

Bericht

zur Unterlageneinsicht bzgl. Antrag zur Stilllegung des Forschungsreaktors FRG-1 und zum Abbau der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors im Helmholtz-Zentrum Geesthacht

Auftraggeber:

Helmholtz-Zentrum Geesthacht

In Abstimmung mit der Vor-Begleitgruppe „HZG im Dialog“

Auftragnehmer:

intac -

Beratung · Konzepte · Gutachten
zu Technik und Umwelt GmbH

Ansprechpartner: Dipl.-Phys. Wolfgang Neumann

Hannover, 06. März 2013

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkungen	4
Eingesehene Unterlagen	5
1. Stilllegung und Stilllegungsstrategie	7
1.1 Vorhaben HZG	7
1.2 Betrachtungen zur Stilllegungsstrategie	8
1.3 Bewertung	11
1.4 Beantwortung der Fragen der Vor-Begleitgruppe	19
2. Lagerung.....	21
2.1 Vorgesehene Zwischenlagerung	21
2.2 Bewertung	21
2.3 Beantwortung der Fragen der Vor-Begleitgruppe	22
3. Konditionierung	26
3.1 Vorgesehene Konditionierung	26
3.2 Bewertung und Beantwortung der Frage der Vor-Begleitgruppe	26
4. Emissionen während der Stilllegung	29
4.1 Emissionsgründe und Antragswerte	29
4.2 Durchgeführte Untersuchungen und beabsichtigte Vorsorgemaßnahmen ..	29
4.3 Bewertung	30
4.4 Beantwortung der Fragen der Vor-Begleitgruppe	32

5. Freigabe nach § 29 StrlSchV	36
5.1 Beabsichtigte Freigabepfade	36
5.2 Bewertung und Beantwortung der Fragen der Vor-Begleitgruppe	36
Quellen	40

HZG im Dialog

Vorbemerkungen

Im Helmholtz-Zentrum Geesthacht (HZG) soll der Forschungsreaktor FRG-1 stillgelegt und die gesamte Forschungsreaktoranlage sowie das Heiße Labor abgebaut werden. HZG hat sich entschlossen, einen für die Bundesrepublik Deutschland neuen Weg in der Öffentlichkeitsbeteiligung zu gehen und bereits vor Abgabe des Genehmigungsantrags zu Stilllegung und Abbau die Öffentlichkeit in Form von kommunalen Politikern, Bürgerinitiativen und Umweltverbänden intensiv am Verfahren zu beteiligen. Dazu wurde im Rahmen des Projektes „HZG im Dialog“ eine Gruppe gebildet (Vor-Begleitgruppe), in der verschiedene Aspekte zur Stilllegung diskutiert wurden. Die Gruppe soll später als Begleitgruppe auch das offizielle Genehmigungsverfahren begleiten.

Einer der wichtigsten Diskussionspunkte war die von HZG vorgesehene Stilllegungsstrategie des „Sofortigen Abbau“. Aus der Vor-Begleitgruppe kam der Vorschlag auch über Sinn und Möglichkeit für die Stilllegungsstrategie „Sicherer Einschluss“ zu diskutieren. HZG hat diesen Vorschlag aufgegriffen und in Absprache mit der Vor-Begleitgruppe die intac GmbH beauftragt die Plausibilität der Entscheidung von HZG zur Stilllegungsstrategie „Sofortiger Abbau“ zu prüfen und einige damit zusammenhängende Fragen der Vor-Begleitgruppe in einem schriftlichen Bericht zu beantworten.

Der hier vorgelegte Bericht bezieht sich auf die Einsicht in die Entwürfe von Antragsunterlagen des HZG zu Stilllegung des FRG-1 und Abbau der Forschungsreaktoranlage sowie des Heißen Labors. Einsicht, Gespräche mit dem Projektleiter Dr. Peter Schreiner sowie eine intensive Begehung der Anlage fanden am 13. und 14. Februar 2013 statt.

Es wird auftragsgemäß keine sicherheitstechnische Bewertung der vorgesehenen Antragsunterlagen bzw. deren fachlicher Inhalte vorgenommen.

Die im Folgenden aufgeführten Unterlagen wurden selektiv bezüglich des oben benannten Zieles durchgesehen.

Eingesehene Unterlagen

- HZG 2012 Helmholtz-Zentrum Geesthacht: „Antrag nach §7 Abs. 3 AtG auf Stilllegung des Forschungsreaktors FRG-1 und Abbau der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors der Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material und Küstenforschung GmbH“; Geesthacht, Entwurf, Stand Dezember 2012
- SB 2012 ISE (Ingenieurgesellschaft für Stilllegung und Entsorgung mbH): Sicherheitsbericht – Stilllegung des Forschungsreaktors FRG-1 und Abbau der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors der HZG; Entwurf, Stand 10.12.2012
- AI 2011 ISE (Ingenieurgesellschaft für Stilllegung und Entsorgung mbH): Ermittlung des Aktivitätsinventars für die Stilllegungs- und Abbaugenehmigung der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors; Stand 30.09.2011
- AK 2011 ISE (Ingenieurgesellschaft für Stilllegung und Entsorgung mbH): Konzept für den Abbau der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors; Stand 20.12.2011
- SA 2011 ISE (Ingenieurgesellschaft für Stilllegung und Entsorgung mbH): Störfallanalyse für die Stilllegung und den Abbau der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors; Stand 20.12.2011
- EU 2012 ISE (Ingenieurgesellschaft für Stilllegung und Entsorgung mbH): Angaben gemäß Art. 37 Euratom-Vertrag für die Stilllegung und Abbau der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors; Stand 28.02.2012
- UVU 2011 ISE (Ingenieurgesellschaft für Stilllegung und Entsorgung mbH): Umweltverträglichkeitsuntersuchung - Stilllegung und Abbau der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors; Stand 23.01.2011
- SO 2012 Betriebshandbuch FRG, Kapitel 1.4 – Strahlenschutzordnung; Stand 14.06.2012

- RFO 2010 Betriebshandbuch FRG, Kapitel 1.12 – Reststoff- und Freigabeordnung;
Stand 16.11.2010
- HO 2010 Betriebshandbuch FRG, Kapitel 1.15 – Herausgabeordnung; Stand
07.10.2010
- GEN 1967 Der Minister für Arbeit, Soziales und Vertriebene des Landes Schleswig-
Holstein: „Genehmigungsbescheid für den Betrieb der Reaktoren FRG 1
und FRG 2 der Reaktorstation Geesthacht-Tesperhude“; IX 26 B -
81/4.11 – Kiel, 6. September 1967
- GEN 1995 Der Minister für Finanzen und Energie des Landes Schleswig-Holstein:
„Genehmigungsbescheid zur Außerbetriebnahme und zum Teilabbau
des Forschungsreaktors FRG-2“; - VI 611 – 416.711.520 – Kiel,
17.01.1995

HZG im Dialog

1. Stilllegung und Stilllegungsstrategie

1.1 Vorhaben HZG

Stilllegungsstrategie und Begründung

Die Forschungsreaktoranlage und das Heiße Labor sollen nach Erhalt der Genehmigung ohne „Sicheren Einschluss“ sofort abgebaut werden. Der entsprechende Entwurf für den Stilllegungs- und Abbauantrag wird wie folgt begründet [SCHREINER 2013]:

- Vorhandenes Personal und dessen Kompetenz soll genutzt werden,
- Nutzung der vorhandenen Einrichtungen (insbesondere Heißes Labor) und erprobter Werkzeuge,
- Für einen „Sicheren Einschluss“ wären umfangreiche bauliche und technische Maßnahmen erforderlich (es gibt kein Containment),
- Andere Forschungsreaktoren sind erfolgreich sofort abgebaut worden.

Darüber hinaus wäre für einen „Sicheren Einschluss“ der Forschungsreaktoranlage zur Abschirmung der Verbleib des Wassers in den Becken erforderlich. Zur Vermeidung von Korrosion an bestimmten Materialien müsste die Beckenwasserreinigung und die Kontrolle der chemischen Zusammensetzung für den gesamten Zeitraum in Betrieb gehalten werden. Das wäre erheblicher Aufwand und würde zusätzliche radioaktive Abfälle erzeugen [HZG 2013].

Durchgeführte Untersuchungen zur Stilllegungsstrategie

Die Untersuchungen des HZG zum „Sofortigen Abbau“ sind in den vorne aufgeführten eingesehenen Unterlagen zum Genehmigungsantrag enthalten. Darauf wird in den folgenden Kapiteln eingegangen.

Ein geschlossener Bericht zur Untersuchung des „Sicheren Einschlusses“ mit Abwägungen gegenüber dem „Sofortigen Abbau“ befand sich nicht in den eingesehenen Unterlagen.

Laut Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU) wurde der „Sichere Einschluss“ als Vorhabensalternative geprüft. Danach wurde diese Stilllegungsstrategie verworfen, da die beim Abbau für das Personal wirksamen Dosisleistungen relativ gering sind

und deshalb kein fernbedienter Abbau notwendig ist, sondern der Abbau schon jetzt manuell oder fernhantiert erfolgen kann. Außerdem wären zum Erreichen eines „Sicheren Einschlusses“ mangels Containment aufwändige Maßnahmen erforderlich.

Es wurden Berechnungen zur Abnahme des Radioaktivitätsinventars nach 10, 20 und 30 Jahren durchgeführt. Das Gesamtradioaktivitätsinventar reduziert sich durch den radioaktiven Zerfall von $1,5 \cdot 10^{15}$ Bq im Jahr 2014 über $8,9 \cdot 10^{14}$ Bq und $5,1 \cdot 10^{14}$ Bq auf $3,0 \cdot 10^{14}$ Bq. Das ist über 30 Jahre insgesamt der Faktor 5 und hauptsächlich auf den Zerfall von H-3 zurückzuführen. Die radiologisch relevanten Radionuklide C-14 und Cs-134 reduzieren sich in diesem Zeitraum kaum. Auf relativ niedrigem Radioaktivitätsniveau verringern sich die ebenfalls relevanten Co-60 um ca. den Faktor 50 und Cs-137 um ca. 2. Nach [HZG 2013] ist das kein wirkliches Argument für einen sicheren Einschluss.

