



## **Kernkraftwerk Brokdorf Stilllegung und Abbau**

### **Sicherheitsbericht**



**Mai 2020**

# Inhaltsverzeichnis

Seite

<b>INHALTSVERZEICHNIS .....</b>	<b>2</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>8</b>
<b>1. DAS VORHABEN IM ÜBERBLICK .....</b>	<b>12</b>
1.1 Nachbetrieb .....	14
1.2 Restbetrieb .....	15
1.3 Abbau von Anlagenteilen in der Abbauphase 1 .....	18
1.4 Abbau von Anlagenteilen in der Abbauphase 2 .....	19
1.5 Maßnahmen nach der Entlassung aus der atomrechtlichen Überwachung .....	19
1.6 Errichtung und Betrieb eines Reststoffbehandlungszentrums (RBZ) .....	19
1.7 Vorhandene und geplante Anlagen am Standort KBR .....	20
1.7.1 Standortzwischenlager .....	20
1.7.2 Transportbereitstellungshalle (TBH-KBR) .....	20
1.8 Strahlenexposition in der Umgebung .....	21
1.9 Ereignisanalyse .....	23
<b>2. STANDORT .....</b>	<b>25</b>
2.1 Geografische Lage .....	25
2.2 Besiedelung .....	27
2.3 Boden- und Wassernutzung .....	29
2.4 Gewerbe- und Industriebetriebe, militärische Anlagen .....	29
2.5 Verkehrswege .....	30
2.5.1 Straßen .....	30
2.5.2 Eisenbahn .....	31
2.5.3 Wasserstraßen .....	31
2.5.4 Flugplätze und Luftstraßen .....	31

<b>2.6</b>	<b>Meteorologische Verhältnisse .....</b>	<b>32</b>
<b>2.7</b>	<b>Geologische Verhältnisse .....</b>	<b>33</b>
<b>2.8</b>	<b>Hydrologische Verhältnisse .....</b>	<b>34</b>
2.8.1	Oberflächengewässer .....	34
2.8.2	Hochwasser .....	34
2.8.3	Grundwasser .....	35
2.8.4	Trinkwassergewinnung .....	35
2.8.5	Kühlwasseranalysen.....	36
<b>2.9</b>	<b>Seismische Verhältnisse .....</b>	<b>36</b>
<b>2.10</b>	<b>Radiologische Vorbelastung .....</b>	<b>37</b>
<b>2.11</b>	<b>Zusammenfassende Standortbewertung.....</b>	<b>39</b>
<b>3.</b>	<b>DAS KERNKRAFTWERK BROKDORF .....</b>	<b>40</b>
<b>3.1</b>	<b>Beschreibung der Kraftwerksanlage.....</b>	<b>40</b>
3.1.1	Funktion .....	41
3.1.2	Systemaufbau des Primärkreislaufs.....	43
3.1.3	Systemaufbau des Sekundärkreislaufs (Wasser-Dampf-Kreislauf).....	45
3.1.4	Kühlwassersystem.....	47
3.1.5	Gebäude und weitere Systeme.....	49
<b>3.2</b>	<b>Systeme und Einrichtungen im Restbetrieb .....</b>	<b>52</b>
3.2.1	BE-Kühlsysteme sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen.....	52
3.2.2	Überwachungs- und Schutzeinrichtungen.....	57
3.2.3	Sonstige/weitere Einrichtungen .....	59
<b>3.3</b>	<b>Anlagenhistorie.....</b>	<b>60</b>
<b>3.4</b>	<b>Radiologischer Ausgangszustand der Anlage .....</b>	<b>61</b>
3.4.1	Inventar an Radionukliden.....	62
3.4.2	Brennelemente und Sonderbrennstäbe .....	63

3.4.3	Aktiviere Anlagenteile .....	64
3.4.4	Radioaktive Betriebsabfälle .....	65
3.4.5	Kontaminierte Anlagenteile .....	65
3.4.6	Dosisleistung im Kontrollbereich .....	66
<b>3.5</b>	<b>Radiologische Charakterisierung .....</b>	<b>66</b>
3.5.1	Vorgehensweise .....	66
3.5.2	Ablauf der radiologischen Detailcharakterisierung .....	67
3.5.3	Mess- und Beprobungsmethoden .....	68
<b>4.</b>	<b>ARBEITSBEREICHE, VERFAHREN UND ABBAUEINRICHTUNGEN.....</b>	<b>72</b>
<b>4.1</b>	<b>Arbeitsbereiche .....</b>	<b>72</b>
4.1.1	Allgemeines.....	72
4.1.2	Reststoffbehandlungszentrum .....	73
4.1.3	Zerlegeplätze.....	74
4.1.4	Bereiche zur Dekontamination .....	75
4.1.5	Bereiche zur Konditionierung .....	76
4.1.6	Bereiche für Radioaktivitätsmessungen .....	76
4.1.7	Transportwege.....	77
4.1.8	Pufferlagerung .....	77
4.1.9	Zwischenlagerung .....	80
<b>4.2</b>	<b>Zerlege-, Dekontaminations- und Konditionierungsverfahren.....</b>	<b>80</b>
4.2.1	Zerlegeverfahren.....	81
4.2.2	Dekontaminationsverfahren.....	82
4.2.3	Konditionierungsverfahren .....	84
<b>4.3</b>	<b>Abbaueinrichtungen, Geräte und Werkzeuge.....</b>	<b>86</b>
<b>5.</b>	<b>DER ABBAU DES KERNKRAFTWERKS BROKDORF.....</b>	<b>89</b>
<b>5.1</b>	<b>Allgemeines .....</b>	<b>89</b>

<b>5.2</b>	<b>Abbauphase 1 .....</b>	<b>93</b>
5.2.1	Phasenabschnitte.....	93
5.2.2	Schutzziele .....	95
5.2.3	Abbauumfang in Abbauphase 1.....	97
<b>5.3</b>	<b>Abbauphase 2 .....</b>	<b>105</b>
5.3.1	Schutzziele .....	105
5.3.2	Abbauumfang in Abbauphase 2.....	106
<b>5.4</b>	<b>Rückzug aus den Gebäuden des Kontrollbereichs .....</b>	<b>110</b>
<b>6.</b>	<b>RESTSTOFFMANAGEMENT .....</b>	<b>112</b>
<b>6.1</b>	<b>Gesamtkonzeption .....</b>	<b>112</b>
<b>6.2</b>	<b>Stoffströme.....</b>	<b>115</b>
<b>6.3</b>	<b>Freigabe.....</b>	<b>118</b>
<b>6.4</b>	<b>Gebäude- und Geländefreigabe .....</b>	<b>121</b>
<b>6.5</b>	<b>Freigabe bei anderen Genehmigungsinhabern .....</b>	<b>122</b>
<b>6.6</b>	<b>Wiederverwendung und kontrollierte Verwertung im kerntechnischen Bereich.....</b>	<b>122</b>
<b>6.7</b>	<b>Herausbringen .....</b>	<b>122</b>
<b>6.8</b>	<b>Herausgabe.....</b>	<b>123</b>
<b>6.9</b>	<b>Radioaktive Abfälle .....</b>	<b>123</b>
6.9.1	Feste radioaktive Rohabfälle .....	126
6.9.2	Flüssige radioaktive Rohabfälle .....	127
<b>6.10</b>	<b>Konventionelle Abfälle .....</b>	<b>128</b>
<b>7.</b>	<b>STRAHLENSCHUTZ .....</b>	<b>129</b>
<b>7.1</b>	<b>Aufgaben .....</b>	<b>129</b>
<b>7.2</b>	<b>Strahlenschutzbereiche .....</b>	<b>130</b>
<b>7.3</b>	<b>Strahlenschutzmaßnahmen und Überwachung .....</b>	<b>132</b>
7.3.1	Arbeitsplatzüberwachung.....	132

7.3.2	Strahlungs- und Aktivitätsüberwachung.....	133
7.3.3	Personenschutzmaßnahmen .....	134
7.3.4	Personenüberwachung.....	135
<b>7.4</b>	<b>Aktivitätsrückhaltung.....</b>	<b>135</b>
<b>7.5</b>	<b>Ableitung radioaktiver Stoffe.....</b>	<b>137</b>
7.5.1	Ableitung von radioaktiven Stoffen mit der Fortluft .....	137
7.5.2	Ableitung von radioaktiven Stoffen mit dem Abwasser .....	137
7.5.3	Emissionsüberwachung .....	138
7.5.4	Immissionsüberwachung .....	139
<b>7.6</b>	<b>Strahlenexposition in der Umgebung.....</b>	<b>140</b>
7.6.1	Grundsätzliches.....	140
7.6.2	Ableitung mit der Fortluft.....	141
7.6.3	Ableitung mit dem Abwasser.....	142
7.6.4	Direktstrahlung .....	144
7.6.5	Begrenzung der Strahlenexposition der Bevölkerung .....	145
<b>8.</b>	<b>ORGANISATION UND BETRIEB .....</b>	<b>147</b>
<b>8.1</b>	<b>Aufbauorganisation.....</b>	<b>147</b>
<b>8.2</b>	<b>Erhalt der Fachkunde während der Stilllegung und des Abbaus .....</b>	<b>148</b>
<b>8.3</b>	<b>Ressourcen .....</b>	<b>149</b>
<b>8.4</b>	<b>Regelungen zum Restbetrieb .....</b>	<b>149</b>
<b>8.5</b>	<b>Dokumentation der Stilllegung und des Abbaus .....</b>	<b>151</b>
<b>8.6</b>	<b>Integriertes Managementsystem .....</b>	<b>152</b>
<b>9.</b>	<b>EREIGNISANALYSE .....</b>	<b>153</b>
<b>9.1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>153</b>
<b>9.2</b>	<b>Zu betrachtende Ereignisse .....</b>	<b>154</b>
<b>9.3</b>	<b>Ereignisse durch Einwirkungen von innen .....</b>	<b>156</b>

9.3.1	Ereignisse bei der Lagerung und Handhabung von bestrahlten Brennelementen.....	156
9.3.2	Anlageninterne Überflutungen und Leckagen.....	158
9.3.3	Ausfall und Störungen von Hilfs- und Versorgungseinrichtungen.....	160
9.3.4	Anlageninterne Brände und Explosionen .....	163
9.3.5	Mechanische Einwirkungen .....	166
9.3.6	Chemische Einwirkungen.....	171
9.3.7	Ereignisse bei der Handhabung radioaktiver Stoffe .....	171
<b>9.4</b>	<b>Einwirkungen von außen .....</b>	<b>173</b>
9.4.1	Naturbedingte Einwirkungen.....	173
9.4.2	Zivilisatorische Einwirkungen.....	175
<b>9.5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>177</b>
<b>10.</b>	<b>AUSWIRKUNGEN AUF DIE IN § 1A AtVfV GENANNTE SCHUTZGÜTER .....</b>	<b>179</b>
<b>11.</b>	<b>BEGRIFFSBESTIMMUNGEN .....</b>	<b>180</b>
<b>12.</b>	<b>QUELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>189</b>
<b>13.</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>193</b>
<b>14.</b>	<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>195</b>
<b>15.</b>	<b>ANHANG 1: LAGEPLAN DES KERNKRAFTWERKS BROKDORF .....</b>	<b>196</b>

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße)
AG	Abbaugenehmigung
ALARA	As Low As Reasonably Achievable
ALG	Abfalllager Gorleben
ArbStättV	Arbeitsstättenverordnung
AtEV	Atomrechtliche Entsorgungsverordnung
AtG	Atomgesetz
AtVfV	Atomrechtliche Verfahrensverordnung
AVV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift
Bq	Becquerel; z. B. $1 \text{ E}+09 \text{ Bq} = 1 \cdot 10^9 \text{ Bq} = 1.000.000.000 \text{ Bq}$
BE	Brennelement
BGE	Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
BGZ	Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH
BHB	Betriebshandbuch
BHKW	Blockheizkraftwerk
BOHB	Betriebsorganisationshandbuch
CASTOR®	Cask for Storage and Transport of Radioactive Material (Behälter zur Aufbewahrung und zum Transport radioaktiven Materials)
DE	Dampferzeuger
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DWR	Druckwasserreaktor
EMS	Europäische Makroseismische Skala
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
EntsÜG	Entsorgungsübergangsgesetz
ESK	Entsorgungskommission



EVA	Einwirkungen von außen
EVI	Einwirkungen von innen
EVU	Energieversorgungsunternehmen
EW	Einwohner
FSD	Full System Decontamination (Primärkreisdekontamination)
GefStoffV	Gefahrstoffverordnung
GGVSEB	Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
HD	Hochdruck
HW	Hochwasser
HZG	Helmholtz-Zentrum Geesthacht
IHAO	Instandhaltungs- und Abbauordnung
IP	Industrial Package (Industrierversandstück)
IT	Informationstechnik
IWRS II	Richtlinie für den Strahlenschutz des Personals bei Tätigkeiten der Instandhaltung, Änderung, Entsorgung und des Abbaus in kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen
KBR	Kernkraftwerk Brokdorf
KFÜ	Kernkraftwerk-Fernüberwachung
KKB	Kernkraftwerk Brunsbüttel
KKG	Kernkraftwerk Grafenrheinfeld
KKK	Kernkraftwerk Krümmel
KKS	Kernkraftwerk Stade
KKU	Kernkraftwerk Unterweser
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
KTA	Kerntechnischer Ausschuss
KWU	Kraftwerk Union
KWW	Kernkraftwerk Würgassen

Lasma	Lager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle und Reststoffe am Standort Brunsbüttel
LasmaaZ	Lager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle und Reststoffe am Zwischenlager am Standort Krümmel
LarA	Lager für radioaktive Abfälle am Standort Stade
LAW	Low Active Waste (schwachradioaktive Abfälle)
LdA	Leiter der Anlage
LNG	Liquefied Natural Gas
MAW	Medium Active Waste (mittelradioaktive Abfälle)
MELUND	Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein
Mg	Megagramm – $1 \text{ Mg} = 10^6 \text{ g} = 1.000.000 \text{ g} = 1.000 \text{ kg} = 1 \text{ t}$ (Tonne)
Mio	Millionen
MW <sub>el</sub>	Megawatt elektrisch
ND	Niederdruck
NHB	Notfallhandbuch
NN	Normal Null
NWK	Nordwestdeutsche Kraftwerke AG
oHG	Offene Handelsgesellschaft
OKG	Oberes Kerngerüst
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PDE	Druckabsicherungseinrichtung Primärkreis
PEL	PreussenElektra GmbH
PHB	Prüfhandbuch
RBZ	Reststoffbehandlungszentrum
RDB	Reaktordruckbehälter
RG-Kran	Reaktorgebäude-Rundlaufkran
RSB	Reaktorsicherheitsbehälter
SAG	Stilllegungs- und Abbaugenehmigung

SBS	Sonderbrennstäbe
SEWD	Sonstige Einwirkungen Dritter
SSFE	Steuerstabsführungseinsätze
SSK	Strahlenschutzkommission
StrlSchG	Strahlenschutzgesetz
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
Sv	Sievert – $1 \text{ Sv} = 1.000 \text{ mSv} = 1.000.000 \text{ }\mu\text{Sv}$
SZB	Standortzwischenlager Brunsbüttel
SZK	Standortzwischenlager Krümmel
TBH-KBR	Transportbereitstellungshalle am Standort Brokdorf
TBL-Ahaus	Transportbehälterlager Ahaus
Thw	Tidenhochwasser
UKG	Unteres Kerngerüst
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
VDK	Verdampferkonzentrat
WKP	Wiederkehrende Prüfung

## 1. DAS VORHABEN IM ÜBERBLICK

Das Kernkraftwerk Brokdorf (KBR) ist ein Druckwasserreaktor des Herstellers KWU (Kraftwerk Union) der Baulinie 3 (Vor-Konvoi) und ging 1986 in den kommerziellen Leistungsbetrieb. Das KBR ist genehmigt nach § 7 Absatz 1 des Gesetzes über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz, AtG /1/) als eine Anlage zur Spaltung von Kernbrennstoffen. Die dabei gewonnene Energie wird in elektrischen Strom umgewandelt und an das öffentliche Netz abgegeben.

Eigentümer des Kernkraftwerks Brokdorf ist die Kernkraftwerk Brokdorf GmbH & Co. oHG, an der die Gesellschafter PreussenElektra GmbH (80 %) und die Vattenfall Europe Nuclear Energy GmbH (20 %) beteiligt sind.

Entsprechend der 13. Novelle des Atomgesetzes /1/ erlischt die Berechtigung zum Leistungsbetrieb zur kommerziellen Stromerzeugung für das Kernkraftwerk Brokdorf (KBR) spätestens mit Ablauf des 31.12.2021. Danach soll das KBR gemäß der gesetzlichen Verpflichtung in § 7 Abs. 3 S. 4 AtG /1/ unverzüglich stillgelegt und abgebaut werden. Dazu hat die PreussenElektra GmbH als Genehmigungsinhaberin und Betreiberin der Anlage, im Folgenden kurz als PEL bezeichnet, am 01.12.2017 den Antrag nach § 7 Abs. 3 AtG /1/ zur Stilllegung und zum Abbau der Anlage beim Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein (MELUND) gestellt /2/. Die PreussenElektra GmbH hat den Antrag /2/ mit Schreiben vom 24. März 2020 um die „Rücknahme von radioaktiven Betriebsabfällen aus der TBH-KBR in das KBR“ und um das „Verbringen von Abfällen und Reststoffen zwischen TBH-KBR und KBR“ ergänzt /3/. Dem Antrag ist die Kernkraftwerk Brokdorf GmbH & Co. oHG als weitere Genehmigungsinhaberin beigetreten.

Es wird davon ausgegangen, dass zu Beginn der Abbauarbeiten noch nicht alle Brennelemente (BE) und Sonderbrennstäbe (SBS) aus der Anlage entfernt sind. Die Abbauarbeiten werden unter Einhaltung der Rückwirkungsfreiheit auf die für die Lagerung und Handhabung der Brennelemente einzuhaltenden Schutzziele „Kontrolle der Reaktivität“, „Kühlung der Brennelemente“ und „Einschluss radioaktiver Stoffe“ (Aktivitätsrückhaltung) durchgeführt. Neben der Einhaltung der Schutzziele wird auch die Einhaltung des grundlegenden radiologischen Sicherheitsziels „Schutz von Mensch und Umwelt vor den schädlichen Auswirkungen ionisierender Strahlung“ gewährleistet. Das Schutzziel „Vermeidung unnötiger Strahlenexposition, Begrenzung und Kontrolle der Strahlenexposition des Betriebspersonals und der Bevölkerung“ gemäß der „ESK-Leitlinien zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen“ /4/ wird dadurch ebenfalls sichergestellt.

Der Abbau soll in zwei Phasen erfolgen, deren atomrechtliche Genehmigungen jeweils gesondert nach § 7 Abs. 3 AtG /1/ beantragt werden und die sich zeitlich überlagern (Abbildung 1-1).

Alle Abbaumaßnahmen werden unter Beachtung der §§ 8 und 9 StrlSchG /5/ (Vermeidung unnötiger Exposition und Dosisreduzierung und Dosisbegrenzung) sowie den Vorgaben der Organisationseinheit Strahlenschutz geplant und festgelegt.

Im vorliegenden Sicherheitsbericht sind Angaben zu den insgesamt geplanten Maßnahmen zur Stilllegung und zum Abbau der Anlage oder von Anlagenteilen enthalten, die insbesondere die Beurteilung ermöglichen, ob die beantragten Maßnahmen weitere Maßnahmen nicht erschweren oder verhindern und ob eine sinnvolle Reihenfolge der Abbaumaßnahmen vorgesehen ist. Zudem werden die Auswirkungen der Maßnahmen auf in § 1a AtVfV /6/ genannte Schutzgüter erläutert.

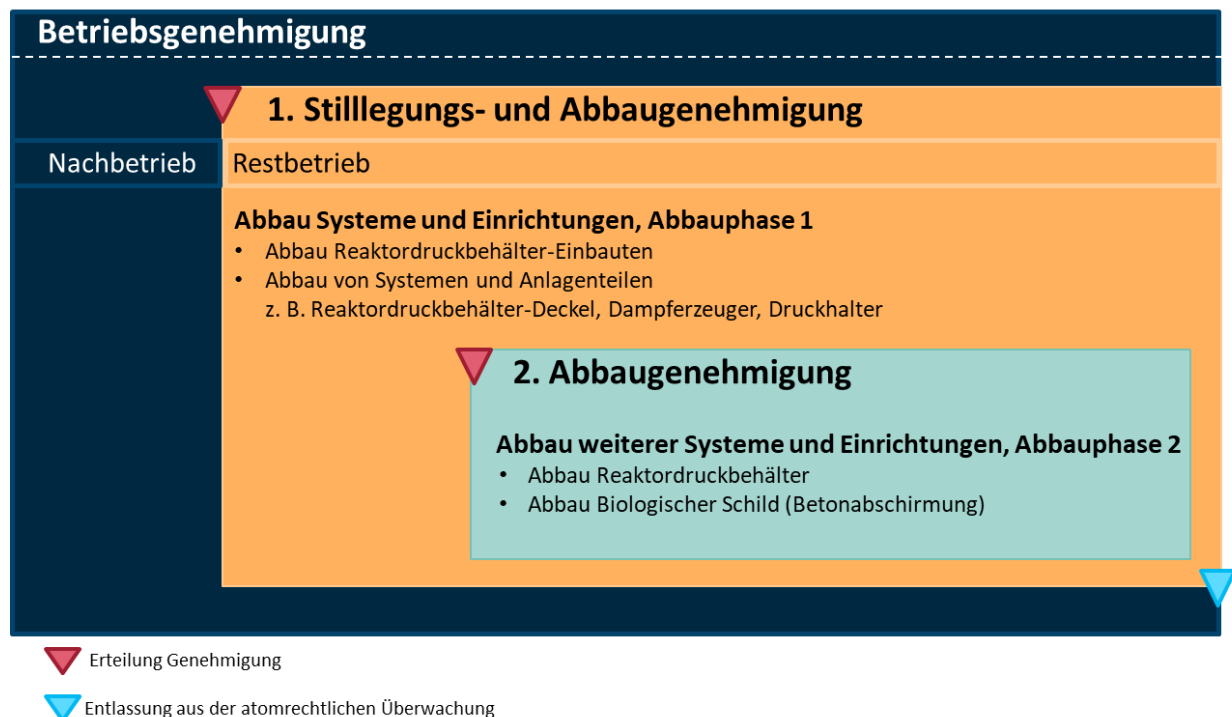


Abbildung 1-1: Vorgesehener genehmigungstechnischer Ablauf der Stilllegung des KBR

## 1.1 Nachbetrieb

Mit Erlöschen der Berechtigung zum Leistungsbetrieb zur kommerziellen Stromerzeugung für das KBR beginnt der Nachbetrieb.

Der Nachbetrieb erfolgt unter der weiterhin geltenden Betriebsgenehmigung gemäß § 7 Abs. 1 AtG /1/. Im Rahmen der Betriebsgenehmigung werden die Tätigkeiten unter Fortgelten der bewährten Regelungen und unter Fortführung der atomrechtlichen Überwachung durchgeführt.

Der Nachbetrieb ist nicht Gegenstand des Antrags auf Stilllegung und Abbau gemäß § 7 Abs. 3 AtG /1/. Er wird hier im Kontext des beantragten Stilllegungs- und Abbauvorhabens kurz erläutert.

Durch die Beantragung einer Stilllegungs- und Abbaugenehmigung gemäß § 7 Abs. 3 AtG /1/ hat die Betreiberin der Anlage mit den konkreten Vorbereitungen zu Stilllegung und Abbau des KBR begonnen. Der Nachbetrieb einer nach § 7 Abs. 1 AtG /1/ genehmigten Anlage beginnt nach deren endgültiger Abschaltung mit dem Ziel der Vorbereitung der Stilllegung und des Abbaus.

Der Nachbetrieb umfasst alle im Rahmen der weiterhin geltenden Betriebsgenehmigung gestatteten Maßnahmen zur Vorbereitung auf die Stilllegung und den Abbau der Anlage. Er endet mit der Erteilung der Stilllegungs- und Abbaugenehmigung (1. SAG).

Die Schutzziele für den Nachbetrieb sind:

- Kontrolle der Reaktivität
- Kühlung der Brennelemente
- Einschluss radioaktiver Stoffe (Aktivitätsrückhaltung)

Neben der Einhaltung der Schutzziele wird auch die Einhaltung des grundlegenden radiologischen Sicherheitsziels „Schutz von Mensch und Umwelt vor den schädlichen Auswirkungen ionisierender Strahlung“ (Begrenzung der Strahlenexposition) gewährleistet. Dieses Ziel gilt für alle Aktivitäten von der Planung über die Errichtung und den Betrieb sowie bis zum Abbau eines Kernkraftwerks.

Das Betriebsreglement des KBR wird den Erfordernissen des Nachbetriebes entsprechend im aufsichtlichen Verfahren angepasst.

Während des Nachbetriebs soll der Abtransport der im Brennelement-Lagerbecken (BE-Lagerbecken) aufbewahrten bestrahlten Brennelemente weitergeführt werden.

Weiterhin werden vorbereitende Maßnahmen für die Stilllegung und den Abbau der Anlage, die von der Betriebsgenehmigung gedeckt sind und keine wesentlichen Änderungen darstellen, durchgeführt, wie

- Weiterführung betrieblicher Entsorgungsprozesse
- die Entsorgung von Betriebsstoffen (z. B. Turbinenöl, Filtermaterialien)
- die Außerbetriebnahme, Entleerung und Trocknung von Systemen, Anlagenteilen oder Komponenten sowie das Entfernen der thermischen Isolierung
- Entsorgung mobiler Einrichtungen, wie z. B. Spezialwerkzeuge
- die System- und Bauteildekontamination
- die Durchführung von Probenahmeprogrammen zur Ermittlung der Aktivitätsverteilung
- das Einrichten von Arbeitsplätzen für den Abbau in der Anlage.

## **1.2 Restbetrieb**

Der Restbetrieb umfasst sowohl die Fortführung des sicheren Anlagenbetriebs mit den noch auf der Anlage befindlichen bestrahlten Brennelementen (BE) und Sonderbrennstäben (SBS) als auch den Betrieb aller für die Stilllegung notwendigen Sicherheits-, Versorgungs- und Hilfssysteme sowie den Betrieb der notwendigen Einrichtungen für den Abbau von Komponenten, Systemen und Gebäuden. Der Restbetrieb des KBR beginnt mit der Erteilung der 1. Stilllegungs- und Abbaugenehmigung (siehe Abbildung 1-1). Gleichzeitig kann mit den Abbauarbeiten der Abbauphase 1 begonnen werden.

Die Bedingungen für den Restbetrieb und die Abbaumaßnahmen sind durch den Anlagenstatus des KBR zum Zeitpunkt der Erteilung der 1. SAG geprägt:

- Zu Beginn der Abbauphase 1 befindet sich noch Kernbrennstoff (ca. 750 bestrahlte Brennelemente (BE) und ca. 300 Sonderbrennstäbe (SBS)) im Brennelement-Lagerbecken (BE-Lagerbecken) der Anlage.
- Die abnehmende Anzahl an Brennelementen im BE-Lagerbecken führt - zusätzlich zum Abklingen - zu einer Reduzierung der verbleibenden Nachzerfallsleistung. Nach Abtransport aller Brennelemente ist ein aktives Kühlsystem für das BE-Lagerbecken nicht mehr notwendig. Allerdings ist weiterhin eine ausreichende Abschirmung der noch verbliebenen Sonderbrennstäbe im BE-Lagerbecken notwendig.

- Die Abbauphase 1 wird in drei Zeitabschnitte unterteilt:
  - Abschnitt 1A:** Im BE-Lagerbecken befinden sich sowohl bestrahlte Brennelemente (BE) als auch Sonderbrennstäbe (SBS).
  - Abschnitt 1B:** Es sind nur noch Sonderbrennstäbe im BE-Lagerbecken vorhanden. Sie erfordern auch nach Abtransport der BE eine angemessene Wasserüberdeckung zur Abschirmung der ionisierenden Strahlung.
  - Abschnitt 1C:** Die Anlage ist frei von BE und SBS.
- In der Abbauphase 2 befinden sich keine BE und SBS mehr in der Anlage und die 2. Abbau-genehmigung liegt vor.

Die Schutzziele während des Restbetriebs sind entsprechend dem Anlagenzustand zu Beginn der Abbauphase 1

- Kontrolle der Reaktivität,
- Kühlung der Brennelemente und
- Einschluss radioaktiver Stoffe (Aktivitätsrückhaltung).

Neben der Einhaltung der Schutzziele wird auch die Einhaltung des grundlegenden radiologischen Sicherheitsziels „Schutz von Mensch und Umwelt vor den schädlichen Auswirkungen ionisierender Strahlung“ (Begrenzung der Strahlenexposition) gewährleistet. Das Schutzziel „Vermeidung unnötiger Strahlenexposition, Begrenzung und Kontrolle der Strahlenexposition des Betriebspersonals und der Bevölkerung“ gemäß der „ESK-Leitlinien zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen“ /4/ wird dadurch ebenfalls sichergestellt.

Nach dem Abtransport der letzten bestrahlten Brennelemente und Sonderbrennstäbe zur Zwischenlagerung reduzieren sich die Schutzziele zu Beginn des Abschnitts 1C auf den „Einschluss radioaktiver Stoffe (Aktivitätsrückhaltung)“ sowie das o. g. Schutzziel „Vermeidung unnötiger Strahlenexposition, Begrenzung und Kontrolle der Strahlenexposition des Betriebspersonals und der Bevölkerung“ gemäß der „ESK-Leitlinien zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen“ /4/. Das dann noch vorhandene, deutlich reduzierte Aktivitätsinventar ist überwiegend in den aktivierten Anlagenteilen (Reaktordruckbehälter, Reaktordruckbehältereinbauten und Biologischer Schild) fest eingebunden und ist auch bei der



verpackungsgerechten Zerlegung der entsprechenden Bauteile mit den vorgesehenen Verfahren nur in geringem Umfang mobilisierbar.

Die erforderlichen Vorsorgemaßnahmen zum Einschluss radioaktiver Stoffe während dieser Arbeiten werden getroffen (siehe Kapitel 7.4).

Während des Restbetriebs werden im Wesentlichen folgende Arbeiten durchgeführt:

- Weiterbetrieb benötigter Systeme (z. B. Betrieb der Abwasseraufbereitung)
- Anpassen von Systemen und deren Betriebsweise
- Durchführung der Stillsetzung von Systemen und Anlagenteilen
- Durchführung von Demontagen
- Errichten und Betrieb neuer Systeme zur Unterstützung des Abbaus (z. B. Konditionierungsanlagen, Dekontaminationseinrichtungen)
- Schaffen einer geeigneten Infrastruktur
- Nutzungsänderungen von Raumbereichen
- Einrichten und Betrieb von Reststoffbearbeitungseinrichtungen (z. B. Zerlegeplätze, Dekontaminationsplätze)
- Erfassung, Sammlung und Behandlung/Konditionierung der anfallenden Reststoffe und Abfälle
- Freigabe gemäß §§ 31 – 42 StrlSchV /7/
- Herausbringen von beweglichen Gegenständen aus dem Kontrollbereich zur Wiederverwendung oder Reparatur gemäß § 58 StrlSchV /7/
- Herausgabe von nicht radioaktiven Stoffen, die aus dem genehmigungspflichtigen Umgang stammen, bei denen eine Kontamination oder Aktivierung aufgrund der Betriebshistorie und Nutzung ausgeschlossen ist /4/
- Abgabe von radioaktiven Stoffen an andere Genehmigungsinhaber gemäß § 94 StrlSchV /7/.

Die Systeme und Anlagenteile zum Einschluss radioaktiver Stoffe (Aktivitätsrückhaltung) während des Leistungsbetriebs stehen auch während des Abbaus zur Verfügung. Ggf. werden sie durch an den Abbau angepasste festinstallierte oder mobile Systeme ersetzt. Diese sind im Wesentlichen die Lüftungsanlagen, das Abwassersammelsystem, die Abwasseraufbereitung und die baulichen

Barrieren. Mit diesen Systemen und Anlagenteilen wird sichergestellt, dass die beantragten Grenzwerte für die Ableitung radioaktiver Stoffe eingehalten werden.

### **1.3      Abbau von Anlagenteilen in der Abbauphase 1**

Der beantragte nukleare Abbau findet weitgehend innerhalb der Kontrollbereichsgebäude statt. Die während des nuklearen Abbaus anfallenden Massen stellen nur einen kleinen Massenanteil an der Gesamtanlage KBR dar. Der überwiegende Teil der abzubauenen Massen des KBR fällt im Rahmen des konventionellen Gebäudeabrisses an, der nicht zum hier beantragten Genehmigungsumfang gehört.

Solange der Abtransport der bestrahlten Brennelemente und Sonderbrennstäbe nicht abgeschlossen ist, erfolgt der Abbau und Transport von Anlagenteilen rückwirkungsfrei auf die eingelagerten Brennelemente und Sonderbrennstäbe, so dass die Einhaltung aller Schutzziele gewährleistet ist.

Die Abbauphase 1 umfasst im Wesentlichen:

- den Abbau, die Zerlegung und die Verpackung der Reaktordruckbehältereinbauten
- die Zerlegung und die Verpackung des Reaktordruckbehälterdeckels
- den Abbau und die Verpackung der Dampferzeuger, des Druckhalters mit Abblasebehälter, der Hauptkühlmittelleitungen, der Hauptkühlmittelpumpen, des Rekuperativ-Wärmetauschers und der HD-Kühler
- die Zerlegung und Verpackung von Rohrleitungen und Komponenten, wie z. B. Speisewasserleitungen, Frischdampfleitungen, Kühlwasserleitungen und Druckspeicher
- den Abbau von weiteren radioaktiv kontaminierten/aktivierten Anlagenteilen im Kontrollbereich
- den Abbau von Anlagenteilen außerhalb des Kontrollbereichs, die der atomrechtlichen Überwachung unterliegen
- den Abbau von kontaminierten/aktivierten Betonstrukturen und deren Entsorgung sowie ggf. den Einbau statischer Ersatzmaßnahmen
- die Dekontamination von kontaminierten Betonstrukturen und Gebäudeteilen.

## **1.4      Abbau von Anlagenteilen in der Abbauphase 2**

Die Abbauphase 2 überlappt zeitlich mit Abbauphase 1. Sie umfasst:

- den Abbau des Reaktordruckbehälters (RDB)
- den Abbau des Biologischen Schildes.

Während der Abbauphase 2 werden weiterhin die erforderlichen Maßnahmen in Vorbereitung des Nachweises zur Freigabefähigkeit der Gebäude und des Geländes durchgeführt.

In der Abbauphase 2 befinden sich keine BE und SBS mehr in der Anlage und die 2. Abbaugenehmigung liegt vor.

## **1.5      Maßnahmen nach der Entlassung aus der atomrechtlichen Überwachung**

Nach der Entlassung des KBR aus der atomrechtlichen Überwachung sind noch Gebäude und andere bauliche Strukturen verblieben. Diese können im Rahmen der Regelungen des Baurechts abgebrochen und das Betriebsgelände einer weiteren Bestimmung übergeben werden. Gleichfalls ist es möglich, die verbliebenen Gebäude und Strukturen einer neuen Nutzung zuzuführen.

Maßnahmen nach Entlassung aus der atomrechtlichen Überwachung sind nicht mehr Gegenstand von Genehmigungen nach § 7 Abs. 3 AtG /1/.

## **1.6      Errichtung und Betrieb eines Reststoffbehandlungszentrums (RBZ)**

Für die während der Stilllegung und des Abbaus des KBR anfallenden Reststoffe und Abfälle wird ein Reststoffbehandlungszentrum (RBZ) eingerichtet. Das RBZ verteilt sich im Wesentlichen auf Raumbereiche im Reaktorgebäude-Ringraum, im Reaktorhilfsanlagegebäude und im Aufbereitungsgebäude.

Bei allen Nutzungsänderungen und sonstigen Veränderungen von Raumbereichen werden die Belange des Strahlenschutzes, der Arbeitssicherheit, des Brand- und Umweltschutzes sowie der Baustatik berücksichtigt.

## **1.7 Vorhandene und geplante Anlagen am Standort KBR**

Neben der nach § 7 Abs. 1 AtG /1/ genehmigten Anlage sind am Standort KBR noch weitere kerntechnische Anlagen mit separaten Genehmigungen nach AtG /1/ bzw. StrlSchG /5/ vorhanden bzw. in Planung. Diese im Folgenden beschriebenen Anlagen sind nicht Gegenstand von Genehmigungen nach § 7 Abs. 3 AtG /1/.

### **1.7.1 Standortzwischenlager**

Auf dem Betriebsgelände des KBR nordwestlich des Reaktorgebäudes befindet sich das nach § 6 AtG /1/ genehmigte Standortzwischenlager für abgebrannte Brennelemente Brokdorf. Das Gelände des Standortzwischenlagers ist von einem Zaun umgeben. In diesem Gebäude werden alle abgebrannten Brennelemente (BE) und Sonderbrennstäbe (SBS) des Kraftwerks in Transport- und Lagerbehältern bis zur Empfangsbereitschaft eines Endlagers des Bundes für hochradioaktive Abfälle zwischengelagert.

Mit Wirkung zum 01.01.2019 ist das Standortzwischenlager in das Eigentum und den Verantwortungsbereich der BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH übergegangen.

### **1.7.2 Transportbereitstellungshalle (TBH-KBR)**

Im Nordwesten des Betriebsgeländes KBR plant PEL die Errichtung einer Transportbereitstellungshalle (TBH-KBR) für radioaktive Abfälle und Reststoffe. Die TBH-KBR ist nach § 7 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV, in der bis 31.12.2018 geltenden Fassung; neu: § 12 StrlSchG /5/) zum Umgang mit radioaktiven Stoffen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung beantragt. Die einzulagernden radioaktiven Stoffe befinden sich in verschlossenen Verpackungen. Das Gelände der TBH-KBR wird mit einem Zaun umgeben sein.

## 1.8 Strahlenexposition in der Umgebung

Für die Stilllegung und den Abbau des KBR wurde die maximale Strahlenexposition an den ungünstigsten Einwirkstellen in der Umgebung ermittelt. Diese berücksichtigt Einzelbeiträge aus:

- beantragten Ableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft,
- genehmigten Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser und
- Direktstrahlung aus dem genehmigten bzw. beantragten Umgang mit radioaktiven Stoffen.

Des Weiteren wird die radiologische Vorbelastung des Standortes (Leistungsbetrieb des KBR, Direktstrahlung und Ableitungen aus Anlagen oder Einrichtungen, die einer Genehmigung nach §§ 6, 7, 9 oder 9b AtG /1/ oder eines Planfeststellungsbeschlusses nach § 9b AtG /1/ bedürfen bzw. aus Anlagen oder Einrichtungen nach § 102 Absatz 2 StrlSchV /7/, die keiner Genehmigung nach §§ 6, 7, 9 oder 9b AtG /1/ und keines Planfeststellungsbeschlusses nach § 9b AtG /1/ bedürfen und deren Betreiber zur Einhaltung der in Anlage 11 Teil D StrlSchV /7/ genannten zulässigen Aktivitätskonzentrationen verpflichtet sind, in der Umgebung des KBR) berücksichtigt.

Die Berechnung der potenziellen Strahlenexposition durch Ableitungen wurde gemäß der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (AVV) zu § 47 der Strahlenschutzverordnung (in der bis zum 31.12.2018 geltenden Fassung) /9/ durchgeführt, wie es nach der Übergangsvorschrift § 193 StrlSchV /7/ vorgesehen ist. Nach dieser Übergangsvorschrift ist § 99 Abs. 1 StrlSchV /7/ nicht auf das vorliegende Genehmigungsverfahren anzuwenden. Es gelten vielmehr für Ableitungen mit der Fortluft und dem Abwasser die Grenzwerte des § 47 der bis zum 31.12.2018 geltenden Fassung der Strahlenschutzverordnung fort. Allerdings betragen die Grenzwerte für die effektive Dosis aus Ableitungen sowohl nach § 47 StrlSchV (in der bis zum 31.12.2018 geltenden Fassung) als auch nach § 99 Abs. 1 StrlSchV /7/ jeweils 0,3 mSv im Kalenderjahr.

### **Strahlenexposition durch Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft**

Aufgaben der Lüftungsanlage des KBR sind im Wesentlichen, den Kontrollbereich mit Frischluft zu versorgen, den Kontrollbereich gegenüber der Umgebung unter Unterdruck zu halten und die Fortluft über den Fortluftkamin kontrolliert an die Umgebung abzuleiten.

Insgesamt wurde für den Fortluftpfad nachgewiesen, dass im Rahmen von Stilllegung und Abbau des KBR für die effektive Dosis und für alle Altersgruppen der Grenzwert von 0,3 mSv im Kalenderjahr deutlich unterschritten wird.

Bei Ausschöpfung der beantragten Werte für Ableitungen mit der Fortluft wurde für KBR eine effektive Dosis von 0,0108 mSv im Kalenderjahr für die am höchsten belastete Altersgruppe der Kleinkinder (1 – 2 Jahre; entspricht ca. 3,6 % des Grenzwertes von 0,3 mSv im Kalenderjahr) berechnet.

Radiologische Vorbelastungen durch die kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen an den Standorten Brunsbüttel, Stade, Krümmel und Geesthacht liegen aufgrund der Abstände zum Standort KBR nicht vor.

Für den Umgang mit radioaktiven Stoffen in der geplanten TBH-KBR kann gemäß § 102 StrlSchV /7/ davon ausgegangen werden, dass die durch Ableitungen im bestimmungsgemäßen Betrieb hervorgerufene effektive Dosis im Bereich von 10 µSv/a liegt.

Das vorhandene Standortzwischenlager für abgebrannte Brennelemente wird nicht betrachtet, da von diesem keine Emissionen über den Luftpfad erfolgen.

### **Strahlenexposition durch Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser**

Die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser erfolgt zu Beginn der Stilllegung und des Abbaus noch über das Kühlwasserrückgabebauwerk gemäß der gültigen Wasserrechtlichen Erlaubnis des staatlichen Umweltamtes Itzehoe /8/ (jetzt Untere Wasserbehörde des Landkreises Steinburg), die vorerst unverändert bleibt. Es ist geplant, abbaubegleitend spätestens nach Entfernen der BE und SBS aus der Anlage eine neue Abgabelleitung zu verlegen. Diese Abgabelleitung wird voraussichtlich im Kühlwasserzulaufkanal verlegt und endet am Kühlwasserentnahmebauwerk, wo sich der Einleitpunkt befinden wird.

Insgesamt wurde für den Abwasserpfad nachgewiesen, dass im Rahmen von Stilllegung und Abbau des KBR für beide Varianten (Abwasserabgabe über das Kühlwasserrückgabebauwerk oder über eine neue Abgabelleitung) für die effektive Dosis und für alle Altersgruppen der Grenzwert von 0,3 mSv im Kalenderjahr deutlich unterschritten wird.

Für den Nahbereich des Standorts KBR (Bereich der Einleitstelle der KBR-Abwässer in die Elbe) ergibt sich abdeckend für beide Varianten rechnerisch infolge genehmigter radioaktiver Ableitungen ohne Einbeziehung der Vorbelastungen die maximale effektive Dosis von 0,088 mSv im Kalenderjahr für die am höchsten belastete Altersgruppe der Säuglinge (< 1 Jahr, entspricht ca. 29,2 % des Grenzwertes von 0,3 mSv im Kalenderjahr). Im Fernbereich des Standortes KBR (Bereich vollständiger Durchmischung der vom KBR eingeleiteten Abwässer) ergibt sich rechnerisch eine maximale effektive Jahresdosis von ca. 0,017 mSv (entspricht ca. 5,6 % des Grenzwertes), ebenfalls für Säuglinge (< 1 Jahr).

Unter Einbeziehung der Vorbelastung der Elbe durch andere Einleiter (siehe Kapitel 2.10) ergibt sich rechnerisch die höchste potenzielle Ausschöpfung der Dosisgrenzwerte bei Säuglingen (< 1 Jahr) mit einer effektiven Dosis von maximal 0,160 mSv im Kalenderjahr, wobei damit unter den getroffenen – insgesamt konservativen – Annahmen 53,3 % des Grenzwertes von 0,3 mSv erreicht werden.

Für das Standortzwischenlager für abgebrannte Brennelemente ist im bestimmungsgemäßen Betrieb keine Ableitung mit dem Abwasser vorgesehen, so dass für den Wasserpfad keine Strahlenexposition resultiert. Gleiches gilt für die geplante Transportbereitstellungshalle (TBH-KBR), die Landessammelstelle Geesthacht, die Standortzwischenlager Brunsbüttel und Krümmel und die Lager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle und Reststoffe an den Standorten Brunsbüttel, Krümmel, Stade, Geesthacht.

### **Strahlenexposition durch Direktstrahlung**

Die von Systemen, Anlagenteilen, Reststoffen oder radioaktiven Abfällen innerhalb der Gebäude des KBR ausgehende Direktstrahlung wird durch die Gebäudestrukturen wirkungsvoll abgeschirmt.

Im Laufe der Stilllegung und des Abbaus können radioaktive Reststoffe oder Abfälle auf entsprechend ausgewiesenen Flächen im Überwachungsbereich innerhalb und außerhalb von Gebäuden, wie z. B. zum An- und Abtransport, abgestellt werden. Von diesen Stoffen ausgehende Direktstrahlung wird durch Strahlenschutzmaßnahmen so begrenzt, dass unter Einbeziehung der oben geschilderten Beiträge aus Ableitungen der Dosisgrenzwert von 1 mSv im Kalenderjahr des § 80 StrlSchG /5/ sicher eingehalten bzw. deutlich unterschritten wird. Die Überwachung der Einhaltung erfolgt über das in Kapitel 7.5.4 beschriebene Programm zur Umgebungsüberwachung.

Die Betrachtungen zur Direktstrahlung gelten für alle in diesem Sicherheitsbericht dargestellten Abbauprodukten während der Stilllegung und des Abbaus des KBR.

