

Gutachten zum Stilllegungsprojekt der Versuchsverbrennungsanlage am Paul Scherrer Institut



ENSI 22/975

Gutachten zum Stilllegungsprojekt der Versuchsverbrennungsanlage am Paul Scherrer Institut

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
1.1	Veranlassung	5
1.2	Angaben zum Gesuchsteller	5
1.3	Eingereichte Gesuchsunterlagen	6
1.4	Erfahrungen beim Rückbau von Kernanlagen	6
1.5	Beurteilungskriterien	6
1.6	Aufbau des Gutachtens	7
2	Beschreibung der Anlage	9
3	Betrachtete Stilllegungsvarianten und Stilllegungsziel	13
4	Rückbaukonzept und Arbeitsplanung	13
4.1	Radiologischer Zustand der VVA	14
4.2	Asbest	21
4.3	Rückbaukonzept und Freigaben	22
5	Radiologische Massnahmen	28
5.1	Massnahmen zum radiologischen Schutz der Arbeitnehmenden	28
5.2	Strahlenschutzmesstechnik	29
5.3	Überwachung der Immissionen radioaktiver Stoffe und Direktstrahlung	31
5.4	Vorgehen zur Inaktiv-Freimessung von Materialien und zur Auszonung von Bereichen aus einer kontrollierten Zone	32
5.5	Limiten für die Abgabe von radioaktiven Stoffen an die Umwelt	32
6	Entsorgung der anfallenden Abfälle	34
7	Störfallbetrachtungen	38
8	Menschliche und organisatorische Aspekte	41
8.1	Organisation, Personal und Verantwortlichkeiten	41
8.2	Qualitätsmanagement und Wissenserhalt	42
9	Sicherung	43
10	Kosten	44
11	Gesamtbewertung	47
12	Anträge für Auflagen	48
13	Hinweise des ENSI	50
14	Referenzen	52
15	Abkürzungsverzeichnis und Glossar	53

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 2-1:	Die Versuchsverbrennungsanlage auf dem Gelände PSI-Ost (Foto: ENSI)	9
Abbildung 2-2:	Aufriss der 3. Etage sowie zwei Seitenrisse der VVA (Quelle: PSI)	10
Abbildung 2-3:	Schema der VVA (Quelle: PSI)	11
Abbildung 4-1:	Probenahme- und Dosisleistungsmesspunkte in der VVA (Quelle: PSI)	14

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 4-1:	Spezifische Aktivitäten in der VVA (Quelle: PSI)	16
Tabelle 4-2:	Radiologische Gesamtinventare in der VVA (Quelle: PSI)	19
Tabelle 4-3:	Übersicht über die Rückbauarbeiten (Quelle: PSI)	22
Tabelle 4-4:	Dauer und Kosten von Freimessen und konv. Abbruch (Quelle: PSI)	25
Tabelle 6-1:	Geschätzte Abfallmengen (Quelle: PSI)	34
Tabelle 10-1:	Zusammenstellung der Kosten für den Rückbau der VVA (Quelle: PSI)	44

1 Einleitung

1.1 Veranlassung

Am 14. Juli 2011 reichte das Paul Scherrer Institut (PSI) dem Bundesamt für Energie (BFE) das Gesuch zur Stilllegung der Versuchsverbrennungsanlage (VVA) auf dem Areal des PSI mit dem Stilllegungsprojekt [1] und der Umweltverträglichkeitsbericht [2] ein. Mit Schreiben vom 14. Juli 2011 [3] erhielt das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) die Unterlagen [1] und [2] zur Kenntnis. Mit dem Gesuch des PSI soll die Stilllegungsverfügung des Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) erwirkt werden.

Das ENSI hat den gesetzlichen Auftrag, das Stilllegungsprojekt zu prüfen und zuhanden des BFE ein Gutachten zu erstellen. Im Schreiben [4] vom 13. Oktober 2011 ersuchte das BFE das ENSI deshalb, die sicherheitstechnische Prüfung des Stilllegungsprojekts vorzunehmen. Dieses Gutachten wird eine Grundlage für die Stilllegungsverfügung des UVEK bilden.

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 rund 1500 Angestellten und einem jährlichen Budget von rund 365 Millionen Franken ist das PSI das grösste Forschungszentrum für Natur- und Ingenieurwissenschaften in der Schweiz. Jährlich besuchen laut Angaben des PSI auf seiner Website¹ um die 2000 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. Am PSI, resp. früheren EIR, wurde die Entwicklung der Kernenergie in der Schweiz massgeblich vorangetrieben. 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.

¹ www.psi.ch/ueber-uns

1.3 Eingereichte Gesuchsunterlagen

Das PSI reichte dem BFE am 14. Juli 2011 die nach der Kernenergieverordnung (KEV, [5]) erforderlichen Gesuchsunterlagen für ein Stilllegungsprojekt ein. Eingereicht wurden folgende Berichte:

- Rückbau der Versuchsverbrennungsanlage, Unterlagen zum Stilllegungsprojekt [1]
- Rückbau der Versuchsverbrennungsanlage, Umweltverträglichkeitsbericht [2]

Der Umweltverträglichkeitsbericht ist nicht Gegenstand des vorliegenden Gutachtens. Er wird separat vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) geprüft.

Aufgrund der Nachforderungen, die sich aus der Grobprüfung der Gesuchsunterlagen durch das ENSI ergeben hatten [6], reichte das PSI folgende Unterlagen nach:

- Antwort auf Nachforderungen aus der Grobprüfung der Unterlagen „Stilllegung der Versuchsverbrennungsanlage VVA“ (ENSI 22/927) [7]
- Rückbau VVA: Nuklidinventar und Störfallanalyse [8]

In diesem Gutachten hat das ENSI die Unterlagen [1], [7] und [8] berücksichtigt.

1.4 Erfahrungen beim Rückbau von Kernanlagen

In der Schweiz befinden sich derzeit zwei Forschungsreaktoren im Rückbau: die Anlagen DIORIT und SAPHIR am Paul Scherrer Institut.

Der Forschungsreaktor DIORIT wurde 1961 in Betrieb genommen 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 damals die neue Situation analysiert war und die zusätzlichen Schutzeinrichtungen wegen des Asbests installiert waren, dauerte es bis 2009. Während dieser Zeit ruhten die Rückbauarbeiten. Im Herbst 2012 konnten die Rückbauarbeiten des Reaktors abgeschlossen 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.

Die Rückbauarbeiten am PSI werden von der Sektion Rückbau und Entsorgung (RBE) durchgeführt. Damit ist das PSI angemessen organisiert und verfügt über Fachpersonal, das sich teils schon seit mehr als zehn Jahren 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 werden in der Gesetzgebung aber nicht näher konkretisiert.

Bei der Beurteilung des vorgelegten Stilllegungsprojekts stützt sich das ENSI primär auf die Kernenergie- und Strahlenschutzgesetzgebung, insbesondere auf

- das Kernenergiegesetz (KEG, SR 732.1) vom 21. März 2003 [9],
- die Kernenergieverordnung (KEV, SR 732.11) vom 10. Dezember 2004 [5],
- das Strahlenschutzgesetz (StSG, SR 814.50) vom 22. März 1991 [10],
- die Strahlenschutzverordnung (StSV, SR 814.501) vom 22. Juni 1994 [11].

Als weitere Beurteilungsgrundlage dienen Richtlinien des ENSI, die rechtliche Anforderungen aus Gesetzen und Verordnungen konkretisieren.

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 wie z. B. Deutschland, England und USA.

Unter dem Stand der Wissenschaft werden Erkenntnisse aus der Forschung verstanden, die allgemein anerkannt sind.

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

1.6 Aufbau des Gutachtens

Der Aufbau des Gutachtens zum Rückbau VVA 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“),
- Stellungnahme des ENSI („Beurteilung des ENSI“), gegebenenfalls mit Aufslagenvorschlag und/oder Hinweis.

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

Als „Hinweise“ werden im Gutachten erforderliche weitergehende Untersuchungen 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 sachbezogenen Aufsichtstätigkeit überprüft wird. Hinweise sind ebenfalls *kursiv geschrieben* am Schluss eines Kapitels aufgeführt.

Die Auflagenanträge sind nochmals gesamthaft am Schluss dieses Gutachtens in Kapitel 12 zusammengestellt, die Hinweise in Kapitel 13. Die Auflagen und Hinweise sind jeweils durchgehend nummeriert.

2 Beschreibung der Anlage

Die untenstehenden Abschnitte gründen auf Angaben des PSI in [1], [7] und [8], auf dem Sicherheitsbericht [12] der VVA sowie auf Gesprächen mit Mitarbeitern des PSI.

Die Versuchsverbrennungsanlage (VVA, in einigen älteren Dokumenten auch Pilotverbrennungsanlage PVA genannt) wurde 1973/74 auf dem Areal Ost des PSI am rechtsseitigen Aare-Ufer gebaut, um feste, schwach radioaktive Abfälle zu verbrennen. Auf dem Areal befindet sich die Anlage ungefähr zwischen dem Hotlabor und dem Bundeszwischenlager.

Das Gebäude ist mit 13 Metern Länge, 10 Metern Breite und 13 Metern Höhe (ohne Kamin, mit: 25 m) relativ klein. Die VVA ist ein dreigeschossiger, nicht unterkellertes Bau, wobei der Boden des Gebäudes als ca. 25 cm tiefe wasserdichte Wanne ausgebildet ist. Die Gebäudehülle, die äussere Tragkonstruktion und ein Teil der Decke über dem Erdgeschoss bestehen aus Mauerwerk und Beton, die übrigen Zwischendecken bestehen aus einer Stahltragkonstruktion mit Eichenplatten. Über einen Erschliessungskanal („Hunziker-Kanal“) werden alle wesentlichen Leitungen und Anschlüsse in das Gebäude gebracht.



Abbildung 2-1: Die Versuchsverbrennungsanlage auf dem Gelände PSI-Ost. Das Gebäude OVVA befindet sich in einer Zone 0, die durch eine Barriere vom übrigen PSI-Gelände abgetrennt ist. Foto ENSI

Herzstück der Anlage ist der etwa 6 Meter hohe Verbrennungsofen mit Rauchgasleitungen zu zwei Grob- und einem Feinfilter. Die gefilterte Luft wurde zum etwa 12 Meter hohen Kamin geführt. Eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sorgt bis heute für einen permanenten Unterdruck im Gebäude. Der zylindrische Teil des Ofens besteht aus einem ca. 8 bis 12 mm dicken Stahlmantel, der mehrschichtig mit feuerfesten Schamottesteinen und einer dreilagigen Isolationsschicht aus verdichteten Asbeststeinen ausgemauert ist.

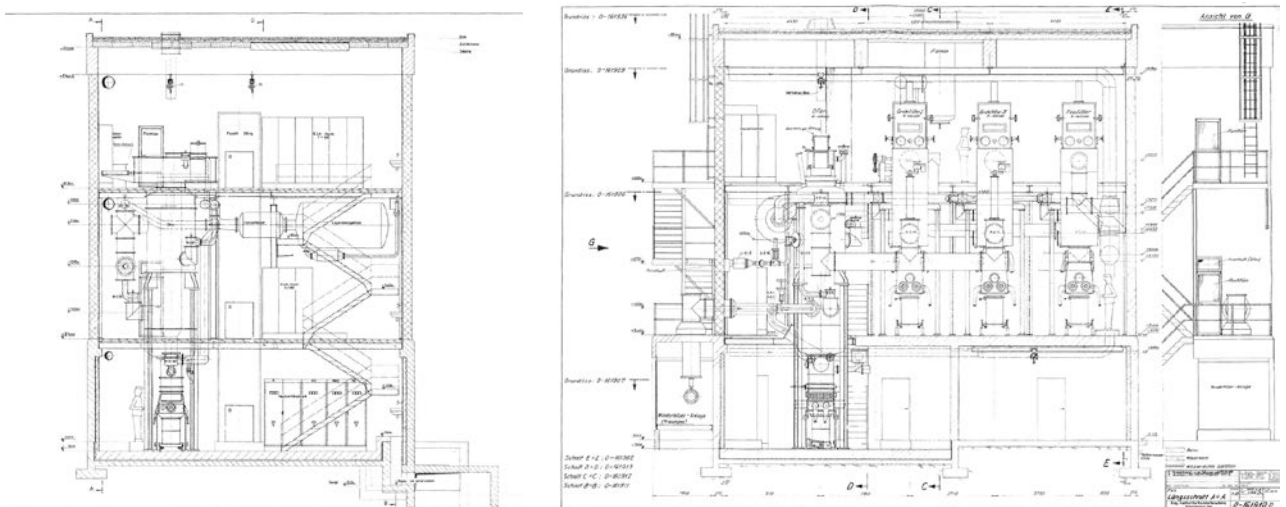
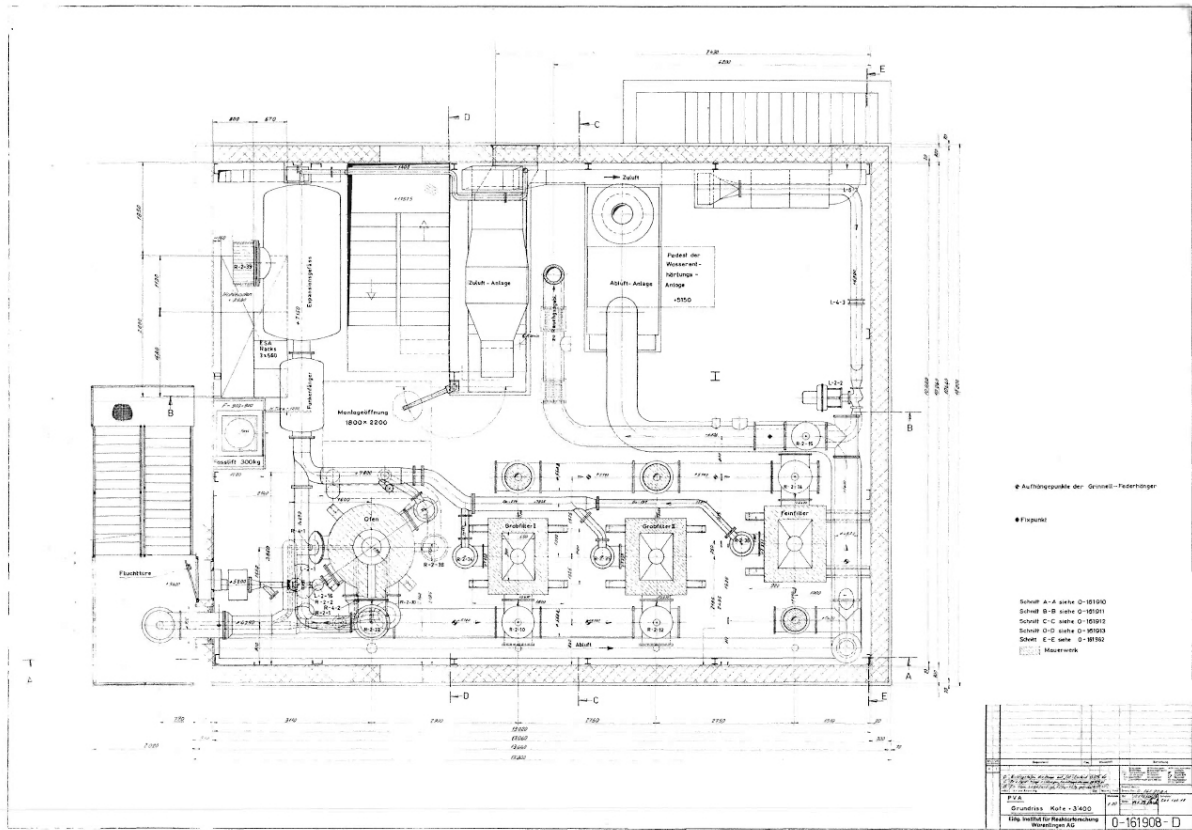


Abbildung 2-2: Aufriss der 3. Etage sowie zwei Seitenrisse zeigen den Aufbau der VVA (aus [1]).

Im Ofen wurden schwach radioaktive Abfälle bei einer Temperatur von etwa 1000 bis 1200 °C verbrannt. Aufgeheizt wurde der Ofen mit Propangas. Die zu veraschenden Abfälle wurden in 200-l-Fässern ungepresst angeliefert (in jedem 200-l-Fass befanden sich jeweils etwa 20 kg Abfall) und mit dem Warenlift in den obersten Stock der VVA befördert. Oben wurde der Abfall dem Fass entnommen, in einen brennbaren Papiersack umgepackt und über die Beschickungsanlage von oben in den Ofen gegeben. Die Asche wurde oberhalb der Aschenschleuse aufgefangen und anschliessend in ein angeflansches 200-l-Fass gefüllt.