Für einen „Sicheren Einschluss“ wurde im Nachgang zur Veranstaltung „HZG im Dialog“ am 15.01.2013 die Einbringung der aktivierten Teile in einen auf den Boden von Becken IV stehenden Abschirmbunker betrachtet. Es würde eine etwa 1 m dicke Abschirmung aus Stahl und Beton benötigt [MICRO 2013]. Der Zustand der Teile – vor allem der Beryllium-Reflektoren – nach einem mehrere Jahrzehnte dauernden Einschluss kann nicht vorhergesagt werden, da es hierfür keine Erfahrungen gibt. Es kann deshalb zu großen Problemen beim Herausholen kommen. Darüber hinaus würde während der Einschlusszeit das H-3 aus den Beryllium-Reflektoren fortlaufend freigesetzt und würde zu einer Kontamination der Gebäudestruktur führen. Selbst wenn die Abschirmung ein geschlossenes Gehäuse wäre, würde das H-3 durch Diffusion in die den Abschirmbunker umgebende Luft entweichen. Abschirmung der ionisierenden Strahlung und Rückhaltung des H-3 könnten im Bunker nicht so effektiv wie in speziell dafür eingesetzten Behältern realisiert werden. Momentan wird das freigesetzte H-3 überwiegend im Beckenwasser gebunden.

1.2 Betrachtungen zur Stilllegungsstrategie

In diesem Kapitel werden auf Grundlage der Erkenntnisse aus dem Besuch im HZG [HZG 2013] wichtige Aspekte zur Entscheidung über die Stilllegungsstrategie diskutiert.

Zustand der Anlage

Die stillzulegende Anlage bildet einen aus mehreren Gebäuden mit unterschiedlichen Baualtern bestehenden Komplex. Die für die hier anzustellenden Betrachtungen wichtigsten Komplettteile sind das Reaktorgebäude, die aus zwei Teilen bestehende Experimentierhalle und das Heiße Labor.

Die bauliche Stabilität scheint für alle Gebäude gut.

Mit Ausnahme der Betonzellen im Heißen Labor haben die Gebäude keinen luftdichten Abschluss gegenüber der Umwelt, wie es etwa durch das Containment bei Atomkraftwerken mit Leistungsreaktoren der Fall ist. Im Reaktorgebäude und im Heißen Labor besteht eine durch aktive Systeme erzeugte gerichtete Luftströmung mit der eine Unterdruckstaffelung verbunden ist.

Im Reaktorgebäude befindet sich ein Beckenkomplex aus 4 Becken, die in Reihe miteinander verbunden sind. Die Verbindungen sind durch Schotten verschließbar. Der früher in Becken IV betriebene Reaktor FRG-2 ist teilweise abgebaut, Restkomponenten befinden sich noch im Becken. In Becken I befindet sich mit Ausnahme der Brennelemente noch das Kerntraggerüst des Reaktors FRG-1. In den Becken befinden sich noch alle Beryllium-Reflektoren der beiden Reaktoren und weitere Komponenten, die für den Betrieb der Reaktoren und die betriebene Forschung erforderlich waren.

Eine radiologische Charakterisierung der Anlage wurde durchgeführt. Dafür wurden vorhandene Angaben und Aufzeichnungen ausgewertet sowie gamma-spektrometrische Messungen, Dosisleistungsmessungen, Aktivierungsrechnungen, Analogie- und Plausibilitätsbetrachtungen durchgeführt. Als Hauptergebnisse werden angegeben:

- Außerhalb der Becken und der Zellen des Heißen Labors gibt es nur wenig kontaminierte Bereiche,
- Kein Alpha-Strahler in der Forschungsreaktoranlage und außerhalb der Zellen im Heißen Labor,
- Keine Aktivierung des Erdreiches um Becken III und IV,
- Keine Kontaminationen außerhalb der Kontrollbereiche.

Status der Anlage

Die gesamte Anlage ist kernbrennstofffrei.

Der Forschungsreaktor FRG-2 ist stillgelegt und teilweise abgebaut.

Der Forschungsreaktor FRG-1, die ganze Reaktoranlage und das Heiße Labor befinden sich im Nachbetrieb. Das bedeutet für alle gegenwärtigen Tätigkeiten gilt noch die Betriebsgenehmigung [GEN 1967]. Im Rahmen des Nachbetriebs wurden

- alle Brennelemente in das Herkunftsland des Kernbrennstoffs USA zum dortigen Verbleib mit freier Verwendung durch den Abnehmer abtransportiert,
- alle Versuchsanordnungen und Abschirmeinrichtungen in der Experimentierhalle (auch aus dem dortigen Kontrollbereich) wurden bzw. werden vollständig abgebaut und an andere Forschungseinrichtungen zur Weiternutzung abgegeben,
- Stellflächen geschaffen,
- bauliche Änderungen im Bereich der alten und neuen Experimentierhalle vorgenommen.

Strahlenbelastungen

Für den „Sofortigen Abbau“ wurden von HZG die Strahlenbelastungen für Personal und Bevölkerung abgeschätzt. Danach sind die Dosiswerte sehr deutlich unterhalb der Grenzwerte der Strahlenschutzverordnung und die Kollektivdosis für das Personal ist mit 124 Personen-mSv im Vergleich zur Stilllegung von Atomkraftwerken mit Leistungsreaktoren um mehr als den Faktor 10 geringer [SB 2012].

Eine vergleichbare Abschätzung für den „Sicheren Einschluss“ enthielten die eingesehenen Unterlagen nicht.

Die Ergebnisse für die Strahlenbelastungen sind plausibel, da das Radioaktivitätsinventar der Forschungsreaktoren deutlich kleiner ist als bei Leistungsreaktoren, die Anlage und der Abbau weniger komplex sind und die Zerlegung kontaminierter Teile überwiegend entweder unter Wasser oder in den Zellen des Heißen Labors stattfinden soll.

Zum Vergleich wird hier das Radioaktivitätsinventar im Atomkraftwerk Obrigheim zur Stilllegung genannt. Es betrug nach etwa gleichem Zeitraum seit der Abschaltung wie

für die Betrachtungen zur HZG-Forschungsreaktoranlage $1 \cdot 10^{17}$ Bq [KWO 2006] und drei Jahre später $3 \cdot 10^{16}$ Bq [ENBW 2010]. Das Radioaktivitätsinventar im HZG ist damit um etwa zwei Größenordnungen (knapp Faktor 100) geringer.

„Entsorgung“

Die bei Stilllegung und Abbau entstehenden radioaktiven Abfälle sollen am Standort in konditioniertem Zustand zwischengelagert werden [SB 2012] (siehe Kapitel 2).

Es soll keine Abklinglagerung zum Zweck der Freigabe nach § 29 StrlSchV erfolgen [HZG 2013].

Die Zwischenlagerung soll auf 10 Jahre befristet sein, da davon ausgegangen wird, die Abfälle dann zum Endlager Konrad bringen zu können. Sollte dies nicht möglich sein, kann die Zwischenlager-Genehmigung verlängert werden [SCHREINER 2012].

Radioaktive Reststoffe sollen über verschiedene Pfade uneingeschränkt und radioaktiv belastete Metalle nach Einschmelzen freigegeben werden [HZG 2013].

Es wurde keine zwischen „Sofortigen Abbau“ und „Sicheren Einschluss“ vergleichende Abfallmengen- und Radioaktivitätsbilanz zum Verbleib der radioaktiven Stoffe durchgeführt.

1.3 Bewertung

Den eingesehenen Unterlagen ist kein systematischer Vergleich der beiden möglichen Stilllegungsstrategien „Sofortiger Abbau“ und „Sicherer Einschluss“ anhand von relevanten Kriterien zu entnehmen. Im Rahmen der Umweltverträglichkeitsuntersuchung wurden allerdings einige qualitative Vergleiche gezogen und unabhängig davon auch einige orientierende Rechnungen zum „Sicheren Einschluss“ durchgeführt (Radioaktivitätsinventarabnahme, Abschirmrechnungen). Außerdem wurden bei der Entscheidung über die Stilllegungsstrategie die Erfahrungen an anderen Forschungsreaktorstandorten berücksichtigt.

Argumente von HZG

Die Argumente von HZG für den „Sofortigen Abbau“ werden wie folgt bewertet:

- Vorhandenes Personal und dessen Kompetenz soll genutzt werden.

Das Argument des Personals ist bei dieser Forschungsreaktoranlage anders zu bewerten als bei Leistungsreaktoren. Aufgrund der geringeren Größe und der deutlich geringeren Anlagenkomplexität kann das vorhandene Personal tatsächlich sehr weitgehend den Abbau durchführen. Der Abbau der Reaktorkomponenten und die Zerlegung dieser Komponenten sowie anderer in den Becken befindlichen Betriebs- und Forschungskomponenten sind Tätigkeiten, die vom jetzigen Personal während der Betriebszeit bereits in ähnlicher Form durchgeführt worden sind. Insofern ist das Personal mit diesen Arbeiten vertraut. Anders als bei Leistungsreaktoren muss nur in begrenztem Umfang Fremdpersonal eingesetzt werden.

Die jetzt vorhandene Zahl von MitarbeiterInnen im technischen Bereich [TABELLE 2013] ist, abhängig vom Erreichen der Altersgrenze zum Ruhestand, bis 2018 fast gleichbleibend und nimmt dann stark ab [GRAFIK 2013]. Bei einem „Sofortigen Abbau“ kann das Personal für den Restbetrieb der Anlage während der Stilllegung und mindestens bis zu den Abbrucharbeiten der Betonstrukturen für den Abbau voll eingesetzt werden. Es muss nur wenig Kompetenz neu erworben werden.