## **1.9 Ereignisanalyse**

Der Nachweis, dass die Stilllegung und der Abbau des KBR bei Ereignissen ohne unzulässige Auswirkungen auf die Umgebung in Form von erhöhten Strahlenexpositionen durchgeführt werden können, wurde unter anderem mit einer Ereignisanalyse (siehe Kapitel 9) erbracht. Da sich zu Beginn des Restbetriebes noch bestrahlte Brennelemente auf der Anlage befinden werden, wurden auch Ereignisse aufgrund der Lagerung und Handhabung bestrahlter Brennelemente im BE-Lagerbecken betrachtet.

Das bezüglich radiologischer Auswirkungen abdeckende Ereignis für Stilllegung und Abbau des KBR ist der Absturz eines mit radioaktiven Stoffen befüllten 20'-Containers auf einer Pufferlagerfläche auf dem Kraftwerksgelände. Unter konservativen Annahmen (Fallhöhe bis zu 25 m, Container mit einem Aktivitätsinventar von  $3 \text{ E}+11 \text{ Bq}$  befüllt) ergäbe sich eine maximale potenzielle effektive Dosis von 3,4 mSv für die am höchsten belastete Altersgruppe der Säuglinge ( $< 1 \text{ Jahr}$ ), was einer Ausschöpfung von ca. 6,8 % des Grenzwerts von 50 mSv (Störfallplanungswert gemäß § 104 StrlSchV /7/ in Verbindung mit § 194 StrlSchV /7/) entspricht.



## 2. STANDORT

### 2.1 Geografische Lage

Das Kernkraftwerk Brokdorf (KBR) liegt unmittelbar am östlichen (rechten) Ufer der Elbe bei Stromkilometer 682,5 im Gebiet der Gemeinde Brokdorf (Wilstermarsch), zugehörig zum Kreis Steinburg (Kreisstadt Itzehoe) im Land Schleswig-Holstein.

Das Betriebsgelände liegt im ebenen Gelände der Wilstermarsch. Die natürliche Geländehöhe liegt im Mittel bei +0,5 m NN. Vor Baubeginn wurde das Baugelände mit Sand auf etwa +1,5 m NN aufgehöhht.

Südwestlich des Betriebsgeländes verläuft entlang der Elbe unmittelbar am Ufer ein Deich als wasserbauliche Schutzanlage. Die Entfernung vom Reaktorgebäude zur Fahrrinnenmitte der Elbe beträgt ca. 1.500 m und zum Deich ca. 250 m. Nördlich vom Standort nahe dem Elbufer verläuft die Bundesstraße 431.

Der Standort des KBR ist auf dem Kartenausschnitt in Abbildung 2-1 gekennzeichnet.

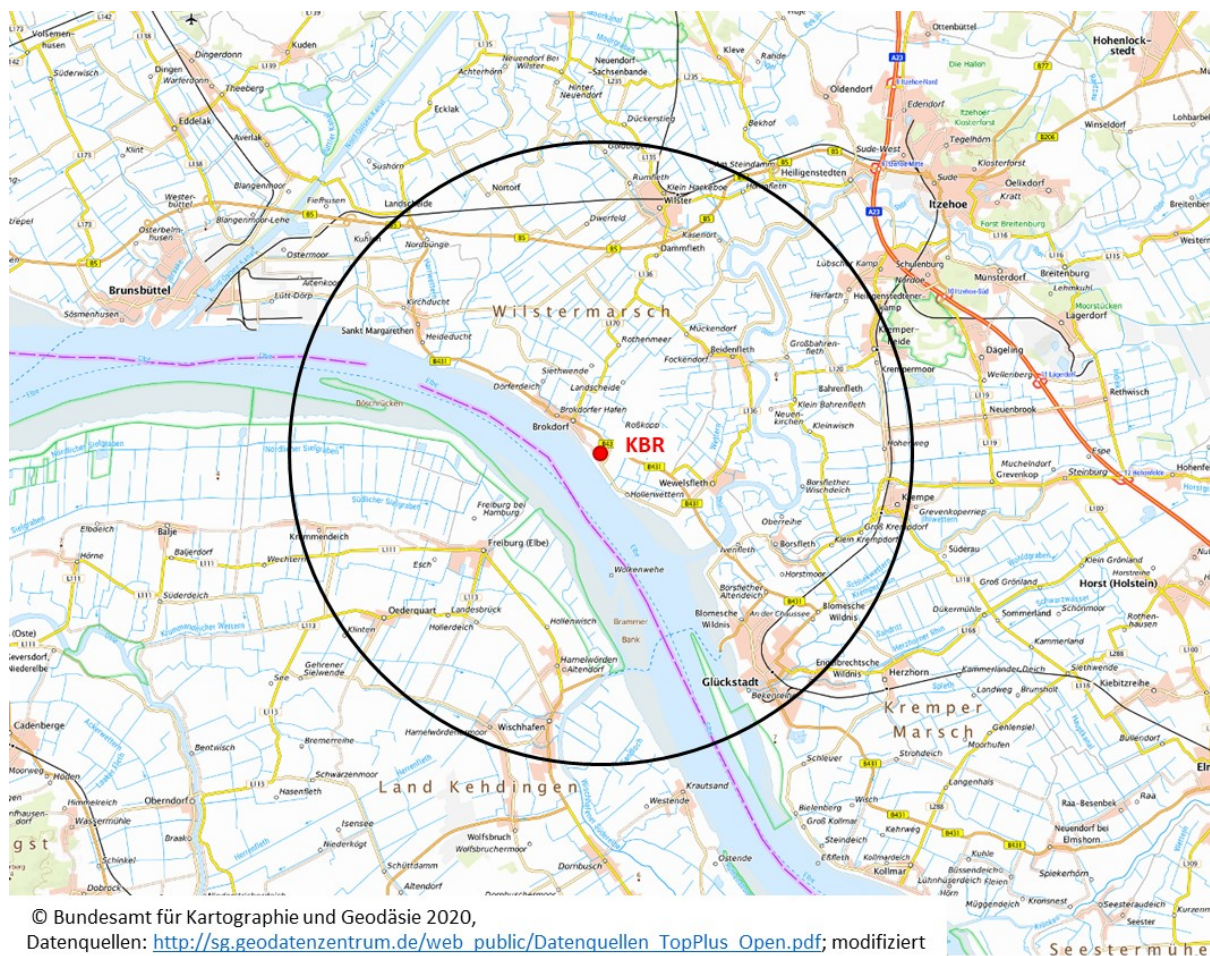


Abbildung 2-1: Lageplan des Standorts Brokdorf mit 10 km-Umkreis (ohne Maßstab)

Die nächstgelegenen Höhen des Geestrandes befinden sich nordöstlich des Betriebsgeländes ca. 10 km entfernt bei Kremperheide.

Die dem Betriebsgelände am nächsten liegenden Wohnnutzungen sind Einzelhäuser und Gehöfte in nördlicher Richtung (ca. 40 m zum Massivzaun des Betriebsgeländes), in westlicher Richtung (ca. 70 m zum Massivzaun des Betriebsgeländes) und in südöstlicher Richtung (ca. 90 m zum Massivzaun des Betriebsgeländes). Im Westen grenzt die Fläche der Kläranlage Brokdorf unmittelbar an den Wassergraben an. Der Ort Brokdorf liegt etwa 1,5 km, Wewelsfleth etwa 3,8 km vom Massivzaun des Betriebsgeländes entfernt.

Die Gesamtgrundstücksfläche des Standorts (ohne Standortzwischenlager) beträgt ca. 568.400 m<sup>2</sup>. Eigentümer dieses Grundstücks ist die PreussenElektra GmbH. Das Kraftwerk einschließlich der zugehörigen Nebenanlagen besteht aus einem Druckwasserreaktor mit einer Generatornennleistung von 1.410 MW<sub>el</sub> (netto). Die erzeugte elektrische Energie wurde im Leistungsbetrieb über die Freiluftschaltanlage in das öffentliche Versorgungsnetz eingespeist. Die Lage des Standorts KBR mit seiner Umgebung ist schematisch in Abbildung 2-2 dargestellt.



Abbildung 2-2: Übersichtskarte des Kernkraftwerks Brokdorf mit Umgebung

Informationen zu den Biotoptypen, Natura 2000-Gebieten im Umfeld des Vorhabens, Naturschutzgebieten und sonstigen naturschutzfachlich hochwertigen Bereichen finden sich im UVP-Bericht, Kapitel 8.3.1 – 8.3.5 /10/.

## 2.2 Besiedelung

In Tabelle 2-1 sind die Einwohnerzahlen der Städte und Gemeinden, die im 10-km-Umkreis um den Standort KBR liegen, angegeben. Die durchschnittliche Bevölkerungsdichte im 10-km-Umkreis um KBR liegt bei ca. 210 Einwohnern je km<sup>2</sup> und damit unter dem bundesdeutschen Durchschnitt von 237 Einwohnern je km<sup>2</sup> (Stand: 31.12.2018).

Tabelle 2-1: Verzeichnis aller Gemeinden, die sich im 10-km-Umkreis befinden

<b>Gemeinde</b>	<b>Richtung</b>	<b>Entfernung in km</b>	<b>Einwohner (EW)</b>	<b>Bevölkerungsdichte in EW/km<sup>2</sup> *)</b>
Brokdorf	NW	1,5	974	49
Nortorf	N	7	861	43
Dammfleth	NNO	6,4	281	17
Wilster	NNO	8	4.308	1.590
Landrecht	NNO	8,9	110	27
Beidenfleth	NO	5,2	842	62
Heiligenstedtenerkamp	NO	9,5	735	865
Hodorf	NO	8,8	197	26
Wewelsfleth	O	3,8	1.305	53
Bahrenfleth	O	7	554	38
Krempe	O	9,6	2.362	697
Blomesche Wildnis	SO	7,1	648	94
Borsfleth	SO	6,1	717	47
Krempdorf	SO	8,3	227	40
Glückstadt	SSO	8,7	11.069	486
Wischhafen	SSW	8,5	2.976	88
Freiburg (Elbe)	SW	5	1.881	55
Oederquart	SW	8,5	1.029	28
Krummendeich	W	8,5	474	16
Büttel	NW	9,3	42	4
Sankt Margarethen	NW	7,6	820	62

\*) Die Bevölkerungsdichte bezieht sich auf die Fläche des jeweiligen Ortes.

Die nächstgelegene Großstadt mit mehr als 100.000 Einwohnern ist Hamburg mit 1,83 Mio. Einwohnern in ca. 50 km Entfernung in Richtung Südosten.

## **2.3 Boden- und Wassernutzung**

Die Flächen der Gemeinden im 10-km-Bereich werden überwiegend landwirtschaftlich genutzt. So entfallen durchschnittlich ca. 70 % der Gemeindeflächen auf Landwirtschaftsflächen und nur ca. 1 % auf Waldflächen. Von der landwirtschaftlich genutzten Fläche entfallen im Mittel ca. 85 % auf Ackerland.

Auf der Elbe wird nur noch in geringem Umfang berufsmäßige Fischerei betrieben.

Die Gewässer innerhalb des Betrachtungsraums haben eine untergeordnete Bedeutung für die Haupt- und Nebenerwerbsfischerei.

## **2.4 Gewerbe- und Industriebetriebe, militärische Anlagen**

Im 5-km-Bereich um den Standort befinden sich kleinere Gewerbebetriebe wie Gastgewerbe, Dienstleistungsgewerbe, Handwerk und Bau, Einzelhandel, Landwirtschaft etc. Betriebe, die toxische und explosive Stoffe verarbeiten, sind im 5-km-Bereich nicht vorhanden.

Größere Industriebetriebe sind im 10-km-Umkreis in Glückstadt vorhanden. Die größten Firmen sind:

- Steinbeis Papier GmbH,
- Wilckens Farben GmbH.

Im Umkreis von 10 km sind folgende Hochdruck-Gasfernleitungen vorhanden:

- Nördlich in ca. 4 km Entfernung die Leitung Kl. Offenseth-Brunsbüttel DN 400/70 bar, (DN = Nenndurchmesser)
- eine Abzweigung dieser Leitung zur Gemeinde Brokdorf DN 100/70 bar.

Es ist geplant, in ca. 10 km vom Standort KBR ein LNG-Terminal zu errichten.

Im 10 km-Umkreis vom Kernkraftwerk Brokdorf gibt es keine militärischen Anlagen.



## 2.5 Verkehrswege

Abbildung 2-3 gibt einen Überblick über die Verkehrswege um das Kernkraftwerk Brokdorf.

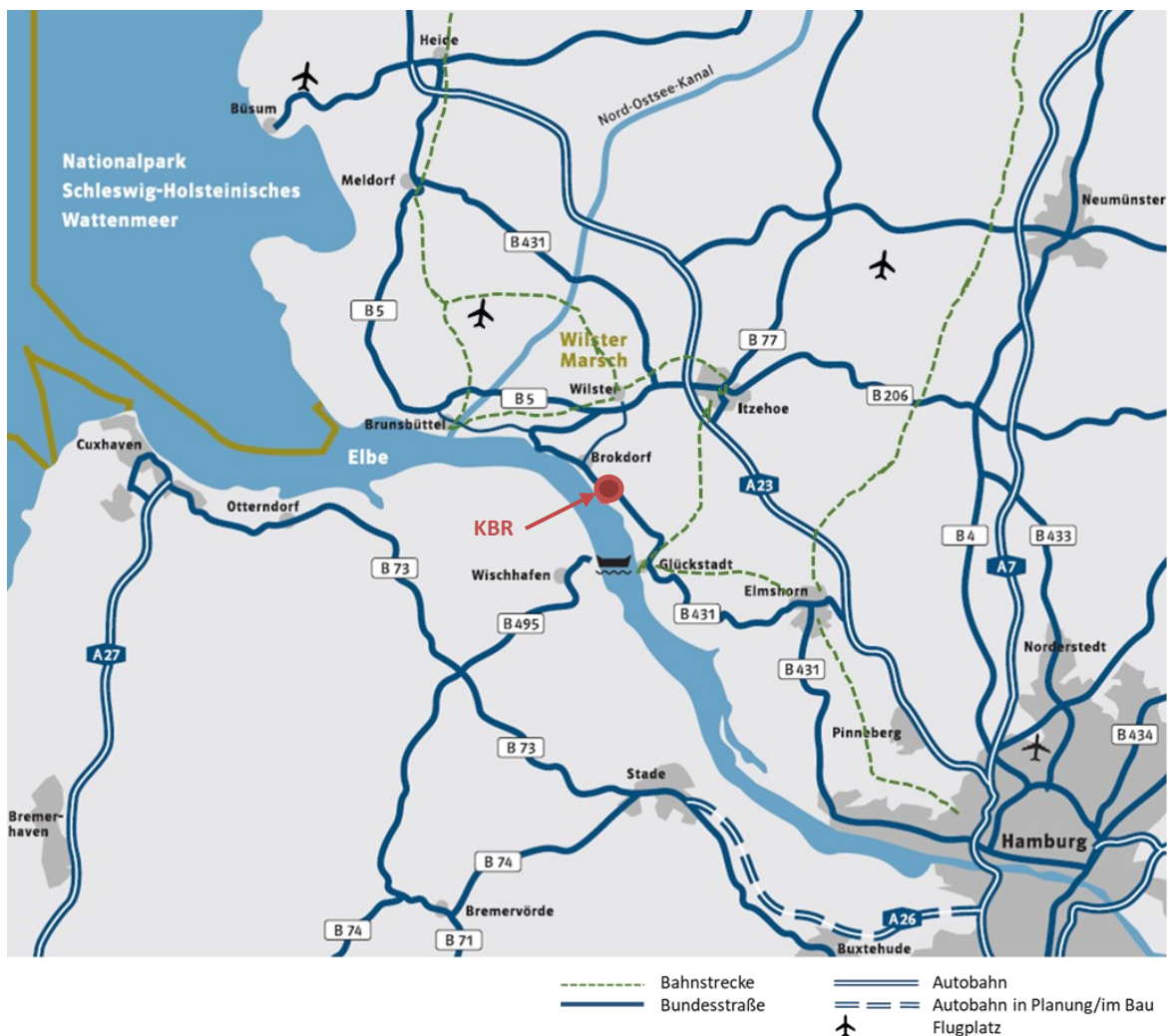


Abbildung 2-3: Überblick der Verkehrswege in der Nähe des Standorts KBR (ohne Maßstab)

### 2.5.1 Straßen

Nordöstlich am Standort verläuft die Bundesstraße 431 von Brunsbüttel über Brokdorf, Wewelsfleth nach Glückstadt. Südlich vom Standort gibt es die Kreisstraße 41, die direkt am Elbdeich von Brokdorf nach Wewelsfleth führt. Von dieser Straße gibt es am Standortgelände eine direkte Verbindung zur B 431, über die auch die Anbindung des Standortes an das Bundesstraßennetz erfolgt.

Im Abstand von 4 km in nördlicher Richtung führt die Bundesstraße 5 von Itzehoe über Wilster nach Brunsbüttel.

### **2.5.2 Eisenbahn**

Der Standort KBR besitzt keinen Gleisanschluss. Im Norden verläuft in 7 km Entfernung die Bahnstrecke Brunsbüttel, Wilster, Itzehoe. 10 km östlich vom Standort führt die Bahnlinie Glückstadt - Itzehoe vorbei.

### **2.5.3 Wasserstraßen**

Der Standort KBR erstreckt sich zwischen Stromkilometer 682 und 683 der Elbe. Die Entfernung vom KBR zur Fahrwassermitte beträgt ca. 1.500 m. Die Fahrrinne für die Großschifffahrt auf der Elbe hat eine Sohlenbreite von ca. 400 m und das Fahrwasser ist zur Zeit auf ca. -16 m NN ausgebaut. Eine weitere Vertiefung auf ca. -17,3 m NN ist vorgesehen.

Folgende Industriehäfen liegen im Umkreis:

- Hamburger Hafen ca. 53 km elbaufwärts,
- Stade-Bützfleth ca. 28 km elbaufwärts
- Glückstadt ca. 9 km elbaufwärts,
- Brunsbüttel ca. 13 km elbabwärts.

### **2.5.4 Flugplätze und Luftstraßen**

Der Standort liegt weder in einer Kontrollzone noch im Nahverkehrsbereich eines größeren zivilen oder militärischen Flughafens und somit nicht in einem Gebiet hoher Luftverkehrsdichte.

Der Standort Brokdorf ist als Flugbeschränkungsgebiet ausgewiesen, das nur nach Anmeldung und Freigabe durch die Deutsche Flugsicherung GmbH durchflogen werden darf. Für den Luftraum über dem Standort besteht für den Flugbetrieb ein eingeschränktes Überflugverbot.

Die Entfernung zum nächstgelegenen internationalen Zivilflughafen Hamburg-Fuhlsbüttel (in Richtung Südosten) beträgt ca. 47 km. In Richtung Nordosten liegt bei Itzehoe in ca. 21 km Entfernung vom Standort der Regionalflugplatz „Itzehoe/Hungriger Wolf“ und nordwestlich in 17 km Abstand bei St. Michaelisdonn ein Sport- und Segelflugplatz sowie in 45 km Abstand bei Büsum der Flugplatz „Heide-Büsum“.

Der Standort des KBR liegt am Rande einer militärischen Nachttiefflugstrecke.

## 2.6 Meteorologische Verhältnisse

Über die meteorologische Instrumentierung im Kernkraftwerk Brokdorf stehen langjährige Wetterdaten in hoher Auflösung zur Verfügung.

Im Folgenden sind die Ergebnisse der statistischen Auswertung der Wetterdaten des Zeitraums 01.01.2013 bis 31.12.2017 zusammenfassend dargestellt.

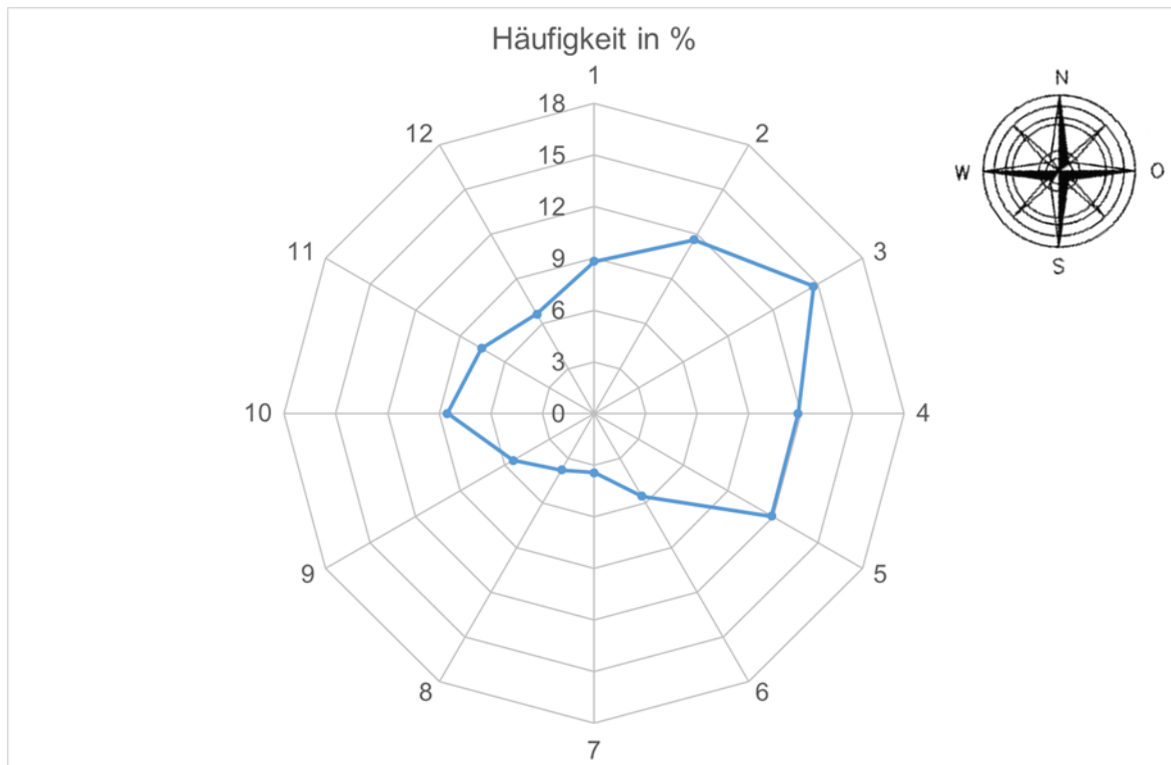


Abbildung 2-4: Häufigkeit für Wind, der in Richtung der Sektoren weht, für das Gesamtjahr

In Abbildung 2-4 ist die Windrichtungshäufigkeit für das Gesamtjahr, gemessen in 100 m Höhe, dargestellt, die ein ausgeprägtes Maximum für Winde aus südwestlicher Richtung zeigt. Je ein Nebenmaximum stellen Winde aus westlicher und südsüdwestlicher Richtung dar.

Der Jahresdurchschnitt der Windgeschwindigkeit (in 100 m Höhe) in den Jahren 2013 bis 2017 liegt bei etwa 6,8 m/s (entspricht etwa Beaufort 4). Die maximale Windgeschwindigkeit in diesem Zeitraum lag bei etwa 30 m/s (Beaufort 11) in 100 m Höhe.



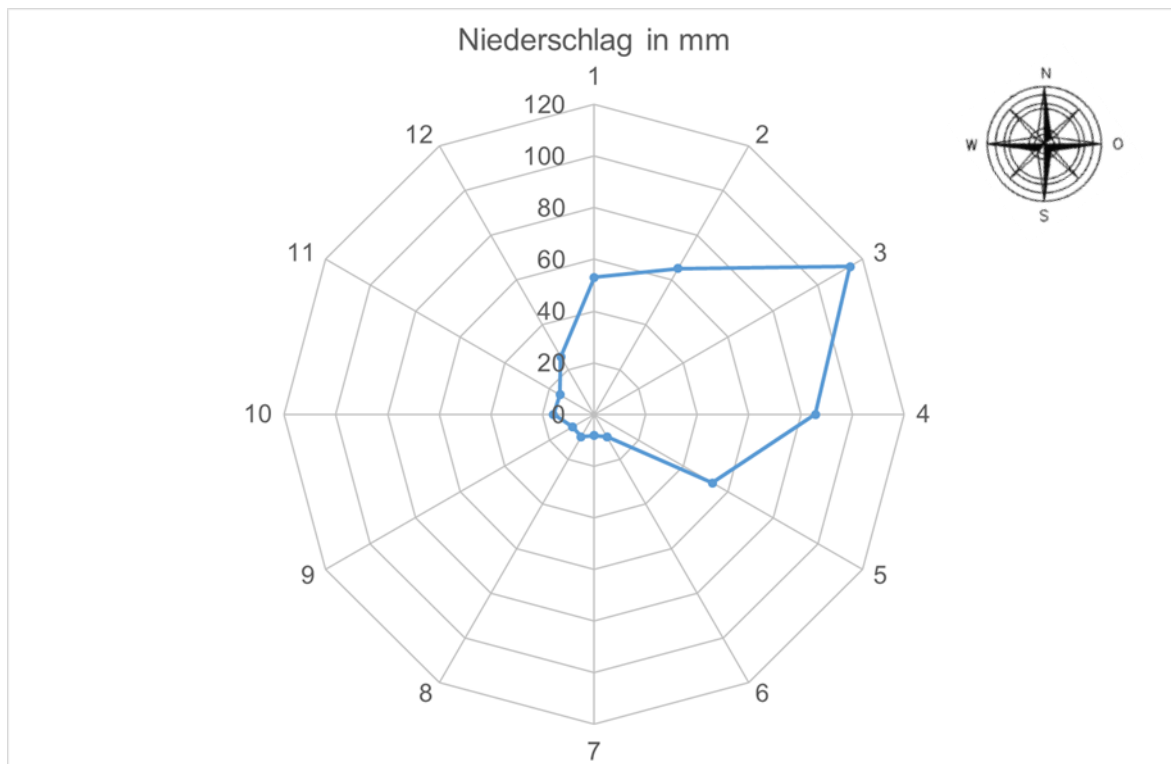


Abbildung 2-5: Niederschlag bei Wind in Richtung der Sektoren für das Gesamtjahr (365 Tage)

Abbildung 2-5 zeigt den Niederschlag, der bei Wind in die Sektoren fällt. Der Niederschlag fällt hier am häufigsten bei Winden, die nach Nordosten in Sektor 3 wehen.

Eine Auswertung umliegender Wetterstationen ergab ein Temperatur-Maximum von ca. 37 °C und ein Temperatur-Minimum von ca. -31 °C im Laufe eines 40-jährigen Zeitraumes am Standort.

Inversionswetterlagen, bei denen warme Luftschichten über kalten Luftschichten zu liegen kommen, sind am Standort äußerst selten.

## 2.7 Geologische Verhältnisse

Die Baugrundverhältnisse am Standort Brokdorf wurden durch ca. 60 Baugrundaufschlussbohrungen und ca. 30 Spitzendrucksondierungen vor Baubeginn erfasst. Aus den Untersuchungsergebnissen ließ sich erkennen, dass vom natürlichen Gelände, das auf etwa +0,5 m NN liegt bis in Tiefen von -11,10 m NN und im Extremfall bis -20,00 m NN ein Schichtenpaket aus Klei und Torf mit eingelagerten Sandschichten ansteht. Unterhalb dieser holozänen Schichten folgen bis zur Endteufe der Aufschlussbohrungen pleistozäne Sande. Die tiefste Bohrung reichte bis ca. 50 m unter Geländeoberfläche.

Das gesamte Gelände wurde während der Errichtung des Kraftwerks mit Sand auf ca. +1,5 m NN aufgehöhht.

## **2.8 Hydrologische Verhältnisse**

### **2.8.1 Oberflächengewässer**

Der Standort liegt im Tidebereich der Elbe zwischen Stromkilometer 682 und 683. Die Elbe ist dort ca. 2,2 km breit und das Fahrwasser ist zur Zeit auf ca. -16 m NN ausgebaut. Eine weitere Vertiefung auf ca. -17,3 m NN ist vorgesehen.

An der Tidegrenze am Wehr Geesthacht fließen im langjährigen Mittel etwa 700 m<sup>3</sup>/s als Oberwasserabfluss in die Unterelbe.

Der amtliche Bemessungswasserstand der Elbe für den Deich im Bereich Brokdorf beträgt +6,00 m NN.

### **2.8.2 Hochwasser**

Der Hochwasserschutz des Standortes ist mit einer Ausbauhöhe des Deiches auf +8,40 m NN sichergestellt. In einem Abschnitt von 800 m am Standort KBR ist der Deich besonders wehrhaft ausgeführt. In Tabelle 2-2 sind die Wasserstände der Elbe und daraus resultierende Hochwasserstände auf dem Betriebsgelände infolge unterstelltem Deichbruch angegeben.

Tabelle 2-2: Wasserstände der Elbe und Wasserstand auf dem Betriebsgelände

	<b>Wasserstand Elbe bei KBR</b>	<b>Wasserstand auf dem Betriebsgelände infolge unterstelltem Deichbruch (HW-freie Gebäudekote: 4,30 m NN)</b>
<b>Sturmflutwasserstand [m NN]</b>		
- Sturmflut 1962	5,33	
- Sturmflut 1976	5,67	
<b>Bemessungshochwasser [m NN]</b>	6,17	1,80
<b>Thw (10<sup>-3</sup>/a) [m NN]</b>	6,33	1,97
<b>Thw (10<sup>-4</sup>/a) [m NN]</b>	7,16	2,85 <sup>*)</sup>

<sup>\*)</sup> Der Wasserstand auf dem Betriebsgelände bei einem 10.000-jährlichen Hochwasser (d. h. ein Hochwasser, das statistisch alle 10.000 Jahre einmal auftreten kann) infolge plötzlichem Deichbruch läge bei 2,85 m NN; infolge fortschreitendem Deichbruch läge der Wasserstand bei +2,24 m NN. Zusätzlich könnte ein Wellenaufschlag durch Wind von max. 0,5 m entstehen.

### 2.8.3 Grundwasser

Am Standort liegt die Grundwasseroberfläche unterhalb der Weichschichten aus Klei und Torf bei ca. – 14,5 m NN. Der Grundwasserspiegel ist jedoch gespannt, so dass sich die Grundwasserdruckfläche bei ca. -0,5 m bis +0,5 m befindet und mit dem Wasserstand der Elbe schwankt und auch geringfügig vom Einsatz der Schöpfwerke beeinflusst wird.

Das brackige Grundwasser wird nicht für Trink- und Brauchwasserzwecke benutzt.

### 2.8.4 Trinkwassergewinnung

Die Trinkwasserversorgung wird vom Wasserbeschaffungsverband „Unteres Störgebiet“ in Wilster sichergestellt.

Die Wasserwerke zur Trinkwassergewinnung befinden sich in Wacken, Kleve und Nordoe.

### 2.8.5 Kühlwasseranalysen

Es erfolgt eine kontinuierliche Überwachung der Gesamt-Gammaaktivitäts-Konzentration des aus der Elbe entnommenen Kühlwassers sowie des wiedereingeleiteten Kühlwasser-/Abwassergemisches gemäß KTA 1504 /11/.

Im Rahmen der Wasserrechtlichen Erlaubnis erfolgt die Überwachung der Menge des Kühlwassers. Des Weiteren wird die Temperatur des entnommenen Elbwassers sowie des eingeleiteten Kühlwasser-/Abwassergemisches kontinuierlich gemessen.

## 2.9 Seismische Verhältnisse

Der Standort KBR liegt in der Norddeutschen Tiefebene, einer seismisch wenig aktiven Zone. Sie liegt in Erdbebenzone 0 gemäß Erdbebenzonenkarte. Maßgeblich für die Auslegung der Anlage gegenüber Erdbeben war die KTA 2201.1 in der seinerzeit gültigen Fassung /12/. Entsprechend sind die Belastungen aus einem Bemessungserdbeben mit einer max. Bodenbeschleunigung von  $0,5 \text{ m/s}^2$  horizontal und  $0,25 \text{ m/s}^2$  vertikal zu berücksichtigen.

Die Beurteilungsgrundlagen für die Festlegung des Bemessungserdbebens und den damit verbundenen ingenieurseismologischen Basisgrößen Standortintensität, Standortbeschleunigung, Starkerdbebendauer und Beschleunigungs-Antwortspektrum, haben sich seit Erstbewertung nicht geändert.

Am Standort KBR beträgt die Standortintensität VI (5,5) auf der Europäischen Makroseismischen Skala (EMS). Für das Bemessungserdbeben gilt:

Bemessungsintensität	$I = \text{VI (6,0) EMS}$
Maximale Bodenbeschleunigung, horizontal	$a_h = 0,5 \text{ m/s}^2$
Maximale Bodenbeschleunigung, vertikal	$a_v = 0,25 \text{ m/s}^2$

## 2.10 Radiologische Vorbelastung

Für die aus Ableitungen radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser jeweils bedingten potenziellen Strahlenexpositionen sind in § 193 Abs. 1 StrlSchV /7/ i.V.m. § 47 StrlSchV (in der bis zum 31.12.2018 geltenden Fassung) Grenzwerte definiert. Zusätzlich sind Direktstrahlung und Ableitungen aus dem Betrieb anderer Anlagen oder Einrichtungen im Geltungsbereich des AtG /1/ bzw. des StrlSchG /5/ sind zum Nachweis der Einhaltung der einschlägigen Grenzwerte gemäß § 80 Abs. 4 StrlSchG /5/ und § 99 Abs. 2 StrlSchV /7/ zu berücksichtigen. Diese Direktstrahlung und Ableitungen anderer kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen werden auch als radiologische Vorbelastung bezeichnet.

Folgende kerntechnische Anlagen und Einrichtungen sind dem Kernkraftwerk Brokdorf nächstgelegen (mit jeweiliger Entfernung):

Standort Brunsbüttel mit 11 km

- Kernkraftwerk Brunsbüttel (KKB)
- Standortzwischenlager Brunsbüttel (SZB)
- Lager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle und Reststoffe (Lasma), in Errichtung

Am Standort Brunsbüttel befinden sich noch zwei Transportbereitstellungshallen für schwach- und mittelradioaktive Abfälle. Diese Abfälle werden in das Lasma umgelagert und somit sind die Betrachtungen für das Lasma abdeckend.

Standort Stade mit 28 km

- Kernkraftwerk Stade (KKS)
- Lager für radioaktive Abfälle (LarA)

Standort Geesthacht mit 86 km

- Helmholtz-Zentrum Geesthacht (HZG) (Forschungsreaktor (FRG) 1, noch vorhandene Anlagenteile des FRG 2, Heißes Labor, Reaktordruckbehälter mit Schildtank des Nuklearschiffes Otto-Hahn)
- Landessammelstelle
- Lager für radioaktive Abfälle (Halle zur Komponenten-Nachuntersuchung/ Bereitstellungshalle, Transportbereitstellungshalle (beantragt))

- Kernkraftwerk Krümmel (KKK)
- Standortzwischenlager Krümmel (SZK)
- Lager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle und Reststoffe am Zwischenlager (LasmAaZ), beantragt

Eine Vorbelastung kann dabei aus Direktstrahlung, der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft sowie der Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser resultieren.

Zur radiologischen Vorbelastung über die Direktstrahlung tragen am Standort KBR das Standortzwischenlager und die geplante TBH-KBR bei.

Die Vorbelastung über den Luftpfad durch in der Nähe befindliche kerntechnische Anlagen und Einrichtungen liefert aufgrund der Abstände dieser Anlagen und Einrichtungen vom KBR keinen Beitrag zur Strahlenexposition durch Ableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft.

Für den Umgang mit radioaktiven Stoffen in der geplanten TBH-KBR kann gemäß § 102 StrlSchV /7/ davon ausgegangen werden, dass die durch Ableitungen im bestimmungsgemäßen Betrieb hervorgerufene effektive Dosis im Bereich von 10  $\mu\text{Sv/a}$  liegt.

Das vorhandene Standortzwischenlager für abgebrannte Brennelemente wird nicht betrachtet, da von diesem keine Emissionen über den Luftpfad erfolgen.

Die Abschätzung der möglichen radiologischen Vorbelastungen durch Ableitungen über den Wasserpfad erfolgt unter Berücksichtigung der genehmigten Ableitungen der Kernkraftwerke Brunsbüttel, Stade und Krümmel sowie des Helmholtz-Zentrums Geesthacht. Zur Abschätzung weiterer möglicher Vorbelastung durch Einleitung nicht explizit betrachteter Anlagen und Einrichtungen wie Krankenhäuser, Forschungsinstitute usw. wird ersatzweise die potenzielle Strahlenexposition durch Radionuklid Ausscheidungen von Patienten der Nuklearmedizin entsprechend der Empfehlung der Strahlenschutzkommission /13/ berechnet.

Das vorhandene Standortzwischenlager für abgebrannte Brennelemente sowie die neu zu errichtende Transportbereitstellungshalle TBH-KBR werden nicht betrachtet, da von diesen keine Emissionen über den Wasserpfad erfolgen. Gleiches gilt für die Landessammelstelle Geesthacht, die Standortzwischenlager Brunsbüttel und Krümmel und die Lager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle und Reststoffe an den Standorten Brunsbüttel, Krümmel, Stade und Geesthacht.

Beiträge, wie z. B. die natürliche Strahlenexposition und die Folgen aus Kernwaffentests und aus dem Reaktorunfall in Tschernobyl, zählen nicht zur radiologischen Vorbelastung.

Auf die radiologische Vorbelastung des KBR wird bei der Darstellung der Strahlenexposition in Kapitel 7.6 eingegangen. Die Grenzwerte nach § 193 StrSchV /7/ i.V.m. § 47 StrlSchV (in der bis 31.12.2018 geltenden Fassung) bzw. Anlage 11 Teil D StrlSchV /7/ werden deutlich unterschritten.

## **2.11 Zusammenfassende Standortbewertung**

Die zusammenfassende Standortbewertung ergibt keine Anhaltspunkte für mögliche Einschränkungen bei Stilllegung und Abbau. Die Betrachtungen zu den Schutzgütern erfolgen im UVP-Bericht /10/.

### 3. DAS KERNKRAFTWERK BROKDORF

#### 3.1 Beschreibung der Kraftwerksanlage

Das Kernkraftwerk Brokdorf (Abbildung 3-1) befindet sich auf ebenem Gelände der Wilstermarsch. Das natürliche Gelände liegt im Mittel auf +0,5 m NN und wurde vor Baubeginn auf ca. +1,5 m NN mit Sand erhöht. Für die Bauwerke der Kraftwerksanlagen war eine Pfahlgründung erforderlich.



Abbildung 3-1: Ansicht des Kernkraftwerks Brokdorf, Blick aus südlicher Richtung

Das Betriebsgelände (= Anlagengelände) ist von einem Massivzaun und einem Wassergraben umgeben (siehe Abbildung 3-2 und im Kapitel 15, Anhang 1). Auf dem Betriebsgelände befindet sich u. a. das Kraftwerksgelände, das vom Detektionszaun und einem Wassergraben umgeben ist. Aus Strahlenschutz-Sicht wird das Kraftwerksgelände als „Überwachungsbereich“ bezeichnet, sofern es sich nicht um einen Kontrollbereich handelt.





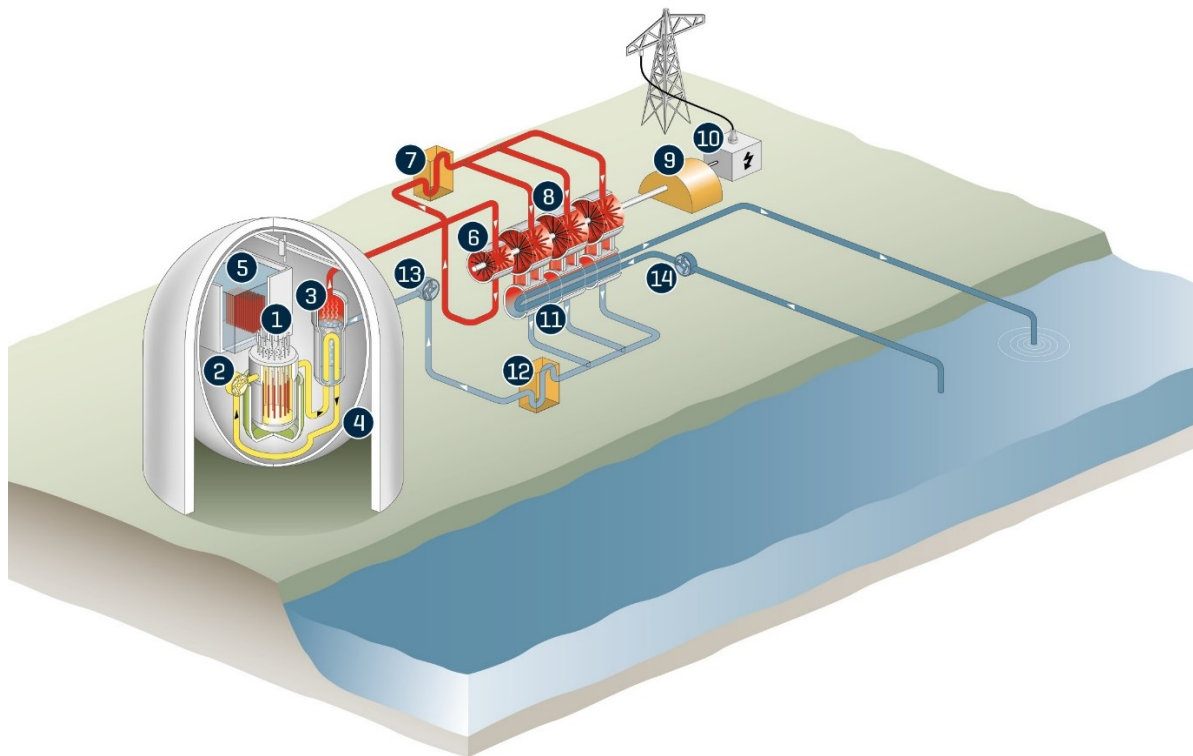
Abbildung 3-2: Übersicht Standort KBR (schematisch, ohne Maßstab)

### 3.1.1 Funktion

Das Kernkraftwerk Brokdorf ist ein Wärmekraftwerk zur Umwandlung von Wärme in elektrische Energie. Die Wärme entsteht durch Kernspaltung im Reaktorkern innerhalb des Reaktordruckbehälters. Die kinetische Energie der Spaltprodukte sowie der Teilchen- und Gammastrahlung aus den Spalt- und Zerfallsprozessen der instabilen Spaltprodukte wird dabei in Wärme innerhalb des Kernbrennstoffs, des Moderators und der Strukturen des Reaktordruckbehälters umgesetzt.

Die Wärme wird bei diesem Druckwasserreaktor durch Umwälzen des Primärkühlmittels in den vier parallel geschalteten Reaktorkühlkreisen mittels der Hauptkühlmittelpumpen zu den Dampferzeugern transportiert. In diesen erfolgt der Wärmeübergang zum Wasser-Dampf-Kreislauf (Sekundärkreis), so dass (kontaminationsfreier) Sattedampf entsteht, der die Turbine antreibt.

Die Heizrohre der Dampferzeuger trennen den Primär- und den Sekundärkreislauf druckdicht voneinander, so dass der Übertritt radioaktiver Stoffe aus dem Reaktorkühlmittel in den Wasser-Dampf-Kreislauf verhindert wird. In der Prinzipdarstellung in Abbildung 3-3 werden hierzu nur ein Kühlkreislauf und eine Frischdampf- und Speisewasserleitung dargestellt.



- |                              |                            |                           |
|------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 1 Reaktordruckbehälter       | 6 Turbinen-Hochdruckteil   | 10 Transformator          |
| 2 Hauptkühlmittelpumpe       | 7 Wasserabscheider         | 11 Kondensator            |
| 3 Dampferzeuger              | und Zwischenüberhitzer     | 12 Speisewasser-Vorwärmer |
| 4 Reaktorsicherheitsbehälter | 8 Turbinen-Niederdruckteil | 13 Speisewasserpumpe      |
| 5 Brennelement-Lagerbecken   | 9 Generator                | 14 Hauptkühlwasserpumpe   |

Abbildung 3-3: Funktionsprinzip eines Druckwasserreaktors

Das durch die Kernspaltung erwärmte Wasser (Primärkühlmittel) steht dabei unter Druck, der von dem an das Reaktorkühlsystem angeschlossenen Druckhalter aufgeprägt wird und der höher ist als der Verdampfungsdruck des Wassers bei der höchsten im Reaktorkühlsystem auftretenden Temperatur. Dadurch wird gewährleistet, dass das Wasser innerhalb des Primärkreislaufs nicht verdampft.

Im Sekundärkreislauf (Wasser-Dampf-Kreislauf) fördern die Hauptspeisewasserpumpen das Wasser aus dem Speisewasserbehälter zu den Dampferzeugern, in denen es durch Wärmezufuhr aus dem Reaktorkühlsystem verdampft. Der erzeugte Dampf treibt den Turbosatz (Turbine und Generator) an. Der in der Turbine entspannte Dampf wird in den Kondensatoren (Kühlmedium Elbewasser) niedergeschlagen. Die Hauptkondensatpumpen fördern das Kondensat zurück zum Speisewasserbehälter.

Das Wasser wird durch verschiedene Anzapfungen aus der Turbine vorgewärmt und zusätzlich im Speisewasserbehälter entgast.

Die in den Kondensatoren vom Hauptkühlwasser aufgenommene Kondensationswärme des Dampfes wird an die Elbe abgegeben.

Die Steuerung und Überwachung des Anlagenbetriebs erfolgt von der Warte im Schaltanlagegebäude.

### **3.1.2 Systemaufbau des Primärkreislaufs**

Das Reaktorkühlsystem wird aufgrund der unterschiedlichen Aufgabenstellungen unterteilt in:

- Reaktordruckbehälter und -einbauten,
- Reaktorkühlkreislaufsystem (Hauptkühlmittelleitungen, Hauptkühlmittelpumpen, Dampferzeuger),
- Druckhaltesystem und
- Druckhalterabblasesystem.

Eine Übersicht über wesentliche Systeme ist in Abbildung 3-4 gegeben.