Durch die Veraschung wurden die Abfälle einerseits in eine chemisch stabilere Form gebracht, andererseits konnte deren Volumen wesentlich reduziert werden. Die Asche wurde in 200-l-Fässern mit Zementmörtel verfestigt. Neben Abfällen mit Beta- und Gamma-Strahlern wurden auch schwach mit Alpha-Strahlern kontaminierte Abfälle verarbeitet.

Zwischen 1974 und 2002 wurden insgesamt 46 Verbrennungskampagnen in der VVA durchgeführt. Pro Kampagne war die Anlage jeweils mehrere Tage bis Wochen ununterbrochen in Betrieb. Während der Verbrennungskampagnen arbeiteten zwei Schichten à zwei Mann in der VVA (während des Anfahrens waren drei Schichten erforderlich).

Die heissen Gase wurden am oberen Ofen-Ende in den Ofen geleitet und unten wieder abgesaugt. So entstand ein konstanter Zug zum unteren Ofen-Ende hin. Die Abluft wurde über einen der beiden Grobfilter geleitet, und anschliessend auf den Feinfilter. Vor dem Kamin wurde die Abluft mit Frischluft vermischt, um die Temperatur auf 35–40 °C zu senken. Während einer Verbrennungskampagne gewährleistete eine Luftpumpe einen konstanten Unterdruck im Ofen, auch wenn keine Abfälle verbrannt wurden.

Im September 1996, vor der 35. Betriebskampagne, wurden Teile der Brennkammerausmauerung erneuert, weil zuvor Bruchstücke von Schamottesteinen in der Asche gefunden worden waren [13].

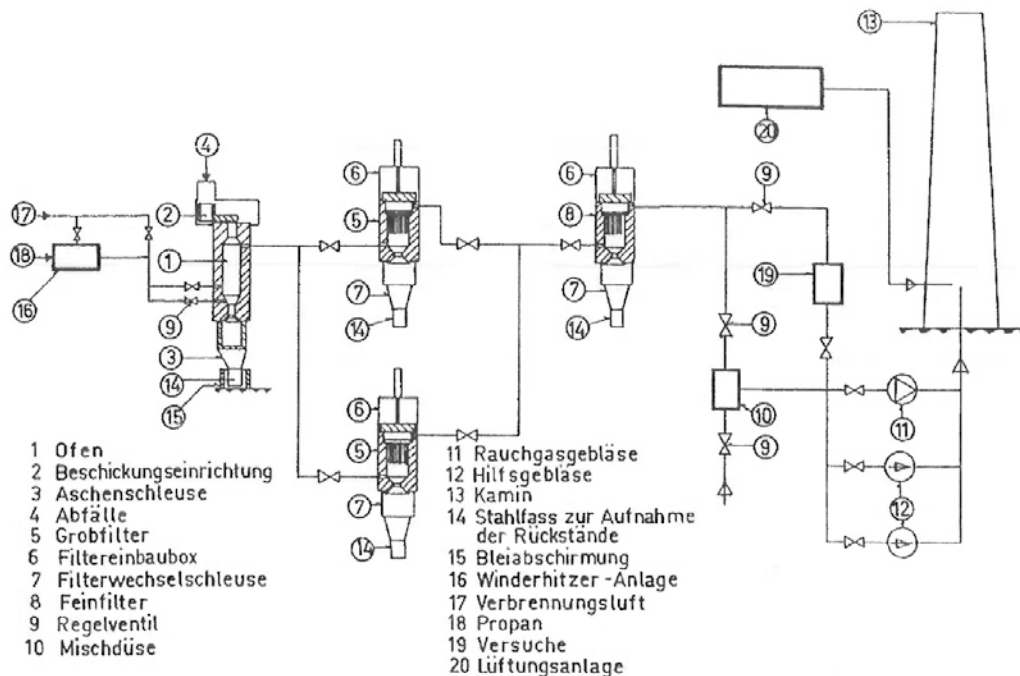


Abbildung 2-3: Schema der VVA mit Ofen, den beiden Grobfiltern, dem Feinfilter, der Lüftungsanlage und dem Kamin (aus [1]).

Nach Abschluss der 46. Verbrennungskampagne wurde die Anlage am 19. November 2002 endgültig ausser Betrieb genommen und in einen gesicherten Zustand gefahren [14]. Der Hauptgrund für die Ausserbetriebnahme war, dass die Rauchgasfilteranlage die Anforderungen an die Luftreinhaltung nicht mehr erfüllen konnte und eine Nachrüstung laut PSI mit grossem Aufwand verbunden gewesen wäre.

Während des Betriebs der VVA kam es mehrfach zu Abgaben von Iod oder Tritium an die Umgebung: So wurden im Oktober 1983 die Abgabelimiten von I-125 überschritten, Ende November 1993 wurde die Kurzzeitabgabelimite für Tritium um den Faktor 2.5 bis 3 überschritten und im März 1994 wurde die Kurzzeitabgabelimite für Tritium abermals überschritten. Gerade das letzte Ereignis sorgte für Schlagzeilen in den Medien.

Aktuell steht die VVA in einer Zone 0, die mit einer Barriere vom übrigen Gelände des PSI-Ost abgegrenzt ist. Diese Zone 0 darf mit Strassenkleidern betreten werden, es besteht aber die Pflicht, ein Dosimeter zu tragen. Das Gebäude OVVA selbst bildet eine Zone 1 mit entsprechenden Kontrolleinrichtungen.

Die VVA soll nun samt der dazugehörenden Gebäulichkeiten OVVA in mehreren Teilschritten (vgl. Kapitel 4.3) in rund dreieinhalb Jahren zurückgebaut werden. Laut PSI wurden in der Terminplanung die Erfahrungswerte beim Rückbau der Reaktoren SAPHIR und DIORIT berücksichtigt. Die Gesamtkosten für den Rückbau (inkl. Konditionierungs- und Endlagerkosten) beziffert das PSI auf etwa 9.6 Millionen Franken.

3 Betrachtete Stilllegungsvarianten und Stilllegungsziel

Die folgenden Abschnitte gründen auf den Angaben des PSI in Kapitel 4 „In Betracht gezogene Varianten“ des Stilllegungsprojekts.

Angaben des PSI

Das PSI hat eine Studie zu den Stilllegungsvarianten durchgeführt [15], in welcher die Variante „Rückbau Verbrennungsanlage, Gebäudeumnutzung“ der Variante „Rückbau und Abbruch bis zur ‚grünen Wiese‘“ gegenübergestellt wurde. In der ersten Variante wäre das Gebäude weiterhin als Kernanlage genutzt worden, beispielsweise zum Bereitstellen von Abfallfässern für die Entsorgung bei der ZWILAG sowie für das Schweissen der Stahlzylinder der AGT-5-Fässer. Gebäude und Infrastruktur wären entsprechend angepasst worden. Diese erste Variante wurde vom PSI favorisiert, allerdings ging es davon aus, dass für diese Umnutzung kein vollständiges Bewilligungsverfahren nötig sei. 2006 stellte das PSI den Antrag auf Rückbau und Umnutzung der VVA [16]. Der Umnutzungsantrag wurde aber vom Bundesamt für Energie (BFE) zurückgewiesen [17], weil auch für eine Umnutzung des Gebäudes eine neue Betriebsbewilligung – und damit ein komplettes Bewilligungsverfahren – nötig sei.

Beurteilungsgrundlage

Die Kernenergieverordnung (Art. 45 lit. a) verlangt, dass im Stilllegungsprojekt verschiedene Stilllegungsvarianten gegenübergestellt und die gewählte Variante begründet wird. Auch verschiedene internationale Vorgaben [18-22] empfehlen ein Abwägen verschiedener Stilllegungsvarianten gegeneinander.

Beurteilung des ENSI

Das Schweizer Gesetz schreibt den Eigentümern von stillzulegenden Kernanlagen vor, dass sie die verschiedenen Stilllegungsvarianten gegeneinander abwägen. Aufgrund der Gesetzeslage kommen dabei in der Schweiz nur zwei Varianten infrage: der sofortige Rückbau einer Kernanlage oder der sichere Einschluss und spätere Rückbau.

Internationale Vorgaben der IAEA [18-21] und der WENRA [22] sprechen sich jeweils deutlich für den sofortigen Rückbau aus. Andere Stilllegungsvarianten seien „zu rechtfertigen“.

Laut den Vorgaben der WENRA [22] müsste das ausgearbeitete Stilllegungsprojekt innerhalb von zwei Jahren nach der endgültigen Ausserbetriebnahme einer Kernanlage vorliegen. Künftig möchte das ENSI diese Frist auch in der Schweiz anwenden. Bei der VVA kam eine solche zweijährige Frist noch nicht zur Anwendung. So reichte das PSI das Stilllegungsprojekt fünf Jahre nach dem zurückgewiesenen Umnutzungsantrag [16, 17] ein.

Bis zum Beginn der Rückbauarbeiten befindet sich die Anlage in einem dem sicheren Einschluss vergleichbaren Zustand. Regelmässig berichtet das PSI über den Zustand der VVA und nimmt auch Instandhaltungen vor. So wurde etwa im April 2008 das Dach der Anlage repariert [23]. Dass mit den Rückbauarbeiten nicht sofort begonnen wurde liegt daran, dass das PSI noch mit den Rückbauarbeiten DIORIT beschäftigt war und das dort eingesetzte Personal gemäss der ursprünglichen Planung danach zur VVA wechseln sollte.

Mit dem gewählten Stilllegungsziel des vollständigen Abbruchs der VVA und der Gebäulichkeiten („grüne Wiese“) ist das ENSI einverstanden.

4 Rückbaukonzept und Arbeitsplanung

Die folgenden Abschnitte gründen auf den Angaben des PSI in Kapitel 5 „Arbeitsplanung“ des Stilllegungsprojekts sowie auf der detaillierten Arbeitsplanung in Kapitel 13 „Kosten, Finanzierung“ und den Angaben in [7] und [8].

4.1 Radiologischer Zustand der VVA

Angaben des PSI

Zur Ermittlung der Nuklidzusammensetzungen wurden im Februar 2012 Materialproben an sieben repräsentativen Stellen aus den kontaminierten Teilen der Verbrennungsanlage abgeschabt (siehe Abbildung 4-1):

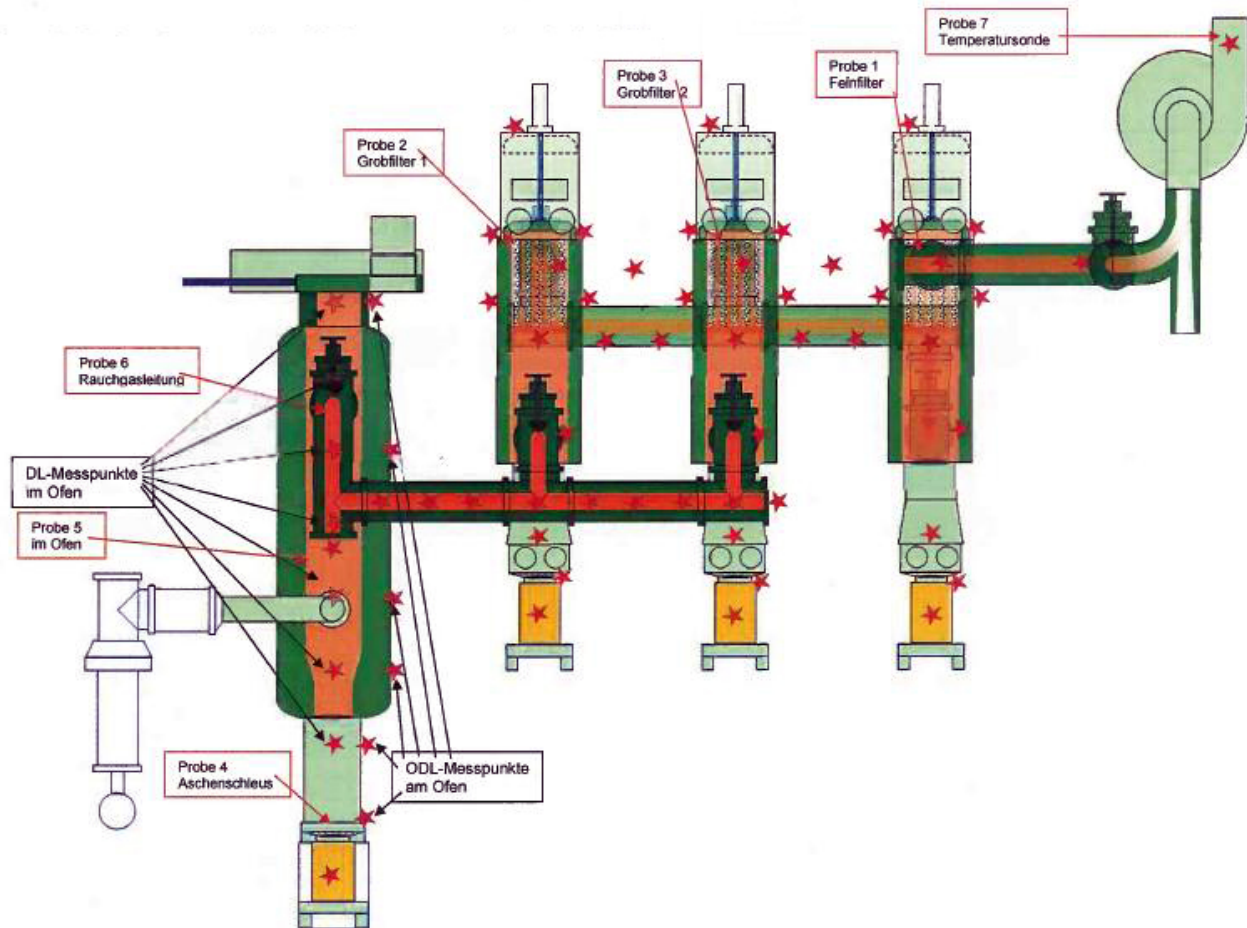


Abbildung 4-1: Probenahme- und Dosisleistungsmesspunkte in der VVA (aus [8]).

1. am Filterkerzenträger des Feinfilters (ca. 650 °C),
2. am Rauchgasaustritt von Grobfilter 1 (750 bis 800 °C),
3. am Rauchgasaustritt von Grobfilter 2 (750 bis 800 °C),
4. in der Aschenschleuse unterhalb des Brennraums (Abkühlraum für die Asche),
5. im Inneren des Ofens aus ca. 4 Metern Tiefe (knapp oberhalb des eigentlichen Brennraums, Betriebstemperatur 1000 bis 1200 °C),
6. in der Rauchgasleitung vom Ofen zu den beiden Grobfilteranlagen (850 bis 1000 °C),
7. an der Temperaturmessstelle in der Verbindung zwischen Rauchgasgebläse und Kamin (unter 200 °C).
8. im Kamin (30 bis 40 °C).

Die Proben wurden im radiochemischen Labor des PSI durch Aufschlussverfahren in Lösung gebracht und alpha- und gammaspektrometrisch untersucht (siehe Tabelle 4-1).

