

Kurzbeschreibung

Stilllegung des Forschungsreaktors FRG-1 und Abbau der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors sowie die Zerlegung des Reaktorbehälters des Nuklearschiffs Otto Hahn

Kurzbeschreibung

Stilllegung des Forschungsreaktors FRG-1 und Abbau der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors sowie die Zerlegung des Reaktordruckbehälters des Nuklearschiffs Otto Hahn

Helmholtz-Zentrum Geesthacht
Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH
Zentralabteilung Forschungsreaktor
Max-Planck-Straße 1
21502 Geesthacht

Datum: 01. November 2016

Revision: 2

	Erstellt	Geprüft	Freigegeben
Firma	ISE	HZG	HZG
Name	Ludwik	Drawe	Dr. Schreiner
Unterschrift	gez. Ludwik		

Dieser Bericht wurde in Zusammenarbeit mit den Firmen

**ISE Ingenieurgesellschaft für
Stilllegung und Entsorgung mbH
Carl-Zeiss-Straße 41
63322 Rödermark**



**Höfer und Bechtel GmbH
Ostring 1
63533 Mainhausen**



erstellt.

Zweck der Kurzbeschreibung

Mit den Antragsunterlagen für die Stilllegung des Forschungsreaktors FRG-1 und den Abbau der Forschungsreaktoranlage (bestehend aus dem FRG-1 und den noch vorhandenen Anlagenteilen des FRG-2) zusammen mit dem Heißen Labor des Helmholtz-Zentrums Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung sowie dem Reaktordruckbehälter mit Schildtank des Nuklearschiffs Otto Hahn ist gemäß § 3 Abs. 4 der Verordnung über das Verfahren bei der Genehmigung von Anlagen nach § 7 des Atomgesetzes (Atomrechtliche Verfahrensverordnung – AtVfV) „eine allgemein verständliche, für die Auslegung geeignete Kurzbeschreibung der Anlage und der voraussichtlichen Auswirkungen auf die Allgemeinheit und die Nachbarschaft vorzulegen.“

In der vorliegenden Kurzbeschreibung werden alle wesentlichen Aspekte aus den insgesamt geplanten Maßnahmen für den Abbau der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors sowie der Zerlegung des Reaktordruckbehälters mit Schildtank des Nuklearschiffs Otto Hahn in verständlicher Form zusammengefasst. Die Kurzbeschreibung enthält hierzu:

- Angaben zum Standort, zur Anlage und zum Abbauvorhaben,
- eine Beschreibung der anfallenden radioaktiven Reststoffe sowie Angaben über vorgesehene Maßnahmen zu deren Minimierung und schadlosen Verwertung,
- Angaben zur geordneten Beseitigung von radioaktiven Reststoffen als radioaktive Abfälle sowie deren vorgesehene Behandlung und voraussichtlicher Verbleib bis zur Endlagerung,
- die voraussichtlichen Auswirkungen auf die Allgemeinheit und die Nachbarschaft sowie Angaben über sonstige Umweltauswirkungen des Vorhabens und
- eine Übersicht über die geprüften Alternativen.

Inhaltsverzeichnis

Zweck der Kurzbeschreibung	3
Abbildungsverzeichnis	5
Abkürzungsverzeichnis	6
Begriffsbestimmungen	8
1 Einleitung	13
2 Alternativen	15
3 Standort	16
3.1 Geografische Lage	16
3.2 Besiedlung	17
3.3 Flächennutzung	18
3.4 Gewerbe- und Industriegebiete, militärische Einrichtungen	18
3.5 Verkehrswege	19
3.6 Meteorologische Verhältnisse	19
3.7 Geologische und hydrologische Verhältnisse	20
3.8 Seismische Verhältnisse	20
3.9 Radiologische Vorbelastung	20
4 Forschungsreaktoranlage, Heißes Labor und Reaktordruckbehälter mit Schildtank des Nuklearschiffs Otto Hahn	22
4.1 Anlagenhistorie	22
4.2 Funktionsprinzip	23
4.3 Technischer Zustand	27
4.4 Radiologischer Zustand	30
5 Abbau	31
5.1 Abbau der FRG und des HL	31
5.1.1 Bautechnische Maßnahmen	32
5.1.2 Abbaugeräte und -verfahren	32
5.1.3 Dekontaminationsverfahren und -einrichtungen	32
5.1.4 Abbau Forschungsreaktoranlage	33
5.1.5 Abbau Heißes Labor	35
5.1.6 Restabbau Gesamtanlage	36
5.2 Zerlegung des RDB-OH	37
5.2.1 Bautechnische Maßnahmen / Errichtung Zerlegehalle	38
5.2.2 Zerlegegeräte und -verfahren	39
5.2.3 Dekontaminationsverfahren und -einrichtungen	39
5.2.4 Zerlegung RDB-OH	39
5.2.5 Restabbau und Dekontamination Zerlegehalle und Betonschacht	41
6 Restbetrieb der FRG und des HL sowie Betrieb der Zerlegehalle	42
7 Strahlenschutz	43
7.1 Strahlenschutzbereiche	43
7.2 Strahlenschutzüberwachung	44
7.3 Strahlenschutzplanung	45
7.4 Strahlungs- und Aktivitätsüberwachung	45
8 Reststoffe und Abfälle	50
9 Störfallanalyse	53
10 Umweltauswirkungen	55

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1:	Luftbild der FRG, des HL, der TBH und Betonschacht des RDB-OH neben der Halle zur Komponenten-Nachuntersuchung (HAKONA) (Stand: 2016)	16
Abbildung 3-2:	Der Standort HZG mit der Umgebung im Umkreis von 10 km und Sektoreinteilung	17
Abbildung 4-1:	Draufsicht auf das Reaktorbecken	24
Abbildung 4-2:	Kühlkreislauf des FRG-1 (Primär- und Sekundärkreislauf)	25
Abbildung 4-3:	Aufbau des RDB	25
Abbildung 4-4:	Funktion der Primärumschleppumpen, Kühlmittelstrom im RDB während des Reaktorbetriebs	26
Abbildung 4-5:	Lageplan Gebäude und Anlagenbereiche der FRG und des HL	27
Abbildung 4-6:	Lage des Schachtbauwerks mit dem RDB-OH und der darüber zu errichtenden Zerlegehalle	29
Abbildung 5-1:	Luftbild der FRG und des HL sowie der TBH (Stand: 2016)	31
Abbildung 5-2:	Isometrieansicht der Zerlegehalle (hellgrün) und des Betonschachts	38
Abbildung 8-1:	Darstellung der Gesamtmassenbilanz	50
Abbildung 8-2:	Reststoffentsorgungswege	52

Abkürzungsverzeichnis

Abs.	Absatz
AtG	Atomgesetz
AtVfV	Verordnung über das Verfahren bei der Genehmigung von Anlagen nach § 7 des Atomgesetzes
bzw.	beziehungsweise
C-14	Radionuklid Kohlenstoff-14
ca.	circa
CAMC	Metall- Lichtbogenschneidverfahren (contact arc metal cutting)
Co-60	Radionuklid Cobalt-60
Cs-137	Radionuklid Cäsium-137
DIN	Deutsches Institut für Normierung
EN	Europäische Norm
etc.	et cetera
EVA	Einwirkungen von außen
EVI	Einwirkungen von innen
FRG	Forschungsreaktoranlage Geesthacht
FRG-1	Forschungsreaktor Geesthacht - 1
FRG-2	Forschungsreaktor Geesthacht - 2
ggf.	gegebenenfalls
GKSS	Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt mbH (heutiges HZG)
GmbH	Gesellschaft mit begrenzter Haftung
HAKONA	Halle zur Komponenten-Nachuntersuchung

H-3	Radionuklid Wasserstoff-3 (Tritium)
HL	Heißes Labor
HZG	Helmholtz-Zentrum Geesthacht
KBR	Kernkraftwerk Brokdorf
KKB	Kernkraftwerk Brunsbüttel
KKK	Kernkraftwerk Krümmel
KKS	Kernkraftwerk Stade
Mg	Megagramm – Maßeinheit für 1.000.000 g, ehemals metrische Tonne
mSv	milliSievert (physikalische Einheit der Körperdosis)
MW	Megawatt (physikalische Leistung)
NN	Normal Null (Höhe über Meeresspiegel)
o. g.	oben genannt
RDB	Reaktordruckbehälter
RDB-OH	Reaktordruckbehälter mit Schildtank des Nuklearschiffs Otto Hahn
Sr-90	Radionuklid Strontium-90
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
SZK	Standort-Zwischenlager Krümmel
TBH	Transportbereitstellungshalle
u. a.	unter anderem
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVU	Umweltverträglichkeitsuntersuchung
z. B.	zum Beispiel
z. T.	zum Teil

Begriffsbestimmungen

Abbau	Der Abbau einer kerntechnischen Anlage umfasst die Beseitigung von Strukturen (Gebäuden, Systeme, Komponenten), die Regelungsgegenstand der Genehmigung zur Errichtung und zum Betrieb der Anlage nach § 7 Abs. 1 AtG waren oder entsprechend zu bewerten sind ¹ .
Abfall, konventionell	Nicht-radioaktive Stoffe, die nach den Regelungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes einer Verwertung oder Beseitigung zugeführt werden.
Abfall, radioaktiv	Radioaktive Stoffe im Sinne des § 2 Abs. 1 AtG, die nach § 9a AtG geordnet beseitigt werden müssen, ausgenommen Ableitungen im Sinne des § 47 StrlSchV.
Ableitung	Abgabe flüssiger, aerosolgebundener oder gasförmiger radioaktiver Stoffe aus der Anlage und Einrichtungen der FRG und des HL auf hierfür vorgesehenen Wegen.
Abluft	Die aus einem Gebäude oder einem Raum abgeführte Luft.
Abriss	Bezeichnet im konventionellen Bauwesen das komplette oder teilweise Zerstören und Entsorgen von Bauwerken aller Art.
Aktivierung	Vorgang, bei dem ein Material durch Beschuss mit Neutronen, Protonen oder anderen Teilchen radioaktiv wird.
Aktivität	Zahl der je Sekunde in einer radioaktiven Substanz zerfallenden Atomkerne. Die Maßeinheit ist das Becquerel (Bq).
Aktivitätsrückhaltung	Einschluss des radioaktiven Inventars.

¹ Leitfaden zur Stilllegung, zum sicheren Einschluss und zum Abbau von Anlagen oder Anlagenteilen nach § 7 Atomgesetz, 23. Juni 2016 (BAnz AT 19.07.2016 B7)

Bearbeitung	Zerlegung, Sortierung, Sammlung, vorübergehende Lagerung während der Bearbeitung und Dekontamination von radioaktiven Reststoffen sowie Aktivitätsmessungen an radioaktiven Reststoffen.
Behandlung	Verarbeitung von radioaktiven Abfällen zu Abfallprodukten (z. B. durch Kompaktieren, Zementieren, Trocknen und das Verpacken der Abfallprodukte).
Be-Metallblockreflektor	Beryllium-Metallblockreflektor des FRG-1 diene zur Reflexion und Bündelung von Neutronen zur Durchführung von Experimenten an Materialproben.
Betriebsabfälle, radioaktiv	Radioaktive Abfälle, die beim Betrieb der FRG oder des HL angefallen sind oder beim Restbetrieb anfallen.
Dekontamination	Beseitigung oder Verminderung einer Kontamination.
Dosimeter	Messgerät zur Bestimmung der Dosis und / oder Dosisleistung.
Endlager	Anlage zur Endlagerung radioaktiver Abfälle, in der radioaktive Abfälle wartungsfrei, zeitlich unbefristet und sicher geordnet beseitigt werden.
Forschungsreaktoranlage	Die Forschungsreaktoranlage (FRG) besteht aus dem FRG-1 und den noch vorhandenen Anlagenteilen des FRG-2.
Fortluft	In das Freie abgeführte Abluft.
Freigabewert	Wert der massen- oder flächenspezifischen Aktivität gemäß Tabelle 1 Anlage III StrlSchV, bei deren Unterschreitung eine Freigabe gemäß § 29 StrlSchV zulässig ist.

Freimessung	Aktivitätsmessung, deren Ergebnis durch Vergleich mit den vorgegebenen Freigabewerten eine Entscheidung über die Freigabe des Materials ermöglicht.
Herausgabe	Dauerhafte Entfernung von Stoffen, die nicht kontaminiert und nicht aktiviert sind, aus dem Regelungsbereich des AtG. Es bedarf keiner Freigabe nach § 29 StrlSchV.
Kollektivdosis	Produkt, aus der Anzahl der Personen der exponierten Bevölkerungsgruppe und der mittleren Dosis pro Person.
Kontrollbereich	Bereich, in dem Personen im Kalenderjahr eine effektive Dosis von mehr als 6 mSv oder höhere Organdosen als 45 mSv für die Augenlinse oder 150 mSv für die Haut, die Hände, die Unterarme, die Füße und Knöchel erhalten können.
Ortsdosis	Dosis, die an einem bestimmten Ort gemessen wird.
Primärwasser	Wasser, das mit den Brennelementen in direkten Kontakt kommt.
Radioaktivität	Eigenschaft bestimmter Stoffe, sich ohne äußere Einwirkung umzuwandeln und dabei eine charakteristische Strahlung auszusenden.
Restbetrieb	Als Restbetrieb wird der Betrieb aller für die Stilllegung notwendigen Versorgungs-, Sicherheits- und Hilfssysteme sowie der Betrieb der für den Abbau von Komponenten, Systemen und Gebäuden notwendigen Einrichtungen nach Erteilung der Stilllegungsgenehmigung bezeichnet.
Reststoffe, nicht radioaktiv	Bei der Stilllegung und dem Abbau anfallende Stoffe, bewegliche Gegenstände, Anlagen und Anlagenteile, die weder kontaminiert noch aktiviert sind.

Reststoffe, radioaktiv	Während der Stilllegung und des Abbaus anfallende Stoffe, bewegliche Gegenstände, Anlagen und Anlagenteile, die kontaminiert und / oder aktiviert sind und schadlos verwertet oder als radioaktiver Abfall geordnet beseitigt werden.
Rückzug	Vorgehensweise für den Restabbau und die Freimessung der Gebäude mit dem Ziel, freigemessene Gebäudebereiche nicht mehr routinemäßig betreten zu müssen, um eine erneute Kontamination dieser Gebäudebereiche zu vermeiden.
Sperrbereich	Zum Kontrollbereich gehörende Bereiche, in denen die Ortsdosisleistung höher als 3 mSv/h sein kann.
Stilllegung	Der Begriff „Stilllegung“ bezieht sich im Atomgesetz auf die Maßnahmen in der zeitlichen Phase zwischen endgültiger Betriebseinstellung einerseits und dem Beginn des sicheren Einschlusses oder des Abbaus der Anlage oder von Anlagenteilen andererseits.
Störfall	Ereignisablauf, bei dessen Eintreten der Abbaubetrieb oder die Tätigkeiten aus sicherheitstechnischen Gründen nicht fortgeführt werden können und für den die FRG, das HL und die Zerlegehalle des RDB-OH auszulegen sind oder für den bei Tätigkeiten Schutzvorkehrungen vorzusehen sind.
Strahlenschutz	Der Schutz des Menschen und der Umwelt vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung.
System	Zusammenfassung von Komponenten zu einer technischen Einrichtung, die als Teil der Anlage selbstständige Funktionen ausführt.