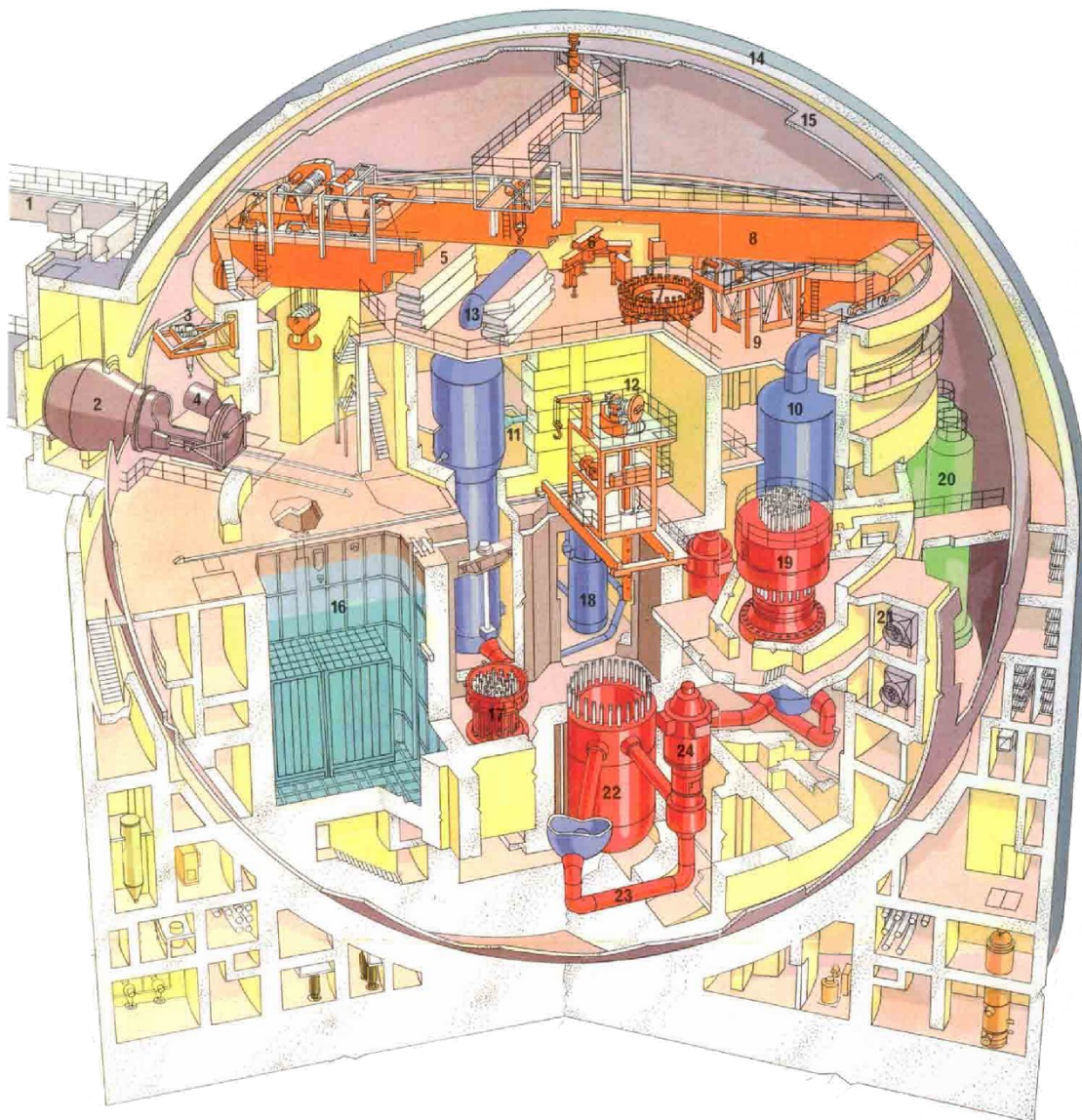
Das Reaktorkühlsystem und die hochdruckführenden Komponenten der angeschlossenen Systeme, das BE-Lagerbecken und das Lager für neue Brennelemente sind im kugelförmigen Reaktorsicherheitsbehälter (RSB) aus Stahl angeordnet, der von der Stahlbetonhülle umgeben ist.

Der Reaktor besteht im Wesentlichen aus dem Reaktordruckbehälter (RDB), den RDB-Einbauten, dem Reaktorkern mit den Brennelementen einschließlich der Steuerelemente und aus den Antrieben der Steuerelemente. Die Steuerelemente dienen zur kurzfristigen Leistungsregelung und zur Schnellabschaltung.

Der Reaktorkühlkreislauf besteht aus vier gleichen Kreisläufen mit je einem Dampferzeuger, einer Hauptkühlmittelpumpe und den verbindenden Hauptkühlmittelrohrleitungen. Die Aufgabe des Reaktorkühlkreislaufsystems ist die Förderung des Primärkühlmittels zum Reaktor und der Energietransport vom Reaktor zu den Dampferzeugern. Neben der Aufgabe, die im Reaktor erzeugte Wärmeleistung an die Dampferzeuger zu übertragen, dient das Primärkühlmittel im Reaktor als



Moderator, Reflektor und als Lösungsmittel für Bor, das zur Bindung der Überschussreaktivität verwendet wird.



- |                               |                               |                            |
|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 1 Halbportalkran              | 9 Kabelbrücke                 | 17 Oberes Kerngerüst       |
| 2 Materialschleuse            | 10 Dampferzeuger              | 18 Druckhalter             |
| 3 Konsolkran                  | 11 Speisewasserleitung        | 19 RDB-Deckel              |
| 4 Notschleuse                 | 12 Lademaschine               | 20 Druckspeicher           |
| 5 Abschirmriegel              | 13 Frischdampfleitung         | 21 Nukleare Lüftungsanlage |
| 6 RDB-Deckeltraverse          | 14 Stahlbetonhülle            | 22 RDB                     |
| 7 RDB-Deckelspannvorrichtung  | 15 Reaktorsicherheitsbehälter | 23 Hauptkühlmittelleitung  |
| 8 Reaktorgebäude-Rundlaufkran | 16 BE-Lagerbecken             | 24 Hauptkühlmittelpumpe    |

Abbildung 3-4: Prinzipieller Aufbau der Systeme im Reaktorgebäude; Darstellung Nichtleistungsbetrieb mit geöffnetem RDB

Das Druckhaltesystem besteht im Wesentlichen aus dem Druckhalter mit Heizung/Sprühventilen und den daran angeschlossenen Abblase- und Sicherheitsventilen. Die Druckhaltersprühung und -heizung dienen dazu, den für den Normalbetrieb erforderlichen Druck zu gewährleisten und die bei Laständerungen des Reaktorsystems durch Änderung der Systemtemperatur hervorgerufenen Volumenschwankungen des Primärkühlmittels ohne wesentliche Druckänderungen auszugleichen bzw. zu begrenzen.

Das Druckhalterabblasesystem besteht aus dem Abblasebehälter und dem Abblasebehälterkühlkreislauf mit Pumpe, Kühler und den verbindenden Rohrleitungen. Es dient dazu, die über die Druckhalter-Abblaseventile und die über die Druckhalter-Sicherheitsventile abgeblasenen Dampfmengen zu kondensieren und abzuführen.

Für den Betrieb des Reaktors sind eine Reihe von Hilfs- und Nebensystemen vorhanden, die an das Reaktorkühlsystem anschließen. Außerdem gibt es für die Sicherheit des Reaktors Systeme mit der Aufgabe, bei Störfällen die Anlage vor unzulässigen Beanspruchungen zu schützen und deren Auswirkungen auf das Betriebspersonal, die Umgebung sowie die Anlage in vorgegebenen Grenzen zu halten. Die Reaktorhilfs- und -nebensysteme sind im Ringraum des Reaktorgebäudes und im Reaktorhilfsanlagegebäude untergebracht.

### **3.1.3 Systemaufbau des Sekundärkreislaufs (Wasser-Dampf-Kreislauf)**

Wegen der für einen Druckwasserreaktor charakteristischen Trennung des Primär- und Sekundärkreislaufs wird die Wärme in den Dampferzeugern übertragen. Im Maschinenhaus befinden sich der konventionelle Teil des Wasser-Dampf-Kreislaufs sowie Turbine, Generator und die Anbindung des Hauptkühlwassersystems an die Turbinenkondensatoren.

Im KBR besteht die Turbine aus einem Hochdruckteil und drei Niederdruckteilen.

Der in den vier Dampferzeugern als Trennstelle zwischen radioaktivem Primärkreislauf und dem inaktiven Sekundärkreislauf entstehende Satttdampf gelangt zur Turbine und wird im Kondensator – nach Abgabe des nutzbaren Wärmegefälles zur Stromerzeugung – kondensiert.

In den Vorwärmerstrecken wird das Kondensat vorgewärmt und dem Speisewasserbehälter zugeführt. Die Speisewasserpumpen fördern das Wasser unter erhöhtem Druck zurück in die Dampferzeuger.

Der Wasser-Dampf-Kreislauf besteht aus den folgenden Hauptsystemen:

- Frischdampfsystem (inkl. Frischdampfarmaturenstationen) und Turbine
- Kondensatsystem
- Speisewassersystem (Speisewasserbehälter, -pumpen und Speisewasserarmaturenstationen)

### **Frischdampfsystem und Turbine**

Die Aufgaben des Systems sind der Transport des aus den Dampferzeugern entnommenen Frischdampfes zur Turbine, die sekundärseitige Wärmeabfuhr über die Umleitventile bzw. die Abblasestation bei Turbinenschnellschluss, die Bereitstellung von Stützdampf für den Speisewasserbehälter bei Turbinenschnellschluss und die Versorgung der Hilfsdampfschiene mit Hilfsdampf.

Der Frischdampf wird aus den Dampferzeugern in den Rohrleitungen über die Frischdampfarmaturenstationen zu den kombinierten Schnellschluss-Stellventilen der Turbine geführt. Nach der Entspannung im HD-Teil der Turbine wird der Dampf vor Eintritt in die ND-Teile entwässert und überhitzt. Dieser Vorgang erfolgt in den kombinierten Wasserabscheider-Zwischenüberhitzern. In den ND-Teilen der Turbine erfolgt analog den Vorgängen im HD-Teil die weitere Expansion des Dampfes. Sowohl in der HD-Turbine wie auch in den ND-Teilen erfolgen Anzapfungen von Dampf zur Vorwärmung des Speisewassers in den sogenannten Vorwärmern-Wärmetauschern.

### **Kondensatsystem**

Die Aufgabe des Systems ist der Transport des Hauptkondensats aus den Hotwells der Kondensatoren zum Speisewasserbehälter einschließlich der Vorwärmung sowie die Bereitstellung von Kühlkondensat für verschiedene Hilfsfunktionen.

Nach der Entspannung in den ND-Teilen der Turbine wird der Dampf an den Kondensatoren niedergeschlagen (kondensiert) und in den Hotwells gesammelt. Das so gewonnene Kondensat wird durch die Hauptkondensatpumpen über die Niederdruckvorwärmer zum Speisewasserbehälter gefördert. In den Vorwärmern wird das Kondensat mittels Abdampfanzapfungen aus der Turbine vorgewärmt.

### **Speisewassersystem**

Die Aufgabe dieses Systems ist die Versorgung der Dampferzeuger mit vorgewärmtem Speisewasser. Dies erfolgt im Leistungsbetrieb mittels Speisewasserpumpen sowie beim An- und Abfahren durch die An- und Abfahrpumpen.

Das Speisewasser fließt vom Speisewasserbehälter in die Speisewasserpumpen, die es zu den Hochdruckvorwärmanlagen fördern. Dort erfolgen weitere Vorwärmungen, bevor das Speisewasser in die Dampferzeuger strömt.

#### **3.1.4    Kühlwassersystem**

Zur Abfuhr der prozessbedingten Verlustwärme aus den verschiedenen Kühlsystemen des Kernkraftwerks werden große Kühlwassermengen benötigt. Das Kühlwassersystem (siehe Abbildung 3-5) unterscheidet sich grundsätzlich in

- die Versorgung der sicherheitstechnisch wichtigen nuklearen und konventionellen Kühlstellen durch das gesicherte Nebenkühlwasser sowie
- die Versorgung der konventionellen Kühlstellen durch das Hauptkühlwasser und das konventionelle Nebenkühlwasser.

Eine Vielzahl von nuklearen und konventionellen Kühlstellen der verschiedenen Anlagenbereiche ist aus Strahlenschutz-, Korrosions- und Verschmutzungsgründen über Zwischenkühlkreise mit den Nebenkühlwassersystemen verbunden.

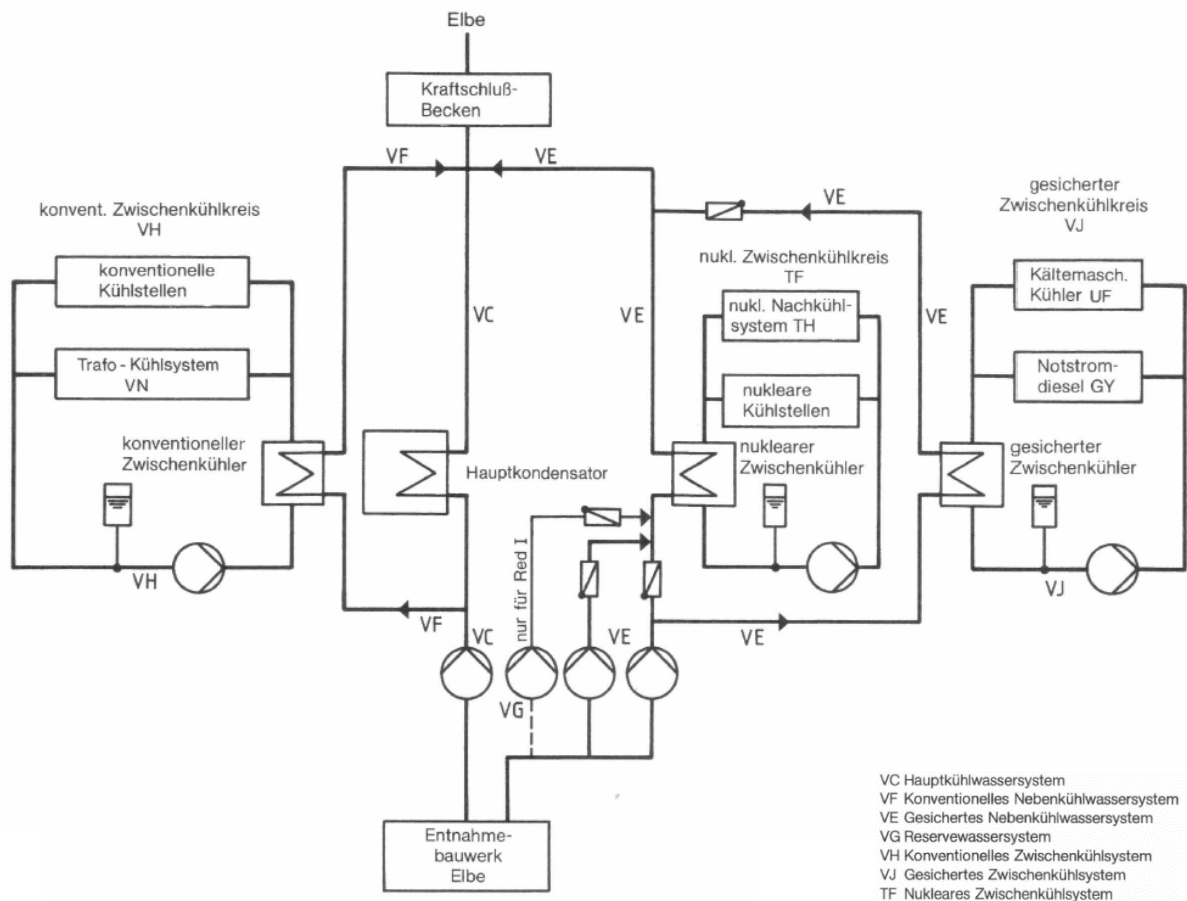


Abbildung 3-5: Prinzipieller Aufbau der Kühlwassersysteme

### Hauptkühlwassersystem

Das Hauptkühlwasser dient zur Aufnahme und Abfuhr der Kondensationswärme des Turbinenabampfes bei Leistungsbetrieb bzw. des Frischdampfes bei Umleitbetrieb. Im KBR erfolgt diese Kühlung im Frischwasserdurchlaufverfahren. Das Wasser wird der Elbe entnommen, mechanisch gereinigt, im Kondensator erwärmt und der Elbe wieder zugeführt (siehe Abbildung 3-3 und Abbildung 3-5).

### Konventionelles Nebenkühlwassersystem

Die Aufgabe dieses Systems ist die Abfuhr der Verlustwärme aus dem konventionellen Zwischenkühlsystem (mit Kühlstellen, wie z. B. Maschinentransformator, der Komponenten des Wasser-Dampf-Kreislaufs etc.) in die Elbe.

Hierzu wird eine definierte Kühlwassermenge nach den Hauptkühlwasserpumpen abgezweigt und durch die Wärmetauscher des konventionellen Zwischenkühlsystems geführt. Danach gelangt es in den Sammelkanal des Hauptkühlwassers und zurück in die Elbe.



### **Gesichertes Nebenkühlwassersystem**

Das Gesicherte Nebenkühlwasser hat die Aufgabe, die sicherheitstechnisch wichtigen Kühlstellen (Nachkühlkette, Notstromdiesel) mit Kühlwasser zu versorgen und die Abwärme abzuführen.

Hierzu ist das Gesicherte Nebenkühlwassersystem mit vier voneinander getrennten Strängen (Pumpe, Rohrleitungen, Wärmetauscher) aufgebaut. Im Kühlwasservorlauf befinden sich zwei Pumpenvorkammern, aus denen jeweils zwei Nebenkühlwasserpumpen das Kühlwasser ansaugen. Die vier Nebenkühlwasserstränge werden im Rücklauf wieder in zwei Strängen zusammengeführt, wobei jeder dieser beiden Stränge in einem Rücklaufsammelkanal (Kraftschlussbecken) mündet.

### **3.1.5 Gebäude und weitere Systeme**

Das KBR besteht aus unterschiedlichen Gebäuden und anderen baulichen Strukturen (siehe Lageplan des Kernkraftwerkes Brokdorf (KBR) im Anhang), getrennt nach den darin befindlichen Einrichtungen in nukleare und konventionelle Anlagenteile sowie Gebäude für die allgemeine Versorgung und Verwaltung. Die darin befindlichen Einrichtungen bestimmen auch die sicherheitstechnische Bedeutung dieser Gebäude und baulichen Strukturen (Bauwerke).

Die wichtigsten Bauwerke sind:

- Reaktorgebäude (ZA/ZB) mit Frischdampf- und Speisewasser-Armaturen-kammer (ZB.9)
- Reaktorhilfsanlagengebäude (ZC) mit Fortluftkamin (ZQ.1)
- Schaltanlagengebäude (ZE) mit Warte
- Maschinenhaus (ZF)
- Notstromdieselgebäude mit Kaltwasserzentrale (ZK)
- Notspeisegebäude (ZX) mit Notsteuerstelle
- Aufbereitungsgebäude für radioaktive Abfälle (ZD.0)
- Kühlwasserbauwerke (ZM/ZN)
- Rohr- und Kabelkanäle (ZW)

Das Reaktorgebäude wird durch einen Zylinder mit aufgesetzter Halbkugel gebildet. Die Außenstrukturen von Zylinderwand und Halbkugel bestehen aus 1,80 m dickem Stahlbeton und werden als Stahlbetonhülle bezeichnet. Wesentlicher Bestandteil des Reaktorgebäudes ist der sich innerhalb des

Reaktorgebäudes befindliche kugelförmige Reaktorsicherheitsbehälter (RSB) aus 30 mm dickem Stahl. Der Ringraum umschließt den RSB. Die Stahlbetonhülle umschließt den RSB und den Ringraum.

Im Inneren des RSB sind das Reaktorkühlsystem mit den Dampferzeugern, Teile des unmittelbar anschließenden Not- und Nachkühlsystems, des Zusatzboriersystems und der Reaktorhilfssysteme sowie das BE-Lagerbecken untergebracht. Der RSB ist auch während des Leistungsbetriebs begehbar. Im Reaktorgebäude-Ringraum sind quadrantenweise Teile der vierfach vorhandenen Sicherheitssysteme sowie der Hilfs- und Nebenanlagen aufgestellt. Am Reaktorgebäude, zum Maschinenhaus hinweisend, ist die Frischdampf- und Speisewasser-Armaturenkammer angebracht, in welcher räumlich getrennt die Frischdampfarmaturen und die Speisewasserarmaturen angeordnet sind. An dieser Stelle endet die druckführende Umschließung des Frischdampf- und Speisewassersystems. Bei Ausfall des Turbinenkondensators kann der erzeugte Frischdampf der Dampferzeuger mit den Frischdampfarmaturen an die Umgebung abgeleitet werden.

Das Reaktorhilfsanlagengebäude grenzt an der einen Seite an das Schaltanlagengebäude und an der anderen Seite an das Reaktorgebäude. Im Reaktorhilfsanlagengebäude sind die Hilfs- und Nebenanlagen des Reaktors untergebracht. Auf dem Dach des Reaktorhilfsanlagengebäudes ist der Fortluftkamin angeordnet, über den die gefilterte Fortluft aus dem Kontrollbereich in einer Höhe von +99,5 m über NN an die Umgebung abgegeben wird.

Der Eingang zum Kontrollbereich befindet sich im Reaktorhilfsanlagengebäude.

Das Maschinenhaus (Abbildung 3-6) enthält im Wesentlichen die zur elektrischen Energieerzeugung notwendigen Teile des Sekundärkreislaufs:

- Sattdampfturbine,
- Generator mit Erregermaschine,
- Kondensatoren,
- Umleitstationen,
- Komponenten des Wasser-Dampf-Kreislaufes mit Hochdruck (HD)- und Niederdruck (ND)-Vorwärmern; zu ihnen gehören auch Behälter mit großem Energieinhalt, wie z. B. der Speisewasserbehälter, die Speisewasservorwärmung und die Wasserabscheider-Zwischenüberhitzer.

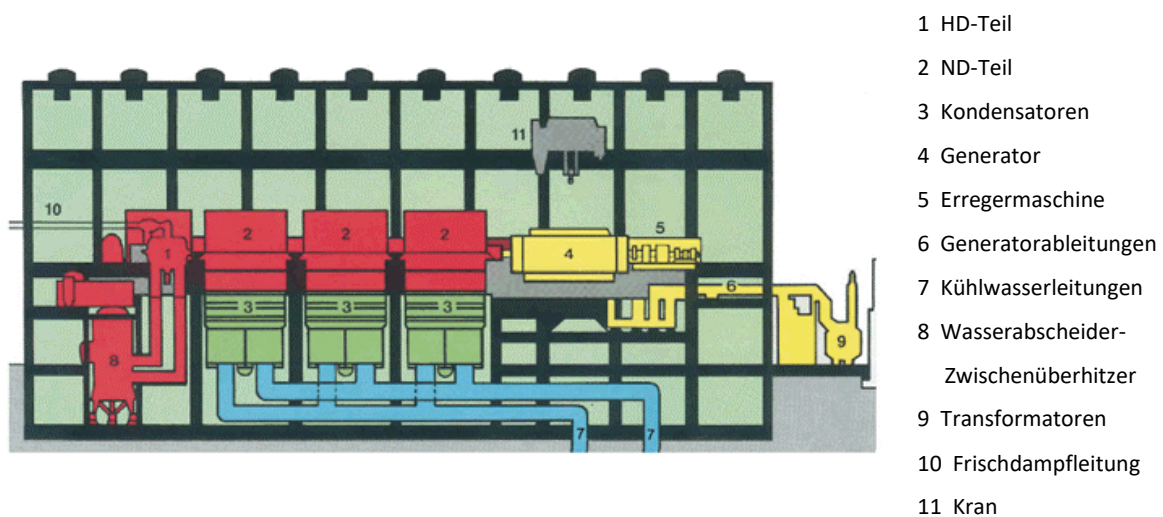


Abbildung 3-6: Vereinfachter Querschnitt durch das Maschinenhaus

Das Schaltanlagegebäude schließt an das Reaktorhilfsanlagegebäude an. Im Schaltanlagegebäude sind die Systeme der Elektro- und Leittechnik, die zur elektrischen Versorgung von Komponenten und zur Steuerung, Regelung und Überwachung der Anlage vorgesehen sind, sowie die Warte der Anlage untergebracht. Entsprechend dem viersträngigen Aufbau ist das Schaltanlagegebäude in vier gleichartige Bereiche unterteilt.

Zur Sicherstellung der Energieversorgung bei Auslegungsstörfällen ist ein gestaffeltes Notstromsystem mit 4 x 10 kV dieselbetriebenen Notstromgeneratoren im Notstromdieselgebäude und 4 x 380 V dieselbetriebenen Notspeisenotstromgeneratoren im Notspeisenotstromgebäude eingesetzt.

Das Notstromdieselgebäude befindet sich gegenüber dem Schaltanlagegebäude. In diesem Gebäude sind die vier Notstromdiesel mit zugehörigen Schaltanlagen, Treibstoffvorräten sowie die Kaltwasserzentrale mit Kältemaschinen untergebracht.

Im Notspeisegebäude sind die für die gesicherte Nachzerfallswärmeabfuhr im Falle von Einwirkungen von außen (z. B. Erdbeben, Explosionsdruckwelle, Flugzeugabsturz) benötigten Systeme, im Wesentlichen die vier Notspeisenotstromdiesel mit Generator und Notspeisepumpe und den Treibstoff- und Wasservorräten sowie die zugehörigen Steuer- und Schaltanlagen einschließlich Batteriepufferung, untergebracht. Von der Notsteuerstelle im Notspeisegebäude kann bei Ausfall der Warte die Anlage in den Zustand „unterkritisch kalt“ gefahren und gehalten werden (Abfuhr der Nachzerfallswärme und Langzeitkühlung des BE-Lagerbeckens).

## **3.2 Systeme und Einrichtungen im Restbetrieb**

Während des Abbaus der Anlage werden weiterhin verschiedene Systeme und Versorgungseinrichtungen (Restbetriebssysteme) zur Einhaltung der Schutzziele „Kontrolle der Reaktivität“ und „Kühlung der Brennelemente“ bis einschließlich Abschnitt 1B sowie dauerhaft des Schutzziels „Einschluss der radioaktiven Stoffe“ und zur sicheren Durchführung der Arbeiten benötigt.

Die Restbetriebssysteme werden während des Abbaus kontinuierlich an die abbaurelevanten Erfordernisse angepasst. Hierzu werden die Restbetriebssysteme im Rahmen der betrieblichen Regelungen inklusive des aufsichtlichen Verfahrens bei technischen Änderungen modifiziert sowie ggf. auch Ersatzsysteme geschaffen. Sofern neue Ersatzsysteme betriebsbereit sind, können die vorhandenen Restbetriebssysteme schrittweise stillgelegt und abgebaut werden. Aus betrieblichen Gründen kann es erforderlich sein, dass Restbetriebssysteme und Ersatzsysteme parallel betrieben werden. Wechselseitige Beeinflussungen werden in diesem Falle berücksichtigt.

Im Folgenden werden die wichtigsten erforderlichen Systeme und Einrichtungen für den Restbetrieb dargestellt.

### **3.2.1 BE-Kühlsysteme sowie Ver- und Entsorgungseinrichtungen**

#### **BE-Lagerbecken-Kühlung**

Zu Beginn der ersten Abbauphase (Abschnitt 1A) wird der Abtransport der Brennelemente (BE) aus dem BE-Lagerbecken in das Standortzwischenlager noch nicht abgeschlossen sein. Die noch abzuführende Nachzerfallswärme erfordert während des Abschnittes 1A den Weiterbetrieb von Beckenkühlsystemen einschließlich der zugehörigen Hilfs- und Versorgungssysteme.

#### **BE-Lagerbecken-Reinigung und -Niveauhaltung**

Für die Reinigung des BE-Lagerbeckenwassers bleibt bis einschließlich des Abschnittes 1B das Beckenreinigungssystem verfügbar.

Eine eventuell notwendige Ergänzung von Beckenwasser erfolgt durch Nachspeisung von Deionat oder boriiertem Wasser aus der Kühlmittellagerung oder einem Flutbecken mittels der dafür vorgesehenen Systeme.

Die Füllstandshaltung des BE-Lagerbeckens erfolgt, solange sich einzelne Sonderbrennstäbe oder aktivierte Bauteile im Becken befinden und dies aus Strahlenschutzgründen erforderlich ist.

## Kühlwassersysteme

Zur Abfuhr der auf der Anlage auftretenden Wärme bleiben weiterhin Kühlwassersysteme in erforderlichem Umfang in Betrieb.

Nukleare Zwischen- und Gesicherte Nebenkühlwassersysteme führen die im BE-Lagerbecken und in den verschiedenen Hilfs- und Nebenanlagen anfallende Wärme – beispielsweise aus den Verdampferanlagen – an die Elbe ab.

## BE-Lagerbecken/Reaktorbecken/Abstellraum/Transportbehälterbecken

Die Becken sind mit korrosionsbeständigem Stahl ausgekleidet. Eine mögliche Beschädigung wird durch ein installiertes Leckageüberwachungssystem festgestellt. Das Leckageüberwachungssystem wird solange weiterbetrieben, wie eine Wasserüberdeckung von Brennelementen, Sonderbrennstäben und aktivierten Bauteilen zur Abschirmung erforderlich ist.

Dichtschütze sperren das BE-Lagerbecken gegen Abstellraum und Reaktorbecken bzw. Behälterbeladebecken (Transportbehälterbecken) wasserdicht ab (siehe Abbildung 3-7).

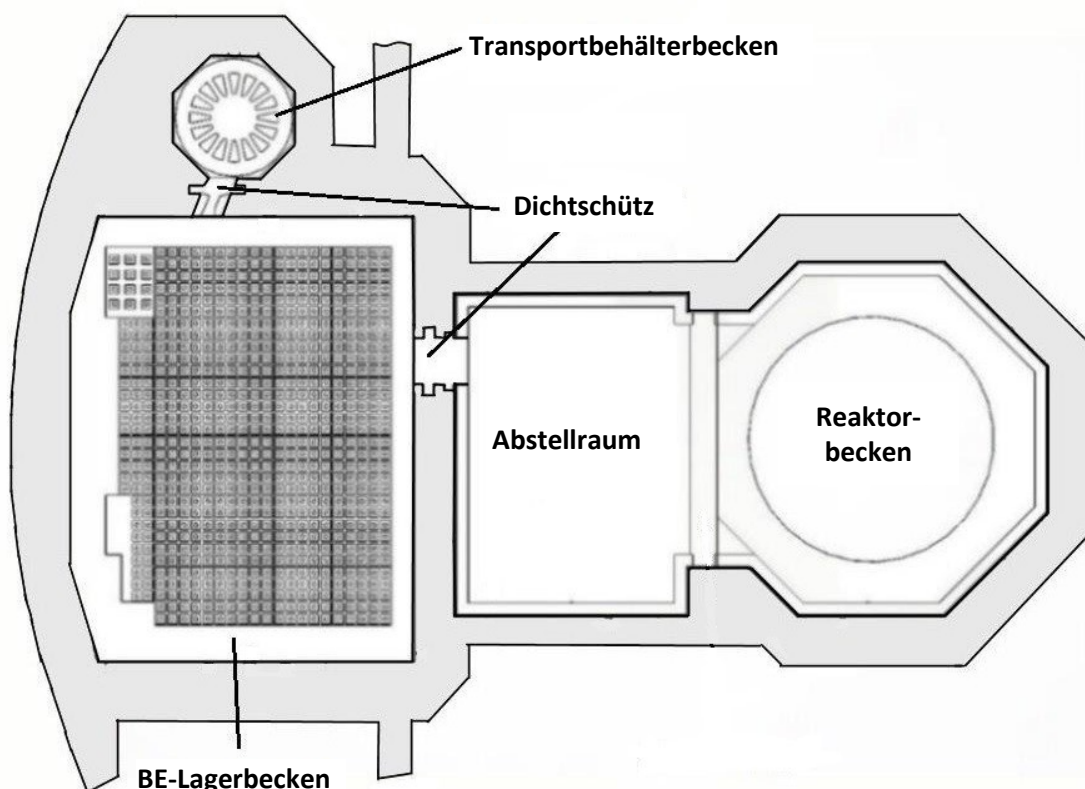


Abbildung 3-7: Anordnung der Becken

Mit einem Dichtdeckel kann der RDB zum Reaktorbecken und Abstellraum hin abgedichtet werden. Der Abstellraum ist so bemessen, dass das obere Kerngerüst und der Kernbehälter bei ausreichender Wasserüberdeckung abgestellt werden können, um Handhabungen unter Wasser durchführen zu können.

### **Deionataufbereitung und -versorgung**

Die Systeme zur Aufbereitung und Verteilung von Deionat im Kontrollbereich werden zum Füllen von Kreisläufen, zum Spülen, als Sperrwasser und zum Dekontaminieren benötigt. Das Deionat wird durch die bestehende Wasseraufbereitungsanlage oder ein an die Erfordernisse angepasstes Ersatzsystem bereitgestellt.

### **Kühlmittellagerung/-aufbereitung**

Das System stellt entsprechende Kapazitäten zur Lagerung und Aufbereitung von BE-Lagerbeckenwasser zur Verfügung.

### **Abwasseraufbereitung**

Da während der gesamten Stilllegung und des Abbaus durch Arbeitsabläufe im Kontrollbereich, wie Dekontamination, Zerlegung, Spülvorgänge usw., Abwässer anfallen, werden Systeme der Abwassersammlung und Abwasseraufbereitung mit ihren Nebensystemen in erforderlichem Umfang weiter betrieben oder durch Ersatzsysteme ersetzt.

Das Abwasser wird in Sammelbehältern aufgefangen, aufbereitet und Kontrollbehältern zugeführt. Nach Probenahme und Freigabe zur Abgabe wird das Abwasser diskontinuierlich an die Elbe abgegeben. Während des Restbetriebes erfolgt diese Abgabe zunächst weiterhin über das bestehende Kühlwassersystem. Es ist geplant, abbaubegleitend spätestens nach Entfernen der BE und SBS aus der Anlage eine neue Abgabelleitung zu verlegen. Diese Abgabelleitung wird voraussichtlich im Kühlwasserzulaufkanal verlegt und endet am Kühlwasserentnahmebauwerk, wo sich der Einleitzpunkt befinden wird. Dabei werden die Bestimmungen der jeweils gültigen Wasserrechtlichen Erlaubnis eingehalten.

## **Nukleare Lüftungsanlage**

Während Stilllegung und Abbau bleiben die Lüftungsanlagen des Kontrollbereiches (nukleare Lüftungsanlagen) im erforderlichen Umfang in Betrieb oder werden zu gegebenem Zeitpunkt durch Ersatzsysteme ersetzt. Die für den Restbetrieb erforderlichen, nuklearen Lüftungsanlagen bestehen im Wesentlichen aus der Zu- und Fortluftanlage, Umluftfilteranlagen, der Anlage zur Messung und Überwachung der Luftaktivität im Fortluftkamin und den erforderlichen Hilfssystemen (z. B. Kaltwasser, Heizung und Luftbefeuchtung).

Die Zuluftanlagen versorgen den gesamten Kontrollbereich mit gefilterter und, soweit erforderlich, mit temperierter Außenluft.

Soweit erforderlich werden die stationären Filteranlagen, wie die Bedarfsfilteranlage und einige Umluftfilteranlagen, durch mobile Filteranlagen ergänzt. Auch Umluftkühlsysteme bleiben für betriebliche Anforderungen im erforderlichen Umfang zunächst verfügbar.

Innerhalb des Kontrollbereichs wird eine gerichtete Luftströmung aufrechterhalten. Weiterhin bleiben Neben- und Hilfssysteme zur Erwärmung und Kühlung der Luft in Betrieb.

Die Fortluftanlagen geben die Gebäudeabluft kontrolliert und bilanziert über den Fortluftkamin ab.

Die Einrichtungen zum Lüftungsabschluss bleiben im erforderlichen Umfang erhalten.

## **Stromversorgung und elektrotechnische Einrichtungen**

Für die Stromversorgung der Anlage während des Restbetriebes gibt es bis zum Erreichen der Brennelementfreiheit (ab Abschnitt 1B) zwei getrennte Netz-Einspeisungen. Beide Einspeisewege sind voneinander unabhängig, da sie aus unterschiedlichen Übertragungs- und Verteilungsnetzen gespeist werden.

Die vorhandene elektrotechnische Infrastruktur wird für den Abbau des KBR weiter genutzt bzw. ggf. durch Ersatzsysteme ersetzt. Die zur Verfügung stehende jeweilige Netz-Anschlussleistung ist für den zu erwartenden elektrischen Leistungsbedarf während des Restbetriebes mehr als ausreichend bemessen, da diese für den Leistungsbetrieb ausgelegt sind. Die vorhandenen Schaltanlagen werden sukzessive durch Entfall von Verbrauchern oder durch das Zusammenlegen von Verbrauchern entlastet. Die frei werdenden Schaltanlagen werden stillgesetzt und können abgebaut werden.

Unter Beachtung der im Restbetrieb zu berücksichtigenden Anforderungen bleibt die Notstromversorgung im erforderlichen Umfang bis zur Brennelementfreiheit der Anlage (Ende Abschnitt 1A) erhalten.

Ab dem Abschnitt 1B werden im erforderlichen Umfang Ersatzstromversorgungseinrichtungen nach Industriestandard vorgesehen.

Sowohl die vorhandenen stationären Batterieanlagen als auch die Gleichstromanlagen werden sukzessive durch Entfall oder Zusammenlegen von Verbrauchern entlastet und können entsprechend stillgesetzt werden.

Die vorhandenen Leittechniksysteme werden im erforderlichen Umfang weiterbetrieben und mit fortschreitendem Abbau den sich ändernden Anforderungen angepasst.

Das Reaktorschutzsystem zur automatischen Ansteuerung von Sicherheitseinrichtungen wird nicht mehr benötigt.

#### **Hilfsdampfversorgung/Wärmeerzeugung**

Das Hilfsdampfsystem dient als Prozesswärmeverteiler für einige Wärmetauscher und Verdampfer in den Reaktorhilfs- und Versorgungsanlagen sowie für die Heizwärmeversorgung sämtlicher Gebäude. Die erforderliche Heizwärme wird durch bestehende Hilfskesselanlagen (gas- oder heizölbefeuert) bzw. geeignete Ersatzeinrichtungen, wie z. B. ein ggf. noch zu errichtendes Blockheizkraftwerk (BHKW), bereitgestellt.

#### **Gasversorgung**

Die Gasversorgung stellt Stickstoff und Argon/Methan (für Aktivitätsmesseinrichtungen) zur Verfügung.

#### **Druckluftanlage**

Die Druckluftversorgung versorgt das Werkdruckluftnetz als größten Arbeitsluftverbraucher und liefert Druckluft u. a. zum Betätigen von Lüftungs-Schlauchklappen.



### **Kaltwassersystem**

Zur Konditionierung der Luft in den Zuluftanlagen und ggf. zur Abfuhr von Betriebswärme an Nebenkühlwassersysteme wird durch Kältemaschinen erzeugtes Kaltwasser eingesetzt.

### **Sonstige Ver- und Entsorgungseinrichtungen**

Sonstige Ver- und Entsorgungseinrichtungen sind u. a.

- Anlagenentwässerung (Entwässerung und Entlüftung von Anlagenkomponenten),
- Gebäudeentwässerung,
- Trinkwasserversorgung,
- Heizöl- und Diesellager,
- Öl- oder Erdgasversorgung für die Hilfskesselanlage,
- ggf. Erdgasversorgung eines BHKWs,
- Arbeits-/Begehungsbeleuchtung,
- Kommunikationssysteme (Telefon, Ruf- und Alarmanlage, IT-Netzwerk).

Sie bleiben im erforderlichen Umfang erhalten und werden dem Bedarf entsprechend angepasst.

## **3.2.2 Überwachungs- und Schutzeinrichtungen**

### **Strahlungs- und Aktivitätsüberwachung**

Mithilfe der Einrichtungen zur Aktivitätsüberwachung wird das Auftreten und die Veränderung der Radioaktivität in den Räumen bzw. Systemen erkannt. Radioaktive Stoffe in Fortluft und Abwasser aus dem Kontrollbereich werden erfasst und bilanziert. Ortsdosisleistung und Aerosolaktivität in den Räumen des Kontrollbereichs werden zum Schutz des Personals überwacht.

Weiterhin bleibt die Personenüberwachung (Dosimetrie, Kontaminations- und Inkorporationskontrollen) bestehen.

Relevante Messwerte aus der Anlage werden weiterhin über die Kernkraftwerk-Fernüberwachung (KFÜ) an die zuständige Behörde übertragen.

Erweitert bzw. neu aufgebaut werden Einrichtungen zur Aktivitätsbestimmung an Reststoffen und radioaktiven Abfällen (siehe Kapitel 3.4.1 und 3.5).

### **Brandschutzeinrichtungen**

Die vorhandenen stationären und mobilen Brandschutzeinrichtungen einschließlich der Brandmeldeanlage sowie die baulichen und betrieblichen Brandschutzmaßnahmen bleiben auch für den Restbetrieb erhalten, soweit dies im Sinne der jeweils gültigen gesetzlichen und technischen Vorschriften und Regelungen notwendig ist. Falls erforderlich werden zusätzliche Einrichtungen dauerhaft oder temporär installiert.

Durch Entfernen von Zündquellen und Brandlasten, wie

- elektrischen und leittechnischen Einrichtungen,
- Aggregaten und Hochspannungseinrichtungen,
- die Freischaltung und Stillsetzung nahezu aller Wärme und Druck führenden Systeme,
- Kabelpritschen und Schaltschränken,
- Betriebs- und Gefahrstoffen

erfolgt kontinuierlich eine Verringerung der Brandgefährdung. Hierdurch ist eine entsprechende Reduzierung der Brandschutzeinrichtungen, wie z. B. Löschanlagen und Brandschutzklappen, möglich.

### **Anlagensicherungseinrichtungen**

Der Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter (SEWD), wie z. B. terroristisch motivierter Taten, bleibt in dem erforderlichen Umfang erhalten.

### **Sonstige Überwachungs- und Schutzeinrichtungen**

Sonstige Überwachungs- und Schutzeinrichtungen sind u. a.

- Blitzschutzeinrichtungen (äußerer und innerer Blitzschutz),
- Gaswarnanlage (Erkennung explosionsgefährlicher Gase),
- Sicherheitsbeleuchtung,

- Rechneranlagen (Prozess- und Überwachungsrechner, Dosimetrierechner, Rechner des Zugangskontrollsystems).

Sie bleiben im erforderlichen Umfang erhalten und werden dem Bedarf entsprechend angepasst.

### **3.2.3 Sonstige/weitere Einrichtungen**

#### **Hebezeuge**

Krane, Aufzüge und andere Hebezeuge stellen wichtige Werkzeuge für Restbetrieb und Abbau dar. Zur Gewährleistung der ausreichenden Schadensvorsorge sind der Reaktorgebäude-Rundlaufkran (RG-Kran) und der Halbportalkran nach den Anforderungen gemäß KTA 3902 /14/ Abschnitt 4.3 ausgelegt.

Die KTA-Regeln für die Auslegung und Betrieb von Hebezeugen haben auch im Restbetrieb weiter ihre Gültigkeit. Für alle Hebezeuge bleibt ihre bisherige Einstufung gemäß dem einschlägigen KTA-Regelwerk zunächst bestehen. Diese Einstufung ist im BHB festgelegt. In Abhängigkeit vom Abbaufortschritt können weiter in Betrieb befindliche Hebezeuge ihren jeweiligen Aufgaben entsprechend neu eingestuft werden (z. B. nach den Anforderungen gemäß KTA 3902 /14/ Abschnitt 4.2 oder 3). Diese neue Einstufung erfolgt mit Zustimmung der Aufsichtsbehörde.

#### **Einrichtungen zur Brennelementhandhabung und -abtransport**

Die BE-Handhabung erfolgt mit der Lademaschine oder alternativ mit dem RG-Kran. Der Abtransport der Brennelemente in Transport- und Lagerbehältern erfolgt über den RG-Kran, der solange den Anforderungen gemäß KTA 3902 /14/ Abschnitt 4.3 ausgelegt bleibt.

#### **Einrichtungen zur Behandlung radioaktiver Reststoffe und Abfälle**

Die vorhandenen Einrichtungen zur Bearbeitung radioaktiver Reststoffe und Behandlung radioaktiver Abfälle bleiben weiterhin in Betrieb. Im Reaktorhilfsanlagen- und im Aufbereitungsgebäude stehen beispielsweise Sortieranlagen, Pressen, Zerlegeplätze, Dekontaminationsanlagen und Messeinrichtungen zur Verfügung.

Um den Anfall von Reststoffen und Abfällen während der Stilllegung und des Abbaus zu bewältigen, ist der Aufbau weiterer Einrichtungen vorgesehen (Reststoffbehandlungszentrum RBZ).

Hierfür werden vorhandene Gebäudeteile und Raumbereiche umgenutzt.

### 3.3 Anlagenhistorie

Die Errichtung und der Betrieb des Kernkraftwerks Brokdorf (KBR) sind nach § 7 Absatz 1 des Atomgesetzes (AtG) genehmigt.

Die nachfolgende Übersicht gibt einen chronologischen Überblick über die Phasen der Errichtung und der Inbetriebnahme bis zum Erreichen der Erlaubnis zum unbefristeten Betrieb der Anlage KBR im Oktober 1986.

