

Abbaukonzept der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors

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

Bericht Nr. EB-FRG/HL/RDB-OH-03

**Helmholtz-Zentrum hereon GmbH
Zentralabteilung Forschungsreaktor
Max-Planck-Straße 1
21502 Geesthacht**

Datum: 20. September 2021

Revision: 4

	Erstellt	Geprüft	Freigegeben
Firma	ISE	Hereon	Hereon
Name	██████	██████	██████████
Unterschrift	████████████████████	████████████████████	████████████████████

Änderungsverzeichnis

Revision	Datum	Änderungsgrund
0	22.11.2017	Erstellung
1	15.11.2018	Berichtsnummer auf dem Deckblatt ergänzt. Korrekturbedarf aus der Stellungnahme des Gutachters zur Rev. 0 vom 20.09.2018 übernommen. Abkürzungsverzeichnis sowie Literatur und verwendete Gesetze angepasst.
2	11.12.2020	Aktualisierung aufgrund der Novellierung der Strahlenschutzverordnung 29.11.2018 (Begriffsbestimmungen, Kapitel 3.3, 6.1.4, 6.2, 8.5, 8.6, Literatur und verwendete Gesetze). Ergänzungen und Aktualisierung Begriffsbestimmungen sowie Literatur und verwendete Gesetze. Ergänzung der Erprobung fernhantierter Verfahren zum Ausbau der Beckeneinbauten, Kap. 4.1.
3	14.09.2021	Überarbeitung aufgrund der Prüfanmerkungen des Sachverständigen und der Genehmigungsbehörde vom 28.05.2021. Redaktionelle Überarbeitung.
4	20.09.2022	Entfernung des Kapitels 5 „Transportlogistik“ aufgrund doppelter Beschreibung im Erläuterungsbericht „Transport- und Logistikkonzept“ /5/.

Dieser Bericht wurde in Zusammenarbeit mit der Firma

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



erstellt.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	5
Abkürzungsverzeichnis	6
Begriffsbestimmungen	8
1 Einleitung	13
2 Randbedingungen und Grundsätze des Abbaus	14
2.1 Randbedingungen und Voraussetzungen für den Abbau	14
2.2 Minimierung der Personendosis	14
2.3 Vermeidung von Kontaminationsverschleppungen	15
2.4 Reduzierung der Brandlasten	15
2.5 Reduzierung der Schadstofffreisetzung	15
2.6 Nutzung bewährter Verfahren und Geräte	16
2.7 Maßnahmen zur Vermeidung von radioaktiven Reststoffen	16
2.8 Maßnahmen zur Reduzierung von radioaktiven Abfällen	16
3 Schutzmaßnahmen	17
3.1 Arbeitssicherheit	17
3.2 Brandschutz	17
3.3 Strahlenschutz	18
4 Abbaugeräte, -komponenten und -verfahren	19
4.1 Standardgeräte	19
4.2 Geräte für den Betonabbau	20
4.2.1 Hydraulikbagger	20
4.2.2 Seilsäge	23
4.3 Arbeitsbühne für den Hydraulikbagger	24
4.4 Wassernebelanlage	25
4.5 Abraumförderstrecke	26
4.6 Backenbrecher	26
4.7 Fassabfüllstation	26
4.8 Einhausung Beckenkomplex	27
4.9 Staubschutzschleusen	27
4.10 Zusatzlüftungsanlage	27
4.11 Mobile Filteranlagen	29
4.12 Mobile Arbeits- und Dekontaminationszelle	29
4.13 Alternative Abbauverfahren für den Beckenkomplex	30
5 Baustelleneinrichtung	32
6 Abbau Forschungsreaktoranlage	34
6.1 Abbau Reaktorbecken	34
6.1.1 Unterwasserabbau Beckeneinbauten	36
6.1.2 Abbau sonstige Beckeneinbauten (trocken)	38
6.1.3 Ausbohren Durchführungen	38
6.1.4 Störkantenbeseitigung und radiologische Bewertung der Beckenwand	39
6.1.5 Teilabbau Außenwand Becken I	42
6.1.6 Abbau Vorbeton Wände Becken I	43
6.1.7 Abbau Liner und Barytbeton aktiviert (Becken I)	44
6.1.8 Abbau Boden Becken I	47
6.1.9 Abbau Vorbeton Becken II und III	48
6.1.10 Abbau Vorbeton Wände Becken IV	48

6.1.11	Abbau Boden Becken IV	49
6.1.12	Restarbeiten	50
6.2	Abbau in der Reaktorhalle und den Nebenräumen	51
6.3	Abbau im RA-Keller	51
6.4	Abbau in alter Versuchshalle	52
7	Abbau Heißes Labor	54
7.1	Abbau im Dekontaminationsraum und in den Betonzellen 2–4	54
7.2	Abbau in den Dosimetriezellen	58
7.3	Abbau in den restlichen Raumbereichen des HL	59
7.4	Abbau Kranhalle und Rest Bestrahlungskanal	60
8	Rückzugskonzept und Restabbau Gesamtanlage	61
8.1	Abwassersystem	61
8.2	Sonstige Gebäude – Deko-Station	62
8.3	Erdverlegte Systeme	62
8.4	Lüftungssystem	63
8.5	Restabbau, Dekontamination und Rückzug	64
8.6	Werkzeuge und Hilfsgeräte	64
	Literatur und verwendete Gesetze	66

Anlagen

Anlage 1: Lageplan und stockwerkbezogene Pläne der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 4-1:	Hydraulikbagger TopTec 1850 E /11/	21
Abbildung 4-2:	Arbeitsbereich für angeflanschte Werkzeuge /11/	22
Abbildung 4-3:	Angeflanschte Rotatoren / Fräsen /11/	23
Abbildung 4-4:	Seil einer Seilsäge /12/	23
Abbildung 4-5:	Konstruktionsskizze der Arbeitsbühne	24
Abbildung 4-6:	Mobiles Arbeits- und Dekontaminationszelt mit Zugangsschleuse	30
Abbildung 6-1:	Draufsicht auf die 4 Bereiche des Reaktorbeckens	35
Abbildung 6-2:	Beckeneinbauten in Becken I	37
Abbildung 6-3:	Ausbohren der Strahlrohre	39
Abbildung 6-4:	Störkantenbeseitigung	40
Abbildung 6-5:	Abbau des aktivierten Bereichs der Außenwand des Beckens I	43
Abbildung 6-6:	Abbau des Vorbetons des Beckens I	44
Abbildung 6-7:	Konusförmiger Abbau des aktivierten Ausgleichs- und Barytbetons	46
Abbildung 6-8:	Durchbruch im Becken I	46
Abbildung 6-9:	Abbau des Bodens im Becken I	47
Abbildung 6-10:	Abbau des Vorbetons der Becken II und III	48
Abbildung 6-11:	Abbau des Vorbetons des Beckens IV	49
Abbildung 6-12:	Abbau des Bodens im Becken IV	50
Abbildung 6-13:	Reaktorbecken nach der vollständigen Entkernung	51
Abbildung 7-1:	Bleizelle 1 mit Manipulatoren und Bleiglasfenstern	55
Abbildung 7-2:	Bedienraum mit Blick auf die Manipulatoren und Bleiglasfenster	57
Abbildung 7-3:	Mobiler Schwerlasttisch	58
Abbildung 7-4:	Dosimetriezellen mit Manipulatoren und Bleiglasfenstern	59

Abkürzungsverzeichnis

Abs.	Absatz
ArbStättV	Arbeitsstättenverordnung
AtG	Atomgesetz
AtVfV	Verordnung über das Verfahren bei der Genehmigung von Anlagen nach § 7 des Atomgesetzes
Be	Beryllium
BE	Brennelement
BGBI.	Bundesgesetzblatt
bzw.	beziehungsweise
ca.	zirka
DIN	Deutsches Institut für Normung
EDV	Elektronisch Datenverarbeitung
EN	Europäische Norm
EPA	Schwebstofffilter mit der Filterklassen E10-E12 (Efficient Particulate Air Filters)
etc.	et cetera
FRG	Forschungsreaktoranlage Geesthacht
FRG-1	Forschungsreaktor Geesthacht - 1
FRG-2	Forschungsreaktor Geesthacht - 2
ggf.	gegebenenfalls
HEPA	Schwebstofffilter mit der Filterklassen E13-E14 (High Efficiency Particulate Air Filter)
Hereon	Helmholtz-Zentrum hereon GmbH

HL	Heißes Labor
HZG	Helmholtz-Zentrum Geesthacht
KB	Kontrollbereich
KKN	Kernkraftwerk Niederaichbach
KNQ	Kalte Neutronen-Quelle
LKW	Lastkraftwagen
max.	maximal
min.	minimal
Mg	Mega Gramm – SI-Maßeinheit für 1.000.000 g, ehemals metrische Tonne
MOSAIK®	Stahlgussbehälter (Mobiler Sammelbehälter im Kraftwerk)
RA-Keller	Reaktorkeller (Bereich unterhalb des Reaktorbeckens)
Rev.	Revision
S.	Seite
StrlSchG	Strahlenschutzgesetz
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
Sv	Sievert, Maßeinheit verschiedener gewichteter Strahlendosen
TBH	Transportbereitstellungshalle
ÜB	Überwachungsbereich
usw.	und so weiter
ZLA	Zusatzlüftungsanlage
z. B.	zum Beispiel

Begriffsbestimmungen

Abbau	Der Abbau einer kerntechnischen Anlage oder von Anlagenteilen umfasst die Beseitigung von Strukturen (Gebäuden, Systemen, Komponenten), die Regelungsgegenstand der Genehmigung zur Errichtung und zum Betrieb der Anlage nach § 7 Abs. 1 AtG waren oder entsprechend zu bewerten sind.
Abfall, radioaktiv	Alle gasförmigen, flüssigen oder festen radioaktiven Stoffe für die keine weitere Verwendung vorgesehen ist und die als radioaktive Abfälle der Kontrolle durch eine Aufsichtsbehörde unterliegen, wenn die Werte der spezifischen Aktivität der Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 3 und der Aktivität der Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 2 StrlSchV überschritten werden. Ausgenommen sind Ableitungen im Sinne des § 99 StrlSchV.
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).
Arbeitsbühne	Stahl-, bzw. Aluminiumrohrkonstruktion mit Arbeitsplattform für schweres Arbeitsgerät (z. B. Hydraulikbagger)
Arbeitspaket	Umsetzung einer Arbeitsleistung innerhalb eines bestimmten Zeitkontingents.
Bearbeitung	Maßnahmen an radioaktiven Reststoffen, z. B. Zerlegung, Sortierung, Sammlung, Dekontamination.
Behandlung	Verarbeitung von radioaktiven Abfällen zu Abfallprodukten (z. B. durch Kompaktieren, Zementieren und Trocknen 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.
Demontage	Durch ein Vorhaben, Teilvorhaben oder Arbeitspaket begrenzter Abbau von Systemen/Teilsystemen und Anlagenteilen.
Dekontamination	Beseitigung oder Verminderung einer Kontamination.
Entsorgungspfad	Die anfallenden radioaktiven Reststoffe werden folgenden Entsorgungspfaden zugeordnet: <ul style="list-style-type: none">• uneingeschränkte Freigabe• spezifische Freigabe• Abklinglagerung mit dem Ziel der späteren uneingeschränkten oder spezifischen Freigabe• kerntechnischer Stoffkreislauf• radioaktiver Abfall
Forschungsreaktoranlage	Die Forschungsreaktoranlage (FRG) besteht aus dem FRG-1 und den noch vorhandenen Anlagenteilen des FRG-2.
Fortluft	In das Freie abgeführte Abluft.
Fortluftkamin	Zentrale Abgabestelle, die die Abluft der über Filter geleiteten Luft aus den Kontroll- und Sperrbereichen der Anlage emittiert.

Freigabe	Die Freigabe ist ein Verwaltungsakt, der die Entlassung aus der atom- und strahlenschutzrechtlichen Überwachung radioaktiver Stoffe, die aus Tätigkeiten nach § 4 Absatz 1 Satz 1 Nummer 1 in Verbindung mit § 5 Absatz 39 Nummer 1 oder 2, oder aus Tätigkeiten nach § 4 Absatz 1 Satz 3 Nummer 3 bis 7 des Strahlenschutzgesetzes stammen, sowie von beweglichen Gegenständen, Gebäuden, Räumen, Raumteilen und Bauteilen, Bodenflächen, Anlagen oder Anlagenteilen (Gegenstände), die aufgrund dieser Tätigkeiten aktiviert oder mit solchen radioaktiven Stoffen kontaminiert sind, zum Zweck hat.
Freigabewert	Wert der massen- oder flächenspezifischen Aktivität gemäß Tabelle 1 Anlage 4 StrlSchV, bei deren Unterschreitung eine Freigabe gemäß §§ 31 – 42 StrlSchV zulässig ist.
Konditionierung	Behandlung und Verpacken radioaktiver Abfälle zur Herstellung lagerfähiger Abfallprodukte / Abfallgebände.
Kontrollbereich	Bereich, in dem Personen im Kalenderjahr eine effektive Dosis von mehr als 6 Millisievert oder eine Organ-Äquivalentdosis von mehr als 15 Millisievert für die Augenlinse oder 150 Millisievert für die Hände, die Unterarme, die Füße oder Knöchel oder eine lokale Hautdosis von mehr als 150 Millisievert erhalten können.
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, radioaktiv	Radioaktive Stoffe, ausgebaute oder abgebaute radioaktive Anlagenteile, Gebäudeteile (Bauschutt) und aufgenommener Boden, sowie bewegliche Gegenstände, die kontaminiert oder aktiviert sind, bei denen der Verwertungs- bzw. Entsorgungsweg noch nicht entschieden ist, bis zur Entscheidung des Genehmigungsinhabers, dass sie dem radioaktiven Abfall zuzuordnen sind.
Rückzug	Vorgehensweise für den Restabbau und die Freigabe der Gebäude mit dem Ziel, freigegebene Gebäudebereiche und Räume nicht mehr routinemäßig betreten zu müssen, um eine erneute Kontamination dieser Gebäudebereiche und Räume 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 Betriebs-einstellung einerseits und dem Beginn des sicheren Einschlus-ses oder des Abbaus der Anlage oder von Anlagenteilen andererseits.
Stillsetzung	Endgültige Außerbetriebnahme von Systemen und Teilsyste-men, die Voraussetzung für deren Abbau ist.
Stoffe, nicht radioaktiv	Stoffe, bewegliche Gegenstände, Gebäudeteile (Bauschutt) und aufgenommener Boden, Anlagen und Anlagenteile, die weder kontaminiert noch aktiviert 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	Betriebliche Bereiche, die nicht zum Kontrollbereich gehören, in dem Personen im Kalenderjahr eine effektive Dosis von mehr als 1 Millisievert oder eine Organ-Äquivalentdosis von mehr als 50 Millisievert für die Hände, die Unterarme, die Füße oder Knöchel oder eine lokale Hautdosis von mehr als 50 Millisievert erhalten können.
Zwischenlagerung	Längerfristige Lagerung radioaktiver Abfälle bis zum Abtransport in ein Endlager.

1 Einleitung

Der Forschungsreaktor FRG-1 der Helmholtz-Zentrum hereon GmbH (Hereon), vormals Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Zentrum für Material- und Küstenforschung (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. Entsprechend der Empfehlung der Entsorgungskommission vom 11. November 2010 sind die Forschungsreaktoranlage und das Heiße Labor brennelementefrei.

Der Forschungsreaktor FRG-1 soll stillgelegt und die Forschungsreaktoranlage (bestehend aus dem FRG-1 und den noch vorhandenen Anlagenteilen des zweiten ehemaligen Forschungsreaktors FRG-2¹) zusammen mit dem Heißen Labor (HL) abgebaut werden.

Das Hereon hat mit dem Schreiben vom 21.03.2013 /1/ mit Präzisierung vom 6. September 2016 /2/ bei der zuständigen atomrechtlichen Behörde die Stilllegung des Forschungsreaktors FRG-1 und den Abbau der Forschungsreaktoranlage (FRG) und des Heißen Labors (HL) des Hereons sowie Zerlegung des Reaktordruckbehälters des Nuklearschiffs Otto Hahn beantragt. Entsprechend den Vorgaben der Atomrechtlichen Verfahrensverordnung (AtVfV) /3/ beschreibt der Sicherheitsbericht /4/ übergeordnet den Antragsgegenstand.

Der vorliegende Erläuterungsbericht vertieft die Informationen des Sicherheitsberichts bzgl. der Thematik Abbaukonzept der FRG und des HL. Er stellt Randbedingungen und Grundsätze des Abbaus sowie anzuwendende Schutzmaßnahmen dar und beschreibt die vorgesehenen Abbaugeräte, -komponenten, -verfahren und Baustelleneinrichtungen sowie den eigentlichen Abbau der FRG, des HL und den Restabbau der Gesamtanlage im Rahmen des Rückzugskonzepts. Die damit verbundene erforderliche Transportlogistik ist im Erläuterungsbericht „Transport- und Logistikkonzept“ /5/ beschrieben.

Ziel ist der Abbau aller aktivierten und kontaminierten Strukturen der FRG und des HL, so dass eine uneingeschränkte Freigabe der verbleibenden Gebäudestrukturen und des Anlagengeländes erfolgen kann. Für aktivierte Strukturen ist der Abbau bis zur Unterschreitung der massenspezifischen Freigabewerte für die uneingeschränkte Freigabe gemäß Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) /6/ vorgesehen.

¹ Genehmigungsbescheid zur Außerbetriebnahme und zum Teilabbau des Forschungsreaktors FRG-2 vom 17.01.1991

2 Randbedingungen und Grundsätze des Abbaus

2.1 Randbedingungen und Voraussetzungen für den Abbau

Als Voraussetzung für den Abbau im jeweiligen Abbaubereich sind die entsprechenden Randbedingungen zu gewährleisten:

- Alle vom Abbau betroffenen Systeme und Einrichtungen sind stillgesetzt. Das heißt, sie sind freigeschaltet, außer Betrieb genommen, entleert, ggf. getrocknet (außer Becken mit Primärkreis und Beckenreinigung), gegen Wiederinbetriebnahme und rückwirkungsfrei zum Stilllegungsbetrieb gesichert und zum Abbau nach interner Qualitätssicherung freigegeben.
- Die für den Abbau noch benötigten betrieblichen Systeme und Einrichtungen (vergleiche RBHB Teil 1 Kapitel 10 *Änderungsordnung*) sind in Betrieb oder betriebsbereit.
- Alle Hebezeuge sind geprüft und einsatzbereit.
- Nicht mehr erforderliche lose Reststoffe und Abfälle sind aus den entsprechenden Abbaubereichen entfernt bzw. entsorgt, z. B.:
 - Betriebsabfälle aus den Beton- und Bleizellen des Heißen Labors.
 - Lose Gegenstände aus den Becken I – IV (Kapseln, Gestelle auf Beckenboden, Spannketten, alte Gitterplatte FRG-1, etc.).
 - Strahlrohreinbauten (Kollimatoren, Neutronenleitereinsätze) etc.
- Berylliumoxid- und Graphitreflektorelemente sowie Berylliumelemente, bis auf die der letzten Kernladung aus den Becken, befinden sich in MOSAIK®-Behältern verpackt in der Anlage.
- Der statische Nachweis für den Abbau der aktivierten Schicht des Reaktorbeckens bzw. für statische Ersatzmaßnahmen liegt vor.

2.2 Minimierung der Personendosis

Die Schutzmaßnahmen, die zur Minimierung der Personendosis angewendet werden, sind nachfolgend aufgelistet.

- Abschirmung vor Ort mit Bleimatten oder Abschirmsteinen
- Fernhantierung

- Manipulatoren hinter Bleiglaswand oder Stangenwerkzeug unter Wasser
- Ferngesteuerter Hydraulikbagger
- Entfernung der Komponenten aus dem allgemeinen Arbeitsumfeld (Überführung auf den Transportbereitstellungsplatz, ggf. Zwischenlager)

Für Tätigkeiten, die in Bereichen mit Staubentwicklung durchgeführt werden sollen, werden Staubmasken oder P3-Filtermasken eingesetzt.