Nuklid [Bq/kg]	Ofen	Aschenschl.	Rauchgasleit.	Grobfilter 1	Grobfilter 2	Feinfilter	Temp.sonde	Kamin
Na-22		4.4E+02		7.9E+02				
Co-60	2.8E+06	8.7E+05	3.5E+06	2.1E+05	1.9E+06	3.7E+04	1.0E+00	1.9E+02
Ag-108m								1.8E+02
Sb-125	1.3E+04	6.7E+03	2.4E+04	1.1E+05	1.1E+05	2.3E+04		1.9E+02
Cs-134	3.6E+02	4.0E+02	4.2E+02	3.5E+03	6.1E+03	1.8E+03		2.5E+01
Cs-137	1.5E+05	1.7E+05	1.8E+05	1.4E+06	1.4E+06	2.0E+06	2.0E+01	2.6E+04
Eu-154	6.6E+02	7.5E+02	7.7E+02	6.6E+03	6.2E+03	7.5E+03		
Po-210	2.9E+02	3.2E+02	3.3E+02	2.7E+03	2.7E+03	3.4E+03		
Ra-226	2.9E+02	3.2E+02	3.3E+02	2.7E+03	2.7E+03	3.4E+03		
U-234	1.4E+03	1.5E+02	8.0E+03	7.6E+02	1.5E+02	1.5E+02		
U-234 + U-238	2.8E+03	3.0E+02	1.6E+04	1.5E+03	3.0E+02	3.0E+02		
U-235	6.7E+01	7.1E+00	3.7E+02	3.5E+01	7.1E+00	7.1E+00		
U-238	1.4E+03	1.5E+02	8.0E+03	7.6E+02	1.5E+02	1.5E+02		
Pu-238	9.7E+03	8.1E+02	9.8E+03	9.8E+03	2.7E+03	1.1E+03		
Pu-238 + Am-241	1.6E+04	1.3E+03	1.6E+04	1.6E+03	4.3E+03	1.7E+03		
Pu-239	2.2E+03	2.3E+02	1.2E+04	1.2E+03	2.3E+02	2.3E+02		
Pu-239 + Pu-240	4.7E+03	5.0E+02	2.6E+04	2.5E+03	5.0E+02	5.0E+02		
Pu-240	2.5E+03	2.7E+02	1.4E+04	1.3E+03	2.7E+02	2.7E+02		
Pu-241	3.5E+03	3.7E+04	1.9E+06	1.9E+05	3.7E+04	3.7E+04		
Pu-242	5.4E+00	5.7E-01	3.0E+01	2.9E+00	5.7E-01	5.7E-01		
Am-241	5.8E+03	4.9E+02	5.9E+03	5.9E+02	1.6E+03	6.4E+02		8.5E+01

Tabelle 4-1: Die schwarz gedruckten Werte wurden in den Proben gemessen, die blau gedruckten wurden aus diesen Analyseergebnissen vom PSI rechnerisch ermittelt. Die stark farblich hinterlegten Werte dienten jeweils als Ausgangsdaten für die Berechnung der mit derselben Farbe schwächer hinterlegten Werte (aus [8]).

Methode für die Berechnung der Alphastrahler:

Wegen der relativ geringen spezifischen Alpha-Aktivität in den Proben (wenige hundert bis tausend Bq/kg) konnten die nachweisbaren Alpha-Strahler nur als Summen ermittelt werden (Nuklidname und Zeile in Tabelle 4-1 stark farbig hinterlegt). Da es sich hauptsächlich um Aktivitäten aus der Verbrennung von Abfällen des Hotlabors und der Kernkraftwerke handelt, wurde als Vergleich der spezifizierte Kernbrennstoff-Nuklidvektor für den Abfallgebindetyp 4 (J-P-2012) herangezogen und die Nuklidsummen Pu-238 + Am-241 sowie Pu-239 + Pu-240 im entsprechenden Verhältnis auf die Einzelnuklide aufgeteilt. Die Summe U-234 + U-238 wurde im Verhältnis von U-nat aufgeteilt und U-235 hinzugerechnet.

Methode für Beta- und Gamma-Strahler:

In allen Proben konnten Co-60 und Cs-137 gemessen werden. Die restlichen Beta/Gamma-Strahler wurden, sofern sie in mindestens einer der Proben analytisch nachgewiesen werden konnten, im Verhältnis von Cs-137 zum Mittelwert dieser Nuklide in den gemessenen Proben berechnet.

Ausnahmen:

- Das relativ kurzlebige Na-22 ist gammaspektrometrisch leicht nachzuweisen. Wo man es nicht findet, kann es als abgeklungen gelten.
- Zu Probe 7 und 8 wurden wegen der geringen gemessenen spezifischen Aktivitäten keine weiteren Nuklide hinzugerechnet.

Ra-226 und Folgeprodukte:

Po-210 wurde direkt als Alpha-Strahler nachgewiesen. Es wurde angenommen, dass auch Ra-226 mit Folgeprodukten in entsprechender Menge vorhanden ist. Die dominanten Gamma-Strahler Bi-214 und Pb-214 wurden bei den Berechnungen mit berücksichtigt.

Für die folgenden Aktivitätsberechnungen wurde angenommen, dass die spezifischen Aktivitätsverhältnisse der Proben für die gesamte jeweils beprobte Baueinheit der Verbrennungsanlage gelten.

Vorgehen bei der Dosisleistungsmessung:

Im Hinblick auf die geplante und weiter unten beschriebene Berechnung der Aktivitätsinventare anhand der gemessenen Gammastrahlung wurden umfangreiche Dosisleistungsmessungen in der Anlage durchgeführt.

Messungen am Ofen

Mittig im Inneren des Ofens wurden die Dosisleistungen in Abständen von 1 m gemessen. In der Nähe des Verbrennungsraums mit der grössten Strahlenintensität (5900 $\mu\text{Sv/h}$ innen) wurden auf gleichen Höhen an der Ofen-Aussenseite die Oberflächendosisleistungen gemessen. Ausserdem wurde der Ofen aussen systematisch nach Hotspots abgesucht, um allfällige Aktivitätsansammlungen und punktförmige Schäden in der Ausmauerung zu finden. Dabei wurden mit etwas über 100 $\mu\text{Sv/h}$ relativ grossflächige Maxima im Bereich des Verbrennungsraums oberhalb der Engstelle entdeckt, aber keine ausgeprägten Hotspots.

Messungen an den Rauchgasleitungen

Die Oberflächendosisleistungen wurden aussen an den Rauchgasleitungen in Abständen von 1 m und an Hotspots gemessen. Die Hotspots fanden sich an Abzweigungsstücken. Gerade Rohrstücke wiesen eine gleichmässige Dosisleistungsverteilung auf. Bei der Messung wurden Einflüsse von Strahlenfeldern benachbarter Bauteile beachtet.

Messungen an den Filteranlagen

Die Filteranlagen bestehen aus drei Teilen:

- Ein rauchgasführender Mittelteil mit
 - Rauchgas-Einlass (unten),
 - Filterkerzenträgern und Filterkerzen (oben),
 - einem Deckel über den Filterkerzen-Austritten, der zur Wartung und zum Filterkerzenwechsel fernhantiert angehoben werden kann,
 - Rauchgas-Abfuhrkanälen,
 - Rauchgas-Auslass (im oberen Drittel).
- Das Oberteil mit den Handschuhkästen zum Filterwechsel kam nur beim Stillstand der Anlage durch Anheben des Deckels über den Filterkerzen Verbindung mit der Rauchgasführung. Während des Betriebs war der Kasten vom Rauchgasstrom getrennt.
- Das Unterteil enthält eine Schleuse mit Zerkleinerungsrost für die Filterkerzen und Fass-Andockstation zur Entnahme der verbrauchten Filterkerzen (Bruchstücke) und Filterrückstände.

Erwartungsgemäss waren die Oberflächendosisleistungen an den Oberteilen gering (ca. 4 $\mu\text{Sv/h}$).

Die Mittelteile wiesen die höchsten Dosisleistungen (25-33 $\mu\text{Sv/h}$) aussen an den Rauchgas-einlässen und ausgeprägte Hotspots (25 $\mu\text{Sv/h}$) an den Rauchgasführungen am Austritt der Filterkerzen auf. Ansonsten lagen die Dosisleistungen zwischen 8 und 14 $\mu\text{Sv/h}$. Bei der Messung wurde berücksichtigt, dass sowohl von den Filteranlagen als auch von den direkt benachbarten Rauchgasleitungen relativ starke und homogene Strahlungsfelder ausgehen, die zu gegenseitigen Einflüssen auf die Messergebnisse führen. Diese Felder wurden rund um die Filter im Abstand von 78 cm (dies entspricht der Mitte zwischen zwei Filterkästen) gemessen und protokolliert.

An den Unterteilen wurden gegenüber Mittelwerten von 7 bis 14 $\mu\text{Sv/h}$ im Bereich der Fassschleusen ausgeprägte Hotspots von ca. 60 bis 70 $\mu\text{Sv/h}$ gemessen. Als Ursache werden Reste von Filterkerzenbruchstücken vermutet. Deren Nuklidinventar wurde gesondert berechnet.

Der Feinfilter weist ähnliche Dosisleistungen und Hotspots auf wie die beiden Grobfilter. Das ist ein Hinweis darauf, dass ein Grossteil der Aktivität von den noch heissen Filterkerzen der Grobfilter durchgelassen wurde und sich erst beim Abkühlen im Feinfilter niedergeschlagen hat.

Messungen nach den Filteranlagen

An den Rohrleitungen nach dem Feinfilter und am Kaminfuss wurden nur wenige $\mu\text{Sv/h}$ gemessen. Die spezifischen Aktivitäten aus den Probenmessungen sind entsprechend gering.

Nuklidinventare in der Verbrennungsanlage

Die absoluten Aktivitäten in einem Bauteil wurden mit Hilfe des Programms MicroShield aus den spezifischen Aktivitäten und den Dosisleistungen berechnet. Die Tabelle 4-2 zeigt die Ergebnisse.

Nuklid [Bq/kg]	Ofen alle Segm.	Rohre Ofen → GF1+2	Rohre GF1 → FF	Rohre GF2 → FF	Rohre FF → Vent.	GF1 alle Segm.	GF2 alle Segm.	FF alle Segm.	Summe
Na-22	7.91E+03	0	0	0	0	4.02E+06	0	0	4.03E+06
Co-60	9.14E+09	4.62E+08	4.09E+07	1.21E+08	4.28E+06	1.07E+09	2.39E+09	2.90E+08	1.35E+10
Ag-108m	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sb-125	4.18E+07	3.12E+06	2.04E+07	6.75E+06	2.71E+06	5.34E+08	1.34E+08	1.84E+08	9.26E+08
Cs-134	1.18E+06	5.53E+04	6.81E+05	3.91E+05	2.09E+05	1.78E+07	7.72E+06	1.41E+07	4.22E+07
Cs-137	4.92E+08	2.31E+07	2.72E+08	8.92E+07	2.29E+08	7.12E+09	1.76E+09	1.55E+10	2.55E+10
Eu-154	2.17E+06	1.02E+05	1.29E+06	3.39E+05	8.63E+05	3.36E+07	7.78E+06	5.85E+07	1.05E+08
Po-210	9.41E+05	4.43E+04	5.25E+05	1.71E+05	3.94E+05	1.37E+07	3.38E+06	2.67E+07	4.59E+07
Ra-226	9.41E+05	4.43E+04	5.25E+05	1.71E+05	3.94E+05	1.37E+07	3.38E+06	2.67E+07	4.59E+07
U-234	4.66E+06	1.06E+06	1.48E+05	9.68E+03	1.76E+04	3.87E+06	1.91E+05	1.19E+06	1.11E+07
U-235	2.17E+05	4.93E+04	6.90E+03	4.52E+02	8.21E+02	1.80E+05	8.93E+03	5.56E+04	5.20E+05
U-238	4.66E+06	1.06E+06	1.48E+05	9.68E+03	1.76E+04	3.87E+06	1.92E+05	1.19E+06	1.11E+07
Pu-238	3.16E+07	1.30E+06	1.91E+05	1.71E+05	1.23E+05	4.99E+06	3.39E+06	8.34E+06	5.01E+07
Pu-239	7.09E+06	1.61E+06	2.25E+05	1.47E+04	2.68E+04	5.89E+06	2.92E+05	1.82E+06	1.70E+07
Pu-240	8.23E+06	1.87E+06	2.61E+05	1.71E+04	3.11E+04	6.83E+06	3.38E+05	2.11E+06	1.97E+07
Pu-241	1.14E+09	2.57E+08	3.60E+07	2.36E+07	4.29E+06	9.42E+08	4.67E+07	2.91E+08	2.71E+09
Pu-242	1.76E+04	3.99E+03	5.59E+02	3.66E+01	6.65E+01	1.46E+04	7.23E+02	4.51E+03	4.21E+04
Am-241	1.89E+07	7.78E+05	1.15E+05	1.03E+05	7.39E+04	3.00E+06	2.03E+06	5.00E+06	3.00E+07

Tabelle 4-2: Radiologische Gesamtinventare in der VVA. Die gemessenen Werte sind schwarz, die daraus berechneten hellblau dargestellt (aus [8]). GF: Grobfilter, FF: Feinfilter.

Normalerweise würde man eine stetige Abnahme der Aktivitäten vom Ofen zum Feinfilter erwarten. Besonders die niedrig schmelzenden und in der Hitze flüchtigen, aber auch als feine Partikel im Rauch dispergierten Isotope konnten jedoch teilweise die Filter passieren, so lange die Rauchgase noch heiss waren. Ein grosser Teil fiel erst beim Abkühlen innerhalb der Filterkästen und Rohrleitungen aus und schlug sich an den Innenwänden nieder. Das erklärt besonders die Cäsium-Aktivität im Feinfilter.

Die Aktivitätsunterschiede zwischen Grobfilter 1 und 2 lassen sich nicht vollständig erklären. Die wichtigste Ursache ist wohl, dass beide Filter die meiste Zeit nicht parallel, sondern wechselweise betrieben wurden. Bei Reinigungs- und Wartungsarbeiten wurden ausserdem

zeitweise Schlackenreste entfernt, in denen sich bevorzugt bestimmte chemische Elemente angesammelt hatten, so dass die Aktivitätsverhältnisse verschoben wurden.

Die Aktivitäten im Kamin fuss und weiter oben im Kaminrohr sind, abgesehen von Cs-137, sehr niedrig. Nicht erklärt werden kann die signifikante Verschiebung des Verhältnisses Cs-137 zu Cs-134 gegenüber den Verhältnissen im Rest der Anlage. Möglicherweise sind die Ablagerungen im Kamin grösstenteils älteren Datums, wodurch das schnellere Abklingen des Cs-134 verstärkt ins Gewicht fallen könnte. Wegen der geringen Aktivität und der Verschiebung des Nuklidvektors können den gemessenen Nukliden keine weiteren hinzuge-rechnet werden. Aus demselben Grund ist ihr Beitrag zur Störfalldosis gering.

Beurteilungsgrundlagen des ENSI

Der Stilllegungspflichtige hat nach Art. 45 Bst. b KEV als Unterlage zum Stilllegungsprojekt die Ermittlung des radiologischen Zustands der Anlage einzureichen. Das ENSI prüft die Unterlage auf die Plausibilität der Angaben.

Beurteilung des ENSI

Die Ermittlung des radiologischen Zustands der Versuchsverbrennungsanlage ist wesentlich für die Planung und Durchführung des Stilllegungsprojekts, denn die mögliche Gefährdung des beim Rückbau tätigen Personals und der Umgebung hängt davon ab.

Das in der VVA verbliebene Aktivitätsinventar wurde anhand von Probenahmen und Dosisleistungsmessungen ermittelt [8]. Die Probenahmen ergaben spezifische Nuklidvektoren für die entsprechenden Anlagenteile (Ofen, Rohrleitungen, Grob- und Feinfilter sowie Kamin). Anhand der gemessenen Dosisleistungen und der Materialzusammensetzungen der Anlagenteile wurden daraus die vorhandenen Nuklidinventare für die Alpha- und Beta/Gamma-Strahler mit dem Programm MicroShield berechnet.

Detaillierte Angaben zu den Probenahmen in der Versuchsverbrennungsanlage im Februar 2012 und den Analyserapport vom 2. März 2012 hat das ENSI erhalten [7]. Die Probenahmen sind damit für das ENSI nachvollziehbar und repräsentativ. Die in [8] zitierten Analyseergebnisse sind in [7] qualitätsgesichert dokumentiert. Damit gibt es eine solide Basis für die Abschätzungen des Nuklidinventars der VVA. Die gemessenen spezifischen Alpha- und Gamma-Aktivitäten wurden rechnerisch um weitere Nuklide ergänzt. Hierzu verwendete das PSI den spezifizierten Kernbrennstoff-Nuklidvektor für den Abfallgebindetyp 4 (J-P-2012). Dies ist vernünftig, weil die meisten verbrannten Abfälle aus dem Bereich der Kernanlagen stammten. Der Ansatz des PSI ist nachvollziehbar und kann hinsichtlich der Radiotoxizität als abdeckend betrachtet werden.

Aufgrund von nachvollziehbaren Messungen der Dosisleistungen in und an verschiedenen, genau definierten Anlageteilen der VVA wurden weitere Abschätzungen zur Bestimmung des Nuklidinventars durchgeführt. Mit dem objektspezifischen Nuklidinventar und der dort gemessenen Dosisleistung erfolgte die Ermittlung der absoluten Aktivität durch die Modellierung der verschiedenen Anlagenteile mit MicroShield. Das beschriebene Verfahren hat sich seit vielen Jahren in der Praxis bewährt.

Das ENSI erachtet die vom PSI zur Abschätzung des Nuklidinventars herangezogenen Ansätze als zweckmässig und korrekt. Die daraus abgeleiteten Aktivitäten sind plausibel. Das ENSI akzeptiert die diesbezüglichen Darlegungen des PSI gemäss [8].