Überwachungsbereich	Nicht zum Kontrollbereich gehörender betrieblicher Bereich, in dem Personen im Kalenderjahr eine effektive Dosis von mehr als 1 mSv oder höhere Organdosen als 15 mSv für die Augenlinse oder 50 mSv für die Haut, die Hände, die Unterarme die Füße und Knöchel erhalten können.
Wischttest	Untersuchung von Oberflächen auf abwischbare Kontamination.

1 Einleitung

Der Forschungsreaktor FRG-1 des Helmholtz-Zentrums Geesthacht, Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH (HZG) ist seit dem 28. Juni 2010 endgültig abgeschaltet und befindet sich in der Nachbetriebsphase. Am 24. Juli 2012 wurden die letzten bestrahlten Brennelemente zum Department of Energy nach Amerika abtransportiert. Die Forschungsreaktoranlage (FRG) und das Heiße Labor (HL) sind seitdem brennelementfrei.

Auf dem Gelände des HZG, in unmittelbarer Nähe zur Betriebsstätte der Forschungsreaktoranlage Geesthacht, befindet sich darüber hinaus der kernbrennstofffreie Reaktordruckbehälter mit Schildtank des Nuklearschiffs Otto Hahn (RDB-OH). Dieser wurde im Juni 1981 im Hamburger Hafen ausgebaut und zur Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt mbH (GKSS), dem heutigen HZG, transportiert und seitdem in einem eigens dafür errichteten Schachtbauwerk (Betonschacht) gelagert. Dieser Betonschacht stellt zusammen mit der für die Zerlegung des RDB-OH noch zu errichtenden Zerlegehalle eine weitere Betriebsstätte dar.

Der Abbau der FRG und des HL sowie die Zerlegung des RDB-OH soll im Rahmen einer einzigen und umfassenden Stilllegungs- und Abbaugenehmigung nach § 7 Abs. 3 Atomgesetz (AtG) durchgeführt werden.

Die Abbauarbeiten der FRG und des HL gliedern sich dabei in die drei folgenden Schritte:

- Abbau Forschungsreaktoranlage,
- Abbau Heißes Labor und
- Restabbau Gesamtanlage.

Sie beginnen in den jeweiligen Anlagenbereichen, sobald die erforderlichen Umbaumaßnahmen, die für die Aufrechterhaltung des Restbetriebs notwendig sind, soweit vorangeschritten sind, dass deren Abschluss nicht durch den Abbau von Anlagenteilen verhindert oder erschwert wird. Zunächst erfolgen die Einrichtung der Baustelle und der Aufbau der Transportlogistik, beispielsweise durch die Schaffung von Transportpfaden und die Errichtung von Hilfseinrichtungen (z. B. Fassaufzug).

Die Zerlegung des RDB-OH ist in die drei folgenden Schritte unterteilt:

- Errichtung Zerlegehalle,
- Zerlegung RDB-OH und
- Restabbau und Dekontamination Zerlegehalle und Betonschacht.

Für die Zerlegung des RDB-OH wird ein Gebäude, die sogenannte Zerlegehalle, über dem Betonschacht errichtet und unmittelbar an die bestehende Halle zur Komponenten-Nachuntersuchung (HAKONA) angrenzen. Der eigentliche Zerlegebereich wird dabei mit dem bestehenden Betonschacht verbunden. Um den Zerlegebereich herum wird die erforderliche Infrastruktur für die Zerlegung des RDB-OH, wie z. B. Lüftung, Kontrollbereichszugang, Materialschleuse etc. angeordnet. Für die optimierte geometrische und radiologische Verpackung der Abfälle des RDB-OH sollen die Betonzellen der FRG und des HL genutzt werden.

Es ist vorgesehen, alle Anlagenteile der FRG, des HL und der Zerlegehalle mit dem RDB-OH abzubauen und wenn möglich bis unterhalb der Freigabewerte gemäß Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) zu dekontaminieren und freizugeben. Radioaktive Anlagenteile, bei denen eine Dekontamination nicht möglich oder nicht sinnvoll ist, werden dem radioaktiven Abfall zugeordnet. Für die verbleibenden Gebäudestrukturen und das Anlagengelände ist die uneingeschränkte Freigabe bzw. Herausgabe vorgesehen, so dass diese aus der atomrechtlichen Aufsicht entlassen und im Anschluss anderweitig genutzt oder konventionell abgerissen werden können.

2 Alternativen

Gemäß Atomgesetz gilt der sogenannte Sichere Einschluss als Alternative zum sofortigen Abbau. Für die Forschungsreaktoranlage und das Heiße Labor wurde diese Variante durch HZG geprüft. Der Sichere Einschluss wurde verworfen, da sehr aufwändige Maßnahmen zum Erreichen eines solchen Anlagenzustandes notwendig sind. Die FRG selbst verfügt über kein Containment, was zur Herstellung eines Sicheren Einschlusses erforderlich wäre.

Außerdem liegen die Dosisleistungen der abzubauenen Anlagenteile bereits in einem Bereich, der einen manuellen bzw. fernhantierten Abbau, z. T. mit lokalem Einsatz von Abschirmungen, zulässt. Ein fernbedienter Abbau ist nicht notwendig. Somit hätte der Sichere Einschluss auch bezüglich der Aktivitäts- und Dosisleistungsreduzierung durch den radioaktiven Zerfall keine wesentlichen Vorteile gegenüber dem sofortigen Abbau.

Zusätzlich wurde die Variante „Sicherer Teileinschluss des leeren Reaktorbeckens“ geprüft. Die Variante „Sicherer Teileinschluss des leeren Reaktorbeckens“ wurde verworfen, da eine bauphysikalische Lebensdauerbetrachtung bzw. ein Standsicherheitsnachweis des Reaktorbeckens für den Zeitraum des „Sicheren Teileinschlusses“ aufgrund des teilweisen Einbaus der Forschungsreaktoranlage in den Geesthang nicht möglich ist.

Der RDB-OH hingegen befindet sich seit etwa 35 Jahren in einem Zustand, der dem Sicheren Einschluss nahezu entspricht. Durch den radioaktiven Zerfall verringerte sich in diesem Zeitraum das Aktivitäts- und Dosisleistungsniveau. Eine weitere vergleichsweise deutliche Reduzierung ist in den kommenden Jahren nicht mehr zu erwarten. Den nächsten Verfahrensschritt stellt somit der Abbau dar.

Als Verfahrensalternative zur Lagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle in der Transportbereitstellungshalle (TBH), wurde die Lagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle auch innerhalb der FRG und des HL betrachtet. Diese Variante wurde jedoch aus logistischen und radiologischen Gründen verworfen.

3 Standort

3.1 Geografische Lage

Die Forschungsreaktoranlage, das Heiße Labor und der Reaktordruckbehälter mit Schildtank des Nuklearschiffs Otto Hahn (siehe Abbildung 3-1) befinden sich auf dem Gelände des Helmholtz-Zentrums Geesthacht, Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH.

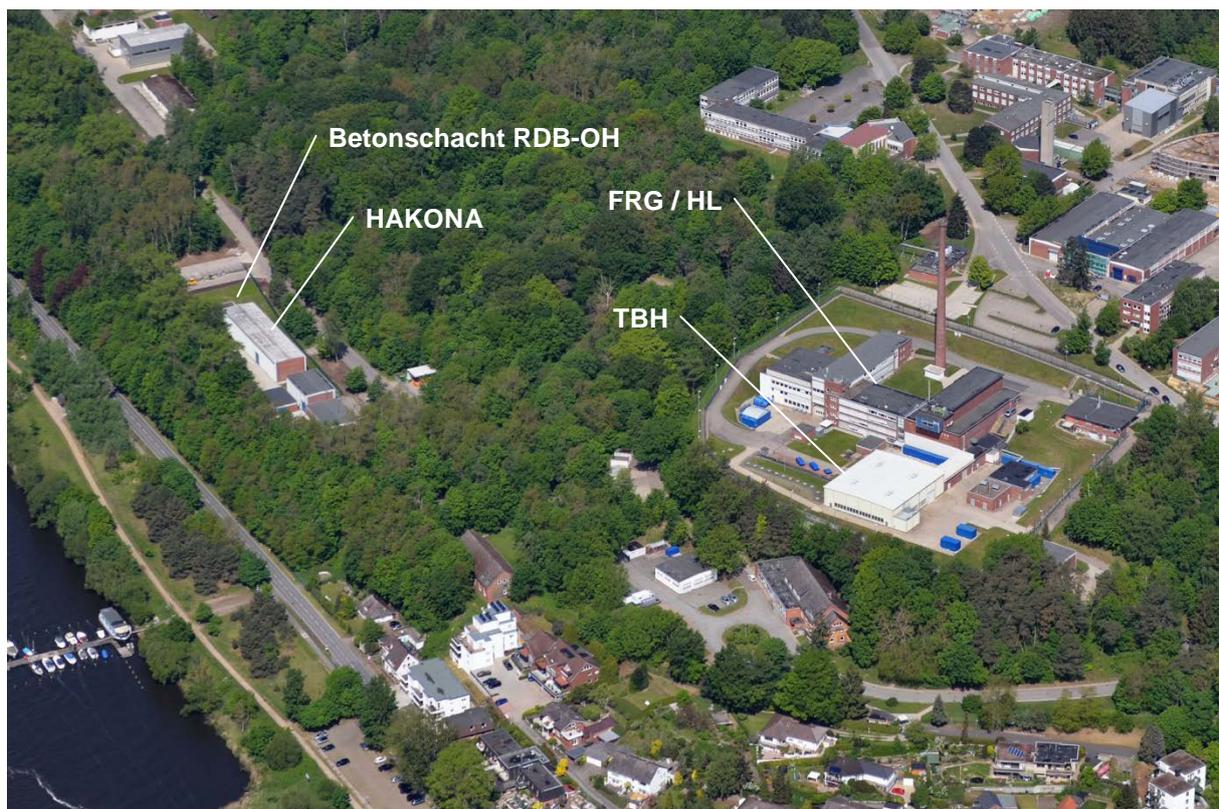


Abbildung 3-1: Luftbild der FRG, des HL, der TBH und Betonschacht des RDB-OH neben der Halle zur Komponenten-Nachuntersuchung (HAKONA) (Stand: 2016)

Der Standort HZG (siehe Abbildung 3-2) liegt etwa 35 km südöstlich des Stadtzentrums von Hamburg auf einem ca. 200 ha großen Sondernutzungsgebiet bzw. als Wald ausgewiesenen Bereich der Stadt Geesthacht im Landkreis Herzogtum Lauenburg (Schleswig-Holstein). Er wird nach Süden, zur Elbe hin, durch die in Südost-Nordwest-Richtung parallel zum Fluss verlaufende Elbuferstraße begrenzt. Nordwestlich befindet sich das Gelände des Kernkraftwerks Krümmel (KKK) und das Oberbecken des Pumpspeicherwerks Geesthacht. Im Osten der Anlage liegen die Geesthachter Ortsteile Grünhof und Tesperhude.



Abbildung 3-2: Der Standort HZG mit der Umgebung im Umkreis von 10 km und Sektoreinteilung

3.2 Besiedlung

In den Städten und Gemeinden im Umkreis von 10 km um den Standort HZG leben etwa 63.000 Menschen. Die mittlere Bevölkerungsdichte beträgt im gesamten 10 km Radius ca. 200 Einwohner/km² und liegt damit unter dem Durchschnitt der Bundesrepublik von etwa 230 Einwohner/km².

Die dem Standort am nächsten gelegenen Siedlungen sind die Geesthachter Ortsteile Grünhof und Tesperhude und schließen zum Teil direkt an das HZG Gelände an. Etwa 1 km nordwestlich vom Gelände entfernt liegt der Ortsteil Krümmel. Der Stadtkern von Geesthacht ist etwa 5 km entfernt.

3.3 Flächennutzung

In den Kreisen Herzogtum Lauenburg und Stormarn wird fast ausschließlich der Landschaftsraum der Geest mit überwiegend ackerbaulicher und forstwirtschaftlicher Nutzung erfasst. In den Landkreisen Harburg und Lüneburg sowie in dem östlichsten noch mit erfassten Teil der zu Hamburg gehörenden Marsch- und Vierlande, liegen hingegen fast ausschließlich Marschflächen mit sehr hohen Anteilen landwirtschaftlicher Nutzfläche vor. Den Bodenverhältnissen entsprechend ist hier auch in großem Umfang Grünlandnutzung vorzufinden.

Prägendes Oberflächengewässer im Umfeld des Standorts HZG ist die Elbe. Sie verläuft etwa in Südost-Nordwest-Richtung zwischen Lauenburg im Süden und Geesthacht im Norden. Außerdem gibt es noch kleinere natürliche und künstliche Fließgewässer (z. B. Elbe-Lübeck-Kanal), die in die Elbe münden. Diese Flüsse sowie andere offene Gewässer in der Umgebung des HZG werden auch für die Freizeitgestaltung, für die Binnenschifffahrt, für den Sportbootverkehr oder für die Sportfischerei genutzt.

Im Umkreis von 10 km befinden sich sechs Naturschutzgebiete. Weiterhin sind innerhalb dieses Umkreises Landschaftsschutzgebiete und Gebiete zu finden, die nach Natura 2000 als Flora-Fauna-Habitat Gebiet oder Vogelschutzgebiet ausgewiesen sind und einen besonderen Schutz des Lebensraumes bieten.

Die Wälder in der Umgebung des Anlagengeländes besitzen eine Bedeutung für die landschaftsgebundene Erholung. Hervorzuheben ist auch der Fernradwanderweg entlang des Elbufers.

3.4 Gewerbe- und Industriegebiete, militärische Einrichtungen

Im Umkreis von 10 km befinden sich mehrere Industriegebiete. Nordwestlich des Standorts HZG liegen beispielsweise die Industriegebiete „Grüner Jäger“ mit einer Quarzschmelze, einer Maschinenfabrik, einem Maschinenteilhersteller und einem Großhändler sowie „Düneberg“ mit einer höheren Anzahl an Industrieanlagen, wie beispielsweise elektrotechnische Betriebe oder Maschinenfabriken.

Außerdem befindet sich nordwestlich des Standorts das Kernkraftwerk Krümmel (KKK).

Innerhalb des 10 km Umkreises existieren keine militärischen Einrichtungen.

3.5 Verkehrswege

Die Bundesstraße 5 (B 5) verbindet das Anlagengelände mit der Stadt Geesthacht und der Stadt Lauenburg. Am nördlichen Elbufer führt die Elbuferstraße entlang, von der mehrere Verbindungsstraßen auf die B 5 leiten. In etwa 800 m Entfernung, entlang des südlichen Elbufers, verläuft die Landesstraße 217 zwischen Marschacht und Artlenburg.

Die Gleisanlage, die entlang des HZG führt, ist stillgelegt und im Bereich der Lager für radioaktive Abfälle und der zu errichtenden Zerlegehalle abgebaut.

Der Schifffahrtsweg Elbe führt unmittelbar im Südwesten am Standort vorbei. Durch die Nähe zur Stadt Hamburg, die gute Anbindung an überregionale Wasserstraßen sowie die Nordsee besteht ein hohes Nutzungsaufkommen in Bezug auf die Binnenschifffahrt.