Das Personalargument für den „Sofortigen Abbau“ ist im vorliegenden Fall zutreffend.

- Nutzung der vorhandenen Einrichtungen (insbesondere Heißes Labor) und erprobter Werkzeuge.

Für den Abbau und die Zerlegung von Komponenten und Systemen sollen hauptsächlich die vorhandenen Werkzeuge eingesetzt werden. Mindestens ein Teil der höher radioaktiven Teile sollen in den Zellen des Heißen Labors zerlegt und verpackt werden. Die Werkzeuge und das Labor können nicht über mehrere Jahrzehnte in dem notwendigen Zustand vorgehalten werden. Nach einem „Sicheren Einschluss“ würden die Zerlegearbeiten dann wahrscheinlich nicht in vergleichbaren Zellen durchgeführt werden und es müssten neue Werkzeuge beschafft werden. Insbesondere die Nutzung des Heißen Labors hat bezüglich Strahlenschutz und Minimierung Vorteile.

Das Argument der Nutzung vorhandener Einrichtungen und Werkzeuge für den „Sofortigen Abbau“ ist zutreffend.

- Für einen „Sicheren Einschluss“ wären umfangreiche bauliche und technische Maßnahmen erforderlich (es gibt kein Containment).

Der „Sichere Einschluss“ des Reaktorgebäudes würde in der Tat umfangreiche bauliche und technische Maßnahmen erfordern, da das Gebäude ohne Containment keinen luftdichten Abschluss bildet.

Das Argument der Bevorzugung des „Sofortigen Abbau“ wegen vergleichsweise umfangreicher erforderlicher Maßnahmen für einen „Sicheren Einschluss“ ist zutreffend.

- Andere Forschungsreaktoren sind erfolgreich sofort abgebaut worden.

Das Argument ist zutreffend. Es gibt aber auch Beispiele für den „Sicheren Einschluss“.

- Aufrechterhaltung der Wasserchemie in den Becken.

Das Argument ist zutreffend, wenn keine andere Abschirmmöglichkeit realisiert werden kann. Das spricht eher für den „Sofortigen Abbau“.

Fazit

Die vorstehenden Argumente sprechen für die Stilllegungsstrategie „Sofortiger Abbau“

Weitere sinnvolle Kriterien für die Strategieentscheidung

Die in Kapitel 1.2 behandelten Aspekte werden bezüglich der Stilllegungsstrategie wie folgt bewertet:

- Zustand der Anlage

Die Stilllegungsbereiche Reaktorgebäude und Heißes Labor sind hinreichend voneinander getrennt, so dass ein getrennter Einschluss erfolgen könnte. Die bauliche Struktur scheint mindestens für 30 Jahre ausreichend, so dass nur wenig ertüchtigt werden müsste. Allerdings würde das fehlende Containment zu einem erheblichen Bauaufwand für einen „Sicheren Einschluss“ führen. Insgesamt ist die Herbeiführung

eines „Sicheren Einschlusses“ möglich. Die Ergebnisse der radiologischen Charakterisierung machen aber keinen Einschluss erforderlich.

Der Zustand der Anlage spricht nicht gegen den „Sofortigen Abbau“.

- Status der Anlage

Der in 1.2 beschriebene Status der Anlage spricht nicht gegen den „Sofortigen Abbau“.

- Strahlenbelastungen

Die in 1.2 genannten Ergebnisse sprechen auch aufgrund des vergleichsweise geringen Belastungsniveaus nicht gegen einen „Sofortigen Abbau“. Die in 1.1 aufgeführte Abnahme des Radioaktivitätsinventars lässt integral keine sehr große Abnahme der Strahlenbelastungen durch einen „Sicheren Einschluss“ erwarten. Die Situation ist hier anders als bei der Stilllegung von Atomkraftwerken mit Leistungsreaktoren, die ein um etwa den Faktor 100 höheres Radioaktivitätsinventar haben. Deren Radioaktivitätsinventar wird darüber hinaus von mehr radiologisch relevanteren Radionukliden geprägt.

Aufgrund der Strahlenbelastungen lässt sich kein eindeutiger Vorteil für eine der beiden Stilllegungsstrategien benennen.

- „Entsorgung“

Für die Stilllegung im HZG liegt keine vergleichende Mengen- und Radioaktivitätsbilanz für die beiden Stilllegungsstrategien vor. Deshalb kann keine Aussage über die diesbezüglich zu bevorzugende Strategie gemacht werden. Eine solche Bilanz auf Grundlage der vorgesehenen „Entsorgung“pfade einschließlich von Abgaben mit Abluft und Abwasser kann die geringere Umweltbelastung durch den Verbleib des Radioaktivitätsinventars aufzeigen. Es soll hier allerdings darauf hingewiesen werden, dass die Relevanz zwar gegeben, aber aufgrund der Reststoffmengen geringer ist als für die Stilllegung und den Abbau von Atomkraftwerken mit Leistungsreaktoren.

Da im HZG keine Abklinglagerung vorgesehen ist, würde die Anlage tatsächlich vollständig verschwinden und die radioaktiven Abfälle würden am Standort in einem Zwischenlager aufbewahrt werden.

Die Aufbewahrungsdauer ist allerdings ungewiss. Das bisher für diese Abfälle vorgesehene Endlager Konrad soll nach gegenwärtigen Planungen frühestens 2019 mit einem Probetrieb für die Einlagerung beginnen. Es kann abgeschätzt werden, dass frühestens 5 Jahre später theoretisch eine Endlagerung von Abfallbinden aus Geesthacht möglich wäre. Dies ist aber höchst unsicher, da die Zuteilung von Einlagerungskontingenten unter den öffentlichen kerntechnischen Einrichtungen derzeit noch nicht geregelt ist.

Davon abgesehen ist aufgrund der Endlagersituation in der Bundesrepublik Deutschland die Inbetriebnahme von Konrad nicht endgültig sicher. Die Probleme in der Asse sind teilweise grundsätzlicher Art und ihre Auswirkungen auf Konrad müssen noch betrachtet werden. Genau dies wird nun auch im politischen Raum diskutiert. Die Koalitionsvereinbarung der neuen Niedersächsischen Landesregierung enthält einen entsprechenden Passus [KOALITION 2013].

Im Prinzip wäre es sinnvoll, wenn die bei der Stilllegung anfallenden Abfälle nach Erreichen sinnvoller Chargengrößen Vorort konditioniert, für einen relativ geringen Zeitraum gelagert und dann direkt zum annahmehereiten Endlager transportiert und dort eingelagert werden könnten. Dies würde den Handhabungsaufwand für die Stilllegungs- und Abbauabfälle, die Zeit für deren Zwischenlagerung und die Zahl von Transporten verringern¹. Das hat sicherheitstechnische Vorteile und würde auch die Strahlenbelastung von Personal und Bevölkerung verringern.

Da vorläufig kein Endlager zur Verfügung steht, hätte insofern ein „Sicherer Einschluss“ Vorteile gegenüber einem „Sofortigen Abbau“.

- Auswirkungen schwerer Stör-/Unfälle

Hierzu kann keine Bewertung vorgenommen werden, da solche Fälle (z.B. Erdbeben, gezielter Flugzeugabsturz) nicht untersucht wurden. Weder die jetzige Anlage, noch das geplante Zwischenlager wären dagegen ausgelegt.

¹ Das gilt auch, wenn die Konditionierung nicht am Standort, sondern extern durchgeführt wird. In diesem Fall könnten die konditionierten Abfälle von der Konditionierungsanlage direkt zum Endlager transportiert werden.

Gesamtschau

Im Rahmen dieses Berichts ist kein wissenschaftsmethodisch einwandfreier, an Kriterien orientierter Vergleich der beiden Stilllegungsstrategien möglich. Es kann hier nur eine qualitative Gesamteinschätzung auf Grundlage des derzeitigen Kenntnisstandes erfolgen.

Ein „Sicherer Einschluss“ der kompletten Anlage ist nach Prüfung und Abwägung der von HZG genannten Gründe und der zusätzlich herangezogenen Kriterien u.a. aus sicherheitstechnischen Gründen nicht sinnvoll.

Auch ein „Sicherer Einschluss“ des gesamten Reaktorgebäudes mit dem Becken ist nach jetzigem Stand nicht sinnvoll.

Muss eine Entscheidung für die komplette Anlage getroffen werden, ist der „Sofortige Abbau“ zu bevorzugen.

Mögliche Alternative

Im Folgenden wird eine alternative Vorgehensweise aufgezeigt:

- Mit Stilllegung und Abbau wird unmittelbar nach Erteilung der Genehmigung begonnen.
- Zunächst werden alle im Keller unter den Becken befindlichen Komponenten und ggf. noch im Bereich der Experimentierhalle befindlichen Einrichtungen abgebaut und zerlegt.
- Falls erforderlich wird der Keller dekontaminiert.
- Dann sind alle in den Becken befindlichen Komponenten und Einrichtungen zu zerlegen bzw. abzubauen und zu zerlegen.
- Die Becken werden vom Wasser entleert und anschließend die Beckenwände nass dekontaminiert.
- Die Verschlüsse aller Durchführungen aus den Becken in den Keller und in die Experimentierhalle werden überprüft und wenn notwendig ertüchtigt.