4.2 Asbest

Angaben des PSI

Beim Bau der VVA wurden asbesthaltige Materialien verwendet. Laut den Zeichnungsdetails in den Bauplänen bestehen die äusseren Ausmauersteine des Ofens aus gepresstem Asbest (Isolation). In den Filtereinheiten besteht die äusserste Schicht der Isolation aus Asbest („Thermosbestos“) und auch bei den Rauchgasleitungen besteht die äusserste Schicht aus asbesthaltigem Material („Fibro-M“).

Der Asbest hat erhebliche Auswirkungen auf die Art des Rückbaus, denn es müssen erhöhte Anforderungen an die Arbeitssicherheit und den Schutz der Umgebung erfüllt werden. Neben den radiologischen Vorsorgemassnahmen sind zusätzliche Vorkehrungen beim doppelten Schleusensystem und spezielle Vorfilter bei der Abluft nötig. Zudem müssen während der Arbeiten laufend Proben genommen und Analysen auf Asbest durchgeführt werden.

Beurteilungsgrundlagen des ENSI

Die Aufsicht über die Arbeiten mit Asbest fällt nicht explizit in den Aufsichtsbereich des ENSI. Weil aber die Rückbauarbeiten in der VVA stark durch die Asbest-Vorsorgemassnahmen beeinflusst sein werden, hat dies auch Einfluss auf den Strahlenschutz. Das ENSI steht deshalb in engem Kontakt mit der Suva. Bei der Beurteilung der konventionellen Arbeitssicherheit kommt die Bauarbeitenverordnung [24] und die EKAS-Richtlinie „Asbest“ [25] zur Anwendung.

Beurteilung des ENSI

Die Rückbauarbeiten in der VVA werden geprägt durch die Vorsorgemassnahmen zum Schutz des Personals und der Umwelt vor dem Asbest. Voraussichtlich wird der gesamte Innenraum der VVA (ohne den separaten Aufenthaltsraum) als so genannter Schwarzbereich für Asbest eingerichtet werden (analog zur Reaktorhalle DIORIT, die auch gesamthaft als Schwarzbereich eingerichtet wurde). Dies hat zur Folge, dass der Innenraum nur über ein spezielles Schleusensystem betreten werden kann und die Arbeiter entsprechende Schutzanzüge tragen müssen. Gleichzeitig müssen sie die radiologischen Vorsorgemassnahmen beachten. Dies stellt hohe Anforderungen an die Arbeiter und deren Ausbildung. Materialien aus dem Innern der VVA müssen zudem über eine Doppelschleuse ausgeschleust werden.

Wie die Erfahrungen beim Rückbau DIORIT aber zeigen, ist der Rückbau einer Kernanlage auch mit den verschärften Arbeitsbedingungen in einem Schwarzbereich möglich. Von daher beurteilt das ENSI Arbeiten mit kontaminiertem, asbesthaltigem Material als durchführbar, auch wenn dies mit einem höheren Aufwand verbunden ist. Beim Umgang mit asbesthaltigen, radioaktiven Abfällen verweist das ENSI auf Kapitel 6.

Hinweis 1:

Vor dem Errichten des Schwarzbereichs für Arbeiten mit Asbest soll das PSI gemäss Auskunft beim BFE² einen Fachplaner beiziehen, der ein Gutachten zur Asbestsanierung erstellt und die Asbestsanierung gemäss Art. 60a der Bauarbeitenverordnung (SR 832.311.141) der

² E-Mail vom 31. Januar 2012 vom BFE an das ENSI.

Suva meldet. Vor Beginn der Rückbauarbeiten ist das Asbestkonzept von der Suva prüfen zu lassen. Das PSI informiert das ENSI über die getroffenen Massnahmen.

4.3 Rückbaukonzept und Freigaben

Angaben des PSI

Da die Anlage weder Kernbrennstoff enthält, noch Teile davon mit Kernbrennstoff in Kontakt stehen oder standen, verzichtete das PSI auf spezielle Überlegungen zur Kritikalitätssicherheit. Die Arbeitsplanung des PSI beschränkte sich deshalb auf die bei den einzelnen Teilschritten zu berücksichtigenden Sicherheitsaspekte: Brand, Strahlenschutzmassnahmen, konventionelle Arbeitssicherheit und die Entsorgung radioaktiver Abfälle.

Der gesamte Rückbau der VVA dauert rund dreieinhalb Jahre. Dabei wird das Personal nach Schätzungen des PSI eine Kollektivdosis von 33.65 Personen-mSv akkumulieren.

Rückbau	Dauer [d]	Mann-tage	Personal-kosten [kCHF]	Sach-kosten [kCHF]	Anzahl Ab-fallgebinde		Kollektiv-dosis [Pers.-mSv]
					200-l-Fass	KC-T12	
Rückbauschritt 1	242	806	535.2	127	12	1	5.05
Rückbauschritt 2	170	525	348.6	175	58	1	17
Rückbauschritt 3	205	615	408.4	100	85	1.5	8.2
Rückbauschritt 4	70	230	152.7	30	2	0	0.6
Rückbauschritt 5	263	810	555.2	169	2	0	0.45
Gesamt Rückbau	950	2980	2000.1	601	159	3.5	31.65
Gesamt-Projektierung	787	787	1012.5	50	-	-	-
Unvorhergesehe-nes 7.5 %	59	222	184.3	36	12	0.26	2
Total Stilllegung VVA	1796	3995	3196.9	687	171	4	33.65

Tabelle 4-3: Übersicht über den Rückbau der VVA mit den Aufwänden pro Rückbauschritt. Details zu Rückbauschritt 5 (Gebäudeabbruch) sind in Tabelle 4-4 separat aufgeführt.

Teilschritt 1: Entfernen und Entsorgen der nicht verbundenen Einrichtungen und „inaktiver“ Komponenten und des Rauchgaskamins

Der erste Teilschritt beim Rückbau der VVA umfasst das Entfernen und Entsorgen aller nicht fest verbundenen Teile der Verbrennungsanlage, der Hilfseinrichtungen sowie der Abbruch des Expansionsgefässes und der inaktiven Rohrleitungen. Im Weiteren wird die Propangaseinrichtung, die zum Erhitzen der Verbrennungsluft eingesetzt wurde, vollständig entfernt. Auch der Rauchgaskamin wird vollständig abgerissen.

Die Dichtungen zwischen den einzelnen Rauchkaminrohrstücken sind aus Asbest gefertigt. Zudem ist davon auszugehen, dass die Leitungen, der Rauchgaskamin und das Expansionsgefäss innen kontaminiert sind. Diese Vermutung wurde bei Messungen in [8] zur Bestimmung des Nuklidinventars bestätigt.

Aufgrund der Nachforderungen 6.1.1 bis 6.1.3 des ENSI in [6] hat das PSI die ursprüngliche Planung überarbeitet, so dass vor Beginn der Rückbauarbeiten eine neue Abluftanlage installiert und in Betrieb genommen wird. Diese Änderungen werden unter der zurzeit gültigen Betriebsbewilligung durchgeführt. Die alte Lüftungsanlage wird somit nicht mehr wie ursprünglich vorgesehen ertüchtigt.

Das PSI rechnet damit, dass im ersten Rückbauschritt 12 200-l-Fässer und 1 KC-T12 mit radioaktivem Abfall anfallen.

Für den Rückbauschritt 1 nimmt das PSI eine Kollektivdosis von 5.05 mSv an.

Gemäss der Terminplanung dauert der erste Rückbauschritt 242 Arbeitstage.

Teilschritt 2: Abbau der Ofenbeschickung und des Verbrennungsofens

Zu Beginn von Teilschritt 2 war ursprünglich der Umbau der bestehenden Lüftungsanlage vorgesehen. Durch den Neubau einer Abluftanlage in Teilschritt 1 entfällt dies.

Die wichtigste Arbeit in Teilschritt 2 ist der Abbau der Ofenbeschickung und des Verbrennungsofens. Damit wird das Herzstück der Anlage abgebaut. Im Ofenunterteil besteht die grösste Oberflächendosisleistung, weshalb die Innenschicht der Ausmauerung zuerst entfernt wird. Wegen der hohen Dosisleistung wird diese Arbeit mit verlängerten Werkzeugen oder Stangen von oben ausgeführt. Das Abbruchmaterial wird durch den Ofen nach unten direkt in ein 200-l-Fass abgefüllt. Die kontaminierte Schamotte wird in 200-l-Fässern oder einem KC-T12-Container verfestigt. Die äussere Schicht der Ofenausmauerung besteht aus Asbest. Sollte dieser kontaminiert sein, würde er mit der aktiven Schamotte zusammen konditioniert. Nicht kontaminierter Asbest wird freigemessen und einer Asbestdeponie zugeführt. Um die Grundlage für das Sortieren des Materials zu schaffen und die Menge aktiven Abfalls zu minimieren, müssen während diesen Arbeiten laufend Analysen und radiologische Messungen durchgeführt werden. Es ist vorgesehen den Stahlmantel des Ofens zu reinigen, zu dekontaminieren und wenn möglich dem inaktiven Abfallpfad zuzuführen.

Das PSI rechnet damit, dass im zweiten Rückbauschritt 58 200-l-Fässer und 1 KC-T12 mit radioaktivem Abfall anfallen.

Für den Rückbauschritt 2 nimmt das PSI eine Kollektivdosis von 17 mSv an.

Gemäss der Terminplanung dauert der zweite Rückbauschritt 170 Arbeitstage.

Teilschritt 3: Abbruch der Grob- und Feinfilteranlagen und der Rauchgasleitungen

Nach dem Abbruch des Ofens erfolgt der Abbruch der Filteranlagen und der Rauchgasleitungen. Das PSI sieht vor, zuerst den Grobfilter 1, dann Grobfilter 2 und schliesslich den Feinfilter mit den jeweiligen Rauchgasrohrleitungsverbindungen abzubauen. Bei der äusseren Schicht der Auskleidung der Filtergehäuse wurde Asbest verwendet. Auch bei den Rauchgasleitungen besteht der äussere Teil der Auskleidung aus Asbest. Wie in [8] festgestellt wurde, könnte diese Auskleidung kontaminiert sein. Die Stahlrohre der Leitungen werden nach Möglichkeit gereinigt, dekontaminiert und dem inaktiven Abfallpfad zugeführt.

Das PSI rechnet damit, dass im dritten Rückbauschritt 85 200-l-Fässer und 1.5 KC-T12 mit radioaktivem Abfall anfallen.

Für den Rückbauschritt 3 nimmt das PSI eine Kollektivdosis von 8.2 mSv an.

Gemäss der Terminplanung dauert der dritte Rückbauschritt 205 Arbeitstage.

Teilschritt 4: Rückbau der gesamten Rausgasabluftanlage und der Raumlufanlage

In diesem Rückbauschritt werden alle übriggebliebenen kontaminierten Komponenten der VVA entfernt. Auch die Raumlufanlage mit Wärmerückgewinnung soll in Teilschritt 4 entfernt werden. Das Gebäude wird also weitgehend ausgeräumt, mit Ausnahme der elektrischen und sanitären Versorgung.

Das PSI rechnet damit, dass im vierten Rückbauschritt 2 200-l-Fässer und kein KC-T12 mit radioaktivem Abfall anfallen.

Für den Rückbauschritt 4 nimmt das PSI eine Kollektivdosis von 0.6 mSv an.

Gemäss der Terminplanung dauert der vierte Rückbauschritt 70 Arbeitstage.

Teilschritt 5: Gebäudeabbruch

Nachdem das Gebäude komplett leer geräumt ist und freigemessen wurde, kann der eigentliche Rückbau des Tragwerks (Wände und Decken, aus Beton, Mauerwerk und Stahl) konventionell erfolgen und das Abbruchmaterial fachgerecht in Deponien entsorgt werden. Das Freimessen des Gebäudes ist dabei mit geplanten 100 Tagen die aufwendigste Arbeit in diesem Teilschritt. Nach dem Gebäudeabbruch folgen noch das Abdichten der Infrastruktur (Versorgungskanäle) und die Umgebungsarbeiten. Damit ist das Stilllegungsziel „grüne Wiese“ erreicht.

Das PSI rechnet damit, dass im fünften Rückbauschritt 2 200-l-Fässer und kein KC-T12 mit radioaktivem Abfall anfallen.

Für den Rückbauschritt 5 nimmt das PSI eine Kollektivdosis von 0.45 mSv an.

Gemäss der Terminplanung dauert der fünfte Rückbauschritt 263 Arbeitstage.

Teilschritt 5 / Konventioneller Abbruch	Dauer [d]	Mann- tage	Personal- kosten [kCHF]	Sach- kosten [kCHF]	Anzahl Ab- fallgebinde		Kollektiv- dosis [mSv]
					200-I- Fass	KC- T12	
Gebäuderäumung	44	124	82.3	6	0	0	0
Freimessen des Gebäudes	165	540	353.3	55	2	0	0.45
Abbruch/ konv. Entsorgung	16	7	4.6	88	0	0	0
Unvorhergesehe- nes (15 %)	38	139	115.0	20	0	0	0
Total Abbruch OVVA	263	810	555.2	169	2	0	0.45

Table 4-4: Planung und Kosten des konventionellen Abbruchs in Teilschritt 5 des Gebäudes OVVA wie vom PSI vorgesehen.

Die Trinkwasserversorgung des Garderoben- und Sanitärbereiches bleibt in den ersten vier Teilschritten des Rückbaus in Betrieb, im Zonenbereich 1 ist das Zuleitungsventil geschlossen. Der Rückbau der Wasserzufuhr ist erst im letzten Teilschritt des Rückbaus, im Zusammenhang mit dem Gebäudeabbruch, vorgesehen.

Die Aktiv-Abwasseranlage (Pumpensumpf mit Pumpe) ist abgeschaltet, jedoch betriebsbereit. Ihr Rückbau erfolgt mit dem letzten Teilschritt des Gebäudeabbruchs.

Im Zusammenhang mit dem letzten Teilschritt des Tragwerk-Abbruchs werden u. a. folgende Inneneinrichtungen und Installationen des Gebäudes ausgeräumt bzw. abgebrochen:

- Elektrizitätsversorgung und Elektroverteilkasten
- Lüftungskanäle
- Böden
- Materialliftanlage
- restliche Infrastruktur

Beurteilungsgrundlagen des ENSI

Die Arbeitsplanung ist der zentrale Teil der Stilllegung der VVA. Dies geht auch aus Art. 27 Abs. 2 des Kernenergiegesetzes 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.

Das Freigabeverfahren ist in Anhang 4 der Kernenergieverordnung festgelegt, die Anforderungen an die Gesuchsunterlagen für freigabepflichtige Änderungen sind in der Richtlinie ENSI-A04 festgelegt. In Art. 40 und Art. 47 KEV sind Rückbauschritte vorgemerkt, die von Gesetzes wegen einer Freigabe bedürfen.

Beurteilung des ENSI

Der Rückbau der VVA soll in fünf Teilschritten erfolgen, die jeweils mit dem Erreichen eines bestimmten „Meilensteins“ beendet werden. Jeder Teilschritt 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 Anlageteilen vor Abschluss der Stilllegung.

Ferner sind freigabepflichtig:

- Änderungen an sicherheits- oder sicherungstechnisch klassierten Bauwerken, Anlageteilen, 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 (vgl. Auflage 3, Kap. 5.4).

Der Abbau der VVA ist in den einzelnen Arbeitsschritten vollständig erfasst. Auch ist die Reihenfolge der Arbeitsschritte zueinander mit Ausnahme der Gebäudefreimessung (s. u.) nachvollziehbar und logisch; die zeitliche Abfolge der Arbeitsschritte auf dem Detaillierungsgrad des Stilllegungsprojekts ist grundsätzlich plausibel. Auch den geschätzten Zeitaufwand kann das ENSI grundsätzlich nachvollziehen. Die Dauer der jeweiligen Rückbausritte ist den eingereichten Dokumenten aber nicht einheitlich. Dadurch variiert die Rückbaudauer in den PSI-Dokumenten zwischen 3.25 Jahren und 3.65 Jahren. In den Angaben nicht berücksichtigt ist zudem die Gesamt-Projektleitung von 787 Tagen. Der jeweilige Ablauf der einzelnen Teilschritte geht aus den eingereichten Unterlagen im Detail zwar noch nicht hervor, für den aktuellen Projektstand ist dies aber auch nicht erforderlich.