In einem Umkreis von ca. 50 km um den Standort befinden sich der internationale Flughafen Hamburg (37 km nordwestlich), der Flugplatz Uetersen-Heist (54 km nordwestlich) sowie die Landeplätze Lüneburg (17 km süd-südöstlich), Hamburg-Finkenwerder (41 km west-nordwestlich) und Lübeck-Blankensee (48 km nord-nordöstlich).

Im Umkreis von ca. 2 km des Standorts HZG und des Kernkraftwerks Krümmel (KKK) sowie bis zu einer Höhe von ca. 670 m über NN existiert ein Gebiet mit Flugbeschränkungen. Für den normalen Sichtflugverkehr besteht in diesem Gebiet ein Überflugverbot.

3.6 Meteorologische Verhältnisse

Das Klima wird wesentlich durch die Nähe von Nord- und Ostsee geprägt. Entsprechend dominieren maritime Wettereinflüsse, doch setzen sich bei östlichen Winden auch kontinentale Luftmassen durch. Typisch sind relativ milde Winter und oft nur mäßig warme Sommer bei meist wechselhafter Witterung.

In den vergangenen Jahren ergab sich eine vorherrschende Hauptwindrichtung aus Südwesten. Saisonal finden sich die höchsten Windgeschwindigkeiten im Winter (im Mittel etwa 5,4 m/s) und im Herbst (4,9 m/s). Die durchschnittliche jährliche Niederschlagssumme be-

trägt 721 mm. Inversionswetterlagen treten vor allem in den Monaten November bis Februar auf.

3.7 Geologische und hydrologische Verhältnisse

Der Standort HZG liegt unmittelbar am walddreichen Geesthang, der aus sandigen und kiesigen Ablagerungen der saalezeitlichen Grund- und Endmoränen besteht. Der nördliche Geesthang, der von Hamburg-Bergedorf bis Geesthacht reicht, bildete das ehemalige Ufer des Elbe-Urstromtals. Einsetzende Erosion schuf sowohl schluchtartige Einschnitte in den Geesthang als auch relief- und gewässerärmere Gebiete.

Die Geologie der Region ist in dieser Hinsicht über die letzten Jahrtausende unverändert geblieben und erstreckt sich von Hamburg-Bergedorf über Escheburg bis nach Geesthacht.

Der Grundwasserstand liegt am Standort auf Höhe des Elbwasserspiegels. Die Elbe wird im Bereich des HZG nicht mehr von der Tide beeinflusst. Der von der Tide beeinflusste Bereich der Elbe reicht heute von ihrer Mündung in die Nordsee bei Cuxhaven bis zur Staustufe und Wehr in Geesthacht. Das Anlagengelände liegt aufgrund seiner hohen Lage grundwasserfern.

In etwa 1,5 km Entfernung zum Standort befindet sich das Wasserwerk Krümmel mit vier Förderbrunnen mit einer Fördertiefe zwischen 70 und 120 m. Das Trinkwassergewinnungsgebiet erstreckt sich von Krümmel in nord-nordöstlicher Richtung bis Schwarzenbek. Das HZG-Gelände befindet sich ca. 500 m südöstlich vom Trinkwassergewinnungsgebiet. Etwa 5,3 km nordwestlich sind weitere Tiefbrunnen zur öffentlichen Wasserversorgung Geesthachts zu finden.

3.8 Seismische Verhältnisse

Der Standort HZG liegt in der norddeutschen Tiefebene. Die Gebietseinheit befindet sich gemäß der DIN EN 1998-1/NA:2011-01 in keiner Erdbebenzone.

3.9 Radiologische Vorbelastung

Die radiologische Situation am Standort HZG wird im Wesentlichen bestimmt durch:

- das Kernkraftwerk Krümmel (KKK) und
- das Standort-Zwischenlager Krümmel (SZK).

Das KKK und das SZK befinden sich nordwestlich in etwa einem Kilometer Entfernung zum Anlagengelände. Die für den Betrieb des KKK genehmigten Grenzwerte führen zu einer Strahlenexposition unterhalb der in der StrlSchV festgelegten Grenzwerte. Das Standortzwischenlager Krümmel hat keinen Einfluss auf die radiologische Vorbelastung, da eine mögliche Direktstrahlung aufgrund der Entfernung keinen Einfluss auf den Standort HZG hat.

Die effektive Dosis für die radiologische Vorbelastung durch das KKK über den Luftpfad liegt unter Einbezug der genehmigten Abgabewerte des KKK unter 0,1 mSv im Kalenderjahr.

Für den auf dem Gelände des HZG nach § 7 StrlSchV (bzw. § 3 StrlSchV in früheren Ausführungen) genehmigten Umgang (Bereitstellungshalle, HAKONA) sowie die Einrichtungen der Landessammelstelle sind keine radioaktiven Ableitungen mit der Fortluft im bestimmungsgemäßen Betrieb vorgesehen. Für diese Anlagen bzw. Einrichtungen existieren keine Fortluftanlagen, die eine gezielte Entlüftung der jeweiligen Gebäude ermöglichen. Daher ist aus diesen Anlagen bzw. Einrichtungen auch dann keine signifikante Aktivitätsabgabe gegeben, wenn in der jeweiligen Innenluft die Aktivitätsgrenzwerte nach Anlage VII Teil D Tabelle 4 in Verbindung mit § 47 Abs. 4 StrlSchV ausgeschöpft würden.

Die effektive Dosis für die radiologische Vorbelastung durch das KKK über den Wasserpfad (Nahbereich HZG) liegt unter Einbezug der genehmigten Abgabewerte des KKK unter 0,1 mSv im Kalenderjahr. Dabei sind zusätzlich auch mögliche Vorbelastungen durch weitere Anlagen und Einrichtungen, wie Forschungseinrichtungen und Krankenhäuser (z. B. durch Radionuklidausscheidungen von Patienten der Nuklearmedizin), berücksichtigt.

Für den Fernbereich (Elbe abwärts, im Tideeinflussbereich bei Brunsbüttel) werden zusätzlich die radiologischen Vorbelastungen durch die Kernkraftwerke Stade (KKS), Brokdorf (KBR) und Brunsbüttel (KKB) unter Einbezug deren genehmigter Abgabewerte berücksichtigt. Hieraus resultiert eine effektive Dosis von kleiner 0,2 mSv im Kalenderjahr.

4 Forschungsreaktoranlage, Heißes Labor und Reaktordruckbehälter mit Schildtank des Nuklearschiffs Otto Hahn

4.1 Anlagenhistorie

Forschungsreaktoranlage

- 20.10.1958 Erteilung der Genehmigung für die Errichtung und den Betrieb des Forschungsreaktors FRG-1
- 23.10.1958 Inbetriebnahme FRG-1
- 10.08.1959 Erteilung der Genehmigung bis zu einer Leistung von 200 kW
- 10.12.1959 Erteilung der Genehmigung bis zu einer Leistung von 5 MW
- März 1963 Inbetriebnahme FRG-2
- 1967 Umfangreicher Ausbau der Einrichtungen (z. B. getrennte Kühlkreisläufe)
- 23.11.1973 Erteilung der Genehmigung bis zu einer Leistung von 21 MW
- 06.06.1974 Erteilung der Genehmigung bis zu einer Leistung von 15 MW
- 1987 Überprüfung des Innenbetons der Becken und Sanierung von festgestellten Schäden; In der Folgezeit diverse Nachrüstmaßnahmen zur Anpassung der Anlage an den Stand von Wissenschaft und Technik
- 1991 Endgültige Außerbetriebnahme FRG-2
- 17.01.1995 Erteilung der Stilllegungsgenehmigung FRG-2;
In der Folgezeit Abbau und Entsorgung wesentlicher Teile (z. B. des Primärkreislaufs)
- 28.06.2010 Endgültige Außerbetriebnahme FRG-1;
Im Rahmen des Nachbetriebs wurden u. a. die Brennelemente entsorgt, Experimentiereinrichtungen an externe Einrichtungen weitergegeben, Stellflächen für den Abbau vorbereitet und bauliche Änderungen im Bereich der alten und neuen Versuchshalle durchgeführt

Heißes Labor

- 1971 Inbetriebnahme
- bis 1992 Untersuchung von überwiegend bestrahlten Druckbehälterwerkstoffen und Versuchsbrennstäben im Rahmen der Reaktorsicherheitsforschung
- seit 1992 Untersuchung, Zerlegung und Verpackung von HZG-eigenen radioaktiven Reststoffen und Abfällen

Nuklearschiff Otto Hahn

13.06.1964	Die „Otto Hahn“ läuft als einziges deutsches Schiff mit Kernenergieantrieb vom Stapel
bis 1968	Einbau des nuklearen Antriebs
11.10.1968	Erste Probefahrt
1972 / 1973	Umbau vom 1. auf den 2. Kern und Veränderung der Brennelement- und Steuerelement-Geometrie
bis 1979	Betrieb als Kernenergieforschungsschiff und nebenbei auch als Erzfrachter
1979	Stilllegung des nuklearen Antriebs
Juni 1981	Ausbau des Reaktordruckbehälters mit Schildtank im Hamburger Hafen und Transport zur Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt mbH (GKSS), dem heutigen HZG
1982	Dekontamination, Freigabe und Umbau der „Otto Hahn“ zu einem Containerschiff mit konventionellem Dieselantrieb

4.2 Funktionsprinzip

Forschungsreaktoranlage

Der FRG-1 produzierte Neutronen für die Wissenschaft. Die Neutronen wurden über Strahlrohre an verschiedenen Experimentiereinrichtungen in der Versuchshalle zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus wurden auch Probenbestrahlungen für die Neutronenaktivierungsanalyse im Kern für in- und externer Nutzer durchgeführt.

Der FRG-2 wurde vorwiegend als Materialprüfreaktor eingesetzt. Zur Bestrahlung von Werkstoffproben wurden eine Reihe von instrumentierten Kapseln entwickelt und eingesetzt, in denen Betriebsbedingungen von Leistungsreaktoren (Druck, Temperatur, Medium) simuliert wurden.

Beide Forschungsreaktoren waren als Schwimmbadreaktoren in einem nach oben hin offenen Wasserbecken ausgeführt, welches sich in die folgenden 4 Bereiche gliedert (siehe Abbildung 4-1):

- Betriebsbecken mit thermischer Säule (Becken I) (FRG-1),
- Betriebsbecken mit Bestrahlungsfenster (Becken II),

- Lagerbecken (Becken III) und
- Versuchsbecken (Becken IV) (FRG-2).

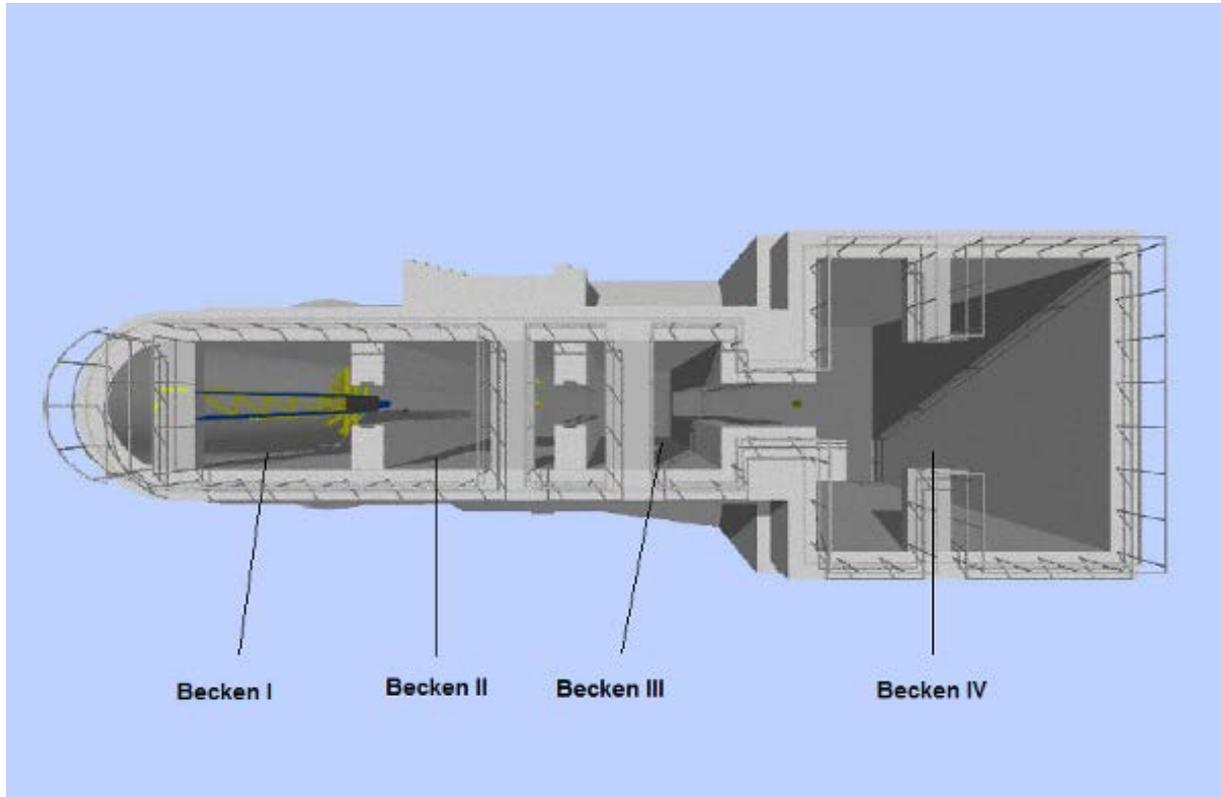


Abbildung 4-1: Draufsicht auf das Reaktorbecken

Die wesentliche Komponente der Forschungsreaktoren ist dabei jeweils der Reaktorkern mit den Brenn- und Kontrollbrennelementen und den zwei Kühlkreisläufen (Primär- und Sekundärkreislauf) zur Wärmeabfuhr. Die Leistung des Forschungsreaktors wurde durch Anheben bzw. Absenken der Steuerstäbe mittels Steuerstabantrieb geregelt. Mit Hilfe der Primärpumpe wurde das Wasser von oben nach unten durch die Brennelemente aus dem Becken zum Wärmetauscher geleitet und dort die Wärme des Primärwassers an das Wasser des Sekundärkreislaufes übertragen. Anschließend strömte das Primärwasser wieder zurück in das Reaktorbecken. Im Sekundärkreislauf wurde das erwärmte Wasser zum Kühlturm gepumpt, wo es „verregnete“ und dadurch seine Wärme an die Umgebung abgab (siehe Abbildung 4-2).

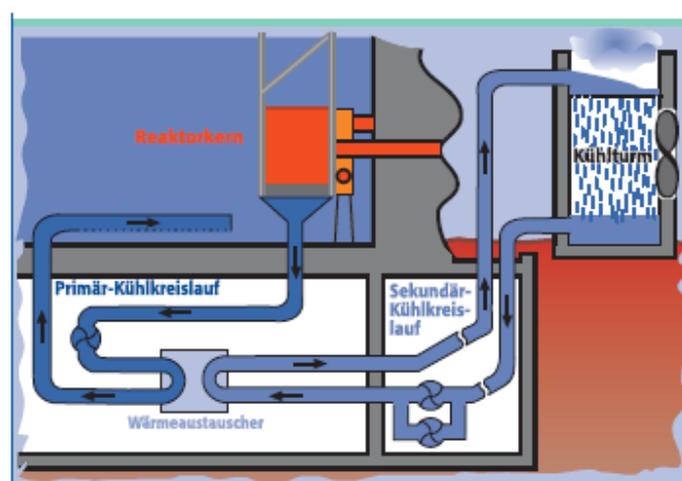


Abbildung 4-2: Kühlkreislauf des FRG-1 (Primär- und Sekundärkreislauf)

Reaktordruckbehälter mit Schildtank des Nuklearschiffs Otto Hahn

Das Nuklearschiff Otto Hahn wurde mit einem Druckwasserreaktor mit einer thermischen Leistung von 38 MW und mit Wasser als Kühlflüssigkeit und Moderator im Primärkreislauf betrieben (siehe auch Abbildung 4-3). Im Sekundärkreislauf wurde der Antriebsdampf für die konventionelle Dampfturbine erzeugt.

