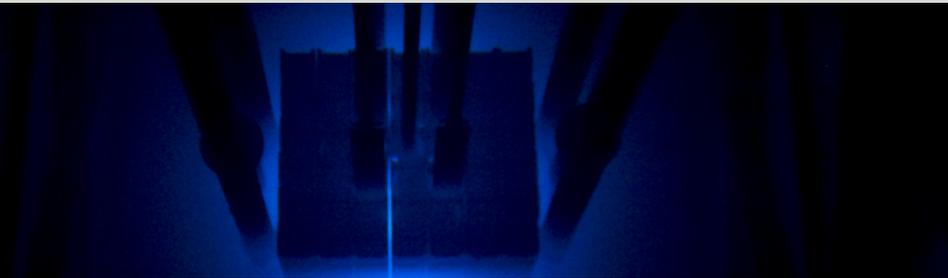




Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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



Gutachten zum Abschlussbericht Stilllegung des Reaktors AGN-211-P der Universität Basel



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

ENSI 23/1133

Gutachten zum Abschlussbericht Stilllegung des Reaktors AGN-211-P der Universität Basel

Inhalt

1	Einleitung	3
1.1	Veranlassung	3
1.2	Angaben zur Gesuchstellerin	3
1.3	Aufbau und Inhalt des Gutachtens	3
1.4	Ablauf der Gutachtenerstellung	4
2	Rechtliche Rahmenbedingungen	5
2.1	Beurteilungskriterien	5
2.2	Abgrenzung zwischen Betriebsbewilligung und Stilllegungsverfügung	5
3	Grundzüge und Zielerreichung des Stilllegungsprojekts	6
3.1	Beschreibung der Anlage	6
3.1.1	Funktionsprinzip des Forschungsreaktors	7
3.1.2	Zweck, Geschichte und Betriebsverlauf	7
3.1.3	Radiologischer Ausgangszustand	8
3.2	Erreichen des erwarteten Endzustands und aktueller radiologischer Zustand	10
3.3	Phasenkonzept und Einhaltung des Zeitplans	11
4	Wesentliche Aspekte der ausgeführten Stilllegung	14
4.1	Nukleare Sicherheit	14
4.1.1	Brandschutz	14
4.2	Nukleare Sicherung	14
4.3	Rückbau	15
4.3.1	Zusammenfassende Darstellung des Rückbaus und Erfüllung von Auflagen	15
4.3.2	Erkenntnisse und Erfahrungen aus dem Rückbau	17
4.4	Strahlenschutz	17
4.4.1	Operationeller Strahlenschutz	17
4.4.2	Zonenkonzept	19
4.4.3	Dosis des Personals	19
4.4.4	Immissionen und Abgaben radioaktiver Stoffe	21
4.5	Mensch und Organisation	22
4.5.1	Organisation	22
4.5.2	Aus- und Weiterbildung	23
4.5.3	Sicherheitskultur	24
4.5.4	Qualitätsmanagement und Managementsystem	24
4.5.5	Dokumentation	25
4.6	Entsorgung	27
4.6.1	Nachweis der Verbringung und Bilanzierung der radioaktiven Abfälle	27

4.6.2	Nachweis der Verbringung und Bilanzierung der freigemessenen Materialien	28
5	Budgetierung und Kosten	30
6	Zusammenfassung	31
6.1	Gesamtbeurteilung	31
6.2	Auflage	31
Anhang 1	Abkürzungsverzeichnis	32
Anhang 2	Gesetze, Verordnungen, Richtlinien und Regeln	33
Anhang 3	Unterlagenverzeichnis	35
Anhang 4	Abbildungsverzeichnis	37

1 Einleitung

1.1 Veranlassung

Die Universität Basel hat im Sommer 2013 die strategische Entscheidung getroffen, den Forschungsreaktor AGN-211-P endgültig ausser Betrieb zu nehmen. Sie hat das Bundesamt für Energie (BFE) mit Schreiben vom 25. August 2015 [1] über die endgültige Ausserbetriebnahme und die beabsichtigte Stilllegung informiert.

Mit Verfügung vom 13. Oktober 2015 [2] wurde die Universität Basel aufgefordert, ein Stilllegungsprojekt auszuarbeiten und den Behörden gemäss Art. 62 in Verbindung mit Art. 50 des Kernenergiegesetzes (KEG; SR 732.1) sowie der Stilllegungsverfügung des UVEK einzureichen. Dieses wurde gemäss Art. 27 KEG in Verbindung mit Art. 45 der Kernenergieverordnung (KEV; SR 732.11) von der Universität Basel erarbeitet und am 7. Februar 2017 [3] beim BFE eingereicht. Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) hat als zuständige Aufsichtsbehörde des Bundes ein Gutachten dazu erstellt [4]. Das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) verfügte am 13. Februar 2019 unter anderem auf der Grundlage dieses Gutachtens, die Stilllegungsarbeiten entsprechend dem Stilllegungsprojekt unter Berücksichtigung von 19 Auflagen [5]. Die Freigabe der einzigen Rückbauphase wurde im September 2018 beantragt [6] und im April 2019 vom ENSI verfügt [7]. Nach Vorliegen der Phasenfreigabe wurde unverzüglich mit den Rückbauarbeiten begonnen. Nach deren Abschluss beantragte die Universität Basel am 16. Juli 2020 die Aufhebung der kontrollierten Zone [8].

Die Universität Basel hat nach Erreichung des in der Stilllegungsverfügung definierten Endzustandes einen Abschlussbericht [10] gemäss Art. 48 KEV erstellt und diesen dem ENSI eingereicht. Das ENSI erstellt auf Basis dieses Abschlussberichts ein Gutachten, worin es unter anderem beurteilt, ob der erwartete Endzustand erreicht wurde und die Kernanlage gemäss Art. 29 Abs. 1 KEG keine radiologische Gefahrenquelle mehr darstellt sowie keine weiteren kernenergierechtlichen Sicherheits- und Sicherungspflichten mehr bestehen. Dabei muss sich das ENSI auch vergewissern, dass die Universität Basel alle im Stilllegungsprojekt relevanten Bestimmungen des KEG, der KEV, des Strahlenschutzgesetzes (StSG; SR 814.50) und der Strahlenschutzverordnung (StSV; SR 814.501) sowie weitere relevante Verordnungen und Richtlinien des ENSI berücksichtigt und eingehalten hat. Das ENSI reicht das Gutachten, welches eine Grundlage für die Entlassung der Kernanlage aus dem KEG bildet, dem BFE ein.

Nach der Einreichung des ENSI-Gutachtens stellt das UVEK, gestützt auf Art. 29 Abs. 1 KEG, bei Vorliegen der Voraussetzungen mit Verfügung fest, dass der Forschungsreaktor AGN-211-P keine radiologische Gefahrenquelle mehr darstellt, die Stilllegungsarbeiten ordnungsgemäss abgeschlossen wurden und somit die Kernanlage nicht mehr dem KEG untersteht.

1.2 Angaben zur Gesuchstellerin

Der Kanton Basel-Stadt ist der Eigentümer des Forschungsreaktors AGN-211-P und trägt die Verantwortung für die Stilllegung der Anlage. Das Departement Physik der Universität Basel ist seit der Inbetriebnahme im Jahr 1959 für den Reaktorbetrieb verantwortlich. Die Universität Basel (Gesuchstellerin) weist mit ihrem Abschlussbericht [10] nach, dass aus ihrer Sicht alle technischen und rechtlichen Anforderungen für die Entlassung aus dem KEG erbracht sind, und dass von der Anlage keine radiologische Gefahr mehr ausgeht.

1.3 Aufbau und Inhalt des Gutachtens

Kap. 1 des vorliegenden Gutachtens enthält allgemeine Angaben zur Gesuchstellerin, zu den eingereichten Gesuchsunterlagen, zum Verfahren sowie zur Gutachtenerstellung.

In Kap. 2 werden die allgemeinen Beurteilungskriterien, die das ENSI bei der Bewertung der Angaben der Gesuchstellerin berücksichtigt hat, dargelegt.

Kap. 3 beschreibt die Ziele und Grundzüge sowie die Zielerreichung der Stilllegung ausgehend von der Beschreibung der Anlage über das angewandte Phasenkonzept bis hin zu den Arbeitsschritten während des Rückbaus.

Kap. 4 thematisiert die wesentlichen Aspekte der abgeschlossenen Stilllegung und orientiert sich dabei am Aufbau des Gutachtens zum Stilllegungsprojekt [4] sowie der Phasenfreigabe [7]. Dabei werden die für den Abschluss der Stilllegung relevanten Aspekte des Rückbaus, des Strahlenschutzes, der menschlichen und organisatorischen Faktoren sowie der Entsorgung radioaktiver Abfälle bewertet.

Kap. 5 ist eine Stellungnahme zu den Gesamtkosten des Rückbaus ohne Bewertung.

Kap. 6 beinhaltet eine Gesamtbewertung des ENSI zu den wesentlichen Aspekten sowie eine abschliessende Aussage zum erreichten Endzustand.

Diejenigen Kapitel, in welchen das ENSI die Angaben der Universität Basel beurteilt, sind wie folgt strukturiert:

- zusammenfassende Sachverhaltsdarstellung aus Sicht der Universität Basel («Angaben der Gesuchstellerin»);
- Auflistung der angewandten Beurteilungsgrundlagen («Beurteilungsgrundlagen»);
- Stellungnahme des ENSI («Beurteilung durch das ENSI»), ggf. mit Auflagenanträgen für die Entlassung aus dem KEG.

Als Auflagenanträge werden Pflichten des Bewilligungsinhabers aufgeführt, die dieser nach der Entlassung aus dem KEG zu erfüllen hat. Das ENSI beantragt dem UVEK die Aufnahme eines Auflagenantrags in die Entlassungsfeststellung betreffend Abschluss der Stilllegung. Er ist im Gutachten *kursiv hervorgehoben*.

1.4 Ablauf der Gutachtenerstellung

Die Überprüfung der Gesuchsunterlagen der Universität Basel durch das ENSI und der Ablauf der Gutachtenerstellung umfassten die folgenden Schritte:

1. Einreichung des Abschlussberichts zur Stilllegung für den Reaktor AGN-211-P;
2. Vollständigkeitsprüfung des Abschlussberichts;
3. Detailprüfung der Unterlagen;
4. Erstellung der Gutachtenbeiträge: Prüfung und Zusammenfassung der Angaben, Darlegung der Beurteilungsgrundlagen sowie fachliche Beurteilung durch die zuständigen Fachsektionen des ENSI;
5. Zusammenführen der Gutachtenbeiträge zu einem Gutachtenentwurf und Redigieren des Entwurfs. Sichtung und Kommentierung des Gutachtenentwurfs durch die Geschäftsleitung des ENSI mit der Feststellung, ob der erwartete Endzustand erreicht ist und die Kernanlage kein radiologisches Gefährdungspotenzial mehr darstellt und dass keine weiteren kernenergierechtlichen Sicherheits- und Sicherungspflichten bestehen.
6. Zustellung des Gutachtenentwurfs an die Universität Basel zur Prüfung, ob die Angaben der Universität Basel im Gutachtenentwurf des ENSI korrekt zitiert bzw. zusammengefasst wurden und Zustellung des Entwurfs an das BFE zur Information;
7. Prüfung, Bewertung und ggf. Berücksichtigung der Kommentare der Universität Basel;
8. Schlussredaktion, Druck und Versand des ENSI-Gutachtens.

2 Rechtliche Rahmenbedingungen

2.1 Beurteilungskriterien

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

- das Kernenergiegesetz vom 21. März 2003;
- die Kernenergieverordnung vom 10. Dezember 2004;
- das Strahlenschutzgesetz vom 22. März 1991;
- die Strahlenschutzverordnung vom 26. April 2017.

Als weitere Beurteilungsgrundlage für die Begutachtung dienen die Richtlinien des ENSI sinngemäss. Insbesondere kommt bei der Stilllegung die Richtlinie ENSI-G17 zur Anwendung.

Die konkreten Beurteilungsgrundlagen sind in den einzelnen Kapiteln dieses Gutachtens spezifiziert. Die Liste der Gesetze, der Verordnungen und der sinngemäss anzuwendenden Richtlinien befindet sich in Anhang 2 des Gutachtens.

Die Kernenergiegesetzgebung umschreibt die Stilllegungspflichten des Betreibers, die vom Gesuchsteller zum Stilllegungsprojekt einzureichenden Unterlagen, das für den Erlass der Stilllegungsverfügung massgebende Verfahren sowie den Inhalt der Stilllegungsverfügung. In der Stilllegungsverfügung werden die Stilllegungsarbeiten angeordnet. Die Stilllegungspflichtigen haben nach Erreichung des in der Stilllegungsverfügung definierten Endzustandes, d. h. nach Abschluss der Freimessung der Kernanlage, einen Abschlussbericht zu erstellen und diesen dem ENSI einzureichen.

Grundsätzlich sind während der Stilllegung die im Betrieb von Kernanlagen anwendbaren Bestimmungen der Kernenergie- und Strahlenschutzgesetzgebung zu beachten. Insbesondere gelten die in Art. 22 und 24 KEG vorgesehenen Pflichten des Bewilligungsinhabers bis zum Abschluss der Stilllegung sinngemäss weiter. Auch die für den Betrieb geltende Verordnung vom 9. Juni 2006 über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK; SR 732.143.1) gilt für die Stilllegung sinngemäss weiter, soweit dies mit Blick auf das abnehmende Gefährdungspotenzial und dem Abschluss der Rückbauarbeiten notwendig ist.

2.2 Abgrenzung zwischen Betriebsbewilligung und Stilllegungsverfügung

Die Lebensdauer einer Kernanlage lässt sich in vier Phasen unterteilen: Planung (Rahmenbewilligung), Bau (Baubewilligung), Betrieb (Betriebsbewilligung) und Stilllegung (Stilllegungsverfügung). Jede Phase kennt ihr eigenes «Bewilligungsregime», das heisst, sie basiert auf einer eigenen Bewilligung bzw. Verfügung, welche die jeweilige Phase umfassend regelt. Das KEG geht von einer lückenlosen Abfolge dieser Bewilligungsregime aus.