Stilllegung und Abbau im HZG

- Dekontamination aller zugänglichen Innenflächen des Reaktorgebäudes mit Verdacht auf Kontamination.
- Abbau aller nicht mehr benötigten Einrichtungen in der Reaktorhalle.
- Zum Schutz der außen zum Teil frei liegenden Bereiche der Becken I und II wird ein Raum aus der Experimentierhalle abgetrennt und mit einer Außenwand versehen. Das in diesem Bereich befindliche und entleerte Stopfenlager wird sofern notwendig dekontaminiert und verschlossen.
- In den Zellen des Heißen Labors werden seit Beginn des Abbaus dabei anfallende Teile sukzessive zerlegt und in Behälter gefüllt. Sind diese Arbeiten abgeschlossen, wird auch das Inventar der Zellen demontiert und soweit möglich zerlegt und in Behälter gefüllt. Die Behälter werden aus dem Heißen Labor entfernt.
- Die Zellen werden hermetisch verschlossen und die Bereiche im Heißen Labor außerhalb der Zellen sofern notwendig dekontaminiert.
- Hermetisches Abdecken des gesamten Beckens unter Berücksichtigung der erforderlichen Statik.
- Stehenlassen von Becken und Reaktorgebäude sowie Heißem Labor, bis ein Endlager für die radioaktiven Abfälle aus dem HZG annahmefähig ist.
- Die Experimentierhalle und andere Anlagengebäude können parallel zum übrigen Abbau abgerissen werden.

Die hier anschließende Aufzählung der Vor- und Nachteile der alternativen Vorgehensweise steht unter den Randbedingungen der atomrechtlich zulässigen und gegenwärtig von HZG beabsichtigten Umgangsweise mit den anfallenden Reststoffen.

Vorteile gegenüber vollständigem „Sicheren Einschluss“:

Die am stärksten radioaktiven Teile (Beryllium-Reflektoren und Reaktorbeckeneinbauten) sind entfernt.

Das Wasser kann aus den Becken entfernt werden.

Die Kompetenz des vorhandenen Personals und die vorhandenen Einrichtungen und Werkzeuge konnten weitgehend genutzt werden.

Es sind keine aktiven Systeme zur Gewährleistung der kerntechnischen Sicherheit oder zum Strahlenschutz erforderlich, allenfalls eine beweissichernde messtechnische Überwachung in unmittelbarer Umgebung.

Die eingeschlossenen Bereiche müssen nicht begehbar sein.

Vorteile gegenüber „Sofortigem Abbau“:

Durch geringere Zahl und Dauer von Handhabungen der radioaktiven Abfälle werden Strahlenbelastungen beim normalen Umgang und das Störfallrisiko verringert.

Es sind weniger Transporte radioaktiver Abfälle erforderlich, wodurch das Unfallrisiko und die Strahlenbelastung von Transportpersonal und Bevölkerung sowie die konventionellen durch Transporte verursachten Umwelteinflüsse verringert werden.

Durch den stattgefundenen radioaktiven Zerfall sind beim Abbau der Becken und der Zellen die Strahlenbelastungen von Personal und Bevölkerung weiter minimiert. Sie sind allerdings sowieso auf einem relativ geringen Niveau.

Soweit gegeben, können durch technischen Fortschritt verbesserte Abtrage-techniken für Beton und verbesserte Rückhaltetechniken eingesetzt werden.

Die gering radioaktiven, zur Freigabe vorgesehenen Betonstrukturen und Armierungen sind weiter abgeklungen. Dadurch ist die radioaktive Belastung der freigegebenen Stoffe verringert und Mensch und Umwelt werden durch die Freigabe weniger belastet.

Der mit Abstand größte Teil der bei Stilllegung und Abbau anfallenden radioaktiven Abfälle fällt erst an, wenn ein Endlager zur Verfügung steht.

Möglicherweise kann der Bau eines neuen Zwischenlagers unterbleiben. Voraussetzung dafür wäre, dass für das auf dem HZG-Gelände bestehende Zwischenlager keine sicherheitstechnischen Bedenken gegen die Erhöhung des gegenwärtig genehmigungstechnisch begrenzten Radioaktivitätsinventars bestehen und für die anfallenden Abfälle genügend Kapazität frei ist.

Das HZG stellt integral mehr Arbeitsplätze zur Verfügung.

Nachteile gegenüber „Sofortigem Abbau“:

Es muss über längere Zeiträume ein gewisser Restbetrieb aufrechterhalten werden.

Die Gebäudestrukturen müssen über einen längeren Zeitraum erhalten werden.

Für das Verschließen der Becken im Reaktorgebäude und der Zellen im Heißen Labor müssen bauliche Maßnahmen ergriffen werden.

Da für die Stilllegung von Forschungsreaktoren in der Bundesrepublik Deutschland keine Rückstellungen gebildet werden, muss dies aus dem laufenden Bundeshaushalt finanziert werden. Bei längerem Einschluss könnte das Geld oder auch die Motivation für den weiteren Abbau fehlen.

Das Gelände steht nur zum Teil für eine andere Nutzung zur Verfügung.

Während des Einschlusses muss eine geringe Personalkapazität vorgehalten werden.

Fazit:

Ob die skizzierte Vorgehensweise vollständig oder teilweise (z.B. nur Lagerbecken und Reaktorgebäude) umsetzbar ist, müsste untersucht werden. Wenn ja, kann das mehr Vor- als Nachteile haben.

1.4 Beantwortung der Fragen der Vor-Begleitgruppe

Plausibilität der Entscheidung für den direkten Rückbau gegeben?

Die Entscheidung des HZG zwischen den beiden Strategien „Sofortiger Abbau“ und vollständiger „Sicherer Einschluss“ ist nachvollziehbar, plausibel und vertretbar.

Ist das Vorgehen des HZG schlüssig?

HZG ist schlüssig vorgegangen, auch wenn kein konsequenter Vergleich der beiden Stilllegungsstrategien durchgeführt wurde.

Risikoabwägung sicherer Einschluss und Zwischenlager?

Eine solche Abwägung ist den Unterlagen nicht zu entnehmen.

Sind Erkenntnisse aus anderen Stilllegungsverfahren umgesetzt worden?

HZG ist Mitglied in der Arbeitsgemeinschaft Forschungsreaktoren des Bundesforschungsministeriums und da insbesondere im Arbeitskreis Stilllegung. Es finden halbjährliche Treffen statt, an denen Vertreter von bundesdeutschen Forschungszentren und jeweils dem Forschungsreaktor in der Schweiz, in Dänemark und Österreich teilnehmen. Dort findet ein intensiver Austausch zum Stand der jeweiligen Stilllegungsprojekte statt [HZG 2013]. Im HZG liegen Unterlagen von der Stilllegung anderer Forschungsreaktoren vor.

Erkenntnisse aus der Stilllegung von Atomkraftwerken mit Leistungsreaktoren sind nur sehr begrenzt auf Forschungsreaktoren übertragbar. Insofern ist hier die Wahrung des Überblicks durch den Besuch von Fachtagungen ausreichend.

HZG im Dialog

2. Lagerung

2.1 Vorgesehene Zwischenlagerung

Die Zwischenlagerung der bei Stilllegung und Abbau anfallenden radioaktiven Abfälle soll in der „neuen“ Versuchshalle (1986 angebaut) erfolgen. Diese wird für diesen Zweck von der alten Versuchshalle bautechnisch getrennt und vollständig mit neuen Außenwänden versehen. Zur Einhaltung der Anforderungen zur Luftfeuchtigkeit während der Zwischenlagerung, soll die Halle mit einem Be- und Entlüftungssystem versehen sein. Die Abluft soll „grob“ (kein S-Filter) gefiltert werden. Im Normalfall soll Atmosphärendruck herrschen. [SB 2012]

Der Antransport aus dem Reaktorgebäude bzw. aus dem Heißen Labor soll auf einem von einem gasgetriebenen Stapler gezogenen Anhänger erfolgen. Für die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle ist die Einlagerung mit einer Krananlage in zwei getrennte Bereiche vorgesehen. Der Stapler kann nach HZG wegen des relativ geringen Radioaktivitätsinventars gas- und nicht elektrisch getrieben sein [HZG 2013].

Es sollen nur konditionierte Abfälle zwischengelagert werden. Eine Abklinglagerung ist nicht vorgesehen. Die Abfälle dürfen nicht flüssig und nicht brennbar sein. [HZG 2013]

Für das Zwischenlager (Transportbereitstellungshalle) liegt noch keine eigene Störfallanalyse vor. Einzelne Überlegungen sollen aus der Störfallanalyse für den Abbau übernommen werden. Das Zwischenlager soll keine besonderen Auslegungsmerkmale haben [SB 2012, S.94].

Den Unterlagen war noch kein Abgleich der vorgesehenen Zwischenlagerung mit den Sicherheitsanforderungen der RSK [RSK 2003] bzw. den Leitlinien der ESK [ESK 2012] zu entnehmen.

2.2 Bewertung

Es ist zu begrüßen, dass die Stilllegungs- und Abbauabfälle am Standort zwischengelagert werden sollen. Die Zwischenlagerung soll allerdings laut [SB 2012] bis zur Abgabe „in ein Bundesendlager oder eine sonstige externe Lagerstätte“ erfolgen.

Empfehlung: „sonstige externe Lagerstätte“ sollte zur Vermeidung von Transporten und zur Einhaltung des Verursacherprinzips gestrichen werden.

2.3 Beantwortung der Fragen der Vor-Begleitgruppe

Was sind Schadensszenarien?

Eine geschlossene Störfallanalyse zum Zwischenlager ist in den Unterlagen bisher nicht enthalten. Aus den Unterlagen und aus mündlichen Ausführungen waren folgende von HZG vorgesehene Betrachtungen zu entnehmen:

Interner Brand soll nicht betrachtet werden, da keine brennbaren Abfälle eingelagert werden sollen [HZG 2013].

Die Krananlage soll nicht nach KTA ausgelegt werden. Deshalb soll ein Lastabsturz betrachtet werden. Siehe auch [SA 2011].

Ferner wurden Eindringen von Gasen als nicht möglich und Systemausfälle als unproblematisch gesehen. Menschliches Versagen wurde auch betrachtet [SA 2011].