12.03.1974	Antragsstellung durch die Nordwestdeutsche Kraftwerke AG (NWK) auf Errichtung und Betrieb des Kernkraftwerkes Brokdorf gemäß § 7 AtG
25.10.1976	Erteilung der ersten Teilerrichtungsgenehmigung (Pfahlgründung des Reaktorgebäudes)
19.02.1981	Erteilung der zweiten Teilerrichtungsgenehmigung (Gründung des Schalt- und Reaktorhilfsanlagengebäudes sowie aller Rohbau- und Ausbauarbeiten des Reaktorgebäudes)
08.01.1982	Erteilung der dritten Teilerrichtungsgenehmigung (Errichtung aller weiteren Kraftwerksgebäude)
21.12.1982	Erteilung der vierten Teilerrichtungsgenehmigung (Errichtung sämtlicher maschinen- und elektrotechnischer Anlagenteile, Durchführung der nichtnuklearen Inbetriebnahme)
30.12.1985	Erteilung der ersten Teilbetriebsgenehmigung
03.10.1986	Erteilung der zweiten Teilbetriebsgenehmigung
08.10.1986	1. Kritikalität
14.10.1986	Erste Netzsynchroisation
22.12.1986	Beginn des kommerziellen Leistungsbetriebs

Während der Betriebszeit wurde die Anlage regelmäßig auf Basis des Stands von Wissenschaft und Technik überprüft und angepasst. Die wesentlichen Änderungen an den bestehenden Anlagenteilen wie auch an neuen Einrichtungen wurden über das atomrechtliche Genehmigungsverfahren eingebracht. Die folgende Auflistung gibt einen Überblick der wichtigsten Anlagenänderungen:

02.04.1993	Errichtung einer zusätzlichen (dritten) Netzeinspeisung
19.12.2000	Einbau des gefilterten Druckentlastungssystems für den Reaktorsicherheitsbehälter
12.04.2001	Nachrüstung der Druckabsicherungseinrichtung Primärkreis (PDE)

25.07.2002	Errichtung des Wasserstoffabbausystem mittels autokatalytischer Rekombinatoren
23.05.2006	Erhöhung der thermischen Reaktorleistung auf 3.900 MW

### 3.4 Radiologischer Ausgangszustand der Anlage

Ab dem Zeitpunkt des endgültigen Abschaltens der Anlage KBR nimmt das Gesamtaktivitätsinventar in der Anlage aufgrund des natürlichen radioaktiven Zerfalls ständig ab. Durch Maßnahmen zur Vorbereitung des Abbaus nach Abschalten der Anlage (im Nachbetrieb bzw. nach Erteilung der 1. SAG), wie beispielsweise dem sukzessiven Entfernen der Brennelemente oder der Primärkreisdekontamination (FSD), wird das Gesamtaktivitätsinventar der Anlage schrittweise gezielt deutlich gesenkt.

Zu Beginn der Stilllegung und des Abbaus befinden voraussichtlich sich noch ca. 750 Brennelemente (BE) und ca. 300 Sonderbrennstäbe (SBS) im BE-Lagerbecken. Das Gesamtaktivitätsinventar im KBR wird für diesen Zeitpunkt auf ca.  $1 \text{ E}+19 \text{ Bq}$  geschätzt. Es ist zu mehr als 99 % in den noch vorhandenen Brennelementen und Sonderbrennstäben enthalten. Nach Abtransport der BE und SBS verbleiben weniger als 1 % des ursprünglichen Aktivitätsinventars zum Zeitpunkt der Abschaltung in der Anlage (Größenordnung  $< 1 \text{ E}+17 \text{ Bq}$ ):

- Diese Restaktivität ist zum überwiegenden Teil in Form von Aktivierungsprodukten in den Materialien des Reaktordruckbehälters, seiner Einbauten und des Biologischen Schildes fest eingebunden und somit nicht unmittelbar freisetzbar.
- Nur ein kleiner Teil der nach Abtransport der BE und SBS verbleibenden Restaktivität der Anlage KBR liegt in Form von Kontamination vor und befindet sich vorwiegend auf den inneren Oberflächen verschiedener Systeme und zu einem geringen Anteil auf den äußeren Oberflächen von Komponenten oder Gebäudestrukturen.
- Am Standort KBR befinden sich ebenso radioaktive Abfälle in unterschiedlichen Verarbeitungszuständen in den dafür vorgesehenen Bereichen (z. B. im Fasslager).

Nachfolgend wird das Aktivitätsinventar des KBR zum Zeitpunkt der voraussichtlichen Erteilung der 1. SAG (1 Jahr nach Abschaltung) im Einzelnen zusammenfassend beschrieben.

### 3.4.1 Inventar an Radionukliden

Der radiologische Zustand der endgültig abgeschalteten und abzubauenen Anlage KBR wird zu diesem Zeitpunkt durch folgendes gekennzeichnet:

- Eine Neubildung radioaktiver Stoffe findet nicht mehr statt. Aufgrund des radioaktiven Zerfalls nimmt die Radioaktivität in der Anlage seit dem Zeitpunkt der Abschaltung ständig ab.
- Das Jod 131 (I-131) als Spaltprodukt wird nicht mehr gebildet. Seine Aktivität in der Anlage ist aufgrund seiner Halbwertszeit von 8 Tagen praktisch vollständig abgeklungen.
- Radioaktive Edelgase als unmittelbare Spaltprodukte werden nicht mehr gebildet. Aufgrund der Halbwertszeit sind die radioaktiven Edelgase – bis auf Krypton 85 – bereits zerfallen. Mit Entfernen der BE und SBS ist Krypton 85 (Kr-85, Halbwertszeit 10,8 Jahre) nur noch theoretisch in nicht nennenswerten Spuren in der Anlage vorhanden und daher radiologisch nicht relevant.
- Die wesentlichen, noch in KBR vorhandenen Spalt- und Aktivierungsprodukte sind
  - Kobalt 60 (Co-60) mit einer Halbwertszeit von 5,3 Jahren,
  - Cäsium 137 (Cs-137) mit einer Halbwertszeit von 30,0 Jahren,
  - Eisen 55 (Fe-55) mit einer Halbwertszeit von 2,7 Jahren und
  - Nickel 63 (Ni-63) mit einer Halbwertszeit von 100,6 Jahren.

In aktivierten Betonbauteilen können auch Europium 152/154 (Eu-152/154, Halbwertszeiten 13,5 / 8,6 Jahre), Tritium (H-3, Halbwertszeit 12,3 Jahre) und Kohlenstoff 14 (C-14, Halbwertszeit 5.700 Jahre) enthalten sein.

- Alle weiteren Radionuklide (z. B. Strontium/Yttrium 90 (Sr-90/Y-90), Chlor 36 (Cl-36), Mangan 54 (Mn-54), alphastrahlende Radionuklide) werden in Summe einen Anteil von deutlich unter 10 % der Gesamtaktivität ausmachen.
- Kohlenstoff 14 (C-14) wurde im Primärkühlmittel während des Leistungsbetriebs gebildet und ist nur in wenigen Systemen vorhanden.
- Tritium (H-3) entsteht bei Spaltprozessen oder durch Neutroneneinfang. Es ist noch in Wasserkreisläufen, in Kontaminationen und im aktivierten Beton enthalten.
- Silber 110 (Ag-110, Halbwertszeit 249,8 Tage) entsteht durch Neutroneneinfang (Aktivierung der RDB-Deckeldichtung) und ist in Systemen, die mit Primärkühlmittel in Berührung gekommen sind, in geringen Mengen vorhanden.

- Antimon 125 (Sb-125, Halbwertszeit 2,8 Jahre) entsteht aus Aktivierung von Schmierstoffen im Primärkreis und ist im Primärkreis nur in geringen Mengen vorhanden. Antimon 124 (Sb-124) ist aufgrund seiner Halbwertszeit von 60,2 Tagen bei Beginn des Restbetriebs fast vollständig abgeklungen.
- Alphastrahlende Radionuklide befinden sich noch in den BE und den SBS sowie in sehr geringem Umfang als Verunreinigungen im BE-Lagerbecken, im RDB und in den angeschlossenen Primärkreissystemen.

Dementsprechend können als Folge von Stilllegung und Abbau im Wesentlichen nur folgende, in der Anlage verbliebene radioaktive Stoffe abgegeben werden:

- Radioaktive Aerosole mit der Fortluft (z. B. bei Dekontaminationsarbeiten oder Trennarbeiten). Diese enthalten hauptsächlich die Radionuklide Fe-55, Co-60, Ni-63 und Cs-137;
- C-14 und H-3 mit der Fortluft;
- Radioaktive Nuklide mit dem Abwasser (z. B. aus der Verdampferanlage), hauptsächlich H-3.

Für die Strahlenexposition des Personals und der Umgebung sind während des Restbetriebs die radiologisch wirksamen Radionuklide Co-60, Cs-137 und Sr-90 zu berücksichtigen. Sämtliche Maßnahmen im Rahmen des Strahlenschutzes werden von diesen Nukliden abgeleitet. Der hierfür anzuwendende Nuklidvektor wird regelmäßig überprüft und angepasst.

Durch eine sorgfältige, an die jeweilige Aufgabe und den Anwendungsbereich angepasste radiologische Charakterisierung wird sichergestellt, dass vorliegende Aktivitäten zuverlässig erkannt werden. Der oben beschriebene, natürliche radioaktive Zerfall und die sich räumlich und im Verlauf des Abbaus auch zeitlich verändernden Nuklidverteilungen finden hierbei Berücksichtigung.

### **3.4.2 Brennelemente und Sonderbrennstäbe**

Nach Einstellung des Leistungsbetriebs werden die Brennelemente aus dem Reaktor ausgeladen und in das BE-Lagerbecken gebracht. Das Aktivitätsinventar der Brennelemente und Sonderbrennstäbe wird zum Zeitpunkt des Abschaltens auf ca.  $1 \text{ E}+19 \text{ Bq}$  geschätzt.

Die im BE-Lagerbecken lagernden BE und SBS sollen so früh wie möglich aus dem Reaktorgebäude herausgebracht werden. Sie werden in Transport- und Lagerbehältern (z. B. CASTOR®-Behältern) in das vorhandene Standortzwischenlager verbracht werden.

### 3.4.3 Aktivierte Anlagenteile

Während des Leistungsbetriebs wurden Anlagenteile durch Neutronenstrahlung aktiviert. Diese sind im Wesentlichen der RDB, die RDB-Einbauten und der Biologische Schild. Die aktivierten Reaktor- und Anlagenteile weisen 1 Jahr nach Reaktorabschaltung eine Gesamtaktivität von ca.  $5,3 \text{ E}+16 \text{ Bq}$  auf. Dieser Wert resultiert aus konservativen Aktivierungsberechnungen, die spezifisch für KBR durchgeführt wurden.

In Abbildung 3-8 sind die berechneten Werte der Aktivierung für einzelne Bauteile des RDB, der RDB-Einbauten und für den Biologischen Schild zusammengestellt. Die Aktivierung wird von den Nukliden Co-60, Fe-55 und Ni-63 bestimmt. Zusätzlich trägt im aktivierten Beton des Biologischen Schilds Eu-152 dominant zur Aktivität bei.

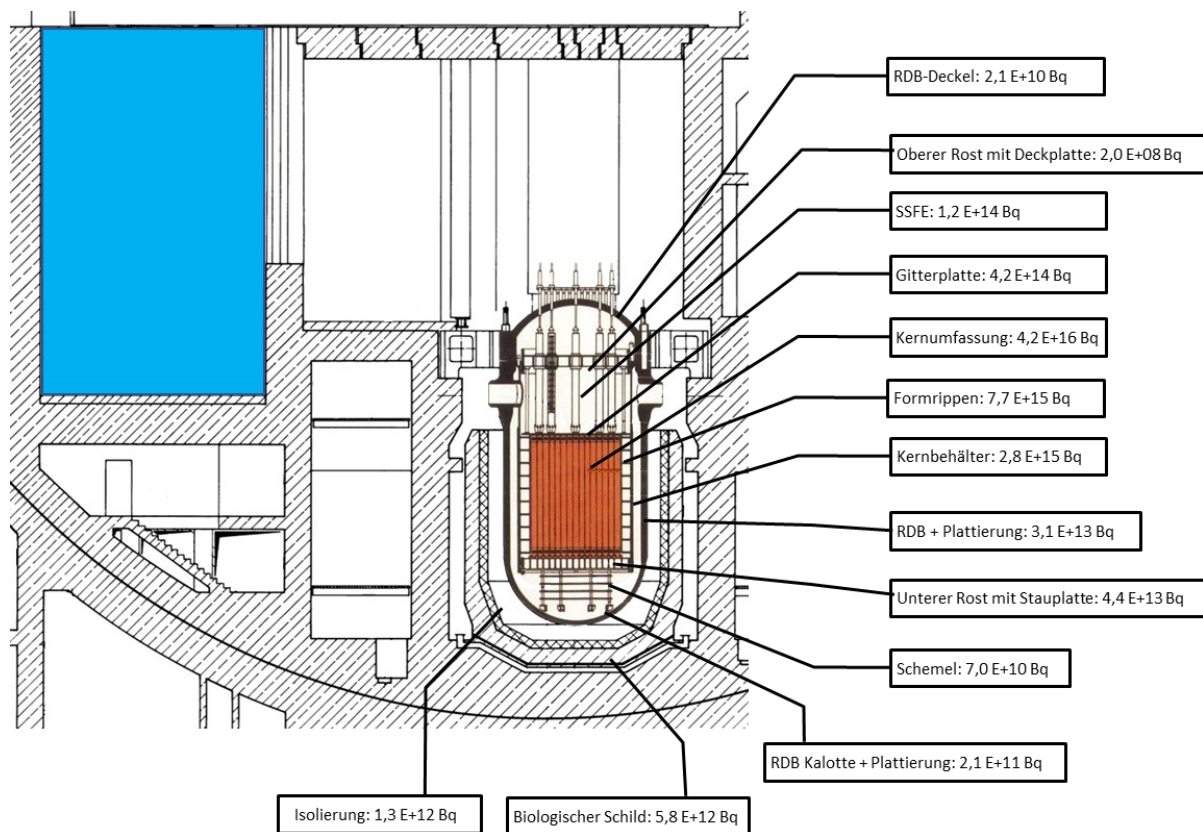


Abbildung 3-8: Übersicht der Ergebnisse der Aktivierungsberechnung: Gesamtaktivitäten für den RDB, die RDB-Einbauten und den Biologischen Schild (1 Jahr nach Abschalten der Anlage); Angaben in Becquerel (Bq)



### 3.4.4 Radioaktive Betriebsabfälle

Zum Zeitpunkt der Erteilung der 1. SAG können sich noch radioaktive Betriebsabfälle aus dem Leistungs- und Nachbetrieb am Standort KBR befinden (z. B. im Fasslager oder im Lager für kontaminierte Teile). Das Aktivitätsinventar dieser Betriebsabfälle beträgt ca.  $7,5 \text{ E}+11 \text{ Bq}$  (Referenzzeitpunkt: 31.12.2019).

Auch im Restbetrieb werden radioaktive Betriebsabfälle anfallen, wie z. B. Verdampferkonzentrate oder Ionenaustauscherharze.

Radioaktive Betriebsabfälle werden in Abfallbehälter (z. B. MOSAIK®-Behälter) fachgerecht verpackt und nach Pufferlagerung in ein Zwischenlager (z. B. TBH-KBR, ALG) zur Aufbewahrung verbracht.

### 3.4.5 Kontaminierte Anlagenteile

Die meisten Außenoberflächen von Anlagenteilen, Systemen, Komponenten oder Gebäudestrukturen im Kontrollbereich sind nicht oder nur geringfügig kontaminiert. Die Kontamination ist durch luftgetragene Aktivität oder durch Leckagen erfolgt. In der Regel ist dies eine nicht-festhaftende Kontamination, die durch einfache Dekontaminationsmaßnahmen, wie z. B. Abwischen, beseitigt werden kann. Der Beitrag zum Aktivitätsinventar der Anlage ist gering und bewegt sich in der Größenordnung von  $1 \text{ E}+12 \text{ Bq}$ . Dieser Wert basiert auf der Bewertung der eigenen Datenbasis (Routinemessungen, Messungen der Arbeitsplatzüberwachung, etc.) sowie Erfahrungen vergleichbarer Anlagen mit vergleichbarer Betriebshistorie.

Kontaminationen an Innenoberflächen von Anlagenteilen sind dort vorhanden, wo diese von radioaktiven Betriebsmedien durchströmt wurden. Dies betrifft insbesondere den Primärkreis, ggf. anschließende Systeme sowie mit Primärkühlmittel beaufschlagte Hilfs- und Nebenanlagen. Es ist vorgesehen, wie in anderen vorhergehenden PEL-Abbauprojekten, eine Primärkreisdekontamination (Full System Decontamination, FSD) durchzuführen. Geplanter Beginn ist im Nachbetrieb, sie kann auch nach Erteilung der 1. SAG noch fortgeführt werden. Mit einer FSD wird die Kontamination an den Innenoberflächen des Primärkreises weitgehend chemisch entfernt und aus den Systemen ausgetragen. Diese ausgetragene Aktivität wird gebunden, in Abfallbehälter (z. B. MOSAIK®-Behälter) fachgerecht verpackt und nach Pufferlagerung in ein Zwischenlager zur Aufbewahrung verbracht.

Somit wird durch die FSD der radiologische Zustand der Anlage verbessert, so dass sich die Kollektivdosis für das bei Stilllegung und Abbau vor Ort tätige Personal deutlich reduziert. Erfahrungen aus

anderen PEL-Abbauprojekten zeigen, dass mit der FSD die durchschnittliche Raumdosisleistung in den Dekontaminationsbereichen deutlich gesenkt werden konnte.

Die nach Durchführung der FSD verbleibende Restkontamination der inneren Oberflächen verschiedener Systeme des Primärkreises ist festhaftend und bewegt sich voraussichtlich in der Größenordnung von  $4 \text{ E}+12 \text{ Bq}$ .

#### **3.4.6 Dosisleistung im Kontrollbereich**

Das Niveau der Dosisleistung im Kontrollbereich des KBR (außer Sperrbereiche) liegt im überwiegenden Teil der Räume im Bereich von  $1 \text{ } \mu\text{Sv/h}$  oder weniger.

### **3.5 Radiologische Charakterisierung**

Unter der radiologischen Charakterisierung wird die Feststellung des Zustands einer kerntechnischen Anlage insgesamt oder von Anlagenteilen hinsichtlich Kontamination, Aktivierung und Dosisleistung verstanden /15/.

Zur Vorbereitung der Stilllegung und insbesondere für die Planung und Durchführung des Abbaus einschließlich der Entsorgung des anfallenden Materials werden radiologische Daten benötigt. Die radiologische Charakterisierung dient der Ermittlung dieser Daten, die den o. g. radiologischen Zustand der Anlage bzw. von Anlagenteilen beschreiben bzw. verifizieren. So werden mittels der radiologischen Charakterisierung u. a. Eingangsgrößen für die Freigabe nach §§ 31 – 42 StrlSchV /7/ oder für die strahlenschutztechnische Planung bestimmt.

#### **3.5.1 Vorgehensweise**

Die radiologische Charakterisierung in der Anlage erfolgt abgestuft.

Es werden Daten erhoben, die zur Festlegung der Abbaustrategie sowie zur Ermittlung des Mengengerüsts für die Entsorgung erforderlich sind (**radiologische Basischarakterisierung**). Hier werden Daten aus dem Leistungsbetrieb, Berechnungen und bereits vorliegende Informationen (z. B. Daten aus dem radiologischen Arbeitsschutz) herangezogen. Die Ergebnisse der Basischarakterisierung bildeten die Grundlagen dieses Sicherheitsberichts.

Der radiologische Zustand eines Systems, abzubauenden Anlagenteils, Raum oder Raumteils, Gebäudes oder einer Bodenfläche wird durch Mess- und Beprobungsprogramme verifiziert (**radiologische Detailcharakterisierung**). Bei zu demontierenden Anlagenteilen erfolgt dies, soweit nicht z. B. aus Gründen des radiologischen Arbeitsschutzes oder fehlender Zugänglichkeit unmöglich, vor Abbaubeginn und diese radiologische Charakterisierung erfolgt hauptsächlich durch die Entnahme und anschließende Messung von Materialproben. Räume, Gebäude und Bodenflächen werden im Zuge der Freigabe charakterisiert und dies erfolgt grundsätzlich an der stehenden Struktur durch Messungen in Verbindung mit Probenahmen.

Art und Umfang an benötigten Messungen und Probenahmen werden durch das Charakterisierungsziel, d. h. die geplante Verwendung der Daten, wie beispielsweise für die Ermittlung und/oder Bestätigung von Nuklidvektoren, festgelegt.

### 3.5.2 Ablauf der radiologischen Detailcharakterisierung

Abbildung 3-9 stellt die grundsätzliche Vorgehensweise zur detaillierten radiologischen Charakterisierung dar:

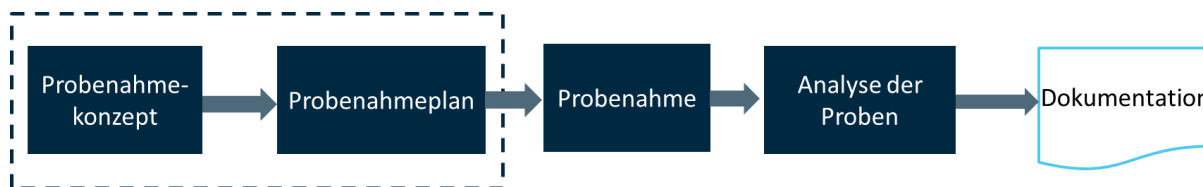


Abbildung 3-9: Ablauf der radiologischen Detailcharakterisierung

Grundlegender erster Schritt ist die Abstimmung eines Mess- und Probenahmekonzepts zwischen den beteiligten Organisationseinheiten Strahlenschutz, Entsorgung sowie nach Bedarf Technik/Rückbau und Betrieb, d. h. die Abstimmung der Zielsetzung der radiologischen Charakterisierung und wesentlicher Rand- und Rahmenbedingungen zur Durchführung der radiologischen Charakterisierung.

Ausgangspunkt bei der Erstellung des Mess- und Probenahmeplans ist die Zusammenstellung und Bewertung vorliegender Informationen und Kenntnisse zum zu charakterisierenden System bzw. Anlagenteil, Raum, Raumteil, Gebäude oder Bodenfläche. So werden grundlegende Daten zur erwarteten Kontamination bzw. Aktivierung u. a. aus der Basischarakterisierung, der Anlagenfahrweise, aus der FSD, der komponentenspezifischen Verfahrenstechnik sowie den eingesetzten Werkstoffen abgeleitet und in die Bewertung einbezogen. Ebenfalls in die Bewertung mit einbezogen

werden existierende Ergebnisse von Messungen und Probenahmen sowie die Zugänglichkeit des zu charakterisierenden Bereichs bzw. Anlagenteils.

Unter Berücksichtigung aller relevanter Einflussfaktoren auf das radiologische Bild des entsprechenden Systems bzw. Anlagenteils, Raums, Raumteils, Gebäudes oder Bodenfläche ist eine abdeckende, jedoch auf das Notwendige beschränkte Probenahme möglich, auch um die Strahlenexposition des mit den Probenahmen und Messungen betrauten Personals so gering wie möglich zu halten.

Basierend auf diesen Betrachtungen werden die Anzahl und Arten der Messungen und zu entnehmenden Proben sowie die exakten Orte der Probenahmen und Messungen im Mess- und Probenahmeplan festgelegt und die Messungen und Probenahmen an den festgelegten Orten durch qualifiziertes Personal durchgeführt.

### **3.5.3 Mess- und Beprobungsmethoden**

Für die radiologische Charakterisierung der Anlage kommen u. a. folgende Mess- und Beprobungsmethoden zum Einsatz:

- Dosisleistungsmessungen,
- Kontaminationsbestimmung mittels Wischtestnahmen und Direktmessungen,
- Gammaspektrometrische In-situ-Messungen,
- Entnahmen von Materialproben mit anschließender Messung.

Dosisleistungsmessungen, Direktmessungen und gammaspektrometrische In-situ-Messungen werden direkt vor Ort durchgeführt. Wischtests und Materialproben werden vor Ort genommen und in Laboren oder an Messplätzen ausgewertet.

Die Dosisleistungs- und Kontaminationsmessungen werden entsprechend den im KBR üblichen und bewährten Messverfahren und mit für diese Messzwecke geeigneten Messgeräten durchgeführt. Ebenso können neuartige oder weiterentwickelte Messverfahren und -geräte zum Einsatz kommen, wenn ihre Einsatzeignung vorab nachgewiesen wurde.

Die Messungen und die Probenauswertungen erfolgen ausschließlich mit qualifizierten Messgeräten, die einer Inbetriebsetzungsprüfung unterzogen und wiederkehrend geprüft werden. Werden Proben durch externe Labore ausgewertet, erfolgen diese bei einem akkreditierten Labor oder bei einem

Labor, das durch eine atomrechtliche Aufsichtsbehörde akzeptierte, qualitätsgesicherte Messverfahren einsetzt.

### **Dosisleistungsmessungen**

Dosisleistungsmessungen werden u. a. durchgeführt:

- in Räumen,
- an Rohrleitungen und sonstigen Komponenten von Systemen.

Dosisleistungsmessungen erfolgen sowohl raum- als auch systembezogen. Damit wird das Dosisleistungsniveau in den Räumen, Raumbereichen, an Systemen, Komponenten und Gebinden ermittelt. Die Dosisleistungsmessungen dienen somit u. a. der Verifizierung der Klassifikation der Räume des Kontrollbereichs, der Dosisabschätzung sowie der Festlegung strahlenschutztechnischer Maßnahmen, wie z. B. dem Anbringen von Abschirmungen oder Aufenthaltsbeschränkungen. Sie können auch zur Bestimmung von Probenahmeorten herangezogen werden.

### **Kontaminationsbestimmung**

Kontaminationen werden über Direktmessung, Wischtests, gammaspektrometrischer In-situ-Messungen oder durch die Entnahme und anschließende Messung von Materialproben bestimmt. Hieraus werden Informationen über die Höhe, ggf. nuklidspezifische Zusammensetzung, räumliche Verteilung und die Ausdehnung der Kontamination

- bei Oberflächen in Räumen einschließlich den äußeren Oberflächen von Systemen und
- bei inneren Oberflächen von Systemen

ermittelt.

Die Bestimmung der Kontamination auf äußeren Oberflächen (Wände, Böden, Decken und Systeme) erfolgt mittels Direktmessung, Wischtests, gammaspektrometrischer In-situ-Messungen oder Materialproben.

Die Bestimmung der Kontamination auf den inneren Oberflächen von Systemen basiert in der Regel auf der Beprobung der Systeme (Materialproben). Sofern die inneren Oberflächen der Systeme direkt zugänglich sind (z. B. Revisionsklappen, geöffnete Komponenten und Rohrleitungen), können auch Wischtests genutzt werden.

Die Direktmessungen der Kontamination (z. B. mittels Oberflächenkontaminationsmonitor) erfassen sowohl festhaftende als auch abwischbare Kontamination. Für die Messung muss die Oberfläche des zu messenden Anlagenteiles gut zugänglich sein und die Untergrundstrahlung muss hinreichend gering sein. Zwischen der Detektorfläche und der zu messenden Oberfläche muss ein definierter Abstand eingehalten werden.

Wischtests erfassen ausschließlich abwischbare Kontamination, d. h. von leicht mobilisierbarer Aktivität. Es wird damit die Höhe und bei Bedarf die nuklidspezifische Zusammensetzung der abwischbaren Kontamination bestimmt.

Mit Materialproben wird die festhaftende Kontamination bestimmt.

### **Gammaspektrometrische In-situ-Messungen**

Gammaspektrometrische In-situ-Messungen erfolgen für Gebäude, Räume, Raumteile, Teile eines Systems (z. B. Behälter, Pumpen) oder Bodenflächen. Neben der Ermittlung der Oberflächenkontamination bzw. der spezifischen Aktivität besteht das Ziel der Messungen in der Angabe des Aktivitätsverhältnisses zwischen den beiden Schlüsselnukliden Co-60 und Cs-137 und ggf. weiterer Radionuklide, die sich gamma-spektrometrisch messen lassen.

Mit gammaspektrometrischen In-situ-Messungen werden festhaftende und nicht-festhaftende Aktivität gleichzeitig gemessen.

### **Entnahme von Materialproben**

Materialproben sind Proben von Komponenten, Gebäudestrukturen, Schüttgütern, Bodenflächen, Schlämmen, Sedimenten oder Flüssigkeiten. Die Probenahme erfolgt unter Anwendung bewährter Probenahmeverfahren, deren Eignung bei der Charakterisierung in kerntechnischen Anlagen oder anderen PEL-Projekten nachgewiesen wurde.

Von Komponenten (z. B. Behälter, Rohrleitungen, Kabel) können als Probe ganze Materialstücke herausgesägt oder anderweitig herausgetrennt werden. Ebenso ist es möglich, kleinere Teile (z. B. Bauteile einer Armatur) als Materialprobe zu verwenden. Weitere Möglichkeiten für die Probennahme an Komponenten sind Materialproben z. B. als Kratz-, Bohrspar- oder Fräspalten.

An Gebäudestrukturen werden meist Stocker- oder Bohrmehlproben genommen. Beim Stockern wird mit einem sogenannten Stockermeißel Material von der Oberfläche gelöst (abgestockert) und als

Probe aufgefangen. Sollen Proben aus tieferen Schichten gewonnen werden, kann das z. B. durch Kernbohrungen realisiert werden. Vom Bohrkern wird dann ein Teil herausgesägt und als Materialprobe verwendet. Ebenso können einfache Bohrungen zur Probengewinnung genutzt werden. Dabei wird das Bohrmehl als Probe aufgefangen.

Bei der Beprobung von Bodenflächen, Schmelzen, Schüttgütern, Schlämmen, Flüssigkeiten o. ä. wird eine festgelegte Materialmenge als Probe entnommen.

Materialproben werden meist gammaspektrometrisch ausgewertet. Das Messprinzip ist dasselbe wie bei gammaspektrometrischen In-situ-Messungen, jedoch erfolgt die Messung in einem Messlabor.

## **4. ARBEITSBEREICHE, VERFAHREN UND ABBAUEINRICHTUNGEN**

### **4.1 Arbeitsbereiche**

#### **4.1.1 Allgemeines**

Das Abbaukonzept sieht vor, dass in verschiedenen Bereichen des KBR (Räume und Raumbereiche unterschiedlicher Gebäude- und Gebäudeteile) gleichzeitig und unabhängig voneinander Abbau-tätigkeiten stattfinden.

Für den zielgerichteten Umgang mit Reststoffen, aus- bzw. abgebauten Anlagenteilen und Abfällen ist in Abhängigkeit ihres Entsorgungsziels der Aufbau einer hierfür geeigneten Infrastruktur der betrieblichen Reststoffbearbeitung, Abfallkonditionierung sowie für zugehörige Messungen erforderlich. Entsprechende Einrichtungen sind z. B.:

- Anlagen und Werkzeuge zur Nachzerlegung,
- Anlagen zur Dekontamination,
- Anlagen zum Verpressen,
- Anlagen zur Trocknung von Reststoffen und Abfallgebinden sowie
- Bereiche für die Orientierungs- und Entscheidungsmessungen für die Freigabe nach §§ 31 – 42 StrlSchV /7/.

Zur Erfüllung dieser Aufgaben wird zunächst die am Standort KBR bereits vorhandene Infrastruktur, wie beispielsweise Räumlichkeiten und Einrichtungen, weitergenutzt. Zusätzlich ist eine Erweiterung (Aus- und Aufbau) der Infrastruktur mit neuen Einrichtungen und Raumbereichen vorgesehen. Zur Gewinnung der dafür benötigten Flächen werden ausgewählte Raumbereiche in ihrer Nutzung geändert und ihren neuen Aufgaben angepasst.

Die hiermit verbundenen Nutzungsänderungen schließen die Schaffung von Pufferlagerflächen im Sinne der „ESK-Leitlinien zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen“ /4/, den Um- bzw. Ausbau von Transportwegen sowie die Einrichtung und Änderung betrieblicher Strahlenschutzbereiche mit ein. Die wesentlichen erforderlichen Arbeitsbereiche sind:

- Zerlegeplätze,
- Bereiche zur Dekontamination,
- Bereiche zur Konditionierung,



- Bereiche für Radioaktivitätsmessungen und
- Pufferlager.

#### **4.1.2 Reststoffbehandlungszentrum**

Bei der Nutzungsänderung von Raumbereichen für den Umgang mit Reststoffen, aus- bzw. abgebauten Anlagenteilen und Abfällen wird eine optimierte Reststoffbearbeitung verfolgt, die mit dem sog. „Reststoffbehandlungszentrum (RBZ)“ umgesetzt wird.

Das RBZ wird in den bestehenden Gebäuden eingerichtet. Es verteilt sich im Wesentlichen auf Raumbereiche im Reaktorgebäude, im Reaktorgebäude-Ringraum, im Reaktorhilfsanlagegebäude und im Aufbereitungsgebäude.

Bereits am Abbauort und an den Plätzen der manuellen Nachdemontage und Nachzerlegung des RBZ erfolgt eine Sortierung nach Materialgruppen (z. B. Metalle, Beton, sonstige Materialien usw.) und/oder Entsorgungszielen.

Die zentralen Einrichtungen des RBZ sollen verschiedene Stationen enthalten, denen jeweils eigene Aufgaben zugewiesen sind. Folgende Stationen sind u. a. vorgesehen:

- manuelle Nachdemontage,
- thermische und mechanische Nachzerlegung,
- Sortierung,
- Nassdekontamination,
- Trockendekontamination,
- Betonbrecher,
- Kabelschredder,
- Orientierungsmessung,
- Entscheidungsmessung,
- Verpresseinrichtungen,
- Fasstrocknung,
- Einrichtungen zur Handhabung und Verpackung des radioaktiven Abfalls.

Die konkrete Ausgestaltung des RBZ wird entsprechend den zur Verfügung stehenden Flächen, der logistischen Anbindung an die Abbaubereiche und dem Abbaufortschritt gewählt. Ziel ist es, die Transportwege und Handhabungen hinsichtlich der daraus resultierenden Strahlenexpositionen zu optimieren.

Frei werdende Raumbereiche können für die Einrichtungen des RBZ umgenutzt werden.

Korrespondierend mit dem Abbaufortschritt werden die Einrichtungen der betrieblichen Reststoffbearbeitung und -entsorgung in ihrer Kapazität angepasst, den logistischen Erfordernissen entsprechend räumlich umgesetzt und zum Ende des Abbaus wieder abgebaut.

Bei allen Nutzungsänderungen und sonstigen Veränderungen von Raumbereichen werden die Belange des Strahlenschutzes, der Arbeitssicherheit, des Brand- und Umweltschutzes sowie der Baustatik berücksichtigt.

#### **4.1.3 Zerlegeplätze**

In der Regel werden die verschiedenen Komponenten der Anlage vor Ort demontiert und zerlegt. Soweit erforderlich werden sie an speziell eingerichteten Zerlegeplätzen nachdemontiert bzw. nachzerlegt.

Die Zerlegeplätze verfügen bedarfsgerecht über Einrichtungen, wie z. B.:

- Zerlegewerkzeuge, z. B. Sägen, Schneidbrenner,
- Einhausungen,
- Absaugungen,
- mobile Überwachung der Raumluft und der Dosisleistung in den Arbeitsbereichen,
- Hebezeuge,
- Material- und Personenschleusen an den Zerlegeplätzen.

Bei der Zerlegung wird darauf geachtet, dass durch geeignete Maßnahmen die Strahlenexposition des Personals so gering wie möglich gehalten wird.

Der Bereich, in dem eine Zerlegung durchgeführt wird, wird nach Bedarf gegenüber angrenzenden Bereichen abgeschirmt (z. B. durch eine Abschirmwand) und lüftungstechnisch abgetrennt. Sofern durch das jeweilige Trennverfahren Aerosole gebildet werden können, kommen zusätzlich mobile Filteranlagen zum Einsatz. Bereiche für eine Nachzerlegung befinden sich z. B. im Reaktorhilfsanlagengebäude.

Ein Sonderfall sind die aktivierten Komponenten. Diese werden teilweise fernhantiert bzw. fernbedient unter Wasser zerlegt. Für die Nachzerlegung unter Wasser stehen der RDB und der Bereich des Reaktor-, Abstell- und Transportbehälterbeckens sowie das BE-Lagerbecken zur Verfügung. Soweit BE und SBS noch vorhanden sind, wird die Rückwirkungsfreiheit auf diese gewährleistet (siehe Kapitel 5.2.1 und 5.2.2).

#### **4.1.4 Bereiche zur Dekontamination**

Für die Reinigung kontaminierter Komponenten werden im RBZ zusätzlich zu den in der Anlage bereits vorhandenen Einrichtungen weitere Dekontaminationsanlagen zur Nass- und Trockendekontamination installiert. Bei der Positionierung der Einrichtungen sollen lange Transportwege vermieden sowie ein störungsfreier Materialfluss gewährleistet werden.

Unterschieden nach den durchzuführenden Aufgaben können folgende Dekontaminationsbereiche eingerichtet werden:

- Bereiche für die begleitende Dekontamination bei den Abbau- und Demontagearbeiten,
- Bereiche für die Dekontamination ausgebaute Teile,
- Bereiche für die Dekontamination von Gebäudestrukturen.

Die Bereiche zur Dekontamination verfügen bei Bedarf über Einrichtungen, wie z. B.:

- Dekontaminationswerkzeuge,
- Einhausungen,
- Absaugungen,
- mobile Überwachung der Raumluft und der Dosisleistung in den Arbeitsbereichen,

- Hebezeuge,
- Material- und Personalschleusen.

#### **4.1.5 Bereiche zur Konditionierung**

In Bereichen zur Konditionierung wird radioaktiver Abfall behandelt und/oder verpackt. Konditionierungsmaßnahmen sind z. B. Trocknen, Verpressen, Zementieren und Verpacken.

Für die Installation und den Betrieb von Hilfseinrichtungen werden Räume und Raumbereiche des Reaktorgebäudes, des Reaktorhilfsanlagegebäudes und des Aufbereitungsgebäudes genutzt.

Es besteht die Möglichkeit, Abfälle am Standort KBR oder extern zu konditionieren. Für die Konditionierung am Standort KBR werden eigene Konditionierungseinrichtungen oder mobile Anlagen von externen Dienstleistern genutzt.

Die aktivierten Reaktordruckbehältereinbauten werden vorrangig unter Wasser zerlegt und in Abfallbehälter eingebracht. Alternativ werden die Einsatzkörbe mit Zerlegeteilen mit entsprechender Abschirmtechnik (z. B. Abschirmglocke) trocken in Abfallbehälter eingebracht.

#### **4.1.6 Bereiche für Radioaktivitätsmessungen**

Hierzu gehören Raumbereiche, in denen notwendige Messungen zur Aktivitäts- bzw. zur Kontaminationsbestimmung durchgeführt werden, z. B. zur Steuerung des Materialflusses. Bei der Auswahl der Raumbereiche wird darauf geachtet, dass die Untergrundstrahlung die vorzunehmenden Messungen nicht unzulässig beeinträchtigt.

Es wird unterschieden zwischen Raumbereichen für Freigabemessungen, Raumbereichen für Orientierungs- oder Kontrollmessungen und Raumbereichen für den Laborbetrieb, wie beispielsweise zur Auswertung von Proben.

#### **4.1.7 Transportwege**

Für den Transport von abgebauten Anlagenteilen, radioaktiven Reststoffen und radioaktiven Abfällen innerhalb der Gebäude des KBR werden die vorhandenen Transportwege genutzt, angepasst oder es werden ggf. neue Transportwege eingerichtet. Die Transporte auf dem Betriebsgelände erfolgen auf den vorhandenen Transportwegen, die ggf. auch angepasst werden, und auf befestigten Flächen (siehe Abbildung 4-1).

Bevorzugt wird die vorhandene Infrastruktur, wie z. B. Hebezeuge und Transportwege, unter Berücksichtigung geänderter Randbedingungen, z. B. Herabstufen von Anforderungen an Hebezeuge, weiter genutzt.

Für die mit radioaktiven Abfällen oder radioaktiven Reststoffen beladenen Behälter, welche nach Beladung auf öffentlichen Straßen transportiert werden sollen, gelten die Anforderungen nach dem Transportrecht GGVSEB /16/ und ADR /17/. Gleiche Anforderungen gelten auch für den An- bzw. Abtransport von mobilen Einrichtungen zur Konditionierung zum bzw. vom KBR.

#### **4.1.8 Pufferlagerung**

Neben den bereits im KBR für die betriebliche Lagerung von radioaktiven Stoffen vorhandenen Räumen und internen Lagern werden für Stilllegung und Abbau zusätzlich weitere Pufferlagerflächen innerhalb des Kontrollbereichs und außerhalb des Kontrollbereichs im Überwachungsbereich eingerichtet. Diese Pufferlagerflächen werden u. a. erforderlich und zur temporären Unterbringung genutzt:

- zum Abstellen von Material, das nicht sofort zum nächsten Arbeitsbereich weitertransportiert werden kann oder soll,
- zur Bildung von Chargen zur Vorbereitung des Transports zur externen Behandlung bzw. Konditionierung,
- zur Lagerung von Gebinden, Behältern und temporär nicht benötigtem Demontageequipment,
- zur getrennten Lagerung von Reststoffen nach Erfordernissen des Freigabeprozesses (z. B. Trennung von freigemessenen, noch nicht freigegebenen von freigegebenen Reststoffen),
- der Lagerung von Stoffen im Herausgabeverfahren,
- zur Transportbereitstellung z. B. in ein Zwischenlager.

Zur Minimierung der Strahlenexpositionen des tätigen Personals im Sinne des § 8 StrlSchG /5/ sowie zur Verhinderung von Weiterverbreitung radioaktiver Stoffe oder ihrer Aufnahme in den Körper werden von der Organisationseinheit „Strahlenschutz“ für die jeweiligen Pufferlagerflächen u. a. radiologische Randbedingungen (z. B. Dosisleistungs- und Kontaminationsrichtwerte) vorgegeben sowie die Festlegungen, welche radioaktiven Reststoffe und Abfälle gelagert werden dürfen, getroffen.

Pufferlagerflächen im Überwachungsbereich werden im erforderlichen Umfang eingerichtet. Die Pufferlagerung außerhalb des Kontrollbereichs erfolgt in geeigneten Verpackungen, die den für das jeweilige Material notwendigen Schutz (z. B. Schutz vor Kontaminationsverschleppung, Querkontamination, Witterung, Zugriff Unbefugter) gewährleisten.

Durch die Pufferlagerung von und den Umgang mit radioaktiven Stoffen sowie durch Transport- und Bereitstellungsvorgänge im Überwachungsbereich während des Restbetriebs und des Abbaus resultiert eine zusätzliche Direktstrahlung. Um die Einhaltung des Grenzwerts für die Exposition der Bevölkerung gemäß § 80 StrlSchG /5/ sicherzustellen, werden geeignete Maßnahmen wie die Nutzung von Abschirmungen, die Einhaltung von Abständen oder die optimierte Aufstellung von Gebinden und Behältern auf den Pufferlagerflächen durchgeführt.

Eine mögliche Anordnung potenzieller Pufferlagerflächen im Überwachungsbereich ist Abbildung 4-1 zu entnehmen.

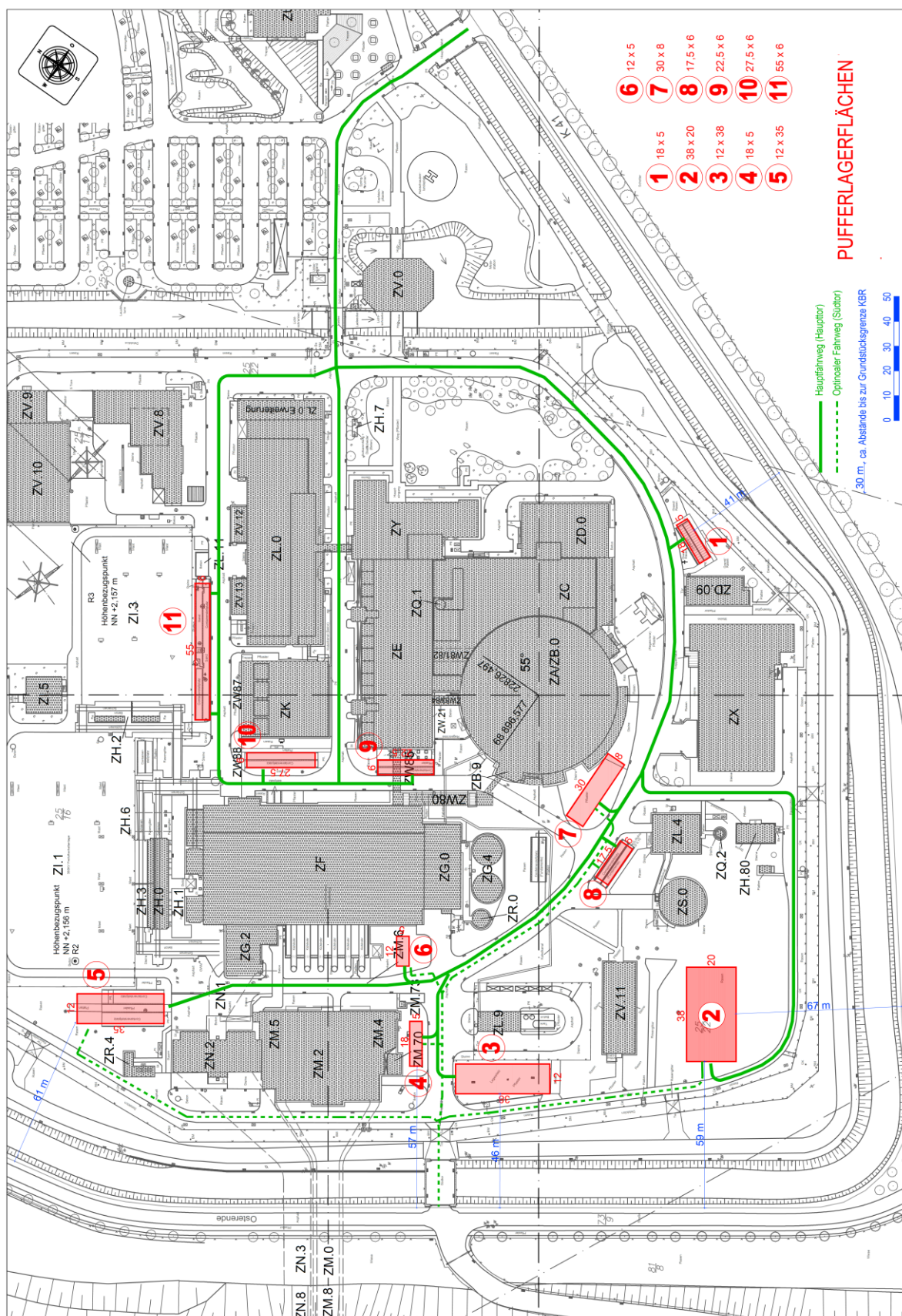


Abbildung 4-1: Potenzielle Pufferlagerflächen und Transportwege im Überwachungsbereich KBR  
(Angaben in m)

#### **4.1.9 Zwischenlagerung**

Radioaktive Abfälle des KBR werden gelagert

- in internen Lagern,
- in der geplanten TBH-KBR,
- in externen Zwischenlagern wie z. B. dem Abfalllager Gorleben (ALG) und der Transportbehälterlager Ahaus (TBL-Ahaus).