Die endgültige Ausserbetriebnahme (EABN) war im Falle des Forschungsreaktors AGN-211-P der Zeitpunkt, an dem der Kernbrennstoff aus der Kernanlage entfernt wurde. Die Anlage befand sich anschliessend im Nachbetrieb. Der Nachbetrieb endete mit der Rechtswirksamkeit der Stilllegungsverfügung im April 2019. Mit dem in diesem Gutachten bewerteten Abschlussbericht weist die Universität Basel nun nach, dass alle technischen und rechtlichen Anforderungen für die Entlassung aus dem KEG erbracht sind und die Anlage nicht mehr der Aufsicht des ENSI untersteht.

3 Grundzüge und Zielerreichung des Stilllegungsprojekts

Im Stilllegungsprojekt [3] hat die Universität Basel das Stilllegungsziel definiert: Entlassung der Anlage aus der Kernenergiegesetzgebung und anderweitige, konventionelle Weiternutzung der Räumlichkeiten des ehemaligen Reaktors im Physikalischen Institut der Universität. Der Rückbau wurde in einer Stilllegungsphase (SP) durchgeführt, in der die Komponenten und Strukturen des Reaktors demontiert und zerlegt wurden. Die SP endete mit dem Freimessen der Baustrukturen und der Aufhebung der kontrollierten Zone.

Sowohl beim Gutachten zum Stilllegungsprojekt als auch bei der Freigabe der SP hat das ENSI die Unterlagen der Universität Basel nach folgenden übergeordneten Aspekten bewertet:

- Nukleare Sicherheit
- Nukleare Sicherung
- Rückbau
- Strahlenschutz
- Mensch und Organisation
- Entsorgung

Zur besseren Übersicht und Verfolgbarkeit der Auflagen und Forderungen des ENSI wird dieselbe Struktur auch in diesem Gutachten angewandt, auch wenn zur nuklearen Sicherheit und zur nuklearen Sicherung im Abschlussbericht keine Aussagen mehr gemacht werden müssen; das ENSI nimmt deswegen zu diesen beiden Aspekten im Gutachten nur kurz Stellung. Damit ist aber sichergestellt, dass alle Auflagen und Forderungen des ENSI im Verlauf der Stilllegung berücksichtigt und umgesetzt wurden und dass dies nachvollziehbar und vollständig festgehalten ist.

Gemäss Art. 48 KEV muss die Universität Basel in einem Abschlussbericht darlegen, dass die Anlage gemäss Art. 29 Abs. 1 KEG keine radiologische Gefahrenquelle mehr darstellt und somit nicht mehr der Kernenergiegesetzgebung untersteht. Der Nachweis zur Erreichung des Stilllegungsziels ist damit die wichtigste Aufgabe, die ein Abschlussbericht erfüllen muss. Zudem sollen die Erfahrungen aus dem Rückbau in «Lessons learned» festgehalten werden und der Nachweis über die entstandenen Abfälle und deren Verbringung muss erbracht sein.

3.1 Beschreibung der Anlage

Der Forschungsreaktor befand sich an der Universität Basel im Keller des Physikalischen Departements an der Klingelbergstrasse 82. Der ehemalige Reaktorraum erstreckt sich über zwei Geschossebenen (Raum U221 im 2. Untergeschoss und Raum U121 im 1. Untergeschoss).



Abbildung 3-1: Zustand der Anlage vor Rückbaubeginn. Zu sehen sind der Reaktorblock mit eingelassenem Wassertank, die Steuerstabantriebe und das Kommandopult.

3.1.1 Funktionsprinzip des Forschungsreaktors

Der Forschungsreaktor AGN-211-P war ein Leichtwasser-Reaktor vom Swimming-Pool-Typ mit einer Maximalleistung von 2 kW. Der nach oben offene Tank war eine verstreute Aluminiumkonstruktion mit einer Wandstärke von 12 mm, innen mit einem Araldit-Glasfaseranstrich beaufschlagt. Die Aussenwände des Tanks waren mit 5 mm starken PVC-Platten belegt. Der Tank war während des Betriebs mit 8 m³ voll entsalztem Wasser gefüllt, üblicherweise bis 18 cm unterhalb des oberen Tankrandes.

Um den Tank schloss sich eine Betonabschirmung an. Die Nord- und die Westseite hatten eine ca. 1 m mächtige Barytbetonabschirmung (auf der Westseite aus Fertigteilblöcken bestehend). Die Ost- und die Südseite bestanden aus Normalbeton, der an die Kellerwand gegossen wurde. Die Gitterplatte des Kerns, die Antriebe der Kontrollstäbe, die Neutronenzähler und die Bestrahlungskanäle waren auf einer verfahrbaren Stahlträgerbrücke montiert, welche sich auf dem Tankrand abstützte.

3.1.2 Zweck, Geschichte und Betriebsverlauf

Der Forschungsreaktor AGN-211-P wurde im Jahr 1958 zu Ausbildungszwecken gekauft. Er wurde 1959 in Betrieb genommen und ursprünglich mit Brennelementen aus Polyethylen mit fein dispergiertem Uran in Oxidform betrieben. Die Leistung wurde damals auf 100 W (thermisch) festgelegt.

Nach Einführung des Bundesgesetzes über die friedliche Verwendung der Atomenergie wurde per 1. Juli 1960 eine Betriebsbewilligung erteilt. Im Jahr 1961 wurden die Brennelemente gegen Metallplattenelemente mit 90 % angereichertem Uran getauscht, um der Freisetzung von Kernspaltungs-Edelgasprodukten und dem Absinken der maximalen Überschussreaktivität entgegenzuwirken. Die Betriebsbewilligung wurde am 31. Oktober 1961 für eine thermische Nennleistung von 2 kW ausgestellt.

Am 20. April 1985 wurde die Erhöhung der wöchentlichen integrierten thermischen Leistung von 10 kWh auf 30 kWh bewilligt. Bis 2013 sind am Reaktor über 1000 Studierende der Physik und der Chemie mit der Messung, Anwendung und Handhabung von Radioaktivität ausgebildet worden. Am 31. Oktober 2013 wurde der Forschungsreaktor das letzte Mal betrieben.

Im Juli 2015 wurden die Brennelemente in die USA abtransportiert.

Am 25. August 2015 beantragte die Universität Basel die endgültige Ausserbetriebnahme der Anlage. Das ENSI stimmte der endgültigen Ausserbetriebnahme am 13. Oktober 2015 zu und verfügte die Ausarbeitung des Stilllegungsprojekts. Dieses reichte die Universität Basel am 7. Februar 2017 ein.

Das UVEK erliess am 13. Februar 2019 die Stilllegungsverfügung mit 19 Auflagen. Nachdem das ENSI die SP im April 2019 freigegeben hatte, wurde der Rückbau unverzüglich an die Hand genommen und konnte im Dezember 2019 beendet werden.

Nach Freimessarbeiten der Räumlichkeiten beantragte die Universität Basel am 16. Juli 2020 die Aufhebung der kontrollierten Zone auf Basis der eingereichten Dokumentation [8]. Mit Schreiben vom 23. September 2020 hat das ENSI die Kontaminationsfreiheit bestätigt und der Aufhebung der kontrollierten Zone zugestimmt [9].

Am 18. November 2020 reichte die Universität Basel dem ENSI einen Entwurf des Abschlussberichts ein, den das ENSI einer Grobprüfung unterzogen hat und das Resultat der Universität Basel mit Schreiben [12] vom 21. Dezember 2020 mitgeteilt hat. Noch im Dezember 2020 reichte die Universität Basel den revidierten Abschlussbericht [10] beim ENSI ein, der für dieses Gutachten ausschlaggebend ist.

3.1.3 Radiologischer Ausgangszustand

In Kap. 2.1 des Abschlussberichts stellt die Universität Basel den Ausgangszustand der Anlage vor Beginn der Rückbautätigkeiten dar.

Angaben der Gesuchstellerin

Im Rahmen der Betriebsbewilligung wurden folgende Arbeiten ausgeführt, aus denen sich der Ausgangszustand der Anlage ergibt:

- Die Brennelemente wurden rückgeführt.
- Die Abluftanlage wurde angepasst und Abluffilter montiert.
- Die elektrische Versorgung inklusive Beleuchtung usw. wurden vorbereitet.
- Die Fortluftmessstelle wurde installiert und in Betrieb genommen.
- Der Reaktorraum wurde vollständig ausgeräumt.
- Der Reaktortank wurde entleert.
- Die Bühne wurde erweitert und um einen Treppenabgang erweitert.
- Steuerinstrumentierung, Messinventar und Versorgungseinrichtungen wurden demontiert.

Aus diesem kontaminationsfreien Zustand heraus sollte die Anlage soweit zurückgebaut werden, dass sie aus der Kernenergiegesetzgebung entlassen werden kann.

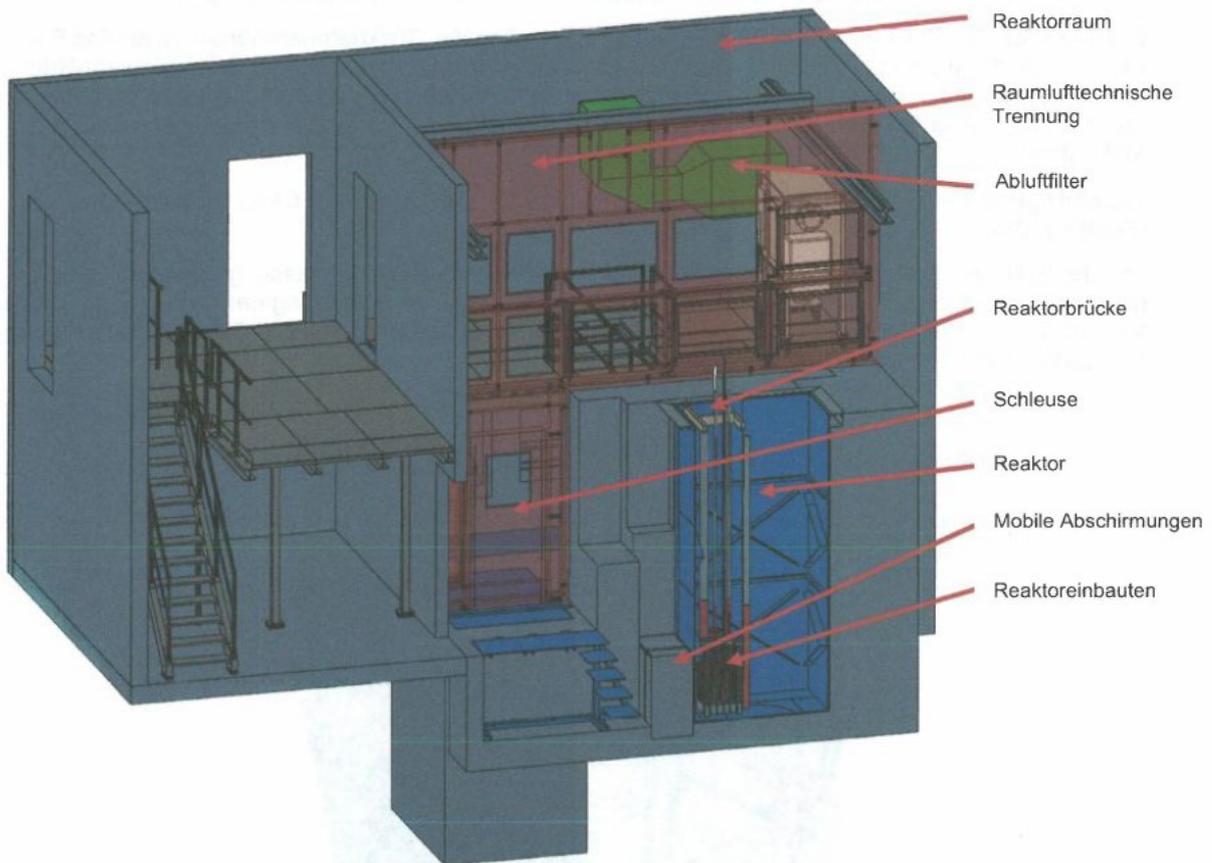


Abbildung 3-2: Modellhafte Darstellung der Anlage zu Beginn der Stilllegung. Auf der Abbildung sind bereits die für den Rückbau benötigten Hilfseinrichtungen dargestellt, wie die Lüftungsanlage und die raumlufttechnische Trennung.

Beurteilungsgrundlagen

Kap. 4.5 und Anhang 3 Bst. a Richtlinie ENSI-G17

Beurteilung durch das ENSI

Kap. 4.5 der Richtlinie ENSI-G17 verlangt, dass spätestens nach der EABN die gesamte Anlage auf der Basis von Systembewertungen unter Berücksichtigung von aktuellen nuklidspezifischen Analysen, Kontaminations- und Dosisleistungsmessungen sowie der Betriebsgeschichte einschliesslich der relevanten Vorkommnisse umfassend radiologisch zu charakterisieren ist. Die Ergebnisse dieser Charakterisierung müssen dokumentiert werden. Diesen Anforderungen ist die Universität Basel nach dem Entfernen der Brennelemente und dem Reaktorwasser mit Probenahme- und Messprogrammen sowie Aktivierungsrechnungen nachgekommen. Dabei wurde der Nachweis erbracht, dass die Anlage bis auf Aktivierungen in kernnahen Bauteilen zu Beginn der Rückbauarbeiten kontaminationsfrei war. Das Gesamtinventar in der Anlage, das ausschliesslich in gebundener Form vorlag, betrug weniger als 1 GBq. Der in Kap. 5.5 der Richtlinie ENSI-G17 geforderte aktualisierte Sicherheitsbericht hat die Universität Basel mit dem Freigabeantrag zur SP dem ENSI eingereicht.

Die unter der Betriebsbewilligung ergriffenen vorbereitenden Massnahmen, wie die Anpassung der Lüftungsanlage und die vollständige Räumung des Reaktorraums, waren aus Sicht des ENSI angemessen und erleichterten die späteren Rückbauarbeiten.