Es ist keine über das konventionelle Baurecht hinaus gehende Auslegung des Zwischenlagers vorgesehen. Die bei Sturm üblicher Weise auftretenden Belastungen, Erdbebenbelastungen (nach DIN 4149 keine Erdbebenzone) und Hochwasser (Lage 50 m NN) sollen damit abgedeckt sein. [HZG 2013]

Zum Flugzeugabsturz sollen keine Betrachtungen durchgeführt werden, da Restrisiko [HZG 2013].

Eigene Bewertung:

Es müssen alle Störfälle, die in [RSK 2003] bzw. [ESK 2012] genannt sind betrachtet werden. In Bezug auf internen Brand muss zumindest eine detailliertere Betrachtung für das Ent- und Beladen der Abfallgebände erfolgen.

Was würde es bedeuten, wenn ein Flugzeug auf die Transportbereitstellungshalle stürzt?

In den Unterlagen sind hierzu keine Überlegungen enthalten.

Eigene Bewertung:

Tritt dieser Fall ein ist zu unterstellen, dass zunächst einige Behälter (mindestens der schwachradioaktiven Abfälle) durch die mechanische Belastung ihre Integrität verlieren und radioaktive Stoffe eher bodennah freigesetzt werden. Die in der Umgebung wohnende Bevölkerung wird, wegen der Entfernungen, davon nicht stärker betroffen sein. In diesem Bericht kann nicht bewertet werden, wie stark die im Forschungszentrum außerhalb des Sicherungszaunes der kerntechnischen Anlage Beschäftigten betroffen sein können.

Kommt es in der Folge zu einem länger andauernden Kerosinbrand im Bereich der zwischengelagerten Abfälle so können durchaus erhebliche radioaktive Freisetzungen in die Umgebung verursacht werden. Neben der mechanischen sorgt zusätzlich die thermische Einwirkung zum Versagen von Behältern. Durch den thermischen Auftrieb gelangen dann radioaktive Stoffe auch in größere Entfernungen. Wie groß diese Auswirkungen sein können, muss einer sicherheitstechnischen Bewertung vorbehalten bleiben.

Welche Mosaik-Behälter werden benutzt? Wie sicher sind diese bei Gefahrenszenarien?

Für mittelradioaktive Abfälle werden MOSAIK-Behälter vom Typ B(U) und vom Typ A eingesetzt [HZG 2013].

Eigene Bewertung:

MOSAIK B(U) muss folgende Anforderungen erfüllen: In Transportkonfiguration (mit Stoßdämpfer) müssen die Behälter ihre Integrität soweit behalten, dass entsprechend einem Fall aus 9 m Höhe auf eine unnachgiebige Fläche und einem allumschließend Feuer bei 800°C über 30 Minuten nur wenig radioaktive Stoffe freigesetzt werden. Für den Typ A sind die Anforderungen wesentlich geringer und für die Behälter für schwachradioaktive Stoffe wegen ihres geringeren Radioaktivitätsinventars noch geringer.

Auch hier können die möglichen Auswirkungen für die Bevölkerung nur durch eine sicherheitstechnische Bewertung abgeschätzt werden.

Was passiert, wenn (Mosaik)Behälter kaputt gehen?

Eigene Bewertung:

Soweit bisher ersichtlich, werden nur höher aktivierte Metalle und die Beryllium-Reflektoren (letztere in den B(U)) in MOSAIK zwischengelagert. Mechanische und/oder thermische Belastungen müssen relativ hoch sein, damit der Behälter „kaputt“ geht. Treten hohe Belastungen auf, ist mindestens damit zu rechnen, dass der Deckel undicht wird. Durch die Beschaffenheit der Abfälle wird es zwar zu nicht vernachlässigbaren, aber auch nicht katastrophalen Freisetzungen kommen.

Sind Sicherheitsanforderungen an längerfristige Zwischenlagerung (10 + x Jahre) erfüllt?

Die Unterlagen haben hierzu keine Angaben enthalten. Die Sicherheitsanforderungen für die längerfristige Zwischenlagerung der RSK sollen aber eingehalten werden [HZG 2013].

Welche Faktoren würden die Sicherheit erhöhen?

Eigene Bewertung:

Nach gegenwärtiger Einschätzung (eingeschränkt durch die selektive Akteneinsicht) entspricht die sicherheitstechnische Auslegung gegen Einwirkungen von innen den rechtlichen Anforderungen. Eine Erhöhung der Sicherheit wäre hier bei durchgängigem Einsatz von störfallfesten Behältern und einer Auslegung des Krans nach KTA (Kerntechnischer Ausschuss) möglich. Bezüglich Kran ist darauf hinzuweisen, dass die maximale Fallhöhe für ein Abfallgebinde unter 5 m ist, in der Störfallanalyse aber ein Fall aus 9 m Höhe betrachtet wurde, für den radiologische Auswirkungen weit unterhalb des Störfallplanungswertes ermittelt wurden.

Eine Erhöhung der Sicherheit gegen Einwirkungen von außen ist durch die grundsätzliche Auslegung gegen diese möglich (z.B. Erdbeben oder Flugzeugabsturz). Beim Erdbeben könnte geprüft werden, inwieweit die erfolgte Auslegung für die Erdbebenzone 0 auch das historisch abzuleitende Bemessungserdbeben abdeckt. Für den Flugzeugabsturz müssen mindestens die Anforderungen der Leitlinien für die Zwischenlagerung der Entsorgungskommission des Bundesumweltministeriums er-

füllt werden [ESK 2012]. Eine Auslegung des Zwischenlagers würde vermutlich darüber hinausgehen.

Sind Kriterien aus Stresstest nach Fukushima angewendet worden? Bewertung?

Stresstests wurden bzw. werden bisher nur für bereits in Betrieb befindliche Anlagen durchgeführt. Zu Zwischenlagern für radioaktive Abfälle ist wegen des Radioaktivitätsinventars bisher noch kein Stresstest durchgeführt worden. Dies soll noch erfolgen, wenn ein Umgang mit radioaktiven Stoffen ab dem 10-fachen der Freigrenzen nach Strahlenschutzverordnung genehmigt ist [DBT 2012].

Gäbe es durch eine Kooperation mit Krümmel Risikoverringern?

Im Atomkraftwerk Krümmel wird ein Standort-Zwischenlager betrieben. Dessen Genehmigung beschränkt sich auf bestrahlte Brennelemente. Eine Einlagerung in dieses Lager ist unwahrscheinlich, da das AKW die Kapazität, wenn genehmigungsrechtlich für schwach- und mittelradioaktive Abfälle möglich, selber nutzen würde und die Kapazität wahrscheinlich bereits dafür nicht ausreichen würde. Eine Risikoverringerng könnte vor allem erreicht werden, wenn die MOSAIK mit den höher radioaktiven Stoffen dort gelagert werden könnten, da die Auslegung dieses Zwischenlager gegen Einwirkungen von außen besser ist. Andererseits würde sich möglicherweise für die Handhabung der MOSAIK die Strahlenbelastung des Personals erhöhen.

Für schwach- und mittelradioaktive Abfälle gibt es in Krümmel gegenwärtig kein Zwischenlager. Würde in Krümmel ein gemeinsames Zwischenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle betrieben, würde sich das Risiko einerseits durch die Beschränkung auf einen Standort und damit verbunden weniger Flächen- und Überwachungsbedarf verringern. Andererseits stünde bei einem katastrophalen Unfall mehr Freisetzungspotenzial zur Verfügung und es wären Transporte über öffentliches Straßenland erforderlich. Darüber hinaus wäre eine vergleichende Bilanz der Strahlenbelastungen für Personal und Bevölkerung erforderlich. Nach erster Einschätzung weist die Belastung bei Zwischenlagerung im HZG geringer.

3. Konditionierung

3.1 Vorgesehene Konditionierung

Die Konditionierung von radioaktiven Stilllegungs- und Abbauabfällen ist am Standort und extern vorgesehen. Bauschutt soll am Standort in geeignete Behälter gefüllt und fertig verpackt werden. Radioaktives Abwasser mit einer Radioaktivität von mehr als $3,7 \text{ MBq/m}^3$ wird mit Tankfahrzeugen zu einer externen Konditionierungsanlage gefahren. Auch alle weiteren kontaminierten und aktivierten Reststoffe sollen extern behandelt werden. Konkret angegeben sind hierfür Verbrennung, Hochdruckverpressung und Trocknung [SB 2012].

Für die Beryllium-Reflektoren ist bisher deren Verpackung in MOSAIK-Behältern vorgesehen.

Für Abfälle, die im HZG vorkonditioniert oder konditioniert werden, geschieht dies nach Ablauf- und Prüffolgeplänen in Abstimmung mit dem BfS [HZG 2013].

Im HZG sind eine Infasstrocknungsanlage und eine Kompaktierungsanlage (20 Mg) vorhanden.

3.2 Bewertung und Beantwortung der Frage der Vor-Begleitgruppe

Der beste radioaktive Abfall ist der, der nicht anfällt. Deshalb sollte grundsätzlich zunächst geprüft werden, ob anfallende Komponenten oder Systemteile im kerntechnischen Bereich (in diesem Fall an einem anderen Standort) weiter verwendet werden können. Dies wird von HZG beispielsweise mit den Experimentiereinrichtungen und den dafür notwendigen Abschirmblöcken praktiziert. Sie werden zur Nutzung an andere Forschungsanlagen abgegeben [HZG 2013]. Dabei handelt es sich um eine direkte Wiederverwendung, die auch im Sicherheitsbericht als erste Option genannt wird, wenn diese direkte Weiterverwendung im kerntechnischen Bereich möglich und wirtschaftlich sinnvoll ist [SB 2012].