Dass das PSI das Gebäude in Teilschritt 4 leer räumen und in Teilschritt 5 freimessen und anschliessend konventionell abreißen will, kann das ENSI nicht nachvollziehen, denn laut Art. 47 lit. c KEV ist der Abbruch von Gebäuden nach deren Dekontamination und Freimessung freigabepflichtig. Deshalb muss das Gebäude bereits in Teilschritt 4 dekontaminiert und freigemessen werden. Mit dem Freimessen in Teilschritt 4 sollte in Teilschritt 5 keine Kollektivdosis mehr akkumuliert werden. Dem ENSI ist bewusst, dass durch das „vorgezogene“ Freimessen des Gebäudes der Teilschritt 4 erheblich verlängert wird. Entsprechend verringert sich aber im Gegenzug die Dauer des letzten Rückbausritts des konventionellen Abbruchs. Die detaillierte Planung der Rückbausritte 4 und 5 ist deshalb durch das PSI anzupassen und dem ENSI im Freigabegesuch für den jeweiligen Rückbausritt darzulegen.

Das ENSI weist darauf hin, dass mit den eigentlichen Rückbauarbeiten erst begonnen werden kann, wenn die neue Fortluftabgabestelle und die radiologische Fortluftüberwachungsanlage installiert und in Betrieb genommen sind (vgl. Auflage 2, Kap. 5.2) und wenn ein plausibles Entsorgungskonzept für die radioaktiven Abfälle vorliegt (vgl. Auflage 6, Kap. 6).

Auflage 1:

Das PSI hat dem ENSI vor jedem Teilschritt ein Freigabegesuch zu stellen. Jeder Teilschritt beginnt mit einer ENSI-Freigabe und ist mit einem Bericht an das ENSI abzuschliessen. Dieser Abschlussbericht ist mit dem Gesuch zur Freigabe des nachfolgenden Teilschritts einzureichen.

Mit jedem Freigabegesuch für einen Rückbauschritt sind folgende Unterlagen einzureichen:

- a. Definition des Ausgangszustands und des Endzustands im jeweiligen Teilschritt
- b. Detailplanung des Rückbauschritts, bestehend aus:
 - o Ablaufplan inkl. Arbeitsschritte
 - o Einsatz neuer Techniken oder Gerätschaften, Prüfergebnisse vor deren Einsatz, Schulung des Personals (evtl. mit „mock-up-Trainings“)
 - o Vorgehen und Verfahren zur Inaktiv-Freimessung der anfallenden Materialien
 - o Konditionierung der anfallenden radioaktiven Abfälle
- c. Strahlenschutzmassnahmen, Strahlenschutzplanung
- d. Auswirkungen der Arbeiten auf die Sicherheit identifizieren, bewerten und daraus allfällige Massnahmen für Mensch und Organisation ableiten
- e. Personaleinsatzkonzept, Organisation, Qualitätsmanagement

5 Radiologische Massnahmen

Die folgenden Abschnitte gründen auf den Angaben des PSI in Kapitel 7 „Radiologische Massnahmen“ im Stilllegungsprojekt [1] sowie auf den Angaben in [7] und [8].

5.1 Massnahmen zum radiologischen Schutz der Arbeitnehmenden

Angaben des PSI

Vor jedem Teilschritt wird durch den zuständigen Strahlenschutzbeauftragten VVA in Zusammenarbeit mit dem Betriebsstrahlenschutz (BSS) und mit dem Projektleiter Rückbau VVA eine detaillierte Strahlenschutzplanung erstellt [1]. Die Strahlenschutzplanung ist gemäss der Verfahrensanweisung „Strahlenschutzplanung“ (VASU10) zu erstellen [26]. Sie ist von Vorgesetzten gegenzulesen sowie vom Gruppenleiter zu visieren. Die zur Planung notwendigen radiologischen Informationen sind zum Zeitpunkt des Rückbaus vor Ort einzuholen. Bei Änderungen des Arbeitsablaufes während des Rückbaus wegen Problemen mit der Arbeitsmethode oder des Fortschrittes der Arbeiten ist die Strahlenschutzplanung anzupassen.

Dabei sind folgende allgemeine Grundsätze des Strahlenschutzes zu beachten:

- Vermeidung unnötiger Bestrahlung von Personen.
- Zur Begrenzung der Strahlenbelastung muss eine Optimierung des Strahlenschutzes vorgenommen werden.
- Alle am Rückbau beteiligten Personen sind angemessen im Strahlenschutz auszubilden.
- Arbeiten sind derart zu gestalten, dass die Menge an radioaktiven Abfällen und die Emission von radioaktiven Stoffen an die Umwelt möglichst klein gehalten werden können.

Für den Strahlenschutz gilt die entsprechende „Allgemeine Weisung“ [1, 27]. Aus der Sektion Rückbau und Entsorgung (RBE) wird ein entsprechend qualifizierter Strahlenschutzbeauftragter VVA bestimmt. Er arbeitet eng mit dem Betriebsstrahlenschutz zusammen und muss angesichts der Komplexität der Aufgabe vertiefte Anlagekenntnisse und Kenntnisse auf dem Gebiet des Strahlenschutzes aufweisen (SU-Techniker oder SU-Fachkraft). Der Strahlenschutzbeauftragte VVA überwacht die Rückbauarbeiten nach den strahlenschutztechnischen Gegebenheiten vor Ort in allen Belangen und hilft mit bei der Ausarbeitung der Strahlenschutzplanung der einzelnen Rückbausritte. Er veranlasst oder führt die notwendigen Vorarbeiten zur Freimessung des nicht zu konditionierenden Materials durch, dokumentiert und archiviert alle anfallenden Mess- und Analysenresultate. Er kann auf die vorhandene Infrastruktur der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit des PSI (ASI) zurückgreifen. Aufgabenteilung und Kompetenzen werden durch den Leiter der Gruppe „Strahlenüberwachung Areal Ost“ im Detail geregelt. Diese sind für jeden Teilschritt bei den Freigabebegehren auszuweisen.

Rechtliche Grundlagen

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

Beurteilung durch das ENSI

Das PSI erstellt vorgängig für jeden Teilschritt eine detaillierte Strahlenschutzplanung nach der betrieblich bewährten Vorschrift „Strahlenschutzplanung“ (VASU10, [26]). Die Planung wird vom Vorgesetzten qualitätsgeprüft und enthält die aktuellen radiologischen Informationen. Bei Änderungen des Arbeitsablaufs wird die Planung entsprechend angepasst. Bei der Planung werden die allgemeinen Grundsätze des Strahlenschutzes, insbesondere die Optimierung und die Ausbildung des Personals berücksichtigt.

Für die Ausführung der Arbeiten gilt die „Allgemeine Weisung für den Strahlenschutz am PSI“ [27], die sich ebenfalls in der Praxis bewährt hat. Es wird ein qualifizierter Strahlenschutzbeauftragter VVA bestimmt, der auf die vorhandene Infrastruktur der ASI zurückgreifen kann. Aufgabenteilung und Kompetenzen werden im Detail geregelt und für jeden Teilschritt bei den Freigabegesuchen ausgewiesen.

Das ENSI ist mit den getroffenen Massnahmen zum radiologischen Schutz der Arbeitnehmenden einverstanden. Die im PSI bewährten Vorschriften und Vorgehensweisen werden angewendet. Aus dem Bereich des konventionellen Arbeitsschutzes, vor allem im Umgang mit Asbest, werden aber Anforderungen hinzukommen, die den radiologischen Arbeitsschutz ergänzen.

5.2 Strahlenschutzmesstechnik

Angaben des PSI

Zur Erfassung der Personendosen während des Rückbaus werden neben den TLD zusätzlich direkt ablesbare, elektronische Dosisleistungsüberwachungs- und Dosismessgeräte abgegeben.

Zur Überwachung von Personenkontaminationen wird am Zonenübergang im Erdgeschoss ein gasgepülter α/β -Hand-Fussmonitor zur Kontrolle der austretenden Personen installiert.

Zur Dosisleistungsüberwachung werden die bereits in jedem Stockwerk vorhandenen, festinstallierten Dosisleistungsmonitore mit Vorort-Alarmierung eingesetzt. Zusätzlich werden tragbare Dosisleistungsmessgeräte verwendet.

Zur Luftüberwachung an Arbeitsplätzen werden mobile α/β -Aerosolmonitore eingesetzt.

Zur Überprüfung von Oberflächenkontaminationen werden Wischtests vor Ort in einer Bleiburg mit einem geeigneten Messgerät ausgewertet. Für nuklidspezifische Auswertungen steht die Gruppe Radioanalytik der Abteilung ASI zur Verfügung.

Bereits vor Beginn der Stilllegungsarbeiten wird das PSI die Fortluftführung im Gebäude ändern, eine neue Fortluftabgabestelle errichten sowie eine neue Fortluftüberwachungsanlage, die die Anforderungen der Richtlinie ENSI-G13 erfüllt, installieren.

Die Abwässer aus der kontrollierten Zone werden in die bestehenden Einrichtungen des PSI geleitet. Die Abgabeüberwachung von flüssigen radioaktiven Stoffen ist somit vom Rückbau nicht betroffen und bleibt stets gewährleistet.

Beurteilungsgrundlagen des ENSI

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

Die Richtlinie ENSI-G13 vom Februar 2008 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 Strahlenfelder.
- Fallweise automatische Anregung geeigneter Gegenmassnahmen.
- Messung der an die Umwelt abgegebenen Stoffe.
- Erfassung der Strahlendosen und allfälliger Kontamination des Personals.

Zusätzlich müssen Einrichtungen und Messgeräte vorhanden sein, die bei und nach Störfällen

- ausreichende Information über den radiologischen Zustand der Anlage liefern, um die erforderlichen Schutzmassnahmen für Personal und Anlage ergreifen zu können;
- Hinweise auf den Störfallablauf geben und wichtige radiologische Parameter aufzeichnen und
- eine Abschätzung der Auswirkungen auf die Umgebung gestatten.

Das ENSI ist mit den vom PSI dargelegten Strahlenschutzmessmitteln einverstanden. Die Strahlenschutzmessmittel sind geeignet, um den Schutz des Personals und der Bevölkerung in der Umgebung zu gewährleisten. Jedoch darf erst mit den Stilllegungsarbeiten begonnen werden, wenn die neue Fortluftabgabestelle und die radiologischen Überwachungsanlage installiert und in Betrieb genommen worden sind. Diese Änderungen werden unter der zurzeit gültigen Betriebsbewilligung durchgeführt. Dazu sind Änderungsanträge gemäss Art. 40 KEV und Richtlinie ENSI-A04 einzureichen.

Auflage 2:

Mit den Rückbauarbeiten darf erst begonnen werden, wenn die neue Fortluftabgabestelle und die radiologische Fortluftüberwachungsanlage installiert und in Betrieb genommen worden sind. Diese Änderungen sind gemäss Art. 40 KEV freigabepflichtig.

5.3 Überwachung der Immissionen radioaktiver Stoffe und Direktstrahlung

Angaben des PSI

Längerfristig erhöhte Dosisleistungen auf dem Areal und in der Umgebung des PSI können ausgeschlossen werden. Durch den Rückbau einzelner Komponenten und deren Transport können höchstens kurzfristig und örtlich begrenzt erhöhte Dosisleistungen auftreten. Gemäss den Betriebsvorschriften AERA für den Transfer radioaktiver Stoffe auf dem PSI-Gelände dürfen die Dosisleistungen an der Oberfläche 2 mSv/h (Hotspot 5 mSv/h) und in 1 m Abstand 0,1 mSv/h nicht übersteigen. Herstellung von Gebinden mit höherer Oberflächendosisleistung sind gemäss den Betriebsvorschriften vorgängig mit der Sektionsleitung RBE abzusprechen und mit einer Begründung und einer Strahlenschutzplanung vorzulegen, und von diesem freizugeben. Die Umgebung wird im Rahmen der Areal- und Anlagedosimetrie des PSI überwacht.

Beurteilungsgrundlagen des ENSI

Beurteilungsgrundlagen für die Immissionsüberwachungen sind das Kapitel 8 der StSV (insbesondere Art. 104 bis Art. 106 StSV), die Richtlinie ENSI-G15 sowie das Abgabereglement für das PSI.

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 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 Teil des Abgabereglements für das PSI ist und jährlich vom ENSI und BAG überprüft wird.

Das ENSI beurteilt die Angaben des PSI als korrekt. Das Umgebungsüberwachungsprogramm, das im Abgabereglement für das PSI definiert ist, bedarf keiner Anpassung.

5.4 Vorgehen zur Inaktiv-Freimessung von Materialien und zur Auszonung von Bereichen aus einer kontrollierten Zone

Angaben des PSI

Für das gesamte inaktive Material, das aus der kontrollierten Zone entfernt wird, wird das PSI eine qualitätsgesicherte Freimessung gemäss der Richtlinie ENSI-B04 durchführen und dokumentieren. Gegebenenfalls setzt das PSI die Freimessanlage des ZWILAG ein. Es ist geplant, die Freimessarbeiten je nach Notwendigkeit entweder in der Schleuse oder im Abfalllabor durchzuführen. Inaktive Anlageteile wird das PSI in Vorort-Container oder in ein Freigabelager des Betriebsstrahlenschutzes verbringen und bis zu einer allfälligen Inspektion durch das ENSI, bzw. bis zur Abgabe an entsprechende Verwertungsbetriebe lagern.

Nach der restlosen Entfernung aller radioaktiven Materialien aus der Anlage wird das PSI alle Oberflächen des Gebäudes und der Innenstahlkonstruktion in einem umfassenden Messprogramm auf tatsächliche Radioaktivitätsfreiheit überprüfen. Das Messprogramm wird das PSI mit dem ENSI absprechen.

Beurteilungsgrundlagen des ENSI

Beurteilungsgrundlagen für die Inaktiv-Freimessung von Materialien und Bereichen aus einer kontrollierten Zone sind Art. 47 lit. a KEV, Art. 53 KEV, Art. 72 StSV und die Richtlinie ENSI-B04.

Beurteilung des ENSI

Durch das Vorgehen zur Inaktiv-Freimessung von Materialien und Bereichen soll sichergestellt werden, dass diese die gesetzlichen Bedingungen erfüllen.

Das ENSI ist mit dem vom PSI vorgestellten Verfahren für die Inaktiv-Freimessung von Materialien und dem Auszonen von Bereichen aus der kontrollierten Zone bis auf zwei Punkte einverstanden. Da in der Verbrennungsanlage im weitesten Sinne mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wurde, unterstellt das ENSI im Einklang mit Art. 72 StSV und der Richtlinie ENSI-B04 das Auszonen von Bereichen aus der kontrollierten Zone der Freigabepflicht. Ansonsten sind die rechtlichen Anforderungen und die Richtlinie B04 eingehalten. Zusätzlich zu den Anforderungen der Richtlinie ENSI-B04 für die Inaktiv-Freimessung von Materialien verlangt das ENSI, dass das PSI vorgängig bei grösseren freizumessenden Materialmengen, z. B. bei der Schamottierung des Ofens und der Filter, das Verfahren zur Inaktiv-Freimessung schriftlich darlegt und beim ENSI einreicht.

5.5 Limiten für die Abgabe von radioaktiven Stoffen an die Umwelt

Angaben des PSI

Im Rahmen der Installation der neuen Fortluftabgabestelle und der neuen Fortluftüberwachung wird das PSI die Interventionsschwellen für die Versuchsverbrennungsanlage gemäss den Vorgaben des Abgabereglements für das PSI neu berechnen und im QM-System des PSI festlegen.

Beurteilungsgrundlagen des ENSI

Beurteilungsgrundlagen für die Abgabelimittierung und die Überwachung der Emissionen radioaktiver Stoffe an die Umgebung sind Art. 7 und Art. 80 StSV, die Richtlinien ENSI-G15 und ENSI-G14 sowie das Abgabereglement für das PSI.

Gemäss Art. 7 StSV entscheidet die Bewilligungsbehörde für welche Betriebe ein quellenbezogener Dosisrichtwert erforderlich ist und legt diesen fest.

Beurteilung des ENSI

Bis Ende 1997 wurden vom ENSI für jede einzelne Abgabestelle des PSI Abgabelimite festgelegt. Seit Anfang 1998 wurden diese Limite aufgehoben. An deren Stelle tritt nun der quellenbezogene Dosisrichtwert. Zur Verhinderung einer Überschreitung des quellenbezogenen Dosisrichtwertes 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 Dosisrichtwertes erbringt das PSI mit Hilfe des vom ENSI validierten Computerprogramms ESS-41.

Seit der Inbetriebnahme des Zentralen Zwischenlagers (ZZL) in der direkten Nachbarschaft zum PSI im Jahr 2000 wird der quellenbezogene Dosisrichtwert zwischen den Anlagen des PSI (0.15 mSv) und des ZZL (0.05 mSv) aufgeteilt.