3.2 Erreichen des erwarteten Endzustands und aktueller radiologischer Zustand

In den Kap. 2.2.1 und 4 des Abschlussberichts wird die Erreichung des erwarteten Endzustands beschrieben. Der aktuelle radiologische Zustand wird in Kap. 5 des Abschlussberichts dargestellt.

Angaben der Gesuchstellerin

Das Ziel der Stilllegung ist die Entlassung aus der Kernenergiegesetzgebung. Das Stilllegungsprojekt umfasst den Rückbau des ehemaligen Forschungsreaktors; die umgebenden Gebäudestrukturen des Physikalischen Departements sollen erhalten bleiben und nach abgeschlossener Stilllegung der Universität Basel zur freien Nutzung zur Verfügung stehen. Wesentliche Voraussetzung für die uneingeschränkte Weiternutzung der Räumlichkeiten ist daher der Nachweis, dass von den Räumlichkeiten bzw. von den Reststrukturen keine radiologische Gefahr mehr ausgeht.

Der von der Universität Basel geplante Endzustand nach Abschluss der Stilllegung wird im Stilllegungsprojekt Kap. 7.1.3 beschrieben. Im Wesentlichen umfasst dies den folgenden Zustand:

- Vollständige Entfernung der künstlichen Aktivität:
 - Entfernen von aktivierten Materialien
 - gegebenenfalls Dekontamination
- Ausbau der Reaktorkomponenten:
 - Reaktoreinbauten
 - Reaktortank
 - aktivierte Betonstrukturen

Im Reaktorraum verbleiben nach Abschluss der Stilllegung:

- Reststruktur des Betons
- Bühnen
- Grubenabdeckungen
- Abklingtank
- Krananlagen

Die wesentlichen Arbeiten der Stilllegung wurden wie geplant durchgeführt und der erwartete Endzustand erreicht. Der Reaktorraum wurde nahezu vollständig geräumt, es befinden sich dort lediglich noch die Bühne, die Grubenabdeckungen und die Abluftanlage. Der Forschungsreaktor wurde mechanisch zerlegt, die Abbruchmaterialien triagiert und freigemessen bzw. entsorgt. Die umgebende aktivierte Betonstruktur wurde mechanisch abgetragen. Es verbleiben keine aktivierten Strukturen oberhalb der Freigabewerte. Die Gebäudestrukturen wurden gemäss dem im Rahmen der Freigabe zur SP [7] eingereichten Verfahren freigemessen. Dem Antrag auf Aufhebung der kontrollierten Zone [11] wurde zugestimmt [9]. Die Anlage ist somit kontaminationsfrei, aktivierte Strukturen bleiben keine zurück.



Abbildung 3-3: Zustand des ehemaligen Reaktorraums nach Abschluss der Rückbauarbeiten.

Beurteilungsgrundlagen

Art. 24, 83 und 106 StSV

Richtlinie ENSI-B04

Beurteilung durch das ENSI

In der Stilllegungsverfügung [5] wurde folgende Auflage formuliert:

Auflage 3.10: Die Kernanlage AGN-211-P kann erst nach erfolgter Freimessung der kontrollierten Zone aus der Kernenergiegesetzgebung entlassen werden. Der von der Universität Basel einzureichende Abschlussbericht nach Art. 48 KEV muss einen Nachweis gemäss Art. 83 Abs. 2 StSV über die Dekontaminationsmassnahmen und Messungen enthalten. Die Messungen müssen zeigen, dass nach der Entlassung aus der Kernenergiegesetzgebung keine radiologische Gefährdung für das Personal und die Bevölkerung ausgeht. Damit der Antrag auf Freigabe des Abschlussberichts ohne Verzögerung bearbeitet werden kann, soll die Universität Basel das detaillierte Vorgehen beider Freimessung von ganzen Gebäuden oder Raumbereichen vorab mit den Anforderungen des ENSI abgleichen.

Das ENSI hat im Rahmen einer Inspektion [13] die Ausführung des Freimessverfahrens der Gebäudestrukturen überprüft. Die angewendeten Messmethoden stimmten mit dem im Rahmen der Freigabe zur SP [7] freigegebenen Freimesskonzept überein. Die eingereichten Unterlagen [14] bewertete das ENSI als vollständig. Die Messergebnisse wurden systematisch dokumentiert und die Messunsicherheiten adäquat berücksichtigt. Der Nachweis der Einhaltung der Befreiungskriterien aus Art. 106 StSV wurde nachvollziehbar und eindeutig belegt. Anhand der durchgeführten Kontrollmessungen konnte das ENSI keine Abweichungen zu den gesetzlichen Vorgaben feststellen.

Aufgrund dieser Beurteilung stimmte das ENSI der Aufhebung der kontrollierten Zone sowie der konventionellen Verwendung der Räumlichkeiten zu anderen Zwecken im Sinne des Art. 83 Ziff. 3 StSV zu [9]. Damit stellte das ENSI auch fest, dass der erwartete Endzustand erreicht wurde und von den Räumlichkeiten bzw. Reststrukturen keine radiologische Gefahr mehr ausgeht.

3.3 Phasenkonzept und Einhaltung des Zeitplans

Im Abschlussbericht werden die Rückbauphase in Kap. 2.2.2 beschrieben, die zeitliche Planung in Kap. 2.2.3 und die erfolgte Umsetzung des Terminplans in Kap. 4.3; Abweichungen zwischen Planung und Ist-Stand sind in Kap. 2.4 erläutert.

Angaben der Gesuchstellerin

Aufgrund der Anlagengrösse und des Umfangs der durchzuführenden Arbeiten hat die Universität Basel auf eine Stilllegung in mehreren Phasen verzichtet. Eine Stilllegung in mehreren Phasen hätte zudem die

Beantragung jeder Phase im Rahmen eines gesonderten Freigabeantrags erfordert, was nach Ansicht der Universität Basel in keinem Verhältnis zum Umfang der durchzuführenden Arbeiten gestanden hätte.

Die SP wurde in drei Arbeitsschritte unterteilt:

- Schritt 1: Demontage und Zerlegung
- Schritt 2: Freimessen der Baustrukturen
- Schritt 3: Erstellen des Abschlussberichts und Entlassung aus dem KEG

Die SP beginnt mit der Demontage und Zerlegung von aktivierten Komponenten und Strukturen und endet nach dem Freimessen der Gebäudestrukturen mit der Entlassung aus dem KEG. Die Phasenfreigabe wurde im September 2018 beantragt und im April 2019, nach Vorliegen der Stilllegungsverfügung, durch das ENSI erteilt. Nach Vorliegen der Phasenfreigabe wurde unverzüglich mit dem Rückbau begonnen.

- Schritt 1 wurde mit dem letzten Radioaktivtransport im Dezember 2019 beendet.
- Schritt 2 wurde mit den letzten Freimessungen der Gebäudestruktur im Mai 2020 beendet.
- Schritt 3 wird mit Entlassung aus dem KEG, auf Basis des Abschlussberichts, beendet.

Die ursprüngliche Planung sah den Abschluss der SP – und damit die Entlassung aus dem KEG – in der zweiten Hälfte 2020 vor (vgl. Abb. 3-4).

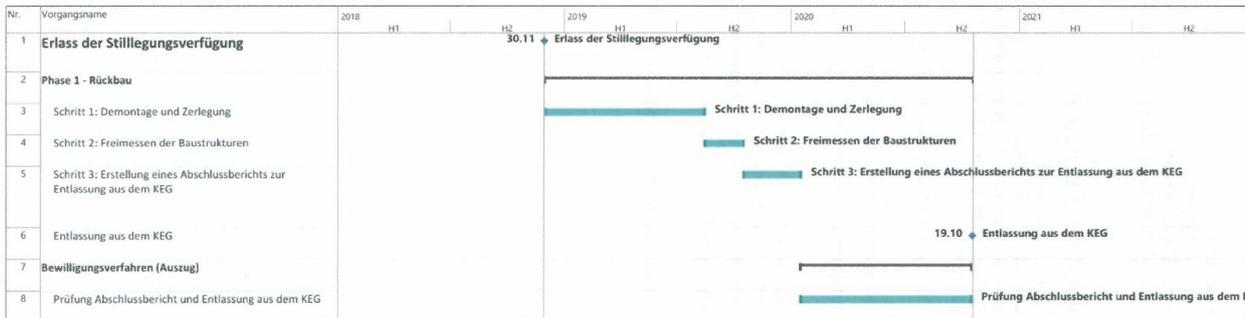


Abbildung 3-4: Rahmenterminplan bei Einreichung des Stilllegungsprojekts 2017.

Der Ist-Stand des Terminplans ist in Abb. 3-5 dargestellt. Die Arbeiten zum Rückbau begannen mit einem zeitlichen Verzug von ca. 5 Monaten, da sich die Erteilung der Stilllegungsverfügung und der Phasenfreigabe gemäss Universität Basel verzögerte. Die Arbeiten zum Freimessen der Gebäudestruktur wurden zusätzlich durch die Covid-19-Pandemie um ca. weitere 3 Monate aufgrund des Lockdowns unterbrochen.

Die Stilllegung des ehemaligen Forschungsreaktors verlief planmässig, ohne Zwischenfälle und Vorkommnisse. Die Freimessarbeiten selbst wurden zügig innerhalb des geplanten zeitlichen Rahmens durchgeführt.

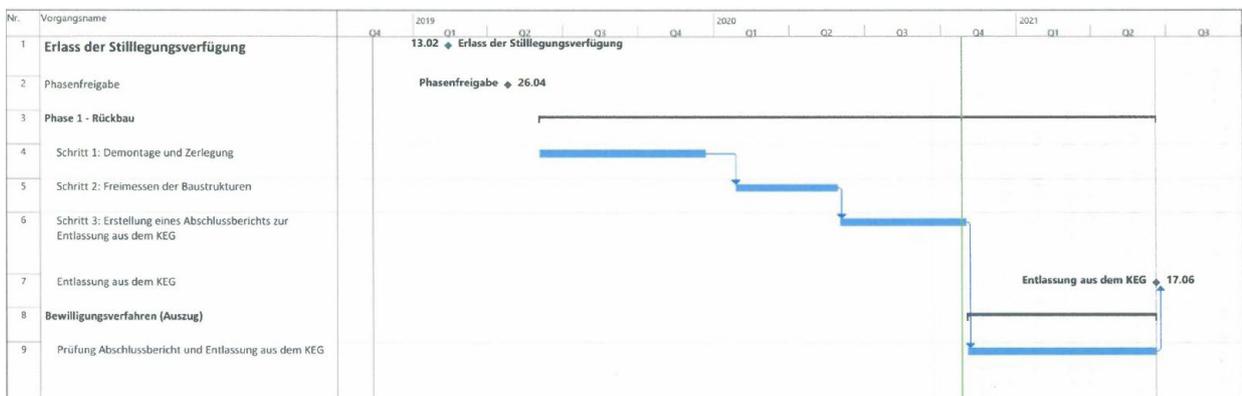


Abbildung 3-5: Rahmenterminplan bei Einreichung des Abschlussberichts 2020.

Beurteilungsgrundlagen

Art. 27 Abs. 2 Bst. a KEG

Art. 45 Bst. a KEV

Kap. 4.1 und 5.4.1 Richtlinie ENSI-G17

Beurteilung durch das ENSI

Das von der Universität Basel gewählte Vorgehen mit nur einer SP ist aus Sicht des ENSI sinnvoll und der Grösse und dem Gefährdungspotenzial der Anlage angemessen und entspricht gängigen internationalen Vorgehensweisen bei ähnlichen Anlagen. Wie bereits im Gutachten zum Stilllegungsprojekt [4] festgestellt, ist auch die Unterteilung in drei Rückbauschritte sinnvoll.

Der zeitliche Rahmen für die Ausführung der jeweiligen Arbeiten in den einzelnen Rückbauschritten der SP konnte jeweils plangemäss eingehalten werden. Die Abweichung des Ist-Stands gegenüber der Planung ist zum einen auf den Lockdown in der ersten Welle der Covid-19-Pandemie zurückzuführen, weshalb die Freimessarbeiten für rund 3 Monate unterbrochen werden mussten. Zum anderen wurden die behördlichen Bearbeitungszeiten sowohl für die Erstellung des Gutachtens für das Stilllegungsprojekt [4] und die Stilllegungsverfügung durch das UVEK [5] als auch für die Erteilung der Phasenfreigabe durch das ENSI [7] unterschätzt. Grundsätzlich beurteilt das ENSI die zeitliche Planung der Arbeiten als zutreffend, wie deren Umsetzung gezeigt hat. Die Zeitplanung der Universität Basel war also angemessen und realistisch.

4 Wesentliche Aspekte der ausgeführten Stilllegung

4.1 Nukleare Sicherheit

4.1.1 Brandschutz

In diesem Kap. bewertet das ENSI die Angaben in Kap. 3.10.3 des Abschlussberichts.

Angaben der Gesuchstellerin

Der Reaktorraum bildet einen eigenen Brandabschnitt. Aufgrund der für die Demontagearbeiten installierten raumlufftechnischen Trennung hat die Universität Basel zusätzliche Brandmelder in die vorhandene Brandmeldeanlage aufgenommen. Durch diese Massnahme wurde das bestehende Brandschutzkonzept eingehalten.

Beurteilungsgrundlagen

Für den Brandschutz die Richtlinie HSK-R-50 sowie allgemein für die nukleare Sicherheit:

Art. 8, 22, 23 KEV, Art. 41 Abs. 1 KEV, Art. 45 Bst. d KEV

Art. 123 StSV

Richtlinien ENSI-A08, ENSI-G14 und ENSI-G17

Beurteilung des ENSI

Zum Brandschutz und zu den Fluchtwegen hat die Universität Basel Dokumentationen zum Stilllegungsprojekt eingereicht sowie aktualisierte Angaben im Sicherheitsbericht zur SP. Das ENSI hat die Angaben in seiner Freigabe zur SP als ausreichend bewertet. Während der Rückbauarbeiten hat sich das Brandschutzkonzept als zweckmässig erwiesen; die Anforderungen an den Brandschutz wurden eingehalten.

