014.
- [22] EKAS E.K.f.A.: EKAS-Richtlinie Nr. 6503 Asbest, Ausgabe vom Dezember 2008.

- [23] ENSI: Memorandum of Understanding zur Aufsicht über die konventionelle Arbeitssicherheit in Kernanlagen zwischen Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI), Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (Suva), Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO), Eidgenössische Koordinationskommission für Arbeitssicherheit (EKAS) und den Arbeitsinspektoraten der Kantone Aargau, Bern und Solothurn vom 8. Juni 2015.
- [24] BauAV: Verordnung vom 29. Juni 2005 über die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer bei Bauarbeiten (Bauarbeitenverordnung, BauAV), SR 832.311.141.
- [25] ENSI: Beurteilung der Nachbetriebsunterlagen PROTEUS des PSI, ENSI 22/1180 vom 10. Februar 2015.
- [26] PSI: Allgemeine Weisung für den Strahlenschutz am PSI, AW-23-96-13 Rev. 5.
- [27] ENSI: Aussprache zur Dosimetrie, 22KKA - ENSI 22/1213 vom 20. Juli 2015.
- [28] UVEK: Verordnung über die Personendosimetrie (Dosimetrieverordnung), SR 814.501.43 vom 01. Januar 1999.
- [29] ENSI: HSK 2/370 Rev. 1 vom Dezember 2007: Reglement für die Abgabe radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des Paul Scherrer Instituts (PSI).
- [30] EJPD: Verordnung des EJPD über Messmittel für ionisierende Strahlung (StMmV), SR 941.210.5 vom 7. Dezember 2012.
- [31] ENSI: Richtlinie ENSI-G13, Strahlenschutzmessmittel in Kernanlagen: Konzepte, Anforderungen und Prüfungen vom Februar 2008.
- [32] Norm D.: DIN ISO 2889 vom Juli 2012: Probenentnahme von luftgetragenen radioaktiven Stoffen aus Kanälen und Kaminen kerntechnischer Anlagen (ISO 2889:2010).
- [33] ENSI: Richtlinie ENSI-G14, Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung aufgrund von Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernanlagen, Rev. 1, vom Dezember 2009.
- [34] ENSI: Bewilligung 6/2013 vom 26. Juli 2013 für die Abgabe radioaktiver Stoffe und die Direktstrahlung aus dem Paul Schwerer Institut (PSI).
- [35] BAG: Bewilligung AG-0444.04.001 vom 21. März 2013 für die die Abgabe radioaktiver Stoffe und die Direktstrahlung aus dem Paul Schwerer Institut (PSI).
- [36] ENSI: Richtlinie ENSI-B04, Freimessung von Materialien und Bereichen aus kontrollierten Zonen (in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Gesundheit und der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt) vom August 2009.
- [37] PSI: Weisung zur Trennung von radioaktiven Abfällen zum Abklingen und zur Konditionierung, AW-90-09-05 vom 12. August 2010.
- [38] PSI: Brief HE90\_20140107 „Antrag auf Genehmigung der Abfallgebindetypen J-P-005000 (MIF), J-P-005100 (VVA) und J-P-005110 (PROTEUS), Spezifikation zur Konditionierung von festen, dispersiblen sowie nicht-pressbaren stückigen Mischabfällen im KC-T12 (Verpackungstyp 14), TM-90-13-02“ vom 7. Januar 2014.

- [39] PSI: Spezifikation zur Konditionierung von festen, dispersiblen sowie nichtpressbaren, stückigen Mischabfällen im KC-T12 (Verpackungstyp 14), TM-90-13-02 Rev. 1 vom 24. Oktober 2013.
- [40] Nagra: Beurteilung der Endlagerfähigkeit eines neuen AGT mit stückigen und dispersiblen MIF-Abfällen im KC-T12: J-P-005000, AN 13-426 vom 5. November 2013.
- [41] Nagra: Beurteilung der Endlagerfähigkeit neuer AGT mit Rückbauabfällen der PVA und des Proteus: J-P-005100/5110, AN 13-393 vom 14. November 2013.
- [42] Nagra: Endlagerfähigkeitsbescheinigung ELF\_NA\_7170A vom 13. Dezember 2013.
- [43] Nagra: Endlagerfähigkeitsbescheinigung ELF\_NA\_7171A vom 25. November 2013.
- [44] Nagra: Endlagerfähigkeitsbescheinigung ELF\_NA\_7172A vom 25. November 2013.
- [45] ENSI: Brief BEO/GUJ - 22/14/001 „Beurteilung des AGT J-P-5000“ vom 14. Juli 2015.
- [46] ENSI: Brief BEO/SCA/ZUB - 22KKA „Verfügung - Abschluss der Stilllegung der DIORIT-Reaktoranlage“ vom 14. Juni 2013.
- [47] UVEK: Verordnung des UVEK über die Gefährdungsmassnahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen, SR 732.112.2 vom 17. Juni 2009.
- [48] PSI: Sicherheitsbericht Nachbetriebsphase des PROTEUS, TM-41-13-07 Rev. 2 vom 30. September 2014.
- [49] GStSV: Verordnung über die Gebühren im Strahlenschutz (GStSV), SR 814.56 vom 5. Juli 2006 (Stand 1. Januar 2014).