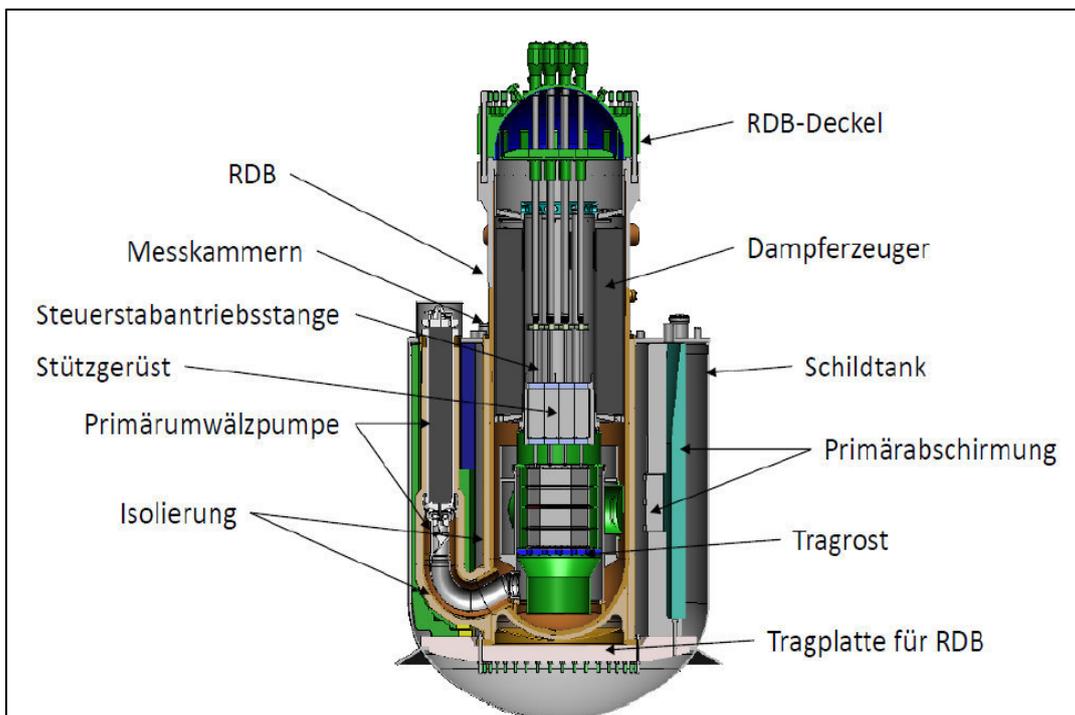


Abbildung 4-3: Aufbau des RDB

Fortschrittlich bei diesem Reaktortyp im Vergleich zu den konventionellen Druckwasserreaktoren war die Verlagerung von bisher außerhalb des Reaktordruckbehälters angeordneten Komponenten (z. B. Dampferzeuger und Druckhalter) in den Reaktordruckbehälter hinein. Tragkonstruktionen für die Komponenten und die verbindenden Rohrleitungen konnten dadurch entfallen. Durch diese kompakte Bauweise konnte auch die Reaktorabschirmung außerhalb des Reaktordruckbehälters vereinfacht werden.

Die Umwälzung des Primärwassers erfolgte mit drei freistehenden Primärumswälzpumpen (siehe auch Abbildung 4-4). Diese sind über die drei doppelwandigen Pumpenstutzen mit dem RDB verbunden. Über den äußeren Mantel des Pumpenstutzens wurde das Primärkühlmittel aus dem Rückströmraum des RDB angesaugt und über die Pumpe durch den inneren Pumpenstutzen von unten in den Wasserleitmantel gepumpt. Von dort durchströmte das Primärkühlmittel den Reaktorkern von unten nach oben und wurde aufgeheizt. Das aufgeheizte Primärkühlmittel verließ den Kern nach oben und wurde anschließend durch den Dampferzeuger von oben nach unten wieder abgekühlt und nach dem Durchströmen des Dampferzeugers erneut von den Primärumswälzpumpen angesaugt.

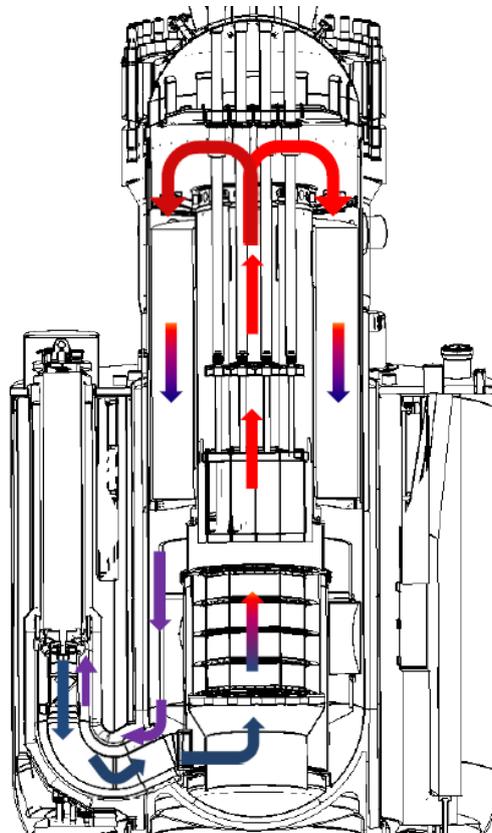


Abbildung 4-4: Funktion der Primärumswälzpumpen, Kühlmittelstrom im RDB während des Reaktorbetriebs

4.3 Technischer Zustand

Forschungsreaktoranlage und Heißes Labor

Das Reaktorgebäude mit der FRG, dem HL sowie weiteren Nebengebäuden stellt den zentralen Gebäudekomplex der Anlage dar. Es besteht aus dem auf der Ostseite gelegenen Reaktorteil, der sich in Richtung Süd-Nord als ein Hallenbau über dem Reaktorbecken mit dem Forschungsreaktor FRG-1 und Resten des Forschungsreaktors FRG-2 erstreckt. Dazu gehören außerdem die Laborbauten, bestehend aus Versuchshalle, Ost-West-Labortrakt, Bestrahlungskanal und dem westlich anschließenden Gebäudeteil mit den Heißen Zellen.

Im Lageplan (Abbildung 4-5) ist die Anordnung der wesentlichen Gebäude auf dem Anlagengelände dargestellt.

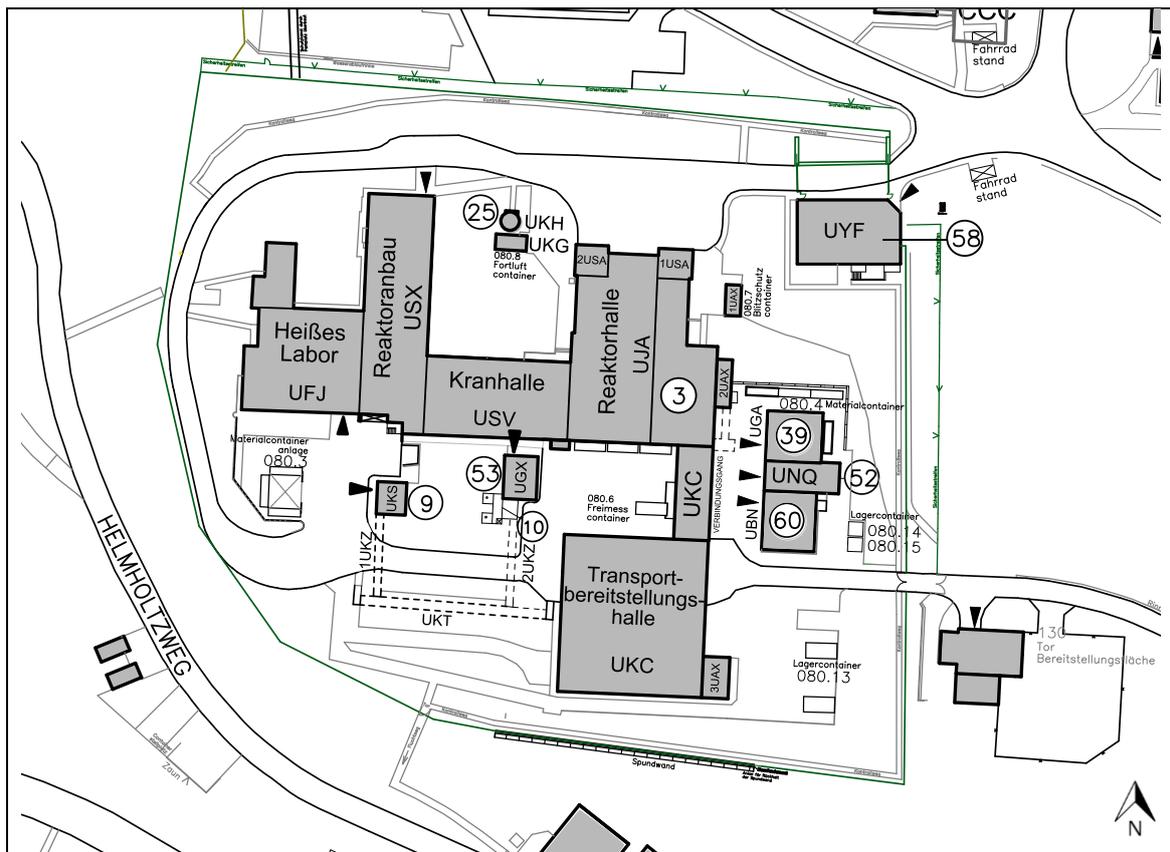


Abbildung 4-5: Lageplan Gebäude und Anlagenbereiche der FRG und des HL

Legende:

Gebäude	Kennzeichen	Bezeichnung
03	UJA	Reaktorhalle
03	USV	Kranhalle
03	USX	Reaktoranbau
03	UFJ	Heißes Labor mit Dosimetrieenanbau
03	UKC	Verbindungsgang
03	UKC	Transportbereitstellungshalle
03	UKT	Bediengang radioaktive Abwasserbehälter
03	1/2UKZ	2 Verbindungsschächte zu den radioaktiven Abwasserbehältern
09	UKS	Dekostation
-	UKG	Fortluftcontainer
25	UKH	Fortluftkamin
39	UGA	Brunnenhaus
52	UNQ	Kompressorhaus
53	UGX	Säurelager I
58	UYF	Wachgebäude
60	UBN	Notstromgebäude

Alle für die noch erforderlichen Restarbeiten und den Abbau benötigten Systeme und Anlagen sind in Betrieb bzw. betriebsbereit (z. B. Abwassersammel- und Aufbereitungssystem, Energieversorgung, Lüftungsanlage).

Reaktordruckbehälter mit Schildtank des Nuklearschiffs Otto Hahn

Der Reaktordruckbehälter mit Schildtank des stillgelegten Nuklearschiffs Otto Hahn wurde im Juni 1981 in einem eigens dafür errichteten Schachtbauwerk (Betonschacht, siehe Abbildung 4-6) auf dem Gelände des HZG, in unmittelbarer Nähe zum Gelände der Forschungsreaktoranlage Geesthacht (ca. 220 m), für ein geplantes Nachuntersuchungsprogramm eingelagert.

Vor dem Abtransport des RDB-OH wurden RDB und Schildtank soweit wie möglich entwässert. Die Restwassermenge im RDB wird auf $< 1,0 \text{ m}^3$ und die im Schildtank auf $< 0,1 \text{ m}^3$ geschätzt. Der RDB-Deckel sitzt dicht auf, ist weitestgehend mit den Originalschrauben verschlossen und wurde zur Transportvorbereitung nicht geöffnet. An der Außenseite im Be-

reich der 3 Primärpumpen und im Deckelbereich wurden Abschirmungen aus Blei angebracht.

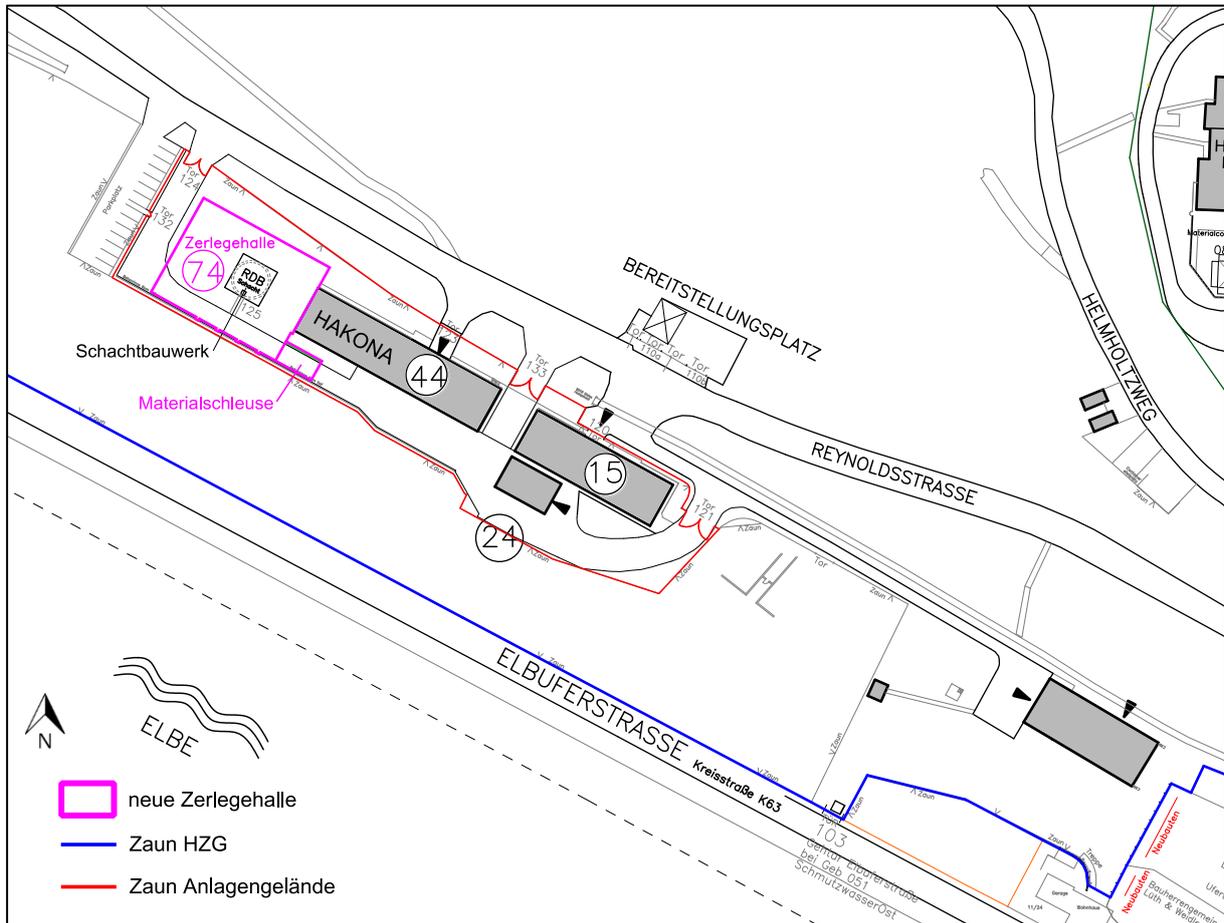


Abbildung 4-6: Lage des Schachtbauwerks mit dem RDB-OH und der darüber zu errichtenden Zerlegehalle

Legende:

Gebäude	Name
15	Landessammelstelle
24	Waschhaus
44	HAKONA (Halle zur Komponenten-Nachuntersuchung)
74	Zu errichtende Zerlegehalle über dem Schachtbauwerk

4.4 Radiologischer Zustand

Forschungsreaktoranlage und Heißes Labor

Das abgeschätzte Gesamtaktivitätsinventar (Aktivierung und Kontamination) der FRG und des HL beträgt zu Beginn des Abbaus ca. 5,0 E15 Bq.