Weitere Aspekte der nuklearen Sicherheit mussten im Abschlussbericht zur Stilllegung AGN-211-P nicht behandelt werden. Im Stilllegungsprojekt und im Freigabeantrag zur SP musste die Universität Basel die nukleare Sicherheit in einem Sicherheitsbericht [15] nachweisen.

Zu Beginn der SP mussten die beiden Schutzziele «Einschluss radioaktiver Stoffe» und «Begrenzung der Strahlenexposition» eingehalten werden. Das während der Stilllegung noch in der Anlage befindliche Aktivitätsinventar wurde hauptsächlich durch fest in die Struktur eingebundene Materialien bestimmt. Weder im Gutachten noch in der Freigabe der SP hatte das ENSI zum Aspekt der nuklearen Sicherheit ergänzende Forderungen.

Somit stellt mit Abschluss der SP die Anlage keine radiologische Gefahrenquelle mehr dar und die Anforderungen an die Einhaltung der Schutzziele entfallen. Es werden keine weiteren Anforderungen an die nukleare Sicherheit gestellt.

4.2 Nukleare Sicherung

In diesem Kapitel bewertet das ENSI die Angaben in Kap. 3.10.1 des Abschlussberichts.

Angaben der Gesuchstellerin

Die Anlagensicherung wurde mit der Stilllegungsverfügung aufgehoben. Für die kontrollierte Zone besteht gemäss Betriebsreglement eine Zutrittskontrolle.

Beurteilungsgrundlagen

Art. 9 KEV, Anhang 2 KEV

Richtlinie ENSI-G17

Stellungnahme des ENSI

Die nukleare Sicherung dient dem Schutz von Kernanlagen und Kernmaterialien vor Sabotage, gewaltsamer Einwirkung oder Entwendung und muss auf einer in die Tiefe gestaffelten Abwehr beruhen, welche bauliche, technische, organisatorische, personelle und administrative Massnahmen beinhaltet. Nach Abtransport der Brennelemente und dem Transfer der in der Anlage verbliebenen Quellen in den Aufsichtsbereich des BAG im Oktober 2015, wurden die Objektsicherungsmassnahmen mit Zustimmung des ENSI im Dezember 2015 auf einen kontrollierten Zutritt reduziert [15]. Dabei wurde auch festgehalten, dass der kontrollierte Zutritt gemäss Art. 58 StSV bis zum Abschluss der Stilllegung ausreichend ist.

Mit der Auflage 4 der UVEK-Verfügung zum Stilllegungsprojekt wurden die Sicherungsmassnahmen schliesslich ganz aufgehoben.

Es werden keine weiteren Anforderungen an die Sicherung gestellt.

4.3 Rückbau

In diesem Kapitel bewertet das ENSI die Planung und Durchführung des Rückbaus, wie in den Kap. 3.3, 3.5, 3.6, 3.7, 3.11 und 9 des Abschlussberichts dargelegt.

4.3.1 Zusammenfassende Darstellung des Rückbaus und Erfüllung von Auflagen

4.3.1.1 Demontageablauf, gewählte Technik und Vorkommnisse

Angaben der Gesuchstellerin

Schritt 1 der SP umfasste die Demontearbeiten. Der Rückbau wurde vollständig manuell mit Handwerkzeugen durchgeführt.

Die Demontage und Zerlegung der aktivierten Komponenten und Strukturen umfasste:

- mobile Abschirmungen (sofern aktiviert);
- Reaktoreinbauten und -brücke;
- den Reaktortank; und
- aktivierte Teile der Betonstruktur um den Reaktortank.

Es wurde ein lüftungstechnisch vom restlichen Reaktorraum abgetrennter Demontagebereich mit separatem Zugang innerhalb der kontrollierten Zone eingerichtet. Alle Demontage- und Zerlegarbeiten wurden innerhalb dieses Bereichs durchgeführt, um eine Kontaminationsausbreitung zu verhindern. Der zuvor beprobte Reaktortank wurde zerspanend zerlegt. Aktivierte Betonstrukturen wurden grösstenteils durch trocken ausgeführte Kernlochbohrungen zerlegt. Um Kontaminationsausbreitung zu verhindern, wurde direkt an der Bohrung mit 1500 m³/h Luft abgesaugt. Während der Stilllegung gab es keine Vorkommnisse.

Beurteilungsgrundlagen

Art. 45 Bst. b KEV

Kap. 5.4.2 Richtlinie ENSI-G17

Beurteilung durch das ENSI

Das ENSI konnte sich an Inspektionen und Fachgesprächen davon überzeugen, dass die von der Universität Basel gewählten Zerlegetechniken und die gewählten Handwerkzeuge für die durchzuführenden Arbeiten angemessen waren. Der Einsatz ausschliesslich von Handwerkzeugen und der Verzicht auf fernhantierte Geräte war aufgrund des geringen Aktivitätsinventars und der erwarteten Dosis für das Personal gerechtfertigt und verhältnismässig. Das geplante Vorgehen und die Ausrüstung waren angemessen um die Einhaltung des Rückwirkungsschutzes betrieblich notwendiger Systeme, Strukturen und Komponenten zu gewährleisten und waren geeignet, die Schutzziele einzuhalten. Die Rückbauarbeiten wurden ohne Vorkommnisse erfolgreich zum Abschluss gebracht.

4.3.1.2 Erfüllung von Auflagen

Angaben der Gesuchstellerin

Die im Rahmen der Stilllegungsverfügung erlassenen Auflagen des ENSI sowie des Kantons Basel-Stadt und die Anmerkungen des Staatssekretariats für Wirtschaft (SECO) wurden berücksichtigt und deren Erfüllung durch die Universität Basel umgesetzt.

Beurteilungsgrundlagen

Stilllegungsverfügung des UVEK vom 13. Februar 2019

Stellungnahme des Kantons Basel-Stadt vom 4. August 2017

Stellungnahme des Staatssekretariats für Wirtschaft SECO vom 17. Juli 2017

Beurteilung durch das ENSI

Die von den Behörden festgelegten Auflagen im Zusammenhang mit dem Stilllegungsprojekt wurden von der Universität Basel vollständig umgesetzt. Das ENSI hat die Umsetzung im Rahmen seiner Aufsichtstätigkeit mit der Phasenfreigabe, mit Inspektionen vor Ort und mit Fachgesprächen überprüft. Die Universität Basel war um eine konstruktive Zusammenarbeit mit den Behörden bemüht und setzte Auflagen zeitnah und dem Projekt angemessen um. Auflagen, die den Abschluss der Stilllegung betreffen, werden in diesem Gutachten im Speziellen betrachtet.

4.3.1.3 Instrumente zur Fortschrittskontrolle und zu Änderungsverfahren

Angaben der Gesuchstellerin

Die Fortschrittskontrolle wurde durch die Projekt- und Bauleitung durchgeführt. Dazu wurden verschiedene Instrumente eingesetzt, wie die Projekt- und Rahmenterminplanung, quartalsweise Controlling-Berichte, regelmässige Projektbesprechungen oder das Führen von Bau- und Strahlenschutz-Tagebüchern. Abweichungen vom geplanten Vorgehen wurden über Änderungsanträge bei den Behörden vorgängig beantragt und jeweils bewilligt.

Beurteilungsgrundlage

Kap. 4.8.1 Richtlinie ENSI-G17

Beurteilung durch das ENSI

Während der Rückbauarbeiten gab es zwei für das Projekt unwesentliche Änderungsanträge, die vom ENSI zeitnah bewilligt wurden. Wesentliche Änderungen am Projekt gab es keine; die Arbeiten wurden wie geplant ausgeführt.

4.3.2 Erkenntnisse und Erfahrungen aus dem Rückbau

Angaben der Gesuchstellerin

Im Hinblick auf den Erfahrungsrückfluss aus der Stilllegung des Forschungsreaktors AGN-211-P für künftige Rückbauprojekte, hat die Universität Basel ihre Erfahrungen und die besonderen Herausforderungen festgehalten. Die Universität Basel sah besondere Herausforderungen bei der kurzfristigen Vergabe zeitkritischer Leistungsabrufe (Vergaberecht), bei der revidierten Strahlenschutzverordnung, der Radon-Situation vor Ort, der dürftigen Anlagendokumentation und der Entsorgung der radioaktiven Abfälle.

In Kap. 9 des Abschlussberichts hat die Universität Basel die vielfältigen Erkenntnisse und Erfahrungen aus der Stilllegung dokumentiert.

Beurteilungsgrundlage

Kap. 9 GSR Part 6 der IAEA

Beurteilung durch das ENSI

Dem Erfahrungsrückfluss aus Stilllegungsprojekten wird gerade auch international ein hohes Gewicht beigemessen. Internationale Organisationen führen die weltweit gemachten Erfahrungen aus Stilllegungsprojekten zusammen, um einen möglichst breiten Wissensfluss sicherzustellen. Obwohl die Dokumentation von «Lessons learned» aus Stilllegungsprojekten in der Schweiz nicht vorgeschrieben ist, hat das ENSI Wert daraufgelegt, dass die bei der Stilllegung des Forschungsreaktors AGN-211-P gesammelten Erkenntnisse und Erfahrungen künftigen Rückbauprojekten zugänglich sind. Bestenfalls können so bereits bei der Planung anderer Stilllegungsprojekte die in Basel gemachten Erfahrungen berücksichtigt werden. Der Abschlussbericht zur Stilllegung des Forschungsreaktors AGN-211-P der Universität Basel stellt damit also auch eine wertvolle Quelle für andere Stilllegungsprojekte dar und leistet einen Beitrag zum Know-how-Transfer.

4.4 Strahlenschutz

In diesem Kapitel bewertet das ENSI die Angaben der Kap. 3.8 und 3.9 des Abschlussberichts.

4.4.1 Operationeller Strahlenschutz

In der Stilllegungsverfügung [5] wurde vom UVEK die folgende Auflage formuliert:

Auflage 3.2: Das Strahlenschutz-, sowie Überwachungs- und Inkorporationsschutzkonzept und Änderungen daran sind freigabepflichtig. Die Universität Basel hat diese Konzepte spätestens mit den Unterlagen zur Phasenfreigabe dem ENSI einzureichen.

Angaben der Gesuchstellerin

Mit dem Antrag zur Phasenfreigabe [6] wurden der Sicherheitsbericht [15], das Strahlenschutzreglement [17] und das Arbeitsfreigabeverfahren [18] beim ENSI eingereicht.

Für die Stilllegung des Forschungsreaktors wurden externe Strahlenschutzfachkräfte eingesetzt [10]. Externe Strahlenschutzfachkräfte wurden durch den Strahlenschutz-Sachverständigen (bzw. Strahlenschutzbeauftragten) der Anlage eingewiesen und beaufsichtigt.

Zur dosimetrischen Überwachung des Anlagenpersonals und der externen Mitarbeitenden wurden beim Betreten der Anlage die folgenden Dosimeter getragen und ausgewertet:

- Anlagendosimeter (elektronisches Dosimeter)
- Dosimeter der Suva

Externe Mitarbeitende trugen zusätzlich zur oben genannten Überwachung firmeneigene Dosimeter.

Beurteilungsgrundlagen

Art. 27 Abs. 2 Bst. c KEG

Art. 8 bis 12 StSG

Art. 45 Bst. d KEV

Art. 4, 51 bis 53, 55 bis 65 StSV

Art. 44, 45 UraM

Stilllegungsverfügung des UVEK [5]

Kap. 4.9, 5.4, 5.5 und Anhang 3 Richtlinie ENSI-G17; Kap. 4.1.1, 4.1.2, und 4.2 Richtlinie ENSI-G15; Kap. 7 Richtlinie ENSI-B09; Kap. 5 Richtlinie HSK-R-07

Beurteilung durch das ENSI

Das ENSI hat die zur Erfüllung der Auflage 3.2 eingereichten Unterlagen [15], [17] und [18] geprüft. Die Dokumente beinhalten die erforderlichen Angaben zum operationellen Strahlenschutz und wurden mit der Freigabe zur SP [7] mit folgender Forderung freigegeben.

Forderung 2: Das in der kontrollierten Zone der Kernanlage Forschungsreaktor Basel AGN-211-P der Universität Basel tätige Fremdpersonal ist mit in der Schweiz zugeteilten anerkannten Dosimetern zu überwachen.

Das ENSI inspizierte am 27. Juni 2019 die radiologische Situation und den operationellen Strahlenschutz bei der Stilllegung des Reaktors AGN-211-P [19]. Die Dosimetrie des Eigenpersonals der Anlage erfolgte mit zwei Dosimetern. Die Personen trugen jeweils ein TLD der anerkannten Personendosimetriestelle der Suva und ein elektronisches Personendosimeter. Die täglich akkumulierte Dosis wurde aufgezeichnet. Das aus Deutschland stammende Fremdpersonal trug zusätzlich ein Dosimeter einer deutschen amtlichen Messstelle, das ihnen von ihrem Arbeitgeber zur Verfügung gestellt wurde. Eingesetzt waren zwei Strahlenschutz-Fachkräfte aus Deutschland. Beide hatten die deutsche IHK-Prüfung und die vom ENSI anerkannte Zusatzausbildung zum Strahlenschutz des PSI-Bildungszentrums absolviert und waren somit für den Einsatz in der Schweiz als Strahlenschutz-Fachkraft qualifiziert.

Die Ergebnisse der Dosisleistungs- und Kontaminationsmessungen in der Anlage lagen alle im erwarteten Bereich. Die Unterdruckhaltung der Lüftung war während der Inspektion gewährleistet. Die Präsenz des Strahlenschutzpersonals war ausreichend. Der operationelle Strahlenschutz war gewährleistet. Die Dosisplanung und -überwachung funktionierte.

Eine weitere Inspektion wurde am 5. November 2019 durchgeführt [20]. Die Themen Betriebsführung und Dokumentation, Zustand der Reaktoranlage, Durchführung der Rückbauphase gemäss Freigabe und Strahlenschutzbelange wurden mit «Normalität» bewertet.