## 16 Abkürzungsverzeichnis und Glossar

<b>AGT</b>	Abfallgebindetyp, meist eine Serie von 200-l-Fässern oder Betoncontainern, die nur eine bestimmte Zusammensetzung radioaktiver Abfälle enthalten dürfen. Jeder AGT muss vom ENSI genehmigt werden.
<b>BAG</b>	Bundesamt für Gesundheit, übt die Aufsicht über Nuklearanlagen aus, die nicht der Kernenergiegesetzgebung unterstehen.
<b>BFE</b>	Bundesamt für Energie, verfahrensleitende Behörde bei Stilllegungs- und Entsorgungsprojekten.
<b>DWR</b>	Druckwasserreaktor
<b>ENSI</b>	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Aufsichtsbehörde des Bundes über die Kernanlagen in der Schweiz.
<b>HSK</b>	Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen, Vorgängerorganisation des ENSI.
<b>IAEA</b>	International Atomic Energy Agency, Internationale Atomenergie-Organisation mit Sitz in Wien.
<b>KEG</b>	Kernenergiegesetz der Schweiz vom 21. März 2003, in Kraft seit dem 1. Februar 2005. Das Gesetz regelt die friedliche Nutzung der Kernenergie und den Umgang mit radioaktiven Abfällen in der Schweiz.
<b>KEV</b>	Kernenergieverordnung vom 10. November 2004, in Kraft seit dem 1. Februar 2005, basiert auf dem KEG.
<b>LWR</b>	Leichtwasserreaktor
<b>MIF</b>	Medizin, Industrie und Forschung
<b>Nagra</b>	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, wurde 1977 von den Betreibern der Kernkraftwerke und der Eidgenossenschaft gegründet mit dem Auftrag, Lösungen für die sichere Entsorgung radioaktiver Abfälle zu finden.
<b>OECD</b>	Organisation for Economic Cooperation and Development (Organisation für wirtschaftliche Entwicklung und Zusammenarbeit).
<b>OECD/NEA</b>	OECD Nuclear Energy Agency, halbautonome Atomenergie-Organisation innerhalb der OECD.
<b>PSI</b>	Paul Scherrer Institut, Forschungsinstitut des ETH-Bereichs mit rund 1900 Angestellten in den Aargauer Gemeinden Villigen und Würenlingen. Das PSI betreibt mehrere Einrichtungen, die der Kernenergiegesetzgebung unterstehen, u. a. das Bundeszwischenlager, und sammelt die in der Schweiz anfallenden MIF-Abfälle.

<b>SMA</b>	Schwach- und mittelaktive Abfälle. Diese Abfälle strahlen weniger stark als HAA und enthalten vorwiegend kurzlebige radioaktive Stoffe. Zu den SMA zählen auch die MIF-Abfälle sowie die Abfälle aus dem Betrieb und späteren Abbruch der Kernanlagen.
<b>Sicherer Einschluss</b>	Der sichere Einschluss umfasst Zustand und Vorgänge in einer abgeschalteten Kernanlage nach Abtransport des Kernbrennstoffes, bei dem diese in ihren wesentlichen Bestandteilen im jeweiligen Zustand und für eine längere Zeit unverändert und das radioaktive Inventar sicher eingeschlossen bleibt.
<b>Stilllegung</b>	Die Stilllegung umfasst alle Massnahmen (sicherer Einschluss, Rückbau) nach der Nachbetriebsphase bis zur Erreichung des Stilllegungsziels (z. B. „grüne Wiese“, weitere Nutzung der freigesetzten Gebäude).
<b>Stilllegungskonzept</b>	Das Stilllegungskonzept ist Bestandteil des Rahmenbewilligungsgesuchs für den Bau einer Kernanlage. Das Stilllegungskonzept beinhaltet die Vorgehensweise für die Stilllegung der Anlage. Im Rahmen des Stilllegungskonzepts müssen die verschiedenen Stilllegungsstrategien (sofortiger Rückbau, sicherer Einschluss) gegeneinander abgewogen werden.
<b>Stilllegungsplan</b>	Der Stilllegungsplan ist Bestandteil des Baubewilligungsgesuchs für eine Kernanlage. Der Stilllegungsplan ist während des Betriebs alle zehn Jahre zu aktualisieren. Er enthält über das Stilllegungskonzept hinaus (ablauf-) technische Planungen für die ausgewählten Varianten.
<b>Stilllegungsprojekt</b>	Das Stilllegungsprojekt ist die Gesamtheit aller Unterlagen zur Erreichung der Stilllegungsverfügung. Das Stilllegungsprojekt legt für die Stilllegung die Phasen und den Zeitplan, die einzelnen Schritte von Demontage und Abbruch, die Schutzmassnahmen, den Personalbedarf und die Organisation, die Entsorgung der radioaktiven Abfälle, die Gesamtkosten sowie die Sicherstellung der Finanzierung durch die Betreiberin dar.
<b>SWR</b>	Siedewasserreaktor
<b>UVEK</b>	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bewilligungsbehörde für Kernanlagen in der Schweiz, legt die Schweizer Energiepolitik fest.
<b>ZZL</b>	Zentrales Zwischenlager in Würenlingen, hierhin werden die T/L-Behälter mit hochaktiven Abfällen aus den Schweizer Kernanlagen verbracht und so lange aufbewahrt, bis ein geologisches Tiefenlager zur Verfügung steht.



ENSI 22/1217

ENSI, CH-5200 Brugg, Industriestrasse 19, Telefon +41 (0)56 460 84 00, e-mail: [info@ensi.ch](mailto:info@ensi.ch), [www.ensi.ch](http://www.ensi.ch)