Die aus Beryllium gefertigten Metallblöcke und -reflektoren beinhalten dabei ca. 80 % und die Bestrahlungseinrichtungen ca. 16 % des Gesamtaktivitätsinventars. Der Anteil der Aktivität aus Edelstahl-Reaktorbeckeneinbauten, γ -Absorberschildern und dem radioaktiven Abfall, der in den Betonzellen 2 bis 4 im Heißen Labor gelagert wird (Aluminium, brennbarer sowie metallischer Mischabfall), beträgt ca. 4 %. Die Aktivität der sonstigen aktivierten Materialien, z. B. aktivierter Beton, liegt 3–4 Größenordnungen niedriger. Eine Aktivierung des Erdreichs unterhalb des Reaktorgebäudes kann ausgeschlossen werden.

Der Anteil der Kontamination an der Gesamtaktivität beträgt für sämtliche Betriebsabfälle weniger als 1 % und für die Gebäudeoberflächen deutlich weniger als 1 ‰. Die wesentlichen kontaminierten Bereiche sind dabei das Reaktorbecken, die Rohrleitungen des Primärkreises und der radioaktiven Reinigungskreisläufe sowie die inneren Oberflächen des Abwasser- und Lüftungssystems.

Reaktordruckbehälter mit Schildtank des Nuklearschiffs Otto Hahn

Das abgeschätzte Gesamtaktivitätsinventar (Aktivierung und Kontamination) des RDB-OH beträgt zu Beginn des Abbaus ca. 5,6 E14 Bq.

Bestimmend für die Gesamtaktivität sind insbesondere die Kerneinbauten (unterer Tragrost, Kernmantel, Wasserleitbleche und Stützzylinder). Der Anteil dieser hochaktivierten, kernnahen Einbauten an der Gesamtaktivität von Co-60 beträgt zu Beginn des Abbaus ca. 99,7 %.

Hinsichtlich der Kontamination stellt der Dampferzeuger aufgrund der sehr großen Oberfläche der Dampferzeuger-Heizrohre die relevante Komponente dar.

5 Abbau

5.1 Abbau der FRG und des HL

Der Abbau der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors soll direkt an die Nachbetriebsphase des FRG-1 angeschlossen werden und mit der Zerlegung des RDB-OH im Rahmen einer gemeinsamen und umfassenden Stilllegungs- und Abbaugenehmigung durchgeführt werden.

Das Abbauvorhaben gliedert sich in die drei folgenden Schritte:

- Abbau Forschungsreaktoranlage,
- Abbau Heißes Labor und
- Restabbau Gesamtanlage.

Der Abbau beginnt, sobald die erforderlichen Umbaumaßnahmen, die für die Aufrechterhaltung des Restbetriebs notwendig sind, soweit vorangeschritten sind, dass deren Abschluss nicht durch den Abbau von Anlagenteilen verhindert oder erschwert wird.



Abbildung 5-1: Luftbild der FRG und des HL sowie der TBH (Stand: 2016)

Betriebsstättenübergreifend ist geplant, dass aktivierte Kerneinbauten des RDB-OH in die vorhandenen Betonzellen der FRG und des HL transportiert und dort unter geometrischen und radiologischen Gesichtspunkten optimiert entsprechend den Annahmebedingungen für ein Endlager des Bundes verpackt werden.

5.1.1 Bautechnische Maßnahmen

Für den Abbau der FRG und des HL sind keine bautechnischen Maßnahmen im größeren Umfang vorgesehen. Zur Schaffung eines Transportpfades für radioaktive Reststoffe aus der Reaktorhalle in die alte Versuchshalle wird in der Reaktorhalle eine Deckenöffnung geschaffen. Um weitere für den Abbau notwendige Transportpfade zu schaffen, werden nach Bedarf Wände, Störkanten etc. entfernt.

5.1.2 Abbaugeräte und -verfahren

Für den Abbau sind erprobte, handelsübliche Abbaugeräte bzw. Abbauwerkzeuge vorgesehen. Der manuelle Abbau wird mit handgeführten Abbaugeräten und Werkzeugen durchgeführt, deren Einsatz sich bei vielen Abbauprojekten bereits bewährt hat (z. B. Trenn-, Bohr- und Schneidgeräte).

Für den Betonabbau, insbesondere beim Reaktorbecken, sind neben den o. g. handgeführten Geräten ein Hydraulikbagger, der verschiedene Werkzeuge zur Bearbeitung als Anbaugeräte aufnehmen kann (z. B. hydraulische Betonfräse oder Schere), eine Seilsäge mit elektro-hydraulischem Antrieb sowie weitere Hilfseinrichtungen vorgesehen.

5.1.3 Dekontaminationsverfahren und -einrichtungen

Um radioaktive Verunreinigungen zu beseitigen, werden verschiedene Dekontaminationsverfahren angewendet. Die Dekontaminationsarbeiten finden in Räumen mit einer bereits vorhandenen Abluftanlage statt. Ggf. kann eine mobile Filteranlage ergänzt werden. Sollte das Dekontaminationsziel bei einem Anlagenteil noch nicht erreicht sein, so wird dieses Anlagenteil erneut einem Dekontaminationsverfahren unterzogen, sofern dies unter radiologischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten sinnvoll ist.

Beim Abbau der FRG und des HL sind mechanische Dekontaminationsverfahren zur Bearbeitung von Oberflächenkontamination vorgesehen (z. B. Wischen, Bürsten, Fräsen). Außerdem verfügt HZG auch über stationäre Dekontaminationseinrichtungen, wie z. B. eine Trockenstrahlbox.

5.1.4 Abbau Forschungsreaktoranlage

Zu diesem Abbauschritt gehört der Abbau des Reaktorbeckens, der Abbau in der Reaktorhalle mit Nebenräumen, der Abbau im Reaktorkeller und der Abbau in der alten Versuchshalle.

Abbau Reaktorbecken

Im Rahmen des Abbaus des Reaktorbeckens werden zunächst alle nicht mehr benötigten Systeme und Anlagenteile (Beckeneinrichtungen, fest installierte Beckeneinbauten etc.) und anschließend die aktivierten Teilbereiche der Beckenstrukturen und der Liner abgebaut.

Zu Beginn des Abbaus sind im Becken I noch Komponenten des FRG-1 und im Becken IV des FRG-2 vorhanden. Die Beckeneinbauten mit relativ hohen Dosisleistungen werden zunächst unter Wasser mit den betrieblich vorhandenen Werkzeugen entsprechend den etablierten Arbeitsverfahren ausgebaut, ggf. zerlegt und in abgeschirmte Transport- oder Abfallbehälter überführt.

Nachdem die abgeschirmten Transport- oder Abfallbehälter aus dem Reaktorbecken gehoben wurden, wird deren Oberfläche dekontaminiert. Falls erforderlich, werden die ausgebauten Komponenten in den Heißen Zellen des HL nachzerlegt und in Abfallbehälter verpackt.

Nach dem Ausbau der höher aktivierten Komponenten wird das Beckenwasser kontinuierlich abgelassen und die weiteren, nicht oder gering aktivierten Beckeneinbauten abgebaut. Während des Ablassens erfolgt eine Dekontamination der Kacheln in den Reaktorbecken. Erfolgt die Entleerung der Becken sequentiell von Becken I bis IV, kann der Abbau der Beckeneinbauten des Beckens I bereits weitergeführt werden, während in den anderen Becken noch die Entleerung sowie die Dekontamination der Kacheln stattfindet.

Im Anschluss werden sämtliche Durchführungen in den Beckenwänden ausgebohrt, die Beckenzwischenwände abgebaut und die Einrichtungen oberhalb des Reaktorbeckens abge-

baut, auf Transportgröße (z. B. Gitterboxgröße oder 200-l-Fass) zerlegt, ggf. dekontaminiert und voraussichtlich größtenteils dem Freigabepfad zugeführt.

Der Teilabbau schwach aktivierter Bereiche des Beckens I auf der Außenseite erfolgt mit industrieerprobten Abbruchwerkzeugen (z. B. Hydraulikbagger, Betonfräse) in einer Einhausung mit Absaugung (gerichtete Luftströmung in den Abbaubereich). Zum Abbau des aktivierten Betons innerhalb des Beckens I werden die Abbruchwerkzeuge entsprechend umgesetzt. Der Abbau erfolgt grundsätzlich von oben nach unten in mehreren Schichten. Zunächst werden die Kacheln mit dem unmittelbar darunterliegenden Beton entfernt. Diese Fraktion ist voraussichtlich als radioaktiver Abfall zu entsorgen. Anschließend werden die tieferliegenden Schichten abgetragen, die voraussichtlich freigebbar sein werden. Mit den Strukturen der Becken II bis IV wird grundsätzlich analog verfahren, wobei mit einer Aktivierung in den Becken II und III nicht zu rechnen ist.

Bei einem notwendigen statischen Eingriff in die tragenden Strukturen werden Schwerlastträgerkonstruktionen zum partiellen Aussteifen entsprechend den Vorgaben eines Statikers eingesetzt.

Nach dem Abbau der Betonstrukturen werden die Liner-Bereiche mit freigabewertüberschreitender Aktivierung ermittelt und mechanisch z. B. mittels Trennschleifern abgebaut. Nach der Dekontamination des verbliebenen Liners werden an exponierten Stellen (z. B. Durchdringungen) sowie weiteren Kontrollflächen Liner-Segmente herausgetrennt und der dahinter liegende Beton auf Kontamination durch Liner-Leckagen überprüft. In einem abschließenden Schritt werden die ggf. noch kontaminierten Strukturen abgebaut.

Abbau Reaktorhalle mit Nebenräumen, Reaktorkeller und in alter Versuchshalle

Alle verbliebenen, nicht mehr benötigten Einrichtungen und Anlagenteile werden abgebaut. Die abgebauten Anlagenteile werden vor Ort auf Transportgröße (z. B. Gitterbox bzw. 200-l-Fass) zerlegt, ggf. dekontaminiert und entsorgt.

Lüftungskanäle und sonstige noch benötigte Einrichtungen der Infrastruktur werden im Rahmen des Restabbaus der Gesamtanlage abgebaut.

5.1.5 Abbau Heißes Labor

Zu diesem Abbauschritt zählen der Abbau der Betonzellen, der Abbau der Dosimetriezellen und der Abbau in den restlichen Raumbereichen des HL.

Abbau Betonzellen

Der Abbau der Betonzellen und der Bleizelle kann beginnen, wenn diese von den Betriebsabfällen befreit und für die Tätigkeiten im Nachbetrieb und die ggf. erforderlichen Nachzerlegearbeiten im Restbetrieb der FRG sowie für die Nachzerlegung, Dekontamination und Verpackung von Teilen des RDB-OH nicht mehr benötigt werden.

Vor dem Ausbau der Manipulatoren und der Bleiglasfenster werden die Zellen, die Manipulatoren und die Bleiglasfenster dekontaminiert. Der Ausbau kann verfahrenstechnisch nur in Richtung Bedienraum erfolgen. Unmittelbar nach dem Ausbau eines Manipulators oder eines Fensters werden die entstandenen Öffnungen wieder lüftungstechnisch verschlossen. Während des Ausbaus ist durch die Lüftungsanlage eine gerichtete Luftströmung vom Bedienraum (Überwachungsbereich) in den Zellenraum gewährleistet.

Anschließend besteht ein Zugang zum Transporttunnel, der ggf. für die Innendekontamination und den Abbau der Einbauten im Transporttunnel genutzt werden kann. Die Arbeiten erfolgen bei Bedarf in einer Einhausung mit mobiler Lüftungsanlage.

Die abgebauten Anlagenteile werden vor Ort auf Transportgröße (z. B. Gitterbox bzw. 200-l-Fass) zerlegt, ggf. dekontaminiert und entsorgt. Die Bleisteine können voraussichtlich freigegeben oder in anderen kerntechnischen Einrichtungen weiter genutzt werden.

Abbau Dosimetriezellen und in den restlichen Raumbereichen des HL

Alle verbliebenen, nicht mehr benötigten Einrichtungen und Anlagenteile werden abgebaut. Die abgebauten Anlagenteile werden vor Ort auf Transportgröße (z. B. Gitterbox bzw. 200-l-Fass) zerlegt, ggf. dekontaminiert und entsorgt.

Lüftungskanäle und sonstige noch benötigte Einrichtungen der Infrastruktur werden im Rahmen des Restabbaus der Gesamtanlage abgebaut.

5.1.6 Restabbau Gesamtanlage

Nachdem die wesentlichen Einrichtungen und Anlagenteile in der FRG und im HL weitgehend abgebaut bzw. dekontaminiert sind, wird die gesamte Infrastruktur aus den Gebäuden abgebaut. Dabei werden alle kontaminierten Systeme und Einrichtungen und alle nicht kontaminierten Systeme und Einrichtungen, die die Freigabe der verbleibenden Gebäude erschweren oder behindern, abgebaut. Darüber hinaus werden die Gebäude und erdverlegten Systeme (z. B. Abwasseranlage) radiologisch bewertet und ggf. dekontaminiert oder abgebaut.

Abwassersystem

Wenn nur noch geringe Mengen Abwasser im Kontrollbereich anfallen, kann das Abwassersystem für die radioaktiv kontaminierten Abwässer stillgesetzt und abgebaut werden. Die konventionellen Abwasserstränge bleiben bis zum Abriss der Gebäude erhalten.

Lüftungsanlage

Nach dem Abbau der Anlagenteile und Einrichtungen in einem Raum oder Gebäudebereich werden die festinstallierten Lüftungen in diesen Bereichen stillgesetzt und abgebaut. Dabei bleiben die Kontrollbereiche von den Überwachungsbereichen bis zur Aufhebung der Kontrollbereichs-Bedingungen oder der Freigabe lufttechnisch getrennt.

Der Rückzug aus den Restbetriebsräumen erfolgt sukzessiv in Richtung der Fortluftfilter / Betriebsräume der Abluft. Während des Abbaus der Lüftungskanäle (bei nach wie vor laufender Lüftung) wird die Raumbelüftung ohne Lüftungskanäle gewährleistet.