2.3 Vermeidung von Kontaminationsverschleppungen

Durch die vorhandene bzw. angepasste Lüftungstechnik und die Auswahl der Luftführung wird die Ausbreitung luftgetragener Kontamination beim Abbau auf die Zerlegebereiche beschränkt. Die Verschleppung von Kontamination durch Personen oder Arbeitsgeräte wird durch entsprechende Strahlenschutzmaßnahmen an den Übergängen der Strahlenschutzbereiche (Wechselzonen, Kontaminationskontrolle von Personal und Behältern, Verpackung etc.) und durch die luft- und gebäudetechnischen Barrieren, ggf. temporärer Barrieren zwischen den Verkehrsbereichen und den unterschiedlich eingestufteten Arbeitsbereichen (Abbau- / Interventionsbereiche usw.) beherrscht.

2.4 Reduzierung der Brandlasten

Im Rahmen der Stillsetzungsmaßnahmen werden alle betrieblichen Brandlasten auf den notwendigen Bedarf reduziert. Dazu gehört im Wesentlichen das Entfernen der mit der Stillsetzung nicht mehr benötigten Kabel, auch das Entfernen von Ölen und anderen brennbaren Betriebsmedien aus den stillgesetzten Anlagenteilen.

2.5 Reduzierung der Schadstofffreisetzung

In den Abbaubereichen, in denen Trenn-, Stemm- oder Abbrucharbeiten mit Staubentwicklung und / oder Aerosolbildung durchgeführt werden, werden Staubbarrieren, z. B. Zelteinhausungen oder Folienabschlüsse aufgebaut. Bei hoher Staubentwicklung wird eine Absaugung am Entstehungsort mit mobilen Filtergeräten eingesetzt.

2.6 Nutzung bewährter Verfahren und Geräte

Für den Abbau der FRG und des HL ist die Nutzung bewährter Verfahren und Geräte vorgesehen. Es werden die betrieblich bei Hereon vorhandenen Geräte genutzt, die auch schon während des Forschungsbetriebs, unter anderem für den Ausbau von Strahlrohren, verwendet wurden. Darüber hinaus werden nur industrieerprobte Verfahren und Geräte eingesetzt, die sich bei ähnlichen Abbauprojekten bewährt haben. Konstruktionen von Sondergeräten (Einzelstücken), mit Ausnahme der Arbeitsbühne im Reaktorbecken, sind für den Abbau der FRG und des HL nicht erforderlich und nicht vorgesehen.

2.7 Maßnahmen zur Vermeidung von radioaktiven Reststoffen

Beim Abbau der FRG und des HL wird das Ziel verfolgt, den Anfall radioaktiver Reststoffe zu vermeiden. Dies wird durch die Auswahl geeigneter Einrichtungen und Geräte zur Durchführung der Abbaumaßnahmen und durch das Vermeiden des Einbringens von nicht benötigten Materialien in den Kontrollbereich, wie z. B. Verpackungen, erreicht.

2.8 Maßnahmen zur Reduzierung von radioaktiven Abfällen

Beim Abbau der FRG und des HL wird das Ziel verfolgt, den Anfall radioaktiver Abfälle so gering wie sinnvoll möglich zu halten. Folgende Maßnahmen zur Reduzierung des radioaktiven Abfallvolumens werden im Einzelnen angewendet:

- Vor Beginn der Abbautätigkeiten werden die anfallenden Reststoffe charakterisiert und der optimale Entsorgungsweg festgelegt.
- Beim Abbau und der Zerlegung aktivierter bzw. kontaminierter Anlagenteile werden Techniken mit möglichst geringen Aktivitätsfreisetzungen angewendet.
- Während der Durchführung der Abbautätigkeiten werden die unterschiedlichen Reststoffe am Entstehungsort getrennt gesammelt, um Querkontamination zu vermeiden.
- Stellen an abgebauten Anlagenteilen, von denen man weiß, dass sie stärker kontaminiert sind als die restlichen Stellen, werden abgetrennt und separat gesammelt.
- Kontaminierte Anlagenteile werden dekontaminiert, um sie anschließend möglichst freigegeben zu können.

3 Schutzmaßnahmen

3.1 Arbeitssicherheit

Für die FRG und das HL ist eine Fachkraft für Arbeitssicherheit benannt, die bereits in die Planung von Arbeiten einbezogen wird. Durch entsprechende Festlegungen von Maßnahmen bezüglich der Arbeitssicherheit im Rahmen des Arbeitserlaubnisverfahrens (RBHB, Teil 1, Kapitel 3, *Instandhaltungs- und Abbauordnung*) sollen Gefahren für das Personal beherrscht und minimiert sowie deren Sicherheit bzw. Gesundheit bei der Arbeit gewährleistet werden. Hierfür werden die Anforderungen der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) /7/ und die einschlägigen Vorschriften der konventionellen Arbeitssicherheit der Berufsgenossenschaften, DIN usw. in allen Bereichen eingehalten, in denen Personal tätig ist bzw. sich aufhält.

3.2 Brandschutz

Die Brandschutzeinrichtungen der FRG und des HL entsprechen dem Stand der Technik und den einschlägigen Regeln. Darüber hinaus ist ein Brandschutzbeauftragter benannt, der bereits in die Planung von Arbeiten einbezogen wird. Durch entsprechende Festlegungen von Maßnahmen bezüglich des Brandschutzes im Rahmen des Arbeitserlaubnisverfahrens (RBHB, Teil 1, Kapitel 3, *Instandhaltungs- und Abbauordnung*) sollen die folgenden Schutzziele erfüllt werden:

- Rettung und Flucht von Menschen im Brandfall,
- Vermeidung bzw. Minimierung von Aktivitätsfreisetzungen im Brandfall,
- Vorbeugung gegen Entstehung und Ausbreitung von Schadensfeuern,
- Rechtzeitige Erkennung und wirksame Bekämpfung bei Auftreten eines Brandes.

Außerdem werden folgende Ziele berücksichtigt:

- Anfallendes Löschwasser wird so aufgefangen und entsorgt, dass keine unzulässigen Belastungen für die Umgebung der Anlage entstehen.
- Die Betriebssicherheit von Brandschutzeinrichtungen wird durch Wiederkehrende Prüfungen gewährleistet.
- Es werden ausreichend betriebliche Brandschutzmaßnahmen getroffen.

Die Brandschutzeinrichtungen und Brandschutzmaßnahmen werden während des Restbetriebes und des Abbaus an den aktuellen Anlagenzustand angepasst. Den Abbaufortschritt behindernde Systeme werden nach Erfordernis demontiert und, soweit noch erforderlich, durch äquivalente Systeme ersetzt. Nachdem die Voraussetzungen dafür erfüllt sind (Entfernen von Brandlasten, keine Zündquellen mehr, etc.), werden anschließend auch die Brandschutzsysteme in sinnvoller Reihenfolge ausgebaut, wie z. B:

- Demontage der ortsfesten Löschanlagen,
- Demontage der Brandmelder in den betreffenden Bereichen,
- Demontage des bautechnischen Brandschutzes.

Detaillierte Darstellungen zum Brandschutz befinden sich im Erläuterungsbericht Brandschutzkonzept /8/, in den Feuerwehrplänen sowie in der Brandschutzordnung (RBHB, Teil 1, Kapitel 7), die bei Änderungen ständig angepasst werden und somit zu jeder Zeit den aktuellen Status wiedergeben.

3.3 Strahlenschutz

Durch entsprechende Maßnahmen bezüglich des Strahlenschutzes wird der Schutz der Bevölkerung, der Umwelt und des Personals vor radioaktiven Stoffen und ionisierender Strahlung beim Abbau der FRG und des HL gewährleistet. Durch entsprechende Festlegungen von Maßnahmen bezüglich des Strahlenschutzes im Rahmen des Arbeitserlaubnisverfahrens (RBHB, Teil 1, Kapitel 3, *Instandhaltungs- und Abbauordnung*) durch den Strahlenschutzbeauftragten sollen die Strahlenschutzgrundsätze Dosisbegrenzung gemäß § 9 StrlSchG /9/ sowie Vermeidung unnötiger Strahlenexposition und Dosisreduzierung für Mensch und Umwelt gemäß § 8 StrlSchG /9/ eingehalten werden.

Die wesentlichen Aufgaben des Strahlenschutzes (siehe auch Strahlenschutzkonzept /10/ und RBHB, Teil 1, Kapitel 4, *Strahlenschutzordnung*) sind:

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

4 Abbaugeräte, -komponenten und -verfahren

Die Auswahl der Abbaugeräte und -verfahren wurde unter folgenden Gesichtspunkten getroffen:

- Referenzen bei vergleichbaren Zerlegaufgaben in anderen kerntechnischen Anlagen,
- Geringe Schadstofffreisetzung des Verfahrens,
- Geringe Erschütterung der Gebäudestrukturen,
- Geringe Lärmentwicklung,
- Robuste Bauweise und geringe Störanfälligkeit der Geräte,
- Einfache und sichere Handhabung der Geräte,
- Industriestandard der Geräte,
- Sicheres Trennergebnis,
- Handhabung der Trennteile,
- Standzeit der Werkzeuge und Einsatzmittel,
- Trenngeschwindigkeit bzw. Abbauleistung
- Dekontaminierbarkeit,
- Strahlenschutz.

4.1 Standardgeräte

Für den Abbau sind erprobte und handelsübliche Abbaugeräte bzw. Abbauwerkzeuge vorgesehen. Fernbediente Verfahren sind nicht vorgesehen. Die fernhantierten Verfahren, z. B. beim Ausbau der Reaktorbeckeneinbauten (Spannketten, Austausch der Grundplatte etc.), sind größtenteils bereits betrieblich erprobt und haben sich bewährt. Aufgrund der langen Standzeit seit der Außerbetriebnahme erfolgt eine gesonderte Erprobung der entsprechenden fernhantierten Verfahren zum Ausbau der Reaktorbeckeneinbauten. Die weiteren vorgesehenen Abbaugeräte sind industriebewährt und eine gesonderte Erprobung ist nicht erforderlich.

Der manuelle Abbau wird mit handgeführten Abbaugeräten und Werkzeugen durchgeführt, deren Einsatz sich bei vielen kerntechnischen Abbauprojekten bereits bewährt hat. Solche Werkzeuge sind z. B.:

- Schraubwerkzeuge,
- Bohrer, Fräser,
- Nibbler, Knabber,
- Scherwerkzeuge,
- Stich-, Band- und Kreissägen,
- Trennschleifer,
- Schneidbrenner,
- Abkreisvorrichtungen,
- Presslufthammer,
- Schwertsäge,
- Elektromeißel,
- Stahlschere,
- Stemmeisen,
- Bohrmaschine, Kernbohrgerät,
- Mobiler Kompressor,
- Pressluftn Adler.

Bei allen Arbeiten, bei denen radioaktive Aerosole oder Stäube freigesetzt werden können, werden mobile Filtersysteme eingesetzt (siehe Kapitel 4.11).

4.2 Geräte für den Betonabbau

Für den Betonabbau, insbesondere beim Reaktorbecken, sind neben den oben genannten handgeführten Geräten ein Hydraulikbagger, eine Seilsäge sowie weitere Hilfseinrichtungen vorgesehen.

4.2.1 Hydraulikbagger

Bei dem Hydraulikbagger handelt es sich um ein hydraulisch gesteuertes, elektromotorisch angetriebenes industrielles Standardgerät, das verschiedene Werkzeuge zur Bearbeitung als Anbaugeräte aufnehmen kann, z. B.

- Hydraulikhämmer,
- Beton- und Eisenscheren,
- Schaufel- oder Greifvorrichtungen,
- Bohrgeräte,
- Rotatoren / Fräsen (360° endlos drehend).

Der Hydraulikbagger hat die Aufgabe, den Vorbeton bis zum Liner, ggf. auch freigeschnittene Linersegmente, den dahinter liegenden Hinterfüllbeton und den angrenzenden tragenden Schwebbeton abzutragen.

Die Energie- und Medienversorgungen des eingesetzten Hydraulikbaggers werden so verlegt, dass sie beim Arbeitseinsatz des Hydraulikbaggers nicht in den Wirkungsbereich der Abbauwerkzeuge gelangen können.

Ein Beispiel eines für den Abbau der FRG in Frage kommenden Hydraulikbaggers ist nachfolgend aufgeführt.

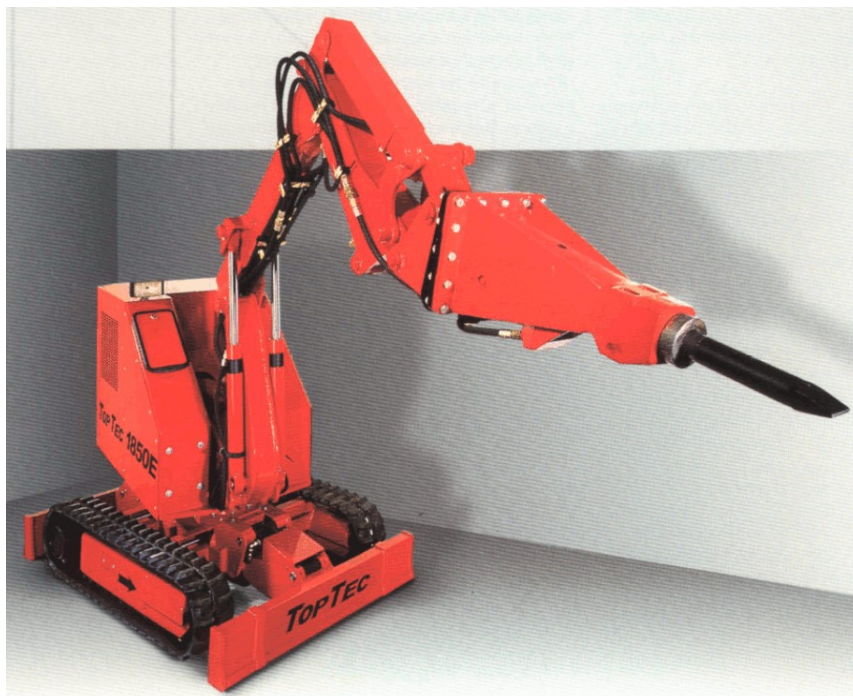


Abbildung 4-1: Hydraulikbagger TopTec 1850 E /11/

Beispielhafte technische Daten des TopTec 1850 E /11/:

Höhe im Fahrzustand:	ca. 1.450 mm
Breite im Fahrzustand	min. 780 mm, max. 1.250 mm
Gewicht:	ca. 2.000 kg (je nach Ausrüstung)
Leistung (E-Motor)	18,5 kW / 32 A
Hydraulischer Arbeitsdruck:	max. 25,0 MPa (250 bar)
Ölfördervolumen	0–90 l/min bei 1.450 U/min

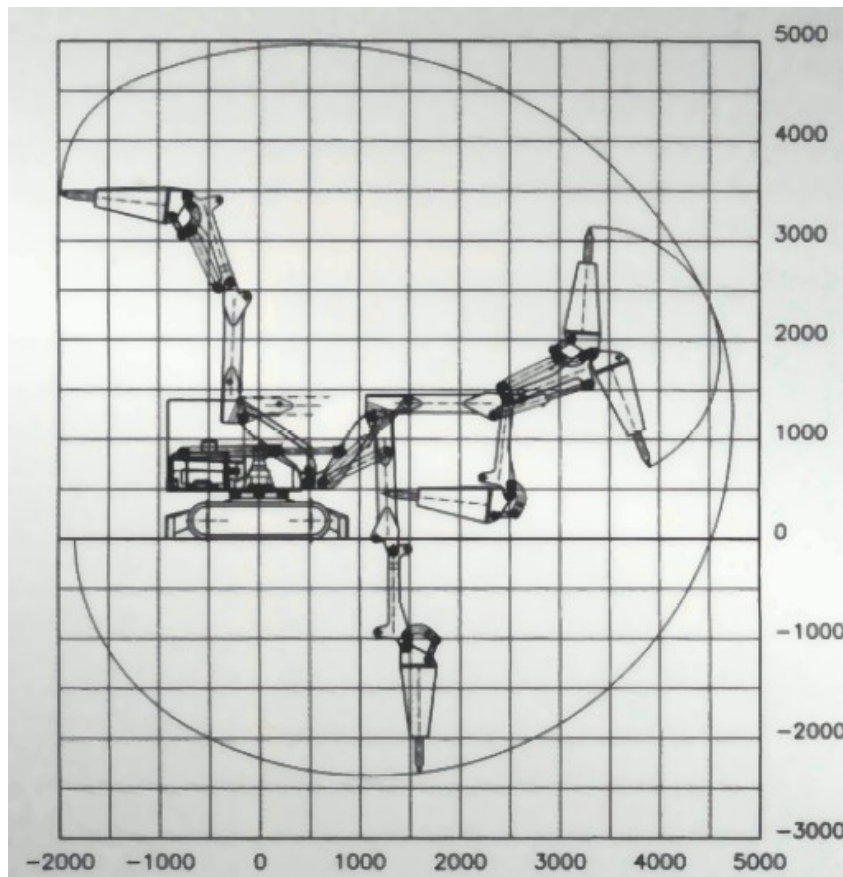


Abbildung 4-2: Arbeitsbereich für angeflanschte Werkzeuge /11/



Abbildung 4-3: Angeflanschte Rotatoren / Fräsen /11/

4.2.2 Seilsäge

Für das Abtragen von Störkanten, z. B. der Betoneinfassung der Beckenschütze oder des Vorbaus der Thermischen Säule, wird eine Seilsäge verwendet. Die Seilsägearbeiten erfolgen mit industrieerprobten Seilsägen mit elektro-hydraulischem Antrieb. In Abbildung 4-4 wird das Seil einer Seilsäge für Betonsägen dargestellt /12/. In den Seilverdickungen sind Industriediamanten für das Durchtrennen von Beton und Stahl eingelassen.



Abbildung 4-4: Seil einer Seilsäge /12/

4.3 Arbeitsbühne für den Hydraulikbagger

Da der vorgesehene Hydraulikbagger nur eine begrenzte Länge des Hydraulikarms besitzt (siehe Abbildung 4-5), muss eine geeignete Arbeitsbühne konstruiert werden. Die Arbeitsbühne im Reaktorbecken wird so konstruiert, dass die kinetische Energie des Hydraulikbaggers beim Abbau des Betons in die Beckenwände abgeleitet wird. Dafür werden Vertiefungen als Halterungen für die Pratzen der Hydraulikbaggerstützen vorgesehen. Für die optimale Standfestigkeit der Arbeitsbühne wird diese mit justierbaren Füßen versehen. Eine exemplarische Konstruktion ist in Abbildung 4-5 skizzenhaft dargestellt.