Der frühzeitige Einbezug des Strahlenschutzes in die Planung und Freigabe von Massnahmen und Tätigkeiten hat sich bewährt. Für die durchzuführenden Arbeiten wurden sinnvolle und auf die Tätigkeiten abgestimmte Schutzmassnahmen getroffen.

Die Massnahmen für die Personendosimetrie erfüllten die gesetzlichen Anforderungen. Die Meldung der Personendosen erfolgte für alle beruflich strahlenexponierten Personen entsprechend der Richtlinie ENSI-B09. Inkorporationen durch künstliche beta-/gammastrahlende Nuklide und Personenkontaminationen kamen keine vor.

Die Strahlenschutzmassnahmen waren konform mit den Anforderungen aus der Strahlenschutzverordnung und der Richtlinie HSK-R-07 und wurden vom ENSI als zweckmässig beurteilt. Die persönlichen Schuttmittel wurden entsprechend der erlassenen Tenue-Vorschrift und der durchzuführenden Arbeiten getragen. Die Verantwortlichkeiten und Aufgaben im Bereich Strahlenschutz waren klar geregelt und wurden vom ENSI als zielführend beurteilt.

4.4.2 Zonenkonzept

Angaben der Gesuchstellerin

Die Anlage AGN-211-P erstreckt sich über nur einen Raum, welcher als «kontrollierte Zone» definiert war [3]. Die kontrollierte Zone war im Rahmen der Betriebsbewilligung als kontaminationsfrei und als Zone 0 eingestuft. Aufgrund der Zerlegearbeiten und der damit einhergehenden Möglichkeit der Kontaminationsfreisetzung war die Anlage mit Beginn der Stilllegung als Zone 1 (geringes Kontaminationsrisiko) eingestuft.

An den Zonenübergängen befand sich jeweils eine Tür. Zur Vermeidung von Kontaminationsverschleppungen wurde ggf. getragene persönliche Schutzausrüstung am Zonenübergang abgelegt und der Zonenaustritt durch den Strahlenschutz überwacht. Bei Bedarf wurden Übergänge mit geeigneten Messmitteln zur Prüfung oder Überwachung ausgelegt. In dem Übergangsbereich vom Reaktorraum in den Vorraum war dazu ein Hand-Fuss-Monitor installiert.

Die Materialien und Komponenten, welche über Zonengrenzen aus der kontrollierten Zone heraus transportiert wurden, sind durch den Strahlenschutz freigemessen worden.

Kleidervorschriften für die Zoneneinstufungen wurden gemäss Strahlenschutzreglement [17] festgelegt.

Beurteilungsgrundlagen

Art. 27 Abs. 2 Bst. c KEG

Art. 8 bis 12 StSG; Art. 2, 80 bis 84 StSV

Art. 9 bis 18 UraM

Kap. 4.10.2. Bst. a, b Richtlinie ENSI-B03; Kap. 2.3, 3 und 4 Richtlinie HSK-R-07

Beurteilung durch das ENSI

Aufgrund der zu erwartenden Oberflächenkontamination während der Zerlegung der aktivierten Bauteile wurde von der Universität Basel der Reaktorraum von einer kontrollierten Zone des Zonentyps 0 auf Typ I hochgestuft. Daraus folgende Massnahmen baulicher, technischer und administrativer Art, wie die Errichtung von Zonenübergängen, die Einrichtung einer Lüftungstechnischen Trennung sowie die Einhaltung der Tenue-Vorschrift, wurden vom ENSI vor Beginn der Rückbauarbeiten bei einer Inspektion überprüft [21]. Der Zustand des Reaktors war ordnungsgemäss. Die Anlage befand sich in einem sicheren Zustand und wurde regelmässig gewartet. Die zum Rückbau vorgesehenen Einrichtungen entsprachen den Angaben in der Phasenfreigabe [7] und waren sach- und fachgerecht installiert. Die vorbereitenden Arbeiten für den Rückbau der Anlage wurden sicherheitsgerichtet umgesetzt. Die Übertritte von Zonengrenzen erfolgten für Personen und Materialien geregelt. Die Betriebsführung des Reaktors aus Sicht des Strahlenschutzes war ordnungsgemäss. Die Protokolle waren vollständig ausgefüllt und visiert. Die Dokumentation war stets aktuell.

4.4.3 Dosis des Personals

Angaben der Gesuchstellerin

Direktstrahlung

Die Rückbauarbeiten am Forschungsreaktor erfolgen gemäss der Planung unter sehr geringer Strahlenbelastung für das Personal [3]. Für die Bestimmung der Kollektivdosis sind lediglich die Arbeiten im Arbeitsschritt 1 (Demontage und Zerlegung) relevant. Konservativ erfolgte die Abschätzung auf Basis der geschätzten Arbeitsdauer, Anzahl und Aufenthaltszeit der Mitarbeitenden sowie der Höhe der Strahlenexposition am Arbeitsort.

Für den Rückbau des Forschungsreaktors wurde eine geplante Kollektivdosis von ca. 0,72 Pers.-mSv bei einer geschätzten Arbeitsdauer von ca. 180 Tagen ausgewiesen [3]. Dabei sind die Demontage der Einbauten mit 0,36 Pers.-mSv und die Demontage der Betonstruktur mit 0,27 Pers.-mSv die dosisintensivsten Arbeitsschritte.

Eine Übersicht über die tatsächlich erfassten Dosen aus Direktstrahlung [10] ist in Tabelle 4-1 aufgeführt.

Die Gesamt-Aufenthaltszeiten für die Stilllegung im Kontrollbereich beliefen sich auf < 1300 h für Eigenpersonal, Fremdfirmen und Besucher [10].

Tabelle 4-1: Kollektivdosis und höchste Personendosis aus Direktstrahlung.

	Kollektivdosis [Pers.-mSV]	Höchste Personendosis [mSv]
02/2019-12/2019 Schritt 1	0,034	0,006
01/2019-05/2020 Schritt 2	0,010	0,003
Summe	0,044	

Radon

Die Universität Basel hat eine hohe Radonbelastung im Reaktorraum festgestellt [10]. Es wurden Radon-Dosimeter zur Ermittlung der durchschnittlichen Radonbelastung installiert. Zusätzlich wurde ein Radon-Onlinemonitor zur Verifizierung über den Zeitraum der Demontearbeiten verwendet und mehrfach täglich die ausgegebenen Werte protokolliert.

Die Ergebnisse der Radondosimetrie bestätigten die Aufzeichnungen der Online-Überwachung. Es wurde ein abdeckender Durchschnittswert zur Ermittlung der Dosisbelastung auf Basis der Aufenthaltszeiten ermittelt. Die Dosisbelastung durch Radon wurde anhand der dokumentierten Aufenthaltszeiten berechnet.

Eine Übersicht über die erfassten Dosen aus der Radonbelastung ist in Tabelle 4-2 aufgeführt.

Tabelle 4-2: Kollektivdosis und höchste Personendosis aus Radonbelastung.

	Kollektivdosis [Pers.-mSV]	Höchste Personendosis [mSv]
02/2019-12/2019 Schritt 1	12,30	3,64
01/2019-05/2020 Schritt 2	4,36	2,02
Summe	16,66	

Im Anschluss an die Stilllegung wird gemäss der Universität Basel eine Radonsanierung durchgeführt.

Beurteilungsgrundlagen

Art. 8 bis 12 StSG

Art. 3, 4, 51, 56, 57, 60 StSV

Art. 42, 43 UraM

Kap. 4.1.1, 4.1.2 und 4.2 Richtlinie ENSI-G15; Kap. 5.5 Bst. g Richtlinie ENSI-G17; Richtlinie ENSI-B09

Beurteilung durch das ENSI

Zur Ermittlung der Kollektivdosis durch Direktstrahlung wurde ein konservativer Ansatz gewählt [4]. Die mit ca. 0,72 Pers.-mSv bei einem Arbeitsvolumen von geschätzten 1260 Personenstunden angegebene Kollektivdosis war plausibel. Begünstigt wurde die geringe Strahlenexposition des Personals durch den radiologischen Anlagezustand und das geringe Aktivitätsinventar.

Für die Arbeiten wurde ausschliesslich qualifiziertes und unterwiesenes Personal eingesetzt, sodass die Stilllegungsarbeiten dosiseffizient und optimiert erledigt wurden. Das Personal verfügte über Anlageerfahrung und andererseits Erfahrung mit rückbauspezifischen Tätigkeiten. Dies hat zur deutlichen Unterschreitung der geplanten Dosiswerte durch Direktstrahlung beigetragen. Akkumuliert wurden eine Kollektivdosis von 0,044 Pers.-mSv und eine maximale Individualdosis von 0,006 mSv.

Die Arbeiten zusammen mit den Massnahmen zum Schutz des Personals sowie Massnahmen zur Optimierung der Strahlenbelastung werden vom ENSI als optimiert im Sinne von Art. 4 StSV beurteilt.

Bei den Vorbereitungen des Rückbaus wurde festgestellt, dass die Radon-Konzentration im Reaktorraum erhöht ist [19]. Deshalb wurde ein Radon-Monitor installiert, der eine Raumluftkonzentration zwischen 660 bis 2720 Bq/m³ Radon anzeigte. Auf Basis der Aufzeichnungen wurde ein konservativer Durchschnittswert von 1800 Bq/m³ für die Dosis-Berechnungen ausgewiesen. Der Radonreferenzwert gemäss Art. 155 StSV für Räume, in denen sich Personen regelmässig mehrere Stunden pro Tag aufhalten, beträgt über ein Jahr gemittelt 300 Bq/m³, resp. 1000 Bq/m³ an radonexponierten Arbeitsplätzen. Die Anzeige des Monitors wurde dreimal täglich abgelesen und protokolliert. Die Aufenthaltszeiten der Mitarbeitenden im Reaktorraum wurden ebenfalls protokolliert. Ausserdem wurden an vier Stellen in der kontrollierten Zone Radondosimeter befestigt. Zur Minimierung der Radon-Konzentration wurde morgens der Vorraum zum Reaktorraum eine Stunde durchlüftet.

Am Ende des Rückbaus wurden die durch Radon verursachten Dosen für das Personal, das durchweg als strahlenexponiert registriert war, rechnerisch ermittelt [22], [23]. Die durch Radon verursachte Kollektivdosis betrug 16,66 Pers.-mSv, die maximale Individualdosis lag bei 3,64 mSv. Die im Abschlussbericht dargestellten Kollektivdosen hat das ENSI anhand der eingereichten Unterlagen nachvollzogen und kann sie bestätigen.

In Anbetracht der erhöhten Radonbelastung weist das ENSI darauf hin, dass die Universität Basel vor einer anderweitigen Weiternutzung der Räumlichkeiten die Bestimmungen von Art. 167 StSV zu beachten hat.

4.4.4 Immissionen und Abgaben radioaktiver Stoffe

Im Rahmen der Stilllegungsverfügung [2] wurden Abgabelimite für die gesamte Dauer der SP definiert.

Angaben der Gesuchstellerin

Vor Stilllegungsbeginn wurde eine Messstelle zur Überwachung und Bilanzierung der Fortluft installiert und in Betrieb genommen [24]. Die Überwachung der Abgaben von radioaktiven Stoffen durch die Luft erfolgte mittels isokinetischen Probenahmen, die wöchentlich ausgewertet und dokumentiert wurden, mit Ausnahme der Periode zwischen dem 23. März und dem 20. April 2020 aufgrund eines Covid-19-Pandemiebedingten Personalengpasses [25], [26]. Für die gesamte Dauer der Stilllegungsarbeiten wurden keine Emissionen oberhalb der Nachweisgrenze gemessen.

Ableitungen mit Wasser fanden keine statt.

Beurteilungsgrundlagen

Art. 24, 112 und 113 StSV

Stilllegungsverfügung [2]

Richtlinie ENSI-G13

Beurteilung durch das ENSI

Das ENSI hat die Fortluftmessstelle im Rahmen der Freigabe zur SP [7] freigegeben. Der Aufbau und die Laborausüstung zur Probeauswertung wurden im Rahmen einer Inspektion [21] als konform zur Richtlinie ENSI-G13 bewertet. Die wöchentlichen Probeauswertungen wurden nachvollziehbar dokumentiert. Es wurden keine Emissionen oberhalb der Nachweisgrenze registriert. Ableitungen mit Wasser sind keine zu verzeichnen. Die Abgabelimite aus der Stilllegungsverfügung [5] wurden eingehalten.

Gemäss Kap. 4.4.6 des ENSI-Gutachtens [4] ist mit der Einhaltung der Abgabelimite für radioaktive Aerosole in der Fortluft ebenfalls der Nachweis der Einhaltung des Immissionsgrenzwerts in der Umgebung des Forschungsreaktors erbracht.

4.5 Mensch und Organisation

Die Grundsätze und das Vorgehen der Universität Basel zur Berücksichtigung der menschlichen und organisatorischen Aspekte während der Stilllegung, sind die zentralen Aspekte dieses Kapitels. Sie beinhalten die Organisation mit den zugehörigen Verantwortlichkeiten und das erforderliche Personal sowie die mit dem Qualitätsmanagement zusammenhängenden Aspekte der Ablauforganisation. Die Bewertung der menschlichen und organisatorischen Aspekte der Stilllegung durch das ENSI erfolgt ausschliesslich aus sicherheitsbezogenen Gesichtspunkten. Wirtschaftlichkeits- und finanzielle Betrachtungen sind nicht Gegenstand der Aufsicht des ENSI. In diesem Kapitel bewertet das ENSI die Angaben in Kap. 3.1, 3.2, 3.5 und 3.10.2 des Abschlussberichts.

4.5.1 Organisation

Angaben der Gesuchstellerin

Die Universität Basel beschreibt die Aufbauorganisation, um die Sicherheit der Anlage während der Stilllegung sowie einen effizienten, raschen und sicheren Rückbau zu gewährleisten. Die organisatorischen Festlegungen sind im Betriebsreglement [27] ausführlich beschrieben. Insbesondere sind dort die Zuständigkeiten der betrieblichen Schlüsselpositionen beschrieben und die Schnittstellen abgegrenzt.