Die radioaktiven Abfälle müssen den geltenden Annahmebedingungen des jeweiligen Lagers entsprechen. Bei der innerbetrieblichen Lagerung radioaktiver Abfälle ist die KTA 3604 /18/ zu beachten.

Bei Transporten zu externen Lagern müssen die Abfälle zudem zum Zeitpunkt des Abtransports den Anforderungen des Transportrechts GGVSEB /16/ entsprechen.

#### **4.2 Zerlege-, Dekontaminations- und Konditionierungsverfahren**

Für Zerlegung, Dekontamination und Konditionierung von Anlagenteilen aus kerntechnischen Anlagen stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, welche bereits eine Einsatzeignung im Abbau von kerntechnischen Anlagen (insbesondere anderen PEL Abbauprojekten) bewiesen haben. Diese Verfahren sind langjährig bewährt und entsprechen dem Stand der Technik. Neuartige und weiterentwickelte Verfahren und Gerätetechnik werden erst dann eingesetzt, wenn ihre Einsatzeignung unter Berücksichtigung der für die Tätigkeiten relevanten Schutzziele vorab nachgewiesen wurde.

Die Verfahren werden entsprechend der jeweiligen Aufgabe im Wesentlichen nach folgenden Auswahlkriterien gewählt:

- Strahlenexposition des Personals,
- Freisetzung von Aktivität,
- Anfall von Sekundärabfall,
- Dekontaminierbarkeit der Werkzeuge,
- Zeitbedarf für die Durchführung,



- örtliche Gegebenheiten,
- Effizienz und Ressourceneinsatz.

Danach besteht auch die Möglichkeit, Zerlege-, Dekontaminations- und Konditionierungsschritte extern (In- bzw. Ausland) durchführen zu lassen.

#### **4.2.1 Zerlegeverfahren**

Im Folgenden werden die wichtigsten Verfahren beschrieben, die zu Trennzwecken zum Einsatz gebracht werden können. Welches Verfahren im jeweiligen Fall das geeignetste ist, wird im Einzelfall entschieden. Zusätzlich zu den oben genannten Kriterien können folgende Auswahlkriterien entscheidend sein:

- Eignung für Nass- oder Trockenzerlegung,
- Eignung für Fernhantierung bzw. Fernbedienung,
- Raumbedarf,
- Eigenschaften des zu trennenden Werkstoffes,
- Werkzeugverschleiß.

#### **Mechanische Zerlegeverfahren**

Mechanische Zerlegeverfahren beruhen auf dem mechanischen Trennen des zu zerlegenden Materials. Die beim Trennen entstehenden Partikel (Späne, Stäube, ggf. Aerosole) sind leicht durch Abscheider/Filter aufzufangen. Der Anwendungsbereich mechanischer Zerlegeverfahren umfasst alle Materialien gleichermaßen, insbesondere Metalle und Baustrukturen.

Zu den mechanischen Verfahren zählen z. B.:

- Sägen (z. B. Bügel-, Stich-, Kreis-, Seil-, Ketten-, Bandsägen),
- Fräsen,
- Bohren, Kernbohren,
- Scheren (z. B. Trennscheren, Rohrscheren, Nibbeln, hydraulische Zangen),

- Schneiden (z. B. Wasserabrasivstrahlschneiden),
- Meißeln.

Bestimmte mechanische Zerlegeverfahren können bei komplizierten Geometrien unter Umständen nicht eingesetzt werden oder erlauben nur eine geringere Schnittgeschwindigkeit im Vergleich zu thermischen Zerlegeverfahren.

### **Thermische Zerlegeverfahren**

Beim thermischen Zerlegen wird das zu zerlegende Material an der Trennstelle aufgeschmolzen. Thermische Zerlegeverfahren zeichnen sich durch hohe Schnittgeschwindigkeiten, geringe Rückstellkräfte und universelle Anwendbarkeit (auch bei geringem Raumangebot) aus. Zu beachten sind bei diesem Verfahren die erforderlichen Schutzmaßnahmen bei Aerosolbildung sowie die speziellen Anforderungen des Brandschutzes.

Zu den erprobten und gängigen thermischen Verfahren zählen z. B.:

- autogenes Brennschneiden,
- Plasmaschmelzschnitten,
- Kontakt-Lichtbogen-Metall-Schnitten,
- Elektroerodieren,
- Laserstrahlschnitten.

### **4.2.2 Dekontaminationsverfahren**

Kontaminationen sind Verunreinigungen an der Oberfläche von Materialien durch radioaktive Stoffe. Durch geeignete Dekontaminationsverfahren lassen sich diese Verunreinigungen vom Trägermaterial entfernen und eine Reduzierung des anfallenden radioaktiven Abfalls erzielen.

Dekontamination wird eingesetzt, um die Strahlenexposition des beim Abbau eingesetzten Personals zu minimieren, um Kontaminationsverbreitungen zu verhindern oder um abgebaute kontaminierte Materialien für die weitere Entsorgung, beispielsweise zur Freigabe, vorzubereiten, um so radioaktiven Abfall zu vermeiden.

Welches Verfahren angewendet wird, wird im Einzelfall entschieden. Es werden zusätzlich zu den eingangs genannten Kriterien folgende Auswahlkriterien berücksichtigt:

- Materialart,
- Höhe und Art der Kontamination,
- Dekontaminationsziel,
- Zugänglichkeit der zu reinigenden Oberfläche,
- Strahlenschutz bei der Durchführung.

### **Mechanische Dekontaminationsverfahren**

Bei mechanischer Dekontamination erfolgt die Reinigungswirkung durch eine direkte Bearbeitung der kontaminierten Oberfläche mit einem geeigneten Werkzeug. Mechanische Dekontaminationsverfahren setzen eine gute Zugänglichkeit der zu dekontaminierenden Bereiche voraus. Sie sind relativ einfach anwendbar und es fallen in der Regel leicht handhabbare Sekundärabfälle an. Je nach Verfahren sind relativ geringe Materialabträge (z. B. Wischen) bis relativ hohe Materialabträge (Strahlverfahren) erzielbar. Folgende Techniken werden unter anderem zum Einsatz gebracht:

- Abwischen,
- mechanische Bearbeitung wie z. B. Bürsten, Fräsen, Schaben, Raspeln, Schmirgeln, Schleifen,
- Absaugen,
- Hochdruckreinigen, z. B. mittels Wasser, Dampf oder Trockeneis,
- Strahlen mit festen abrasiven Mitteln (z. B. Sand oder Stahlkörner).

### **Chemische Dekontaminationsverfahren**

Bei der chemischen Dekontamination wird das kontaminierte Material mit geeigneten Stoffen in Verbindung gebracht, um über chemische Reaktionen eine Dekontamination zu erreichen. Die chemische Dekontamination kann für Anlagenteile oder geschlossene Systeme eingesetzt werden. Es sind Bereiche von Anlagenteilen dekontaminierbar, die mit mechanischen Verfahren nicht ohne Weiteres zugänglich sind (z. B. Innenoberflächen von Armaturen).

Es können verschiedene Dekontaminationsverfahren eingesetzt werden, die durch chemische Reaktion eine Dekontamination bewirken:

- elektrochemische Verfahren (z. B. Elektropolieren),
- Tauchbäder mit chemischen Zusätzen (Lösungsmittel, Laugen, Säuren, Komplexbildner),
- Dekontamination mit Oxidations-/Reduktionsmitteln.

### **Einschmelzen von metallischen Materialien zur Dekontamination**

Beim Einschmelzen von metallischen Reststoffen (z. B. Metallschrott oder Blei) erfolgt die Dekontamination während des Schmelzvorgangs durch nuklidspezifische Partitionierung, d. h. die Radionuklide gehen in die unterschiedlichen Fraktionen (Schmelze/Produktmetall, Schlacke, Stäube bzw. Abluft) über. Die aus der Schmelze entstehenden Gießlinge sind nur noch geringfügig radioaktiv und können in der Regel freigegeben werden. Die entstehenden Prozessabfälle (Schlacken, Filterstäube, Filter) werden aufgrund der Aufkonzentration der Radioaktivität als radioaktiver Abfall entsorgt.

Das Einschmelzen von Metallschrott wird in der Regel bei einem externen Dienstleister durchgeführt.

### **Weitere Dekontaminationsverfahren**

Neben den genannten Verfahren haben folgende Dekontaminationsverfahren praktische Bedeutung:

- Ultraschallreinigung,
- Abschälen von Kabelisolierungen,
- Schreddern und Separieren von Materialfraktionen.

Diese Dekontaminationsverfahren können Vorteile bei der Dekontamination schwer zugänglicher Stellen bieten.

## **4.2.3 Konditionierungsverfahren**

Unter Konditionierung versteht man die Herstellung von Abfallgebinden durch Behandlung und/oder Verpackung des radioaktiven Abfalls /19/. Wenn es unter radiologischen Gesichtspunkten und Aspekten der Effizienz und des Ressourceneinsatzes nicht sinnvoll ist, die abgebauten Materialien zu dekontaminieren und einer Freigabe zuzuführen oder diese Materialien der Verwertung oder Wiederverwendung zuzuführen, muss das Material als radioaktiver Abfall behandelt und entsorgt werden.

Ziel ist es, bei der Konditionierung das Volumen der radioaktiven Abfälle zu minimieren und die Abfälle fachgerecht unter Berücksichtigung der Annahmebedingungen des jeweiligen Lagers und bei einem Transport auf öffentlichen Verkehrswegen unter Berücksichtigung der Vorgaben des Transportrechts zu verpacken.

Die Arbeiten zur Konditionierung umfassen die Behandlung der radioaktiven Abfälle und die Verpackung in geeignete Abfallbehälter. Die Konditionierungskampagnen können am Standort KBR oder bei externen Dienstleistern durchgeführt werden. Für die Konditionierung am Standort KBR werden eigene Konditionierungseinrichtungen oder mobile Anlagen von externen Dienstleistern genutzt.

Insbesondere können die im Folgenden aufgeführten Konditionierungsverfahren eingesetzt und ggf. auch miteinander kombiniert werden:

### **Verpressung**

Mit der Verpressung wird eine Volumenreduzierung erreicht. Feste Abfälle (z. B. Isolierungen, Metallschrotte, Kunststoffe) werden z. B. in Presstrommeln verfüllt und anschließend unter hohem Druck verpresst. Die daraus entstehenden Presslinge werden in Abfallbehälter fachgerecht verpackt.

### **Entwässerung/Trocknung/Zementierung**

Trocknungsverfahren werden bei der Behandlung von feuchten radioaktiven Abfällen eingesetzt, um sicherzustellen, dass Korrosion, biologische Prozesse (z. B. Gärung) oder Gasbildung (z. B. Wasserstoff) bei einer längeren Lagerung in Abfallbehältern ausgeschlossen sind. So werden nach einer Konditionierung von festen Abfällen durch Verpressen noch feuchte Presslinge getrocknet. Ebenso werden flüssige radioaktive Abfälle (wie z. B. Schlämme, Verdampferkonzentrate, Filterkonzentrate, Ionenaustauscherharze) und feuchte abrasive Mittel (z. B. Schleifmittel) entwässert und getrocknet. Dies kann in mobilen oder fest installierten Einrichtungen am Standort oder auch extern in dafür zugelassenen Konditionierungsstätten durchgeführt werden.

Das Zementierungsverfahren kann eingesetzt werden, um z. B. Schlämme, Verdampferkonzentrate, Filterkonzentrate oder Ionenaustauscherharze mit dem Ziel einer fachgerechten Verpackung mit Zement zu vermengen und zu verfestigen.

Die Zementierung dient gleichfalls zum Fixieren und zur sicheren Einbettung von radioaktivem Abfall in einem Behälter. Hier wird mit speziellen Verfahren der radioaktive Abfall in einem Behälter in einer Zement-Matrix eingebunden (z. B. zur Fixierung von Fässern in Behältern).

### **Verbrennung**

Für brennbare radioaktive Abfälle (z. B. Schutzkleidung, Reinigungsmaterialien und Folien) stehen externe Verbrennungsanlagen mit entsprechenden Genehmigungen zur Verfügung. Die bei der Verbrennung erzeugten Rückstände (z. B. Aschen und Filterstäube) werden z. B. in Presstrommeln verpackt und anschließend unter hohem Druck verpresst. Die Presslinge werden in einen Abfallbehälter fachgerecht verpackt und somit wird ein Abfallgebinde hergestellt.

### **Brechen**

Mit dem Brechen werden mineralische Materialien (z. B. Bohrkerne) in definierte Korngrößen gebracht. Der radioaktiv belastete Bauschutt wird zur Resthohlraumverfüllung von Abfallgebinden verwendet.

### **Weitere Konditionierungsverfahren**

Als weitere Konditionierungsverfahren können sich die Filtrierung, die Zerkleinerung oder die Sortierung anbieten.

## **4.3 Abbaueinrichtungen, Geräte und Werkzeuge**

Es steht derzeit eine Vielzahl von Verfahren und Gerätetechniken für Abbau, Demontage, Zerlegung und Konditionierung zur Verfügung, deren Eignung für den Abbau in anderen kerntechnischen Anlagen nachgewiesen wurde. Der Erfahrungsübertrag aus laufenden und abgeschlossenen PEL Abbauprojekten ist eine wesentliche Planungsgrundlage für die Auswahl von Abbauverfahren und zugehöriger Gerätetechnik für den Abbau von Anlagenteilen des KBR.

Es kommen grundsätzlich nur bewährte Verfahren entsprechend dem Stand der Technik zum Einsatz. Neuartige und weiterentwickelte Verfahren und Gerätetechnik werden erst dann eingesetzt, wenn ihre Einsatzeignung unter Berücksichtigung der für die Abbautätigkeiten relevanten Schutzziele vorab nachgewiesen werden konnte.

Abhängig vom radiologischen Zustand der zu demontierenden Anlagenteile werden zur Demontage und Zerlegung Nass- oder Trockenverfahren eingesetzt. Die Verfahren werden abhängig von den spezifischen örtlichen Gegebenheiten im Arbeitsbereich (z. B. Radiologie, Platzverhältnisse) mit manueller, fernhantierter oder fernbedienter Gerätetechnik durchgeführt. Bei der Auswahl des Verfahrens für die jeweilige Abbaumaßnahme werden Kriterien vergleichbar der Auswahl von Zerlegeverfahren angewendet.

### **Manuelle Demontage und Zerlegung**

Manuelle Abbauarbeiten werden mit handgeführten Geräten bzw. Werkzeugen durchgeführt. In der Regel sind dies Standardausführungen industrieller Werkzeuge, wie z. B.:

- Schraubwerkzeuge,
- Metallbohrer und -fräser,
- Nibbler, Trennscheren, Rohrscheren,
- Bügel-, Stich-, Kreis-, Band-, Seilsägen,
- Trennschneider, Trennschleifer,
- Schneidbrenner,
- Presslufthämmer, Nadelhämmer,
- Kernbohrer, handgeführte Betonfräsen.

Manuelle Arbeitsschritte bei Demontage, Abbau, Transport und Verpackung werden so ausgeführt, dass die Anforderungen der Arbeitssicherheit, des Brand- und Strahlenschutzes berücksichtigt werden.

### **Fernhantierter oder fernbedienter Abbau**

Bei Bedarf wird bei der Demontage von Anlagenteilen mit höherer spezifischer Aktivität die Gerätetechnik, soweit realisierbar, mit Stangenwerkzeugen modifiziert, so dass eine fernhantierter Bedienung möglich ist. Durch die Vergrößerung des Abstands zwischen Abbaupersonal und Strahlungsquellen verringert sich die Strahlenexposition für das Personal. Fernhantierte Unterwasserarbeiten werden (z. B. manuell) von Brücken und Bühnen oberhalb der Wasseroberfläche aus gesteuert. Hierbei kann bei Erfordernis auch unterwassertaugliche Kameratechnik unterstützend eingesetzt werden.

Bei Anlagenteilen, bei denen zur Sicherstellung des Strahlenschutzes eine fernhantierte Demontage und Zerlegung nicht ausreicht, kann eine fernbediente Demontage und Zerlegung durchgeführt werden. Dabei kann die Gerätetechnik per Kamera-Überwachung zentral von einem Leitstand aus gesteuert werden, der sich in einer nahezu beliebigen Entfernung von der jeweiligen Abbaueinrichtung (auch in einem Container außerhalb von Anlagengebäuden) befinden kann.

### **Nasszerlegung**

Speziell für die Zerlegung und die Verpackung von Anlagenteilen mit hoher spezifischer Aktivität (hierunter fallen aktivierte Anlagenteile wie z. B. Reaktordruckbehälter-Einbauten) erfolgt eine fernbediente bzw. fernhantierte Durchführung der Abbauarbeiten bei Verwendung von Abschirmungen zur Minimierung der Strahlenexposition des Abbaupersonals. Die Abschirmwirkung bei der Nasszerlegung wird dadurch erreicht, dass eine Wasserüberdeckung für den entsprechenden Arbeitsbereich vorgehalten wird.

Neben spezieller, extra für den spezifischen Einsatzzweck konstruierter Gerätetechnik kommt auch Standard-Technik zum Einsatz, die den Anforderungen eines Unterwassereinsatzes entsprechend angepasst wird.

Bei der Auswahl und der konstruktiven Gestaltung dieser Gerätetechnik wird sowohl die Unterwassertauglichkeit als auch eine gute Dekontaminierbarkeit der Gerätetechnik berücksichtigt.

Soweit Reinigungsanlagen für das Wasser erforderlich sind, z. B. zum Reinigen des Wassers während bzw. nach Abschluss von Nasszerlegearbeiten, werden die vorhandenen betrieblichen Einrichtungen oder spezielle, größtenteils mobile Reinigungsanlagen eingesetzt.

### **Trockenzerlegung**

Für die Zerlegung von Anlagenteilen mit einer niedrigen spezifischen Aktivität ist eine Hantierung unter Nutzung von abschirmender Wasserüberdeckung nicht erforderlich. Sind aus Gründen des Strahlenschutzes (ALARA-Prinzip) andere Abschirmungen erforderlich, werden diese in Form von z. B. festinstallierten oder mobilen Wänden, z. B. aus Blei, Stahl oder Beton, bereitgestellt. Die Reinigung der Abluft innerhalb dieser Zerlegebereiche kann, sofern erforderlich, mit mobilen Abluftfilteranlagen sichergestellt werden.



## **5. DER ABBAU DES KERNKRAFTWERKS BROKDORF**

### **5.1 Allgemeines**

Die PEL hat für alle ihre bereits stillgelegten Kernkraftwerke Würzgassen, Stade, Unterweser, Isar 1 und Grafenrheinfeld nach deren endgültigem Abschalten den Weg des direkten Abbaus gewählt und so bereits umfassende Erfahrungen beim Abbau von Kernkraftwerken sammeln können.

Auch das KBR wird unverzüglich (direkt) abgebaut. Dies entspricht § 7 Abs. 3 S. 4 AtG /1/ in Verbindung mit § 2 Abs. 1 S. 1 des Entsorgungsfondsgesetzes /20/, wonach für die PEL und das KBR der direkte Abbau gesetzlich vorgeschrieben ist.

Der beantragte nukleare Abbau findet weitgehend innerhalb der Kontrollbereichsgebäude statt. Die während des nuklearen Abbaus anfallenden Massen stellen nur einen kleinen Massenanteil an der Gesamtanlage KBR dar. Der überwiegende Teil der abzubauenden Massen des KBR fällt im Rahmen des konventionellen Gebäudeabrisses an, der nicht zum hier beantragten Genehmigungsumfang gehört.

Die im Zusammenhang mit dem Abbau von Anlagenteilen stehenden Arbeiten (z. B. Ausbau, Demontage, Zerlegung, Konditionierung) werden gemäß Betriebshandbuch (BHB) für die Stilllegung und den Abbau unter Berücksichtigung der relevanten Rahmenbedingungen geplant, abgewickelt und die damit verbundenen Änderungen dokumentiert.

Bei den Arbeiten im KBR wird weiterhin das „Verfahren zur Vorbereitung und Durchführung von Instandhaltungs- und Änderungsverfahren im KBR“ angewandt. Dieses bewährte Verfahren fand bereits im Leistungsbetrieb Anwendung und ist in der „Instandhaltungs- und Abbauordnung (IHAO)“ (Betriebshandbuch Teil 1, Kapitel 3) für den Restbetrieb geregelt. Damit wird sichergestellt, dass bei Arbeiten

- keine Gefährdung von Personen oder eine Beeinträchtigung der Anlagensicherheit eintritt und
- die einschlägigen Bestimmungen (z. B. StrlSchG /5/, StrlSchV /7/, Gefahrstoffverordnung – GefStoffV /21/, Arbeitsstättenverordnung – ArbStättV /22/, Unfallverhütungsvorschriften, behördliche Auflagen und Anordnungen) und betriebliche Regelungen (z. B. Betriebsordnungen, Anweisungen) beachtet werden.

Der Abbau von Anlagenteilen erfolgt nach folgenden Grundsätzen:

- Übergeordnet werden die Anforderungen des Strahlen-, Arbeits- und Brandschutzes sowie des Umweltschutzes beachtet.
- Solange sich noch Brennelemente oder Sonderbrennstäbe im BE-Lagerbecken befinden, finden nur Abbauarbeiten ohne Rückwirkung auf ihre sichere Lagerung, Handhabung und Kühlung statt.
- Sollten im Arbeitsbereich Strahlenquellen vorhanden sein, werden diese bei Bedarf und Realisierbarkeit zwecks Reduzierung der Strahlenexposition des Abbaupersonals abgeschirmt oder wenn möglich entfernt.
- Abzubauende Systeme oder Teilsysteme werden von nicht oder später zu demontierenden Systemen oder Teilen an definiert vorgegebenen Stellen gekennzeichnet und getrennt. Die weiterbetriebenen Teilsysteme werden an den Schnittstellen verschlossen.
- Vor dem Abbau baulicher Strukturen werden statische Untersuchungen durchgeführt, soweit die Standsicherheit betroffen sein kann.

Weiterhin erfolgen mit dem Abbaufortschritt zusammenhängende systemtechnische Anpassungen sowie abbaugerichtete Änderungen der Restbetriebssysteme. Gegebenenfalls werden Funktionen von Restbetriebssystemen – z. B. wenn sie für die verbliebenen Anforderungen überdimensioniert sind oder den Abbau behindern – von geeigneten Ersatzsystemen übernommen. Unter Beachtung der betrieblichen Regelungen inklusive des aufsichtlichen Verfahrens bei technischen Änderungen werden erforderliche systemtechnische und administrative Anpassungen und Ersatzmaßnahmen realisiert. Dies betrifft im Wesentlichen:

- Lüftung,
- Beleuchtung,
- Stromversorgung,
- Deionatversorgung,
- Abwasseraufbereitung,
- Druckluftversorgung,
- Kommunikationseinrichtungen,
- Brandschutz,

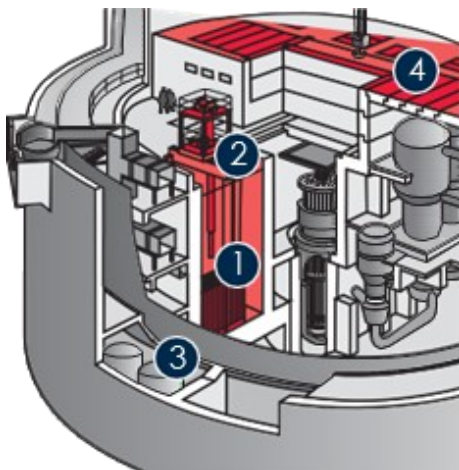
- Zugangsregelungen,
- Flucht- und Rettungswege,
- Messeinrichtungen zur Strahlungs- und Aktivitätsüberwachung.

Während des Abbaus werden alle kontaminierten und aktivierten Anlagenteile aus dem Kontrollbereich abgebaut und entsorgt sowie die Kontaminationsfreiheit der Gebäude und des Geländes nachgewiesen. Nach Freigabe bzw. Herausgabe der Gebäude und des Geländes wird die Anlage aus der atomrechtlichen Überwachung entlassen. Ein Abriss der Gebäude erfolgt nach Maßgabe des dafür einschlägigen Rechts.

Der anfallende radioaktive Abfall wird in Behälter fachgerecht verpackt. Die Abfallgebinde werden ggf. nach Pufferlagerung zur Aufbewahrung an die TBH-KBR oder in ein externes Zwischenlager (z. B. TBL-Ahaus oder ALG) übergeben, bis ein Endlager des Bundes oder ein zentrales Bereitstellungslager zur Verfügung steht und der Abtransport dorthin erfolgt.

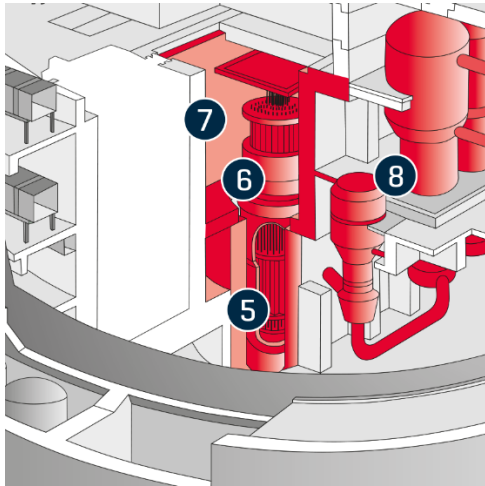
Die folgende Abbildung 5-1 stellt die Schwerpunkte der Stilllegung und des nuklearen Abbaus dar.

#### Vorbereitende Maßnahmen



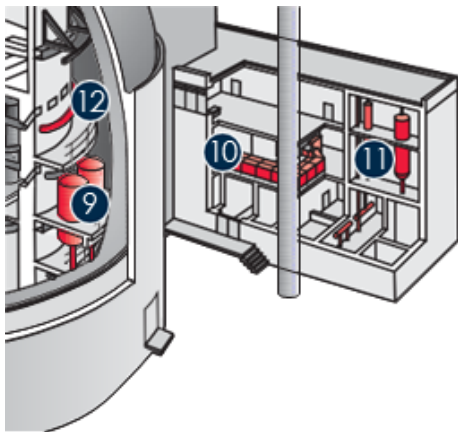
- ① Fortführen des Beladens von Transport- und Lagerbehältern (z. B. CASTOR®-Behälter) mit Brennelementen und Sonderbrennstäben zur Überführung in das vorhandene Standortzwischenlager
- ② Stillsetzen und Demontieren von Systemen und Einrichtungen, die nicht mehr benötigt werden, z. B. BE-Lagergestelle und Lademaschine
- ③ Schaffung von Platz für das Reststoffbehandlungszentrum (RBZ) und Aufbau von Behandlungstechnik
- ④ Entfernen von Betonriegeln

### Rückbau von Großkomponenten



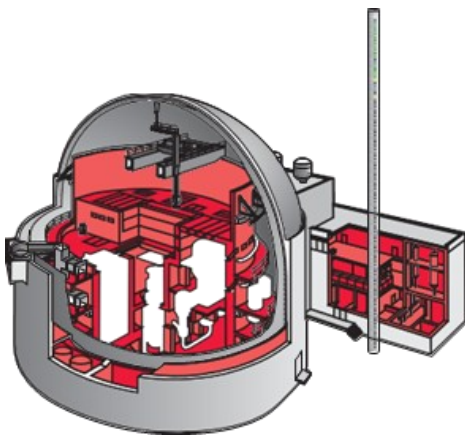
- ⑤ Zerlegung der Einbauten des Reaktordruckbehälters
- ⑥ Demontage Reaktordruckbehälter (RDB)
- ⑦ Demontage Biologischer Schild
- ⑧ Begleitend: Demontage von Rohrleitungen, Armaturen und Pumpen; Dampfzeuger

### Rückbau von Infrastruktur



- ⑨ Demontage Druckspeicher
- ⑩ Demontage Lüftung
- ⑪ Demontage Abwasseraufbereitung
- ⑫ Demontage Kabeltrassen

### Schrittweiser Rückzug aus dem Kontrollbereich



Verbliebene Gebäudestrukturen werden gereinigt und dekontaminiert, bis sie die Anforderungen an die Freigabe erfüllen. So ergibt sich eine stufenweise Verkleinerung und schließlich Aufhebung des Kontrollbereichs.

Abbildung 5-1: Schwerpunkte der Stilllegung und des nuklearen Abbaus

Konzeptionelle Regelungen zu Änderungen und zum Abbau der Anlagen werden in diesem Bericht gemäß aktueller Planung beschrieben und später im aufsichtlichen Verfahren (gemäß § 19 AtG /1/) sukzessive zur endgültigen Entscheidung vorgelegt und umgesetzt.

## **5.2 Abbauphase 1**

### **5.2.1 Phasenabschnitte**

Zur Planung des zeitlichen Ablaufs und zur Erläuterung unterschiedlicher verfahrenstechnischer Anlagenzustände wird die Abbauphase 1 in mehrere Abschnitte aufgeteilt.

#### **Abbauphase 1 Abschnitt A (kurz 1A) – Es befinden sich noch Brennelemente (BE) im BE-Lagerbecken:**

Mit Erteilung der 1. Stilllegungs- und Abbaugenehmigung beginnen die Stilllegung und der Abbau. Im BE-Lagerbecken befinden sich sowohl bestrahlte BE als auch Sonderbrennstäbe (SBS). Daher können die Abbautätigkeiten nur soweit erfolgen, wie die Rückwirkungsfreiheit auf die sichere Lagerung, Handhabung und Kühlung der BE und SBS sichergestellt ist. Die BE werden sukzessive aus dem BE-Lagerbecken entfernt und in das Standortzwischenlager für bestrahlte BE verbracht. Mit abnehmender Anzahl von bestrahlten BE im BE-Lagerbecken sinkt zusätzlich zum Abklingen die verbleibende Nachzerfallsleistung.

Die Handhabung bestrahlter BE und deren Verpackung in Transport- und Lagerbehälter werden unter Wasser mit den gleichen Handhabungseinrichtungen durchgeführt wie auch während des Leistungs- und Nachbetriebs. Hierfür erforderliche Einrichtungen stehen bis zum Abtransport der BE und SBS zur Verfügung.

#### **Abbauphase 1 Abschnitt B (kurz 1B) – BE-Freiheit:**

In diesem Abschnitt befinden sich nur noch Sonderbrennstäbe (SBS) in der Anlage. Die im BE-Lagerbecken verbleibenden SBS erfordern auch nach Abtransport der BE eine Wasserüberdeckung zur Abschirmung der ionisierenden Strahlung.

Die SBS werden in Köchern getrocknet und gasdicht gekapselt. Anschließend werden diese Köcher, die die Außengeometrie von Brennelementen aufweisen, analog zu BE und mit den gleichen Einrichtungen in Transport- und Lagerbehältern verpackt und in das Standortzwischenlager transportiert und dort zwischengelagert.

### **Abbauphase 1 Abschnitt C (kurz 1C) – BE- und SBS-Freiheit:**

Alle Brennelemente und Sonderbrennstäbe sind in das Standortzwischenlager überführt worden. Eine Rückwirkung auf BE und SBS ist damit ausgeschlossen.

Das BE-Lagerbecken wie auch das Reaktorbecken und der Abstellraum enthalten ggf. noch kontaminierte und/oder aktivierte Bauteile. Aus Strahlenschutzgründen sind diese Bereiche nach Bedarf weiter mit Wasser gefüllt.

### **Sicherstellung der Rückwirkungsfreiheit auf die Brennelemente und Sonderbrennstäbe**

In den Abschnitten 1A und 1B befinden sich noch Brennelemente oder Sonderbrennstäbe in der Anlage. Daher muss in diesen Abschnitten jederzeit sichergestellt sein, dass alle Tätigkeiten ohne Rückwirkungen auf die BE und SBS erfolgen und die Einhaltung der in Kapitel 5.2.2 genannten Schutzziele gewährleistet ist.

Die Rückwirkungsfreiheit wird durch technische und administrative Maßnahmen sichergestellt, die sich nicht von den Maßnahmen unterscheiden, die hierzu bereits im Leistungsbetrieb getroffen wurden.

So haben die technischen und administrativen Maßnahmen, die für Arbeiten direkt im Bereich der BE und SBS getroffen sind, weiterhin Gültigkeit. Diese sind insbesondere

- Auslegung des Reaktorgebäudekrans, der BE-Lademaschine und der Lastaufnahmemittel gemäß den einschlägigen Anforderungen des kerntechnischen Regelwerks,
- Auslegung neu eingesetzter Gerätetechnik ebenfalls gemäß den einschlägigen Anforderungen des kerntechnischen Regelwerks,
- regelmäßig durchgeführte Wiederkehrende Prüfungen an diesen Einrichtungen, die den geforderten auslegungsgemäßen Zustand bestätigen,
- technische und administrative Maßnahmen, die ein Überfahren des BE-Lagerbeckens mit schweren Lasten verhindern, sofern dies nicht für den Abtransport der Brennelemente oder der Sonderbrennstäbe erfolgt, sowie
- Einsatz von fachkundigem Personal.

Auch bei Arbeiten im Bereich der Systeme, die zur BE-Kühlung weiterhin erforderlich sind, haben die technischen und administrativen Maßnahmen des bisherigen Leistungsbetriebs weiterhin Gültigkeit.

Diese sind insbesondere

- Einhaltung der systemspezifischen Voraussetzungen und Bedingungen für den Restbetrieb,
- Anwendung der qualitätssichernden Verfahrensregelungen zur Vorbereitung und Durchführung von Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten an Systemen, Anlagenteilen und Bauwerken (Arbeitserlaubnisverfahren) unter Beachtung der einschlägigen Bestimmungen und betrieblichen Regelungen,
- grundsätzlich keine Parallelarbeiten in den räumlich getrennten Redundanzen (Räume, Systeme),
- in den Räumen, in denen sich die betroffenen Systeme befinden, werden keine Arbeiten durchgeführt, welche zu einer Unverfügbarkeit dieser Systeme führen könnten,
- Einsatz von fachkundigem Personal,
- Überwachung der Betriebszustände der Systeme,
- regelmäßig durchgeführte Wiederkehrende Prüfungen an diesen Einrichtungen, die den geforderten auslegungsgemäßen Zustand bestätigen.

Weiterhin bleibt das aufsichtliche Verfahren für Instandhaltung und Änderungen bestehen. Das Verfahren wird detailliert im BHB beschrieben und mit Zustimmung der Behörde an die jeweiligen Anforderungen angepasst.

So wird, um die Einbindung der Behörde auch für die abbauspezifischen Aspekte sicherzustellen, das im BHB beschriebene Verfahren um die abbauspezifischen Aspekte Stillsetzung von Systemen, Demontage von Systemen und Nutzungsänderung von Räumen ergänzt und der Behörde zur Zustimmung vorgelegt. Dadurch wird gewährleistet, dass unabhängig von den oben beschriebenen technischen und administrativen Maßnahmen, bei allen abbauspezifischen Tätigkeiten die zuständige Behörde eingebunden wird, so dass die Einhaltung der jeweiligen Schutzziele auch aufsichtlich sichergestellt wird.

### **5.2.2 Schutzziele**

Aufgrund der Lagerung von bestrahlten BE und SBS im BE-Lagerbecken gelten zu Beginn der Stilllegung und des Abbaus wie auch im Leistungs- und Nachbetrieb die drei Schutzziele:

- Kontrolle der Reaktivität,
- Kühlung der Brennelemente,
- Einschluss radioaktiver Stoffe (Aktivitätsrückhaltung).

Neben der Einhaltung dieser Schutzziele wird auch die Einhaltung des grundlegenden radiologischen Sicherheitsziels „Schutz von Mensch und Umwelt vor den schädlichen Auswirkungen ionisierender Strahlung“ gewährleistet. Das Schutzziel „Vermeidung unnötiger Strahlenexposition, Begrenzung und Kontrolle der Strahlenexposition des Betriebspersonals und der Bevölkerung“ gemäß der „ESK-Leitlinien zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen“ /4/ wird dadurch ebenfalls sichergestellt.

Alle Systeme und Einrichtungen, die während der einzelnen Abschnitte zur Erfüllung der bestehenden Schutzziele (direkt oder indirekt) erforderlich sind (z. B. Kühlung der im Becken lagernden bestrahlten Brennelemente), werden in dieser Zeit weder stillgesetzt noch abgebaut. Die Funktion dieser Einrichtungen wird wiederkehrend überprüft. Diese Funktionen dürfen auch nicht in irgendeiner anderen Weise durch die durchgeführten Abbauarbeiten beeinträchtigt oder gestört werden. Die Sicherstellung dieser Anforderungen erfolgt durch Festlegung technischer und administrativer Maßnahmen.

#### **Kontrolle der Reaktivität**

Durch die Geometrie bzw. die Auslegungsmerkmale der Lagergestelle im BE-Lagerbecken und der für die Zwischenlagerung verwendeten Transport- und Lagerbehälter ist die erforderliche Unterkritikalität in den Abschnitten 1A und 1B gewährleistet. Für die Handhabung der BE und SBS wird der erforderliche Mindestborgehalt zur Sicherstellung der Unterkritikalität gewährleistet. Daher ist die Einhaltung dieses Schutzziels sichergestellt.

#### **Kühlung der Brennelemente**

Die bestrahlten Brennelemente befinden sich im BE-Lagerbecken, welches mit Wasser gefüllt ist. Die Lagerung der Brennelemente erfordert eine Abführung der Nachzerfallswärme, die an das Wasser des BE-Lagerbeckens abgegeben wird. Die Wärme wird über Zwischenkühlkreise abgeführt und über das Nebenkühlwasser an die Elbe abgegeben. Ab Abschnitt 1B wird die Wasservorlage im BE-Lagerbecken ggf. noch zu Abschirmzwecken benötigt. Hinsichtlich der SBS wird das Schutzziel „Kühlung der Brennelemente“ inhärent eingehalten.

#### **Einschluss radioaktiver Stoffe (Aktivitätsrückhaltung)**

Auch während des Abbaus wird Vorsorge für den Einschluss radioaktiver Stoffe (Aktivitätsrückhaltung) im Kontrollbereich getroffen. Die Rückhaltung von radioaktiven Stoffen wird u. a. durch gestaffelte



Barrieren wie die Stahlbetonhülle des Reaktorgebäudes, den Reaktorsicherheitsbehälter und weitere Gebäude des Kontrollbereichs sichergestellt.

Die Rückhaltung von Aktivität in der Luft wird durch den Betrieb der Lüftungsanlagen sichergestellt, z. B. durch die Gewährleistung einer gerichteten Luftströmung von außen in den Kontrollbereich bzw. gerichtet aus Raumbereichen mit niedrigem Aktivitätsinventar in Bereiche mit höherem Aktivitätsinventar. Dieses Grundprinzip wird, unter Anpassung an die jeweiligen Erfordernisse, während der gesamten Abbauphase beibehalten.

Durch die vorhandene Abwasseraufbereitung, Systemgrenzen sowie die Gebäudehüllen wird die Rückhaltung von radioaktiven Stoffen im Wasser gewährleistet.

### **5.2.3    Abbauumfang in Abbauphase 1**

In der Abbauphase 1 werden sowohl nicht kontaminierte und nicht aktivierte als auch aktivierte und kontaminierte Anlagenteile im Kontrollbereich des KBR abgebaut sowie auch Anlagenteile, deren Bau, Errichtung und Betrieb – unabhängig davon, ob sie im Kontrollbereich oder Überwachungsbereich eingebaut sind – atomrechtlich genehmigt wurden.

Abbauvorhaben während der Abbauphase 1 werden in allen Gebäuden oder Gebäudebereichen abgewickelt. Es werden Systeme, Einrichtungen und Anlagenteile mit den zugehörigen Versorgungseinrichtungen abgebaut, die nicht mehr für den Restbetrieb benötigt werden. Dies erfolgt unter der Maßgabe der Rückwirkungsfreiheit auf noch im BE-Lagerbecken lagernde, bestrahlte Brennelemente und Sonderbrennstäbe hinsichtlich der einzuhaltenden Schutzziele.

Der Abbauumfang in Abbauphase 1 umfasst im Wesentlichen:

- Abbau, Zerlegung und Verpackung der Reaktordruckbehältereinbauten
- Zerlegung und Verpackung des Reaktordruckbehälterdeckels
- Abbau und Verpackung der Dampferzeuger, des Druckhalters mit Abblasebehälter, der Hauptkühlmittelleitungen, der Hauptkühlmittelpumpen sowie des Rekuperativ-Wärmetauschers und der HD-Kühler
- Zerlegung und Verpackung von Rohrleitungen und Komponenten wie z. B. Speisewasserleitungen, Frischdampfleitungen, Kühlwasserleitungen und Druckspeicher
- Abbau von weiteren radioaktiv kontaminierten/aktivierten Anlagenteilen im Kontrollbereich

- Abbau von Anlagenteilen außerhalb des Kontrollbereichs, die der atomrechtlichen Überwachung unterliegen
- Abbau von kontaminierten/aktivierten Betonstrukturen und deren Entsorgung sowie ggf. der Einbau statischer Ersatzmaßnahmen
- Dekontamination von kontaminierten Betonstrukturen und Gebäudeteilen
- Behandlung und Konditionierung von radioaktiven Reststoffen und Abfällen
- Schaffung von horizontalen und vertikalen Transportwegen wie z. B. Transportöffnungen im Reaktorsicherheitsbehälter.

Im Folgenden werden der Abbau wichtiger Anlagenteile sowie relevante Entsorgungsarbeiten, die in der Abbauphase 1 durchgeführt werden, näher beschrieben. Im Zuge des Abbaufortschritts und der entsprechenden Anpassung des Umfangs der Restbetriebssysteme können Systeme oder Teilsysteme durch Ersatzsysteme abgelöst werden.

### **Abbau RDB-Einbauten**

#### ***Komponentenbeschreibung***

Aufgrund des spezifischen Aufbaus von Druckwasserreaktoren (DWR) können die RDB-Einbauten in drei „Hauptkomponenten“ unterschieden werden (siehe auch Abbildung 5-2):

- Oberes Kerngerüst (OKG)
  - Steuerstabführungseinsätze (SSFE)
  - SSFE- und Tragstützen
  - Deckplatte
  - Oberer Rost
  - Gitterplatte
- Unteres Kerngerüst (UKG)
  - Kernbehälter
  - Kernumfassung
  - Formrippen
  - Untere Tragkonstruktion mit Stauplatte und Unterem Rost
- Schemel

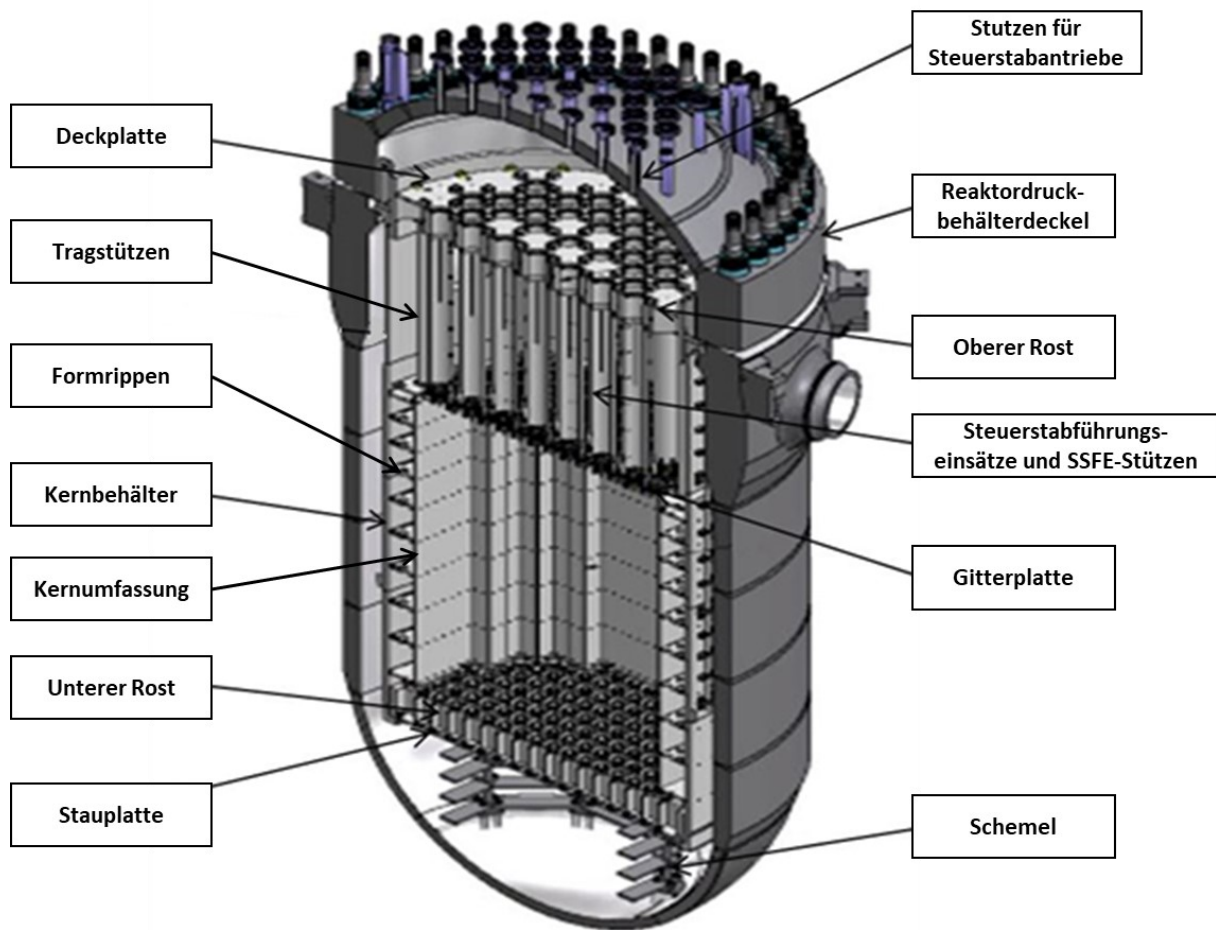


Abbildung 5-2: Exemplarische Übersicht RDB und RDB-Einbauten

Bedingt durch ihre Einbaulage in unmittelbarer Nähe zur Spaltzone sind die RDB-Einbauten stark aktiviert.