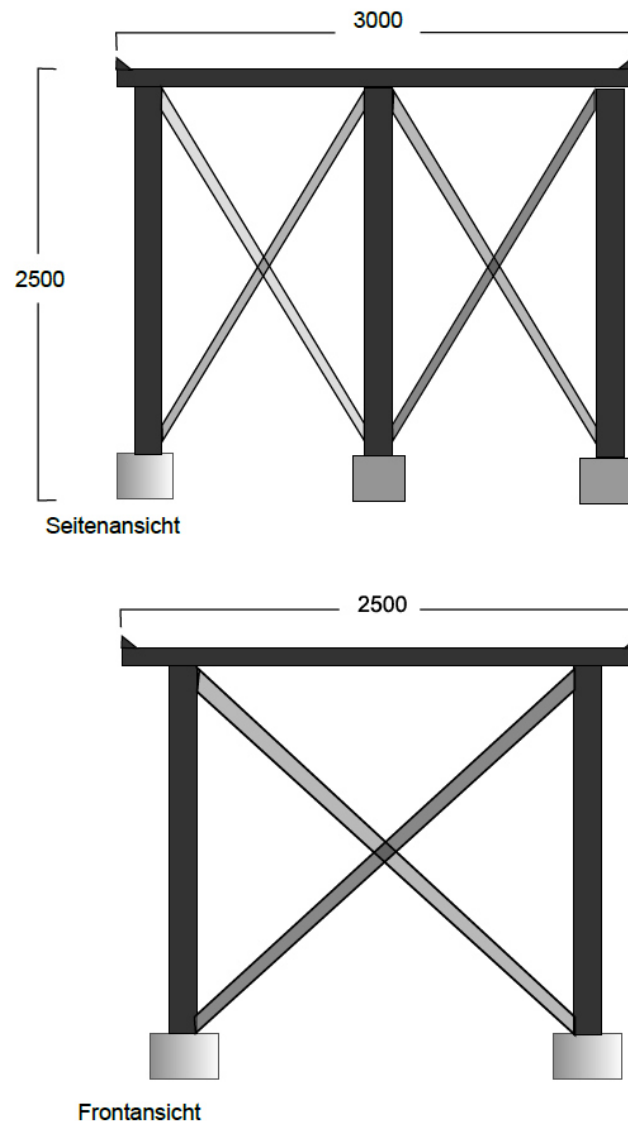


Abbildung 4-5: Konstruktionsskizze der Arbeitsbühne

Aufbau:

Die Arbeitsbühne für den Hydraulikbagger besteht aus 4 Bühnenteilen:

Bühnensegment I:	Standfuß mit Aufnahme für Bühnensegmente II oder III; Bauhöhe ca. 2,5 m; Fachwerkkonstruktion mit höhenverstellbaren Fußplatten
Bühnensegment II:	Zwischensegment zum Aufsetzen auf das Bühnensegment I mit Aufnahme für Bühnensegment III; Bauhöhe ca. 2,5 m
Bühnensegment III:	oberes Segment mit der verspannbaren Hydraulikbaggerplattform zum Aufsetzen auf das Bühnensegment I bzw. II; Bauhöhe ca. 2,5 m
Hydraulikbaggerplattform:	Plattform für die Aufnahme des Hydraulikbaggers und der Absaugung des entstehenden Staubs sowie der Abraumableitung (Schüttrinne)

Alle Bühnen sind als Fachwerkkonstruktionen ausgeführt. Das Bühnensegment I ist an den Stützfüßen konstruktiv so ausgebildet, dass es in den Becken II oder III abgestellt werden kann, ohne dass dadurch die Förderstrecke des Abraummaterials in diesem Bereich behindert wird.

4.4 Wassernebelanlage

Die Wassernebelanlage besteht aus einem Versorgungsschlauch mit Absperrarmatur und Anschluss an das Trinkwassernetz in der Reaktorhalle. Vor der Entnahmestelle befindet sich eine Schlauchbruchsicherung, die bei plötzlich auftretendem Druckabfall die Wasserzufuhr absperrt. Das Schlauchende ist mit mehreren Düsen in definierten Abständen bestückt, mit denen ein feiner Sprühnebel oberhalb des Arbeitsbereichs des Anbaugerätes (z. B. Rotator / Fräse, Meißel) versprüht wird. Ein Magnetventil am Steuerpult ermöglicht es dem Hydraulikbaggerfahrer, den Sprühnebel gezielt zu- und abzuschalten.

4.5 Abraumförderstrecke

Die Abraumförderstrecke beginnt unterhalb der Schüttrinne der Hydraulikbaggerplattform. Sie besteht aus einem Rollenförderband (Industriestandard). Die maximale Förderlänge vom Becken I bis zur Fassabfüllstation im Becken IV beträgt ca. 15 m. Um eine Anpassung an die Abbausituation bei den einzelnen Becken zu erreichen, muss der Aufbau in Modulbauweise erfolgen. Da am Ende des Rollenförderbandes eine Höhendifferenz von ca. 2,5 m zum Schüttrichter des Backenbrechers (siehe Kapitel 4.6) überwunden werden muss, muss dieses bei der Auslegung des letzten Rollenförderbandes berücksichtigt werden.

4.6 Backenbrecher

Der Backenbrecher ist ein industriegängiges Model und bricht das Abraummaterial auf eine Körnung, die kleiner als Faustgröße ist. Dies hat zum einen den Vorteil, dass das Fassvolumen besser ausgenutzt wird und zum anderen werden so die Voraussetzungen für die radiologische Messung als Schüttgut geschaffen.

Bei der Förderung mitgeführte ferritische Metalle werden über den integrierten Elektromagneten aus dem Abraummaterial herausgefiltert. Das separierte Material wird in Schüttmulden aufgefangen und kann dann abtransportiert werden.

4.7 Fassabfüllstation

Die Fassabfüllstation besteht aus einem Einfülltrichter mit zwei darunter angeordneten Absperrschiebern und einem Faltenbalg mit Staubmanschette. Die Zuführung des Abraummaterials erfolgt durch das Förderband des Backenbrechers. Der Fülltrichter und die Staubmanschette sind mit einem Hosenrohr mit Drosselventilen an der Rohgasseite der Zusatzlüftungsanlage (siehe Kapitel 4.10) angeschlossen. Zum Fasswechsel wird der Faltenbalg angehoben und das Fass auf einer Rollenbahn zum Abtransport seitlich verfahren. Z. B. über federbelastete Peilstäbe an der Fassabfüllstation (Trichter) und an der Staubmanschette (Fass) kann der Füllstand der Fassabfüllstation und des Fasses kontrolliert werden. Der Abtransport der Fässer aus dem Beckenbereich erfolgt entweder einzeln oder mit einem Transportgebilde für 4 Fässer mit dem Hallenbrückenkran.

4.8 Einhausung Beckenkomplex

Um eine Ausbreitung von aktiviertem und kontaminiertem Staub in die Reaktorbeckenhalle beim Abtragen der Beckenoberfläche zu vermeiden, werden die Beckenbereiche mit transparenter Folie abgedeckt. Durch den Anschluss der Absaugung am Entstehungsort des Staubs und durch die Zusatzlüftungsanlage (siehe Kapitel 4.10) wird eine Strömung erzeugt, die in das Reaktorbecken hinein gerichtet ist. Die Transparenz der Abdeckfolie ist für den Abtrag der Oberfläche notwendig, damit der Hydraulikbaggerfahrer den Abtrag vom Beckenrand aus steuern kann. Die schwer entflammaren Folien werden so fixiert, dass sie für Wartungs- und Umsetzarbeiten leicht geöffnet werden können.

Falls erforderlich wird zur Gewährleistung einer besseren Sicht des Hydraulikbaggerfahrers eine verschiebbare Arbeitsbühne über das Becken gebaut.

4.9 Staubschutzschleusen

Die Staubschutzschleusen grenzen den Arbeitsbereich hinter dem Hydraulikbagger zu den benachbarten Raumbereichen durch Folienvorhänge ab. Die Folienvorhänge sind an schwenkbaren Rohren unterhalb der Einhausungsdecke des Beckenkomplexes angebracht. Sie können bei Bedarf durch Seilbetätigung geöffnet und geschlossen werden. Ihre Aufgabe ist die Eingrenzung der Staubentwicklung auf die Arbeitsbereiche mit Staubbefreiung. Dies sind insbesondere die Bereiche des Betonabbaus und der Fassabfüllung. Durch die eingesetzte Zusatzlüftungsanlage (siehe Kapitel 4.10) entsteht in Kombination mit den mit Gewicht beschwerten Folienvorhängen aus schwer entflammbarer Folie eine von den mit Staub unbelasteten oder schwach belasteten Raumbereichen ausgehende gerichtete Luftströmung hin zu den stark mit Staub belasteten Arbeitsbereichen.

4.10 Zusatzlüftungsanlage

Für den Abbau der kontaminierten und aktivierten Strukturen des Beckenkomplexes wird eine Filteranlage mit abreinigbaren Vorfiltern (Zusatzlüftungsanlage) eingesetzt.

Die Zusatzlüftungsanlage (ZLA) ist in Luftrichtung wie folgt aufgebaut:

- Gasdichte Absperrklappe,
- Rohluftkammer mit Fliehkraftabscheider,
- Abreinigbare Schwebstoff-Filterstufe,
- Schwebstoff-Filterstufe (Sicherheitsnachfilterstufe,
- Ventilatoreinheit.

Die abreinigbare Schwebstoff-Filterstufe wird automatisch mit Druckluft während des laufenden Betriebs abgereinigt. Der Wechsel der Filterelemente erfolgt nach der Schutzsack-Wechselmethode ohne Kontamination der Umgebung. An der Anlage erscheinen optische und akustische Signale bei Betriebsunterbrechungen oder bei Störungen mit Ventilatorausfall. Der Volumenstrom wird so ausgelegt, dass die Freisetzung von Aerosolen in die Reaktorhalle durch eine gerichtete Luftströmung in die Einhausung hinein wirksam verhindert wird. Der Rein gasstrom wird ohne feste Einbindung in die Gebäudeabluft geführt. Der Abscheidegrad der vorgesehenen Filter (Filtergruppe E = EPA, H = HEPA) beträgt nach der Typenprüfung gemäß DIN EN 1822-1 /13/ für das Prüfaerosol:

- bei E12 mindestens 99,5 %,
- bei H13 mindestens 99,95 %.

Der ZLA kann rohgasseitig ein Zyklonabscheider vorgeschaltet werden. Dieser steht in der Regel an der tiefsten Stelle der Saugstrecke.

Die Zusatzfilteranlage wird in der Reaktorhalle auf +8,23 m in dem Raumbereich neben dem Beckenflur (Ostseite) aufgestellt. Gegebenenfalls sind mobile Bleiabschirmungen im Bereich der abreinigbaren Vorfilter und der Staubsammeltöpfe erforderlich.

Beispielhafte technische Daten:

Motorleistung:	ca. 18 kW
Volumenstrom:	5.000–10.000 m ³ /h
Filterklasse (S-Filter):	H14
Filter Vorfilter:	E12 oder H13 (abhängig von Betriebserfahrung)
Luftbedarf Abreinigung:	ca. 0,4 Nm ³ / Filterelement
Gewicht der Gesamtanlage:	ca. 2.100 kg

4.11 Mobile Filteranlagen

Mobile Filteranlagen werden in verschiedenen Ausführungen angeboten. Sie besitzen einen mit Druckluft abreinigbaren Vorfilter und ein nachgeschaltetes Feinfilter.

Die mobile Filteranlage ist in Luftrichtung wie folgt aufgebaut:

- Gasdichte Absperrklappe,
- Rohluftkammer mit Fliehkraftabscheider,
- Abreinigbare Schwebstoff-Filterstufe,
- Schwebstoff-Filterstufe (Sicherheitsnachfilterstufe),
- Ventilatereinheit.

Die abreinigbare Schwebstoff-Filterstufe wird automatisch mit Druckluft während des laufenden Betriebs abgereinigt. Der Wechsel der Filterelemente erfolgt nach der Schutzsack-Wechselmethode ohne Kontamination der Umgebung. An der Anlage erscheinen optische und akustische Signale bei Betriebsunterbrechungen oder bei Störungen mit Ventilatorausfall.

Beispielhafte technische Daten:

Motorleistung:	ca. 5,5 kW
Volumenstrom:	1.600–2.500 m ³ /h
Filterklasse (S-Filter):	H14
Filter Vorfilter:	E12 oder H13 (abhängig von Betriebserfahrung)
Luftbedarf Abreinigung:	ca. 0,4 Nm ³ /Filterelement
Gewicht der Gesamtanlage:	ca. 1.200 kg

4.12 Mobile Arbeits- und Dekontaminationszelte

Mit mobilen Arbeits- und Dekontaminationszelten werden Bereiche, in denen durch Zerlegearbeiten mit erhöhter Aerosolaktivitätsfreisetzung zu rechnen ist, lüftungstechnisch vom übrigen Kontrollbereich abgegrenzt. Im Zelt wird mit einer mobilen Luftfilteranlage eine gerichtete Luftströmung erreicht. Die abgesaugte Luft aus dem Zelt wird über geeignete mobile Filter gereinigt. Gleichzeitig wird mit dem Zelt eine Kontaminationszone abgegrenzt. Innerhalb des Zelts werden zusätzliche Schutzausrüstungen (z. B. Überschuhe, zusätzlicher Overall und Handschuhe) eingesetzt. Beim Verlassen des Arbeits- und Dekontaminationszelts werden die

zusätzlichen Schutzausrüstungen wieder abgelegt. Die Kontamination wird somit nicht nach außen weitergetragen.



Abbildung 4-6: Mobiles Arbeits- und Dekontaminationszelt mit Zugangsschleuse

4.13 Alternative Abbauverfahren für den Beckenkomplex

Alternativ zum Hydraulikbagger mit den Anbaugeräten Rotator / Fräse oder Meißel kann der Vorbeton mit den Kacheln und dem Ausgleichsputz bis zum Liner auch mittels Hydraulikpressen abgebaut werden. Hierbei werden Hammerbohrungen in definierten Abständen bis zum Stahl liner in den Vorbeton eingebracht. Die Bohrlöcher werden hydraulisch aufgespreizt, bis der Beton bricht. Bei 500 mm Vorbeton und der vorhandenen Bewehrung mit einer 6 mm Eisenmatte kann der Betonabtrag nur "bergmännisch" mit Handwerkzeugen durchgeführt werden. Eine Separation der kontaminierten Kacheln vom radiologisch weniger belasteten Vorbeton ist nur mit größerem Aufwand möglich. Durch die relativ lange Aufenthaltsdauer im Arbeitsbereich (Hammerbohrungen mit ca. 20 cm Abstand, Aufsprengen einer jeden Bohrung und bergmännischem Betonabtrag an der Armierungsmatte) ist diese Vorgehensweise wesentlich personendosisintensiver und mit einem höheren Einfluss auf die Projektdauer und damit auf die Projektkosten verbunden. Dies betrifft auch den Abbau des aktivierten Schwerbetons.

Einbetonierte Verbindungsdrähte (6 mm Ø je 2 Stück pro Abstandshalter) fixieren den Liner mit Hinterfüllbeton und Barytbeton. Dies erschwert ebenfalls den Abbau des Barytbetons mit Hydraulikspreizern. Zudem ist die erforderliche Abbautiefe im Strahlrohrbereich mit Hydraulikspreizern sehr schwierig zu realisieren. Für diesen Bereich wäre der Abbau mit der Seilsäge das Verfahren der ersten Wahl. Allerdings sind wegen der geometrischen Gestaltung (halbkreisförmige Beckenrundung der südlichen Stirnseite des Beckens I und der Wanddicke (ca. 1.910 mm ohne Vorbeton und Liner) hohe Anforderungen an die Schnitfführung gestellt. Durch die Begrenzung der Traglast des Reaktorkrans mit 16 Mg, sind zusätzliche Schnitte erforderlich. Zusätzlich müssten Vorrichtungen eingebracht werden, mit denen die getrennten Beton-
teile in den Wirkungsbereich des Krans transportiert werden können.

|

5 Baustelleneinrichtung

Wesentliche Maßnahmen im Rahmen der Baustelleneinrichtung sind:

- die Errichtung einer Zusatzlüftungsanlage (ZLA) für den Abbau des Reaktorbeckens,
- die Einrichtung des Abbaubereichs Reaktorbecken (vor Beginn des Betonabbaus) in der Reaktorhalle und in der alten Versuchshalle,
- der Einbau eines Fassaufzugs in die Deckenöffnung von der Beckenflurebene (+9,0 m) in die alte Versuchshalle ($\pm 0,0$ m Ebene) zur Verbesserung der Transportlogistik.

Darüber hinaus werden Abbaubereiche mit Einhausungen und mobilen Lüftungsanlagen nach Bedarf eingerichtet.

Spätestens vor Beginn des Betonabbaus wird die ZLA in der Reaktorhalle östlich des Reaktorbeckens aufgestellt. Über dem Reaktorbecken wird die Einhausung, die mittels der ZLA separat be- und entlüftet wird, errichtet und in Betrieb genommen. Der Zyklon-Vorabscheider der ZLA wird auf dem Beckenboden außerhalb des aktuellen Abbaubereichs innerhalb der Einhausung aufgestellt.

Die Arbeitsbühne, die Abraumförderstrecke, der Backenbrecher und die Fassabfüllstation werden, zum Teil nach Beseitigung der Störkanten (siehe Kapitel 6.1), im Reaktorbecken errichtet und je nach aktuellem Arbeitsbereich (Becken I – IV) angepasst. Die Wassernebelanlage zur Reduzierung der Staubausbreitung wird installiert.

In der alten Versuchshalle wird der Arbeitsbereich vor der Außenwand des Reaktorbeckens I eingehaust und mittels mobiler Lüftungsanlage separat entlüftet.

Die im Rahmen der Baustelleneinrichtung zu errichtenden Anlagen sind in Kapitel 4 beschrieben.

Nach Abbau des Abwassersystems ist eine Ersatzanlage für geringe Mengen ggf. noch anfallenden Abwassers aus dem Kontrollbereich (z. B. Dekontamination, Masken- und Körperreinigung) zu errichten. Anfallendes Abwasser wird z. B. in 2 Kunststoff-Ersatztanks (jeweils ca. 3 m³, Aufstellung in der LKW-Schleuse des HL) aufgefangen und radiologisch bewertet. Das Wasser wird vor dem Behältereintritt mit mechanischen Filtern gereinigt und wenn notwendig weiter im Kreislaufbetrieb dekontaminiert (z. B. Kerzenfilter). Unterschreitet das Wasser in

dem ersten Behälter die Ableitgrenzwerte, wird es in den zweiten Behälter umgepumpt und entsprechend des Betriebsreglements in die Elbe abgeleitet. Kann kein ausreichender Dekontaminationseffekt erreicht werden, erfolgt eine externe Entsorgung über ein Tankfahrzeug. Die Übergabe an das Tankfahrzeug erfolgt im Kontrollbereich (LKW-Schleuse) mit Schläuchen und einer mobilen Tauchpumpe.

Nach Abbau des Lüftungssystems wird, falls erforderlich, eine Ersatzlüftung, im Wesentlichen bestehend aus mobilen Lüftungsanlagen und Flex-Schläuchen, errichtet, um einen ausreichenden Luftwechsel für noch auszuführende Tätigkeiten und entsprechende radiologische Bedingungen für die Freigabe der Gebäude (Vermeidung einer Radonanreicherung) zu schaffen.

6 **Abbau Forschungsreaktoranlage**

Der wesentliche Arbeitsschritt im Rahmen des Abbaus der Forschungsreaktoranlage ist der Abbau des Reaktorbeckens, der in Kapitel 6.1 detailliert dargestellt ist. Die weiteren Arbeitsschritte

- Abbau in Reaktorhalle,
- Abbau im RA-Keller und
- Abbau in alter Versuchshalle

sind in den darauffolgenden Kapiteln übergeordnet beschrieben.

6.1 **Abbau Reaktorbecken**

Im Reaktorteil des Gebäudes befindet sich das Reaktorbecken, das sich in 4 Bereiche (siehe auch Abbildung 6-1) gliedert:

- Betriebsbecken mit thermischer Säule (Becken I) (FRG-1),
- Betriebsbecken mit Bestrahlungsfenster (Becken II),
- Lagerbecken (Becken III) und
- Versuchsbecken (Becken IV) (FRG-2).