Restabbau und Dekontamination

Im Rahmen des Restabbaus werden noch vorhandene Systeme, die für den Abbau oder die Reststoffbearbeitung gebraucht wurden, abgebaut (z. B. Dekontaminationseinrichtungen).

In dieser Phase noch benötigte Einrichtungen werden „fliegend“ verlegt, z. B. mobile Baustellenbeleuchtung, temporäre akkugepufferte Fluchtwegbeleuchtungen, Baustromverteiler.

Alle Räume und Gebäudebereiche werden dekontaminiert und einer Voruntersuchung zum Freimessen unterzogen. Dies betrifft insbesondere die Bereiche mit möglicher luftgetragener Kontamination aus dem Abbau mit staubfreisetzenden Abbauverfahren.

Fertig abgebaute, dekontaminierte und freigemessene Räume und Gebäudebereiche, die nicht als Verkehrswege oder Transportpfade erforderlich sind, werden verschlossen und lüftungstechnisch versiegelt. In diesen Bereichen befinden sich dann keine Einrichtungsgegenstände oder Anlagenteile mehr, es sei denn, diese sind ebenfalls freigemessen. Grundlage für eine Freigabe von Anlagenteilen und Gebäudeteilen ist die StrlSchV in Verbindung mit den darin festgelegten Freigabewerten.

5.2 Zerlegung des RDB-OH

Die Zerlegung des RDB-OH soll zum Teil vorlaufend oder parallel zum Abbau der FRG und des HL erfolgen und mit dem Abbau der FRG und des HL im Rahmen einer gemeinsamen und umfassenden Stilllegungs- und Abbaugenehmigung durchgeführt werden.

Für die Zerlegung des RDB-OH wird zunächst ein Gebäude, die sogenannte Zerlegehalle, über dem Betonschacht errichtet. Der bestehende Betonschacht wird baulich mit der neuen Zerlegehalle verbunden und diese mit der erforderlichen Infrastruktur sowie einem Kontrollbereich für den Umgang mit offenen und sonstigen radioaktiven Stoffen ausgestattet.

Die Zerlegung ist in die drei folgenden Schritte unterteilt:

- Errichtung Zerlegehalle,
- Zerlegung RDB-OH und
- Restabbau und Dekontamination Zerlegehalle und Betonschacht.

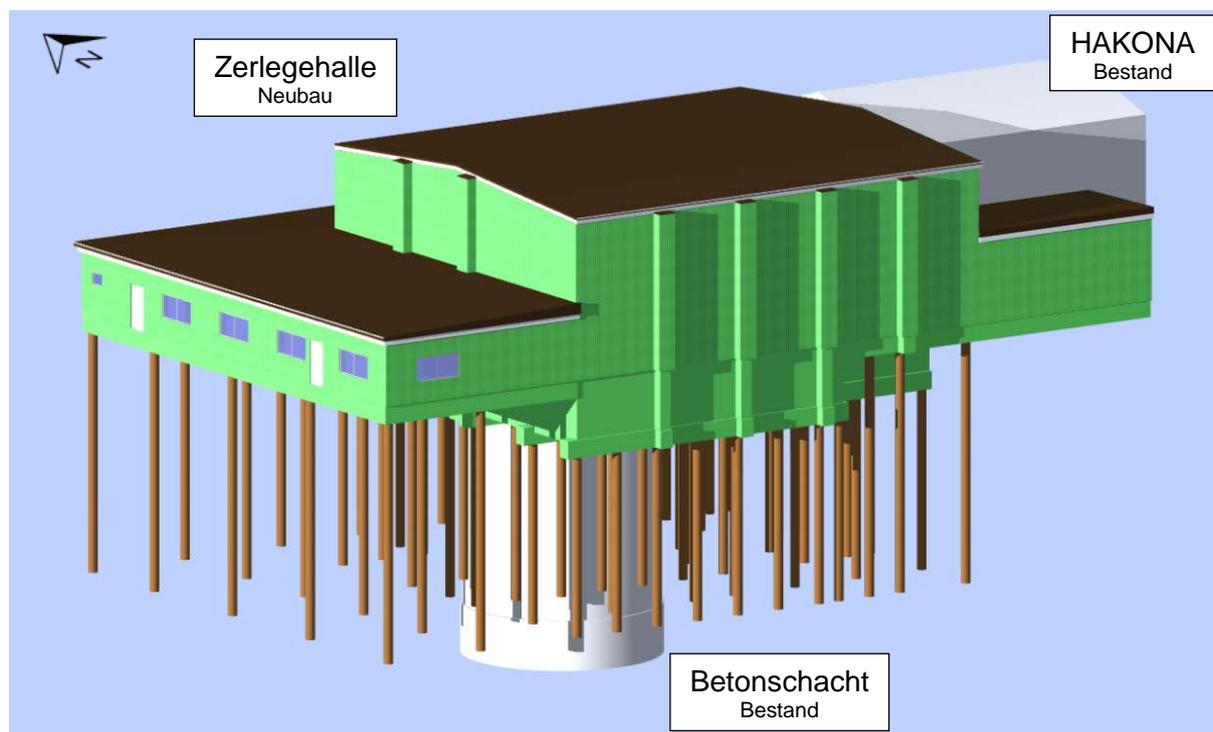


Abbildung 5-2: Isometrieansicht der Zerlegehalle (hellgrün) und des Betonschachts

Die aktivierten Kerneinbauten werden mittels abgeschirmten Transport- oder Abfallbehälter in die vorhandenen Betonzellen der FRG und des HL verbracht und dort unter geometrischen und radiologischen Gesichtspunkten optimiert entsprechend den Annahmebedingungen für ein Endlager des Bundes verpackt.

5.2.1 Bautechnische Maßnahmen / Errichtung Zerlegehalle

Für die Zerlegung des RDB-OH am Standort wird über dem bestehenden Betonschacht eine überwiegend oberirdische Zerlegehalle errichtet. Sie grenzt unmittelbar an die bestehende Halle zur Komponenten-Nachuntersuchung (HAKONA) an. Der bestehende Betonschacht wird baulich mit der neuen Zerlegehalle verbunden und mit der erforderlichen Infrastruktur sowie einem Kontrollbereich für den Umgang mit offenen sonstigen radioaktiven Stoffen ausgestattet.

5.2.2 Zerlegegeräte und -verfahren

Für die Zerlegung des RDB-OH werden, wie auch für den Abbau der FRG und des HL vorgesehen, die gleichen manuellen handgeführten Abbaugeräte bzw. Abbauwerkzeuge verwendet.

Darüber hinaus sind für die Zerlegung der aktivierten Teile ebenfalls erprobte und bewährte fernhantierte Werkzeuge und thermische Zerlegeverfahren wie z. B. mittels Plasma-Schneidmodul, CAMC-Modul oder Autogen-Brennschneidmodul (adaptierbar am Verpackungsmanipulator der Hilfsbrücke) vorgesehen.

5.2.3 Dekontaminationsverfahren und -einrichtungen

Um radioaktive Verunreinigungen an Komponenten zu beseitigen, sind in der Zerlegehalle nur einfache Dekontaminationsmethoden vorgesehen. Diese beschränken sich auf die Entfernung von abwischbarer Kontamination mit Methoden, die nur wenig Abwasser und Sekundärabfälle erzeugen. Dies sind händische Verfahren mit Reinigern wie z. B. Putztücher mit Zitronensäure, Oxalsäure oder anderen bewährten Dekontaminationsreinigern. Die Putztücher mit der abgewischten Kontamination und den Rückständen des Reinigungsmittels werden in geeigneten Gebinden gesammelt und der Entsorgung zugeführt. Weiterhin können Abziehlacke zur Bindung und Entfernung von nicht festhaftender Kontamination eingesetzt werden. Es besteht auch die Möglichkeit, dekontaminationsfähige Komponenten vor Ort geeignet zu verpacken und anschließend zur weiteren Behandlung in das HL zu transportieren.

Für die Dekontamination von Werkzeugen und kleineren Einrichtungen, die bei der Zerlegung des RDB-OH eingesetzt werden, wird vor Ort ein Ultraschallbad vorgesehen.

5.2.4 Zerlegung RDB-OH

Im Rahmen der Zerlegung des RDB-OH werden zunächst die drei Hauptkühlmittelpumpen ausgebaut, um zu vermeiden, dass diese sowie die oberen Bereiche der Hauptkühlmittelpumpenstutzen bei späteren Abbauschritten kontaminiert werden. Dieser Vorgang erfolgt in der gleichen Weise, wie er als Maßnahme zum Tausch oder zur Reparatur von Hauptkühlmittelpumpen während des Reaktorbetriebs vorgesehen war.

Im Anschluss werden die Steuerelement-Antriebsstangen analog zur Vorgehensweise beim betrieblichen Brennelementwechsel gemäß der noch vorhandenen Fachanweisung manuell ausgebaut.

Nun kann der RDB-Deckel geöffnet und demontiert werden. Er wird auf einem geeigneten Abstellpodest abgestellt, grob dekontaminiert und anschließend zerlegt. Die Einzelteile werden nach der Zerlegung dekontaminiert und sind voraussichtlich größtenteils freigebbar.

Das Stützgerüst wird ebenfalls wie beim betrieblichen Brennelementwechsel ausgebaut. Anschließend erfolgt eine Dekontamination und Nachzerlegung. Die Nachzerlegung erfolgt mechanisch mit Hilfe von Sägen. Die Teile des Stützgerüsts, die nicht bzw. unterhalb der Freigabewerte aktiviert sind, sind je nach Dekontaminationserfolg voraussichtlich freigebbar. Nach dem Ausbau des Stützgerüsts wird der Wasserspiegel im RDB bis auf die Unterkante des Dampferzeugers angehoben.

Der Dampferzeuger wurde als eine Einheit in den RDB eingebaut und kann nun in einem Stück ausgebaut werden. Der Dampferzeuger wird mit dem Brückenkran herausgehoben. Dabei wird er in einen Kontaminationsschutz (z. B. Folie) verpackt, um eine Kontaminationsverschleppung in die Zerlegehalle zu vermeiden. Da für die Dekontamination des Dampferzeugers eine aufwändige Infrastruktur erforderlich wäre und eine große Menge an Abwasser zu erwarten wäre, wird die Variante bevorzugt, den Dampferzeuger im Ganzen zu verpacken und zu einer externen, geeigneten Einrichtung zur Dekontamination und Nachzerlegung zu verbringen.

Die aktivierten Kerneinbauten werden im RDB unter Wasser mit fernbedienten bzw. fernhantierten Einrichtungen zerlegt und in Siebkörbe verpackt. Die Siebkörbe werden mit einer Abschirmglocke ausgehoben und mittels abgeschirmten Transport- oder Abfallbehälter in die vorhandenen Betonzellen der FRG und des HL verbracht und dort unter geometrischen und radiologischen Gesichtspunkten optimiert entsprechend den Annahmebedingungen für ein Endlager des Bundes verpackt.

Nach der Demontage der Kerneinbauten ist der größte Anteil der Aktivität aus dem RDB-OH entfernt. Der Wasserstand im RDB wird abgesenkt, wobei ggf. die RDB-Wand parallel mittels Hochdruck-Wasserstrahl von lose anhaftender Kontamination gereinigt wird.

Anschließend wird der Schildtank mit thermischen Verfahren geöffnet und die Schildtankdecke segmentweise herausgeschnitten. Die Segmente werden dekontaminiert und stehen anschließend für eine Freigabe bereit.

Danach werden die Abschirmplatten in umgekehrter Reihenfolge zur ehemaligen Montage ausgebaut und dekontaminiert.

Vor Beginn der Zerlegung des RDB wird die Isolierung (Steinwolle) zwischen Schildtank-Innenwand und RDB sowie im Bereich der Pumpenstutzen entfernt. Der RDB wird im Anschluss mit thermischen Trennverfahren von oben nach unten schussweise abgebaut. Die Schnittführung am noch stehenden RDB erfolgt mit Hilfe eines Kraft-Manipulators von außen. Der Abbauplatz wird während dieser Arbeiten mit Hilfe eines Zelts eingehaust. Die abgetrennten Schüsse werden im Ganzen mit dem Brückenkran ausgehoben, dekontaminiert und anschließend im Nachzerlegebereich in der Zerlegehalle mittels mobiler Stichsäge teilautomatisiert nachzerlegt.

Nachdem der RDB und der innere Schildtankzylinder abgebaut sind, werden abschließend die Bodenplatte im Schildtank und der verbliebene äußere Schildtankmantel abgebaut.

5.2.5 Restabbau und Dekontamination Zerlegehalle und Betonschacht

Nachdem der RDB-OH zerlegt ist, wird die gesamte Infrastruktur im Sinne eines Rückzugs aus der Zerlegehalle und dem Betonschacht abgebaut. Dabei werden alle kontaminierten Systeme und Einrichtungen und alle nicht kontaminierten Systeme und Einrichtungen, die die Freigabe der Zerlegehalle und des Betonschachts erschweren oder behindern, abgebaut. Anschließend werden die Baustrukturen der Zerlegehalle und des Betonschachts selbst radiologisch bewertet, ggf. dekontaminiert und freigemessen.

6 Restbetrieb der FRG und des HL sowie Betrieb der Zerlegehalle

Der Restbetrieb der FRG und des HL sowie der Betrieb der Zerlegehalle umfassen alle erforderlichen Systeme und Einrichtungen sowie alle unterstützenden Tätigkeiten, die zur Einhaltung der verbliebenen Schutzziele sowie zum Abbau der FRG und des HL sowie zur Zerlegung des RDB-OH erforderlich sind. Die Restbetriebssysteme der FRG und des HL sind aus dem Nachbetrieb bereits vorhanden und können unverändert oder ggf. modifiziert weiter betrieben werden. Ggf. werden Restbetriebssysteme bzw. Ersatzsysteme (z. B. Lüftung, Abwasseranlage, Meldeanlagen) neu errichtet, wenn dies aus technischen und / oder wirtschaftlichen Gesichtspunkten sinnvoll ist. Alle Betriebssysteme und Einrichtungen der Zerlegehalle werden im Zuge der Errichtung der Zerlegehalle installiert und in Betrieb genommen.

Die im Rahmen des Restbetriebs der FRG und des HL sowie des Betriebs der Zerlegehalle benötigten Systeme und Einrichtungen sind im Wesentlichen:

- Lüftungsanlagen,
- Abwassersammel- und Aufbereitungssysteme der FRG und des HL,
- Energieversorgung,
- Leittechnische Einrichtungen / Kommunikationseinrichtungen,
- Brandschutz,
- Teile der Reaktorschutzzinstrumentierung,
- Strahlenschutzinstrumentierung,
- Medienver- und entsorgung (z. B. Druckluft, Deionatversorgung, Brauchwasserversorgung),
- Objektschutzeinrichtungen,
- Hebezeuge / Transporteinrichtungen.

Die Restbetriebssysteme der FRG und des HL sowie die Betriebssysteme der Zerlegehalle werden entsprechend dem Abbaufortschritt sukzessive angepasst und weiterbetrieben, bis diese nicht mehr benötigt und am Ende des Abbauvorhabens selbst abgebaut werden.