Für die Stilllegung der Versuchsverbrennungsanlage werden durch das ENSI keine Abgabelimite definiert. Die Verbrennungsanlage ist in die Abgabeüberwachung des PSI eingebunden, in dem die Einhaltung des quellenbezogenen Dosisrichtwertes für das PSI permanent überwacht wird. Es gilt das Abgabereglement für das PSI.

Auflage 3:

Der quellenbezogene Dosisrichtwert für das PSI ist während den Rückbauarbeiten der Versuchsverbrennungsanlage einzuhalten. Es gilt das Abgabereglement für das PSI („Reglement für die Abgabe radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des Paul Scherrer Instituts (PSI)“).

6 Entsorgung der anfallenden Abfälle

Die folgenden Abschnitte gründen auf den Angaben des PSI in Kapitel 6 „Triage der Abfälle“ des Stilllegungsprojekts und den Angaben in [7] und [8].

Angaben des PSI

Abfallmengen

Das PSI schätzt die gesamte Abfallmenge auf ca. 507 m³. Die Abschätzung erfolgte durch Berechnung der Gebäudekubatur (Länge: 13.0 m, Breite: 10.0 m, Höhe: 13.0 m) und einer angenommenen Raumausnutzung von 30 %. Das PSI weist darauf hin, dass beim Rückbau viele Hohlkörper anfallen, die noch weiter zerkleinert werden können, aber nicht unbedingt müssen.

Die Menge an radioaktivem Abfall, der konditioniert und entsorgt werden muss, beziffert das PSI mit 8.2 m³. Diese Schätzung beruht auf der Annahme, dass 50 % der Ausmauerung des Ofens, der Rauchgasleitungen und der Filter kontaminiert sind und als radioaktiver Abfall entsorgt werden müssen. Nach Schätzung des PSI muss der radioaktive Abfall in 4 KC-T12-Containern und 171 200-l-Fässern konditioniert werden.

Abfallmenge [m ³]	Aktiv	Inaktiv
Ofen	2.5	
Rauchgasleitungen	2.2	
Grob- und Feinfilter	3.5	
Gebäude und übrige Einrichtungen		499
Total	8.2	499

Tabella 6-1: Die vom PSI geschätzten Abfallmengen, die beim Rückbau der VVA anfallen werden (nach [1] und [7]).

Das PSI erwartet, dass folgende Anlageteile dekontaminierbar sind:

- Oberteile (Hauben) der Grob- und des Feinfilters
- Wechselschleuse und Plattenbrecher in den beiden Grobfiltern und dem Feinfilter
- Ofenunterteil mit Schleuse und Andockvorrichtung für das Aschefass
- Kamin aus Stahlblech

Die Teile sollen so weit als möglich direkt im VVA-Gebäude dekontaminiert werden. Als weitere mögliche Orte zur Dekontamination gibt das PSI die Gebäude ODRA (DIORIT) und OALA (Operationsbox des Abfalllabors) an. Der jeweils geeignetste Ort richtet sich dabei nach der Art und dem Grad der Kontamination. Die Wahl der Dekontaminationsmittel hängt ebenfalls von den jeweiligen Erfordernissen ab und wird situativ entschieden.

Dass beim Rückbau abklingbarer Abfall anfallen könnte, nimmt das PSI nicht an. Denn Abfall, der in eine Abklinglagerung überführt werden könnte, besteht meist aus aktivierten Metallen oder aktiviertem Beton. Weil aber in der VVA nur schwachaktive MIF-Abfälle verbrannt wurden, ist eine Aktivierung auszuschliessen.

Innerbetriebliche Transporte und Konditionierung

Die ausgebauten oder abgebrochenen aktiven Komponenten werden direkt zum Abfall-Labor transferiert oder in der Halle AB oder C im Betriebsgebäude gelagert (Pufferlager). Für den Transport der Komponenten (z. B. Lüftungsrohre) müssen diese mit Blindflanschen oder passenden Abdeckungen dicht verschlossen werden. Kleinkomponenten werden bis zur Konditionierung in mit Plastik ausgelegten Blechcontainern oder sauberen Fässern transportiert oder gelagert.

Die radioaktiven Abfälle werden entweder in 200-l-Fässern oder in KC-T12-Containern verfestigt. Es ist vorgesehen, dass für die VVA-Abfälle ein neuer Abfallgebindetyp (KC-T12-Container) spezifiziert wird. Die Spezifikationen wird nach Angaben des PSI in [7] derzeit erstellt.

200-l-Fässer werden im Abfall-Labor konditioniert, die KC-T12-Container sollen hingegen vor Ort konditioniert werden. Sollte dies nicht möglich sein, möchte das PSI die KC-T12 in der Konditionierungsanlage des DIORIT behandeln.

Inaktiv-Freimessung (vgl. auch Kap. 5.4)

Das gesamte inaktive Material, das aus der kontrollierten Zone der VVA entfernt wird, muss qualitätsgesichert freigemessen und dokumentiert werden. Es ist abzuklären, ob die Freimessanlage der ZWILAG eingesetzt werden soll (kam beim Rückbau von SAPHIR und DIORIT bereits zum Einsatz). Inaktive Anlageteile werden anschliessend in ein Freigabelager des Betriebsstrahlenschutzes überführt oder vor Ort in abgeschlossenen Mulden gelagert.

Asbesthaltiger Abfall (vgl. auch Kap. 4.2)

Alle asbesthaltigen inaktiven Stoffe müssen nach den Vorgaben der EKAS-Richtlinie „Asbest“ [25] abgebaut und behandelt werden. Der asbesthaltige inaktive Abfall muss anschliessend durch eine Entsorgungsfirma in den dafür vorgesehenen Deponien entsorgt werden.

Kontaminierter asbesthaltiger anorganischer Abfall muss in einem KC-T12-Container konditioniert werden.

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

Beim Rückbau der VVA wird eine grössere Menge an Abfällen anfallen, die entsprechend behandelt und entsorgt werden muss. Grundsätzlich wird zwischen radioaktivem und konventionellem Abfall unterschieden, wobei die Menge an radioaktivem Abfall durch Freimes-

sen oder Dekontaminieren und anschliessendem Freimessen möglichst tief gehalten werden soll. Dies entspricht dem Schweizer Entsorgungsprinzip (Minimierungsgebot). Ein spezielles Augenmerk gilt in diesem Stilllegungsprojekt dem Asbest, bestehen doch viele Anlageteile aus asbesthaltigem Material.

Das Abfallkonzept des PSI für die Stilllegungsabfälle der VVA ist plausibel und nachvollziehbar, zumal sich das PSI auf seine Rückbauerfahrungen mit den Anlagen SAPHIR und DIORIT stützen kann. Die anfallenden radioaktiven Abfälle können nach den Vorgaben der Richtlinie ENSI-B05 behandelt werden. Das ENSI beurteilt die Einschätzung des PSI als realistisch, dass der grösste Teil der anfallenden Abfälle inaktiv entsorgt werden kann. Das ENSI geht davon aus, dass die Triage der Abfälle vor Ort durch geschultes Personal erfolgt (wie derzeit beim Rückbau des DIORIT). Im Stilllegungsprojekt findet sich aber kein Hinweis darauf, wie und nach welchen Kriterien die Triage der Abfälle erfolgen soll.

Die vom PSI angegebenen Abfallmengen konnte das ENSI mit eigenen Rechnungen nachvollziehen, auch wenn es eine leicht grössere Menge an radioaktiven Abfällen erwartet. Sollte allerdings ein wesentlicher Teil des Kamins ebenfalls als radioaktiver Abfall entsorgt werden müssen, könnte die Menge an radioaktivem Abfall um bis zu 50 Prozent über den Erwartungen des PSI zu liegen kommen. Dies hätte wiederum Auswirkungen auf die Zahl der Abfallgebinde und damit auch auf die Kosten.

Hinweis 2:

Das ENSI weist darauf hin, dass die Menge radioaktiven Abfalls je nach Tiefe der eingedrungenen Kontamination stark variieren kann. Wie die Ermittlung des Aktivitätsinventars zeigte [8], finden sich in Teilen der Kaminausmauerung und der Asbestisolierung des Kamins Risse. Dies lässt darauf schliessen, dass Teile der Ausmauerung und Asbestisolierung nicht freigemessen werden könnten und als radioaktiver Abfall entsorgt werden müssten.

Laut Angaben des PSI sollen VVA-Abfälle im Gebäude ODRA (DIORIT) dekontaminiert werden. Weil bis zu diesem Zeitpunkt der Rückbau des DIORIT abgeschlossen sein wird, ist dieses Vorhaben nachvollziehbar. Das ENSI weist aber darauf hin, dass zur Behandlung von Abfällen aus dem Rückbau der VVA im DIORIT derzeit keine Bewilligung vorliegt.

Auflage 4:

Stilllegungsabfälle aus der Versuchsverbrennungsanlage dürfen nur dann im Gebäude ODRA (DIORIT) behandelt werden, wenn solche Tätigkeiten durch eine entsprechende Bewilligung abgedeckt sind.

Unter den Abfällen ist eine grössere Menge an Asbest zu erwarten. Asbesthaltige Abfälle, die freigemessen werden können, werden durch eine Entsorgungsfirma auf speziellen Asbestdeponien entsorgt; kontaminierte asbesthaltige Abfälle, die nicht brennbar sind (keine Organika enthalten), werden mit anderen kontaminierten Abfällen in einem KC-T12-Container verfestigt. Wie hingegen allfällig auftretende kontaminierte, asbesthaltige, brennbare Abfälle behandelt werden sollen, steht noch nicht fest, denn asbesthaltige Abfälle dürfen nicht in der Plasma-Anlage der ZWILAG verarbeitet werden. Beim Rückbau des Forschungsreaktors DIORIT am PSI fiel jedenfalls eine kleine Menge solcher Abfälle an. Eine definitive Entsorgungslösung für diese Abfälle kann das PSI noch nicht aufzeigen, ist aber anzustreben, denn es ist auch mit den kommenden Rückbauprojekten mit weiteren solchen Abfällen zu rechnen.

Hinweis 3:

Sollten kontaminierte, asbesthaltige, brennbare Abfälle beim Rückbau der VVA anfallen, ist ein entsprechendes Entsorgungskonzept zu konkretisieren und dem ENSI vorzulegen; erforderlichenfalls ist dafür ein neuer AGT zu spezifizieren.

Die radioaktiven Abfälle werden entweder in 200-l-Fässern oder in KC-T12-Containern verfestigt. Wie das PSI anmerkt, sollen dazu neue Abfallgebindetypen (AGT) spezifiziert werden.

Auflage 5:

Das PSI hat vor Beginn der Rückbauarbeiten dem ENSI ein Konzept vorzuweisen, wie die erwarteten radioaktiven Abfälle entsorgt werden bzw. welchem vom ENSI bereits genehmigten Abfallgebindetyp sie zugeordnet werden können. Mit den Rückbauarbeiten darf erst begonnen werden, wenn für die Hauptabfallströme vom ENSI genehmigte Abfallgebindetypen existieren.

Hinweis 4:

Das ENSI weist das PSI darauf hin, dass die beim Rückbau der Versuchsverbrennungsanlage anfallenden Abfälle genau bilanziert und deklariert werden müssen. Der Abschluss der Stilllegung kann erst dann bestätigt werden, wenn sämtliche Abfälle entsorgt worden sind.

7 Störfallbetrachtungen

Die folgenden Abschnitte gründen auf den Angaben des PSI in Kapitel 9 „Störfallbetrachtungen“ des Stilllegungsprojekts und den Angaben in [7] und [8].

Angaben des PSI

Das PSI betrachtete die Störfälle Brand, Lastabsturz, Meteorwassereinbruch, Ausfall der Stromversorgung, Überschwemmung, Blitzeinschlag sowie Erdbeben und Flugzeugabsturz. Als relevant und mit radiologischen Folgen wurden nur Brand, Erdbeben und Flugzeugabsturz dargelegt und in der Folge detailliert untersucht.

Für den Fall Brand wird vom PSI der Flugzeugabsturz als abdeckend erachtet, da die mechanische Belastung des Gebäudes durch den Aufprall eines Flugzeuges deutlich grösser und die Folgen eines Kerosinbrandes ungleich höher sind als bei einem alleinigen Brand der sich in der Anlage befindlichen Brandlasten.

Der Störfall Erdbeben könnte zu Rissen im Gebäude und möglicherweise zum Abreissen von Rohrleitungen führen, wodurch radioaktiver Staub in die Umgebung gelangen kann. Ein Folgebrand durch Kurzschluss und der Austritt von Leitungswasser könnten den Staub aus der Anlage austreten lassen und Teile davon in die Aare spülen. Die austretenden Mengen wären aber geringer als im Fall Flugzeugabsturz. Zusätzlich zu dieser Abdeckung wird die aus einem Erdbeben resultierende Dosis mittels UDAL-Faktoren von der PSI-Abteilung Strahlenschutz abgeschätzt; die maximale Folgedosis beträgt $1.37E-04$ mSv.

Bei der Analyse des Falles Flugzeugabsturz werden die Randbedingungen nach Richtlinie HSK-R102 angesetzt. Inspektionen an mehreren Stellen haben ergeben, dass sich in Ofen, Filtern und einzelnen Rohrabschnitten noch lose Aschemengen befinden. Umgerechnet auf die Gesamtmasse an kontaminiertem Material pro Segment betrifft dies 0.75 % der Gesamtaktivität. Diese Menge wird in den Ausbreitungsberechnungen als luftgetragene Aktivität angenommen, die durch thermische Überhöhnung durch den Kerosinbrand verbreitet wird. Die grösste Aktivität befindet sich in den Schamottesteinen, die diese bei mechanischer Zerstörung hauptsächlich auf dem Bodenpfad freisetzen. Bei Folgebrand wird unterstellt, dass zusätzlich die leichtflüchtigen Stoffe wie Cäsium und Natrium vollständig freigesetzt werden. Weiter wird angenommen, dass die Flanschen für Ober- und Unterwind am Ofen (die sich im Bereich der höchsten Aktivität befinden) sowie Abzweigungsstellen der Rohre und Verbindungsstellen abreißen, wobei ca. 25 % des betroffenen kontaminierten Materials ins Freie gelangen würde.

Das PSI weist zwei Dosisberechnungen aus: Einerseits zur Freisetzung der Gesamtaktivität und andererseits zu einer realistischeren Freisetzung, bei der nur ein Viertel der gebundenen Aktivität freigesetzt wird. Die daraus resultierenden, maximalen Dosen betragen für die Gesamtfreisetzung 0.47 mSv für Erwachsene und für die realistischeren Freisetzung 0.12 mSv für Erwachsene.

Beurteilungsgrundlagen des ENSI

- Richtlinie ENSI-A08
- Richtlinie ENSI-G14
- Strahlenschutzverordnung (SR 814.501)
- Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen (SR 732.112.2)

Beurteilung des ENSI

Das ENSI hat die Konservativität und Richtlinienkonformität der radiologischen Störfallanalysen sowie die Einhaltung der entsprechenden Dosisgrenzwerte überprüft.

Das ENSI schliesst sich der Auffassung des PSI an, wonach aus dem umfassenden Störfallspektrum nach KEV nur die Störfälle Brand, Erdbeben und Flugzeugabsturz die einzigen Störfälle darstellen, welche zu nennenswerten radiologischen Auswirkungen in der Umgebung führen können.

Das ausgewiesene Nuklidspektrum kann als repräsentativ angesehen werden und die zur Herleitung des Aktivitätsinventars angewandte Methodik wird vom ENSI als geeignet angesehen.

Das ENSI schliesst sich der Auffassung des PSI an, wonach das aus dem Flugzeugabsturz durch mechanische Belastung und Brandeinwirkung resultierende Schadensbild dasjenige der anderen Störfälle, inkl. schwerem Erdbeben abdeckt. Da der Flugzeugabsturz aufgrund seiner Eintrittshäufigkeit ein auslegungsüberschreitender Störfall darstellt, entfällt für den Flugzeugabsturz die Führung des Nachweises der Einhaltung eines Dosisgrenzwerts.

Die vom PSI kreditierte Abdeckung des Störfalles Brand durch den Flugzeugabsturz wird nicht stichhaltig begründet: es wird lediglich auf die freigesetzten Aktivitäten verwiesen. Grundsätzlich sind für Dosisberechnungen diejenigen Randbedingungen (Ingestionszeit, minimale Abwinddistanz) anzusetzen, welche für die abgedeckten Fälle gelten. Es fehlen zudem Angaben zur effektiven Emissionshöhe bzw. Angaben zur unterstellten thermischen Überhöhung, welche aufgrund des Kerosinbrandes zu erwarten ist. Beim zu betrachtenden Störfall Brand fehlt zudem die Angabe einer Eintrittshäufigkeit, ebenso die einer Störfallklasse mit zugehörigem Dosisgrenzwert. Dabei ist zu beachten, dass Brände aufgrund ihrer Eintrittshäufigkeit in Störfallkategorie 1 oder 2 fallen können.