### ***Zerlegetechnologie***

Für die Zerlegung der RDB-Einbauten stehen mehrere Verfahren und Techniken zur Verfügung, die in der Vergangenheit in vergleichbaren Projekten ihre Eignung und Betriebsbewährung nachweisen konnten. Der Zerlegeaufgabe angepasst kommen unterwassertaugliche Werkzeuge und Geräte zum Einsatz. Neben mechanischen Verfahren (z. B. Sägen, Fräsen, Schneiden mit Abrasivstrahlmitteln) können auch geeignete thermische Verfahren eingesetzt werden.

### ***Konzeptionelle Beschreibung***

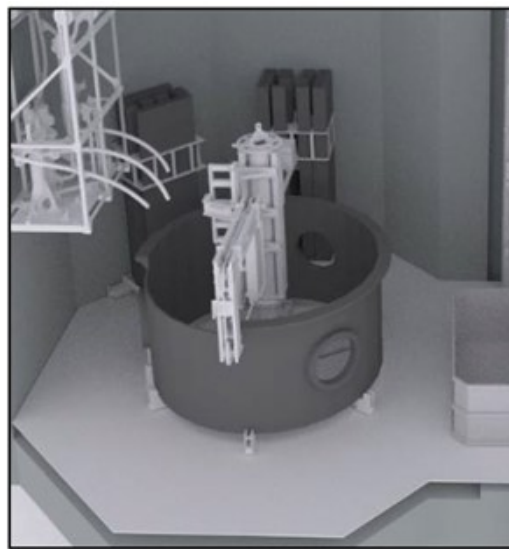
Die Zerlegung der RDB-Einbauten ist in der Reihenfolge von oben nach unten (OKG einschließlich SSFE, UKG, Schemel) geplant.

Die aktuelle Planung geht von einer Zerlegung und Verpackung der RDB-Einbauten fernbedient bzw. fernhantiert hauptsächlich unter Wasser aus. Das Wasser dient hierbei der Abschirmung bei Zerlegung und Verpackung. Zerlege- und Verpackungsplätze werden im gefluteten Reaktor- und Abstellbecken und im RDB selbst installiert und betrieben. Nach BE- und SBS-Freiheit (ab Abschnitt 1C) können entsprechende Bereiche auch im BE-Lagerbecken und Transportbehälterbecken geschaffen werden.

Sofern aus Platz- und Logistikgründen eine parallele Zerlegung und Verpackung von UKG und OKG nicht möglich ist, erfolgt eine serielle Abarbeitung. Abbildung 5-3 zeigt exemplarisch das derzeitige Konzept des Aushebens des UKG und die Nachzerlegung des oberen Teils des Kernbehälters.



Ausheben des Unteren Kerngerüsts



Nachzerlegung des oberen Teils des Kernbehälters

Abbildung 5-3: Schematische Darstellung des Aushebens des UKG und die Nachzerlegung des oberen Teils des Kernbehälters (Quelle: ZerKon, Januar 2018)

Zerlegte RDB-Einbauten werden, sofern diese in hochabschirmende MOSAIK®-Behälter und/oder hochabschirmende Stahlblechcontainer einzubringen sind, zunächst in Einsatzkörbe verbracht.

Gefüllte Einsatzkörbe werden den MOSAIK®-Behältern bzw. Stahlblechcontainern entweder direkt unter Wasser oder mit Hilfe einer Abschirmglocke trocken zugeführt. Bei Einsatz einer Abschirmglocke wird der gefüllte Einsatzkorb in diese eingezogen und in einer zugehörigen Verpackungsstation auf der Beckenflurebene in die bereitgestellten MOSAIK®-Behälter bzw. Stahlblechcontainer eingebracht.

Sofern radioaktive Betriebsabfälle, wie z. B. Steuerelemente, Steuerelement-Antriebsstangen, Drosselkörper, Kerninstrumentierungsanzlen und Füllstandsonden, nicht zuvor im Rahmen von

Entsorgungskampagnen zerlegt und verpackt wurden, kann dies zusammen mit den RDB-Einbauten erfolgen.

### **Abbau Dampferzeuger (DE)**

#### ***Komponentenbeschreibung***

Die vier Dampferzeuger (DE) mit einer Masse von jeweils ca. 365 Mg dienten als Wärmetauscher. Der Aufbau des Dampferzeugers ist in Abbildung 5-4 dargestellt.

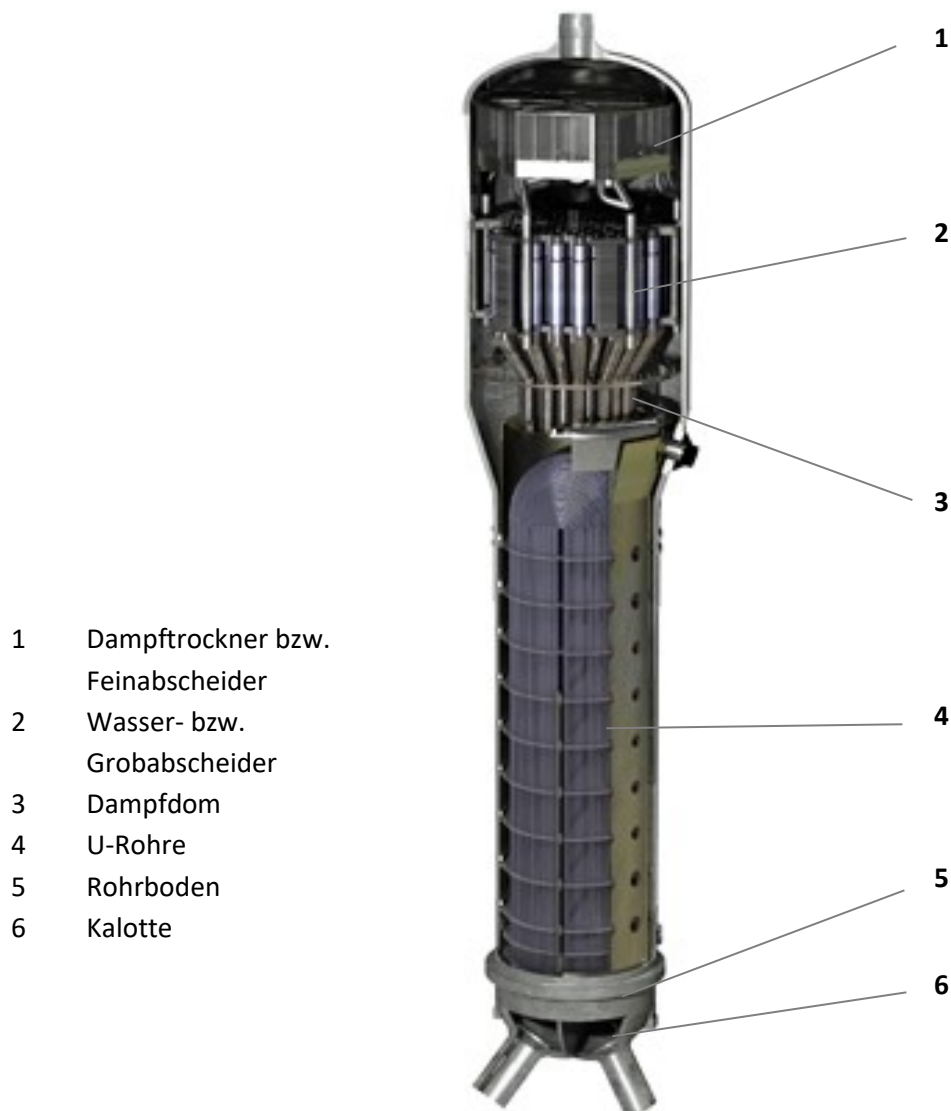


Abbildung 5-4: Exemplarische Darstellung eines Dampferzeugers

Die DE-Kalotten mit den Ein- und Austrittsstutzen und die Heizrohre sind nach erfolgter Primärkreisdekontamination (FSD) innen in geringem Maße restkontaminiert. Alle weiteren Bauteile der DE sind nahezu kontaminationsfrei.

Für die Demontage der Dampferzeuger stehen prinzipiell zwei unterschiedliche Varianten zur Verfügung, die nachfolgend beschrieben werden.

#### ***Variante „Abbau der Dampferzeuger in-situ“***

Bei dieser Variante werden die DE in Einbaulage zerlegt. Der obere DE-Teil (Dampfdom) und der DE-Mantel sind der Sekundärseite zuzuordnen und somit innen nicht kontaminiert. Im unteren Teil befinden sich die U-förmigen Heizrohre und die DE-Kalotte, die mit Primärkühlmittel beaufschlagt waren. Die Auswahl der beim Abbau einzusetzenden Zerlegeverfahren (z. B. fernbediente/fernhandierte Werkzeuge) orientiert sich im Wesentlichen an der Verfahrens- und Arbeitssicherheit sowie übergeordnet an der Minimierung der Strahlenexposition des beteiligten Abbaupersonals. Es können aber aufgrund der geringeren radiologischen Anforderungen nicht fernbediente/fernhandierte Verfahren zur Anwendung kommen.

#### ***Variante „Abbau der Dampferzeuger zur externen Konditionierung“***

Hierbei werden die einzelnen DE von den anschließenden Systemen und Strukturen freigeschnitten und in einem Stück mit Hilfe vorhandener oder zu installierender Krananlagen aus dem Reaktorgebäude gehoben. Nach anschließender Pufferlagerung als IP-2-Versandstück und dem Transport zu einem externen Dienstleister erfolgt dort die Weiterbehandlung und Zerlegung. Da die Dampferzeuger aufgrund ihrer Größe nicht durch die vorhandene Materialschleuse passen, wird diese im Vorwege ausgebaut und durch eine den zu berücksichtigenden Schutzzielen angepasste Konstruktion ersetzt. Ebenfalls möglich ist das Trennen der Dampferzeuger in Oberteil (Dom) und Unterteil (Rohrbündelteil). Unter Umständen ergeben sich hierbei logistische Vorteile beim Transport.

Aktuell wird die Variante „Abbau der Dampferzeuger zur externen Konditionierung“ bevorzugt. Diese Variante würde erst ab Abschnitt 1C umsetzbar sein, um die Rückwirkungsfreiheit auf die BE und SBS sicherzustellen.

Die endgültige Auswahl der Abbauvariante erfolgt nach entsprechenden Studien und den zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Randbedingungen. Die auf dieser Grundlage getroffene Entscheidung wird im Rahmen des aufsichtlichen Verfahrens der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde vorgelegt.

#### **Abbau RDB-Deckel**

Der RDB-Deckel besteht aus der Deckelkalotte, die bodenseitig im Flansch zur Durchführung der Deckelstiftschrauben endet und die Stützen zur Halterung der Steuerstabantriebe aufnimmt. Der RDB-

Deckel hat eine Masse von ca. 114 Mg. Innenwandig ist der RDB-Deckel nach erfolgter Primärkreisdekontamination (FSD) restkontaminiert.

Die Steuerstabantriebe werden mit betrieblichen Hilfsmitteln demontiert, zerlegt und verpackt.

Der Deckel lässt sich z. B. mittels Sägen oder thermischer Verfahren auf Transportmaß zerlegen. Die Teile können zu Einrichtungen des RBZ transportiert und dort entsprechend dem geplanten Entsorgungsziel weiter behandelt oder direkt am Zerlegeort entsprechend als radioaktiver Abfall verpackt und anschließend entsorgt werden.

### **Abbau Hauptkühlmittelpumpen**

Zur Umwälzung des Kühlmittels im Primärkühlkreislauf ist in jedem der vier Kreisläufe eine Hauptkühlmittelpumpe installiert. Der Aufbau einer Hauptkühlmittelpumpe ist in Abbildung 5-5 dargestellt. Die Hauptkühlmittelpumpen haben ohne Motor eine Masse von ca. 60 Mg. Innenwandig wurden sie mit Primärkühlmittel beaufschlagt und sind nach erfolgter Primärkreisdekontamination (FSD) restkontaminiert.

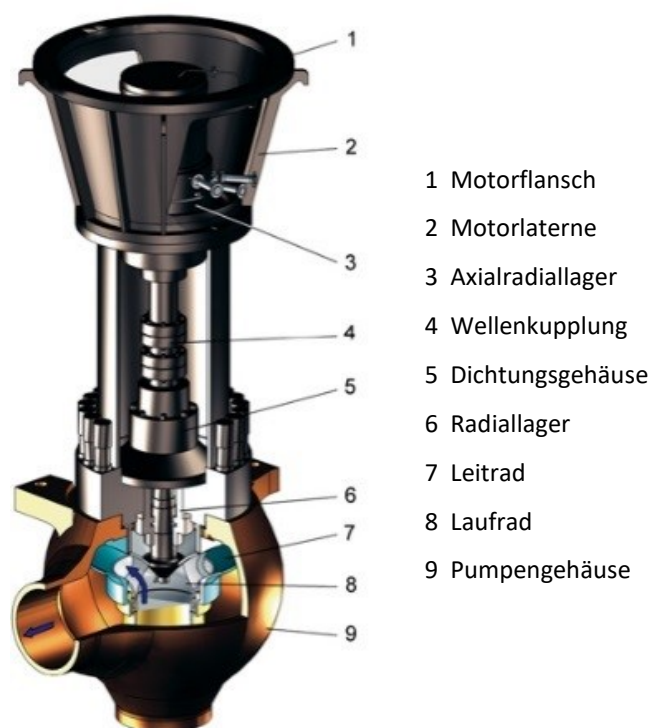


Abbildung 5-5: Exemplarische Darstellung einer Hauptkühlmittelpumpe

Motoren, Laufzeuge sowie Lager der Hauptkühlmittelpumpen können mit Hilfe betrieblicher Werkzeuge gezogen und zu Nachzerlegeeinrichtungen transportiert werden, um ggf. nach zusätzlicher Dekontamination zerlegt und verpackt bzw. freigegeben werden zu können. Nach Trennen der

Pumpengehäuse von den einbindenden Leitungen des Primärkreislafs werden diese in Nachzerlegeeinrichtungen (z. B. im RBZ) zerlegt und dem jeweiligen Entsorgungsziel zugeführt.

### **Abbau Druckhalter**

Der Druckhalter erzeugte den für den Leistungsbetrieb des Primärkühlkreislafs erforderlichen Druck und glich temperaturbedingte Volumenschwankungen des Kühlmittels aus. Die hierfür erforderliche Druckhalterheizung befindet sich im Boden des Druckhalters. Der Aufbau des Druckhalters ist in Abbildung 5-6 dargestellt. Der Druckhalter hat eine Masse von ca. 142 Mg. Der Druckhalter war innenwandig mit Primärkühlmittel beaufschlagt und ist nach der Primärkreisdekontamination (FSD) restkontaminiert.

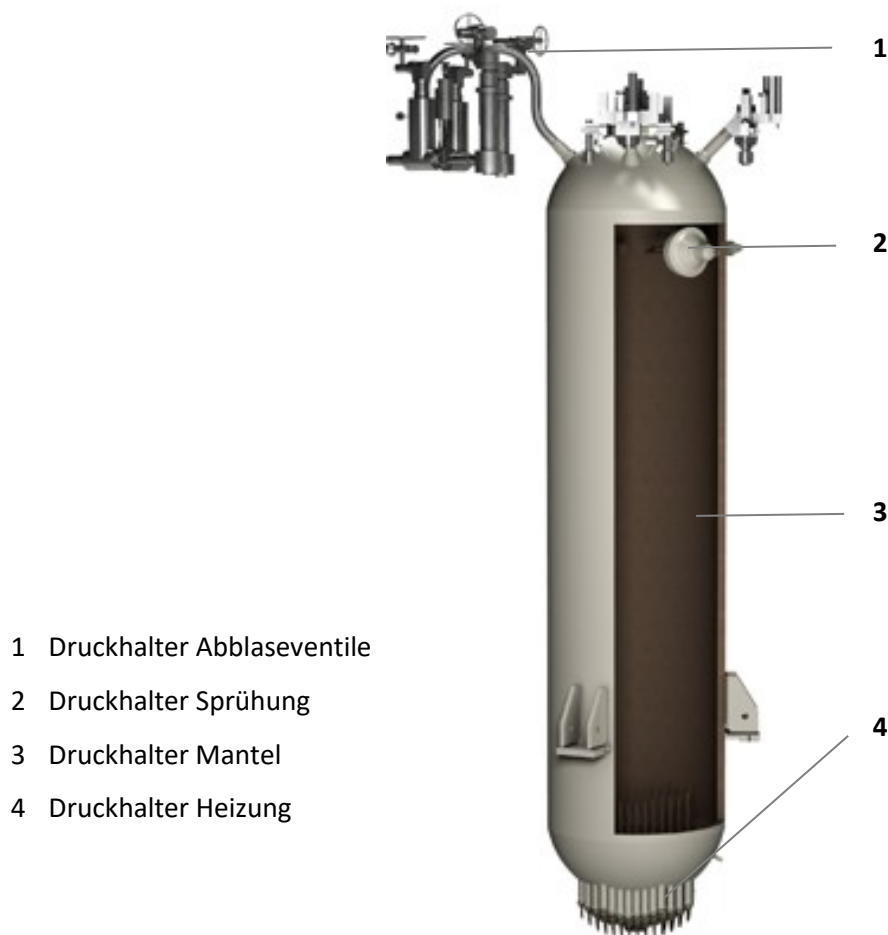


Abbildung 5-6: Exemplarische Darstellung des Druckhalters

Der Druckhalter kann vor Ort von oben nach unten schrittweise manuell zerlegt werden. Die ausgebauten Einzelkomponenten des Druckhalters werden entweder als radioaktiver Abfall verpackt oder dem RBZ zur Bearbeitung zugeführt. Nach derzeitigen Kenntnissen ist geplant, die Druckhalterheizung



als radioaktiven Abfall zu entsorgen, wohingegen die Sprühkränze evtl. behandelt und zumindest teilweise freigegeben werden können.

### **Weitere Abbaumaßnahmen**

Weiterhin werden Abbaumaßnahmen an für den Restbetrieb nicht mehr benötigten Anlagenteilen durchgeführt, z. B.:

- Abbau von radioaktiv kontaminierten Anlagenteilen im Kontrollbereich,
- die Zerlegung und Verpackung von Rohrleitungen und Komponenten wie Speisewasserleitungen, Frischdampfleitungen, Hauptkühlmittelleitungen und Kühlwasserleitungen,
- Abbau von Anlagenteilen außerhalb des Kontrollbereichs, die der atomrechtlichen Genehmigung unterliegen,
- den Abbau von kontaminierten/aktivierten Betonstrukturen und deren Entsorgung.

Zur Anwendung kommen die im Kapitel 4.3 beschriebenen Abbaueinrichtungen, Geräte und Werkzeuge.

## **5.3 Abbauphase 2**

Mit Erteilung der 2. Abbaugenehmigung (2. AG) beginnt die Abbauphase 2. Eine Voraussetzung dafür ist, dass die BE und SBS aus der Anlage entfernt sind.

### **5.3.1 Schutzziele**

In der Abbauphase 2 gilt nur noch das Schutzziel „Einschluss radioaktiver Stoffe“ (Aktivitätsrückhaltung) mit dem grundlegenden radiologischen Sicherheitsziel „Schutz von Mensch und Umwelt vor den schädlichen Auswirkungen ionisierender Strahlung“ (Begrenzung der Strahlenexposition).

### 5.3.2 Abbauumfang in Abbauphase 2

Die Abbauphase 2 läuft zeitlich überlappend zu Abbauphase 1. Sie umfasst:

- den Abbau des Reaktordruckbehälters
- den Abbau des Biologischen Schildes.

Während der Abbauphase 2 werden weiterhin die erforderlichen Maßnahmen in Vorbereitung des Nachweises zur Freigabefähigkeit der Gebäude und des Geländes durchgeführt.

Im Folgenden wird der Abbau des Reaktordruckbehälters und des Biologischen Schildes näher beschrieben.

#### Abbau des Reaktordruckbehälters (RDB)

Der RDB besteht aus einem zylindrischen Part mit einer bodenseitigen Kalotte und am oberen Teil einem Flanschring (siehe Abbildung 5-7). Der Flanschring enthält acht Stützen für die Anbindung der Hauptkühlmittelleitungen. Der RDB hat eine Masse von ca. 387 Mg. Innenwandig ist der RDB nach erfolgter Primärkreisdekontamination (FSD) restkontaminiert, jedoch wird die radiologische Situation für die Zerlegung durch die Aktivierung des RDB bestimmt.

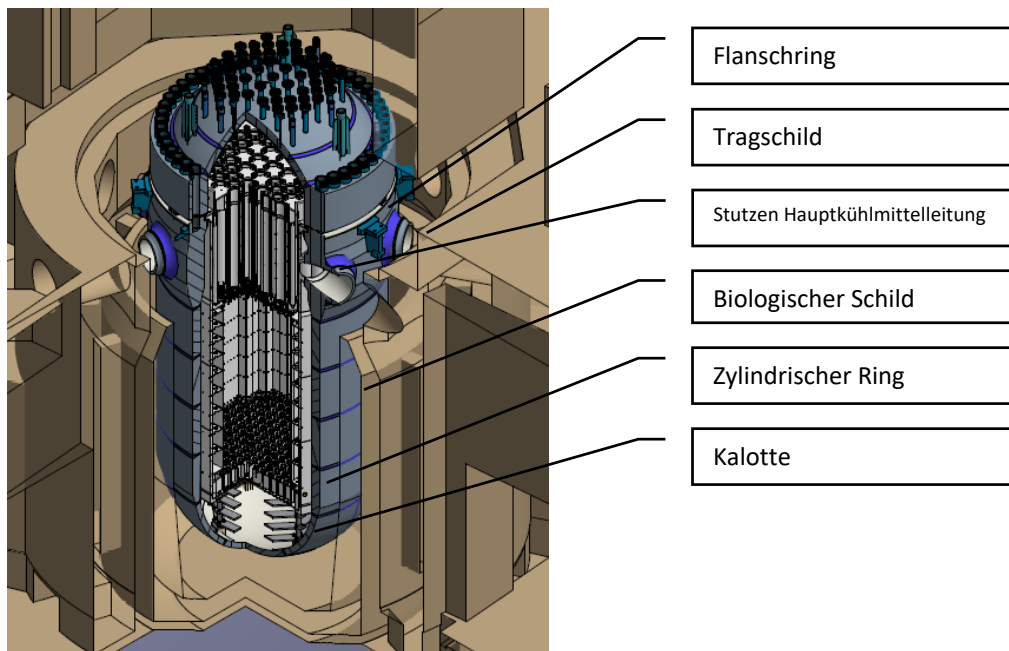


Abbildung 5-7: Schematische Darstellung des RDB mit Einbauten in Einbaulage

Die Zerlegung des RDB wird aufgrund der Erfahrungen aus anderen Projekten fernbedient/fernhandelt durchgeführt. Dabei werden je nach Anwendungsfall sowohl thermische als auch mechanische Verfahren zum Einsatz kommen. Die Zerlegung erfolgt trocken an Luft.

Für die Zerlegung des RDB werden ausschließlich erprobte Demontage- und Zerletechniken eingesetzt, die auf industrieüblichen Werkzeugen und Verfahren basieren. Die Auswahl der einzusetzenden Zerlegeverfahren orientiert sich im Wesentlichen an der Verfahrens- und Arbeitssicherheit sowie übergeordnet an der Minimierung der Strahlenexposition des beteiligten Abbaupersonals. Erfahrungen aus anderen Abbauprojekten werden sowohl während der Planung als auch in der Durchführung des Vorhabens berücksichtigt.

Für die Einrichtung von Zerlege- und Verpackungsplätzen zum Abbau des Reaktordruckbehälters stehen u. a. folgende Räume, Becken und Bereiche zur Verfügung:

- Reaktorbecken mit Abstellraum
- BE-Lagerbecken
- Beckenflur
- RDB-Deckel-Abstellplatz

Im derzeitigen Planungsstand kommen 3 Varianten der Zerlegung in Frage.

#### ***Variante 1 „Komplettes Herausheben des RDB“***

In dieser Variante ist vorgesehen, den RDB vor der Zerlegung mit Hilfe des RG-Krans aus der Einbaulage im Reaktorbecken zu entnehmen und ihn zum entsprechenden Zerlegeplatz z. B. im BE-Lagerbecken zu befördern und dort abzusetzen bzw. zu positionieren.

Die Zerlegung und Segmentierung des RDB und der peripheren Anbauten wird auf Basis einer detaillierten Schnitt- und Verpackungsplanung durchgeführt (Abbildung 5-8).

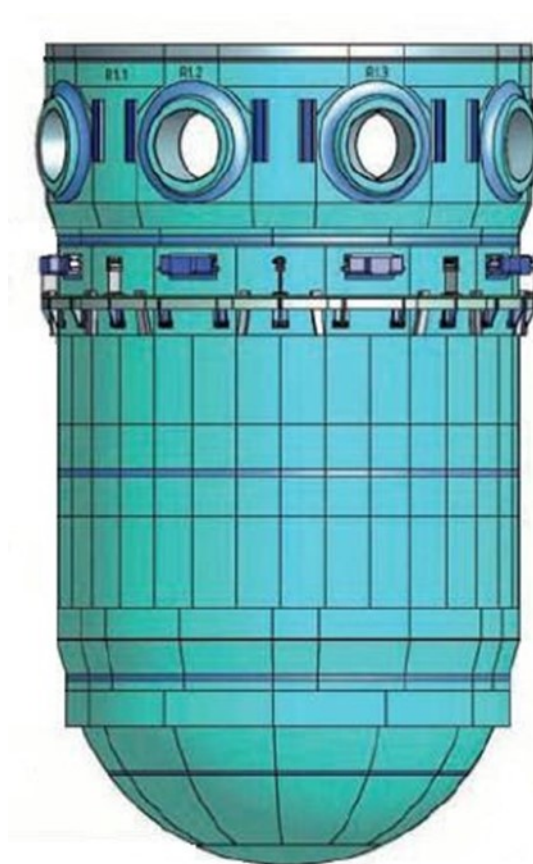


Abbildung 5-8: Unterteilung des RDB in endlagergerechte Einzelsegmente (Beispiel)

### ***Variante 2 „Teilzerlegung des RDB“***

Im Falle einer vor dem Hebevorgang notwendigen Teilzerlegung des RDB (z. B. Abtrennung des RDB-Flanschrings) wird unter dem RDB ein Hydrauliksystem installiert. Damit wird der RDB aus seinem Sitz im Tragring gedrückt. Nach erfolgtem Hub wird der RDB auf Abstützungen abgesenkt, so dass der RDB angehoben auf den Abstützungen steht.

Danach wird der RDB-Flansching vom zylindrischen RDB-Unterteil abgetrennt und mit dem RG-Kran an einen Ablageort verbracht. Danach wird der verbleibende Teil des RDB - wie in Variante 1 beschrieben - mittels RG-Kran auf den Zerlegeplatz transportiert und zerlegt.

### ***Variante 3 „Zerlegung des RDB in Einbaulage“***

Bei dieser Variante wird der Reaktordruckbehälter in seiner Einbaulage, d. h. im Reaktorbecken und innerhalb des Biologischen Schildes, zerlegt.

Dazu wird der auf dem Tragschild hängende Reaktordruckbehälter auf den Reaktorbeckenboden mit entsprechender Lagerung aufgestellt und in seiner Lage fixiert. Die stückweise Zerlegung erfolgt fernhantiert von oben nach unten auf Basis eines detaillierten Schnittplanes. Die einzelnen Zerlegeteile des RDB werden direkt nach Abtrennung aus dem Reaktorbecken herausgehoben und an Verpackungsplätzen fachgerecht verpackt.

Die endgültige Auswahl der Abbauvariante erfolgt nach entsprechenden Studien und den zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Randbedingungen. Die auf dieser Grundlage getroffene Entscheidung wird im Rahmen des aufsichtlichen Verfahrens der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde vorgelegt.

### **Abbau Biologischer Schild**

Der Reaktordruckbehälter ist in seiner Einbaulage vom Biologischen Schild umgeben. Der Biologische Schild ist ein als Topf ausgeführter Betonmantel mit innenliegender Isolierung, der keine statische Funktion für das Gebäude hat, sondern nur zur Abschirmung des Reaktordruckbehälters dient.

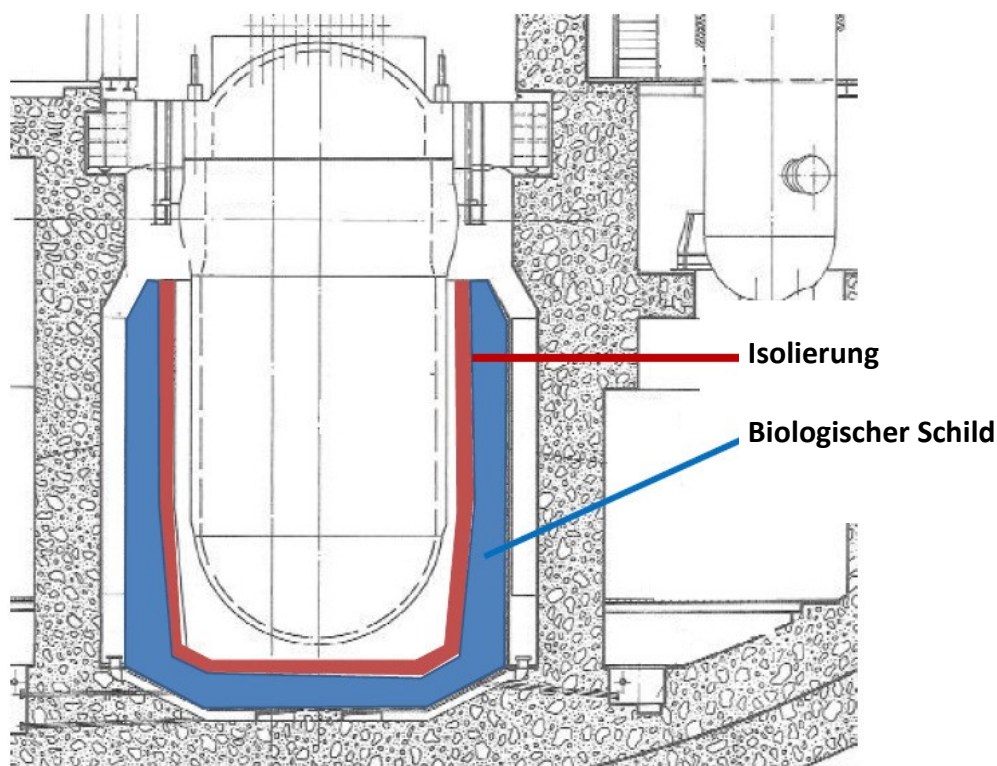


Abbildung 5-9: RDB in Einbaulage mit Biologischem Schild

Abbildung 5-9 zeigt den RDB in Einbaulage mit dem ihn umgebenden Biologischen Schild. Isoliermaterial sowie Beton und Stahlstrukturen des Biologischen Schildes (z. B. Auskleidungsbleche, verlorene Schalungen, Bewehrung) sind aufgrund ihrer unmittelbaren Nähe zum RDB aktiviert.

Vor dem Abbau der Betonstruktur des Biologischen Schildes ist der Abbau der Isolierschicht erforderlich. Dies kann alternativ z. B. manuell oder fernhantiert von einer Arbeitsplattform aus erfolgen.

Einer Vorgehensweise folgend, die bereits in verschiedenen Kernkraftwerken angewendet wurde, kann der Biologische Schild mittels Seil- und Kreissägetechnik abgebaut werden. Die abgetrennten Betonblöcke des Biologischen Schildes werden aus der Einbaulage herausgehoben und ggf. nachzerlegt sowie fachgerecht verpackt. Hierzu stehen Zerlege- und Verpackungsplätze u. a. im Reaktorbecken, Abstellraum und BE-Lagerbecken sowie auf dem Beckenflur und dem RDB-Deckel-Abstellplatz zur Verfügung.

#### **5.4 Rückzug aus den Gebäuden des Kontrollbereichs**

Im nuklearen Abbau der Abbauphase 1 und Abbauphase 2 werden aus den Kontrollbereichsgebäuden kontaminierte oder aktivierte Anlagenteile bzw. Materialien entfernt. Dabei erfolgt ein sukzessiver Rückzug aus den Gebäuden, d. h. einzelne oder mehrere Räume innerhalb des Kontrollbereichs werden nach dem Abschluss der Demontage von Anlagenteilen, dem Freiräumen und einer Überprüfung auf ggf. noch vorhandene Kontamination an Baustrukturen und deren Beseitigung verlassen.

Die Gebäude, Gebäude- und Raumbereiche des Kontrollbereichs werden der Freigabe nach §§ 31 – 42 StrlSchV zugeführt. Hierzu werden die Räume nach dem Restfreiräumen, d. h. nach dem Entfernen

- der verbliebenen Infrastruktursysteme (z. B. Lüftung, Beleuchtung, Stromversorgung, Brandschutzeinrichtungen und Kommunikationseinrichtungen) sowie
- sonstiger bis dahin verbliebener Anlagenteile (z. B. Halterungen, Gitterroste, Türen),

soweit diese einer Freimessung entgegenstehen, auf Einhaltung der Anforderungen zur Freigabe überprüft. Oberhalb des Freigabewerts kontaminierte Betonstrukturen werden dekontaminiert bzw. abgetragen.

Bereiche, in denen der Nachweis der Freigabefähigkeit erbracht ist, werden verlassen und der Zugang wird gegen Wiederbetreten und gegen mögliche Rekontamination abgesichert. Danach kann die Feststellung der Übereinstimmung mit dem Freigabebescheid durch den Strahlenschutzbeauftragten getroffen werden.

Nach erfolgter Freigabe können die Gebäudestrukturen und befestigten Flächen nach dem geltenden konventionellen Baurecht abgerissen werden oder einer anderen Verwendung zugeführt werden.

## 6. RESTSTOFFMANAGEMENT

### 6.1 Gesamtkonzeption

Gemäß § 9a AtG /1/ ist es erforderlich, anfallende radioaktive Reststoffe sowie ausgebaute oder abgebaute Anlagenteile schadlos zu verwerten oder als radioaktiven Abfall geordnet zu beseitigen.

Auch während Stilllegung und Abbau folgt das Vorgehen des KBR zur Entsorgung der anfallenden radioaktiven Reststoffe und Abfälle dem Grundsatz der nuklearen Entsorgung gemäß § 2d AtG /1/:

*„der Anfall radioaktiver Abfälle wird durch geeignete Auslegung sowie Betriebs- und Stilllegungsverfahren, einschließlich der Weiter- und Wiederverwendung von Material, auf das Maß beschränkt, das hinsichtlich Aktivität und Volumen der radioaktiven Abfälle vernünftigerweise realisierbar ist“.*

Dementsprechend und mit Blick auf die begrenzten Zwischen- und Endlagerkapazitäten wird der Vermeidung und Minimierung von radioaktiven Abfällen unter Berücksichtigung von strahlenschutztechnischen Gesichtspunkten sowie insbesondere des § 2 Abs. 5 Nr. 2 EntsÜG /23/ besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

Alle im Kontrollbereich des KBR anfallenden Stoffe gelten als radioaktive Reststoffe. Auf Basis der Daten der radiologischen Charakterisierung sowie unter Berücksichtigung der umfangreichen Erfahrungen aus Abbauprojekten, wie z. B. KWW, KKS, KKU und KKG, erfolgt eine erste Bewertung und Festlegung eines angestrebten Entsorgungsziels bereits bei der Planung. In diesem Rahmen werden anfallende Massen geprüft, ob sie

- einer Wiederverwendung oder kontrollierten Verwertung im kerntechnischen Bereich

oder

- der Freigabe als nicht radioaktive Stoffe mit den Optionen
  - uneingeschränkte Freigabe nach § 35 StrlSchV /7/,
  - spezifische Freigabe von Bauschutt von mehr als 1.000 Mg/a nach § 36 Abs. 1 Nr. 1 StrlSchV /7/,
  - spezifische Freigabe von Bodenflächen nach § 36 Abs. 1 Nr. 2 StrlSchV /7/,
  - spezifische Freigabe zur Beseitigung nach § 36 Abs. 1 Nr. 3 und 4 StrlSchV /7/ (Ziel: konventionelle Deponie bzw. Verbrennungsanlage),



- spezifische Freigabe von Gebäuden zur Wieder-/Weiterverwendung oder zum Abriss nach § 36 Abs. 1 Nr. 5 und 6 StrlSchV /7/,
- spezifische Freigabe von Metallschrott zum Recycling nach § 36 Abs. 1 Nr. 7 StrlSchV /7/,
- Freigabe im Einzelfall nach § 37 StrlSchV /7/

zugeführt werden können, bevor sie der Entsorgung als radioaktiver Abfall zur Endlagerung zugeführt werden.

In Abbildung 6-1 ist dieser Entscheidungsweg zur Festlegung des Entsorgungsziels im Sinne der Abfallminimierung dargestellt.

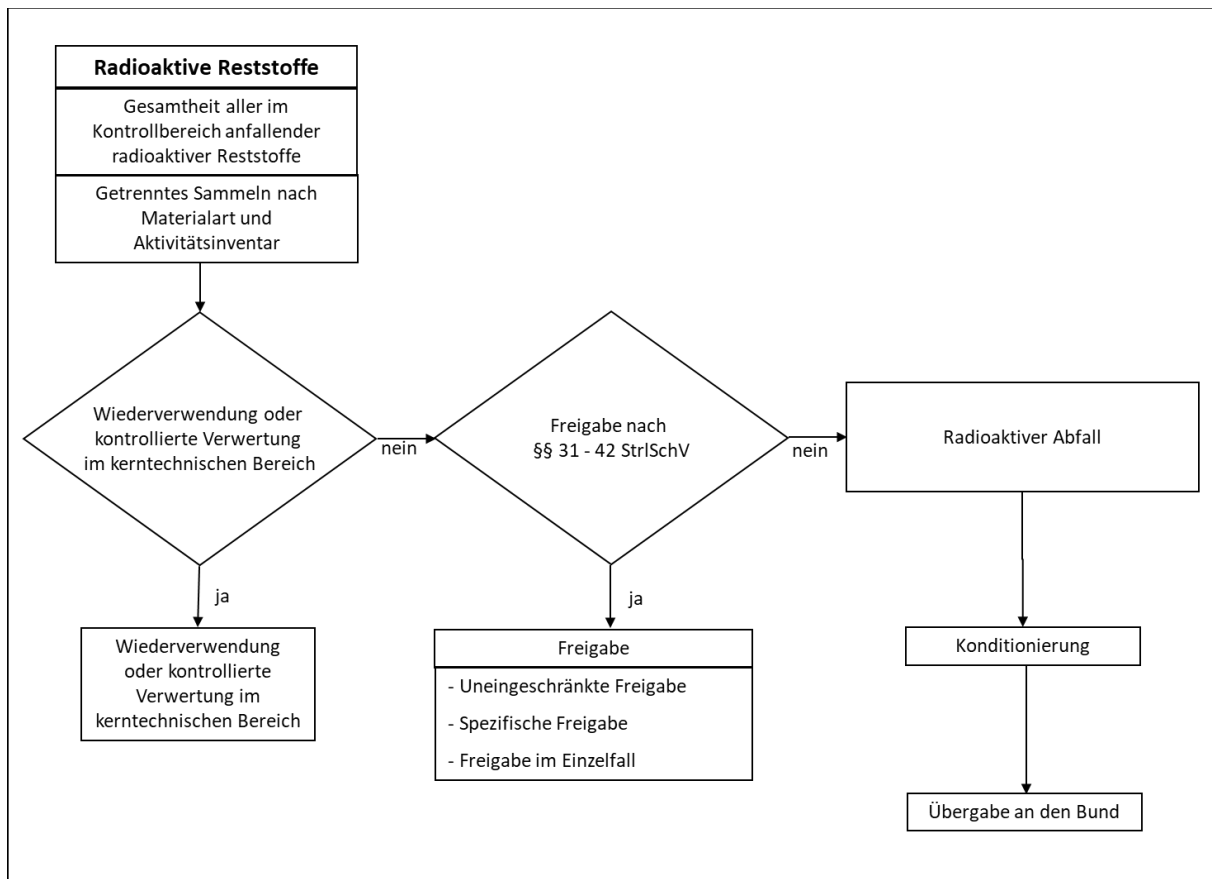


Abbildung 6-1: Entscheidungsweg zur Wahl des Entsorgungsziels

Zur Minimierung des Anfalls radioaktiver Abfälle bzw. des entstehenden Abfallgebinderolumens sind verschiedene Maßnahmen für die Reststoffbearbeitung vorgesehen, z. B.

- sorgfältiges Sortieren der Reststoffe möglichst im Demontagebereich,

- Dekontaminieren zur Erreichung der Freigabewerte,
- Ausnutzen der maximal zulässigen Aktivitätsbeladung der Abfallbehälter,
- Konditionieren des radioaktiven Abfalls (Sortieren, Verbrennen, Verpressen, Trocknen).

Die Methoden und Randbedingungen zur Handhabung, Behandlung, Konditionierung, Lagerung, Transport und Verwertung von radioaktiven Reststoffen, zur Transportbereitstellung radioaktiver Stoffe und zur Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen aus dem Abbau sind grundsätzlich mit den Methoden beim früheren Leistungsbetrieb vergleichbar.

Wie in Kapitel 3.5.1 dargelegt, werden die anfallenden Reststoffe charakterisiert und die Entsorgungsziele festgelegt. Während des Abbaus wird darauf geachtet, dass nach Materialgruppen und/oder geplantem Entsorgungsziel getrennt gesammelt wird. Gleichartige Reststoffe mit unterschiedlichen Nuklidvektoren werden ebenfalls getrennt gesammelt.

Wenn die abgebauten Anlagenteile als radioaktiver Abfall entsorgt werden müssen, werden sie unter Beachtung der Vorgaben zur fachgerechten Verpackung, der Annahmebedingungen des jeweiligen Lagers und bei einem Transport auf öffentlichen Verkehrswegen der Vorgaben des Transportrechts konditioniert. Die damit zusammenhängende Behandlung kann im KBR in dem dafür vorgesehenen RBZ und/oder über externe Konditionierungsstätten erfolgen.

Die bei der Stilllegung anfallenden Mengen an Gegenständen, Gebäuden, Anlagen oder Anlagenteilen im Überwachungsbereich des KBR, die der atomrechtlichen Überwachung unterliegen, aber nicht kontaminiert oder aktiviert sind, werden durch Herausgabe gemäß Kapitel 6.8 aus der atomrechtlichen Überwachung entlassen.

Die Bodenflächen und Gebäude des Überwachungsbereichs des Kernkraftwerks Brokdorf werden durch Herausgabe oder, sofern erforderlich, durch Freigabe nach §§ 31 – 42 StrlSchV /7/ aus der atomrechtlichen Überwachung entlassen.

Einrichtungen außerhalb des Überwachungsbereichs, die der Kühlwasserversorgung dienen, werden ebenfalls durch Freigabe nach §§ 31 – 42 StrlSchV /7/ oder Herausgabe aus der atomrechtlichen Überwachung entlassen.

## 6.2 Stoffströme

Die Massen der verschiedenen Stoffe, die aus dem Abbau des KBR entstehen werden, wurden auf Grundlage anderer PEL-Abbauprojekte unter Berücksichtigung anlagenspezifischer Gegebenheiten abgeschätzt. Aus den Maßnahmen im Rahmen des Abbaus der Gebäude und Einrichtungen des Kontrollbereichs des KBR werden ca. 270.000 Mg an Material anfallen. Bei einem Großteil dieser Massen (ca. 250.500 Mg) handelt es sich um nicht-radioaktive Gebäudestrukturen, die durch Freigabe aus dem Regelungsbereich des AtG entlassen und, soweit keine Wieder-/Weiterverwendung erfolgt, im Rahmen der Regelungen des konventionellen Baurechts abgebrochen werden. Dieser konventionelle Abriss ist nicht Bestandteil des beantragten Genehmigungsverfahrens nach § 7 Abs. 3 AtG /1/.

Von den beim Abbau im Kontrollbereich anfallenden Reststoffen (ca. 19.500 Mg) können voraussichtlich ca.

- 11.400 Mg gemäß § 35 StrlSchV /7/ uneingeschränkt freigegeben,
- 1.900 Mg gemäß § 36 StrlSchV /7/ zur Beseitigung freigegeben (für dieses Material ist die Ablagerung auf einer Deponie bzw. Verbrennung in einer Verbrennungsanlage erforderlich),
- 1.700 Mg gemäß § 36 StrlSchV /7/ zum Recycling freigegeben (für diesen Metallschrott ist das Einschmelzen in einem konventionellen metallverarbeitenden Betrieb erforderlich) und
- 4.500 Mg als radioaktiver Abfall fachgerecht verpackt an den Bund zur Zwischen- oder Endlagerung abgegeben werden.

Die abzubauenen Massen ergeben sich aus den zu Beginn der Stilllegung vorhandenen Massen (Primärmassen) und den während des Abbaus anfallenden zusätzlichen Massen (Sekundär- und Zusatzmassen).