Die zweitbeste Möglichkeit ist anfallende Materialien im kerntechnischen Bereich wieder zu verwenden. Dies ist zum Beispiel für einen Teil der metallischen Reststoffe möglich, die nach dem Einschmelzen als Transport- und Lagerbehälter oder als Ab-

schirmeinrichtungen Verwendung finden können. Hierzu findet gegenwärtig eine Prüfung der Möglichkeiten durch HZG statt [HZG 2013].

Gibt es Alternativen zur externen Konditionierung? Vor Ort?

Eigene Bewertung:

Für alle kontaminierten und aktivierten Reststoffe sollte unabhängig von der Höhe der Radioaktivitätskonzentrationen zunächst geprüft werden, ob eine Weiter- oder Wiederverwendung im kerntechnischen Bereich möglich ist.

Für die verbleibenden radioaktiven Abfälle ist die Prüfung von Alternativen zur externen Konditionierung sinnvoll, da dadurch Handhabungsschritte und Transporte vermieden werden können. Das verringert das Störfallrisiko und Strahlenbelastungen für Personal und Bevölkerung im normalen Ablauf. Außerdem wird dem Verursacherprinzip besser Rechnung getragen und es werden Querkontaminationen aus anderen Anlagen vermieden. Die Vermeidung externer Konditionierung war im bundesdeutschen Regelwerk auch lange Zeit in der Abfallkontrollrichtlinie vorgegeben [BMU 1994]. Es ist aus meiner Sicht nicht klar, ob dieser Teil der Richtlinie nach Verabschiedung einer neuen Richtlinie im Jahr 2008 tatsächlich aufgehoben ist.

Gegen die Konditionierung am Standort kann sprechen, wenn eine aus sicherheitstechnischen Gründen sinnvolle Konditionierungsmethode dort nicht ohne erheblichen Aufwand oder nur mit sicherheitstechnischen Nachteilen für den Standort und die Konditionierung eingerichtet werden kann. Das gilt beispielsweise für eine Verbrennungsanlage. Die Einrichtung einer Konditionierungsanlage am Standort ist auch nicht zielführend, wenn nur geringe Abfallmengen anfallen und verarbeitet werden müssen.

Bauschutt: Die vorgesehene Konditionierung am Standort sollte beibehalten werden.

Radioaktive Wässer: Grundsätzlich besteht hier die Möglichkeit des Einsatzes einer mobilen Verdampferanlage, die am Standort aufgestellt werden könnte.

Brennbare Abfälle: Eine Verbrennungsanlage sollte nur zentral betrieben werden. Die Einrichtung am Standort wäre insgesamt mit deutlichen Sicherheitsnachteilen verbunden. Ein (geringer) Teil dieser Abfälle sollte auf jeden Fall verbrannt werden, z.B. kontaminierte Öle. Bei anderen brennbaren festen Abfälle (z.B. Folien, Putzlap-

pen, Kleidung) müsste zwischen den sicherheitstechnischen sowie strahlenschutzbezogenen Vorteilen des Verzichts auf Verbrennung und den Nachteilen organischer Stoffe im Endlager abgewogen werden. Diese Abfälle könnten auch mit Hochdruck verpresst und dann in störfallfeste Behälter verpackt werden. Auch hierfür gibt es eine mobile Anlage.

Metallische Abfälle: Metallische Abfälle können eingeschmolzen oder (zumindest ein größerer Teil) mit Hochdruck verpresst werden. Einschmelzanlagen können nur zentral betrieben werden. Diese Konditionierungsmethode ist aus Strahlenschutzsicht nicht optimal, da neben verbleibenden radioaktiven Abfällen (geringeres Volumen) auch gering radioaktive Stoffe (größeres Volumen) anfallen, die dann in den konventionellen Bereich abgegeben werden. Mit Hochdruckverpressung wird dagegen ein fester Körper erzeugt, der in einen störfallfesten Behälter verpackt werden kann. Eine Hochdruckpresse ist auch in mobiler Form erhältlich und könnte am Standort aufgestellt werden. Die am Standort befindliche Kompaktierungsanlage ist hierzu nicht geeignet, da mit ihr nur ein zu geringer Druck erzeugt werden kann.

Bei der Hochdruckverpressung von radioaktiven Abfällen wird oft Restfeuchte aus den Stoffen oder von deren Oberflächen mobilisiert. Deshalb ist eine Hochdruckpresse in der Regel mit einer Trocknungsanlage gekoppelt. Ob die am Standort vorhandene Infasstrocknungsanlage für diesen Zweck ausreicht, müsste geprüft werden. Falls nicht, sind auch hierfür mobile Einrichtungen verfügbar.

Die störfallsichere Verpackung der Beryllium-Reflektoren und ihre spätere Endlagerung ist eine mögliche Umgangsweise. Da die Endlagerung von Beryllium aber nicht unproblematisch ist, sollte eine Wiederverwendung des Berylliums aus den Reflektoren geprüft werden. Die Reflektoren können aus neutronenphysikalischen Gründen nicht direkt weiter verwendet werden, sondern das Beryllium muss aufbereitet werden. Hierzu läuft ein internationales Forschungsprogramm deren Untersuchungen noch nicht abgeschlossen sind [HZG 2013]. Hierzu sollte auch bei anderen Forschungseinrichtungen mit vergleichbaren Reflektoren recherchiert werden.

4. Emissionen während der Stilllegung

4.1 Emissionsgründe und Antragswerte

Während des Betriebes einer kerntechnischen Anlage werden durch den Umgang mit radioaktiven Materialien Stoffe in die den Tätigkeitsbereich umgebende Luft (hauptsächlich als Aerosole) und in Wasser freigesetzt. Bei Stilllegungs- und Abbauarbeiten geschieht dies insbesondere bei Zerlege- und Oberflächenabtragarbeiten. Die Luft wird mittels einer gerichteten Strömung über S-Filter nach außen abgegeben. Das Wasser wird je nach Radioaktivitätsinventar als radioaktiver Abfall behandelt oder mit dem Abwasser in die Elbe abgegeben.

Für die Stilllegungs- und Abbaugenehmigung müssen für die Abgabe von radioaktiven Stoffen mit Abluft und Abwasser zulässige Höchstwerte beantragt werden. Für HZG sind dies pro Kalenderjahr [HZG 2012]:

Abluft

radioaktive Aerosole	$3,7 \cdot 10^{07}$ Bq,
Tritium	$1,5 \cdot 10^{11}$ Bq,
C-14	$1,2 \cdot 10^{09}$ Bq.

Abwasser

Radionuklidgemisch ohne Tritium	$2,0 \cdot 10^{09}$ Bq,
Tritium	$4,0 \cdot 10^{10}$ Bq.

Die beantragten Werte entsprechen jeweils den während des Betriebes der Forschungsreaktoranlage genehmigten Abgabewerten. Für die Abluft wird keine Abgabe von Jod und Edelgasen mehr beantragt. Diese Radionuklide treten wegen der Kernbrennstofffreiheit nicht mehr auf.

4.2 Durchgeführte Untersuchungen und beabsichtigte Vorsorge- maßnahmen

Es wurde eine radiologische Charakterisierung durchgeführt, auf deren Grundlage die im Restbetrieb bzw. bei Störfällen freigesetzten Radioaktivitätsmengen und deren Zusammensetzung abgeschätzt wurde.

Bei allen außerhalb der Becken durchgeführten Arbeiten mit Aerosol- oder Staubbefreiung sollen mobile Filteranlagen eingesetzt werden. Dazu werden die entsprechenden Arbeitsbereiche eingehaust und durch geführte Luftströmung ein Unterdruck erzeugt, um Leckagen in die direkte Umgebung zu verhindern. Die kontaminierte Luft wird über Filter abgeführt.

Bei der Zerlegung und Demontage von Komponenten und Systemteilen in den mit Wasser gefüllten Becken werden freigesetzte Stoffe weitgehend im Wasser zurückgehalten.

Für den Abbau des Reaktorbeckens nach Entleerung ist eine Einhausung über dem entsprechenden Beckenbereich vorgesehen, aus der mit einer separaten Zusatzlüftungsanlage die Luft über Filter abgesaugt wird [SB 2012]. Dadurch entsteht eine Luftströmung in das Becken, wodurch Freisetzungen nach außerhalb der Einhausung verhindert werden sollen. Zusätzlich ist für größere Staub- und Aerosolentwicklung eine Absaugung am Entstehungsort [AK 2011] und eine Sprühanlage zur Bindung des Staubs [UVU 2011] vorgesehen.

Im Heißen Labor sollen beim Abbau ebenfalls Einhausungen mit mobiler Lüftungsanlage eingesetzt werden [AK 2011].

4.3 Bewertung

Die folgenden Aussagen beziehen sich auf den Normalbetrieb.

Die insgesamt beantragte Abgabe von radioaktiven Stoffen mit der Abluft ist um die nicht mehr auftretenden Edelgase und Jod verringert. Die anderen Abgabewerte sollen nach HZG-Antragsentwurf auf dem Niveau des Forschungsreaktorbetriebes bleiben.

Zur Einschätzung des für Stilllegung und Abbau im HZG beantragten Umfangs der Abgaben werden genehmigte (KWO) bzw. beantragte (BIB) Werte für Stilllegung und Abbau von Atomkraftwerken mit Leistungsreaktoren herangezogen:

Ableitungen KWO (Kernkraftwerk Obrigheim) [MU 2008]

Abluft

Radioaktive Aerosole $1 \cdot 10^{10}$ Bq

Abwasser

Radionuklidgemisch ohne H-3 und Ra-226 $3,0 \cdot 10^{10}$ Bq.