Im Störfall Brand trägt das vorhandene, lose vorliegende Material wesentlich zur resultierenden Dosis bei. Das ENSI hat sich anhand eigener abdeckender Betrachtungen mit einer konservativ angesetzten bodennahen Freisetzung ohne thermische Überhöhung überzeugen können, dass sowohl der Dosisgrenzwert der Störfallkategorie 1 als auch 2 eingehalten werden kann.

Nach Art. 8 KEV sind die Auswirkungen von Erdbeben zu betrachten. Die vom PSI erfolgte Abschätzung der resultierenden Dosis mittels UDA-Faktoren erlaubt eine gute Näherung, kann aber eine Dosisberechnung nach der Richtlinie ENSI-G14 nicht ersetzen. Die differenzierte Ermittlung von Erwachsenen- und Kleinkinddosen ist damit nicht möglich, eben so wenig die Bewertung von Beiträgen einzelner Dosispfade. Dies wurde dem PSI bereits in der Grobprüfung mitgeteilt.

Auf der Basis des vom PSI für den Flugzeugabsturz als realistisch ausgewiesenen Quellterms, mit einer konservativ angesetzten, bodennahen Freisetzung ohne thermische Überhöhung kommt das ENSI zum Schluss, dass die resultierenden Dosen im Fall eines schweren Erdbebens unterhalb von 1 mSv liegen. Das ENSI geht davon aus, dass die Unterstellung einer Freisetzung von 25 % der gebundenen Aktivität im Erdbebenfall überaus konservativ ist.

8 Menschliche und organisatorische Aspekte

Die folgenden Abschnitte gründen auf den Angaben des PSI in Kapitel 10 „Personelles, Organisation und Verantwortlichkeiten“ und Kapitel 11 „Qualitätsmanagement“ des Stilllegungsprojekts. Weiter wurden auch die Ergebnisse eines Fachgesprächs zu menschlichen und organisatorischen Faktoren zwischen dem ENSI und dem PSI vom 24. Mai 2012 berücksichtigt (ENSI 22/957, [28]).

8.1 Organisation, Personal und Verantwortlichkeiten

Angaben des PSI

Das PSI beschreibt auf zwei Seiten im Stilllegungsprojekt die Organisation für den Rückbau der VVA. Während des Fachgesprächs vom 24. Mai 2012 [28] wurden auf Wunsch des ENSI die Angaben präzisiert. Demnach wird für die Rückbauarbeiten ein Projektleiter, der zu 100 Prozent bei der Sektion RBE angestellt ist, den Rückbau leiten. Dem ebenfalls zu 100 % bei der Sektion RBE angestellten Vorarbeiter steht ein kleines Team temporärer handwerklicher Mitarbeiter zu Verfügung. Vervollständigt wird das Team durch eine Strahlenschutzfachkraft aus der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit (ASI), die zu 100 % mit dem Rückbau beschäftigt ist. Die Stellvertretung ist dabei ASI-intern geregelt. Weil die Strahlenschutzfachkraft vertiefte Anlagenkenntnisse und Kenntnisse auf dem Gebiet des Strahlenschutzes aufweisen muss, soll es sich dabei um einen SU-Techniker oder eine SU-Fachkraft handeln. Diese Strahlenschutzfachkraft erstellt auch die Strahlenschutzplanung der einzelnen Rückbauschritte.

Beurteilungsgrundlagen

Art. 27 Abs. 2 lit. d KEG verlangt, dass in einem Stilllegungsprojekt der Gesuchsteller den Personalbedarf und die Projektorganisation darlegen muss. Weiter wurden bei der Beurteilung Art. 22 Abs. 1 und 2 lit. a, b und j zugezogen und Art. 7 lit. D KEV. Der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK, [29]) sowie der Richtlinie ENSI-G07 [30] sind weitere Grundlagen zu entnehmen.

Beurteilung des ENSI

Mit dem Rückbau der VVA wird ein kleines, etwa ein halbes Dutzend Personen zählendes Team beauftragt. Dieses Team führt die Rückbauarbeiten der VVA durch, mit Ausnahme des konventionellen Gebäudeabrisses. Mit dem Rückbau des Forschungsreaktors DIORIT am PSI war ein ähnlich grosses Team beschäftigt – dies zeigt, dass der Rückbau der VVA mit der vorgesehenen Personenzahl möglich ist. Wie in Kapitel 4.3 ersichtlich ist, schätzt das PSI den Aufwand für Rückbau und Abbruch der VVA auf 3995 Personentage. Damit sind nach Auffassung des ENSI die Rückbauarbeiten im vorgesehenen Zeitrahmen von etwa dreieinhalb Jahren durchführbar. Beim Fachgespräch vom 24. Mai 2012 und bei der Inspektion des DIORIT vom 4. Juni 2012 (ENSI 22/967, [31]) konnte sich das ENSI davon überzeugen, dass das Konzept des PSI greift.

Auflage 6:

Vor dem ersten Arbeitsschritt ist dem ENSI ein aktualisiertes Organigramm vorzulegen, und es ist darzulegen, wie die Verantwortlichkeiten PSI-intern geregelt sind. Es ist weiter darzulegen, wie neue Mitarbeiter ausgebildet werden sollen, wie sie in das „System PSI“ und dessen Sicherheitskultur eingeführt werden sollen und wie mit Fehlern und dem Erkennen möglicher Gefahren umgegangen wird.

8.2 Qualitätsmanagement und Wissenserhalt

Angaben des PSI

Das Qualitätsmanagement beschreibt das PSI im Stilllegungsprojekt auf einer knappen halben Seite. Dabei verweist das PSI auf die bestehende Organisationsstruktur des PSI, innerhalb der der Rückbau abgewickelt wird. Damit werde der Rückbau auch im etablierten Qualitätsmanagementsystem des PSI abgewickelt, argumentiert das PSI. Am Fachgespräch vom 24. Mai 2012 [28] wiederholte dies das PSI und wies darauf hin, dass die Organisation im Bereich des Rückbaus von Kernanlagen am PSI bereits seit längerem bestehe und funktioniere. Auch verfüge die Sektion RBE und die Abteilung ASI über akkreditierte Managementsysteme, die wiederum in das Gesamtsystem des PSI eingebettet seien.

Werden beim Rückbau der VVA neue Techniken eingesetzt, sollen diese im Vorfeld geübt werden. Auch sei vorgesehen, dass sich das PSI mit den Betreibern ähnlicher Verbrennungsanlagen in Wien und Karlsruhe austauscht.

Was den Wissenserhalt betrifft, bedauert das PSI, dass es nun die anstehenden Rückbauarbeiten VVA nicht mit dem bewährten Team aus dem Rückbau des DIORIT durchführen könne, weil es das Personal nicht bis zum Beginn der Rückbauarbeiten halten könne.

Beurteilungsgrundlagen

In Art 45 lit. h KEV wird verlangt, dass das Qualitätsmanagementprogramm Teil der Projektunterlagen sein muss. Als weitere Grundlage hat das ENSI das Managementhandbuch der Sektion RBE [32] zugezogen sowie die SGU-Weisung des PSI (Sicherheit, Gesundheitsschutz und Umweltschutz, [33]).

Beurteilung des ENSI

Wissenserhalt stellt bei Rückbauprojekten einen zentralen menschlichen und organisatorischen Faktor dar, denn häufig verlassen langjährige Mitarbeiter die Anlagen, wenn deren Stilllegung bekanntgegeben wird. Im Fall der VVA arbeitet nach Kenntnis des ENSI nur noch eine Person beim PSI, die die Anlage im Betrieb gesehen hat. Das Wissen um die VVA muss deshalb auch dann vorhanden sein, wenn erfahrene Mitarbeiter nicht mehr beim PSI arbeiten; das Wissen muss entsprechend erhalten werden.

Auflage 7:

Das PSI hat dem ENSI darzulegen, mit welchen Massnahmen der Wissenserhalt und der Wissenstransfer betreffend der Versuchsverbrennungsanlage bis zum Abschluss der Rückbauarbeiten sichergestellt werden soll.

9 Sicherung

Angaben des PSI

Die VVA befindet sich innerhalb des Areals PSI-Ost, das nur über Personenschleusen mit Ausweis zugänglich ist. Die VVA wiederum gilt als Zone 0 und ist vom übrigen Areal PSI-Ost durch eine Barriere getrennt. Der Zutritt zur VVA ist also nur berechtigten Personen möglich. Das PSI legt im Stilllegungsprojekt dar, dass die Sicherung der VVA während des Rückbaus mit der Situation während des Betriebs vergleichbar sei. Allerdings existierte die Barriere in der Betriebsphase noch nicht, zudem ist das Inventar an radioaktiven Stoffen kleiner als während des Betriebs. Bezüglich Sicherung sei das Sicherheitsniveau heute also höher als seinerzeit während des Betriebs, argumentiert das PSI.

Beurteilungsgrundlagen

Art. 26 Abs. 2 lit. a im Kernenergiegesetz 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

Spezielle Sicherungsmassnahmen in einer Kernanlage sind besonders dann erforderlich, wenn sich Kernmaterialien in der Anlage befinden. Wie international in den Safeguards und in [34] beschrieben, sind dann umfassende Sicherungs- und Überwachungsmassnahmen notwendig. In der VVA befanden sich aber nie Kernmaterialien, verbrannt wurden einzig schwachaktive MIF-Abfälle.

Das ENSI schliesst sich deshalb der Argumentation des PSI an und anerkennt, dass das Sicherheitsniveau heute höher als noch während des Betriebs ist, dass der Zugang nur berechtigten Personen möglich ist und dass entsprechend beim Rückbau der VVA keine zusätzlichen Sicherungsmassnahmen notwendig sind.

10 Kosten

Der folgende Abschnitt gründet auf den Angaben des PSI in Kapitel 13 „Kosten, Finanzierung“ des Stilllegungsprojekts VVA.

Angaben des PSI

Im Stilllegungsprojekt legt das PSI dar, wieviel der Rückbau der VVA voraussichtlich kosten wird und wie die Finanzierung geregelt ist. Die Kostenschätzung basiert auf der technischen Arbeitsplanung und ist entsprechend auch auf die verschiedenen Rückbauschritte aufgeschlüsselt (Tabellen 4-3 und 4-4). Die Gesamtkosten sind in Tabelle 10-1 zusammengestellt.

Kosten [kCHF]	Personalkosten	Sachmittel	Total
Rückbaukosten	2'642	518	3'160
Konventioneller Abbruch	555	169	724
Konditionierungskosten	3'594	80	3'674
Endlagerkosten		1'315	1'315
Zwischentotal	6'791	2'082	8'873
Mehrwertsteuer 8 %	543	167	710
Total	7'334	2'249	9'583

Tabelle 10-1: Zusammenstellung der Kosten für den Rückbau der VVA nach Angaben des PSI.

Den Kostenabschätzungen hat das PSI folgende Annahmen zugrunde gelegt:

- Herstellung eines 200-l-Fasses: 15'700 CHF (1 l = 78 CHF gemäss Gebührenverordnung)
- Herstellung eines KC-T12-Behälters: 219'600 CHF (1 l = 78 CHF gemäss Gebührenverordnung)
- Endlagerkosten: 25 CHF pro Liter (Stand 2011)
- Personalkosten: Technischer Mitarbeiter 80 CHF/h, Ingenieur 155 CHF/h.

Der rund 9.6 MCHF teure Rückbau der VVA wird anteilmässig zu 2.56 % vom Bundesamt für Gesundheit (BAG) und zu 97.44 % von den Betreibern der schweizerischen Kernkraftwerke getragen³. Die Kostenabschätzung wurde sowohl von swissnuclear als auch von der deutschen NIS Ingenieurgesellschaft mbH geprüft und als realistisch beurteilt; die NIS führt im Auftrag von Swissnuclear auch die Kostenschätzung der KKW durch.

³ Gemäss einem Vertrag zwischen dem PSI, der BKW, der KKW Gösgen-Däniken AG, der KKW Leibstadt AG, den NOK mit Projektbegleitung seitens der Kernkraftwerksbetreiber durch swissnuclear betreffend einem finanziellen Beitrag an den Rückbau, den Abbruch und die Entsorgung der VVA, unterzeichnet September bis November 2009.

Beurteilungsgrundlagen

Nach Art. 27 Abs. 2 lit. f sind die Gesamtkosten sowie die Sicherstellung der Finanzierung Teil des einzureichenden Stilllegungsprojekts.

Beurteilung des ENSI

Das ENSI hat die Angaben des PSI in den Tabellen geprüft und miteinander verglichen. Demnach sind die Tabellen in sich und untereinander stimmig, die Angaben zu den Kosten stimmen auch mit den geplanten Rückbausritten überein. Die vorgesehenen Rückbautechniken entsprechen dem Stand der Technik und sind für das Projekt angemessen.

Mehr als drei Viertel der Gesamtkosten von rund 9.6 MCHF fallen durch Personalaufwendungen an. Aus den Kosten geht hervor, dass ein vier- bis fünfköpfiges temporär angestelltes Team den gesamten Rückbau der VVA vornehmen wird. Diese Zahl entspricht auch den Werten beim Rückbau des Versuchsreaktors DIORIT und hat sich in dieser Form bewährt.

Das PSI hat den Aufwand in Personen-Tagen abgeschätzt. Demnach verursachen die 3185 Personen-Tage für den Rückbau Personalkosten in der Höhe von rund 2.6 MCHF und der konventionelle Abbruch mit 810 Personentagen 0.5 MCHF. Bei einem Arbeitstag von 8 Stunden resultiert entsprechend ein durchschnittlicher Stundensatz für den Rückbau der VVA von 103.7 CHF und für den konventionellen Abbruch des Gebäudes von 85.7 CHF. In diesen Zahlen sind bereits Sicherheitsmargen von 7.5, resp. 15 Prozent enthalten (vgl. Tabellen 12-1 und 12-2). Diese Werte entsprechen den Marktpreisen (auch wenn den verwendeten Stundensätzen Angaben von 2006 zugrunde liegen) und sind vergleichbar mit jenen anderer Rückbauprojekte in der Schweiz. Das ENSI hat also keine Hinweise darauf, dass der Rückbau der VVA nicht im vorgesehenen Rahmen durchgeführt werden kann. Weil allerdings drei Viertel der Kosten Personalkosten sind, können sich Verzögerungen im Projekt rasch auf die Gesamtkosten auswirken.

Grundsätzlich haben die Kosten keine direkte sicherheitstechnische Bedeutung; sollten die Mittel aber knapp werden, könnten Stilllegungspflichtige nach Einsparmöglichkeiten zu suchen beginnen. Spätestens dann werden Kosten und Finanzierung zu einem sicherheitstechnischen Thema.

Hinweis 5:

Das ENSI empfiehlt dem PSI, den Arbeitsaufwand in der periodischen Berichterstattung an das ENSI aufzuführen und die Aufsichtsbehörde auf Abweichungen von der Personalplanung hinzuweisen. Bei Abweichungen, die über der bereits eingerechneten Sicherheitsmarge für Unvorhergesehenes liegen, soll dem ENSI dargelegt werden, wie hoch die zusätzlichen Kosten voraussichtlich ausfallen werden.

Die vom PSI erwarteten Sachkosten für den Rückbau und den konventionellen Abbruch der VVA betragen etwa einen Viertel der Gesamtkosten von rund 9.6 MCHF. Die Schätzungen des PSI sind plausibel und nachvollziehbar. Das ENSI hat keine Anhaltspunkte, dass der Kostenrahmen bei den Sachkosten nicht eingehalten werden kann. Weil aber die Menge der anfallenden radioaktiven Abfälle, die nicht freigemessen und der Endlagerung zugeführt werden müssen, nicht genau abschätzbar ist, kann es hier noch zu Abweichungen kommen. In Kapitel 6 dieses Gutachtens wird dargelegt, dass mehr radioaktive Abfälle auftreten könnten als vorgesehen. Nach Schätzungen des ENSI könnten dadurch erhebliche Mehrkosten entstehen.

Hinweis 6:

Das ENSI empfiehlt dem PSI, den Sachaufwand in der periodischen Berichterstattung an das ENSI aufzuführen und die Aufsichtsbehörde auf Abweichungen zur Planung hinzuweisen. Bei Abweichungen, die über der bereits eingerechneten Sicherheitsmarge für Unvorhergesehenes liegen, soll das ENSI informiert zu werden, wie hoch die zusätzlichen Kosten voraussichtlich ausfallen werden. Die Überprüfung der Sicherstellung der Finanzierung ist Aufgabe des BFE.