Die **Primärmassen** werden nach Komponentenart (Behälter, Rohrleitung, Armatur, usw.), nach Gebäudezugehörigkeit und nach Kontaminationsgrad erfasst. Diese Erfassung erfolgt über die Auswertung von:

- vorhandenen Datenbeständen,
- Konstruktions- oder Einbauzeichnungen,
- Vor-Ort-Aufnahmen und/oder
- Plausibilitätsannahmen.

Unter **Sekundärmassen** versteht man alle Verbrauchsmaterialien, wie z. B. Dekontaminationsmedien, Verschleißteile, Folien, Putzmaterialien, Filter usw. Der Anfall der Sekundärmassen wird auf der Basis der vorhandenen Primärmassen, des erforderlichen Personalaufwands für den Abbau und der eingesetzten Techniken abgeschätzt. Dafür werden die Erfahrungen aus den Revisionen sowie den laufenden Stilllegungsprojekten genutzt.

**Zusatzmassen** werden während der Durchführung der Abbauarbeiten in den Kontrollbereich eingebracht, wie z. B. Zerlege- und Dekontaminationseinrichtungen, Abschirmmaterial, Stahlbau. Diese Einrichtungen dienen dem Abbau bzw. der Entsorgung der Primär- und Sekundärmassen und können ebenfalls kontaminiert werden.

Diese Massen werden entsprechend den in Abbildung 6-2 vereinfacht dargestellten Behandlungswegen ihren Entsorgungszielen zugeführt.

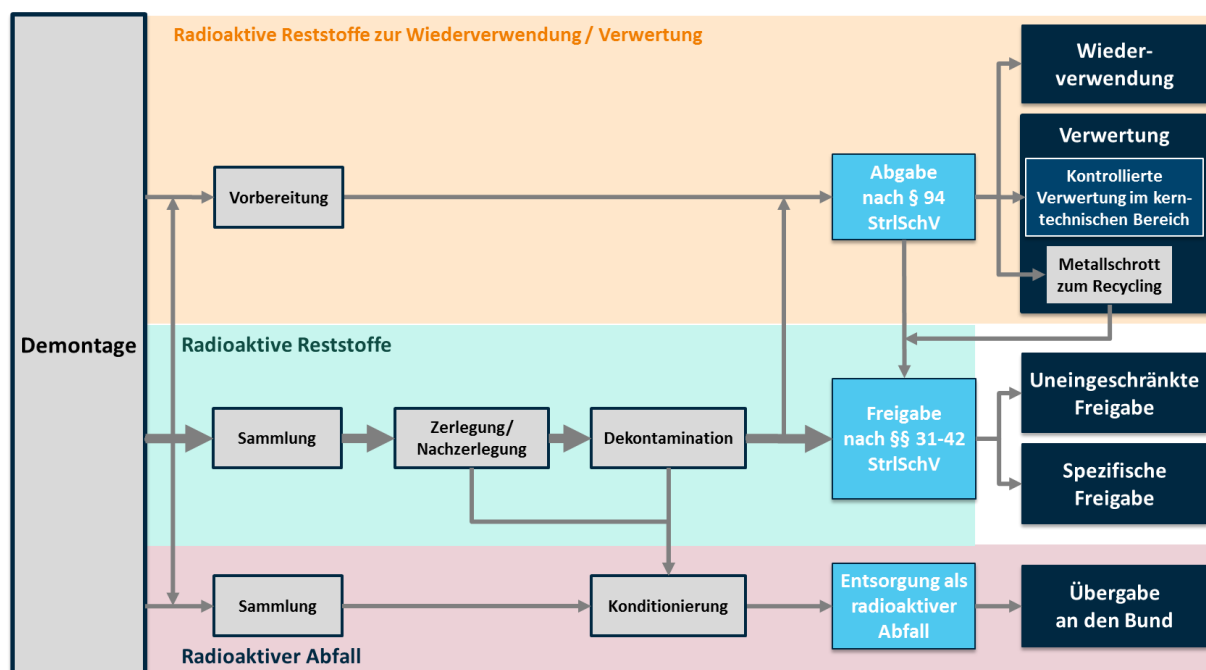


Abbildung 6-2: Vereinfachter Überblick der Behandlungswege und -ziele

Alle anfallenden radioaktiven Reststoffe und radioaktiven Abfälle werden entsprechend den Anforderungen von §§ 85 und 86 StrlSchV /7/, der Atomrechtlichen Entsorgungsverordnung (AtEV) /24/, der „Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung“ /25/ und der

„Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Reststoffe und radioaktiver Abfälle“ /19/ erfasst und kontinuierlich verfolgt.

Diese Dokumentation wird zum einen durch eine eindeutige und unverwechselbare Kennzeichnung der Gebinde mit radioaktiven Reststoffen und der Abfallgebände über die gesamte Lebensdauer sichergestellt. Zum anderen wird die Nachverfolgbarkeit und Datenhaltung durch den Einsatz elektronischer Buchführungssysteme zur Verfolgung der Reststoffe und Abfälle und der Zuordnung ihrer relevanten Daten unterstützt. Damit wird gewährleistet, dass jederzeit

- die Herkunft, der aktuelle Verbleib und der Behandlungszustand der radioaktiven Reststoffe bis zur Freigabe nach §§ 31 – 42 StrlSchV /7/ bzw.
- der Behandlungszustand und aktuelle Verbleib der Rohabfälle sowie der vorbehandelten und konditionierten radioaktiven Abfälle bis zur Übernahme der Abfallgebände in den Verantwortungsbereich des Bundes

festgestellt werden kann, d. h. wenn diese Dokumentationspflicht für KBR endet. Diese Dokumentationspflicht endet ebenso für KBR, wenn ein Eigentumsübertrag stattgefunden hat, wie beispielsweise bei der Abgabe von radioaktiven Stoffen zur kontrollierten Verwertung oder Gegenständen zur Wiederverwendung in anderen kerntechnischen Anlagen.

Aus den Maßnahmen im Rahmen des Abbaus der Gebäude und Einrichtungen außerhalb des Kontrollbereichs des KBR (Gebäude mit nichtnuklearen Systemen) resultieren ca. 385.000 Mg Material. Dabei handelt es sich um Gebäudestrukturen (wie z. B. Schaltanlagegebäude, Bürogebäude), mit einer Masse von ca. 326.500 Mg, die grundsätzlich durch die Herausgabe aus der atomrechtlichen Überwachung entlassen werden. Des Weiteren beherbergen diese Gebäude ca. 58.500 Mg an nichtnuklearen Systemen, Komponenten und Anlagenteilen, d. h. die weder kontaminiert noch aktiviert sind, und daher ebenso weitestgehend durch Herausgabe aus der atomrechtlichen Überwachung entlassen werden.

Insgesamt fallen somit beim Abbau des KBR ca. 655.000 Mg an. Davon sind der überwiegende Teil Gebäudestrukturen und nichtnukleare Systeme. Weniger als 1 % aller Massen muss als radioaktiver Abfall entsorgt werden. Nachfolgend sind die prognostizierten Zuordnungen der einzelnen Massenströme zu Entsorgungszielen grafisch zusammenfassend dargestellt (Abbildung 6-3).

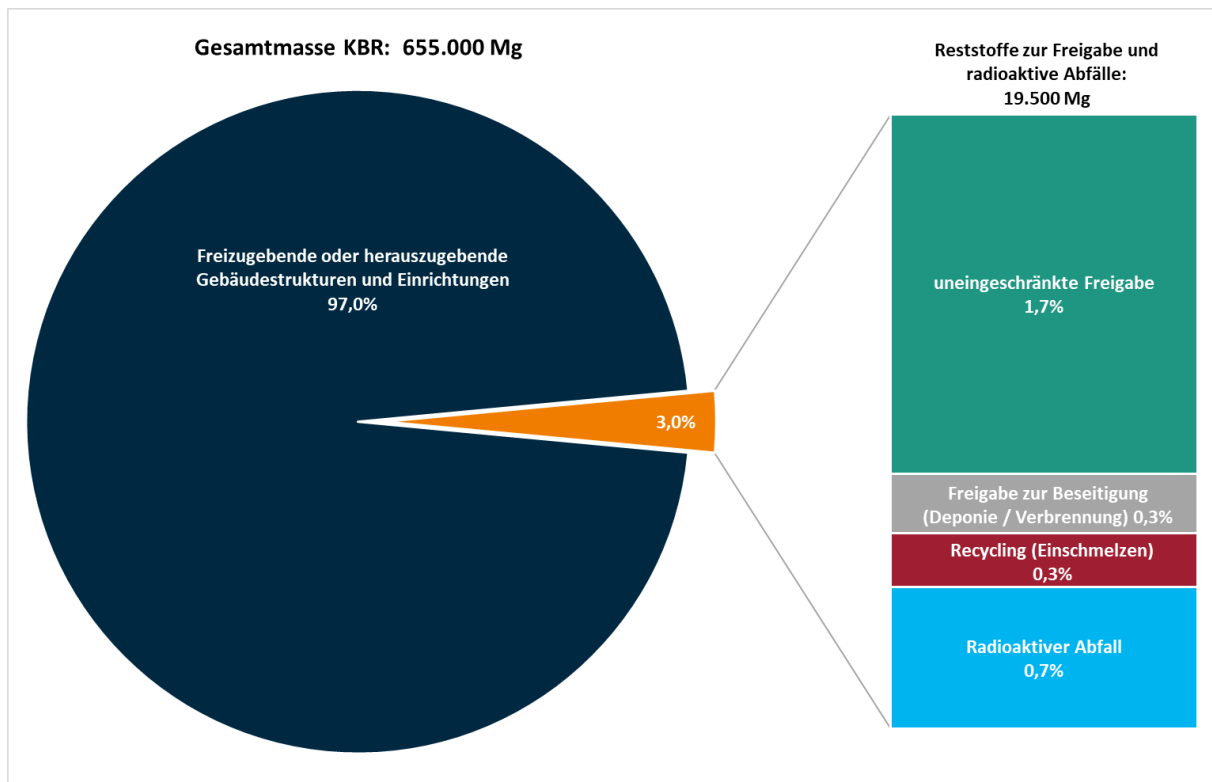


Abbildung 6-3: Prognostizierte Prozentanteile an den abzubauenden Massen des KBR nach Entsorgungsziel

### 6.3 Freigabe

Die Freigabe ist ein Verwaltungsakt, der die Entlassung

1. 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 Nummer 3 bis 7 des Strahlenschutzgesetzes /5/ stammen, und
2. beweglicher Gegenstände, Gebäude, Räume, Raumteile und Bauteile, Bodenflächen, Anlagen oder Anlagenteilen (Gegenstände), die mit radioaktiven Stoffen, 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 Nummer 3 bis 7 des Strahlenschutzgesetzes /5/ stammen, kontaminiert sind oder durch die genannten Tätigkeiten aktiviert wurden,

aus der atom- und strahlenschutzrechtlichen Überwachung zur Verwendung, Verwertung, Beseitigung, Innehabung oder zu deren Weitergabe an einen Dritten als nicht radioaktive Stoffe bewirkt.

Das Freigabeverfahren stellt sicher, dass das Dosiskriterium für die Freigabe eingehalten wird, d. h. für Einzelpersonen der Bevölkerung nur eine effektive Dosis im Bereich von 10  $\mu\text{Sv}$  pro Kalenderjahr auftreten kann (sog. 10  $\mu\text{Sv}$ -Konzept). Dieses Konzept ist international anerkannt und stellt sicher, dass die durch die freigegebenen Stoffe verursachte zusätzliche Strahlenexposition unerheblich für Einzelpersonen der Bevölkerung ist. So beträgt die jährliche natürliche Strahlenexposition einer Einzelperson in Deutschland durchschnittlich 2,1 mSv im Kalenderjahr (2.100  $\mu\text{Sv/a}$ ).

Die Freigabe wird bereits im Leistungsbetrieb im KBR durchgeführt. Dieses bestehende Freigabeverfahren wird für den Restbetrieb und Abbau angepasst. Die Anpassung wird parallel zum § 7 Abs. 3 AtG /1/ Genehmigungsverfahren nach §§ 31 – 42 StrlSchV /7/ erfolgen. Die Freigabe wird im Betriebshandbuch (BHB) und untergeordneten Unterlagen geregelt, inklusive der damit verbundenen Messungen.

Das Freigabeverfahren besteht aus mehreren Schritten.

#### **Bestimmung des Nuklidvektors**

Die Messungen zur Freigabe haben das Ziel, die vorhandene Aktivität hinsichtlich der Vorgaben der §§ 31 – 42 StrlSchV /7/ zu überprüfen. Insbesondere darf die Zuordnung eines Nuklidvektors zu einem Material mit spezifischer Herkunft im Zuge der Entscheidungsmessung nicht zu einer Unterschätzung der Ausschöpfung der Summenformel nach Anlage 8 StrlSchV /7/ führen.

Nach Probenauswertung im Zuge der radiologischen Charakterisierung werden für das Freigabeverfahren für nichtspektrometrische Entscheidungsmessverfahren Nuklidvektoren und für spektrometrische Messverfahren Hochrechnungsfaktoren bestimmt (siehe Kapitel 3.5).

#### **Reststoffbearbeitung**

Hier werden die Reststoffe für die nachfolgenden Messungen und die anschließende Entsorgung vorbereitet, also z. B. zerlegt oder dekontaminiert und die freizugebenden Stoffe separiert, siehe im Einzelnen in Kapitel 4.2.

#### **Orientierungsmessung**

Die zur Freigabe vorgesehenen Reststoffe werden mittels geeigneter Messverfahren auf ihre Freigabefähigkeit geprüft. Bei den Orientierungsmessungen handelt es sich um Messungen, bei denen die

möglicherweise vorhandene Kontamination auf der Oberfläche näher untersucht wird, wie beispielsweise der Nachweis einer hinreichend homogenen Verteilung der Aktivität auf der Oberfläche. Mit diesem Vorgehen wird auch sichergestellt, dass die Bedingungen zum Ausschleusen aus dem Kontrollbereich in den Überwachungsbereich eingehalten werden.

Diese Reststoffe, die die Orientierungsmessung erfolgreich durchlaufen haben, können auf Pufferlagerflächen im Überwachungsbereich gebracht werden. Die gelagerten Reststoffe werden zur Vermeidung von Verwechslungen geeignet gekennzeichnet und vor dem Zugriff Unberechtigter geschützt.

### **Qualifizierte Freigabemessung (Entscheidungsmessung)**

Die Entscheidungsmessung ist die qualifizierte Freigabemessung, mit der der Nachweis der Freigabefähigkeit des Reststoffs erbracht wird, d. h. die Einhaltung der vorgegebenen massen- und ggf. der oberflächenspezifischen Freigabewerte und festgelegten Randbedingungen der §§ 31 – 42 StrlSchV /7/.

Die Entscheidungsmessung erfolgt mittels geeigneter Messverfahren, deren Auswahl und Anwendung mit der zuständigen Behörde abgestimmt ist.

Material, das die Entscheidungsmessung erfolgreich durchlaufen hat, wird entsprechend gekennzeichnet auf Pufferlagerflächen gelagert, geschützt vor dem Zugriff Unberechtigter und vor Verwechslung und Rekontamination.

### **Entlassung der Reststoffe aus der atomrechtlichen Überwachung**

Für die Entlassung der Reststoffe aus der atomrechtlichen Überwachung werden zunächst Abgabechargen zusammengestellt, die sich durch gemeinsame Eigenschaften u. a. in Bezug auf das Entsorgungsziel auszeichnen. Für jede Abgabecharge wird dann die Freigabedokumentation erstellt.

Der vom Strahlenschutzverantwortlichen beauftragte Strahlenschutzbeauftragte prüft die Dokumentation und stellt die Übereinstimmung mit den Anforderungen gemäß §§ 31 – 42 StrlSchV /7/ und den Inhalten des Freigabebescheids fest. Sofern der Freigabebescheid unter der aufschiebenden Bedingung dieses Nachweises erteilt wurde, wird die Dokumentation der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde übergeben. Die zuständige Behörde prüft die vorgelegten Chargen bezüglich der Übereinstimmung mit den in §§ 31 – 42 StrlSchV /7/ festgelegten Anforderungen für die Freigabe und



bestätigt diese. Nach Vorliegen der behördlichen Bestätigung stimmt der Strahlenschutzbeauftragten der Entlassung der Reststoffe aus der atomrechtlichen Überwachung zu.

Danach kann der Abtransport zum Entsorger bzw. zum Entsorgungsziel erfolgen. Die freigegebenen Reststoffe unterliegen – unter Berücksichtigung ggf. vorliegender Festlegungen und Anforderungen aus der Freigabe nach §§ 31 – 42 StrlSchV /7/ oder dem Freigabebescheid – den Bestimmungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) /26/ zur Entsorgung als konventionelle Abfälle.

## **6.4 Gebäude- und Geländefreigabe**

Die Gebäude, Gebäude- und Raumbereiche des Kontrollbereichs werden der Freigabe nach §§ 31 – 42 StrlSchV /7/ zugeführt. Die Freigabemessungen (Entscheidungsmessungen) für die Freigabe der Gebäude zum Abriss oder zur Wieder-/Weiterverwendung werden grundsätzlich an der stehenden Struktur durchgeführt.

Bereiche, in denen der Nachweis der Freigabefähigkeit erbracht ist, werden verlassen und der Zugang wird gegen Wiederbetreten und gegen mögliche Rekontamination abgesichert. Danach kann die Feststellung der Übereinstimmung mit dem Freigabebescheid durch den Strahlenschutzbeauftragten getroffen werden.

Nicht freizugeben sind Bodenflächen und Gebäude, die aus genehmigungspflichtigem Umgang des KBR und aus Bereichen stammen, in denen eine Kontamination oder Aktivierung aufgrund der Betriebs-historie nicht zu unterstellen ist. Sie werden gemäß „ESK-Leitlinien zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen“ /4/ durch Herausgabe aus der atomrechtlichen Überwachung entlassen.

Spätestens wenn der Nachweis der Herausgabefähigkeit oder der Einhaltung der Freigabewerte und der festgelegten Randbedingungen der §§ 31 – 42 StrlSchV /7/ erbracht ist, werden die Strahlenschutzbereiche aufgehoben.

Nach erfolgter Freigabe können die Gebäudestrukturen und die befestigten Flächen nach dem geltenden Baurecht abgerissen werden.

## **6.5 Freigabe bei anderen Genehmigungsinhabern**

Alternativ zu entsprechendem Vorgehen im KBR kann eine Freigabe der bei Restbetrieb und Abbau anfallenden Reststoffe auch bei anderen Genehmigungsinhabern inner- oder außerhalb des Bundesgebietes erfolgen, wenn die entsprechenden Genehmigungen für den anderen Genehmigungsinhaber zur Freigabe unter Einhaltung des 10 µSv-Konzepts vorliegen.

## **6.6 Wiederverwendung und kontrollierte Verwertung im kerntechnischen Bereich**

Bei der Nutzung der Entsorgungswege „Wiederverwendung und kontrollierte Verwertung im kerntechnischen Bereich“ werden die Reststoffe in einer anderen kerntechnischen Einrichtung weitergenutzt bzw. verwertet.

Gegebenenfalls können bewegliche Gegenstände, Werkzeuge und sonstige ausgebaute Anlagenteile wie Armaturen, Pumpen, Motoren etc. im kerntechnischen Bereich wiederverwendet werden.

Bei der kontrollierten Verwertung werden Metallschrotte an einen anderen Genehmigungsinhaber abgegeben, der die Schrotte in geeigneten Anlagen zu Produkten für die Verwendung im kerntechnischen Bereich verarbeitet (z. B. Herstellung von Behältern für radioaktive Abfälle). Dabei sind die Annahmebedingungen der jeweiligen Verwertungsanlage einzuhalten.

Die Abgabe nach § 94 StrlSchV /7/ zur Wiederverwendung oder kontrollierten Verwertung im kerntechnischen Bereich ist mit einem Eigentumsübertrag verbunden.

## **6.7 Herausbringen**

Bei allen Materialien im Kontrollbereich wird grundsätzlich angenommen, dass sie kontaminiert oder aktiviert sein könnten. Beim Verlassen des Kontrollbereichs im Rahmen des Herausbringens wird deshalb ein Verfahren nach § 58 StrlSchV /7/ durchgeführt.

Herausbringen kommt dabei nur in Frage, wenn es sich um *„bewegliche Gegenstände, insbesondere Werkzeuge, Messgeräte, Messvorrichtungen, sonstige Apparate, Anlagenteile oder Kleidungsstücke“* handelt, die aus dem Kontrollbereich *„zum Zweck der Handhabung, Nutzung oder sonstigen*

*Verwendung mit dem Ziel einer Wiederverwendung oder Reparatur außerhalb eines Strahlungsbereichs“* herausgebracht werden sollen.

Das Herausbringen nach § 58 StrlSchV /7/ ist im Betriebshandbuch (BHB) geregelt.

## **6.8 Herausgabe**

Während des Abbaus des Kernkraftwerks Brokdorf fallen nicht radioaktive Stoffe an (z. B. bewegliche Gegenstände, Anlagen oder Anlagenteile), die aus dem genehmigungspflichtigen Umgang stammen, bei denen eine Kontamination oder Aktivierung aufgrund der Betriebshistorie und Nutzung ausgeschlossen ist. Für diese Stoffe besteht kein Erfordernis für eine Freigabe nach §§ 31 – 42 StrlSchV /7/ oder ein Herausbringen nach § 58 StrlSchV /7/.

Für die Entfernung dieser Stoffe ist das Verfahren der Herausgabe als formelle Entlassung aus der atomrechtlichen Überwachung vorgesehen, wie sie im KBR bereits im Leistungsbetrieb durchgeführt wird. In diesem Verfahren werden Plausibilitätsbetrachtungen unter Berücksichtigung der Betriebshistorie sowie Beweissicherungsmessungen durchgeführt. Die Ergebnisse von Plausibilitätsbetrachtungen und durchgeführten Beweissicherungsmessungen werden dokumentiert.

Nach diesem Verfahren können auch Bodenflächen entlassen (herausgegeben) werden.

## **6.9 Radioaktive Abfälle**

Reststoffe, die nicht nach §§ 31 – 42 StrlSchV /7/ als nicht radioaktive Stoffe freigegeben oder der Wiederverwendung oder kontrollierten Verwertung im kerntechnischen Bereich als radioaktive Stoffe zugeführt werden können, werden als radioaktiver Abfall beseitigt. Die geordnete Beseitigung von Material als radioaktiver Abfall erfolgt gemäß den Bestimmungen der „Atomrechtlichen Entsorgungsverordnung“ (AtEV) /24/ sowie den Vorgaben der „Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung“ /25/ und der „Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Reststoffe und radioaktiver Abfälle“ /19/.

In Abbildung 6-4 ist die Unterteilung der radioaktiven Abfälle und deren Behandlung schematisch dargestellt.

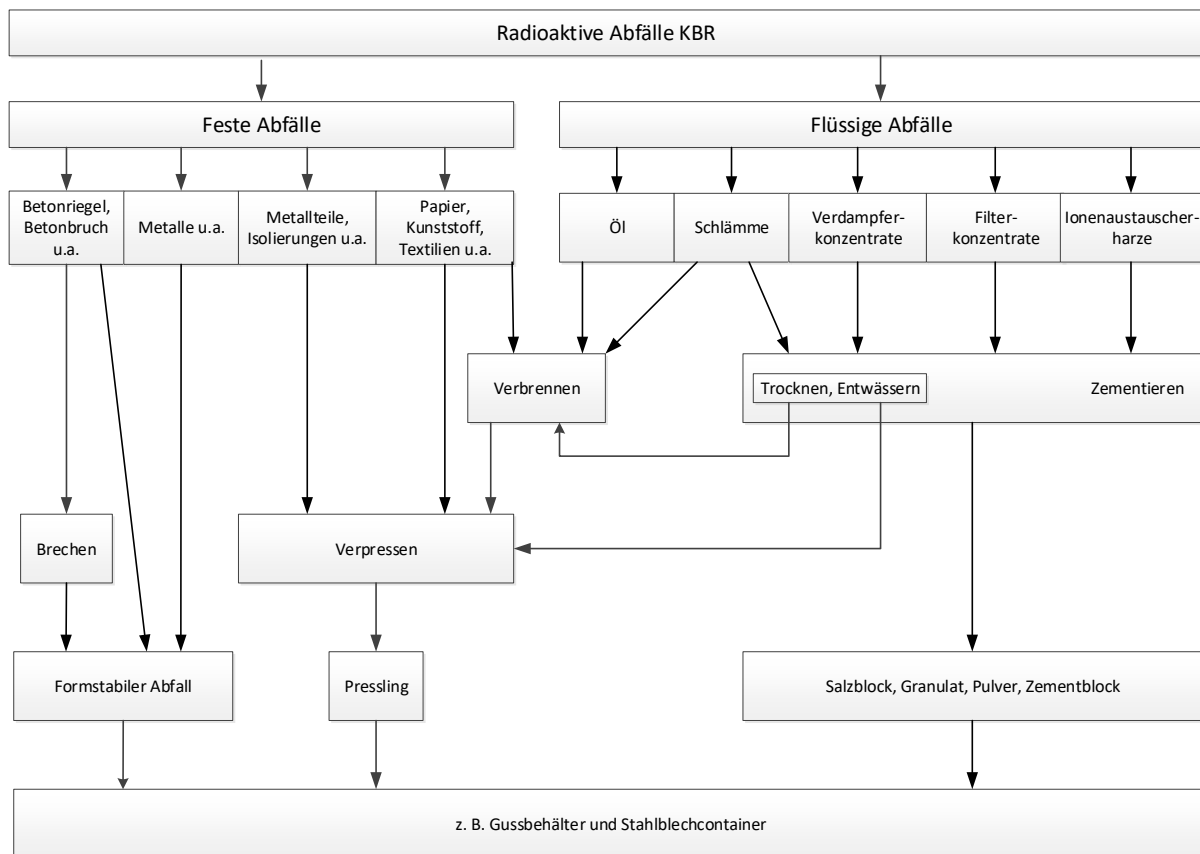


Abbildung 6-4: Schematisierte Darstellung der Behandlung radioaktiver Abfälle

Jede Konditionierung von radioaktiven Abfällen erfolgt

- zur Herstellung von Abfallgebinden durch Verarbeiten und Verpacken, mit dem Ziel das Volumen der Abfälle und damit das Transport- und Lagervolumen möglichst gering zu halten,
- intern mit KBR-eigenen Mitteln, mobilen Konditionierungsanlagen oder in externen Konditionierungsstätten,
- unter Beachtung der Anforderungen an die fachgerechte Verpackung, der Annahmebedingungen des jeweiligen Lagers sowie bei einem Transport auf öffentlichen Verkehrswegen unter Beachtung des Transportrechts, und
- im Rahmen einer von der zuständigen Behörde zugestimmten Kampagne auf Grundlage eines von der zuständigen Behörde freigegebenen Ablauf- bzw. Prüffolgeplans.

Im Fall der extern stattfindenden Konditionierung von radioaktiven Abfällen ist eine Abgabe an einen anderen Genehmigungsinhaber nach § 94 StrlSchV /7/ erforderlich.

Dabei sind die Abgabe

- zur Dekontamination,
- zum Einschmelzen,
- zur Verbrennung,
- zur (Hochdruck-)Verpressung und
- zur Durchführung eines anderen Konditionierungsverfahrens

vorgesehen.

Die radioaktiven Abfälle werden gemäß den Anforderungen des hier einschlägigen § 2 EntsÜG /23/ fachgerecht verpackt. Die Einhaltung der Vorgaben zur fachgerechten Verpackung wird vom Sachverständigen der BGE sowie die Einhaltung der Annahmebedingungen des jeweiligen Lagers von der für das Lager zuständigen Aufsichtsbehörde überprüft.

Die Abfälle werden nach einer Pufferlagerung

- in der TBH-KBR entsprechend den Annahmebedingungen aufbewahrt oder
- für den Abtransport in ein externes Zwischenlager (z. B. ALG oder TBL-Ahaus), ein Endlager des Bundes oder ein zentrales Bereitstellungslager gemäß § 3 Abs. 3 S. 3 EntsÜG /23/ bereitgestellt.

Dabei geht mit Feststellung/Bestätigung der fachgerechten Verpackung durch die BGE gemäß § 2 Abs. 2 EntsÜG /23/ die Entsorgungsverantwortung für Abfallgebinde an den Bund über. Die uneingeschränkte atomrechtliche Verantwortung verbleibt bei dem Zwischenlagerbetreiber bis zum Abtransport der Gebinde.

### 6.9.1 Feste radioaktive Rohabfälle

Die festen radioaktiven Abfälle, wie z. B.

- kontaminierter und ggf. aktivierter Metallschrott,
- aktivierte Core-Bauteile,
- kontaminierter und ggf. aktivierter Bauschutt,
- Aktivkohle,
- Schwebstofffilter,
- Isoliermaterial und
- weitere brennbare oder pressbare Mischabfälle (z. B. Schutzkleidung, Reinigungsmaterial, Folien),

lassen sich grundsätzlich in die Abfallarten

- brennbar,
- pressbar und
- formstabil (nicht pressbar)

unterteilen. Die pressbaren Abfälle enthalten auch brennbaren Abfall, der aber die Annahmebedingungen für die Verbrennung nicht erfüllt, z. B. aus radiologischen Gründen oder weil unzulässige Stoffe wie Asbest enthalten sind.

Brennbarer Abfall wird bei Einhaltung der Annahmebedingungen der Verbrennungsanlage extern verbrannt. Die entstehenden Aschen und Filterstäube werden vom Abfallverursacher anschließend als radioaktiver Abfall entsorgt, d. h. verpresst und fachgerecht verpackt.

Pressbarer Abfall wird in Presstrommeln vorverdichtet und kann anschließend intern oder extern verpresst werden. Noch Restfeuchte enthaltender Abfall bzw. die entstandenen Presslinge werden in geeigneten Trocknungsanlagen bis auf die zulässigen Feuchtegehalte getrocknet und fachgerecht verpackt.

Feste radioaktive Abfälle werden auch ohne weitere Behandlungsschritte direkt in einen Abfallbehälter eingestellt und unter Einhaltung der entsprechenden Annahmebedingungen des jeweiligen Lagers fachgerecht verpackt. Zu diesen direkt verpackten formstabilen Abfällen zählen unter anderem

- Metallschrotte (z. B. Teile des RDB)
- Abfälle, die weder verbrannt noch verpresst werden können (z. B. Gummimatten),
- mineralische Stoffe wie Betonriegel, Betonbruch,
- Bauschutt.

Gebrochener Bauschutt dient auch dem Verfüllen von Restvolumina in beladenen Abfallbehältern (Resthohlraumverfüllung).

### **6.9.2 Flüssige radioaktive Rohabfälle**

Die flüssigen bzw. einen hohen Feuchtegehalt aufweisenden radioaktiven Rohabfälle fallen insbesondere an als

- Verdampferkonzentrat (VDK),
- Ionenaustauscherharze,
- Öle,
- Filterkonzentrate und
- Schlämme.

Sie werden in den dafür vorgesehenen, fest installierten Systemen gesammelt. Sie lassen sich zum Teil verbrennen (z. B. Öl), zum Teil nach Trocknung verpressen (z. B. Schlämme) oder direkt nach Trocknen, Entwässern und/oder Zementieren, unter Beachtung der Vorgaben zur fachgerechten Verpackung, verpacken.

## **6.10 Konventionelle Abfälle**

Konventionelle Abfälle fallen sowohl aus dem Betrieb von Restbetriebssystemen als auch beim Abbau der Anlage an. Sie stammen aus dem konventionellen Teil der Kraftwerksanlage, aus Freigaben nach §§ 31 – 42 StrlSchV /7/ oder aus der Herausgabe.

Den mengenmäßig größten Anteil bilden Bauschutt, Eisen-/Nichteisenmetalle und Kabel. Hinzu kommen gewerbeabfallähnliche Abfälle sowie Betriebschemikalien, Altöle oder Lösungsmittel.

Das Spektrum der Abfallarten ändert sich im Restbetrieb gegenüber dem Leistungsbetrieb des KBR nur wenig. Jedoch verschieben sich die Mengenanteile auf Grund der großen Massen an Bauschutt und Metallschrotten.

Die Entsorgung der konventionellen Abfälle erfolgt nach den Vorgaben der einschlägigen Gesetze und Verordnungen, insbesondere des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) /26/ sowie der auf dieser Rechtsgrundlage erlassenen Verordnungen.



## **7. STRAHLENSCHUTZ**

### **7.1 Aufgaben**

Die Organisation und die praktische Umsetzung aller Aspekte des Strahlenschutzes im KBR sind umfassend in der Strahlenschutzordnung des KBR, einem Teil des Betriebshandbuchs (BHB), und nachgeordneten Dokumenten auf Basis des Strahlenschutzgesetzes (StrlSchG, /5/), der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV, /7/) und des untergesetzlichen Regelwerks geregelt. Die Strahlenschutzmaßnahmen werden entsprechend den Anforderungen des Abbaus angepasst und administrativ analog zum Leistungsbetrieb bzw. Nachbetrieb gestaltet. Der Strahlenschutz wird frühzeitig in die Planung und Ausführung der Abbauschritte, Instandhaltungsvorgänge, Neuinstallationen usw. eingebunden.

Nach Abtransport der letzten bestrahlten Brennelemente sowie der Sonderbrennstäbe zur Zwischenlagerung sind für die Stilllegung und den Abbau noch das Schutzziel „Einschluss radioaktiver Stoffe“ (Aktivitätsrückhaltung) und das grundlegende radiologische Sicherheitsziel „Schutz von Mensch und Umwelt vor den schädlichen Auswirkungen ionisierender Strahlung“ relevant. Das Schutzziel „Vermeidung unnötiger Strahlenexposition, Begrenzung und Kontrolle der Strahlenexposition des Betriebspersonals und der Bevölkerung“ gemäß der „ESK-Leitlinien zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen“ /4/ bleibt ebenfalls relevant.

Dazu gehört im Strahlenschutz unter anderem das Minimierungsgebot gemäß § 8 StrlSchG /5/ (ALARA-Prinzip), nach dem jede Strahlenexposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalls und unter Beachtung des Standes von Wissenschaft und Technik auch unterhalb von Grenzwerten so gering wie möglich zu halten ist.

Die daraus abgeleiteten Aufgaben des Strahlenschutzpersonals während Stilllegung und Abbau sind u. a.:

- Überwachung des Zugangs zu den Kontrollbereichen,
- Mitarbeit bei der Arbeitsvorbereitung und -planung,
- Arbeitsplatzfreigabe und Arbeitsplatzüberwachung,
- Mitarbeit bei der Einführung und Entwicklung von Arbeitsmethoden zum Abbau und deren Freigabe aus Sicht des Strahlenschutzes,
- Festlegung von Strahlenschutzmaßnahmen für Personal sowie Überwachung der Tätigkeiten,

- Ermittlung und Verwaltung der Personendosen und sonstiger strahlenschutzrelevanter Personendaten,
- Überwachung des Reststoffmanagements,
- Überwachung der Dekontamination,
- Überwachung der Pufferlagerung,
- Emissions- und Immissionsüberwachung,
- Durchführung des Freigabe- und Herausgabeverfahrens,
- Herausbringen von beweglichen Gegenständen aus dem Kontrollbereich,
- Kennzeichnung der Strahlenschutzbereiche,
- Überwachung von Radioaktivtransporten,
- Mitwirkung bei der Aktualisierung des Betriebshandbuchs (BHB),
- Dokumentation strahlenschutzrelevanter Vorgänge und Verfolgung des Erfahrungsrückflusses durchgeführter Abbaumaßnahmen unter Gesichtspunkten des Strahlenschutzes,
- Durchführung von Strahlenschutzunterweisungen.

## 7.2 Strahlenschutzbereiche

Das Betriebsgelände beginnt an der KBR-Grundstücksgrenze (Massivzaun) und beinhaltet alle Anlagen und Einrichtungen, zu denen der Zugang oder die Aufenthaltsdauer von Personen durch den vom Strahlenschutzverantwortlichen beauftragten Strahlenschutzbeauftragten begrenzt werden kann. Das Betriebsgelände beinhaltet neben den Strahlenschutzbereichen des Kernkraftwerks auch Strahlenschutzbereiche weiterer kerntechnischer Anlagen (siehe Kapitel 1.7), die allerdings nicht Gegenstand der folgenden Ausführungen sind.

Je nach Höhe der im jeweiligen Bereich möglichen Strahlenexposition bzw. Ortsdosisleistung wird zwischen Betriebsgelände, Überwachungsbereich, Kontrollbereichen und Sperrbereichen unterschieden. Die für die Stilllegung und den Abbau des KBR ausgewiesenen Überwachungs- und Kontrollbereiche sind in Abbildung 7-1 dargestellt (Sperrbereiche sind bei Bedarf eingerichtete Teile der Kontrollbereiche und werden nicht gesondert dargestellt).

Der Überwachungsbereich des KBR gemäß § 52 Abs. 2 S. 1 Nr. 1 StrlSchV /7/ beginnt am Detektionszaun und endet an den Grenzen der Kontrollbereiche.

## Sicherheitsbericht – Stilllegung und Abbau des KBR

Bei Bedarf können Teile der Kontrollbereiche aufgehoben werden. Die Aufhebung von Kontrollbereichen erfolgt, wenn die Strahlenexposition von Personen die Grenzwerte des § 52 Abs. 2 Nr. 2 StrlSchV /7/ unterschreitet.

Andererseits können im Überwachungsbereich bei Erfordernis zusätzliche Kontrollbereiche eingerichtet werden. Diese werden vom Strahlenschutzverantwortlichen beauftragten Strahlenschutzbeauftragten festgelegt und den Gegebenheiten angepasst. Sie werden so abgegrenzt und gesichert, dass sie nicht unkontrolliert betreten werden können. Der Zugang zu diesen zusätzlich eingerichteten Kontrollbereichen ist nur unter Kontrolle des Strahlenschutzpersonals gestattet.

Sperrbereiche werden, soweit nach StrlSchV /7/ erforderlich, vom Strahlenschutzbeauftragten festgelegt und den Gegebenheiten angepasst. Sie werden so abgegrenzt und gesichert, dass sie nicht unkontrolliert betreten werden können. Der Zugang zu diesen Bereichen ist nur unter Kontrolle des Strahlenschutzpersonals gestattet.

Die Sperrbereiche sind mit dem Strahlenwarnzeichen und dem Zusatz "Sperrbereich – Kein Zutritt" gekennzeichnet. Sperrbereiche sind darüber hinaus gegen unkontrolliertes Hineingelangen, auch mit einzelnen Körperteilen, abgesichert.

## **7.3 Strahlenschutzmaßnahmen und Überwachung**

### **7.3.1 Arbeitsplatzüberwachung**

Alle Arbeiten in den Kontrollbereichen müssen vom Strahlenschutzbeauftragten oder einer von ihm beauftragten Person freigegeben und vom Strahlenschutzpersonal überwacht werden.

Bei umfangreichen und/oder gemäß „Richtlinie für den Strahlenschutz des Personals bei Tätigkeiten der Instandhaltung, Änderung, Entsorgung und des Abbaus in kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen (IWRS II)“ /27/ dosisintensiven Arbeiten werden Arbeitsablaufpläne mit entsprechenden Dosisabschätzungen gemäß dieser Richtlinie erstellt. Ggf. werden einzelfallbezogene Strahlenschutzmaßnahmen oder andere dosisminimierende Vorgehensweisen festgelegt. § 8 StrlSchG /5/ bleibt davon unberührt.

Im KBR werden vorhandene Systeme zur Ortsdosisleistungs- und Aerosolüberwachung bedarfsgerecht weiterbetrieben. Neben der routinemäßigen Kontrolle durch die kontinuierlich messenden Systeme (Raumluft, Ortsdosisleistung) werden regelmäßig zusätzliche Ortsdosisleistungsmessungen, ebenso wie Aerosol- und Kontaminationsmessungen durchgeführt. Sämtliche strahlenschutzrelevanten

Arbeiten werden überwacht. Bei Bedarf erfolgt der Einsatz von mobilen Mess- und Überwachungsgeräten. Auf Grundlage der Messergebnisse werden Personenschutzmaßnahmen festgelegt. Messergebnisse werden protokolliert und archiviert.

### **7.3.2 Strahlungs- und Aktivitätsüberwachung**

Im Rahmen der Strahlungs- und Aktivitätsüberwachung werden u. a. folgende Messungen durchgeführt:

- Messungen der Personendosis und Messungen im Rahmen der Inkorporationsüberwachung,
- Dosisleistungsmessungen an Anlagenteilen und in Arbeitsbereichen,
- Kontaminationsmessungen,
- Messungen der Aktivität an Materialien (z. B. an Abfällen und Reststoffen),
- Messungen der Aktivitätskonzentrationen in der Raumluft,
- Messungen zur Überwachung des Einschlusses radioaktiver Stoffe (Aktivitätsrückhaltung),
- Messungen im Rahmen der Emissions- und Immissionsüberwachung.

Hierzu werden mobile und festinstallierte Messgeräte betrieben, z. B.:

- elektronische Personendosimeter,
- Personenmonitore am Kontrollbereichsausgang,
- Messstellen an den Ausgängen des Überwachungsbereichs,
- Ortsdosisleistungs-Messgeräte zur Raum- und Arbeitsplatzüberwachung,
- tragbare Kontaminationsmonitore,
- nuklidspezifische Messplätze,
- Messplätze für Wisch- und Aerosolproben,
- mobile Monitore zur Raumluftüberwachung,
- Einrichtungen zur Aktivitätsüberwachung/-bilanzierung Fortluftpfad,
- Einrichtungen zur Aktivitätsüberwachung/-bilanzierung Abwasserpfad,
- Einrichtungen zur Kreislaufaktivitätsüberwachung,

- Einrichtungen zur Immissionsüberwachung,
- Messeinrichtungen zur Inkorporationsüberwachung.

Weitere Messeinrichtungen werden im Rahmen der Reststoffbearbeitung und Freigabe betrieben, wie beispielsweise eine Freimessanlage.

Die Strahlungsmessgeräte erfüllen die Anforderungen von § 90 StrlSchV /7/ und des untergesetzlichen Regelwerkes (KTA, DIN sowie einschlägige SSK-Empfehlungen). Sie werden regelmäßig gewartet und wiederkehrend geprüft. Der Bestand an Messgeräten aus dem Leistungs-/Nachbetrieb wird auch im Restbetrieb benutzt. Die Anzahl einzelner Gerätetypen wird den Anforderungen des Abbaus angepasst. Messgeräte werden immer in ausreichender Anzahl vorhanden sein.

### **7.3.3 Personenschutzmaßnahmen**

Im Rahmen der Arbeitsvorbereitung werden für die geplanten Arbeiten die jeweils erforderlichen Schutzmaßnahmen festgelegt. Die Einhaltung der Maßnahmen wird durch Strahlenschutzpersonal in der Anlage überprüft. Als Schutzmaßnahmen werden beispielsweise angewendet:

- Beschränkung der Aufenthaltsdauer im Arbeitsbereich,
- Verwendung von Abschirmungen,
- Abstand von der Strahlenquelle (z. B. Einsatz fernbedienbarer/fernhandzierter Arbeitsgeräte),
- Tragen von Schutzkleidung,
- Tragen von Atemschutz,
- Einsatz mobiler Absaugungen,
- Unterweisung nach § 63 StrlSchV /7/.

Die Durchführung des betrieblichen Strahlenschutzes stellt die Vermeidung unnötiger Exposition und Dosisreduzierung und die Dosisbegrenzung der im KBR tätigen Personen gemäß §§ 8 und 9 StrlSchG /5/ sicher.

### **7.3.4 Personenüberwachung**

Durch den betrieblichen Strahlenschutz wird sichergestellt, dass alle Personen, die Kontrollbereiche betreten, in die Personenüberwachung einbezogen werden. Die Messung der Personendosis wird bei allen nach § 4 Abs. 1 Nr. 4 StrlSchG /5/ tätigen Personen, die den Kontrollbereich betreten, mit zwei voneinander unabhängigen Verfahren durchgeführt:

- mit einem betrieblichen, jederzeit ablesbaren, elektronischen Dosimeter und
- mit einem von einer behördlich bestimmten Messstelle ausgegebenen und regelmäßig ausgewerteten Dosimeter, dem sog. amtlichen Dosimeter.

Zusätzlich können weitere Dosimeter zum Einsatz kommen, z. B. zur Messung von Teilkörperdosen bei Tätigkeiten an Anlagenteilen, an denen eine höhere Ortsdosisleistung herrscht, oder in inhomogenen Strahlenfeldern.

Das gesamte beruflich strahlenexponierte Personal wird regelmäßig hinsichtlich möglicher Inkorporation überwacht.

Besteht aufgrund von Luftaktivitätsmessungen oder äußerer Kontamination einer Person der Verdacht, dass diese radioaktive Stoffe in den Körper aufgenommen hat, so veranlasst der Strahlenschutzbeauftragte unverzüglich eine Inkorporationsmessung.

Bei temporären Kontrollbereichen kann die Überprüfung der Kontamination an Personen beim Verlassen des temporären Kontrollbereichs entfallen, wenn der Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen ausgeschlossen ist.

Die Ergebnisse der Personenüberwachung werden dokumentiert und archiviert.

## **7.4 Aktivitätsrückhaltung**

Während des Abbaus des KBR werden Vorkehrungen und Maßnahmen getroffen, die insbesondere der Einhaltung des Schutzziels „Einschluss radioaktiver Stoffe“ (Aktivitätsrückhaltung) und somit der Vermeidung einer unkontrollierten Ausbreitung radioaktiver Stoffe innerhalb des Kontrollbereichs und nach außen dienen. Die Maßnahmen zur Rückhaltung radioaktiver Stoffe werden beim Abbau der Anlage entsprechend den Maßnahmen im Leistungsbetrieb aufrechterhalten, soweit es der jeweilige Zustand der Anlage erfordert.