Die Ablauforganisation der Stilllegung, welche nebst der betrieblichen Organisation des AGN-211-P die zuständigen Ressorts der Universität Basel (insbesondere Haustechnik und Sicherheitsbeauftragte) und die extern vergebene Projektleitung «Stilllegung» beinhalten, ist in der Abbildung 6 in [10] dargestellt.

Für die Erfüllung ihrer Aufgaben greift die Rückbauleitung auf die Projektleitung, die Dienste der Universität sowie externe Dienstleister zu. Durch administrative/organisatorische Massnahmen stellte die Rückbauleitung sicher, dass die Ausführenden die notwendige Qualifikation und Fachexpertise aufweisen. Die Basis dafür bildet das Qualitätsmanagementprogramm.

Im Programm zur Berücksichtigung der menschlichen und organisatorischen Faktoren (HOF-Programm) [28] wurden unter anderem die Auswirkungen der Arbeiten auf die Sicherheit, die Bewertung der Arbeitsschritte und den Personaleinsatz berücksichtigt.

Beurteilungsgrundlagen

Art. 27 KEG;

Art. 45 Bst. g und h; Art. 46 Bst. e und Art. 40 Bst. c Ziff. 1 KEV; das ENSI nimmt ausserdem Bezug auf die Anforderungen in Art. 30 KEV

Art. 14-18 VAPK

Kap. 4.8.1 und 5.4.7 Richtlinie ENSI-G17; Kap. 4, 5, 6, 7.3, 7.8 und 7.9 Richtlinie ENSI-G07; Kap. 5.1 Richtlinie ENSI-G09; Kap. 4.11 Richtlinie ENSI-B03; Kap. 6.4 Richtlinie ENSI-B10

Beurteilung durch das ENSI

Die Universität Basel trägt – in Anlehnung an Art. 22 Abs. 1 KEG – die Verantwortung für die Sicherheit der Anlage während der Stilllegung. Um diese Verantwortung wahrzunehmen, setzt sie eine geeignete Organisation mit geeignetem Personal in genügender Anzahl ein.

Die Verantwortlichkeiten wurden gemäss Art. 45 Bst. g KEV und Kap. 4.8.1 Bst. c der Richtlinie ENSI-G17 im Betriebsreglement zugewiesen.

Weiterhin wird in Art. 45 Bst. g KEV der Nachweis für die Bereitstellung des für die Durchführung und die Überwachung der Stilllegungsarbeiten erforderlichen geeigneten und fachlich ausgewiesenen Personals in genügender Zahl gefordert und entsprechend sind, basierend auf Kap. 5.4.7 Bst. a der Richtlinie ENSI G17, im Stilllegungsprojekt die benötigten personellen Ressourcen für den Rückbau vorgesehen.

Das für die Durchführung und die Überwachung der Stilllegungsarbeiten erforderliche geeignete und fachlich ausgewiesene Personal gemäss Art. 45 Bst. g KEV, wurde nebst dem internen betrieblichen Personal der extern beauftragten Projektleitung «Stilllegung» durch externe Fachfirmen gestellt. Die begrenzten internen Ressourcen wurden durch Vergabe von spezifischen Aufträgen an externe Fachfirmen erweitert und für das jeweilige Fachgebiet wurde die notwendige Qualifikation und Fachexpertise entsprechend abgedeckt.

Der Verantwortliche für die Stilllegung trägt dafür Sorge, dass die notwendige Qualifikation und Fachexpertise bei dem mit den Rückbautätigkeiten betrauten Personal vorhanden ist. Dies wird im Rahmen des Qualitätsmanagements mittels Ausschreibungsspezifikation und Unterweisung sichergestellt (siehe auch Kap. 4.5.4).

Gemäss Kap. 5.4.7 Bst. b der Richtlinie ENSI-G17 wurde ein Programm zur Berücksichtigung der menschlichen und organisatorischen Faktoren (HOF-Programm) erstellt. Der Umfang des HOF-Programms widerspiegelt die Anlagengrösse und den Umfang der Arbeiten und wird vom ENSI, im Sinne der Verhältnismässigkeit, als ausreichend bewertet.

4.5.2 Aus- und Weiterbildung

Angaben der Gesuchstellerin

Die mit der Leitung der Anlage AGN-211-P betrauten Personen haben langjährige Erfahrung mit dem Betrieb des Forschungsreaktors. Damit ist der betriebliche Wissenserhalt gewährleistet. Die beauftragte Projektleitung hat langjährige Erfahrung auf dem Gebiet der Stilllegung und des Rückbaus.

Für die in der Anlage tätig werdenden Personen besteht eine Unterweisungspflicht, welche der Vermittlung der notwendigen Anlagen-, Strahlenschutz- und Arbeitssicherheitskenntnisse für die Durchführung von Arbeiten innerhalb der kontrollierten Zone dient.

Beurteilungsgrundlagen

Art. 22 KEG

Art. 45 Bst. g KEV; Anhang 4 KEV

Art. 172 StSV

VAPK

Kap. 4.8.1 Richtlinie ENSI-G17; Kap. 5.2 Richtlinie ENSI-G07; Richtlinien ENSI-B10 und ENSI-B13

Beurteilung durch das ENSI

Das Aus- und Weiterbildungskonzept dient als Grundlage zur Erstellung der spezifischen Ausbildungsprogramme. Das Konzept und Änderungen daran sind gemäss Anhang 4 KEV freigabepflichtig. In der Betriebsbewilligung der Anlage AGN-211-P war kein Aus- und Weiterbildungskonzept festgelegt.

Die Ausbildung des leitenden Personals ist gemäss Stilllegungsprojekt gegeben, jedoch ist der Umfang der erforderlichen Weiterbildung den Anforderungen der fortschreitenden Stilllegung anzupassen.

Angaben zum eingesetzten Personal und dessen erforderlichen Qualifikationen sind im Betriebsreglement [27] beschrieben. Die Sicherstellung der Qualifikation der beauftragten, spezialisierten Fremdfirmen wurde über administrative/organisatorische Massnahmen über das Qualitätsmanagementprogramm sichergestellt.

4.5.3 Sicherheitskultur

Angaben der Gesuchstellerin

Das Physikalische Departement der Universität Basel, als Betreiberin des Forschungsreaktors, legt Wert auf eine gelebte Sicherheitskultur. Auch bei der Stilllegung des Forschungsreaktors wird Sicherheit ein hoher Stellenwert zugesprochen. Für an der Anlage tätig werdende Personen besteht eine Unterweisungspflicht, welche der Vermittlung der notwendigen Anlagen-, Strahlenschutz- und Arbeitssicherheitskenntnisse für die Durchführung von Arbeiten innerhalb der kontrollierten Zone dient.

Die Universität Basel beschreibt im Kap. 3.2 «Qualitätsmanagementprogramm» des Abschlussberichts die Einberufung eines Fachbeirats. Dieser steht dem Rückbauprojekt beratend beiseite. Die Mitglieder des Fachbeirats zeichnen sich durch langjährige Erfahrungen in führenden Positionen kerntechnischer Betriebe bzw. Anlagen aus und haben weitreichende Erfahrungen im Bereich der Stilllegung kerntechnischer Anlagen.

Beurteilungsgrundlagen

Art. 30 Abs. 1 Bst. k KEV

Kap. 4.1, 4.3, 4.4 und 5 Richtlinie ENSI-G07

IAEA No. SF-1 (Fundamental Safety Principles) Principle 3; IAEA GSR Part 2 (Leadership and Management for Safety); IAEA GSR Part 6 (Decommissioning of Facilities), Requirement 6 und Abs. 3.4

Beurteilung durch das ENSI

Die Universität Basel bekennt sich zum Primat der Sicherheit auch während der Stilllegung und räumt der Sicherheitskultur einen hohen Stellenwert ein. Sie benennt insbesondere die Unterweisungspflicht für an der Anlage tätige Personen. Die Unterweisungen dienen der Vermittlung von Anlage-, Strahlenschutz- und Arbeitssicherheitskenntnissen für die Durchführung von Arbeiten innerhalb der kontrollierten Zone.

Laut Angaben der Gesuchstellerin wurde ein Fachbeirat einberufen, welcher dem Rückbauprojekt beratend beiseite steht. Die Mitglieder des Fachbeirats zeichnen sich unter anderem durch weitreichende Erfahrungen im Bereich der Stilllegung kerntechnischer Anlagen aus. Das ENSI begrüsst diesen Schritt im Sinne von Qualitätssicherung und Sicherheitskultur.

Das ENSI bewertet die Angaben zur Sicherheitskultur als ausreichend.

4.5.4 Qualitätsmanagement und Managementsystem

Angaben der Gesuchstellerin

Das Qualitätsmanagement der Universität Basel bildet die Grundlage bzw. den Rahmen für das Qualitätsmanagement im Stilllegungsprojekt. Es besteht aus der Gesamtheit der administrativen/organisatorischen Massnahmen für die Abwicklung der sicheren Stilllegung. Durch die Einbindung von Beauftragten (Sicherheitsbeauftragte, Brandschutzbeauftragte, etc.) der Universität Basel und dessen Physikalischen Departements besteht eine ständige Kontroll- und Aufsichtsfunktion, welche die Arbeiten der Stilllegung begleiten.

Die Universität Basel legt grossen Wert auf einen hohen qualitativen Standard. Bei der Stilllegung des Forschungsreaktors AGN-211-P wurde dieser Anspruch noch einmal priorisiert, um den besonderen und hohen Ansprüchen der Kerntechnik gerecht zu werden. Aus diesem Grund hat die Universität Basel bzw. die Projektleitung «Stilllegung» hohe Ansprüche an die Ausschreibungs- und Vergabeunterlagen und die Qualität der Planung gestellt und eine enge Begleitung der beauftragten Firmen gepflegt. Insbesondere die Spezifikation und Ausschreibung von Planungs- und Durchführungsleistungen an spezialisierte Fachbetriebe mit besonderer Erfahrung im Rückbau kerntechnischer Anlagen, wurde über die Projektleitung «Stilllegung» administriert. Besonderes Augenmerk wurde auf die Auswahl geeigneter Entsorgungsfirmen und Transportunternehmen gelegt. Darüber hinaus war ein wesentlicher Faktor für die qualitativ hochwertigen Leistungserbringungen, die permanente und enge Begleitung von Beauftragten durch die Projektleitung «Stilllegung» bzw. durch die Bauleitung. Hierüber konnten die Vorgehensweise bzw. die Ausführung gesteuert und kontrolliert werden.

Beurteilungsgrundlagen

Art. 45 Bst. h, Art. 31 und Art. 25 KEV

Kap. 4.8.2 und 5.4.8 Richtlinie ENSI-G17, Kap. 4.2 Richtlinie ENSI-G07

Kap. 7 der IAEA No. SF-1 (Fundamental Safety Principles) Principle 3 sinngemäss; IAEA GSR Part 2 (Leadership and Management for Safety); Kap. 4 IAEA GSR Part 6 (Decommissioning of Facilities)

Beurteilung durch das ENSI

Nach Art. 45 Bst. h KEV hat der Stilllegungspflichtige zum Stilllegungsprojekt ein Qualitätsmanagementprogramm einzureichen. Die Anforderungen an das Qualitätsmanagementprogramm für die Stilllegung sind in der KEV nicht näher spezifiziert. Sie können jedoch in Analogie aus den Anforderungen an das Qualitätsmanagementprogramm für die Erteilung einer Baubewilligung für eine neue Kernanlage (Art. 25 KEV) abgeleitet werden.

Das Qualitätsmanagement der Universität Basel als Rahmen für das Qualitätsmanagement im Stilllegungsprojekt wurde vom ENSI als akzeptabel beurteilt. Nach Angaben der Gesuchstellerin wird durch die Einbindung von Beauftragten (Sicherheitsbeauftragte, Brandschutzbeauftragte etc.) der Universität Basel und dessen Physikalischen Departements eine Begleitung der Arbeiten bei externer Beauftragung sichergestellt. Die Kontroll- und Aufsichtsfunktion in letzter Instanz liegt beim Verantwortlichen für die Stilllegung.

Die Gesuchstellerin gibt an, aufgrund von Grösse und Umfang der Anlage bzw. der Stilllegungstätigkeiten auf die Einführung von Prozessen im Qualitätsmanagement zu verzichten. Sie führt jedoch an, für Tätigkeiten mit Sicherheits- bzw. Qualitätsrelevanz Verfahrensanweisungen zu erstellen. Zur Abdeckung der Qualitätsansprüche werden anstelle von Prozessvorgaben hohe Ansprüche auf Ausschreibungs- und Vergabeunterlagen und die Qualität der Planung gestellt. Zudem werden die beauftragten Firmen permanent und eng begleitet, damit die Vorgehensweise bzw. die Ausführung gesteuert und kontrolliert werden kann.

Das ENSI beurteilt die von der Universität Basel gewählte Umsetzung der Qualitätsanforderung als angemessen.

4.5.5 Dokumentation

Angaben der Gesuchstellerin

Eine besondere Herausforderung im Vorfeld der Stilllegung war, dass keine technischen Vorplanungsarbeiten vorlagen und die technische Anlagendokumentation dürftig war. Ein Rückschluss von Schwesteranlagen war kaum möglich. Die Herstellerfirma existiert in der ursprünglichen Form nicht mehr, Anfragen blieben unbeantwortet und Recherchen lieferten keine Ergebnisse. Wegen fehlender Dokumentation wurde

eine Vielzahl von Bestandsaufnahmen (Ist-Zustand) erforderlich, unter anderem bei Lüftung, Bau, Abwasser und Elektroleitungen.

Das Betriebsreglement wurde auf die Anforderungen der Stilllegung angepasst.

Für die Stilllegung wurde nach Angaben der Gesuchstellerin anhand eines Dokumentationskonzepts bereits im Vorfeld ein Dokumentationssystem durch die Projektleitung eingeführt, welche auch die Dokumentation der Stilllegung stringent verfolgt.

Die Projektleitung verfolgt auch die Lenkung von Dokumenten und stellt sicher, dass behördliche und geschäftsrelevante Unterlagen nachvollziehbar archiviert werden. Die Dokumentation wird auf zentralen Servern der Universität Basel archiviert, es werden Sicherungskopien erstellt und nach Abschluss der Stilllegung dem ENSI übergeben.