11 Gesamtbewertung

Das PSI ist der Ansicht, dass mit den eingereichten Unterlagen die Voraussetzungen zum Erlass einer Stilllegungsverfügung der Versuchsverbrennungsanlage auf dem Areal Ost des PSI erfüllt seien. Auch alle Nachforderungen des ENSI, die sich aus der Grobprüfung der Gesuchsunterlagen ergeben haben, seien erfüllt.

Das ENSI hat die vom PSI eingereichten Unterlagen zum Rückbau der Versuchsverbrennungsanlage auf dem Areal Ost des PSI eingehend geprüft und die Ergebnisse der Überprüfung in diesem vorliegenden Gutachten dargelegt. Dabei hat sich das ENSI vergewissert, dass alle für das Stilllegungsprojekt relevanten Bestimmungen des Kernenergiegesetzes, der Kernenergieverordnung, des Strahlenschutzgesetzes und der Strahlenschutzverordnung sowie die Richtlinien des ENSI und weitere Verordnungen berücksichtigt wurden. Auch hat das ENSI darauf geachtet, dass das Stilllegungsprojekt des PSI 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 einige Sachverhalte festgestellt, die weiter geklärt werden müssen. Das ENSI hat dazu Anträge für Auflagen und Hinweise abgeleitet (vgl. Kap. 12 und 13). Die zuvor gestellten Nachforderungen des ENSI, die sich aus der Grobprüfung ergeben haben [6], wurden vom PSI erfüllt. Die Hinweise haben nicht den Stellenwert von Auflagen und betreffen somit keine Sachverhalte, die für das Erlangen der Stilllegungsverfügung durch das UVEK relevant sind.

Zusammenfassend stellt das ENSI fest, dass das PSI in den Gesuchsunterlagen zur Stilllegung der Versuchsverbrennungsanlage nachvollziehbar dargelegt hat, dass der Schutz von Mensch und Umwelt vor radioaktiver Strahlung während des Rückbaus der Anlage sichergestellt werden kann, dass ein machbares Konzept für den Rückbau vorliegt und dass der Nachweis für die Entsorgung der anfallenden radioaktiven Abfälle erbracht ist.

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

12 Anträge für Auflagen

Die positive Gesamtaussage des ENSI gilt unter der Voraussetzung, dass die folgenden Auflagen in die Stilllegungsverfügung der Versuchsverbrennungsanlage aufgenommen werden.

Auflage 1:

Das PSI hat dem ENSI vor jedem Teilschritt ein Freigabegesuch zu stellen. Jeder Teilschritt beginnt mit einer ENSI-Freigabe und ist mit einem Bericht an das ENSI abzuschliessen. Dieser Abschlussbericht ist mit dem Gesuch zur Freigabe des nachfolgenden Teilschritts einzureichen.

Mit jedem Freigabegesuch für einen Rückbauschritt sind folgende Unterlagen einzureichen:

- a. *Definition des Ausgangszustands und des Endzustands im jeweiligen Teilschritt*
- b. *Detailplanung des Rückbauschriffs, bestehend aus:*
 - o *Ablaufplan inkl. Arbeitsschritte*
 - o *Einsatz neuer Techniken oder Gerätschaften, Prüfergebnisse vor deren Einsatz, Schulung des Personals (evtl. mit „mock-up-Trainings“)*
 - o *Vorgehen und Verfahren zur Inaktiv-Freimessung der anfallenden Materialien*
 - o *Konditionierung der anfallenden radioaktiven Abfälle*
- c. *Strahlenschutzmassnahmen, Strahlenschutzplanung*
- d. *Auswirkungen der Arbeiten auf die Sicherheit identifizieren, bewerten und daraus allfällige Massnahmen für Mensch und Organisation ableiten*
- e. *Personaleinsatzkonzept, Organisation, Qualitätsmanagement*

Auflage 2:

Mit den Rückbauarbeiten darf erst begonnen werden, wenn die neue Fortluftabgabestelle und die radiologische Fortluftüberwachungsanlage installiert und in Betrieb genommen worden sind. Diese Änderungen sind gemäss Art. 40 KEV freigabepflichtig.

Auflage 3:

Der quellenbezogene Dosisrichtwert für das PSI ist während den Rückbauarbeiten der Versuchsverbrennungsanlage einzuhalten. Es gilt das Abgabereglement für das PSI („Reglement für die Abgabe radioaktiver Stoffe und die Überwachung von Radioaktivität und Direktstrahlung in der Umgebung des Paul Scherrer Instituts (PSI)“).

Auflage 4:

Stilllegungsabfälle aus der Versuchsverbrennungsanlage dürfen nur dann im Gebäude Odra (DIORIT) behandelt werden, wenn solche Tätigkeiten durch eine entsprechende Bewilligung abgedeckt sind.

Auflage 5:

Das PSI hat vor Beginn der Rückbauarbeiten dem ENSI ein Konzept vorzuweisen, wie die erwarteten radioaktiven Abfälle entsorgt werden bzw. welchem vom ENSI bereits genehmigten Abfallgebindetyp sie zugeordnet werden können. Mit den Rückbauarbeiten darf erst begonnen werden, wenn für die Hauptabfallströme vom ENSI genehmigte Abfallgebindetypen existieren.

Auflage 6:

Vor dem ersten Arbeitsschritt ist dem ENSI ein aktualisiertes Organigramm vorzulegen, und es ist darzulegen, wie die Verantwortlichkeiten PSI-intern geregelt sind. Es ist weiter darzulegen, wie neue Mitarbeiter ausgebildet werden sollen, wie sie in das „System PSI“ und dessen Sicherheitskultur eingeführt werden sollen und wie mit Fehlern und dem Erkennen möglicher Gefahren umgegangen wird.

Auflage 7:

Das PSI hat dem ENSI darzulegen, mit welchen Massnahmen der Wissenserhalt und der Wissenstransfer betreffend der Versuchsverbrennungsanlage bis zum Abschluss der Rückbauarbeiten sichergestellt werden soll.

13 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 des Stilllegungsprojekts zu beachten sind und deren Erfüllung vom ENSI im Rahmen seiner sachbezogenen Aufsichtstätigkeit überprüft wird.

Hinweis 1:

Vor dem Errichten des Schwarzbereichs für Arbeiten mit Asbest soll das PSI gemäss Auskunft beim BFE einen Fachplaner beiziehen, der ein Gutachten zur Asbestsanierung erstellt und die Asbestsanierung gemäss Art. 60a der Bauarbeitenverordnung (SR 832.311.141) der Suva meldet. Vor Beginn der Rückbauarbeiten ist das Asbestkonzept von der Suva prüfen zu lassen. Das PSI informiert das ENSI über die getroffenen Massnahmen.

Hinweis 2:

Das ENSI weist darauf hin, dass die Menge radioaktiven Abfalls je nach Tiefe der eingedrungenen Kontamination stark variieren kann. Wie die Ermittlung des Aktivitätsinventars zeigte [8], finden sich in Teilen der Kaminausmauerung und der Asbestisolierung des Kamins Risse. Dies lässt darauf schliessen, dass Teile der Ausmauerung und Asbestisolierung nicht freigemessen werden könnten und als radioaktiver Abfall entsorgt werden müssten.

Hinweis 3:

Sollten kontaminierte, asbesthaltige, brennbare Abfälle beim Rückbau der VVA anfallen, ist ein entsprechendes Entsorgungskonzept zu konkretisieren und dem ENSI vorzulegen; erforderlichenfalls ist dafür ein neuer AGT zu spezifizieren.

Hinweis 4:

Das ENSI weist das PSI darauf hin, dass die beim Rückbau der Versuchsverbrennungsanlage anfallenden Abfälle genau bilanziert und deklariert werden müssen. Der Abschluss der Stilllegung kann erst dann bestätigt werden, wenn sämtliche Abfälle entsorgt worden sind.

Hinweis 5:

Das ENSI empfiehlt dem PSI, den Arbeitsaufwand in der periodischen Berichterstattung an das ENSI aufzuführen und die Aufsichtsbehörde auf Abweichungen von der Personalplanung hinzuweisen. Bei Abweichungen, die über der bereits eingerechneten Sicherheitsmarge für Unvorhergesehenes liegen, soll dem ENSI dargelegt werden, wie hoch die zusätzlichen Kosten voraussichtlich ausfallen werden.

Hinweis 6:

Das ENSI empfiehlt dem PSI, den Sachaufwand in der periodischen Berichterstattung an das ENSI aufzuführen und die Aufsichtsbehörde auf Abweichungen zur Planung hinzuweisen. Bei Abweichungen, die über der bereits eingerechneten Sicherheitsmarge für Unvorhergesehenes liegen, soll das ENSI informiert zu werden, wie hoch die zusätzlichen Kosten voraussichtlich ausfallen werden. Die Überprüfung der Sicherstellung der Finanzierung ist Aufgabe des BFE.

Brugg, 19. Dezember 2012

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI

Der Direktor



Dr. Hans Wanner

14 Referenzen

- [1] PSI: Rückbau der Versuchsverbrennungsanlage - Unterlagen zum Stilllegungsprojekt, TM-90-11-10, 06. Juli 2011.
- [2] PSI: Rückbau der Versuchsverbrennungsanlage - Umweltverträglichkeitsbericht, TM-90-11-11, 06. Juli 2011.
- [3] PSI: Brief vom 14. Juli 2011 "Unterlagen zum Stilllegungsantrag VVA an das BFE".
- [4] BFE: Brief vom 13. Oktober 2011 an das ENSI "Stilllegungsverfahren für die Versuchsverbrennungsanlage VVA am PSI".
- [5] KEV: Kernenergieverordnung vom 10. Dezember 2004 (Stand: 1. Januar 2009), SR 732.11.
- [6] ENSI: Ergebnisse der Grobprüfung der Unterlagen TM-90-11-10 des PSI, ENSI 22/937, 18. Januar 2012.
- [7] PSI: Brief vom 22. März 2012 "Antwort auf Nachforderungen aus der Grobprüfung der Unterlagen „Stilllegung der Versuchsverbrennungsanlage VVA“ (ENSI 22/927)".
- [8] PSI: Rückbau VVA: Nuklidinventar und Störfallanalyse, TM-90-12-10, 05. April 2012.
- [9] KEG: Kernenergiegesetz vom 21. März 2003 (Stand: 1. Januar 2009), SR 732.1.
- [10] StSG: Strahlenschutzgesetz vom 22. März 1991 (Stand: 1. Januar 2007), SR 814.50.
- [11] StSV: Strahlenschutzverordnung vom 22. Juni 1994 (Stand: 1. Januar 2012), SR 814.501.
- [12] EIR: Sicherheitsbericht über die Versuchs-Verbrennungsanlage (VA) für feste radioaktive Abfälle, TM-SU-141/2, 28. Januar 1974.
- [13] PSI: Verbrennungsanlage (PVA) Reparatur der Brennkammer, PSI-AN-92-96-13, 1996.
- [14] PSI: Brief des PSI vom 18. Februar 2003 "Abschaltung der Versuchsverbrennungsanlage VVA".
- [15] PSI: Rückbau und Umnutzung der Versuchsverbrennungsanlage (VVA), TM-90-06-01 Rev. 1, 2006.
- [16] PSI: Brief vom 14. März 2006 "Freigabeantrag für Rückbau und Umnutzung der Versuchsverbrennungsanlage OVAA".
- [17] BFE: Brief vom 11. Oktober 2006 ans PSI "Rückbau Verbrennungsanlage".
- [18] IAEA: Safety Requirement WS-R-5 "Decommissioning of Facilities Using Radioactive Material", 2006.
- [19] IAEA: Safety Guide WS-G-2.1 "Decommissioning of Nuclear Power Plants and Research Reactors", 1999.
- [20] IAEA: Safety Guide WS-G-2.2 "Decommissioning of Medical, Industrial and Research Facilities", 1999.
- [21] IAEA: Safety Guide WS-G-2.4 "Decommissioning of Nuclear Fuel Cycle Facilities", 2001.
- [22] WENRA: Decommissioning Safety Reference Levels Report, version 2.0, 2011.
- [23] PSI: ENSI-Jahresbericht 2008 für die Anlagen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle (AERA) der Sektion Rückbau und Entsorgung (RBE), AN-90-09-05 Rev1, 2009.
- [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] EKAS: EKAS-Richtlinie Nr. 6503 Asbest, Ausgabe vom Dezember 2008.
- [26] PSI: VASU10 „Strahlenschutzplanung“, Stand vom 30.09.2009.
- [27] PSI: Allgemeine Weisung für den Strahlenschutz am PSI, PSI AW-23-96-13, Rev. 4, 16.12.2008.
- [28] ENSI: Stilllegung VVA - Fachgespräch zu menschlichen und organisatorischen Faktoren, ENSI 22/957, 05. Juni 2012.
- [29] VAPK: Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK) vom 9. Juni 2006.
- [30] HSK: Richtlinie G07, Organisation von Kernanlagen. 2008.
- [31] ENSI: Stand der Rückbauarbeiten DIORIT, Inspektionsbericht vom 4. Juni 2012, ENSI 22/967 Rev.1, 14. August 2012.
- [32] PSI: Qualitätsmanagementhandbuch der Sektion Rückbau und Entsorgung, 2010.
- [33] PSI: Sicherheit, Gesundheitsschutz und Umweltschutz am PSI ("SGU-Weisung"); 2012.
- [34] Bayliss, C.R.L.: , Nuclear Decommissioning, Waste Management, and Environmental Site Remediation, 2003.

15 Abkürzungsverzeichnis und Glossar

AGT	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.
Axpo	Axpo Holding AG, Energiedienstleistungskonzern mit Sitz in Baden, betreibt unter anderem das KKW Beznau.
BFE	Bundesamt für Energie, verfahrensleitende Behörde bei Stilllegungs- und Entsorgungsprojekten.
BKW	BKW-FMB Energie AG, Berner Energiedienstleistungsgruppe, die unter anderem das KKW Mühleberg betreibt.
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Aufsichtsbehörde des Bundes über die Kernanlagen in der Schweiz.
HAA	Hochaktive Abfälle, darunter fallen nach Art. 51 KEV abgebrannte Brennelemente und verglaste Spaltproduktlösungen aus der Wiederaufarbeitung von abgebrannten Brennelementen. Diese Abfälle strahlen stark und haben lange Halbwertszeiten (mehrere Tausend Jahre). HAA haben eine grosse Wärmeentwicklung durch den radioaktiven Zerfall.
HSK	Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen, Vorgängerorganisation des ENSI.
IAEA	International Atomic Energy Agency, Internationale Atomenergie-Organisation mit Sitz in Wien.
KEG	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.
KEV	Kernenergieverordnung vom 10. November 2004, in Kraft seit dem 1. Februar 2005, basiert auf dem KEG.
KKW	Kernkraftwerk
MIF	Medizin, Industrie und Forschung
Mg	Mega-Gramm
Nagra	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.
NOK	Nordostschweizerische Kraftwerke AG, tritt seit dem 1. November 2009 unter dem Namen Axpo auf.
OECD	Organisation for Economic Cooperation and Development (Organisation für wirtschaftliche Entwicklung und Zusammenarbeit).

OECD/NEA	OECD Nuclear Energy Agency, halbautonome Atomenergie-Organisation innerhalb der OECD.
PSI	Paul Scherrer Institut, Forschungsinstitut des ETH-Bereichs mit rund 1500 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.
RL	Richtlinie, in Richtlinien konkretisiert das ENSI Vorgaben aus KEG und KEV.
SEFV	Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung.
SMA	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.
Sicherer Einschluss	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.
Stilllegung	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).
Stilllegungskonzept	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.
Stilllegungsplan	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.
Stilllegungsprojekt	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.

swissnuclear	Fachgruppe Kern-energie der swisselectric und setzt sich aus Vertretern der schweizerischen Stromverbundunternehmen Alpiq SA, Axpo AG, BKW FMB Energie AG, Centralschweizerische Kraftwerke und Elektrizitäts-Gesellschaft Laufenburg AG zusammen. Swissnuclear koordiniert u.a. die Kostenstudien für Stilllegung und Entsorgung.
T/L-Behälter	Transport- und Lagerbehälter, darin werden hochaktive Abfälle (abgebrannte BE, Kokillen) transportiert und so lange darin aufbewahrt, bis sie in ein geologisches Tiefenlager verbracht werden können.
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bewilligungsbehörde für Kernanlagen in der Schweiz, legt die Schweizer Energiepolitik fest.
ZZL	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.
ZWILAG	Zwischenlager Würenlingen AG, Betreiberin des ZZL.

ENSI 22/975

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