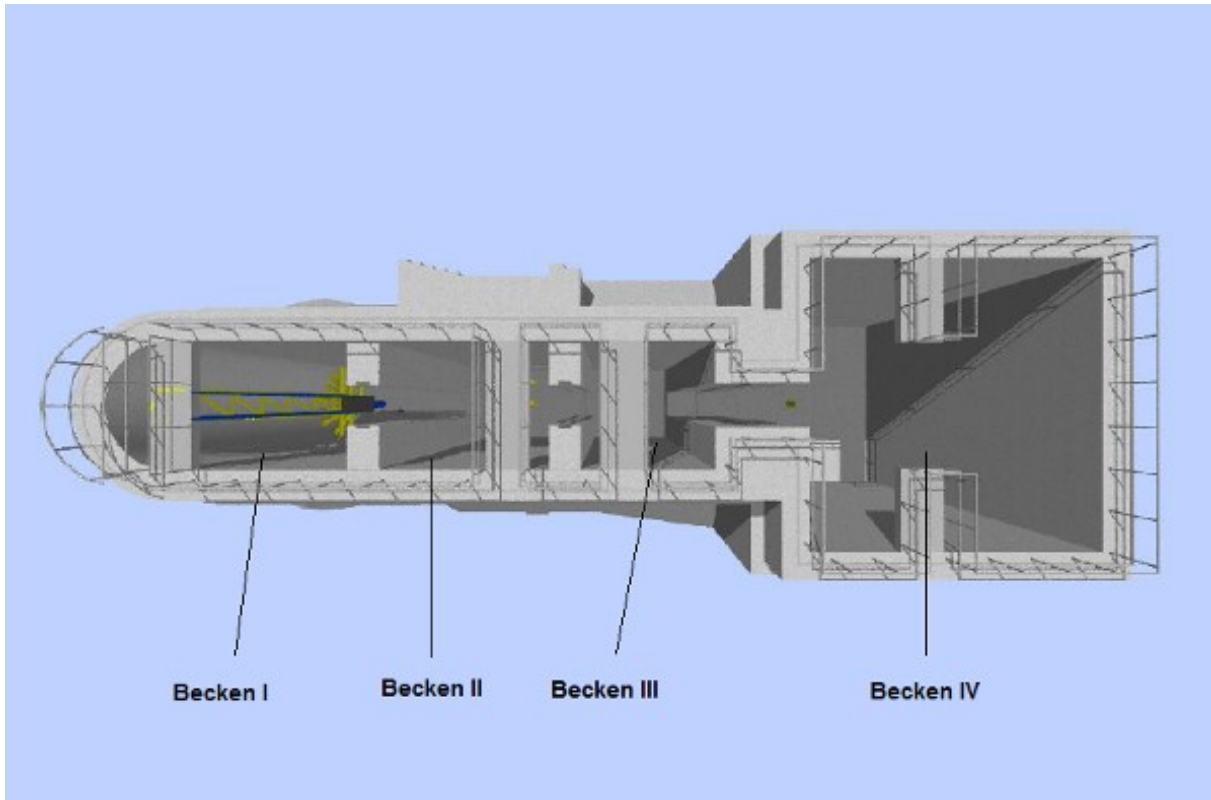


Abbildung 6-1: Draufsicht auf die 4 Bereiche des Reaktorbeckens

Es ist folgende übergeordnete Abbaufolge vorgesehen:

- Ausbau aller Beckeneinrichtungen und Abbau aller fest installierten Beckeneinbauten aus dem Reaktorbetrieb mit und ohne Wasserüberdeckung,
- Ausbohren der Strahlrohrdurchführungen und Kontrollrohre sowie weiterer Beckendurchdringungen (Primärkühlung, Füll- und Entleerungsleitungen, alte Rohrpostanlage etc.),
- Beseitigung von Störkanten
 - Abbau der Zwischenwände für die Beckentore zwischen den Becken I und II sowie zwischen den Becken II und III bis zu den Kacheln der Seitenwände,
 - Abbau der Thermischen Säule bis zur Beckenwand des Becken I bzw. II,
 - Abbau des Aluminiumfensters des Bestrahlungskanals.
- Teilabbau aktivierter Barytbeton im Strahlrohrbereich auf der Beckenaußenseite (alte Versuchshalle),

- Abbau des Vorbetons der Wände im Becken I (Trennung aktiviert / kontaminiert), Beprobung Liner und radiologische Bewertung Liner und freigelegte Betonflächen,
- Abbau des aktivierten Liners im Strahlrohrbereich und des aktivierten Barytbetons (mit Ausgleichsbetonschicht),
- Abbau des Vorbetons, des aktivierten Liners und ggf. des aktivierten Barytbetons am Beckenboden, Beprobung Liner und radiologische Bewertung Liner und freigelegte Betonflächen,
- Abbau Vorbeton, Wände und Böden, Beprobung Liner und radiologische Bewertung Liner und freigelegte Betonflächen in der Reihenfolge: Becken II → Becken III → Becken IV,
- Bei Becken IV zusätzlich: Abbau des aktivierten Liners und ggf. des aktivierten Barytbetons am Beckenboden,
- Sofern erforderlich Dekontamination Liner (Abtrag bei Befund mit handgeführten Schleifgeräten).

Das Becken I wird zuerst abgebaut, da damit das höchste Aktivitätspotenzial zum Beginn der Abbauarbeiten entfernt wird (das Aktivitätspotenzial durch Aktivierung der Beckenstrukturen ist beim Becken IV vergleichsweise niedrig; bei Becken II und III wird nicht mit Aktivierungen gerechnet). Im Becken IV findet, aufgrund der ausreichenden zur Verfügung stehenden Fläche, die Konditionierung des Betonabtrages aus Becken I bis III statt.

Nachfolgend sind die einzelnen Arbeitspakete des Arbeitsschritts „Abbau Reaktorbecken“ näher erläutert.

6.1.1 Unterwasserabbau Beckeneinbauten

Zu Beginn des Abbaus sind im Becken I noch die Strahlrohre mit den Strahlrohrspannketten, das Traggerüst mit der Gitterplatte, der Kühlwasserablaufstutzen, der Kühlwasserzulauf und der Be-Metallblockreflektor vorhanden (Abbildung 6-2).

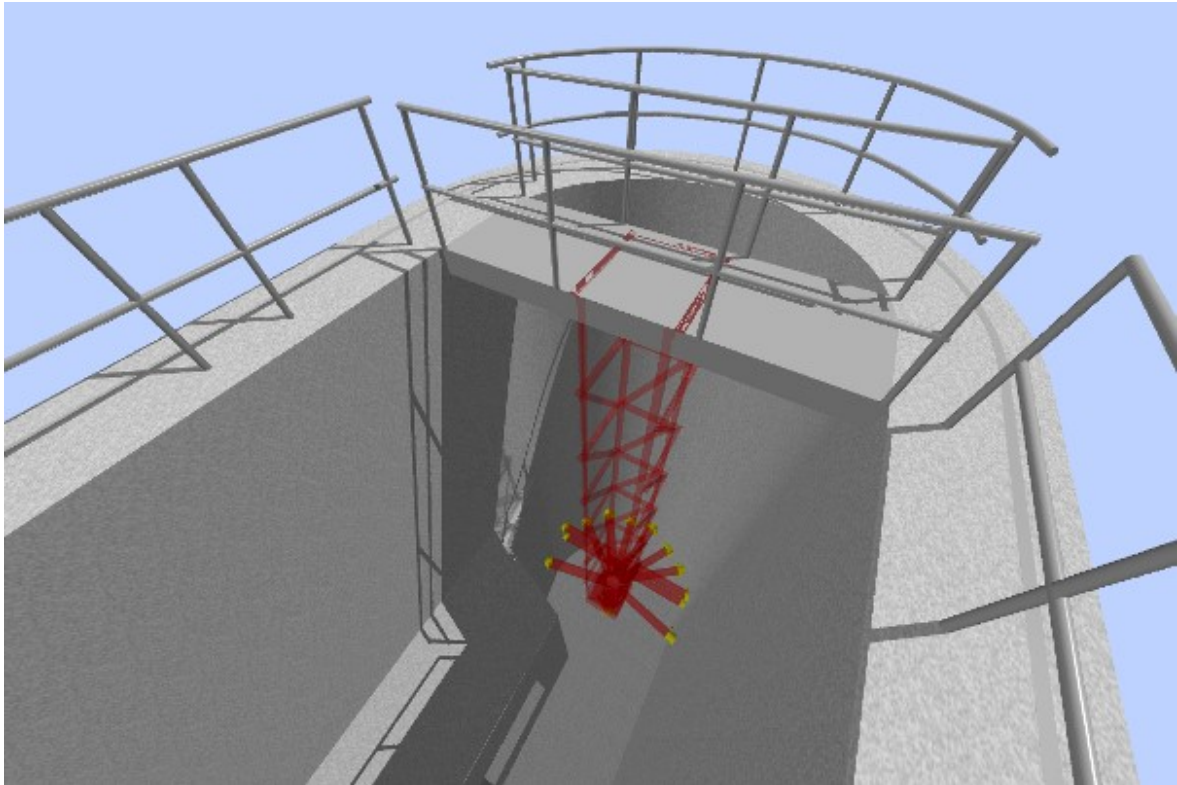


Abbildung 6-2: Beckeneinbauten in Becken I

Die Beckeneinbauten mit relativ hoher Dosisleistung werden zuerst unter Wasser mit den betrieblich vorhandenen Werkzeugen entsprechend den betrieblich etablierten Arbeitsverfahren ausgebaut und in abgeschirmte Transport- oder Abfallbehälter überführt.

Der Ausbau wird sequenziell durchgeführt:

- Abbau der aktivierten Spannketten,
- Entnahme der kernnahen Strahlrohrteile,
- Abbau des Be-Metallblockreflektors,
- Abbau Kernhemd,
- Abbau der Gitterplatte,
- Abbau des Traggerüsts,
- Abbau I-Kammertisch,
- Abbau alte Rohrpost.

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

6.1.2 Abbau sonstige Beckeneinbauten (trocken)

Nach dem Ausbau der aktivierten Komponenten wird das Beckenwasser kontinuierlich abgelassen. Während des Ablassens erfolgt eine Dekontamination der Kacheln in den Reaktorbecken. Das Beckenwasser wird in die Abwassersammeltanks gepumpt, dort radiologisch bewertet, ggf. über Filter gereinigt und über genehmigte Abgabepfade abgegeben. Anschließend werden die weiteren, nicht oder gering aktivierten Beckeneinbauten wie z. B. Primärkreislauf, Beckentore, Halterungen, Bodenplatten, etc. abgebaut. 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 mit Dekontamination der Kacheln stattfindet.

6.1.3 Ausbohren Durchführungen

Vor dem Ausbohren werden die Bleiverschlüsse der Strahlrohre mit ihren Antrieben abgebaut. Das Ausbohren der Strahlrohre erfolgt von der alten Versuchshalle aus innerhalb der vor der Beckenwand errichteten Einhausung. Es wird mit Wasserschmierung gebohrt. Das Ausbohren der Strahlrohre erfolgt im Wesentlichen mit Kernbohrern von ca. 400 mm Kernlochdurchmesser. Das Strahlrohr 8 wird mit einem Kernbohrer von ca. 600 mm Kernlochdurchmesser ausgebohrt.

Des Weiteren werden sämtliche weiteren Durchführungen (Primärkreisdurchführungen, Rohrpost, Kontrollrohre) mit den entsprechenden Durchmessern ausgebohrt (Abbildung 6-3). Die Bohrlöcher werden anschließend nach Bedarf lüftungstechnisch verschlossen (Folie oder Blechplatten).

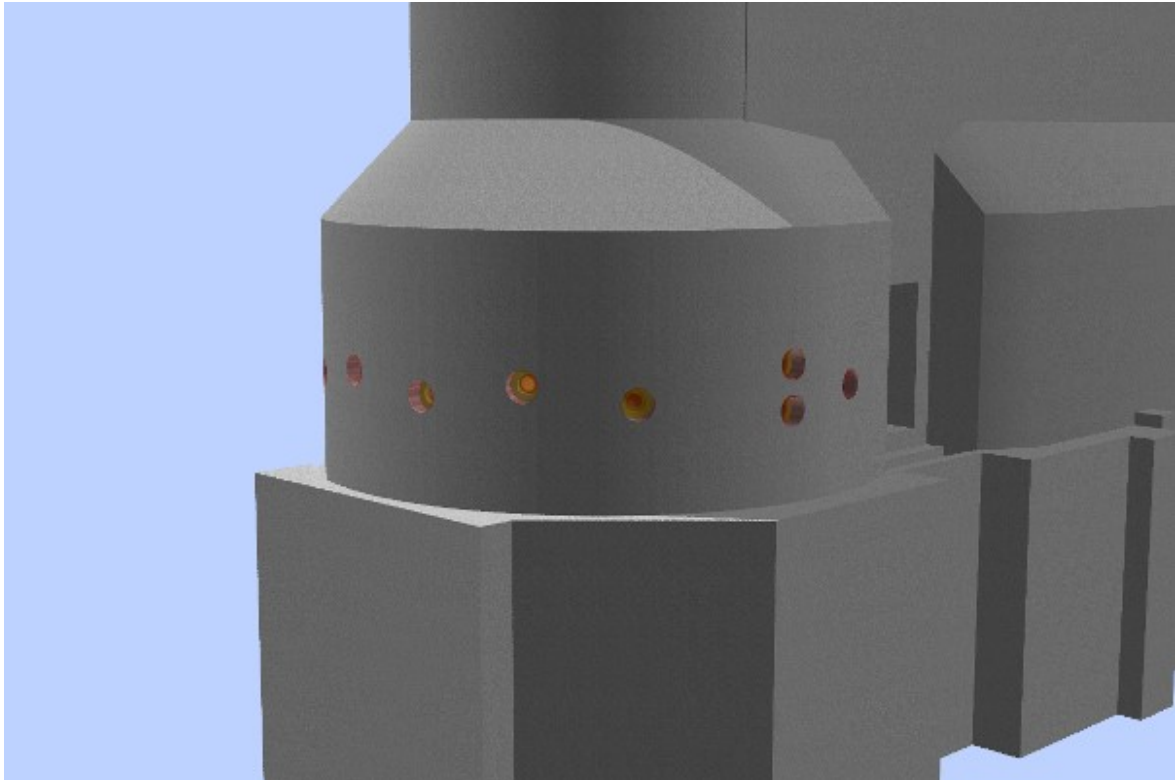


Abbildung 6-3: Ausbohren der Strahlrohre

6.1.4 Störkantenbeseitigung und radiologische Bewertung der Beckenwand

Im Rahmen der Störkantenbeseitigung erfolgen im Wesentlichen folgende Arbeiten (siehe auch Abbildung 6-4):

- Abbau der Einrichtungen oberhalb der Reaktorbecken (Bedienbrücken, Geländer, etc.),
- Abbau des Aluminiumfensters des Bestrahlungskanals,
- Abbau der Zwischenwände Becken I – II und Becken II – III,
- Abbau der Thermischen Säule.

Parallel zur Störkantenbeseitigung erfolgt eine Vorbeprüfung des Reaktorbeckens. Zur Verifizierung des angenommenen Aktivierungsverlaufs in der Beckenwand werden an exponierten Stellen weitere Kernbohrungen von außen (alte Versuchshalle) in den Beckenkomplex bis zum Liner gebohrt. Zusätzlich können damit Informationen über mögliche Linerleckagen gewonnen werden. Falls kontaminiertes Wasser durch die Stahlblechwanne (Liner) ausgetreten ist, ist

davon auszugehen, dass kontaminiertes Beckenwasser in die Betonfugen (Trennzone zwischen Barytbeton und Hinterfüllbeton und zwischen Hinterfüllbeton und Liner) getreten ist.

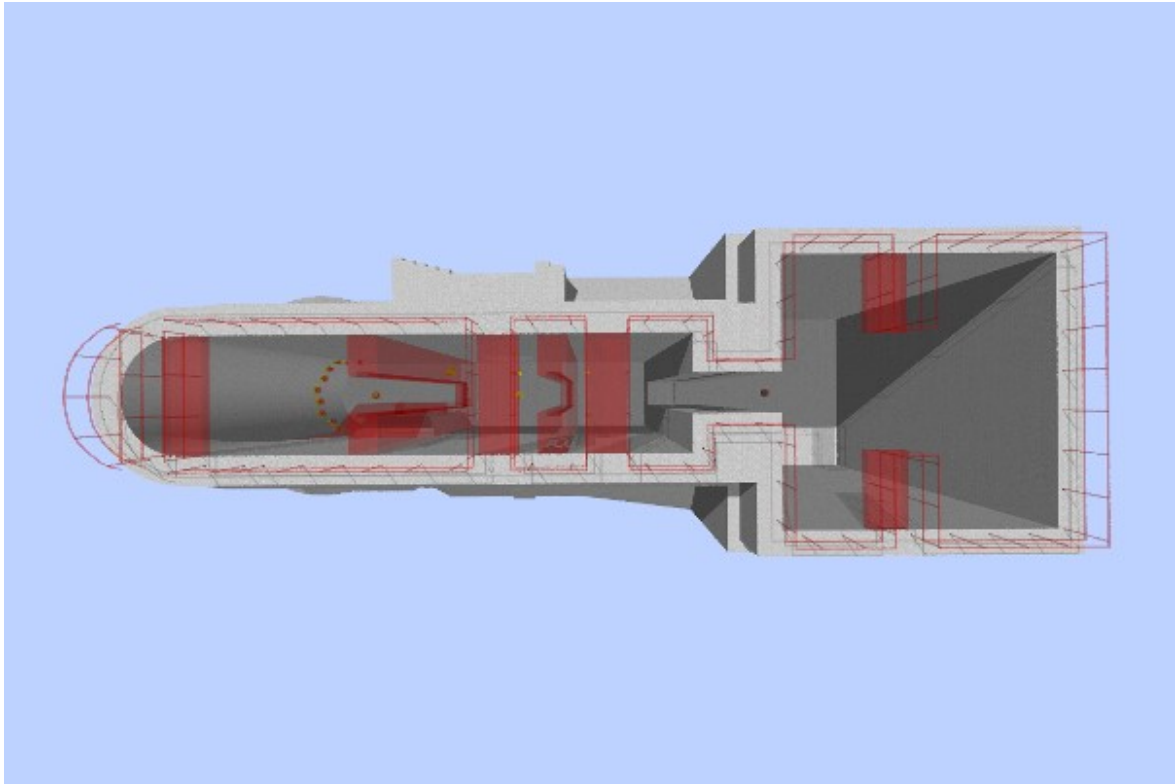


Abbildung 6-4: Störkantenbeseitigung

Einrichtungen oberhalb der Reaktorbecken

Die Einrichtungen oberhalb der Reaktorbecken werden abgebaut, auf Transportgröße (z. B. Gitterboxgröße oder 200-l-Fass) zerlegt, ggf. dekontaminiert und voraussichtlich größtenteils dem Freigabepfad zugeführt.

Bestrahlungskanal

Das Aluminiumfenster des Bestrahlungskanals wird abgebaut und die entstandene Öffnung dicht verschlossen. Die dann folgenden Arbeitsschritte können direkt oder später im Rahmen des Abbaus in der Kranhalle erfolgen:

- Vollständiges Freiräumen aller Räume im Bestrahlungskanal,
- Dekontamination aller Raumbereiche,
- Entfernung der Betontore (Verpackungsstation),

- Dekontamination Probenlager oder Abbau, falls eine Dekontamination und anschließende Freigabe in Einbaulage nicht möglich ist.

Der Ausbau der Bleiglasfenster erfolgt erst zum Zeitpunkt des Abbaus der Kranhalle.

Beckenzwischenwände

Die Zwischenwände der Becken I – II und II – III werden mittels Seilsäge bündig zu den Beckenseitenwänden abgebaut, in Becken IV nachzerlegt und dem entsprechenden Entsorgungspfad zugeführt.

Thermische Säule

Der Abbau der Thermischen Säule kann erfolgen, sobald die aktivierten Reaktorbeckeneinbauten ausgebaut sind und damit die Einstrahlung der aktivierten Beckeneinbauten nicht mehr vorhanden ist (Dosisminimierung).