Besondere Herausforderungen während der Stilllegung wurden im Abschlussbericht erwähnt.

Beurteilungsgrundlagen

Art. 41, 48 und Anhang 3 KEV;

VAPK

Richtlinie ENSI-G09; Kap. 4.12 Richtlinie ENSI-G17; Kap. 7.7 Richtlinie ENSI-G07

Beurteilung durch das ENSI

Das Betriebsreglement wurde auf die Anforderungen der Stilllegung angepasst und vom ENSI für die Stilllegung freigegeben.

Die Anforderungen an die Dokumentation während der Stilllegung müssen den Grundsätzen gemäss Art. 41 sinngemäss und Art. 48 KEV entsprechen, klar und eindeutig benannt, nachvollziehbar und zweckmässig sein. Weiterhin wurde geprüft, ob die Anforderungen gemäss Kap. 4.12 der Richtlinie ENSI-G17 berücksichtigt wurden.

Die geplante Dokumentation ist konzeptionell erläutert, wodurch den Vorgaben der KEV und der Richtlinie ENSI-G09 entsprochen wird. Das ENSI bewertet die Vorgaben zur Dokumentation positiv.

Die Anpassung des Dokumentenmanagements im begleitenden Aufsichtsverfahren ist anforderungsgerecht. Die Vorgaben gemäss Kap. 4.12 der Richtlinie ENSI-G17 wurden berücksichtigt. Es ist darlegt, dass die Dokumente sicher aufbewahrt werden und eine Archivierung in elektronischer (mittels Dokumentenmanagementsystem) und physischer Form erfolgt. Die geplante Vorgehensweise ist geeignet, die bei der Stilllegung anfallenden Dokumente und Daten in ausreichender Weise langfristig zu archivieren.

Im Abschlussbericht wird ein Kapitel den besonderen Herausforderungen während der Abwicklung der Stilllegung gewidmet. Dies wird vom ENSI als positiv gewertet, auch im Sinne eines Erfahrungsrückflusses für andere stillzulegende Forschungs- bzw. Kernanlagen.

Betreffend Dokumentation beantragt das ENSI die Übernahme folgender Auflage in die Feststellungsverfügung des UVEK betreffend Abschluss der Stilllegung:

Auflagenantrag:

Nach Art. 41 Abs. 4 KEV muss die Universität Basel nach Abschluss der Stilllegung die Dokumentation gemäss Art. 41 Abs. 1 und 2 KEV dem ENSI übergeben. Die Übergabe der Dokumentation an das ENSI hat ausschliesslich in digitaler Form zu erfolgen und nur jene Dokumente zu umfassen, die das ENSI nicht schon im Verlauf der Aufsichtstätigkeit erhalten hat. Zu den noch zu übergebenden Dokumenten zählen insbesondere:

- *das Betriebsjournal;*
- *die Ausbildungs- und Übungsnachweise;*
- *die Nachweise der wiederkehrenden Prüfungen;*

- die Teilnahmeprotokolle der Strahlenschutzbelehrungen; und
- die Auswertungsprotokolle der anerkannten Personendosimetriestelle.

Die zu übergebenden Dokumente sind in einem Dossier zu ordnen und mit einer Inhaltsangabe zu versehen. Das vollständige Dossier muss spätestens ein halbes Jahr nach Erlass der Feststellungsverfügung des UVEK betreffend Abschluss der Stilllegung dem ENSI übergeben werden.

4.6 Entsorgung

In diesem Kapitel bewertet das ENSI die Angaben in Kap. 6 und 7 des Abschlussberichts.

4.6.1 Nachweis der Verbringung und Bilanzierung der radioaktiven Abfälle

Im Abschlussbericht zur Stilllegung ist gemäss Richtlinie ENSI-G17 der Nachweis der Erfüllung der Entsorgungspflicht und Bilanzierung bezüglich radioaktiver und nicht radioaktiver Abfälle gefordert.

Angaben der Gesuchstellerin

Als radioaktive Abfälle wurden alle Materialien eingestuft, welche nicht gemäss Art. 106 StSV befreit werden konnten. Dies betrifft auch Materialien, für die aufgrund der Messmethode keine Nachweisführung möglich war.

Radioaktive Abfälle wurden gemäss der Verfahrensanweisung «VA Qualitätsgesicherte Verpackung» [29] sortenrein verpackt und mittels eines qualifizierten Transportunternehmens in Typ-A-Behältern im Rahmen der Sammelaktion für MIF-Abfälle unkonditioniert an die Bundessammelstelle überstellt. Die aus dem Rückbau des Forschungsreaktors stammenden radioaktiven Abfälle wurden in zwei Chargen gemäss Tabelle 4-3 unkonditioniert an die Bundessammelstelle abgegeben. Gegenüber der Planung im Stilllegungsprojekt [3] fielen mehr radioaktive Abfälle an. Die Universität Basel begründet dies einerseits mit der geänderten Strahlenschutzverordnung, die bei der Einreichung des Stilllegungsprojekts noch nicht in Kraft war; wegen der darin enthaltenen neuen Befreiungsgrenzen musste mehr Material dem radioaktiven Abfall zugeführt werden. Und andererseits wollte die Universität Basel Sekundärabfälle in einer externen Freimessanlage messen lassen, was von den Behörden abgelehnt wurde [4], [5].

Tabelle 4-3: An die Bundessammelstelle abgegebene radioaktive Abfälle.

Charge(n)	Anzahl Versandstücke	Versandstückart	Inhalt	Masse ohne Verpackung [kg]
1. Charge	4	200-l-Fass	Graphit, Blei, Aluminium	552,2
2. Charge	12	200-l-Fass	Bauschutt, Mischfass, PVC, Verdachtsmaterial	2'728,6
	1	Sperrgut (Palette)	Umluftfilter	

Inaktive Materialien aus dem Rückbau des Forschungsreaktors wurden an eine Fachfirma zur Entsorgung übergeben. Hierzu wurden zwei Freimess-Chargen angemeldet und genehmigt (siehe Kap. 4.6.2).

Die weiteren Entsorgungsschritte obliegen nicht der Universität Basel.

Beurteilungsgrundlagen

Art. 26 Abs. 2 Bst. d KEG

Richtlinie ENSI-G17

Beurteilung durch das ENSI

Mit der Stilllegungsverfügung [5] wurde der Entsorgungsweg festgelegt. Gemäss Auflage 3.8 der Verfügung hat die Universität Basel die radioaktiven Abfälle aus der Stilllegung an die Bundessammelstelle abzuliefern. Die Universität Basel hat in den Unterlagen zur Phasenfreigabe [6] die Masse der radioaktiven Abfälle mit etwa 1'820 kg abgeschätzt. Die Abfallmenge nach Abschluss des Rückbaus liegt bei etwa 3'280 kg und damit um den Faktor 1,8 höher als die Abschätzung. Die Begründung der Universität Basel für die Abweichung kann das ENSI nachvollziehen.

Mit der Ablieferung an die Bundessammelstelle hat die Universität Basel ihre Entsorgungspflicht bezüglich radioaktiver Abfälle gemäss Art. 26 Abs. 2 Bst. d KEG wahrgenommen. Die weiteren Entsorgungsschritte unterliegen dem PSI als Betreiberin der Bundessammelstelle.

Des Weiteren beurteilt das ENSI die Bilanzierung der radioaktiven Abfälle als vollständig. Die Anforderungen gemäss Kap. 5.6 Bst. b. Ziff. 5 der Richtlinie ENSI-G17 sind erfüllt.

4.6.2 Nachweis der Verbringung und Bilanzierung der freigemessenen Materialien

Im Abschlussbericht der Stilllegung ist gemäss Richtlinie ENSI-G17 die Verbringung und Bilanzierung der freigemessenen Materialien zu berücksichtigen.

Angaben der Gesuchstellerin

Das Verfahren zur Freimessung von Materialien hat die Universität Basel im Strahlenschutzreglement [17] festgelegt. Die anfallenden Abfälle, die gemäss Art. 106 StSV freigemessen werden konnten, wurden in zwei Chargen zusammengefasst und der Aufsichtsbehörde gemeldet [30], [31]. Gesamthaft wurden 1,93 t Betonabbruchstücke, 1,38 t Metalle und 0,144 t Mischabbruch von der Bewilligungspflicht und Aufsicht befreit.

Beurteilungsgrundlagen

Art. 106 StSV

Richtlinien ENSI-B04 und ENSI-G17

Beurteilung durch das ENSI

Das Freimesskonzept der Universität Basel zur Befreiung von Materialien wurde im Rahmen der Freigabe zur SP [7] durch das ENSI freigegeben. Das ENSI hat im Rahmen der Stilllegungsarbeiten zwei Meldungen zur Befreiung von Materialien erhalten [30], [31]. Das ENSI beurteilte die eingereichten Unterlagen der Meldungen als vollständig und die Einhaltung der Befreiungskriterien gemäss Art. 106 StSV als nachgewiesen. Die Messwerte wurden gemäss der Richtlinie ENSI-B04 protokolliert; Messmethoden, Auswertungen und Interpretationen wurden in einem ergänzenden Erläuterungsbericht [32] dokumentiert. Im Rahmen der Bewertung der Meldung [31] hat das ENSI eine Inspektion durchgeführt [33] und anhand der durchgeführten Kontrollmessungen keine Abweichungen zu den gesetzlichen Vorgaben festgestellt. Die im Abschlussbericht dargelegte Bilanzierung der konventionellen Abfälle kann das ENSI anhand der gemeldeten Befreiungen nachvollziehen.

Des Weiteren hat die Universität Basel die Befreiung von Neueinrichtungen und Krananlagen, die ortsgelunden sind und somit in der Gebäudestruktur verbleiben, gemeldet [34]. Die Meldung war mit einem Erläuterungsbericht zu den benutzten Messmethoden und den Auswertungen ergänzt [35]. Die ebenfalls in diesem Bericht beschriebene Befreiung einer Umluft-Filteranlage wurde dem ENSI im Rahmen der Einreichung der ersten Version des Dokumentes gemeldet [36], [37]. Das ENSI bewertete die Befreiung dieser Einrichtungen im Rahmen der Inspektion zur Befreiung der Räumlichkeiten [9], [13]. Das ENSI beurteilte

die eingereichten Unterlagen der Meldungen als vollständig und die Einhaltung der Befreiungskriterien gemäss Art. 106 StSV als nachgewiesen.

Mit der Übergabe der inaktiven Materialien an eine Fachfirma zur Entsorgung hat die Universität Basel auch ihre Entsorgungspflicht bezüglich nicht radioaktiver Abfälle wahrgenommen. Das ENSI beurteilt die Anforderung gemäss Kap. 5.6 Bst. b. Ziff. 4 der Richtlinie ENSI-G17 als erfüllt.

5 Budgetierung und Kosten

In diesem Kapitel nimmt das ENSI Stellung zu den Angaben in Kap. 8 des Abschlussberichts.

Angaben der Gesuchstellerin

Nach Art. 26 KEG ist die Eigentümerin der Kernanlage AGN-211-P stilllegungspflichtig. Eigentümerin ist der Kanton Basel-Stadt. Der Kanton Basel-Stadt hat die Stilllegung vertraglich mit der Betreiberin, der Universität Basel, geregelt, u. a. auch die Kosten für die Stilllegung.

Die Universität Basel hat die Gesamtkosten der Stilllegung inkl. Entsorgung der Brennelemente auf insgesamt 10 Mio. CHF ermittelt. Bis zum Ende des 2. Quartals 2020 fielen Kosten in der Höhe von 6,5 Mio. CHF an, wobei bis zur Entlassung aus dem KEG noch laufend Kosten dazukommen.

Tabelle 5-1: Rückbaukosten AGN-211-P inkl. vorbereitende Massnahmen und Nutzbarmachung nach der Stilllegung.

Rückbau AGN-211-P	Kosten [Mio. CHF]	
	Geplant	Ist
Vorbereitende Massnahmen der Stilllegung inkl. BE-Entsorgung	3,3	3,0
Stilllegung gemäss Stilllegungsverfügung inkl. Nutzbarmachung nach der Stilllegung	6,7	3,5
Summe Rückbau der Anlage	10,0	6,5

Beurteilungsgrundlagen

Art. 27 Abs. 2 Bst. f KEG

Art. 45 Bst. j KEV

Beurteilung durch das ENSI

Das ENSI beurteilt nicht die Kosten an sich, sondern die technischen, terminlichen, organisatorischen und betrieblichen Annahmen, die als Grundlage dienen für die Kostenabschätzung. Eine sicherheitstechnische Überprüfung erfolgt unter Betrachtung der einzelnen Arbeitsschritte, der gewählten Technik, des eingesetzten Personals, der anfallenden Abfallmenge (konventionell und radioaktiv) und der Terminplanung. In Kap. 3.3 dieses Gutachtens hat das ENSI die Terminplanung als angemessen und realistisch beurteilt; in Kap. 4.3 beurteilt das ENSI die gewählte Technik als angemessen; in Kap. 4.5 beurteilt das ENSI die Organisation des Rückbaus und des eingesetzten Personals als ausreichend; in Kap. 4.6 beurteilt das ENSI die Anforderungen an die Entsorgung der Abfälle als erfüllt. Dass die aus den technischen und organisatorischen Anforderungen abgeleiteten Kosten realistisch sind, zeigen die aktuell angefallenen Kosten, die deutlich unter den budgetierten Kosten blieben. Die Finanzierung wurde über die Eigentümerin der Anlage, den Kanton Basel-Stadt, sichergestellt.

6 Zusammenfassung

6.1 Gesamtbeurteilung

Das ENSI hat den von der Universität Basel eingereichten Abschlussbericht zur Stilllegung des Reaktors AGN-211-P eingehend geprüft und die Ergebnisse der Überprüfung in diesem Gutachten dargelegt.