H-3 $1,8 \cdot 10^{13}$ Bq

Ableitungen BIB A (Biblis A) [RWE 2012]

Abluft

Radioaktive Aerosole $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq

Abwasser

Radionuklidgemisch ohne H-3 $5,0 \cdot 10^{10}$ Bq

H-3 $1,5 \cdot 10^{13}$ Bq

Die zulässige Abgabe von Aerosolen über Abluft ist für das HZG um mehr als den Faktor 300 geringer als für die Atomkraftwerke mit Leistungsreaktoren. Es wird allerdings durch die Anlage bedingt zusätzlich H-3 und C-14 in größerem Umfang freigesetzt. Diese beiden Radionuklide werden als Gas freigesetzt und verdünnen sich deshalb schneller in der Umgebung,

Die zulässige Abgabe mit dem Abwasser ist für das HZG ohne H-3 um mehr als den Faktor 10 und für H-3 um etwa den Faktor 500 geringer als für die Atomkraftwerke mit Leistungsreaktoren.

Wenn die vorgesehenen (in 4.2 beschriebenen) Maßnahmen zur Rückhaltung durchgängig ergriffen werden, ist Vorsorge für eine möglichst geringe Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung und auch eine Verringerung der Strahlenbelastung des Personals getroffen.

Positiv ist auch die Zerlegung und Verpackung von Teilen der radioaktiven Abfälle in den Betonzellen des Heißen Labors zu bewerten. Dies sollte möglichst weitgehend genutzt werden.

Hinweise:

Die durch die radioaktiven Abgaben verursachte Strahlenbelastung für AnwohnerInnen hängt nicht nur von der Menge der freigesetzten Radioaktivität, sondern u.a. auch von der Entfernung des Wohnortes und den meteorologischen Bedingungen ab. Die aus den Abgabewerten mittels vorgegebener Vorschriften zu ermittelnden Strahlenbelastungen sind relativ gering. Es wird aber spätestens seit der Veröffentlichung einer Studie über Krebserkrankungen bei Kindern in der Umgebung von Atomkraftwerken (KiKK) [BFS 2007] in einem breiten Spektrum von WissenschaftlerInnen kontrovers diskutiert, ob die Abgaben aus den Anlagen die Ursache für die erhöhten Raten in der Umgebung von Atomkraftwerken sind.

4.4 Beantwortung der Fragen der Vor-Begleitgruppe

Was sind Schadensszenarien in den einzelnen Rückbauetappen?

In der Störfallanalyse für Stilllegung und Abbau wurden für folgende Störfälle Freisetzungsquellterme betrachtet [SA 2011]:

- Brand in einem Behälter mit Putzlappen
- Lastabsturz eines mit Beton beladenen Fasses im Freien auf dem Betriebsgelände aus 9 m Höhe
- Leckage eines Abwassertanks im Keller der Anlage,
- Beschädigung der Beckeneinhausung während der Fräsarbeiten an der Beckenwand.

Für folgende Störfälle wird begründet, warum keine Freisetzungen zu ermitteln sind oder das sie durch oben genannte Störfälle abgedeckt sind [SA 2011]:

- Andere Brandszenarien als das oben genannte,
- Leckage eines erdverlegten Sammelbehälters,
- Ausfall von Versorgungseinrichtungen,
- Sturm, Wasser,
- Eindringen von Gasen,
- Erdbeben,
- Flugzeugabsturz (Restrisiko).

Für die in [SA 2011] als abdeckend angesehenen Störfälle Absturz eines Fasses mit verschiedenem Inventar wurde eine Strahlenbelastung am Anlagenzaun von 0,046 mSv ermittelt.

Eigene Bewertung:

In [SA 2011] sind alle Störfälle behandelt worden, die im Stilllegungsleitfaden des Bundesumweltministeriums vorgegeben sind [BMU 2009a].

Eine sicherheitstechnische Bewertung der Störfallanalyse kann in diesem Rahmen nicht vorgenommen werden.

Wird Freisetzung so gering wie möglich gehalten? Welche Maßnahmen werden ergriffen?

Eigene Bewertungen:

Normalbetrieb:

In 4.2 des hier vorgelegten Berichts sind die Reduzierungsmaßnahmen für Abgaben mit der Abluft dargestellt. Wird das nachhaltig umgesetzt, kann von einem weitgehenden „so gering wie möglich“ gesprochen werden. Für das Abwasser wäre für eine solche Aussage eine detailliertere Betrachtung erforderlich.

Störfälle:

Für die Abschätzung von Strahlenbelastungen werden nach HZG konservative Annahmen unterstellt [SB 2012]. Eine Aussage darüber, inwieweit die Freisetzungen nach Störfällen so gering wie möglich gehalten werden, ist nur mit einer ausführlichen sicherheitstechnischen Betrachtung möglich.

Welche Gefahren ergeben sich für Personal und direkte Anwohner*innen (insbesondere Kinder)? Welche Schutzmaßnahmen?

Eigene Bewertung:

Soweit ohne eigene sicherheitstechnische Betrachtung beurteilbar, dürften Auswirkungen für AnwohnerInnen nur bei sehr starken Einwirkungen von außen (z.B. Flugzeugabsturz) möglich sein. Teile des Personals werden bei Störfällen auf jeden Fall betroffen und deshalb auch einer Gefahr ausgesetzt sein.

Müssen die im Antrag genannten Genehmigungswerte so hoch sein?

Mit der Frage dürften die Abgaben im Normalbetrieb gemeint sein.

Die Antragswerte für Abgaben im Entwurf für den Stilllegungsantrag von HZG sind relativ gering. Sie entsprechen den zulässigen Werten während des Betriebes der Forschungsreaktoranlage.

Im Jahr 2010 betragen die tatsächlichen Abgaben über die Abluft $1,3 \cdot 10^4$ Bq für radioaktive Aerosole, $3,1 \cdot 10^8$ Bq für C-14 und $5,8 \cdot 10^{10}$ Bq für H-3 [BMU 2010]. Diese Werte sind etwa die Hälfte von denen, die 2008 bzw. 2009 mit vollen Betrieb des FRG-1 abgegeben wurden [BMU 2009b]. Der Vergleich mit den entsprechenden, damals zulässigen und für Stilllegung und Abbau beantragten Werten zeigt, dass deren Abstand für C-14 und H-3 nicht sehr groß ist. Welche Möglichkeit für eine Reduktion der Antragswerte besteht, hängt vom Ursprung der Radionuklide während des Betriebes ab. Hierzu können in diesem Rahmen keine Aussagen gemacht werden. Für die Aerosole beträgt der Abstand mehr als den Faktor 1.000. Hier könnte geprüft werden, ob unter Berücksichtigung der vorgesehenen Rückhaltmaßnahmen während des Abbaus Spielraum für die Reduzierung des Antragswertes ist. Es ist allerdings darauf hinzuweisen, dass beim Abbau teilweise andere Tätigkeiten durchgeführt werden, die auch zu größeren Freisetzungen in die Reaktorhallenatmosphäre führen können als dies während des Betriebes der Fall ist.

Im Jahr 2010 betragen die tatsächlichen Abgaben mit dem Abwasser $7,8 \cdot 10^6$ Bq für das Radionuklidgemisch ohne H-3 und $1,8 \cdot 10^8$ Bq für H-3 [BMU 2010]. In den Jahren 2008 und 2009 waren die Werte für das Radionuklidgemisch etwas höher, und für H-3 etwas niedriger [BMU 2009b]. Diese tatsächlichen Abgaben sind etwa um den Faktor 100 geringer als die Antragswerte. Inwieweit hier eine Verringerung der Antragswerte möglich ist, lässt sich ohne weitere Prüfung, z.B. hinsichtlich der während des Betriebs angefallenen Wässer und den während der Stilllegung anfallenden Dekontaminationswässern, nicht beurteilen.

Gäbe es zusätzliche sinnvolle Maßnahmen?

Über die in 4.2 genannten Maßnahmen zur Rückhaltung beim Abbau im Normalbetrieb hinaus können im Rahmen des Prüfungsumfangs keine weiteren genannt wer-

den. Geprüft werden könnte, ob die Zerlegung von radioaktiven Teilen im Heißen Labor erweitert werden kann.

HZG im Dialog

5. Freigabe nach § 29 StrISchV

5.1 Beabsichtigte Freigabepfade

Für die von HZG beabsichtigte Nutzung von Freigabepfaden gibt es mehrere Quellen.

In [SCHREINER 2013] werden die uneingeschränkte Freigabe von nicht aktivierten Feststoffen und die zweckgerichtete Freigabe angegeben.

Im Sicherheitsbericht für den Stilllegungs- und Abbauantrag werden die uneingeschränkte Freigabe von Feststoffen, die Freigabe zur Beseitigung von Feststoffen und die Freigabe zur Verwertung von Feststoffen angegeben [SB 2012].

Die bereits gültige Reststoff- und Freigabeordnung für das HZG enthält ergänzend dazu die Uneingeschränkte Freigabe der Gebäude an stehender Struktur zum Abriss, die uneingeschränkte oder eingeschränkte Freigabe von Gebäuden zur Weiternutzung, die uneingeschränkte Freigabe der Bodenflächen und die uneingeschränkte Freigabe von Bauschutt und Bodenaushub > 1.000 Mg/a [RFO 2010].

Dazu wurde erläutert, dass die Freigaben zur Beseitigung (das wären Verbrennung und Deponierung) nicht weiter verfolgt werden sollen und die Freigabe zur Verwertung Einschmelzen bedeutet [HZG 2013].

5.2 Bewertung und Beantwortung der Fragen der Vor-Begleitgruppe

Der Beantwortung der Fragen sei vorausgeschickt, dass es u.a. aus Strahlenschutzgründen nicht sinnvoll ist, alle zur Freigabe vorgesehenen Reststoffe alternativ als radioaktive Abfälle zu behandeln. Es muss ein differenziertes Umgehen mit diesen Stoffen erfolgen.

Welche Freigabe-Pfade sind vorgesehen? Könnte das HZG mehr tun als es vorhat?

Die von HZG vorgesehenen Freigabepfade sind in 5.1 aufgeführt. Diese Pfade sind nach Strahlenschutzverordnung bei Einhaltung der dort festgelegten jeweiligen Freigabewerte zulässig. Die Einhaltung der Freigabewerte muss durch die so genannte Freimessung nachgewiesen werden.