7 Strahlenschutz

Der Strahlenschutz gewährleistet den Schutz der Bevölkerung, der Umwelt und des Personals, das die Abbautätigkeiten durchführt, vor ionisierender Strahlung. Die Strahlenschutzgrundsätze „Dosisbegrenzung“ sowie „Vermeidung unnötiger Strahlenexposition“ und „Dosisreduzierung für Mensch und Umwelt“ werden eingehalten.

Die wesentlichen Aufgaben des Strahlenschutzes sind:

- Festlegung und Überwachung der Strahlenschutzbereiche,
- Strahlenschutzüberwachung einschließlich der Abwicklung des Freigabeverfahrens,
- Strahlenschutzplanung einschließlich Dosisabschätzung und Reststoffmanagement,
- Strahlungs- und Aktivitätsüberwachung.

7.1 Strahlenschutzbereiche

Die Strahlenschutzbereiche der FRG, des HL und der Zerlegehalle sind gemäß StrlSchV in Überwachungs-, Kontroll- und Sperrbereiche sowie temporär wechselnde Kontrollbereiche gegliedert.

Die Betriebsstätte der FRG und des HL ist von einem Objektschutzzaun umgeben und die Betriebsstätte der Zerlegehalle mit dem RDB-OH wird von einem Anlagenzaun umschlossen. Beide Zäune stellen die jeweiligen Grenzen des Überwachungsbereiches dar. Die Einhaltung der Grenzwerte wird durch bauliche und administrative Strahlenschutzmaßnahmen, wie etwa Abschirmung, die Filterung der Fortluft oder Maßnahmen zur Vermeidung von Kontaminationsverschleppung, sichergestellt.

Kontrollbereiche sind von den Überwachungsbereichen umschlossene Bereiche, in denen Personen gemäß den Festlegungen der StrlSchV im Kalenderjahr eine effektive Dosis von mehr als 6 mSv oder eine Organdosis von mehr als den dort festgelegten Werten erhalten können. Im Bedarfsfall werden vom Strahlenschutzbeauftragten temporäre Kontrollbereiche eingerichtet. Sämtliche Kontrollbereiche sind abgegrenzt und mit einem Strahlenwarnzeichen „KONTROLLBEREICH“ gekennzeichnet, so dass ein versehentliches Betreten nicht vorkommen kann.

Sperrbereiche sind Bereiche innerhalb des Kontrollbereiches, die gemäß den Festlegungen der StrlSchV eine Ortsdosisleistung höher als 3 mSv/h aufweisen können. Sperrbereiche werden vom Strahlenschutz mit dem Strahlenwarnzeichen und dem Zusatz „SPERRBE- REICH – KEIN ZUTRITT“ gekennzeichnet und abgegrenzt. Außerdem sind die Sperrbereiche so abgesichert, dass Personen nicht versehentlich oder unkontrolliert hineingelangen können.

7.2 Strahlenschutzüberwachung

Die während des Betriebs genutzten Strahlenschutzmessgeräte werden auch für den Zeitraum des Restbetriebs und Abbaus der FRG und des HL weiterhin eingesetzt. Für den Abbau des RDB-OH wird in der Zerlegehalle zur kontinuierlichen Überwachung der Dosisleistung ein Ortsdosisleistungsüberwachungssystem installiert und betrieben. Darüber hinaus werden Aerosolmonitore zur kontinuierlichen Messung von an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffen in der Luft eingesetzt.

Innerhalb der beiden Betriebsstätten FRG / HL und Zerlegehalle mit dem RDB-OH stehen mobile Strahlenschutzmessgeräte zur Verfügung, die für den täglichen Gebrauch genutzt werden können. Zur Auswertung von Aerosol- und Wasserproben sowie Wischtests und anderen radioaktiven Präparaten oder für die Analyse von Proben unbekannter Isotopengemische sind ausreichend α -, β - und γ -Messplätze vorhanden.

Nach einem festgelegten Plan werden sämtliche Räume, Flure und Treppen der Gebäude regelmäßig durch Messungen überwacht.

Um Personenkontaminationen zu erfassen, werden Kontaminationsmonitore eingesetzt. Diese befinden sich jeweils im Ausgangsbereich der Kontrollbereiche, in denen mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird. Alternativ ist auch eine Personenkontrolle mittels mobiler Strahlenschutzmessgeräte möglich.

Für die Überwachung beruflich strahlenexponierter Personen sind zudem zwei unabhängige Dosimeter vorgesehen:

- elektronische Dosimeter mit einer Anzeige zur täglichen Kontrolle,
- Dosimeter einer amtlichen Messstelle, die regelmäßig ausgewertet werden.

7.3 Strahlenschutzplanung

Vor der Durchführung der Abbauarbeiten erfolgt eine Strahlenschutzplanung mit dem Ziel der Minimierung der Kollektiv- und Individualdosen sowie der anfallenden radioaktiven Abfälle unter Berücksichtigung technischer und wirtschaftlicher Gesichtspunkte.

Für die Kollektivdosismessung wurden die Zahl der jeweils im Abbaubereich tätigen Personen sowie die jeweilige mittlere Dosisleistung im Abbaubereich je Arbeitsschritt abgeschätzt.

Für den Abbau der FRG und des HL wurde eine Kollektivdosis von insgesamt ca. 181 Personen-mSv abgeschätzt. Den weitaus größten Anteil mit ca. 102 Personen-mSv macht der Abbau der aktivierten Strukturen des Reaktorbeckens aus. Die restliche Dosis verteilt sich auf den Abbau des HL sowie den Restabbau in der Gesamtanlage, hier insbesondere den Abbau der kontaminierten Abwasseranlage sowie die Entnahme der Betriebsabfälle aus den Betonzellen 2–4.

Für die Zerlegung des RDB-OH und der Maßnahmen zum anschließenden Aufheben des Kontrollbereichs wurde eine Kollektivdosis von insgesamt ca. 190 Personen-mSv abgeschätzt.

Die abgeschätzte Gesamtdosis für die Maßnahmen zur Stilllegung des FRG-1, zum Abbau der FRG und des HL sowie zur Zerlegung des RDB-OH beträgt somit ca. 371 Personen-mSv.

7.4 Strahlungs- und Aktivitätsüberwachung

Beim Abbau der FRG, des HL und des RDB-OH werden Maßnahmen zur Aktivitätsrückhaltung getroffen (z. B. Reduzierung der Schadstofffreisetzung). Dazu werden in den Abbaubereichen, in denen Trenn-, Stemm- oder Abbrucharbeiten mit Staubentwicklung oder / und Aerosolbildung durchgeführt werden, Staubbarrieren, z. B. Zelteinhausungen oder Folienabschlüsse aufgebaut. Bei hoher Staubentwicklung wird eine Absaugung am Entstehungsort mit mobilen Filtergeräten eingesetzt.

Fortluft aus der Betriebsstätte FRG / HL

Innerhalb des Kontrollbereichs der FRG und des HL können während des Restbetriebs und des Abbaus der FRG und des HL luftgetragene, radioaktive Stoffe (Aerosole, Gase) anfallen.

Die Nuklidzusammensetzung der aerosolförmigen Ableitungen wird von den Nukliden Co-60, Cs-137 und Sr-90 dominiert.

Es wurden folgende Genehmigungswerte für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft im Kalenderjahr beantragt:

- Aerosolförmige Radionuklide 3,7 E07 Bq,
- Gasförmige radioaktive Stoffe
 - H-3 (Tritium) 1,5 E11 Bq,
 - C-14 1,2 E09 Bq.

Bei maximaler Ausschöpfung der Genehmigungswerte führt dies zu einer effektiven Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung an der ungünstigsten Einwirkungsstelle in der Umgebung von $< 1 \mu\text{Sv}$ im Kalenderjahr.

Abgabegenehmigungswerte für Jod und radioaktive Edelgase können mit der Stilllegung des FRG-1 und dem Abbau der FRG und des HL entfallen. Durch die Einstellung des Reaktorbetriebes und den Abtransport aller Brennelemente sind diese nicht mehr relevant.

Fortluft aus der Betriebsstätte Zerlegehalle mit RDB-OH

Innerhalb des Kontrollbereichs der zu errichtenden Zerlegehalle können während des Abbaus des RDB-OH luftgetragene, radioaktive Stoffe (Aerosole, Gase) anfallen. Es ist geplant, dass alle Arbeiten, die zu einer Mobilisierung von lose gebundener Aktivität in die Raumluft der Zerlegehalle führen können, mit geeigneten Absaugungen bzw. innerhalb von geschlossenen Arbeitszelten mit mobiler Abluftabsaugung und Filterung durchgeführt werden und diese Maßnahmen wirkungsvoll sind. Mit einem internen Grenzwert für die Aerosolaktivität von 10 Bq/m^3 ergibt sich unter Berücksichtigung der Fortluftfilter (Filterabscheidegrad $> 99,97 \%$) eine Aktivitätskonzentration, die unterhalb der Werte der Anlage VII, Teil D, Tabelle 4, Spalte 2 StrlSchV liegt.

Es wurden aufgrund der Genehmigung nach § 7 AtG folgende Genehmigungswerte für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft im Kalenderjahr beantragt:

- Aerosolförmige Radionuklide 1,0 E07 Bq.
- Gasförmige radioaktive Stoffe
 - H-3 (Tritium) 1,0 E08 Bq,
 - C-14 1,0 E09 Bq.

Abwasser aus der Betriebsstätte FRG / HL

Für den Restbetrieb und den Abbau von FRG und HL wurden folgende Genehmigungswerte für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser im Kalenderjahr beantragt:

- Gesamtaktivität (ohne Tritium) 2,0 E09 Bq,
- Tritium 4,0 E10 Bq.

Die Nuklidzusammensetzung der Ableitungen mit dem Abwasser wird ebenfalls von den Nukliden Co-60, Cs-137 und Sr-90 dominiert.

Abwasser aus der Betriebsstätte Zerlegehalle mit RDB-OH

Innerhalb des Kontrollbereichs der zu errichtenden Zerlegehalle fällt zusätzlich zu den täglichen Reinigungs- und Dekontaminationsarbeiten einmalig das Füllwasser bei der Entleerung des Reaktordruckbehälters und Schildtankrestwassers als Abwasser an.

Das Abwasser wird im Kontrollbereich der Zerlegehalle in einen zugelassenen Tankcontainer gesammelt und extern konditioniert. Eine Ableitung von Wässern vom Gelände der Betriebsstätte Zerlegehalle mit RDB-OH ist nicht vorgesehen.

Somit ist keine Beantragung von Genehmigungswerten für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser notwendig.

Strahlenexposition

Bei der Berechnung der potenziellen Strahlenexposition durch die Ableitung mit der Fortluft ergibt sich ein Wert für die effektive Dosis im Kalenderjahr von ca. 3,2 E-02 mSv. Dieser Wert gilt für die am stärksten exponierte Altersgruppe der Kleinkinder (> 1 – ≤ 2 Jahre) unter der Annahme einer vollständigen Ausschöpfung der Genehmigungswerte für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und resultiert fast ausschließlich aus der radiologischen Vorbelastung (siehe Kapitel 3.9).

Der ungünstigste Aufpunkt liegt dabei in einer Entfernung von 1.100 m in Sektor 11 am Anlagenzaun von KKK (für Expositionspfade äußere Strahlenexposition und Inhalation) bzw. Sektor 12 nordöstlich der Freiluftschaltanlage von KKK (Ingestion), vergleiche Abbildung 3-2.

Der Anteil der Exposition, der durch Ableitungen aus der FRG und dem HL sowie der Zerlegehalle des RDB-OH verursacht wird, liegt bei $< 1 \text{ E-03 mSv/a}$.

Bei der Berechnung der potenziellen Strahlenexposition durch die Ableitung mit dem Abwasser ergibt sich im Nahbereich des HZG ein Wert für die effektive Dosis im Kalenderjahr von ca. $1,0 \text{ E-01 mSv}$ und im Fernbereich ein Wert von ca. $1,4 \text{ E-01 mSv}$. Diese Werte gelten jeweils für die am stärksten exponierte Altersgruppe der Säuglinge (≤ 1 Jahr) unter der Annahme einer vollständigen Ausschöpfung der Genehmigungswerte für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser. Die potenzielle Strahlenexposition resultiert für den Nah- bzw. Fernbereich fast ausschließlich aus der radiologischen Vorbelastung (siehe Kapitel 3.9). Der Anteil der Exposition, der durch Ableitungen aus der FRG und dem HL verursacht wird, liegt bei $< 3 \text{ E-03 mSv/a}$.

Die potenziellen Strahlenexpositionen durch Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser liegen damit jeweils unter dem Grenzwert von $0,3 \text{ mSv}$ der effektiven Dosis im Kalenderjahr nach § 47 StrlSchV. Auch die Grenzwerte für die Organdosis gemäß § 47 StrlSchV werden eingehalten.

Die tatsächlich abgeleiteten radioaktiven Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser werden durch Messungen im Rahmen der Emissionsüberwachung, die entsprechend dem geltenden Stand der Technik durchgeführt, bilanziert und dokumentiert werden, bestimmt.

Die potenzielle Strahlenexposition in der Umgebung der beiden Betriebsstätten FRG / HL und Zerlegehalle mit dem RDB-OH setzt sich zusammen aus der potenziellen Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser sowie der potenziellen Strahlenexposition durch die von den Betriebsstätten ausgehende Direktstrahlung.

Durch betriebliche Maßnahmen wird sichergestellt, dass die Summe der Strahlenexposition aus der Direktstrahlung und der Strahlenexposition aus Ableitungen von beiden Betriebsstätten den Grenzwert der effektiven Dosis gemäß § 46 StrlSchV von 1 mSv im Kalenderjahr für Einzelpersonen der Bevölkerung an der Grenze der Überwachungsbereiche sicher unterschreitet.

8 Reststoffe und Abfälle

Die Gesamtmasse der FRG, des HL und der Zerlegehalle mit RDB-OH beträgt ca. 39.000 Mg. In Abbildung 8-1 sind die Massenströme mit den zu erwartenden Entsorgungspfaden dargestellt. Es wird erwartet, dass ca. 1 % der gesamten Masse als radioaktiver Abfall beseitigt werden muss. Der größte Teil (ca. 99 %) kann konventionell entsorgt werden.