Der Abbau erfolgt in der nachfolgenden Reihenfolge:

- Entfernen des Abschirmtors:
Das Abschirmtor (Gewicht 15 t) vor der thermischen Säule besteht aus Stahlplatten von zusammen 27,5 cm Stärke, die auf der Innenseite mit einer 0,6 cm dicken Boral-Platte und auf der Außenseite mit einer 1,8 cm starken Bleiplatte sowie einer 1,8 cm starken Stahlplatte bedeckt sind. Das Abschirmtor ist nicht aktiviert und vermutlich auch nicht kontaminiert. Aufgrund der unterschiedlichen Werkstoffe wird es zerlegt und anschließend radiologisch bewertet.
- Abbau des Graphits
Der Graphit aus der Thermischen Säule wird von oben nach unten abgebaut. Dazu werden die Bleiwollestopfungen vorher schichtweise demontiert, um Zwängungen zu vermeiden. Nach dem Ausbau werden die Graphitblöcke einer radiologischen Bewertung unterzogen und einem geeigneten Entsorgungspfad zugeführt. Erste Probenauswertungen an den äußeren Graphitriegeln (entnehmbare Riegel in der Reflektormitte) haben keine künstliche Aktivität gezeigt. Vermutlich sind alle Riegel nach §§ 31 – 42 StrlSchV /6/ uneingeschränkt freigebbar.
- Abbau des Vorbaus der Thermischen Säule
Der in das Becken I hineinragende Vorbau der Thermischen Säule wird mittels Seilsäge möglichst bündig zur Beckenwand Ost und zum Boden hin abgetrennt, mit

Hydraulikspreizern abgetragen, in Becken IV nachzerlegt und dem entsprechenden Entsorgungspfad zugeführt.

Nach Abbau der Zwischenwände und der Thermischen Säule steht genügend Standfläche und Bewegungsfreiheit für das Abbruchgerät zur Verfügung. Die restliche Baustelleneinrichtung (Arbeitsbühne, Abraumförderstrecke) wird in den Reaktorbecken aufgebaut. Die entstandene Öffnung der Thermischen Säule kann als Fluchtweg aus Becken I in die alte Versuchshalle genutzt werden. Um einen lufttechnischen Abschluss zu erzielen, wird entweder die Öffnung mit Folie verschlossen oder es wird im Bereich der Thermischen Säulen eine Schleuse eingerichtet.

6.1.5 Teilabbau Außenwand Becken I

Der Teilabbau des schwach aktivierten Bereiches des Beckens I auf der Außenseite (alte Versuchshalle) im Strahlrohrbereich 5 bis 10 (siehe Abbildung 6-5) erfolgt mit den noch nicht kontaminierten Abbruchwerkzeugen (Hydraulikbagger mit Anbaugeräten) bis zu einer Tiefe von ca. 40 bis 50 cm und in einer Höhe von ca. 1,40 m (ca. je 70 cm oberhalb und unterhalb der Strahlrohrebenen).

Beim zerstörenden Betonabbau z. B. mit dem Rotator / der Fräse wird mit Wasserdampf zur Reduzierung von Betonstaub gesprüht. Der Sprühnebel ist jedoch so gering, dass keine freie Wassermenge mit dem Abbaumaterial oder im Abbaubereich anfällt.

Der Abbau erfolgt in einer Einhausung mit Absaugung (gerichtete Luftströmung in den Abbaubereich). Der Transport des in Fässern verpackten Abbaumaterials erfolgt direkt zur Fassmessanlage. Hier erfolgt die Entscheidung bezüglich des geeigneten Entsorgungspfades. Es wird eine Barytbetonmasse von ca. 50 Mg abgebaut. Ggf. erfolgt ein partielles Aussteifen der abgetragenen Strukturen mit Schwerlastträgerkonstruktionen (bei statischem Eingriff in die tragenden Strukturen) entsprechend den Vorgaben eines Statikers.

Nach dem Abbau auf der Außenseite wird der betroffene Beckenbereich von außen lüftungstechnisch abgetrennt.

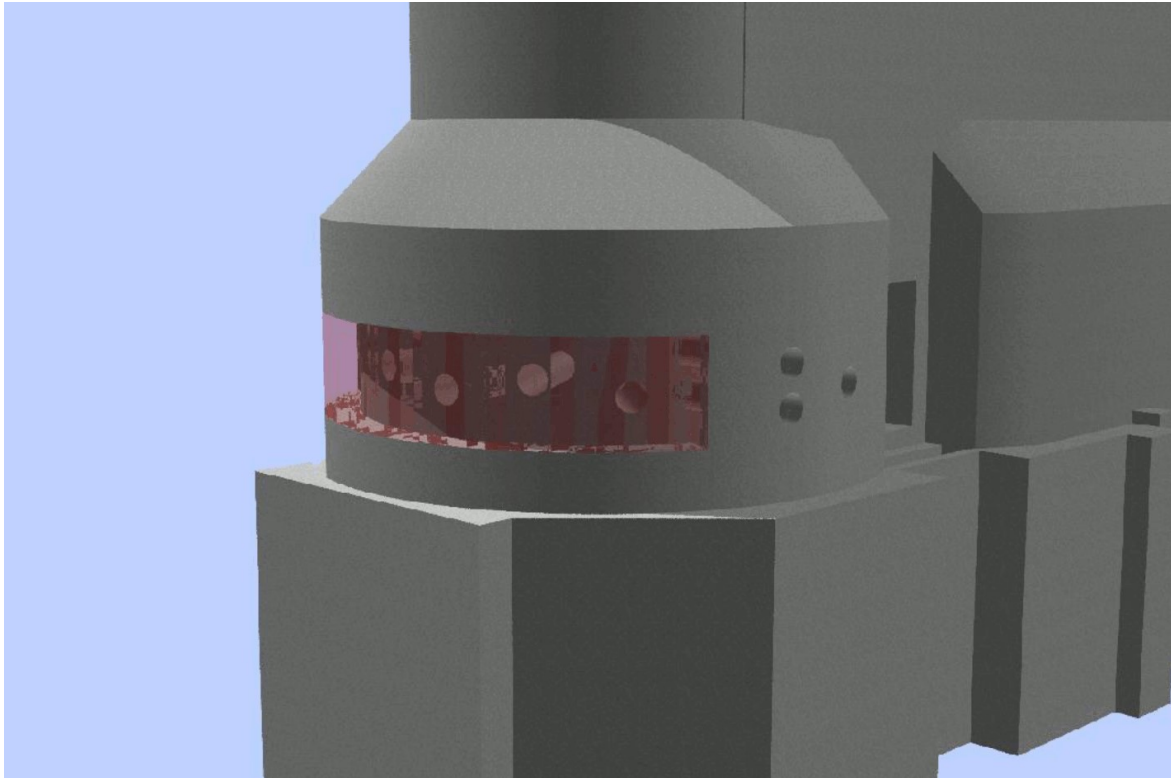


Abbildung 6-5: Abbau des aktivierten Bereichs der Außenwand des Beckens I

6.1.6 Abbau Vorbeton Wände Becken I

Zum Abbau des Vorbetons (Abbildung 6-6) wird das Abbruchgerät (Hydraulikbagger mit Anbaugeräten) in das Becken I in der Reaktorhalle 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 abgefräst, die voraussichtlich freigebbar sein werden. Der aktivierte Vorbeton im Bereich der Strahlrohrebenen wird gekennzeichnet (z. B. Markierungsspray aus dem Straßenbau), separiert und als radioaktiver Abfall entsorgt.

Zu Überwindung der Höhendifferenz wird eine Arbeitsbühne für das Abbruchgerät zum Abbau des oberen Bereichs verwendet. Die Höhe der Arbeitsbühne wird entsprechend des Abbaufortschritts angepasst. Die Abraumförderung erfolgt mit der Abraumförderstecke zur Verpackungsstation im Becken IV. Der gesamte Abbaubereich wird abbaubegleitend radiologisch bewertet und ggf. dekontaminiert.

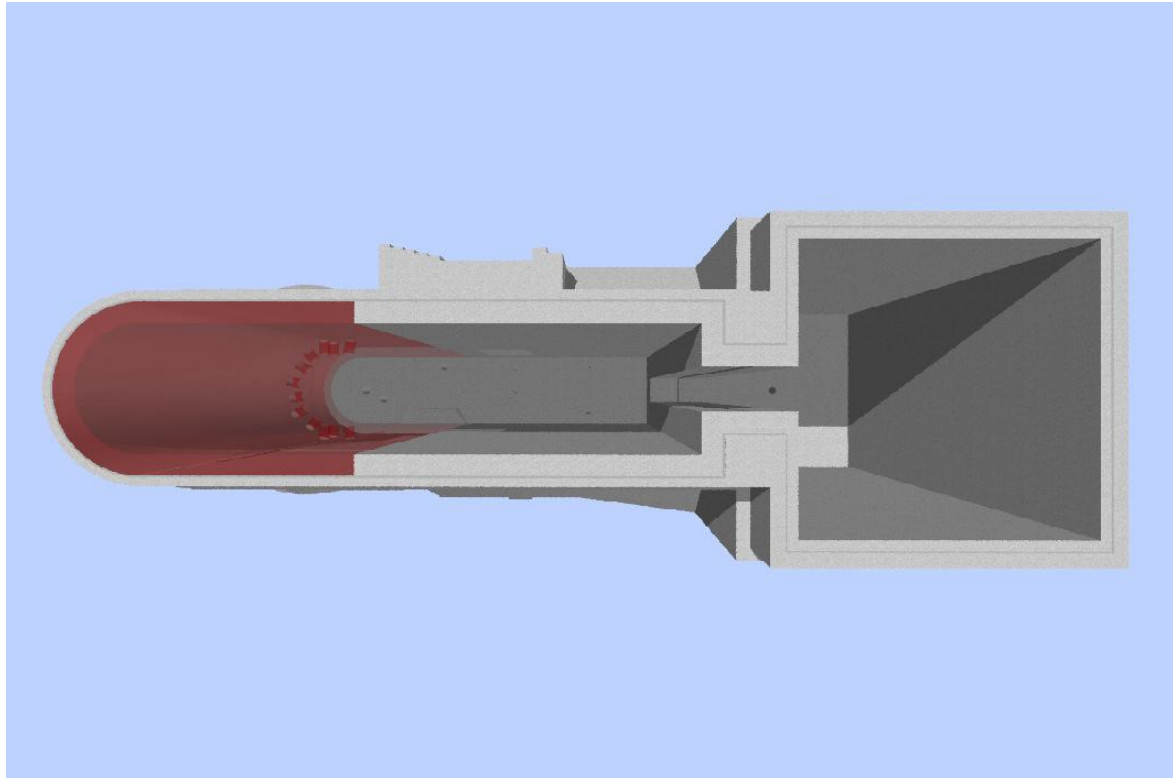


Abbildung 6-6: Abbau des Vorbetons des Beckens I

6.1.7 Abbau Liner und Barytbeton aktiviert (Becken I)

Nach dem Abbau der aktivierten und kontaminierten Betonstrukturen der Wände bis zum Liner, werden die Linerbereiche mit grenzwertüberschreitender Aktivierung ermittelt (im Wesentlichen im Wandbereich der Strahlrohrdurchführungen), farblich gekennzeichnet und mechanisch mit Trennschleifern (Wandstärke = 5 mm) abgebaut. Zudem werden an exponierten Stellen (an Leitungs- und Haltebolzendurchdringungen etc.) sowie weiteren Kontrollflächen (insgesamt ca. 10 % der Linerfläche) Linersegmente herausgetrennt und der dahinter liegende Beton auf Kontamination durch Linerleckagen überprüft.

Zum Abbau des Liners an der Beckeninnenwand werden nachfolgende Arbeiten durchgeführt:

- Detektion und Markierung der aktivierten Bereiche,
- Trennschnitte der gekennzeichneten Felder (Trennschleifer) durchführen,
- Schnittplatten (Liner) entnehmen, ggf. mit Hydraulikbagger losbrechen (einbetonierte Maueranker auf der Rückseite),

- Verpacken der aktivierten Schnittplatten zur weiteren Reststoffbearbeitung,
- Behandlung der aktivierten Stahlplatten (Linersegmente) und des Betons entsprechend des vorgesehenen Entsorgungspfads,
- Freilegen und Bewerten von ca. 10 % der Lineroberfläche zum Nachweis der Linderdichtheit an exponierten Stellen,
- Dekontamination und radiologische Bewertung der gesamten sonstigen Linerfläche (ggf. nach Barytbetonabbau aktiviert).

Mit dem Abbaugerät wird der aktivierte Ausgleichs- und Barytbeton (ca. 5 cm Ausgleichsbeton und ca. 186 cm Barytbeton = Gesamtwandstärke von ca. 191 cm) konusförmig abgetragen (Abbildung 6-7), bis der Durchbruch zu den von außen bereits abgetragenen Beckenstrukturen hergestellt ist (Abbildung 6-8). Armierungen werden ggf. mittels Hydraulischere getrennt. Die Abtragshöhe beträgt im Halbkreisbereich der Strahlrohre innen ca. 360 cm (außen ca. 140 cm) und verringert sich im geraden Wandbereich auf ca. 30 cm und nach den Strahlrohren 2 und 13 auf ca. 50 cm Höhe und ca. 30 cm Abtragstiefe. Danach ist nur noch ein partieller Abtrag im Bereich weniger Zentimeter erforderlich.

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

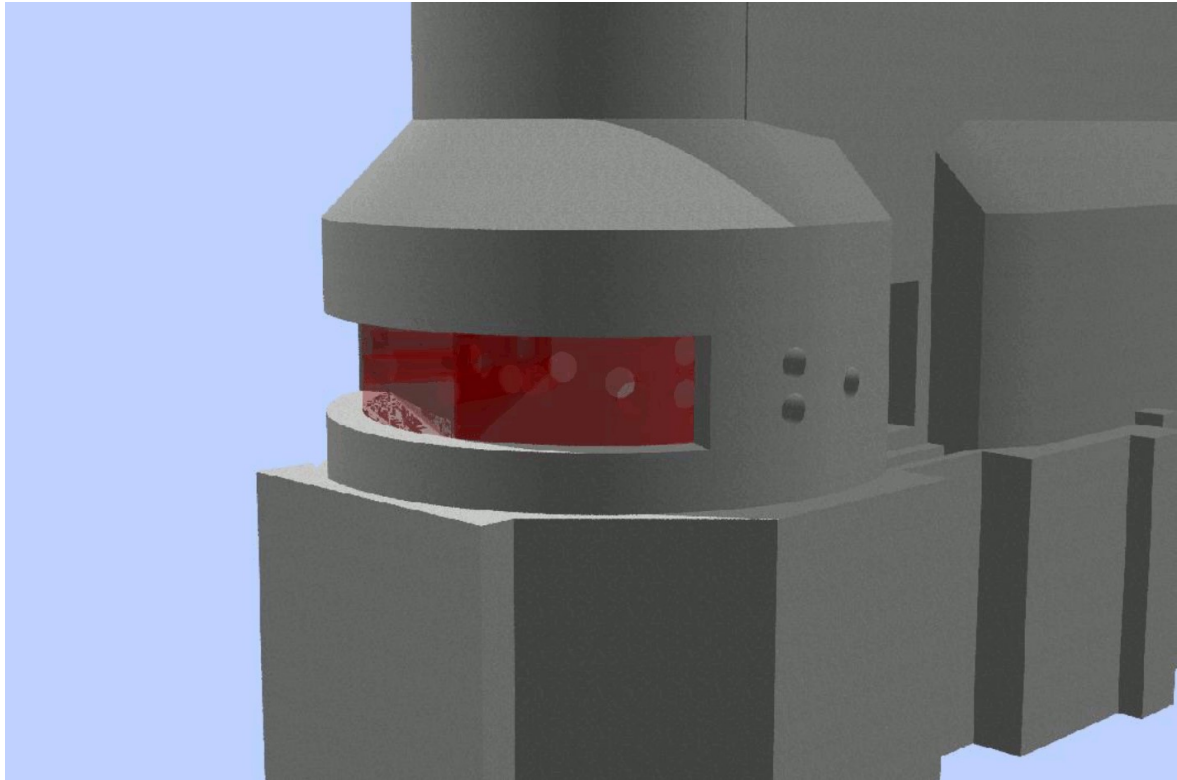


Abbildung 6-7: Konusförmiger Abbau des aktivierten Ausgleichs- und Barytbetons

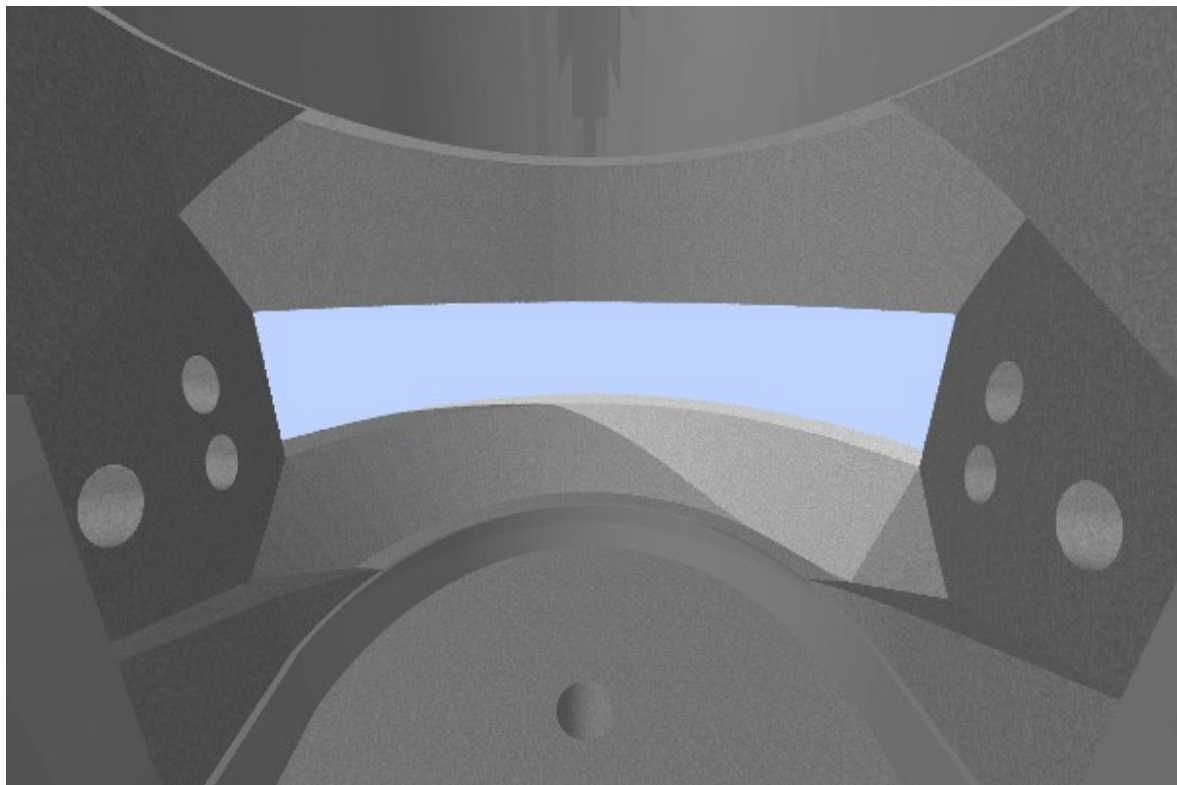


Abbildung 6-8: Durchbruch im Becken I

6.1.8 Abbau Boden Becken I

Der Boden des Beckens I wird erst nach dem Abbau des Vorbetons der Wände und des aktivierten Ausgleichs- und Barytbetons abgebaut, um so eine weitere Kontamination des voraussichtlich größtenteils in Einbaulage freigebbaren Liners im Bodenbereich zu vermeiden (siehe Abbildung 6-9). Analog zum Abbau des Vorbetons an der Beckenwand erfolgt eine Kennzeichnung und Separation der aktivierten Bodenbereiche sowie der ersten, voraussichtlich nicht freigebbaren Bodenschicht (Kacheln und ca. 5 cm Vorbeton). Nachdem der Liner komplett freigelegt wurde, werden die ggf. aktivierten Bereiche um die Primärkreisdurchführung herum detektiert und entfernt. Falls erforderlich, werden auch tiefergehende, oberhalb der Freigabehöhe aktivierte Strukturen (Barytbeton und Armierung) ebenfalls mittels Abbruchgerät trichterförmig abgebaut. Die Öffnung zum RA-Keller wird anschließend wieder lüftungstechnisch verschlossen.