Zur uneingeschränkten Freigabe siehe Antwort auf die nächste Frage. Der einzige verbleibende Freigabepfad ist dann hier die Freigabe von Metallen zum Einschmelzen.

Die gering radioaktiven Metalle werden nach der Abgabe an eine Metallschmelze nicht mehr kontrolliert. Wann die Metalle dort eingeschmolzen werden und ob mit Metallen anderer Herkunft gemeinsam ist die freie Entscheidung des Betreibers der Schmelzanlage. Auch für welche Produkte die eingeschmolzenen Metalle verwendet werden, unterliegt keinerlei Einschränkungen. Die trotzdem zu garantierende Einhaltung des Schutzzieles der Strahlenschutzverordnung (maximale Strahlenbelastung „im Bereich von 10 μ Sv) soll durch die Freigabewerte gewährleistet werden, die durch Modellierung und Prognosen abgeleitet wurden.

Die Modelle für den Umgang mit den Stoffen in der Schmelzanlage, für den anschließenden Umgang, für den Gebrauch der Produkte und die Ermittlung der Strahlenbelastung sowie die Prognosen für die anfallenden Mengen Metallschrott und dem zeitlichen Anfallverlauf, für die verfügbare Einschmelzkapazität und für die tatsächliche Verwendung sind mit großen Unsicherheiten belegt. Es ist deshalb zweifelhaft, dass die Einhaltung der Freigabewerte tatsächlich garantiert werden kann.

Für den Umgang mit den im HZG anfallenden Metallen gibt es bei Berücksichtigung der vorstehenden Probleme folgende Möglichkeiten:

Die Metalle werden zur Verwertung im kerntechnischen Bereich an entsprechende Anlagen abgegeben.

Es wird ein zusätzlicher Sicherheitsabstand zur Einhaltung des Schutzzieles erreicht, indem nur Metalle zum einschmelzen freigegeben werden, deren Radioaktivitätskonzentration deutlich unterhalb der Freigabewerte und maximal einen Faktor x über den Nachweisgrenzen bei der Freimessung liegen.

Ist uneingeschränkte Freigabe sinnvoll? Gibt es Alternativen?

Uneingeschränkte Freigabe bedeutet, dass nach Verlassen der Anlage keine Dokumentation des Verbleibs dieser Stoffe erfolgt. Der Adressat der Stoffe kann mit diesen also – wie mit Stoffen anderer Herkunft – beliebig umgehen, sie z.B. zur Herstellung von Gegenständen des täglichen Gebrauchs oder von Belegen (Straße,

Spielplatz ...) verwenden. Es ist keine Kontrolle möglich, wer für welche Zeiträume mit den Stoffen in Berührung kommt, ob es zur Akkumulation der freigegebenen Radionuklide in bestimmten Produkten kommt und ob sich Häufungen unterschiedlicher Produkte, die auch über verschiedene Pfade freigegeben sein können, für einzelne Personen ergeben können.

Die in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Freigabewerte beruhen auf Modellüberlegungen und Prognosen. Beides ist unbestreitbar Weise mit starken Unsicherheiten belegt. Vor allem können Änderungen von Modellparametern – wie bspw. Umgang mit Hausmüll, Verzehrsgewohnheiten, Nutzung bestimmter Gegenstände – immer erst mit mehrjähriger Verzögerung mit der Festlegung neuer Freigabewerte berücksichtigt werden. Für die bereits freigegebenen Materialien kann dann aber nichts mehr geändert werden.

Aus Sicht des Strahlenschutzes ist eine uneingeschränkte Freigabe von Materialien, die durch den Betrieb einer Atomanlage aktiviert oder kontaminiert wurden, nicht zwingend sinnvoll. Auch wegen der nach wie vor bestehenden Unsicherheiten bzgl. der tatsächlichen Auswirkungen ionisierender Strahlung auf den menschlichen Organismus. Als Alternative sind in der Bundesrepublik Deutschland die eingeschränkte Freigabe und die Behandlung als radioaktiver Abfall möglich. In anderen EU-Staaten, wie z.B. Frankreich, werden diese Abfälle in gesonderte Endlager eingelagert. An diese Endlager werden höhere Anforderungen als an eine Deponie, aber nicht so hohe Anforderungen wie an ein Endlager für radioaktive Abfälle gestellt.

Wie ist der Abstand des HZG- Plans zu Gesetzen einerseits und „atomkritischer“ Sicht andererseits zu bewerten?

Die Frage kann in diesem Rahmen nicht umfassend und schon gar nicht quantitativ beantwortet werden. Deshalb im Folgenden einige qualitative Anmerkungen.

Die von HZG angestrebten Freigaben sind alle durch die Strahlenschutzverordnung abgedeckt.

HZG schöpft die von der Strahlenschutzverordnung gegebenen Möglichkeiten zur Freigabe nicht voll aus. Auf die Möglichkeit der Deponierung von Bauschutt und die Verbrennung von Reststoffen (hierbei stellt sich allerdings auch die Wirtschaftlichkeitsfrage) sowie auf die Freigabe von Flüssigkeiten wird vollständig verzichtet. Da-

mit werden Stoffe, die höher belastet sind als für die uneingeschränkte Freigabe zulässig als radioaktive Abfälle behandelt und nicht in die Umwelt abgegeben.

Die Ausschöpfung der Freigabewerte für die uneingeschränkte Freigabe soll im Mittel 20 % betragen [HZG 2013a]. Damit hält HZG insgesamt einen Abstand zu den zulässigen Höchstwerten ein. Das bedeutet aber auch, dass diese zulässigen Werte für Einzelchargen bei der Freigabe in erheblich größerem Umfang ausgeschöpft werden.

Die Probleme, die mit der Freigabe grundsätzlich zusammenhängen, wurden in den Antworten zu vorstehenden Fragen kurz skizziert.

HZG im Dialog

Quellen

Neben den vorne aufgeführten eingesehenen Unterlagen wurden für diesen Bericht folgende Quellen herangezogen:

- BFS 2007 Bundesamt für Strahlenschutz: „Epidemiologische Studie zu Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken (KiKK-Studie)“; Studie des Deutschen Kinderkrebsregisters Mainz, 2007, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-20100317939>
- BMU 1994 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die nicht an eine Landessammelstelle abgegeben werden“; BAnz Nr. 19 vom 28.1.1994
- BMU 2009a Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Leitfaden zur Stilllegung, zum sicheren Einschluss und zum Abbau von Anlagen oder Anlagenteilen nach § 7 des Atomgesetzes vom 12. August 2009 (BAnz 2009, Nr. 162a)
- BMU 2009b Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung - Jahresbericht 2009“; Bonn, Dezember 2010
- BMU 2010 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung - Jahresbericht 2010“; Bonn, Juli 2012
- DBT 2012 Deutscher Bundestag: Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Sylvia Kotting-Uhl und der Fraktion Bündnis 90 / Die Grünen „Stresstest für Atommüllzwischenlager“, Drucksache 17/8419
- ENBW 2010 EnBW Kernkraft GmbH: Sicherheitsbericht – 2. Stilllegungs- und Abbaugenehmigung, Stand 21.04.2010

Stilllegung und Abbau im HZG

- ESK 2012 Entsorgungskommission: „ESK - Leitlinien für die Zwischenlage-
rung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeent-
wicklung“ Empfehlung vom 23.08.2012
- GRAFIK 2013 Helmholtz-Zentrum Geesthacht: Grafik zur Personalentwicklung
der Zentralabteilung Forschungsreaktor von 2011 bis 2031
- HZG 2013 Besichtigung der Anlagen, Einsicht in die vorgesehenen Antrags-
unterlagen und Gespräche mit dem Leiter der Zentralabteilung
Forschungsreaktor P. Schreiner, Geesthacht, 13./14.02.2013
- HZG 2013a Helmholtz-Zentrum Geesthacht: „Freigabe gemäß § 29 Strahlen-
schutzverordnung“, anlässlich HZG 2013 übergebenes Papier.
- KOALITION 2013 „Erneuerung und Zusammenhalt – Nachhaltige Politik für Nieder-
sachsen“; Koalitionsvereinbarung 2013 – 2018 von SPD und
Bündnis 90 / Die Grünen, 18.02.2013
- KWO 2006 Kernkraftwerk Obrigheim GmbH: Sicherheitsbericht Stilllegung
und Abbau Kernkraftwerk Obrigheim, 19.05.2006
- MICRO 2013 Helmholtz-Zentrum Geesthacht: Abschirmrechnungen mit Pro-
grammsystem Microshield; Februar 2013
- MU 2008 Umweltministerium Baden-Württemberg: „Genehmigungsbescheid
für das Kernkraftwerk Obrigheim (KWO) der EnBW Kernkraft
GmbH (EnKK)“, 1. Stilllegungs- und Abbaugenehmigung vom
28.08. 2008
- RSK 2003 Reaktor-Sicherheitskommission: „Sicherheitsanforderungen an die
längerfristige Zwischenlagerung schwach- und mittelradioaktiver
Abfälle“; Empfehlung vom 16.10.2003
- RWE 2012 RWE Power Aktiengesellschaft: „Kraftwerk Biblis Block A – Antrag
nach § 7 Abs. 3 Atomgesetz auf Stilllegung und Abbau“, u.a. S. 9,
Biblis 06.08.2012
- SCHREINER 2013 P. Schreiner (HZG): „Stilllegung und Abbau der nuklearen Ein-
richtungen“; HZG im Dialog, Geesthacht, 15.01.2013

TABELLE 2013 Helmholtz-Zentrum Geesthacht: Tabelle zu Qualifikation und Anzahl des Eigenpersonals im HZG; Unterlagennummer 9091 / CA / F 0093109 / 00

HZG im Dialog