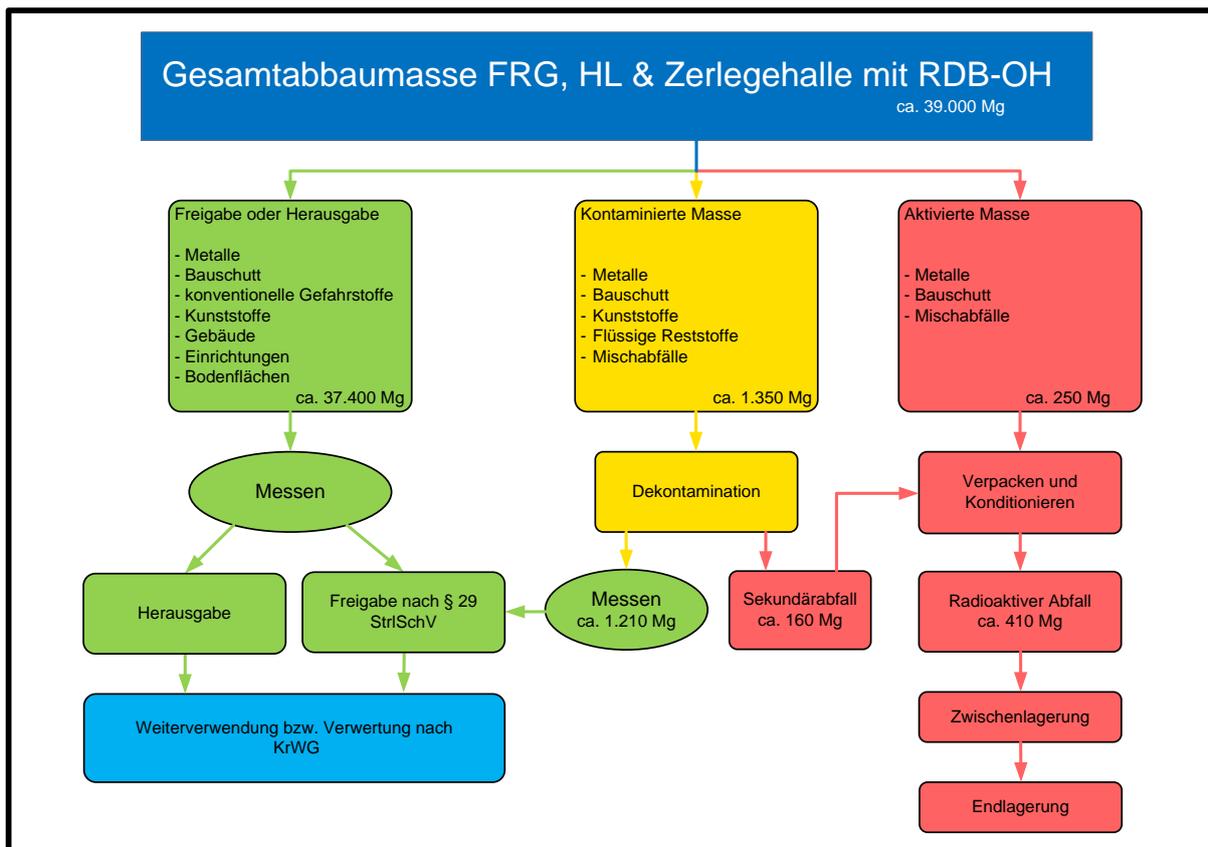


Abbildung 8-1: Darstellung der Gesamtmassenbilanz

Während des Abbaus der FRG und des HL sowie der Zerlegung des RDB-OH finden folgende Maßnahmen zur Vermeidung zusätzlicher radioaktiver Reststoffe Anwendung:

- Vermeidung von Kontaminationsverschleppung.
- Nutzung bewährter Verfahren, Geräte und Einrichtungen.
- Vor Beginn der jeweiligen Abbauarbeiten wird auf Basis einer radiologischen Charakterisierung der angestrebte Entsorgungsweg für die anfallenden Reststoffe festgelegt.
- Gegenstände und Materialien, die im Kontrollbereich nicht erforderlich sind, dürfen nicht eingebracht werden.

Alle im Rahmen des Abbaus der kontaminierten und ggf. aktivierten Strukturen der FRG, des HL und des RDB-OH abzubauenen Massen werden entweder als radioaktiver Abfall entsorgt oder bei Unterschreiten der entsprechenden Freigabewerte gemäß § 29 StrlSchV freigegeben. Reststoffe, die direkt ohne Bearbeitung oder mit geringem Aufwand und einfachen, bei HZG zur Verfügung stehenden Mitteln dekontaminiert und bewertet werden können, werden dann direkt vor Ort freigegeben. Radioaktive Abfälle, für die ein externer Behandlungsschritt nicht sinnvoll ist (z. B. Bauschutt), werden direkt entsprechend den Annahmebedingungen für ein Endlager des Bundes in geeignete Behälter verpackt. Die Lagerung der radioaktiven Abfälle der FRG und des HL erfolgt anschließend in der TBH. Die radioaktiven Abfälle des RDB-OH werden in der HAKONA eingelagert. Die Bearbeitung und Behandlung aller weiteren beim Abbau anfallenden kontaminierten und aktivierten Reststoffe und Abfälle erfolgt überwiegend über externe Konditionierungs- und Behandlungsanlagen. Die behandelten bzw. konditionierten radioaktiven Abfälle werden anschließend zurückgeführt und bis zur Abgabe an ein Endlager des Bundes ebenfalls in der TBH bzw. in der HAKONA oder in einer sonstigen externen Lagerstätte eingelagert. Die entsprechenden Annahmebedingungen der Zwischenlager werden eingehalten.

Es kann gegebenenfalls auch eine Freigabe nach § 29 StrlSchV bei Dritten, z. B. bei externer Konditionierung und Behandlung von Reststoffen, erfolgen.

Der komplette Reststoff- und Abfallfluss wird dokumentiert.

In Abbildung 8-2 sind die prinzipiellen Wege für die Entsorgung der beim Abbau anfallenden radioaktiven Reststoffe und Abfälle dargestellt.

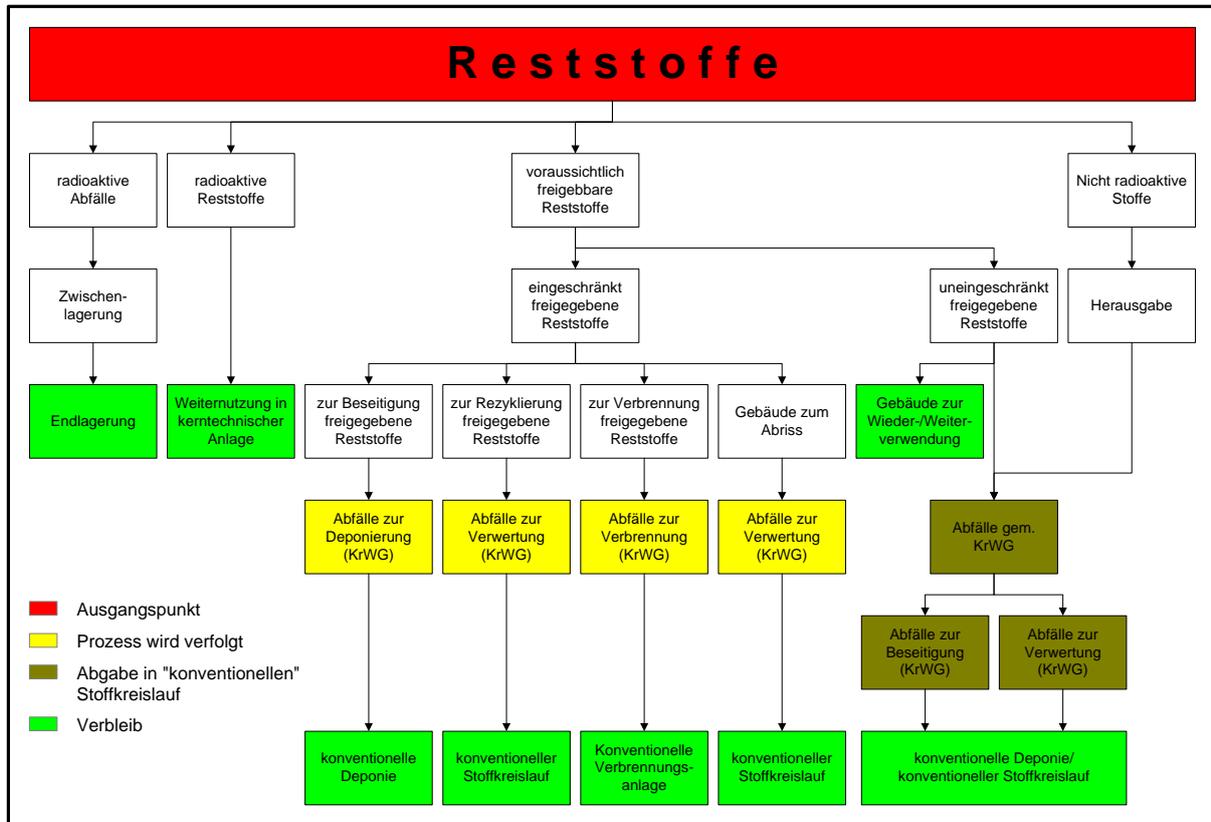


Abbildung 8-2: Reststoffentsorgungswege

9 Störfallanalyse

Gemäß StrlSchV sind bei der Planung des Abbaus bauliche oder technische Schutzmaßnahmen unter Berücksichtigung des potenziellen Schadensausmaßes zu treffen, um die Strahlenexposition bei Störfällen während des Abbaus durch die Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung zu begrenzen. Die durch die Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung verursachte effektive Dosis darf den sogenannten Störfallplanungswert von 50 mSv dabei nicht überschreiten.

Die Abschätzung des Gesamtaktivitätsinventars der FRG und des HL sowie der betrieblichen Abfälle ergab einen Wert von ca. $5,0 \text{ E}15 \text{ Bq}$. Das Aktivitätsinventar ist fast komplett fest in den aktivierten Anlagenstrukturen der Reaktorbeckeneinbauten, der Reaktorbecken und des Betriebsabfalls eingebunden und somit nicht unmittelbar freisetzbar. Deutlich weniger als 1 % des Gesamtaktivitätsinventars liegt als Kontamination vor.

Die Abschätzung des Gesamtaktivitätsinventars des RDB-OH ergab einen Wert von ca. $5,6 \text{ E}14 \text{ Bq}$. Das Aktivitätsinventar ist hier ebenfalls zu fast 100 % fest in den aktivierten Anlagenstrukturen der Reaktoreinbauten und des RDB eingebunden und somit nicht unmittelbar freisetzbar. Deutlich weniger als 1 % des Gesamtaktivitätsinventars liegt hier ebenfalls als Kontamination vor.

Die für den Abbau der FRG und des HL sowie der Zerlegung des RDB-OH zu treffenden Schutzmaßnahmen richten sich nach dem noch in der Anlage vorhandenen Gefährdungspotenzial und der Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines Störfalls. Das Gefährdungspotenzial resultiert im Wesentlichen aus dem noch vorhandenen, nicht fest gebundenen Aktivitätsinventar (im Wesentlichen ein Teil der in der Anlage vorhandenen Kontamination), das bei Störfällen, z. B. beim Abbau bzw. beim Transport von Anlagenteilen in der Anlage sowie beim Umgang mit radioaktiven Reststoffen und Abfällen, anteilig in die Umgebung freigesetzt werden kann.

Die im Rahmen der Störfallanalyse für die FRG, das HL und den RDB-OH zu betrachtenden Ereignisabläufe, in deren Folge eine Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung nicht auszuschließen ist, werden in zwei Gruppen unterteilt:

- Einwirkungen von innen (EVI):
 - Brand,
 - Lastabsturz,
 - Leckage,
 - Ausfall von Strahlenschutzeinrichtungen oder Versorgungseinrichtungen.

- Einwirkungen von außen (EVA):
 - Hochwasser / Überflutung, Sturm, Starkregen, Eis und Schnee,
 - Eindringen von Gasen,
 - Druckwellen aufgrund chemischer Reaktionen,
 - Äußerer Brand,
 - Erdbeben,
 - Flugzeugabsturz (auslegungsüberschreitend).

Die betrachteten sicherheitstechnisch bedeutsamen Ereignisabläufe und die daraus resultierenden potenziellen Strahlenexpositionen in der Umgebung ergeben für die ungünstigste Referenzperson in allen Fällen Werte, die deutlich unterhalb des Störfallplanungswertes liegen.

Für die Betriebsstätte FRG/HL stellt der Fall des Lastabsturzes den abdeckenden Störfall dar. Es wurde gezeigt, dass als Folge von Störfällen die mögliche Strahlenexposition maximal 0,1 % der gemäß StrlSchV zulässigen Strahlenexposition (50 mSv) beträgt.

Das Erdbeben stellt für die Betriebsstätte Zerlegehalle mit dem RDB-OH und auch für den Standort HZG den abdeckenden Störfall mit einer daraus resultierenden potenziellen Strahlenexposition von ca. 3,44 mSv dar. Die Ausschöpfung des Störfallplanungswertes beträgt maximal 7 %. Damit wurde gezeigt, dass ausreichend Vorsorge gegen mögliche Störfälle an den Betriebsstätten FRG / HL und Zerlegehalle mit dem RDB-OH geleistet wird.

Darüber hinaus wird als sehr seltenes, auslegungsüberschreitendes Ereignis der Flugzeugabsturz sowohl auf die abzubauende FRG und das HL, als auch auf die Zerlegehalle mit dem RDB-OH betrachtet. Die Folgen eines Flugzeugabsturzes werden als abdeckendes Ereignis entsprechend den Vorgaben der „Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen“ betrachtet und bewertet. Es wurde gezeigt, dass keine einschneidenden Maßnahmen des Katastrophenschutzes erforderlich sind.

10 Umweltauswirkungen

Die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) ermittelt, beschreibt und beurteilt Auswirkungen der Stilllegung des Forschungsreaktors FRG-1 sowie des Abbaus der FRG und des HL sowie der Zerlegung des RDB-OH auf die betroffenen Schutzgüter:

- Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit,
- Tiere, Pflanzen und die biologische Vielfalt,
- Boden,
- Wasser,
- Luft,
- Klima,
- Landschaft,
- Kulturgüter und sonstige Sachgüter.

Grundlage der UVP ist eine im Auftrag des HZG durchgeführte Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU).

Mögliche bedeutsame bzw. erheblich nachteilige Auswirkungen auf die Schutzgüter durch die Wirkfaktoren Luftschadstoffe, Schall, Erschütterungen, Licht- und Wärmeemissionen, Flächeninanspruchnahme und Versiegelung, Errichtung von Bauwerken, Wasserentnahme, Ableitung von konventionellen Abwässern und Anfall von radioaktiven und konventionellen Abfällen können ausgeschlossen werden, da der überwiegende Teil der Abbautätigkeiten innerhalb von Gebäuden erfolgt und die geringfügigen Emissionen keine relevanten zusätzlichen Auswirkungen hervorrufen können.

Die potenziellen Strahlenexpositionen durch Ableitungen mit der Fortluft und mit dem Abwasser liegen jeweils deutlich unter dem gesetzlichen Grenzwert. Im Rahmen der Immissionsüberwachung wird durch geeignete Maßnahmen sichergestellt, dass der Grenzwert der effektiven Dosis von 1 mSv/a für Einzelpersonen der Bevölkerung zu jeder Zeit sicher eingehalten wird.

Für den konventionellen Abriss der FRG, des HL und der Zerlegehalle mit dem Betonschacht liegen noch keine hinreichend konkreten Planungen vor. Es wird eine branchenübliche, industrieerprobte Vorgehensweise beim Abriss unterstellt. Mögliche Auswirkungen auf die Umgebung können bei Bedarf durch zusätzliche Maßnahmen minimiert und vermieden wer-

den. Potenziell bedeutsame bzw. erheblich nachteilige Auswirkungen auf die Schutzgüter werden nach derzeitigem Planungsstand nicht erwartet. Der konventionelle Abriss wird zeitnah im erforderlichen Bauantragsverfahren entsprechend der schleswig-holsteinischen Landesbauordnung beantragt und geprüft.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass bedeutsame bzw. erheblich nachteilige Auswirkungen durch die Stilllegung des Forschungsreaktors FRG-1 und den Abbau der FRG und des HL sowie der Zerlegung des RDB-OH auf die Schutzgüter, insbesondere den Menschen und die Umwelt, nicht zu erwarten sind.