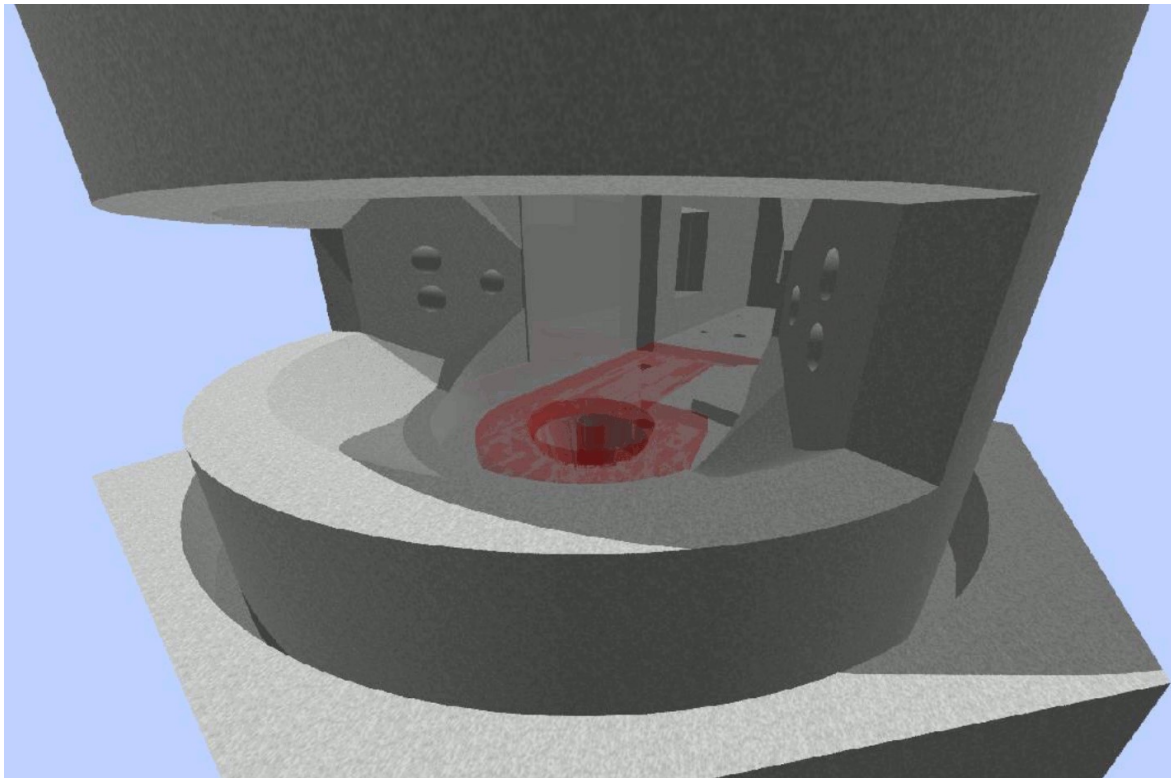


Abbildung 6-9: Abbau des Bodens im Becken I

6.1.9 Abbau Vorbeton Becken II und III

Der Abbau des Vorbetons an Wänden und Böden der Becken II und III (siehe Abbildung 6-10) erfolgt analog der Vorgehensweise in Becken I. Eine Aktivierung ist hier jedoch nicht zu berücksichtigen. Die Baustelleneinrichtung (Arbeitsbühne, Abraumförderstrecke) wird jeweils dem Abbaufortschritt angepasst.

Nach Abbau des Vorbetons erfolgt die Dekontamination und radiologische Bewertung des Liners sowie des Betons hinter dem Liner. Dazu werden auch in Becken II und III ca. 10 % der Linerfläche entfernt und der dahinter liegende Bereich messtechnisch bewertet.

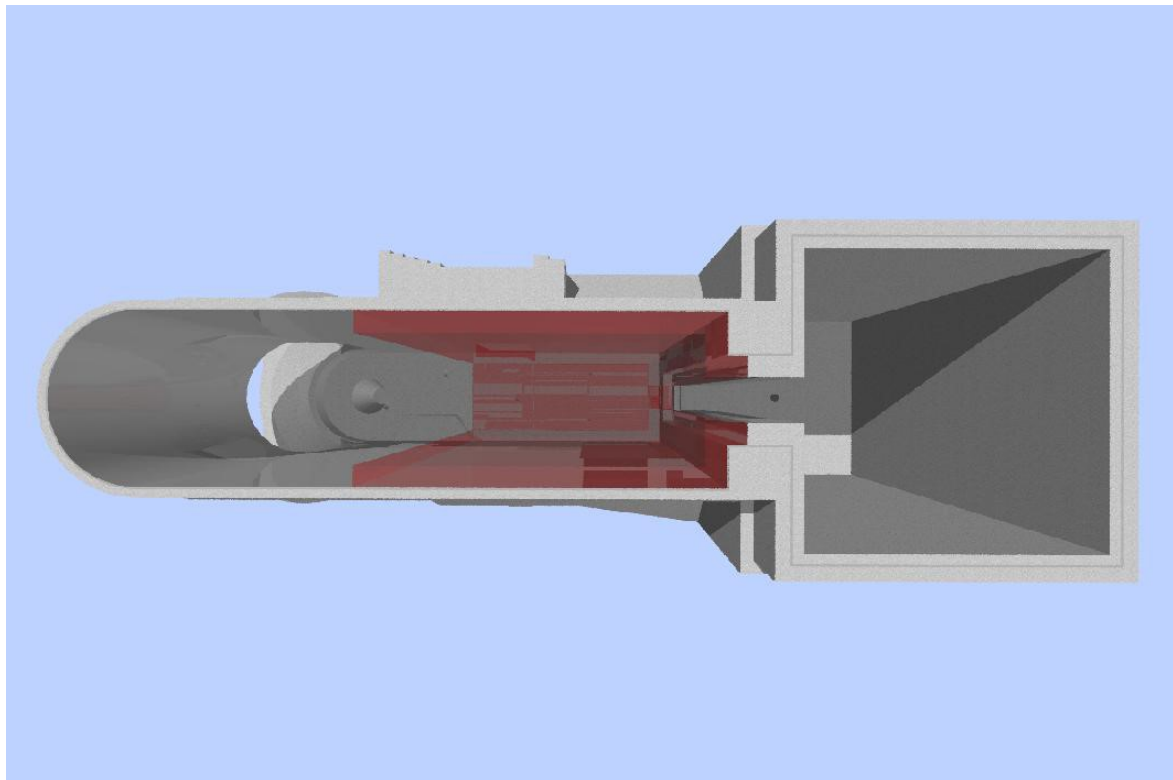


Abbildung 6-10: Abbau des Vorbetons der Becken II und III

6.1.10 Abbau Vorbeton Wände Becken IV

Vor Beginn des Betonabbaus in Becken IV (Abbildung 6-11) werden der Backenbrecher und die Fassabfüllstation in eines der anderen Becken, in denen der Abbau bereits beendet ist (z. B. Becken III), umgesetzt und die Abraumförderstrecke entsprechend angepasst. Der Abbau der Vorbeton-Wände, die Dekontamination des Liners und die anschließende

radiologische Bewertung von Liner und dahinter liegendem Beton erfolgt analog zur Vorgehensweise in den anderen Becken.

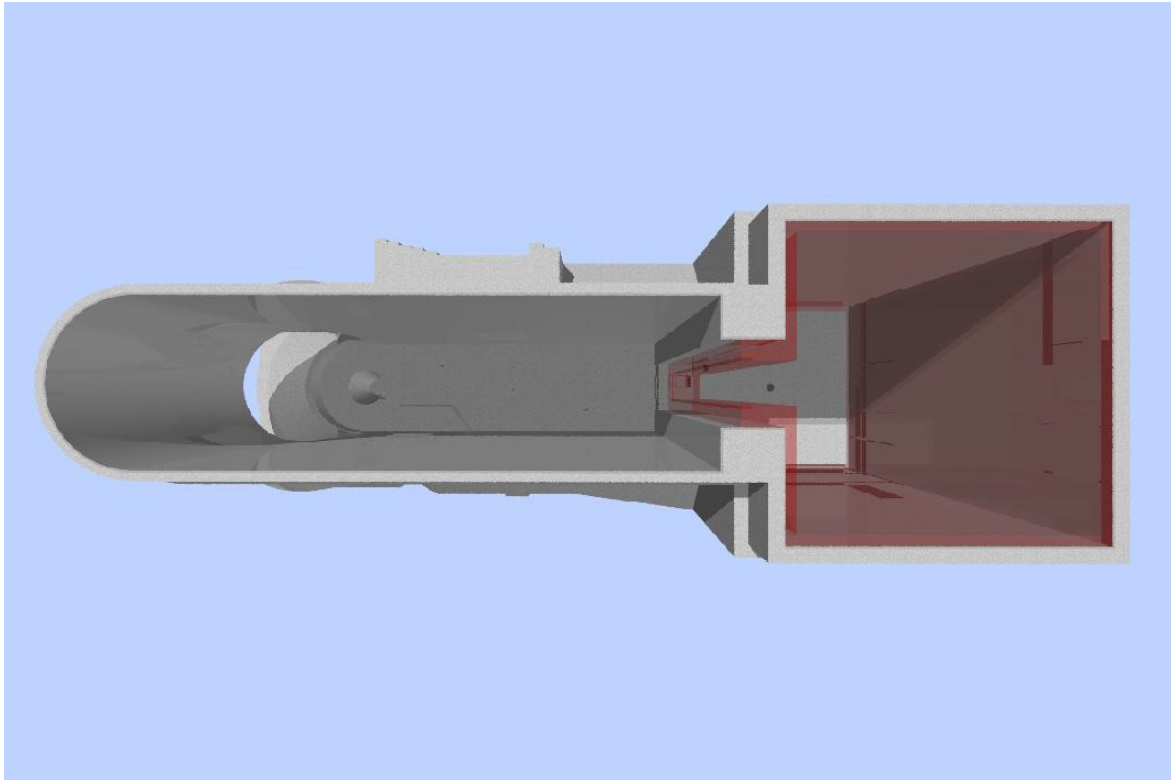


Abbildung 6-11: Abbau des Vorbetons des Beckens IV

6.1.11 Abbau Boden Becken IV

Analog zum Abbau des Vorbetons am Boden des Beckens I erfolgt eine Kennzeichnung und Separation der aktivierten Bodenbereiche sowie der ersten, voraussichtlich nicht freigebbaren Bodenschicht (Kacheln und ca. 5 cm Vorbeton). Nachdem der Liner komplett freigelegt wurde, werden die aktivierten Bereiche um die Primärkreisdurchführung herum detektiert und entfernt. Falls erforderlich werden tiefergehende, oberhalb der Freigabewerte aktivierte Strukturen (Barytbeton und Armierung) ebenfalls mittels Abbruchgerät trichterförmig abgebaut (siehe Abbildung 6-12).

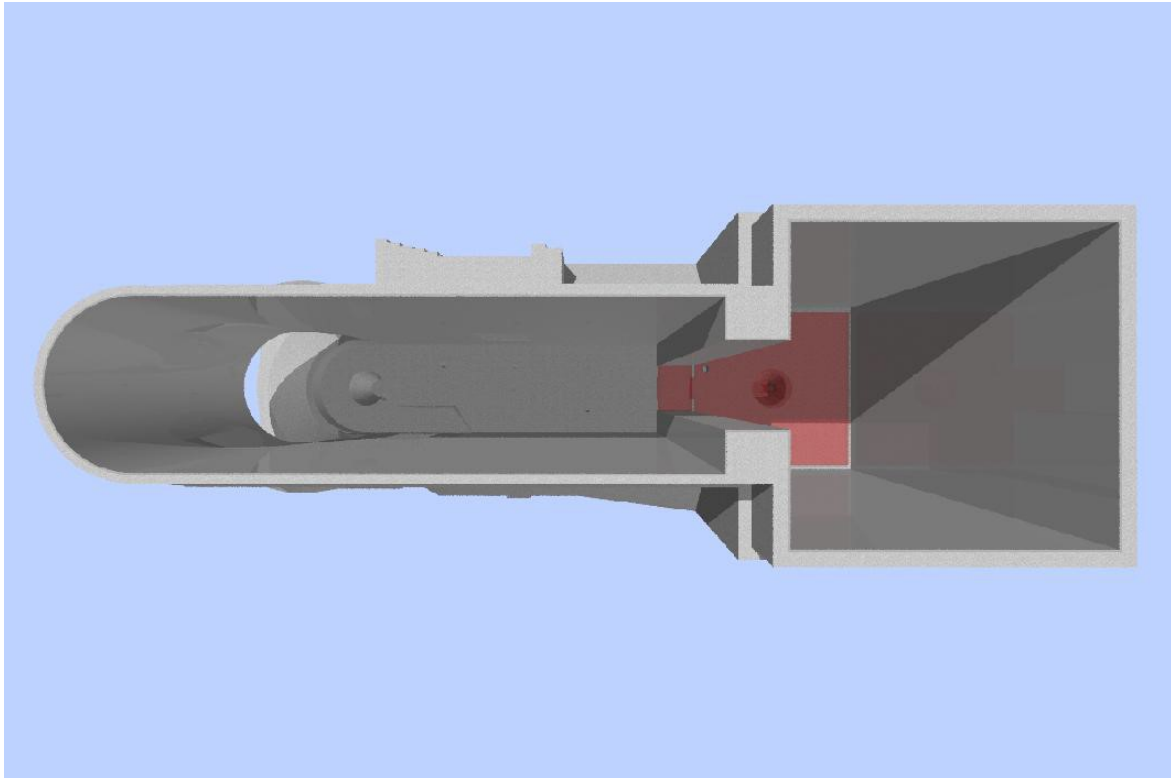


Abbildung 6-12: Abbau des Bodens im Becken IV

6.1.12 Restarbeiten

Nach Ende des Betonabbaus wird die Baustelleneinrichtung im Reaktorbecken abgebaut (Arbeitsbühne, Abraumförderstrecke, Backenbrecher, Fassabfüllstation). Es erfolgt eine abschließende, manuelle Dekontamination und radiologische Bewertung der verbliebenen Strukturen. Detektierte Restaktivierung oder Kontamination oberhalb der Freigabewerte wird mittels handgeführter Geräte beseitigt.

Die Zusatzlüftungsanlage und die Einhausung werden abgebaut und entsprechenden Entsorgungswegen zugeführt oder zur Wiederverwendung weitergegeben.

Die Abbildung 6-13 zeigt den voraussichtlichen Zustand des Reaktorbeckens nach der Entkernung.

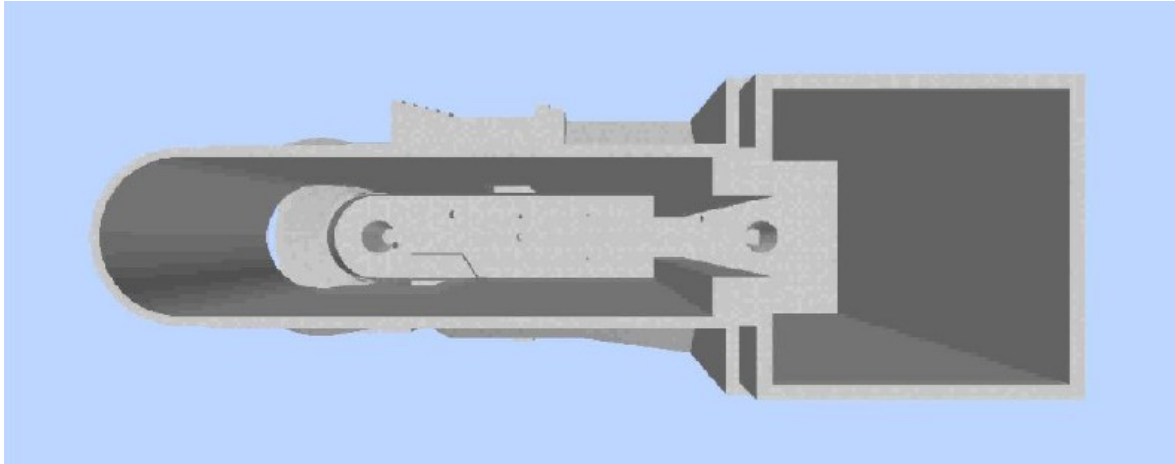


Abbildung 6-13: Reaktorbecken nach der vollständigen Entkernung

6.2 Abbau in der Reaktorhalle und den Nebenräumen

Alle verbliebenen, nicht mehr benötigten Einrichtungen und Anlagenteile in der Reaktorhalle und den Nebenräumen (Zu- und Ausgangsbereiche, Waschräume) werden abgebaut. Insbesondere werden die noch vorhandenen Stahlbauten (Bühnen) abgebaut und ggf. dekontaminiert. Die Einbauten sind voraussichtlich gemäß §§ 31 – 42 StrlSchV /6/ freigebbar. Wenn möglich, sollen die noch vorhandenen Kräne in Einbaulage zusammen mit dem Gebäude freigegeben werden. Nicht bzw. nur aufwändig in Einbaulage freigebbare Bauteile (Motoren, Kranseile und Seiltrommeln) werden abgebaut und einem geeigneten Entsorgungspfad zugeordnet.

Lüftungskanäle und sonstige noch benötigte Infrastruktur werden im Rahmen des Restabbaus der Gesamtanlage (Kapitel 8) abgebaut.

6.3 Abbau im RA-Keller

Alle nicht mehr benötigten Anlagenteile, insbesondere die Primär- und Sekundärkreis Kühlsysteme sowie die Komponenten der Primärkreisreinigungsanlage werden abgebaut. Die Verbindungen zu den Abwassertanks werden stillgesetzt und verschlossen. Zum Abbauumfang Primärkreisssystem gehören insbesondere:

- der Abbau der Kühlmittelpumpe,
- der Abbau der Plattenwärmetauscher und
- der Abbau der Rohrleitungen des Primärkreises.

Des Weiteren werden der Sumpf, die Schottwände und sonstige Einrichtungen abgebaut.

Die abgebauten Anlagenteile werden vor Ort auf Transportgröße (z. B. Gitterboxgröße oder 200-l-Fass) zerlegt, ggf. dekontaminiert und einem geeigneten Entsorgungspfad zugeordnet.

Die Lüftungsanlage, Lüftungskanäle und sonstige noch benötigte Infrastruktur (z. B. Kabel, Beleuchtung) werden im Rahmen des Restabbaus der Gesamtanlage (Kapitel 8) abgebaut.

Bei den Abbautätigkeiten werden geeignete Maßnahmen gegen Kontaminationsverschleppung ergriffen (siehe Kapitel 2.3).

Nachdem die Anlagenteile abgebaut sind, werden die Raumbereiche dekontaminiert und für die Freigabe der Gebäude vorbereitet.

6.4 Abbau in alter Versuchshalle

Im Rahmen der Trennung der alten Versuchshalle von der Transportbereitstellungshalle (TBH) wird die alte Versuchshalle lüftungstechnisch an die Fortluftfilterung des Reaktorgebäudes angeschlossen. Beim Abbau der Anlagenteile ist eine Einhausung nicht zwingend notwendig. Einhausungen zur Kontaminationsrückhaltung bei Abbauarbeiten, die Staub und radioaktive Aerosole generieren, werden weiterhin eingesetzt.

In der alten Versuchshalle sind im Wesentlichen das Stopfenlager abzubauen und der ggf. kontaminierte Bereich der Wasserablaufrinne am Fuß der Reaktorbeckenwand zu dekontaminieren.