Während der Ausführung der Stilllegungsarbeiten hat die Universität Basel alle im Stilllegungsprojekt relevanten Bestimmungen des Kernenergiegesetzes, der Kernenergieverordnung, des Strahlenschutzgesetzes und der Strahlenschutzverordnung sowie weitere relevante Verordnungen und Richtlinien des ENSI und der IAEA berücksichtigt und eingehalten sowie auch die behördlichen Auflagen und Forderungen erfüllt.

Das ENSI hat sich vergewissert, dass der erwartete Endzustand erreicht wurde, dass die Stilllegungsarbeiten ordnungsgemäss abgeschlossen wurden und dass der ehemalige Forschungsreaktor AGN-211-P der Universität Basel keine radiologische Gefährdung mehr darstellt. Aus Sicht des ENSI sind damit, unter Berücksichtigung der Auflagen, alle erforderlichen Voraussetzungen für die Entlassung des ehemaligen Forschungsreaktors AGN-211-P der Universität Basel aus der Kernenergiegesetzgebung erfüllt.

6.2 Auflagenantrag

Das ENSI beantragt die Aufnahme der nachfolgenden Auflage in die Feststellungsverfügung des UVEK:

Auflagenantrag 1 (Kap. 4.5.5)

Nach Art. 41 Abs. 4 KEV muss die Universität Basel nach Abschluss der Stilllegung die Dokumentation gemäss Art. 41 Abs. 1 und 2 KEV dem ENSI übergeben. Die Übergabe der Dokumentation an das ENSI hat ausschliesslich in digitaler Form zu erfolgen und nur jene Dokumente zu umfassen, die das ENSI nicht schon im Verlauf der Aufsichtstätigkeit erhalten hat. Zu den noch zu übergebenden Dokumenten zählen insbesondere:

- das Betriebsjournal;*
- die Ausbildungs- und Übungsnachweise;*
- die Nachweise der wiederkehrenden Prüfungen;*
- die Teilnahmeprotokolle der Strahlenschutzbelehrungen; und*
- die Auswertungsprotokolle der anerkannten Personendosimetriestelle.*

Die zu übergebenden Dokumente sind in einem Dossier zu ordnen und mit einer Inhaltsangabe zu versehen. Das vollständige Dossier muss spätestens ein halbes Jahr nach Erlass der Feststellungsverfügung des UVEK betreffend Abschluss der Stilllegung dem ENSI übergeben werden.

Brugg, den 1. Juni 2021

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI

Dr. Marc Kenzelmann
Direktor

Anhang 1 Abkürzungsverzeichnis

BE	Brennelement
BFE	Bundesamt für Energie
EABN	Endgültige Ausserbetriebnahme
IAEA	International Atomic Energy Agency
PSI	Paul Scherrer Institut
SP	Stilllegungsphase
UVEK	Department für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation

Anhang 2 Gesetze, Verordnungen, Richtlinien und Regeln

SR-Nummer	Titel
732.1	Kernenergiegesetz vom 21. März 2003 (KEG)
732.11	Kernenergieverordnung vom 10. Dezember 2004 (KEV)
732.112.1	Verordnung des UVEK vom 16. April 2008 über die Gefährdungsannahmen und Sicherungsmassnahmen für Kernanlagen und Kernmaterialien
732.112.2	Verordnung des UVEK vom 17. Juni 2009 über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen
732.143.1	Verordnung vom 9. Juni 2006 über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen (VAPK)
732.143.3	Verordnung vom 9. Juni 2006 über die Personensicherheitsprüfungen im Bereich Kernanlagen (PSPVK)
741.621	Verordnung vom 29. November 2002 über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (SDR)
814.50	Strahlenschutzgesetz vom 22. März 1991 (StSG)
814.501	Strahlenschutzverordnung vom 26. April 2017 (StSV)
814.554	Verordnung des EDI vom 26. April 2017 über den Umgang mit radioaktivem Material (UraM)
814.557	Verordnung des EDI vom 26. April 2017 über die ablieferungspflichtigen radioaktiven Abfälle
832.20	Bundesgesetz über die Unfallversicherung vom 20. März 1981 (UVG)
832.30	Verordnung vom 19. Dezember 1983 über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (VUV)

Richtlinie	Titel der Richtlinie	Stand
ENSI-A08	Quelltermanalyse: Umfang, Methodik und Randbedingungen	Februar 2010
ENSI-B02	Periodische Berichterstattung der Kernanlagen	Juni 2015
ENSI-B03	Meldungen der Kernanlagen	Dezember 2016
ENSI-B04	Freimessung von Materialien und Bereichen aus kontrollierten Zonen	November 2018
ENSI-B05	Anforderungen an die Konditionierung radioaktiver Abfälle	Dezember 2018
ENSI-B09	Ermittlung und Aufzeichnung der Dosis strahlenexponierter Personen	Juli 2018
ENSI-B10	Ausbildung, Wiederholungsschulung und Weiterbildung von Personal	Oktober 2010
ENSI-B13	Ausbildung und Fortbildung des Strahlenschutzpersonals	November 2010
ENSI-G01	Sicherheitstechnische Klassierung für bestehende Kernkraftwerke	Januar 2011
ENSI-G07	Organisation von Kernanlagen	Juli 2013
ENSI-G09	Betriebsdokumentation	August 2019
ENSI-G13	Messmittel für ionisierende Strahlung	November 2018
ENSI-G14	Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung aufgrund von Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernanlagen	Dezember 2009

Richtlinie	Titel der Richtlinie	Stand
ENSI-G15	Strahlenschutzziele für Kernanlagen	November 2010
ENSI-G17	Stilllegung von Kernanlagen	April 2014
HSK-R-07	Richtlinie für den überwachten Bereich der Kernanlagen und des Paul Scherrer Instituts	Juni 1995
HSK-R-50	Sicherheitstechnische Anforderungen an den Brandschutz in Kernanlagen	März 2003

Anhang 3 Unterlagenverzeichnis

- [1] Universität Basel, «Stilllegung des Forschungsreaktors AGN-211-P am Departement Physik der Universität Basel», Schreiben an das Bundesamt für Energie vom 25. August 2015
- [2] ENSI, «Verfügung: Stilllegungsprojekt des Forschungsreaktors AGN-211-P der Universität Basel», Schreiben vom 13. Oktober 2015
- [3] Universität Basel, «Stilllegungsprojekt Stilllegung AGN-211-P», Dok-Nr. AGN_IGN_DA0_PM16_A11, Rev. 00 vom 7. Februar 2017
- [4] ENSI 23/1120, «Gutachten zum Stilllegungsprojekt des Reaktors AGN-211-P der Universität Basel» vom April 2018
- [5] UVEK, «Verfügung des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK vom 13. Februar 2019 in Sachen Universität Basel, Petersgraben 35, 4001 Basel, betreffend Gesuch vom 7. Februar 2017 um Anordnung der Stilllegung des Forschungsreaktors AGN-211-P der Universität Basel»
- [6] Universität Basel, «Forschungsreaktor AGN-211-P, Antrag auf Phasenfreigabe», Schreiben vom 13. September 2018
- [7] ENSI 23/1122, «Stilllegung AGN-211-P: Freigabe der Stilllegungsphase 1 und der eingereichten Anträge» vom 26. April 2019
- [8] Universität Basel, «Forschungsreaktor AGN-211-P, Antrag auf Aufhebung der Kontrollierten Zone», Schreiben vom 16. Juli 2020
- [9] ENSI, «Forschungsreaktor AGN-211-P: Befreiung von Räumen und Einrichtungen, Aufhebung der kontrollierten Zone, Revision des Betriebsreglements», Schreiben vom 23. September 2020
- [10] Universität Basel, «Abschlussbericht: Stilllegung AGN-211-P», Dok-Nr. AGN-IGN_BU0_PM20_A26_01, Rev. 01 vom 18. Dezember 2020
- [11] Universität Basel, «Forschungsreaktor AGN-211-P, Antrag auf Aufhebung der Kontrollierten Zone, Revision 1», Schreiben vom 21. August 2020
- [12] ENSI, «Grobprüfung des Abschlussberichts zur Stilllegung des Forschungsreaktors AGN-211-P», Schreiben vom 21. Dezember 2020
- [13] ENSI, «Freimessung der Gebäudestrukturen, IN-2020.418, 01.09.2020», Inspektionsbericht vom 23. September 2020
- [14] Universität Basel, ««Dokumentation Freimessen Gebäudestruktur», Dok-Nr. AGN_IGN_DQ0_PM20_A33, Rev. 01 vom 20. August 2020
- [15] Universität Basel, «Sicherheitsbericht», Dok-Nr. AGN_IGN_DBB_PM18_A22, Rev. 00 vom August 2018
- [16] ENSI, «Universität Basel, Transfer des Quelleninventars und Anpassung der Sicherung des Reaktorraums», Schreiben vom 7. Dezember 2015
- [17] Universität Basel, «Strahlenschutzreglement für die Reaktoranlage AGN-211-P», Dok-Nr. AGN_NCC_DBR_PM18_A14, Rev. 01 vom 4. Mai 2018
- [18] Universität Basel, «Arbeitsfreigabeverfahren AGN-211P», Dok-Nr. AGN_IGN_DBR_PM17_A04 vom August 2017
- [19] ENSI, «Operationeller Strahlenschutz bei der Stilllegung, Phase 1 des AGN-211-P, IN-2019.325, 27.06.2019», Inspektionsbericht vom 23. August 2019
- [20] ENSI, «Anlagenrundgang, IN-2019.433, 05.11.2019», Inspektionsbericht vom 26. November 2019

- [21] ENSI, «Anlagenrundgang, IN-2019.277, 14.05.2019», Inspektionsbericht vom 23. Mai 2019
- [22] Universität Basel, «Aktennotiz: Ermittlung der Radonexposition», Dok-Nr. AGN_IGN_DN0_PM19_A30_00 vom 8. Oktober 2019
- [23] Nuclear Control & Consulting GmbH, «Abschätzung von effektiven Dosen der Beschäftigten, Ergänzung zur fachtechnischen Stellungnahme Nr. I-CH002-2» vom 5. Juni 2019
- [24] Universität Basel, «Forschungsreaktor AGN-211-P, Änderungsantrag Fortluftmessstelle auf vorgezogene Inbetriebnahme», Dok-Nr. AGN_IGN_SBA_PM18_A22, Schreiben vom 17. September 2018
- [25] Universität Basel, «Antrag auf Änderung des Bilanzierungszeitraums für die Fortluftüberwachung», Dok-Nr. AGN_IGN_SBA_PM20_A35_00, Schreiben vom 19. März 2020
- [26] ENSI, «Antrag auf Änderung des Bilanzierungszeitraums für die Fortluftüberwachung», Schreiben vom 23. März 2020
- [27] Universität Basel, «Betriebsreglement AGN-211-P» vom 8. März 2019
- [28] Universität Basel, «HOF-Programm», Dok-Nr. AGN_IGN_DBB_PM18_A23 vom Juni 2018
- [29] Universität Basel, «Verfahrensanweisung: Qualitätsgesicherte Verpackung», Dok-Nr. AGN_IGN_DV0_PM18_A vom 19. August 2018
- [30] Universität Basel, «Meldung Demontage und Entsorgung Reaktortank, Erste Freimesskampagne», Dok-Nr. AGN_IGN_SBA_PM19_A28_01, Schreiben vom 6. September 2019
- [31] Universität Basel, «Meldung Demontage und Entsorgung Stilllegungsabfälle», Dok-Nr. AGN_IGN_SBA_PM19_A31, Schreiben vom 13. November 2019
- [32] Universität Basel, «Erläuterungsbericht zur Materialfreigabe am Forschungsreaktor der Universität Basel», Dok-Nr. AGN_IGN_DBB_PM19_A28, Rev. 01 vom 5. September 2019
- [33] ENSI, «Inspektion zur Materialbefreiung, IN-2019.470, 25.11.2019», Inspektionsbericht vom 2. Dezember 2019
- [34] Universität Basel, «Stilllegung AGN-211-P: Erläuterungsbericht: Befreiung von Neueinrichtungen und Krananlagen», Dok-Nr. AGN_IGN_SBA_PM20_A35, Schreiben vom 24. Juni 2020
- [35] Universität Basel, «Erläuterungsbericht: Befreiung von Neueinrichtungen und Krananlagen», Dok-Nr. AGN_IGN_DBB_PM19_A31, Rev. 01 vom 3. April 2020
- [36] Universität Basel, «Stilllegung AGN-211-P: Anschreiben zum «Erläuterungsbericht: Befreiung von Neueinrichtungen und Krananlagen»», Dok-Nr. AGN_IGN_SBA_PM20_A33, Schreiben vom 9. Januar 2020
- [37] Universität Basel, «Erläuterungsbericht: Befreiung von Neueinrichtungen und Krananlagen», Dok-Nr. AGN_IGN_DBB_PM19_A31, Rev. 00 vom 18. November 2019

Anhang 4 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: Zustand der Anlage vor Rückbaubeginn. Zu sehen sind der Reaktorblock mit eingelassenem Wassertank, die Steuerstabantriebe und das Kommandopult.	7
Abbildung 3-2: Modellhafte Darstellung der Anlage zu Beginn der Stilllegung. Auf der Abbildung sind bereits die für den Rückbau benötigten Hilfseinrichtungen dargestellt, wie die Lüftungsanlage und die raumluftechnische Trennung.	9
Abbildung 3-3: Zustand des ehemaligen Reaktorraums nach Abschluss der Rückbauarbeiten.	11
Abbildung 3-4: Rahmenterminplan bei Einreichung des Stilllegungsprojekts 2017.	12
Abbildung 3-5: Rahmenterminplan bei Einreichung des Abschlussberichts 2020.	12
Tabelle 4-1: Kollektivdosis und höchste Personendosis aus Direktstrahlung.	20
Tabelle 4-2: Kollektivdosis und höchste Personendosis aus Radonbelastung.	20
Tabelle 4-3: An die Bundessammelstelle abgegebene radioaktive Abfälle.	27

ENSI 23/1133

ENSI, Industriestrasse 19, 5201 Brugg, Schweiz, Telefon +41 56 460 84 00, info@ensi.ch, www.ensi.ch