Beim Abbau des Stopfenlagers wird wie folgt vorgegangen:

- Entnahme der Stopfen aus dem Stopfenlager,
- Überführung der Stopfen in einen Nachzerlegebereich,
- Bereitstellung der Stopfen zur Konditionierung,

- Ggf. Dekontamination der Lagerröhren,
- Beprobung und Bewertung des Stopfenlagers,
- Abbau des gesamten Stopfenlagers, wenn Dekontamination und Freigabe in Einbaulage nicht möglich sind.

Die Stopfen werden mit Hilfe der Stopfenflasche aus dem Lager in einen Nachzerlegebereich überführt und dort zerlegt und verpackt.

Danach wird das Stopfenlager beprobt. Sollte die Beprobung Kontaminationen aufzeigen, werden die entsprechenden Lagerröhren dekontaminiert und wenn möglich freigegeben. Sollte eine In-Situ-Dekontamination nicht möglich oder nicht wirtschaftlich sein, wird das Stopfenlager mit Seilsägetechnik komplett abgebaut. Ggf. werden statische Ersatzmaßnahmen getroffen.

Die kontaminierten Bereiche am Fuß der Reaktorbeckenwand werden ausgestemmt, bis die Freigabewerte unterschritten sind.

7 **Abbau Heißes Labor**

Der Abbau des Heißes Labors mit Ausnahme der Dosimetriezellen kann beginnen, wenn diese von den Betriebsabfällen befreit und für die Tätigkeiten im Restbetrieb und die ggf. erforderlichen Nachzerlegearbeiten im Restbetrieb nicht mehr benötigt werden.

Der Abbauumfang im Heißes Labor umfasst die Arbeitsschritte:

- Abbau im Dekontaminationsraum (Bleizelle 1) und in den Betonzellen 2 – 4,
- Abbau in den Dosimetriezellen,
- Abbau in den restlichen Raumbereichen des HL.

Zusätzlich wird hier der Abbau in der Kranhalle (ÜB) sowie im Bestrahlungskanal mit betrachtet. Durch die räumliche Trennung des Heißes Labors zum Reaktorgebäude können einige Arbeiten parallel und überlappend begonnen und durchgeführt werden.

7.1 **Abbau im Dekontaminationsraum und in den Betonzellen 2–4**

Für den Abbau der Bleizelle 1 (siehe Abbildung 7-1) sind im Wesentlichen folgende Arbeitsschritte vorgesehen:

- Ggf. Errichtung einer Zelteinhausung mit mobiler Lüftungsanlage,
- Dekontamination der Bleizelle 1,
- Abbau der Steuerpulte und Einbauten,
- Abbau der Manipulatoren,
- Abbau der Bleisteine,
- Ausbau der Bleiglasfenster,
- Abbau der Zellenauskleidung und der Tragkonstruktion,
- Freigabe der Bleisteine.

Die im Dekontaminationsraum befindliche Bleizelle 1 (siehe Abbildung 7-1) wird innen dekontaminiert. Anschließend erfolgt der Abbau der Einbauten und der Manipulatoren. Danach werden die Bleisteine von oben nach unten abgetragen, das Bleiglasfenster ausgebaut und die Zellenauskleidung sowie die Tragkonstruktion abgebaut. Die Bleisteine können voraussichtlich größtenteils freigegeben werden. Danach besteht ein Zugang zum Transporttunnel, der ggf.

für die Innendekontamination und den Abbau der Einbauten im Tunnel genutzt werden kann. Die Arbeiten erfolgen ggf. in einer Zelteinhausung mit mobiler Lüftungsanlage.



Abbildung 7-1: Bleizelle 1 mit Manipulatoren und Bleiglasfenstern

Für den Abbau der Betonzellen sind im Wesentlichen folgende Arbeitsschritte vorgesehen:

- Errichtung von Schleuszelten in den Isolierräumen (Zugang zu Betonzellen),
- Grunddekontamination des Zelleninneren (falls nicht schon im Rahmen der Betriebsabfallentsorgung erfolgt),
- Ausräumen / Abbau aller festinstallierten Einrichtungen,
- Abbau Transporttunnel mit Einbauten,
- Abbau der Manipulatoren,
- Abbau der Medienversorgung,
- Ggf. Ersatz der Lüftungskanäle durch Flex-Schläuche,
- Abbau Deckenriegel:
 - Öffnung der Deckenriegel der Betonzellen 2 – 4,
 - Prüfung des Kontaminationsgrades,

- Dekontamination der Deckenriegel,
- Entsorgung der Deckenriegel,
- Lüftungstechnischer Verschluss der Deckenluken.
- Abbau des Schwerlastmanipulators in Betonzelle 2,
- Dekontamination der Stahlinnenauskleidung,
- Abbau der Stahlinnenauskleidung,
- radiologische Bewertung, ggf. Dekontamination der Betonoberflächen,
- Dekontamination für die Freigabe,
- Ausbau der Bleiglasfenster,
- Freigabe der Räume.

Vor dem Ausbau der Manipulatoren und der Bleiglasfenster entsprechend betrieblicher Fachanweisungen, werden die Zellen, die Manipulatoren und die Bleiglasfenster auf ein freigabefähiges Niveau dekontaminiert.

Beim Ausbau der Manipulatoren werden zunächst die Manipulator-Segmente innerhalb der Zellen demontiert. Anschließend erfolgt die Demontage der restlichen Manipulator-Segmente vom Bedienraum aus.



Abbildung 7-2: Bedienraum mit Blick auf die Manipulatoren und Bleiglasfenster

Der Ausbau der Bleiglasfenster kann verfahrenstechnisch nur in Richtung Bedienraum (siehe Abbildung 7-2) erfolgen. Dabei wird ein vorhandener mobiler Schwerlasttisch (siehe Abbildung 7-3) vor dem entsprechenden Fenster positioniert. Das Bleiglasfenster wird auf den Schwerlasttisch gezogen. Von dort kann es anschließend von einem Stapler aufgenommen und abtransportiert werden.



Abbildung 7-3: Mobiler Schwerlasttisch

Unmittelbar nach dem Ausbau eines Manipulators oder eines Fensters werden die entstandenen Öffnungen wieder lüftungstechnisch verschlossen (Blinddeckel). Während des Ausbaus ist durch die Lüftungsanlage eine gerichtete Luftströmung vom Bedienraum (ÜB) in den Zellenraum gewährleistet.

In Betonzelle 2 ist vor der Dekontamination und dem Ausbau der Stahlinnenauskleidung zusätzlich das Probenlager abzubauen. Dazu wird zunächst versucht, die Lagerpositionen zu dekontaminieren und in Einbaulage freizugeben. Sollte dies technisch oder wirtschaftlich nicht möglich sein, erfolgt der Abbau z. B. mittels Presslufthammer. Der anfallende Bauschutt ist voraussichtlich größtenteils freigebbar.

Nach dem Abbau der Deckenriegel kann der Schwerlastmanipulator im Ganzen ausgebaut werden.

7.2 Abbau in den Dosimetriezellen

Für den Abbau der Dosimetriezellen (siehe Abbildung 7-4) sind im Wesentlichen folgende Arbeitsschritte vorgesehen:

- Abbau der freigeräumten Bleizellen,
- Freigabe der Bleisteine,
- Dekontamination der Zellenwände und der Raumbereiche im Keller,
- Abbau der Dosimetrielabore (Laboreinrichtung, Messplätze, etc.),
- Demontage der Lüftung,
- Dekontamination der Raumbereiche von der $\pm 0,00$ m-Ebene bis einschließlich der + 6,00 m-Ebene.



Abbildung 7-4: Dosimetriezellen mit Manipulatoren und Bleiglasfenstern

7.3 Abbau in den restlichen Raumbereichen des HL

In den restlichen Raumbereichen des HL werden alle Anlagenteile und Einrichtungen bis auf die noch benötigte Infrastruktur (Beleuchtung, Lüftung, Medienversorgung, Abwasseranlage) abgebaut. Insbesondere sind die diversen Lagerpostionen im HL radiologisch zu bewerten, zu dekontaminieren oder ggf. abzubauen.

7.4 Abbau Kranhalle und Rest Bestrahlungskanal

Die Kranhalle ist als Überwachungsbereich ausgewiesen. Dennoch sind begrenzte Bereiche voraussichtlich zu dekontaminieren und / oder abzubauen. Der Abbau der angrenzenden Kontrollbereiche Bestrahlungskanal und RA-Keller kann nur von der Kranhalle aus sinnvoll erfolgen. Der Abbau in der Kranhalle selbst umfasst im Wesentlichen die Arbeitsschritte:

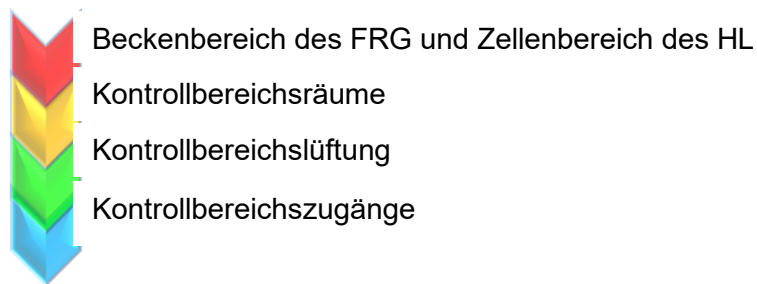
- Dekontamination des BE-Lagers,
- Dekontamination der Lagerpositionen an der Nordwand der Kranhalle,
- Ausbau der Bleiglasfenster und Manipulatorendurchführungen des Verpackungsraums (ehemals Betonzelle 1),
- Ggf. Dekontamination der Kranhalle.

Im Bestrahlungskanal erforderliche Arbeitsschritte sind im Wesentlichen:

- Vollständiges Freiräumen aller Räume im Bestrahlungskanal,
- Dekontamination aller Raumbereiche,
- Entfernung der Betontore (Verpackungsstation),
- Dekontamination Probenlager oder Abbau, falls eine Dekontamination und anschließende Freigabe in Einbaulage nicht möglich ist.

8 Rückzugskonzept und Restabbau Gesamtanlage

Nachdem die wesentlichen Einbauten und Anlagenteile in der FRG und im HL weitgehend abgebaut bzw. dekontaminiert sind, wird die gesamte Infrastruktur im Sinne eines Rückzugs aus den Gebäuden abgebaut. Dieser Rückzug erfolgt dabei, ausgehend vom Beckenbereich des FRG bzw. Zellenbereich des HL, über die allgemeinen Kontrollbereichsräume und die Kontrollbereichsräume des Lüftungssystems (siehe Kapitel 8.4) in Richtung der jeweiligen Kontrollbereichszugänge. In stockwerkbezogenen Plänen der FRG und des HL (siehe Anlage 1) sind die einzelnen Abschnitte des Rückzugs wie folgt kenntlich gemacht:



Grundsätzlich 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 (Abwasseranlage) radiologisch bewertet und ggf. dekontaminiert oder abgebaut.

8.1 Abwassersystem

Nachdem die 4 Bereiche des Reaktorbeckens entleert sind und sonst keine bzw. nur noch geringe Mengen Abwasser im Kontrollbereich anfallen, kann das Abwassersystem für die radioaktiv kontaminierten Abwässer stillgesetzt und abgebaut werden. Dies betrifft jeweils die beiden Abwasserbehälter auf der -3,00 m Ebene im Heißen Labor und im Reaktorgebäude, die gesamten Abwasserleitungen im Kontrollbereich, die Bodeneinläufe (Gullis) und die Gebäudesümpfe.

Die Abwasserstränge für den konventionellen Teil bleiben bis zum konventionellen Rückbau erhalten.

Es muss berücksichtigt werden, dass durch die Limitierung der Abgabemenge von kontaminiertem Wasser in die Elbe von 500 m³/a ein Zeitverzug auftreten kann.

Der Abbau umfasst im Wesentlichen:

- Spülen der Rohrleitungen, Ventile und Pumpen mit Frischwasser,
- Stillsetzen der Pumpen und Komponenten,
- Bereitstellen der Gebinde für die Konditionierung,
- Demontage der Abwasserbehälter, Rohrleitungen, Ventile und Pumpen,
- Kontaminationsprüfung der Räume und Komponenten,
- Dekontamination der Räume,
- Freigabe der Räume.

8.2 Sonstige Gebäude – Deko-Station

Die Stillsetzung und der Abbau der Deko-Station erfolgen im Zuge des Abbaus der Abwasseraufbereitung. Der Abbau umfasst im Wesentlichen:

- Spülen bzw. dekontaminieren von Pumpen und Rohrleitungen,
- Entleeren aller medienführenden Systeme,
- Abbau der Rohrleitungen und Komponenten,
- Oberflächendekontamination der Rohrleitungen und Komponenten,
- Dekontamination der Räume,
- Freigabe der Räume.

8.3 Erdverlegte Systeme

Alle erdverlegten Systeme werden radiologisch bewertet, ggf. dekontaminiert und in Einbaulage freigeben oder abgebaut.

Die erdverlegten Abwassertanks und die damit verbundenen kontaminierten Systemstrecken (im Wesentlichen Abwasserleitungen mit Armaturen) werden abgebaut und zerlegt. Dies erfolgt z. B. vor Ort in einer über den Abwassertanks zu errichtenden, mittels mobiler Lüftungsanlage entlüfteten Einhausung. Alternativ können die Abwasserbehälter als Ganzes ausgehoben, ggf. oberirdisch vorzerlegt, in einen geeigneten Bereich der FRG und des HL verbracht und dort in einem lüftungstechnisch abgegrenzten Nachzerlegebereich in transport- und

bearbeitungsgerechte Teile zerlegt werden. Anschließend erfolgen die Dekontamination und Freigabe.

8.4 Lüftungssystem

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

Durch den langen Zeitraum des Einsatzes der Lüftungsanlage ist davon auszugehen, dass es zu Kontaminationsanreicherungen gekommen ist. Daher werden Maßnahmen zur Vermeidung von Kontaminationsverbreitung getroffen.

Der Rückzug aus den Restbetriebsräumen erfolgt sukzessiv in Richtung der Fortluftfilter / Betriebsräume der Abluft. Die festinstallierten Restbetriebssysteme werden entfernt. Dies schließt auch die Lüftungskanäle ein. Für die Raumbelüftung werden ggf. Flex-Schläuche verlegt. Nach Abbau bzw. Dekontamination der Abluftkanäle werden die Systeme in den Betriebsräumen der Lüftung (Filterbänke, Ventilatoren etc.) abgebaut. Der Abbau umfasst im Wesentlichen:

- Überprüfung der Abluftkanäle auf Kontamination (zugängliche Bereiche und Bereiche mit höherer Kontaminationswahrscheinlichkeit), einschließlich des Fortluftkamins,
- Abbau freiliegender Lüftungskanäle, ggf. unter strahlenschutztechnischen Aspekten,
- Dekontamination der Lüftungskanäle in Einbaulage, einschließlich des Fortluftkamins,
- Abbau der Betriebsräume Lüftung,
- Freigabe der verbleibenden Lüftungskanäle, einschließlich des erdverlegten Fortluftrohres und des Fortluftkamins.

Während des Abbaus der Lüftungskanäle (bei nach wie vor laufender Lüftung) wird die Raumbelüftung ohne Lüftungskanäle gewährleistet.

8.5 Restabbau, Dekontamination und Rückzug

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

Beim Rückzug werden die verbliebenen Infrastruktureinrichtungen, die nicht in Einbaulage freigegeben werden können oder sollen, abgebaut. Dazu gehören im Wesentlichen:

- Medienversorgung (Deionat, Druckluft, Gasversorgung, etc.),
- Kommunikationseinrichtungen,
- Signaltechnische Einrichtungen,
- Elektro- und leittechnische Einrichtungen,
- Energie- und Medienversorgung,
- Brandmelde- und Brandschutzeinrichtungen.

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

Alle betroffenen Bereiche werden dekontaminiert und einer Vorbeprobung zur Freigabe unterzogen. Dies betrifft insbesondere die Raumbereiche mit möglicher luftgetragener Kontamination aus dem Abbau mit staubfreisetzenden Abbauverfahren. Die bei der Vorbeprobung gefundenen Kontaminationen oberhalb der Freigabewerte werden beseitigt.

Fertig abgebaute, dekontaminierte und freigegebene Raumbereiche, die nicht als Verkehrs- oder Transportwege erforderlich sind, werden verschlossen und lüftungstechnisch versiegelt. In diesen Raumbereichen befinden sich dann keine Einrichtungsgegenstände oder Anlagenteile mehr, es sei denn, diese sind ebenfalls freigegeben. Grundlage für eine Freigabe von radioaktiven Stoffen, beweglichen Gegenständen, Gebäuden, Räumen, Raumteilen und Bauteilen, Bodenflächen, Anlagen oder Anlagenteile (Gegenstände) sind die §§ 31 – 42 StrlSchV in Verbindung mit den in Anlage 4 Tabelle 1 festgelegten Freigabewerten /6/.

8.6 Werkzeuge und Hilfsgeräte

Die beim fortschreitenden Abbau nicht mehr erforderlichen Werkzeuge und Hilfsgeräte wie z. B. Hydraulikbagger, Backenbrecher, Seilsäge, Zelteinhausungen etc. werden

gegebenenfalls dekontaminiert und, sofern möglich, zur Wiederverwendung gemäß § 58 Abs. 2 StrISchV /6/ aus den Strahlenschutzbereichen herausgebracht. Dabei werden entsprechende Kontrollmessungen durchgeführt.

Alternativ kann auch eine Weiterverwendung bei einem anderen Genehmigungsinhaber erfolgen.

Falls aufgrund der Kontamination das Herausbringen oder eine Weiterverwendung nicht möglich ist, werden die Werkzeuge und Hilfsgeräte, sofern möglich, zerlegt und als Reststoff entsprechend weiter behandelt und nach Möglichkeit freigegeben. Entsprechende Teile, die als Reststoff nicht freigegeben werden können, werden als radioaktiver Abfall behandelt.

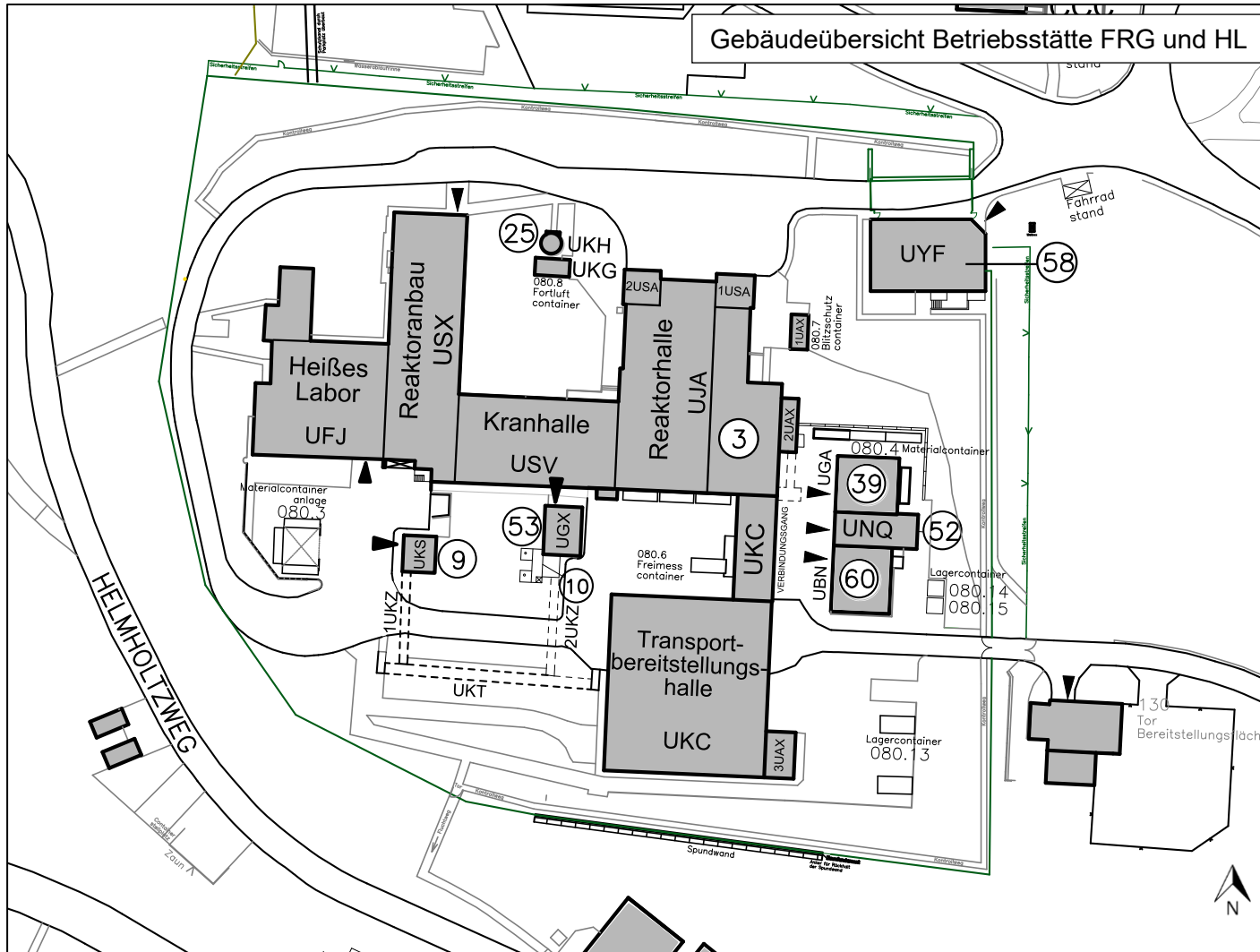
Literatur und verwendete Gesetze

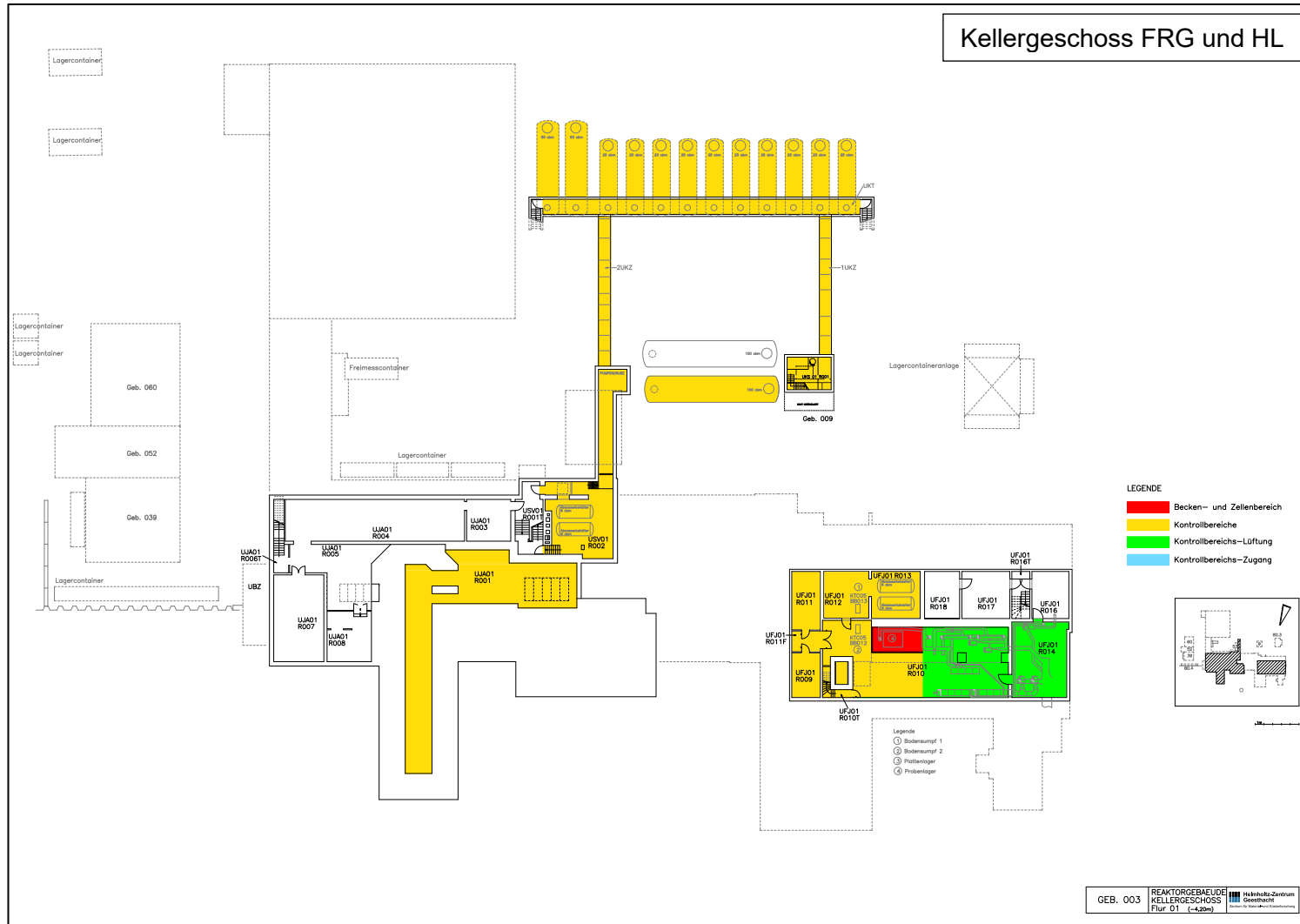
- /1/ Antragsschreiben – Antrag nach § 7 Abs. 3 AtG auf Stilllegung des Forschungsreaktors FRG-1 und Abbau der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors der Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material und Küstenforschung GmbH, 21. März 2013.
- /2/ Präzisierungsschreiben – Präzisierung zum Antrag 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 vom 21. März 2013, 9. September 2016.
- /3/ Verordnung über das Verfahren bei der Genehmigung von Anlagen nach § 7 des AtG (Atomrechtliche Verfahrensverordnung – AtVfV) vom 3. Februar 1995 (BGBl. I S. 180, zuletzt geändert durch Artikel 3 der Verordnung vom 11. November 2020 (BGBl. I S. 2428)).
- /4/ Sicherheitsbericht – 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, Rev. 2, 1. November 2016.
- /5/ Transport- und Logistikkonzept für die Forschungsreaktoranlage, das Heiße Labor und die Zerlegehalle des Reaktordruckbehälters – Erläuterungsbericht zur Stilllegung des Forschungsreaktors FRG-1 und Abbau der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors sowie die Zerlegung des Reaktordruckbehälters des Nuklearschiffs Otto Hahn, EB-FRG/HL/RDB-OH-28.
- /6/ Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034, 2036), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 8. Oktober 2021 (BGBl. I S. 4645).

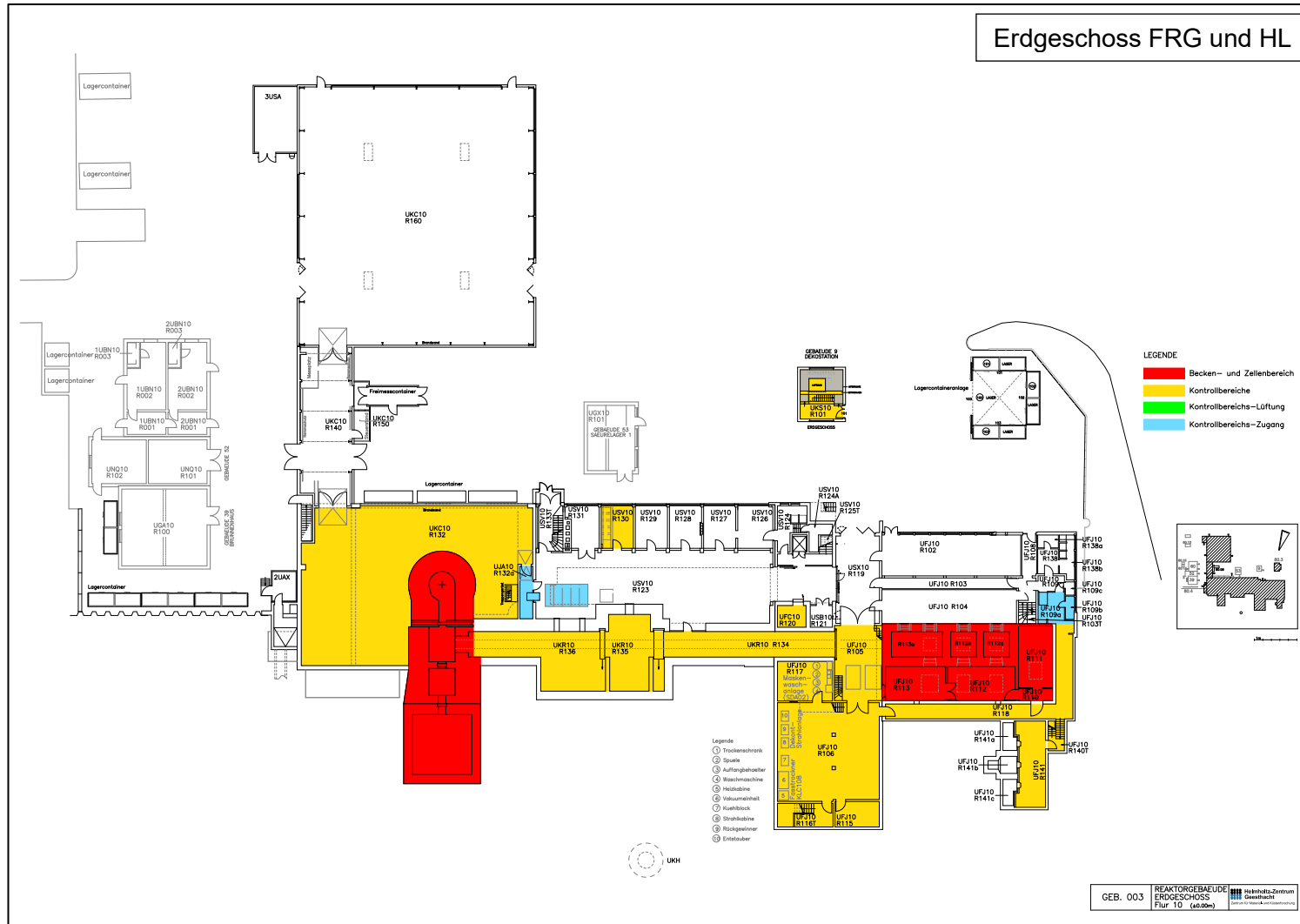
- /7/ Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung – ArbStättV) vom 12. August 2004 (BGBl. I S. 2179), zuletzt geändert durch Artikel 4 des Gesetzes vom 22. Dezember 2020 (BGBl. I S. 3334).
- /8/ Brandschutzkonzept für die Forschungsreaktoranlage und das Heiße Labor – Erläuterungsbericht zur Stilllegung des Forschungsreaktors FRG-1 und Abbau der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors sowie die Zerlegung des Reaktordruckbehälters des Nuklearschiffs Otto Hahn, EB-FRG/HL/RDB-OH-05.
- /9/ Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzgesetz - StrlSchG) vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1966), zuletzt geändert durch die Bekanntmachung vom 3. Januar 2022 (BGBl. I S. 15).
- /10/ Strahlenschutzkonzept – Erläuterungsbericht zur Stilllegung des Forschungsreaktors FRG-1 und Abbau der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors sowie die Zerlegung des Reaktordruckbehälter des Nuklearschiffs Otto Hahn, EB-FRG/HL/RDB-OH-08.
- /11/ Ferngesteuerte Ausbruch- und Abbruchmaschine 1850 E – Informationsbroschüre / Fotografien der Firma TopTec Spezialmaschinen GmbH, Breithornstraße 10, D-81825 München.
- /12/ <https://de.wikipedia.org/wiki/Seils%C3%A4ge#/media/File:Saegeseil.jpg>; abgerufen am 12.01.2016.
- /13/ DIN EN 1822 Teil 1 Schwebstofffilter (EPA, HEPA und ULPA) – Teil 1: Klassifikation, Leistungsprüfung, Kennzeichnung, Stand: 2019-10.

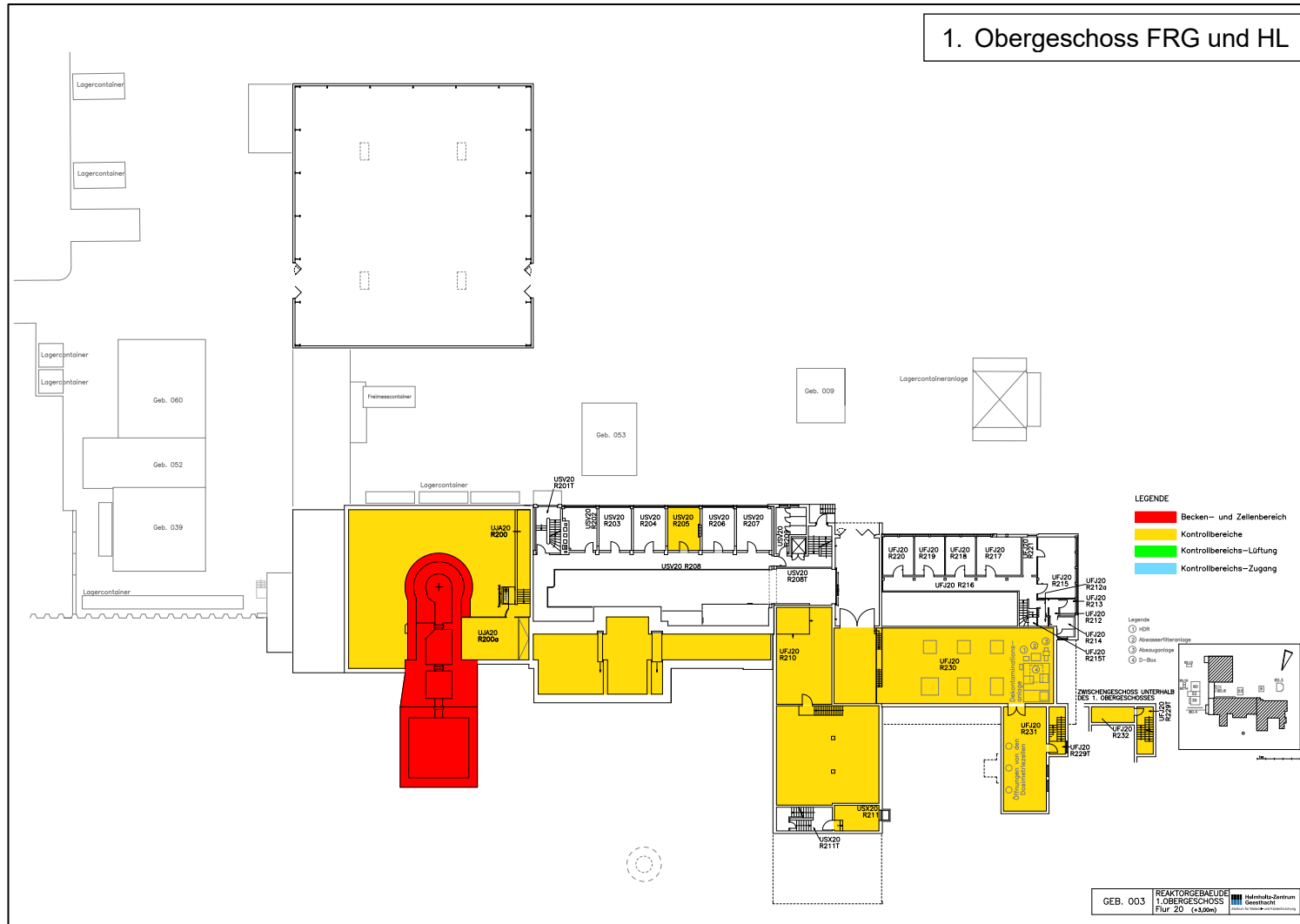
Anlage 1

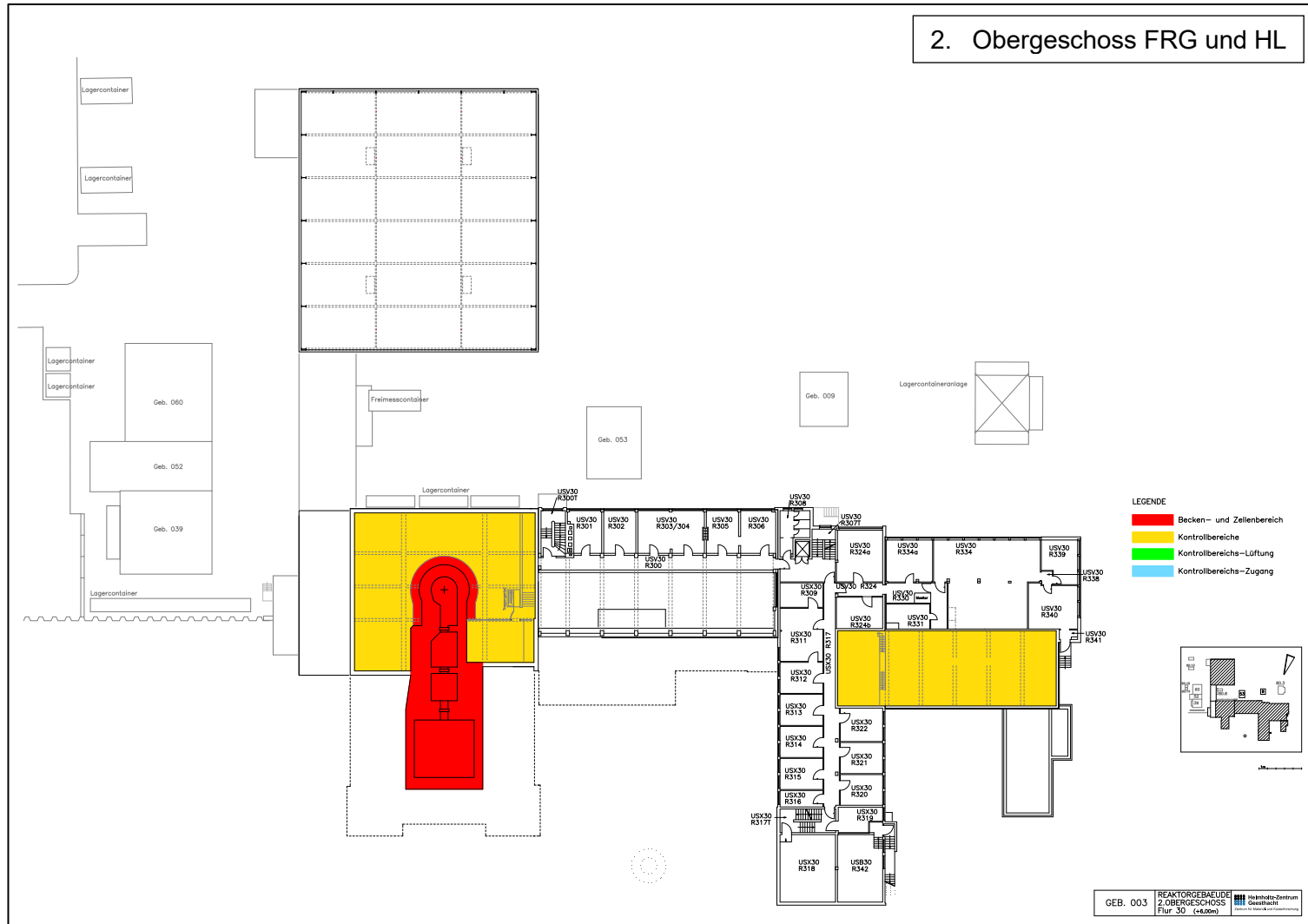
Lageplan und stockwerkbezogene Pläne der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors











3. Obergeschoss FRG und HL