Hierzu gehören insbesondere:

- Die Gebäudeintegrität der Kontrollbereiche wird als Barriere gegen Freisetzung und Verschleppung radioaktiver Stoffe aufrechterhalten.
- Die Verhinderung des Übertritts kontaminierter Flüssigkeiten in Kühlkreisläufe erfolgt durch mechanische Barrieren und Druckstaffelung. Die Wirksamkeit dieser Barrieren wird durch Überwachung der Radioaktivität in den einzelnen Kreisläufen überwacht.
- Die Kontrollbereichsein- und -ausgänge werden auf Kontaminationsverschleppung überwacht.
- Der Betrieb der Lüftungstechnischen Anlage zur gerichteten Luftströmung von außen in den Kontrollbereich, zur Lüftungstechnischen Trennung von Räumen mit unterschiedlichem Aktivitätsinventar, zur bedarfsweisen Filterung des Fortluftvolumenstroms und zur Emissionsüberwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft wird aufrechterhalten.
- Bei einem Ausfall der gesamten Lüftungsanlage werden alle Arbeiten solange eingestellt, bis eine gerichtete Luftströmung in den Kontrollbereich wiederhergestellt wurde.
- Das Abwassersammel- und -aufbereitungssystem mit den erforderlichen Einrichtungen zum Sammeln und Aufbereiten der im Kontrollbereich anfallenden Wässer und zur Emissionsüberwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser wird weiterbetrieben, solange noch Wasser im Kontrollbereich anfallen kann.
- Das Ergreifen von anlagenbezogenen Strahlenschutzmaßnahmen bei der Durchführung der Arbeiten zum Abbau des KBR, wie beispielsweise
  - Handhabung von Flüssigkeiten und Filterhilfsmitteln mit radioaktiven Stoffen innerhalb geschlossener Systeme oder Behälter,
  - Auswahl von Arbeitsverfahren mit möglichst geringer Aerosolbildung,
  - Einsatz mobiler Einrichtungen zur Luftführung und Luftfilterung bei Tätigkeiten,
  - Installation von Einrichtungen zur mobilen und stationären Überwachung der Raumluft,
  - Errichtung von Einhausungen,
  - Einrichtung von Kontaminationsbereichen mit besonderen Anforderungen an persönliche Strahlenschutzmaßnahmen,grenzt eine mögliche Kontamination auf die Arbeitsbereiche ein.



## 7.5 Ableitung radioaktiver Stoffe

### 7.5.1 Ableitung von radioaktiven Stoffen mit der Fortluft

Für den Leistungsbetrieb sind Ableitungsgrenzwerte genehmigt, für die im Rahmen des Genehmigungsverfahrens nachgewiesen wurde, dass bei deren Einhaltung keine unzulässigen oder nachteiligen Auswirkungen auf die Umwelt oder die Bevölkerung zu besorgen sind. Aufgrund des langen Anlagenbetriebs und der in bisherigen Abbauvorhaben gewonnenen Erfahrungen werden für die Stilllegung und den Abbau des KBR vergleichbare Werte für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft beantragt, wie sie mit der Betriebsgenehmigung genehmigt wurden.

Mit dem Antrag nach § 7 Abs. 3 AtG /1/ auf Stilllegung und Abbau des KBR /2/ wurden folgende maximal zulässige Ableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft beantragt:

#### Radioaktive Aerosole (Halbwertszeit größer 8 Tage):

Innerhalb eines Kalenderjahres	1 E+10 Bq
Innerhalb von 180 aufeinander folgenden Tagen	5 E+09 Bq
Tageswert	1 E+08 Bq

#### Radioaktive Gase:

Innerhalb eines Kalenderjahres	1 E+15 Bq
Innerhalb von 180 aufeinander folgenden Tagen	5 E+14 Bq
Tageswert	1 E+13 Bq

Selbst bei Ausschöpfung dieser beantragten Werte ergibt sich, auch bei konservativ abdeckender Berechnung, eine Strahlenexposition, die für alle Einzelpersonen der Bevölkerung weit unter dem Grenzwert von 0,3 mSv pro Kalenderjahr liegt (siehe Kapitel 7.6.2).

### 7.5.2 Ableitung von radioaktiven Stoffen mit dem Abwasser

Die Genehmigungswerte zur Einleitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser sind in der Betriebsgenehmigung und in der gültigen Wasserrechtlichen Erlaubnis des staatlichen Umweltamtes Itzehoe (jetzt Untere Wasserbehörde des Landkreises Steinburg) /8/ geregelt und sollen vorerst unverändert bleiben.

## Radioaktive Abwässer

Gesamtaktivität innerhalb eines Kalenderjahres:

Summe Nuklidgemisch (ohne Tritium):	5,55 E+10 Bq
Tritium:	3,50 E+13 Bq

Die Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser innerhalb von 180 aufeinanderfolgenden Tagen darf jeweils nur die Hälfte der Jahreshöchstwerte betragen.

Aufgrund des Entfalls großer Kühlwassermengen ist geplant, abbaubegleitend – spätestens nach Entfernen der BE und SBS (Abschnitt 1C) – eine neue Abgabelleitung zu verlegen. Die Wasserrechtliche Erlaubnis wird dann angepasst.

Bei Ausschöpfung dieser Werte und unter Berücksichtigung der Vorbelastung der Elbe ergibt sich für beide Varianten (über das Kühlwasserrückgabebauwerk bzw. über eine neue Abgabelleitung) eine maximale Strahlenexposition, die für alle Einzelpersonen der Bevölkerung weit unter dem Grenzwert von 0,3 mSv im Kalenderjahr liegt (siehe Kapitel 7.6.3).

### **7.5.3 Emissionsüberwachung**

Mit Beendigung des Leistungsbetriebs und nach Abtransport der BE und SBS reduziert sich das radioaktive Inventar der Anlage und damit das Gefahrenpotenzial deutlich.

Die Emissionsüberwachung während des Restbetriebs und des Abbaus erfolgt wie im Leistungsbetrieb entsprechend den Anforderungen und Vorgaben der „Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen“ /28/. Der Umfang hängt danach vom Fortschritt des Abbaus ab und wird im Betriebshandbuch (BHB) detailliert festgelegt.

Die Fortluft wird mit den bestehenden Einrichtungen auf radioaktive Aerosole und Gase einschließlich Kohlenstoff 14 und Tritium überwacht. Die Überwachung auf radioaktive Aerosole und Gase erfolgt durch kontinuierliche Messung sowie durch kontinuierliche Sammlung von Proben und Bilanzierung der abgeleiteten Nuklide.

Das radioaktive Abwasser sowie die Ableitung radioaktiver Stoffe mit Abwasser werden kontinuierlich und mittels Probenahmen überwacht und bilanziert.

#### **7.5.4 Immissionsüberwachung**

Die Immissionsüberwachung erfolgt weiterhin im Rahmen der Umgebungsüberwachung. Sie umfasst die Messungen der Radioaktivität

- in der Luft (äußere Strahlung, Aerosole),
- im Niederschlag,
- auf dem Boden (Weideboden),
- in den Pflanzen (Bewuchs),
- in den Nahrungsmitteln (Kuhmilch, Fischfleisch),
- in oberirdischen Gewässern,
- in Sedimenten (Elbe, Sielen) und
- im Grundwasser.

Ebenso werden die meteorologischen Verhältnisse aufgezeichnet.

Hierzu wird ein Umgebungsüberwachungsprogramm entsprechend den Anforderungen und Vorgaben der „Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen“ /28/ durch PEL sowie einer unabhängigen Messstelle durchgeführt.

Unter anderem werden zur Überwachung der Einhaltung der Anforderungen des § 80 StrlSchG /5/ an der Grenze des Betriebsgeländes zum allgemeinen Staatsgebiet sowie im allgemeinen Staatsgebiet Dosimeter eingesetzt.

Mit zunehmendem Abbaufortschritt kann der Umfang der Immissionsüberwachung angepasst werden.

## 7.6 Strahlenexposition in der Umgebung

### 7.6.1 Grundsätzliches

Die Strahlenexposition in der Umgebung einer kerntechnischen Anlage setzt sich aus folgenden Bestandteilen zusammen:

- Strahlenexposition durch die radiologische Vorbelastung,
- Strahlenexposition, die aus den genehmigten Ableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser resultiert,
- Strahlenexposition aus Direktstrahlung, die aus dem genehmigten bzw. beantragten Umgang mit radioaktiven Stoffen in der Anlage resultiert.

In § 80 StrlSchG /5/ und § 99 StrlSchV /7/ sind für die Strahlenexposition bzw. für die Summe der Einzelbeiträge zur Strahlenexposition Grenzwerte festgelegt, deren Einhaltung nachzuweisen ist.

Die Modelle und Parameter zur Berechnung der potenziellen Strahlenexposition für eine Referenzperson aus Ableitungen basieren auf der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (AVV) zu § 47 der Strahlenschutzverordnung (in der bis zum 31.12.2018 geltenden Fassung) /9/, wie es entsprechend den Regelungen zu den Übergangsfristen gemäß Übergangsvorschrift § 193 StrlSchV /7/ vorgesehen ist. Nach dieser Übergangsvorschrift ist § 99 Abs. 1 StrlSchV /7/ nicht auf das vorliegende Genehmigungsverfahren anzuwenden. Es gelten vielmehr für Ableitungen mit der Fortluft und dem Abwasser die Grenzwerte des § 47 der bis zum 31.12.2018 geltenden Fassung der Strahlenschutzverordnung fort. Allerdings betragen die Grenzwerte für die effektive Dosis aus Ableitungen sowohl nach § 47 StrlSchV (in der bis zum 31.12.2018 geltenden Fassung) als auch nach § 99 Abs. 1 StrlSchV /7/ jeweils 0,3 mSv im Kalenderjahr.

Gemäß AVV wird die Strahlenexposition für jeweils sechs Altersgruppen an den ungünstigsten Einwirkstellen unter Berücksichtigung der in Anlage 11 der StrlSchV /7/ genannten Expositionspfade, Lebensgewohnheiten und übrigen Annahmen ermittelt.

Die Modelle und Parameter der AVV /9/ zur Berechnung der Strahlenexposition sind so festgelegt, dass bei deren Anwendung die für die Referenzperson berechnete Strahlenexposition sicher abdeckend ist für die Strahlenexposition jeder Einzelperson der Bevölkerung.

### 7.6.2 Ableitung mit der Fortluft

Die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus der Anlage KBR erfolgt zu Beginn der Stilllegung noch über den vorhandenen Fortluftkamin. Durch Anpassung des Lüftungskonzepts im Verlauf des Abbaus wird die Ableitung radioaktiver Stoffe über ein geeignetes Ersatzsystem (Stahlrohr am bestehenden Kamin) erfolgen. In dem Zuge werden die zugelassenen Ableitungsgrenzwerte aufsichtlich bewertet.

Bei der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft wurden gemäß StrlSchV /7/ folgende Expositionspfade berücksichtigt:

- a) zur Ermittlung der äußeren Strahlenexposition:
  - Exposition durch Betastrahlung innerhalb der Abluftfahne (Betasubmersion),
  - Exposition durch Gammastrahlung aus der Abluftfahne (Gammasubmersion),
  - Exposition durch Gammastrahlung der am Boden abgelagerten radioaktiven Stoffe (Gammabodenstrahlung);
- b) zur Ermittlung der inneren Strahlenexposition:
  - Exposition durch Aufnahme radioaktiver Stoffe mit der Atemluft (Inhalation),
  - Exposition durch Aufnahme radioaktiver Stoffe mit Lebensmitteln (Ingestion) mit den Teilpfaden:
    - Luft → Pflanze,
    - Luft → Futterpflanze → Kuh → Milch,
    - Luft → Futterpflanze → Tier → Fleisch,
    - Luft → Muttermilch,
    - Luft → Nahrung → Muttermilch.

Für die Ermittlung der Ausbreitungsverhältnisse wurden die Wetterstatistiken des Standortes herangezogen.

Bei der Berechnung wurde hypothetisch angenommen, dass die beantragten Jahresableitungen von radioaktiven Stoffen mit der Fortluft vollständig ausgeschöpft werden. Als Jahresdosis gilt bei äußerer Strahlenexposition die im Bezugsjahr erhaltene Dosis, bei innerer Strahlenexposition für Erwachsene die 50-Jahre-Folgedosis und für die Säuglinge die 70-Jahre-Folgedosis aufgrund der im Bezugsjahr erfolgten Inkorporation. Bei Expositionspfaden, die mit einer Anreicherung in der Umwelt verbunden sind, wird davon ausgegangen, dass dem Bezugsjahr eine Akkumulationszeit entsprechend der Betriebsdauer der kerntechnischen Anlage von 50 Jahren vorausgeht.

Die ungünstigste Einwirkstelle ist eine Stelle in der Umgebung des KBR, bei der auf Grund der Verteilung der abgeleiteten radioaktiven Stoffe in der Umwelt unter Berücksichtigung realer Nutzungsmöglichkeiten die höchste Strahlenexposition der Referenzperson durch deren Aufenthalt bzw. durch den Verzehr der dort erzeugten Lebensmittel zu erwarten ist.

Beim Kernkraftwerk KBR befindet sich diese ungünstigste Einwirkstelle ca. 150 m östlich des Kamins. Es handelt sich dabei um den Punkt mit dem Maximum der Summe der Dosen aus der äußeren Strahlenexposition und der inneren Strahlenexposition. Als Aufenthaltsdauer wurde Daueraufenthalt mit 8.760 h/a für die Berechnung unterstellt.

Unter Ausschöpfung der beantragten Werte für die Ableitungen mit der Fortluft für KBR wird eine maximale effektive Dosis von 0,0108 mSv im Kalenderjahr für die potenziell am höchsten belastete Altersgruppe der Kleinkinder (1 – 2 Jahre, entspricht ca. 3,6 % des Grenzwerts von 0,3 mSv) berechnet.

Alle berechneten Strahlenexpositionen durch Ableitungen mit der Fortluft liegen deutlich unter dem Grenzwert von 0,3 mSv pro Kalenderjahr. Das hier skizzierte Bild der Strahlenexposition der Bevölkerung ist für alle Altersgruppen ähnlich. Die Werte für die effektive Dosis reichen von 0,0108 mSv im Kalenderjahr bei der Altersgruppe 1 – 2 Jahre (entspricht ca. 3,6 % des Grenzwerts von 0,3 mSv) bis hin zu 0,0068 mSv im Kalenderjahr bei Erwachsenen (> 17 Jahre; entspricht ca. 2,3 % des Grenzwerts).

### **7.6.3 Ableitung mit dem Abwasser**

Die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser erfolgt zu Beginn der Stilllegung noch über das Kühlwasserrückgabebauwerk. Es ist geplant, abbaubegleitend – spätestens nach Entfernen der BE und SBS – eine neue Abgabelleitung zu verlegen, siehe Kapitel 3.2.1. Die Wasserrechtliche Erlaubnis wird dann angepasst.

Bei der Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser sind standortspezifisch folgende Expositionspfade zu berücksichtigen:

- a) zur Ermittlung der äußeren Strahlenexposition
  - Exposition durch Aufenthalt auf Sediment (Gammabodenstrahlung)

b) zur Ermittlung der inneren Strahlenexposition durch Aufnahme radioaktiver Stoffe mit Lebensmitteln (Ingestion) durch:

- Trinkwasser,
- Wasser → Fisch,
- Viehtränke → Kuh → Milch,
- Viehtränke → Tier → Fleisch,
- Beregnung → Futterpflanze → Kuh → Milch,
- Beregnung → Futterpflanze → Tier → Fleisch,
- Beregnung → Pflanze,
- Muttermilch infolge der Aufnahme radioaktiver Stoffe durch die Mutter über die oben genannten Ingestionspfade,
- Landwirtschaftliche Nutzung auf Überschwemmungsgebieten (Milch, Fleisch, Pflanzen, Muttermilch)

Die Abgabe von radioaktiven Stoffen mit dem Abwasser wurde hinsichtlich der für die Referenzperson in der Umgebung des KBR resultierenden Strahlenexposition für beide Varianten (über das Kühlwasserrückgabebauwerk bzw. über eine neue Abgabelleitung) untersucht. Die für die verschiedenen zu betrachtenden Altersgruppen berechneten Strahlenexpositionen infolge der Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser liegen bei allen betrachteten Expositionsszenarien unterhalb der entsprechenden Dosisgrenzwerte.

Für den Nahbereich des KBR (Bereich der Einleitstelle der KBR-Abwässer in die Elbe) ergibt sich abdeckend für beide Varianten (Abgabe über das Kühlwasserrückgabebauwerk bzw. über eine neue Abgabelleitung) rechnerisch infolge genehmigter radioaktiver Ableitungen ohne Berücksichtigung der Vorbelastungen die maximale effektive Dosis von 0,088 mSv im Kalenderjahr für die am höchsten belastete Altersgruppe der Säuglinge (< 1 Jahr) mit Muttermilchernährung. Dies entspricht ca. 29,2 % des Grenzwertes von 0,3 mSv pro Kalenderjahr.

Im Fernbereich des Standortes KBR (Bereich vollständiger Durchmischung der vom KBR eingeleiteten Wässern) ergibt sich rechnerisch eine maximale effektive Jahresdosis von 0,017 mSv (entspricht ca. 5,6 % des Grenzwertes von 0,3 mSv pro Kalenderjahr), ebenfalls für Säuglinge (< 1 Jahr) mit Muttermilchaufnahme.

Unter Einbeziehung der Vorbelastung der Elbe durch andere Einleiter ergibt sich die höchste potenzielle Ausschöpfung der Dosisgrenzwerte aus Kombination von Nahbereich KBR und den Fernbereichen von KKB, KKS, KKK und HZG und weiterer nicht explizit betrachteter Anlagen und

Einrichtungen wie Krankenhäuser, Forschungsinstitute, usw. (ersatzweise Betrachtung über Radionuklidausscheidungen von Patienten der Nuklearmedizin entsprechend der Empfehlung der Strahlenschutzkommission /13/). Die insgesamt höchste potenzielle Grenzwertausschöpfung wird für die effektive Dosis bei Säuglingen (< 1 Jahr) mit Muttermilchernährung mit einer effektiven Dosis von maximal 0,160 mSv im Kalenderjahr berechnet, wobei damit unter den getroffenen – insgesamt konservativen – Annahmen 53,3 % des Jahresgrenzwertes von 0,3 mSv erreicht werden.

#### **7.6.4 Direktstrahlung**

Für die am Standort KBR vorhandenen potenziellen Direktstrahlungsquellen KBR und das Standortzwischenlager für abgebrannte Brennelemente wurde bereits in den entsprechenden atomrechtlichen Genehmigungsverfahren nachgewiesen, dass die Strahlenexposition in der Umgebung der Anlagen aus Direktstrahlung aufgrund der Abschirmwirkung der Gebäude praktisch vernachlässigbar ist.

Da die Gebäude während der Stilllegung und des Abbaus des KBR in ihrer Abschirmwirkung unbeeinträchtigt bleiben und die Abbauprozesse keine Strahlenquellen generieren, die in ihrer Quellstärke über denen aus Vorgängen während des Leistungsbetriebs liegen, sind für die Stilllegung und den Abbau des KBR keine höheren Strahlenexpositionen aus Direktstrahlung an den ungünstigsten Aufpunkten zu besorgen.

Im Rahmen der Stilllegung und des Abbaus erfolgen darüber hinaus Pufferlagerungen auf dem Kraftwerksgelände, die zu einer zusätzlichen Direktstrahlungskomponente führen.

Für Pufferlagerung gilt:

- Pufferlagerung erfolgt unter Verwendung geeigneter Verpackungen bzw. Behälter, die die radioaktiven Stoffe einschließen.
- Pufferlagerflächen außerhalb von Gebäuden werden in entsprechendem Abstand zur Grenze des Überwachungsbereichs eingerichtet und routinemäßig durch den Strahlenschutz kontrolliert.
- Zur Minimierung der Strahlenexposition im Sinne des § 8 StrlSchG /5/ werden geeignete Maßnahmen, wie die Nutzung von Abschirmungen, die Einhaltung von Abständen oder die optimierte Aufstellung von Gebinden und Behältern auf den Pufferlagerflächen, durchgeführt.



Die durch die Pufferlagerung von radioaktiven Stoffen ausgehende Direktstrahlung wird durch die beschriebene Weise so begrenzt, dass an der Grenze des Betriebsgeländes eine effektive Dosis von 1 mSv im Kalenderjahr (Grenzwert gemäß § 80 StrlSchG /5/) unter Berücksichtigung der Vorbelastung und von Ableitungen über Fortluft und Abwasser im Kalenderjahr bei anzusetzenden 8.760 h/a Aufenthaltszeit eingehalten wird. Die Einhaltung wird im Rahmen des Umgebungsüberwachungsprogramms (vgl. Kapitel 7.5.4) überwacht. Die Beweissicherung der Einhaltung erfolgt durch Dosimeter.

Die Abschätzung der Direktstrahlung erfolgt für die jeweils ungünstigsten Aufpunkte direkt am Massivzaun bei Ausnutzung der gesamten Lagerkapazität sowohl in der TBH-KBR als auch für die Pufferlagerflächen sowie des Standortzwischenlagers für abgebrannte Brennelemente. Die maximale effektive Dosis durch Direktstrahlung für die Bevölkerung wurde mit 0,602 mSv im Kalenderjahr berechnet.

Die vorliegenden Betrachtungen zur Direktstrahlung gelten für alle oben genannten Abbauvarianten während des Restbetriebs des KBR. Auch die im Rahmen der Stilllegung und des Abbaus weiter verwendeten sowie geplanten Einrichtungen und Maßnahmen zur Überwachung radioaktiver Stoffe sind hierfür ausreichend.

#### **7.6.5 Begrenzung der Strahlenexposition der Bevölkerung**

Für die Stilllegung und den Abbau des Kernkraftwerkes wurde die maximal zu erwartende Strahlenexposition ermittelt. Diese berücksichtigt Einzelbeiträge aus:

- beantragten Ableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft,
- genehmigten Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser,
- Direktstrahlung aus dem genehmigten bzw. beantragten Umgang mit radioaktiven Stoffen und
- der radiologischen Vorbelastung des Standorts (Direktstrahlung und Ableitungen aus anderen Anlagen).

In der Tabelle 7-1 sind die effektiven Jahresdosen aus den Ableitungen aus Fortluft und Abwasser sowie aus Direktstrahlung zusammengestellt und dem zugehörigen Grenzwert aus § 80 StrlSchG /5/ gegenübergestellt.

Tabelle 7-1: Summe der Strahlenexpositionen

Expositionspfad	Jährliche Strahlenexposition mSv
Exposition aus der Fortluft (Bestrahlung, Inhalation, Ingestion)	
- KBR (unter Berücksichtigung der Vorbelastung)	0,0108
- Standortzwischenlager	--
- TBH-KBR	0,01
Exposition aus Abwasser (Bestrahlung, Ingestion)	
- KBR (unter Berücksichtigung der Vorbelastung)	0,160
- Standortzwischenlager	--
- TBH-KBR	--
Exposition aus Direktstrahlung	0,602
<b>Summe</b>	<b>0,783</b>
Grenzwert gemäß § 80 StrlSchG /5/	1,000

Die Direktstrahlung wird durch betriebliche Strahlenschutzmaßnahmen so begrenzt, dass unter Einbeziehung der oben geschilderten Beiträge aus Ableitungen der Dosiswert von 1 mSv pro Kalenderjahr sicher eingehalten und deutlich unterschritten wird. Die Einhaltung wird über das Programm zur Umgebungsüberwachung überwacht.

Für die Einzelperson der Bevölkerung beträgt die effektive Dosis durch Strahlenexposition im Kalenderjahr demnach weniger als 0,8 mSv und liegt damit unter dem Grenzwert von 1 mSv pro Kalenderjahr gemäß StrlSchG /5/. Bei dieser Addition wird zudem angenommen, dass sich alle ungünstigsten Einwirkstellen in der Umgebung an demselben Ort befinden, bei einem unterstellten Aufenthalt von 8.760 h pro Jahr.

## **8. ORGANISATION UND BETRIEB**

### **8.1 Aufbauorganisation**

Für die Stilllegung und den Abbau des KBR wird eine Aufbauorganisation vorgehalten, die der zentralen Anforderung der Gewährleistung der Sicherheit der Anlage im Restbetrieb gerecht wird. Damit werden die Forderungen entsprechend § 7 Abs. 2 Nr. 1 AtG /1/ bezüglich der Bildung der notwendigen Organisationsstrukturen zur Gewährleistung der Anforderungen an die Sicherheit der Anlage erfüllt.

Betreiberin des Kernkraftwerkes Brokdorf (KBR) ist die PreussenElektra GmbH (PEL). Innerhalb der Geschäftsführung der PEL nimmt ein Geschäftsführer die Aufgaben des Strahlenschutzverantwortlichen gemäß §§ 69 ff StrlSchG /5/ wahr. Er bestellt zur Sicherstellung der Belange des Strahlenschutzes während der Stilllegung und des Abbaus des KBR die erforderliche Anzahl an Strahlenschutzbeauftragten.

Die Geschäftsführung der PEL beauftragt den Leiter der Anlage (LdA) mit der Leitung und Beaufsichtigung der Stilllegung und des Abbaus der Anlage.

Zur Erfüllung seiner Aufgaben steht dem LdA eine Aufbauorganisation zur Verfügung, die aus Fachbereichen und Stabsgruppen gebildet wird, die ihm direkt unterstehen. Die Fachbereiche werden weiter in Teilbereiche und Fachgruppen untergliedert. Zusätzlich sind Beauftragte benannt.

Zwischen den Organisationseinheiten sind die Aufgaben nach Sachzusammenhängen gegliedert und so voneinander abgegrenzt, dass die Zuständigkeits- und Verantwortungsbereiche klar ersichtlich sind.

Zur Aufbauorganisation gehören zum Beginn des Restbetriebs die drei Fachbereiche

- Betrieb
- Technik/Rückbau
- Überwachung

Die Aufbauorganisation wird einhergehend mit den Fortschritten bei Stilllegung und Abbau der Anlage fortentwickelt und an die jeweiligen Anforderungen angepasst. Dazu werden im Rahmen der jeweils geltenden Regelungen im atomrechtlichen Aufsichtsverfahren entsprechende Anträge gestellt.

Es ist insbesondere vorgesehen, nachdem alle BE und SBS aus der Anlage entfernt wurden, die Aufbauorganisation an das Aufgabenspektrum anzupassen. Diese soll dann aus den Fachbereichen

- Betrieb
- Rückbau
- Überwachung

bestehen. Die Aufgaben für den Restbetrieb, inkl. Schichtbetrieb, werden im Fachbereich Betrieb zusammengefasst und der Abbau und die Steuerung des Rückbaus werden im Fachbereich Rückbau zusammengefasst. Der Fachbereich Überwachung ist weiterhin verantwortlich für die Aufgaben des Strahlenschutzes und der Entsorgung.

Im Betriebshandbuch (BHB) sowie im Betriebsorganisationshandbuch (BOHB) werden in dem Teil für die Betriebsordnungen die personellen und organisatorischen Regelungen, die Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten beschrieben.

## **8.2 Erhalt der Fachkunde während der Stilllegung und des Abbaus**

Der Erwerb und Erhalt der Fachkunde ist in den BMU-Fachkunderichtlinien /29/, /30/, /31/, /32/, /33/, /34/ und ergänzender Schreiben /35/, /36/ geregelt. Die Anwendbarkeit der gültigen Fachkunderichtlinien und ihrer jeweiligen Anpassungen für Kernkraftwerke ohne Berechtigung zum Leistungsbetrieb wird vom Anlagenzustand und insbesondere davon bestimmt, in welchen Mengen sich noch Kernbrennstoffe in der Anlage befinden.

Nach Entfernen der Brennelemente aus der Anlage werden aufgrund des verringerten Gefährdungspotenzials Veränderungen in der Betriebsorganisation umgesetzt, die dazu führen, dass einzelne in der Richtlinie für den Fachkundenachweis von Kernkraftwerkspersonal benannten verantwortlichen Funktionen nicht mehr dauerhaft erforderlich sind (z. B. Reaktorfahrer). Der Umfang des Fachkundenachweises für das weiterhin erforderliche verantwortliche Personal wird der aktuellen Betriebsorganisation, dem veränderten Gefährdungspotenzial der Anlage und der geänderten Aufgabenstruktur (Stillsetzung, Abbau und Zerlegung von Systemen, Dekontamination, Strahlenschutz) angepasst.

Verstärkt in die Fachkundevermittlung, den Fachkundenachweis und den Fachkundeerhalt werden nachfolgende Themen aufgenommen:

- Abbauspezifische Kenntnisse bzgl. Methoden des Abbaus, Dekontaminationsverfahren, Verhinderung der Ausbreitung/Verschleppung radioaktiver Stoffe, Brandschutz;
- Behandlung der Stoffe (Sammlung, Wiederverwendung, kontrollierte Verwertung, Freigabe, Konditionierung).

Die Vorgaben der Fachkunderichtlinien fließen in die Fachkundevermittlung und den Fachkundenachweis ein. Die daraus resultierenden Programme für den Erwerb und Erhalt der Fachkunde und der Kenntnisse sowie die Nachweise über die durchgeführten Schulungsmaßnahmen werden der atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde regelmäßig vorgelegt. Hierbei können Inhalt und Zeitrahmen der Schulungsmaßnahmen in Abstimmung mit der Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde unter Berücksichtigung des sich weiter reduzierenden Gefährdungspotenzials angepasst werden.

### **8.3 Ressourcen**

Nach Erteilung der 1. SAG wird die Aufbauorganisation gemäß Kapitel 8.1 umgesetzt. Die Organisationsstruktur beruht im Wesentlichen auf den Erfahrungen der sich bereits in der Stilllegung und Abbau befindlichen Anlagen. Eine Bedarfsplanung für Einsatzlenkendes Personal und Einsatzpersonal stellt unter Berücksichtigung der Personalstrategie die erforderlichen Kapazitäten sicher, die sich an den zeitlichen Abschnitten der Stilllegung und des Abbaus orientieren. Betriebsangehörige mit Anlagenkenntnissen stehen in ausreichender Personalstärke zur Verfügung. In den Phasen und zeitlichen Abschnitten der Stilllegung und des Abbaus erfolgt eine geeignete Nachfolgeplanung, die fortgeschrieben wird.

### **8.4 Regelungen zum Restbetrieb**

Die Regelungen zum Restbetrieb umfassen im Wesentlichen:

- Betriebshandbuch (BHB),
- Prüfhandbuch (PHB),

- Notfallhandbuch (NHB) und
- Betriebsorganisationshandbuch (BOHB).

### **Betriebshandbuch (BHB)**

Das BHB gliedert sich in Anlehnung an die KTA 1201 /37/ in folgende Teile:

- Teil 0    Inhalt, Einführung und Anhang
- Teil 1    Betriebsordnungen
- Teil 2    Betrieb der Gesamtanlage
- Teil 3    Störereignisse und Störfälle
- Teil 4    Betrieb der Systeme mit Störungsmeldungen

Der Teil 0 des Betriebshandbuchs enthält die Gesamtinhaltsübersicht, eine Einführung in das Betriebs- handbuch sowie einen Anhang.

Der Teil 1 des Betriebshandbuchs enthält folgende Kapitel:

- Personelle Betriebsorganisation
- Warten- und Schichtordnung
- Instandhaltungs- und Abbauordnung
- Strahlenschutzordnung
- Wach- und Zugangsordnung
- Alarmordnung
- Brandschutzordnung
- Erste-Hilfe-Ordnung
- Abfall- und Reststoffordnung

Der Teil 2 des Betriebshandbuchs enthält folgende Kapitel:

- Voraussetzungen und Bedingungen zum Betrieb
- sicherheitstechnisch wichtige Grenzwerte

- Normalbetrieb und anomaler Betrieb
- Meldekriterien für besondere Ereignisse
- Prüfliste (Wiederkehrende Prüfungen)

Der Teil 3 des Betriebshandbuchs beschreibt die Ereignisbehandlung (Störereignisse und Störfälle).

Der Teil 4 des Betriebshandbuchs beschreibt die Betriebsweisen der Systeme sowie deren Störmeldungen.

### **Prüfhandbuch (PHB)**

Wiederkehrende Prüfungen sind im PHB in Anlehnung an die KTA 1202 /38/ zusammengefasst. Es besteht aus Prüfliste und Prüfanweisungen sowie den Anwendungshinweisen.

### **Notfallhandbuch (NHB)**

Das NHB gliedert sich in Anlehnung an die KTA 1203 /39/. Die Inhalte reduzieren sich auf die Beschreibung der Notfallorganisation und jene Notfallmaßnahmen, die in Bezug auf die noch verbliebenen Schutzziele stehen. Mit Beginn des Abschnittes 1C „BE- und SBS-Freiheit“ entfällt das NHB.

### **Betriebsorganisationshandbuch (BOHB)**

Die wesentlichen Festlegungen zum Managementsystem sind im Betriebsorganisationshandbuch (BOHB) enthalten (siehe auch Kapitel 8.6).

## **8.5 Dokumentation der Stilllegung und des Abbaus**

Die während der Stilllegung und des Abbaus durchgeführten Maßnahmen werden dokumentiert. Damit bleibt der aktuelle Status der Anlage im Hinblick auf das radioaktive Inventar und seine Verteilung sowie der Zustand der noch vorhandenen Gebäude, Restbetriebssysteme und Komponenten ersichtlich und der aufsichtlichen Überprüfung zugänglich.

Weiterhin werden Daten über den Strahlenschutz des Personals und die Abgabe radioaktiver und nicht radioaktiver Stoffe dokumentiert.

## **8.6 Integriertes Managementsystem**

Das integrierte Managementsystem beinhaltet das Sicherheits-, Qualitäts-, Umwelt-, Energie-, Alterungs-, Arbeits- und Gesundheitsschutzmanagement, um die Umsetzung der Unternehmenspolitik und -ziele im KBR sowie die Einhaltung von Vorgaben aus gesetzlichen Regeln, Normen und Anweisungen sicherzustellen.

Die Vorgaben des integrierten Managementsystems gelten für alle relevanten Prozesse im KBR, die zur sicheren Betriebsführung erforderlich sind. Vorgaben sind sowohl von allen eigenen Mitarbeitern als auch von den Beschäftigten der Auftragnehmer verbindlich einzuhalten.

Die Verantwortung für das Managementsystem obliegt dem LdA. Er bildet die oberste Leitung und ist verantwortlich für die Verwirklichung, ständige Verbesserung sowie die Wirksamkeit des Managementsystems.

Durch die Prozessorientierung des Managementsystems werden die Tätigkeiten und Abläufe optimal aufeinander abgestimmt.

Die prozessorientierten Abläufe führen zu einer effektiven und effizienten Planung, Durchführung, Überwachung und Steuerung der Tätigkeiten. Darüber hinaus bilden sie die Grundlage für die kontinuierliche Prozessverbesserung, erhöhen die Verständlichkeit und Transparenz der Abläufe und definieren eindeutige Schnittstellen.

Managementsystemrelevante Festlegungen sind im Betriebshandbuch (BHB), im Prüfhandbuch (PHB) und im Betriebsorganisationshandbuch (BOHB) geregelt.



## **9. EREIGNISANALYSE**

### **9.1 Einleitung**

Ziel der Ereignisanalyse ist es darzulegen, dass bei den in der Stilllegung und dem Abbau der Anlage KBR zu unterstellenden Ereignissen die potenzielle Strahlenexposition den Grenzwert für die effektive Dosis von 50 mSv (Störfallplanungswert gemäß § 104 StrlSchV /7/ in Verbindung mit § 194 StrlSchV /7/) nicht überschreitet und somit keine unzulässigen Auswirkungen auf die Umwelt resultieren. Damit wird außerdem gezeigt, dass die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Stilllegung sowie den Abbau des KBR getroffen ist (§ 7 Abs. 3 Satz 2 AtG /1/ in Verbindung mit § 7 Abs. 2 Nr. 3 AtG /1/).

Das Aktivitätsinventar zu Beginn des Restbetriebs des KBR ergibt sich im Wesentlichen aus dem noch vorhandenen Aktivitätsinventar der bestrahlten Brennelemente (BE) und Sonderbrennstäbe (SBS) (siehe auch Kapitel 3.4).

Diese Aktivität ist durch die Kühlung der Brennelemente sicher in Form von Kernbrennstoffpellets in den Brennstabhüllrohren der Brennstäbe eingeschlossen. Bei einem unterstellten Handhabungsfehler bei der Entsorgung der Brennelemente, der eine Beschädigung der Hüllrohre hervorruft, kann nur ein sehr geringer Teil der eingeschlossenen gasförmigen radioaktiven Stoffe entweichen, wie weiter unten dargestellt wird.

Von der Aktivität, die nach der Entfernung der BE und SBS noch in der Anlage verblieben ist, ist der überwiegende Anteil in Form von Aktivierung fest in den Einbauten des Reaktordruckbehälters eingebunden.

Eine Freisetzung von Teilen dieser Aktivität ist nur über luftgetragene Partikel aus der Zerlegung dieser Einbauten und des zylindrischen Teils des Reaktordruckbehälters möglich. Durch die Wahl der Zerlegungsverfahren, insbesondere die Unterwasserzerlegung der Einbauten des Reaktordruckbehälters, kann auch über diesen Weg, wenn überhaupt, nur eine sehr geringe Menge radioaktiver Stoffe freigesetzt werden.

Für die Bewertung möglicher Risiken des Abbaus ist zusätzlich die Aktivität zu berücksichtigen, die aus der Kontamination von

- Systemen, Anlagenteilen und Baustrukturen und
- radioaktiven Abfällen aus dem bisherigen Betrieb

resultiert.

Ereignisbedingte Wege für eine Freisetzung von einem Teil dieser Aktivität in die Umwelt werden in einer Ereignisanalyse beschrieben werden. Dafür werden die Vorgaben des geltenden Regelwerks auf das geplante Vorhaben angewendet.

## **9.2      Zu betrachtende Ereignisse**

Das Spektrum der zu betrachtenden Ereignisse leitet sich aus dem „Stilllegungsleitfaden“ /15/, den „ESK-Leitlinien zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen“ /4/ und der „ESK-Leitlinien für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung“ /40/ ab. Darüber hinaus sind standort- und abbauspezifische Gegebenheiten bei der Definition der zu betrachtenden Ereignisse zu berücksichtigen.

Die gemäß der oben genannten Unterlagen zu betrachtenden Ereignisse der Stilllegung und des Abbaus wurden analysiert und - falls relevant - bewertet. Es wird nachgewiesen, dass der Störfallplanungswert für die potenzielle Strahlenexposition als Folge der zu betrachtenden sicherheitstechnisch bedeutsamen Ereignisabläufe eingehalten und sogar um mehrere Größenordnungen unterschritten wird oder dass ausreichend Vorsorge getroffen wird, um das Ereignis zu vermeiden oder in seiner Auswirkung zu begrenzen.

Für den Leistungsbetrieb bildeten die Kernspaltung und das Vorhandensein radioaktiver Spaltprodukte, bei deren Zerfall Wärmeenergie freigesetzt wird, in Verbindung mit hohen Drücken und Temperaturen der Betriebsmedien das hauptsächliche Potenzial für die Freisetzung radioaktiver Stoffe aus der Anlage in die Umgebung. Für die Stilllegung und den Abbau fehlt dieses Potenzial aufgrund der Abschaltung der Anlage vollständig.

Nach Abtransport der BE und SBS aus dem KBR sind mehr als 99 % des bei der endgültigen Abschaltung vorhandenen Aktivitätsinventars aus der Anlage entfernt. Die meisten Anlagenteile und Systeme des KBR zur Rückhaltung radioaktiver Stoffe sind nun hinsichtlich der noch auftretenden Anforderungen überdimensioniert.

Hinsichtlich des zu betrachtenden Ereignisspektrums verbleiben nur noch sicherheitstechnisch bedeutsame Ereignisabläufe, die für die Ereignisanalyse beim Leistungsbetrieb des KBR nicht bestimmend waren. Darüber hinaus sind allerdings zusätzlich Ereignisse zu betrachten, die erst durch die stilllegungsbedingten Arbeiten im KBR auftreten können.

Die betrachteten Ereignisabläufe für die Stilllegung und den Abbau sind unterteilt nach folgenden Ereignisgruppen:

#### Einwirkungen von innen (EVI):

- Ereignisse bei Lagerung und Handhabung von bestrahlten Brennelementen,
- Anlageninterne Leckagen und Überflutungen,
- Ausfälle und Störungen von Hilfs- und Versorgungseinrichtungen,
- Anlageninterne Brände und Explosionen,
- Mechanische Einwirkungen (Ereignisse bei Handhabungs- und Transportvorgängen),
- Chemische Einwirkungen,
- Ereignisse bei der Handhabung radioaktiver Stoffe.

#### Einwirkungen von außen (EVA)

- Naturbedingte Einwirkungen:
  - Extreme meteorologische Bedingungen (Sturm, Regen, Starkregen, Schneefall, Schneelasten, Frost und außergewöhnliche Hitzeperioden),
  - Blitzschlag,
  - Hochwasser,
  - Erdbeben,
  - Biologische Einwirkungen,
  - Wald- und Feldbrände,
  - Erdbeben.
- Zivilisatorisch bedingte Einwirkungen:
  - Auswirkungen auf die Kühlwasserversorgung aufgrund von Schiffsunfällen oder Treibgut,
  - Flugzeugabsturz,
  - Anlagenexterne Explosionen,
  - Anlagenexterner Brand,
  - Eindringen gefährlicher Stoffe,
  - Gegenseitige Beeinflussung von anderen Anlagen am Standort.

Es gibt Ereignisabläufe, die aufgrund der getroffenen Vorsorgemaßnahmen ausgeschlossen werden können bzw. für die radiologischen Auswirkungen nicht zu besorgen sind, und Ereignisabläufe, deren radiologische Auswirkungen bewertet (radiologisch relevant) oder berechnet (radiologisch repräsentativ) werden, wenn nicht ausgeschlossen werden kann, dass ereignisbedingt radioaktive Stoffe abgeleitet oder freigesetzt werden.

## **9.3 Ereignisse durch Einwirkungen von innen**

### **9.3.1 Ereignisse bei der Lagerung und Handhabung von bestrahlten Brennelementen**

Ereignisse bei der „Lagerung und Handhabung von bestrahlten Brennelementen inklusive Sonderbrennstäben“ sind nur solange zu betrachten, wie noch bestrahlte BE und SBS im BE-Lagerbecken gelagert werden müssen. Die Ereignisbeherrschung einschließlich des dazu benötigten Systemumfangs entspricht dem genehmigten Stand der Anlage und wird auch nach Erteilung der beantragten Stilllegungs- und Abbaugenehmigung beibehalten.

Es wird jederzeit gewährleistet, dass die Systeme und Einrichtungen zur Lagerung und Kühlung der bestrahlten Brennelemente in ihrer Funktion nicht durch den Abbau von Anlagenteilen beeinträchtigt werden.

#### **Wasserverlust aus dem BE-Lagerbecken**

Bei kleinen oder größeren Lecks bis hin zu Rohrleitungsbrüchen in den beteiligten Systemen weisen die austretenden Flüssigkeiten nur geringe Temperaturen auf, bei denen es nicht zu einer Verdampfung, sondern nur zu einer geringen Freisetzung von radioaktiven Stoffen durch Verdunstung käme. Bei einem Leck in einem mit Reaktorkühlmittel beaufschlagten Kühler des Nuklearen Zwischenkühlsystems würde das Wasser in den Zwischenkühlkreis eintreten.

Ein relevanter Wasserverlust aus dem BE-Lagerbecken kann ausgeschlossen werden, da durch konstruktive und Überwachungsmaßnahmen nur ein sehr begrenzter Füllstandsabfall möglich ist und die Systeme und Einrichtungen zur Ergänzung des Beckenwassers durch den Abbau von Anlagenteilen nicht beeinträchtigt werden.

Für dieses Ereignis kann festgestellt werden, dass die Schutzziele nicht verletzt oder gefährdet werden. Selbst bei einem Bruch einer an das BE-Lagerbecken angeschlossenen Rohrleitung würde durch die konstruktive Ausführung der betroffenen Systeme und Einrichtungen, deren sämtliche Anschlüsse sich oberhalb der BE-Oberkanten befinden, eine Wasserüberdeckung der bestrahlten BE und SBS

gewährleistet. Radiologische Auswirkungen sind somit aufgrund der weiterhin gewährleisteten Kühlung der Brennelemente ausgeschlossen.

### **Unterbrechung der BE-Lagerbeckenkühlung**

Wie im bisherigen Betrieb kann es sowohl zu einem Ausfall der BE-Lagerbeckenkühlung als auch zu einem Ausfall der Systeme und Einrichtungen kommen, die die von der BE-Lagerbeckenkühlung aufgenommene Restwärme der bestrahlten Brennelemente über einen Zwischenkreislauf an die Elbe abgeben. Derartige Ausfälle werden durch die Zuschaltung der in Bereitschaft stehenden zueinander redundanten Beckenkühlstränge kompensiert. Diese können zusätzlich durch eine unabhängige Stromversorgung aus Dieselgeneratoren mit Strom versorgt werden, wenn die Stromversorgung aus dem Landesnetz ausgefallen sein sollte.

Für das Ereignis Unterbrechung der BE-Lagerbeckenkühlung werden daher die Schutzziele nicht verletzt oder gefährdet. Radiologische Auswirkungen sind somit aufgrund der mit den o.g. Maßnahmen weiterhin gewährleisteten Kühlung der Brennelemente auszuschließen.

### **Reaktivitätsveränderungen**

Die Unterkritikalität im BE-Lagerbecken wird durch die vorgegebenen Mindestabstände der Brennelemente voneinander in den Lagergestellen sowie durch die Absorberschächte um die Brennelemente gewährleistet. Darüber hinaus wird die Unterkritikalität im BE-Lagerbecken während der BE-Handhabung noch durch das im BE-Lagerbeckenwasser gelöste Bor sichergestellt.

### **Beschädigung von Brennelementen bzw. Sonderbrennstäben bei der Handhabung**

Es wird angenommen, dass bei der Handhabung der bestrahlten Brennelemente ein Brennelement beschädigt werden kann, so dass Hüllrohre der Brennstäbe undicht werden könnten. Diese Annahme umfasst auch die Beschädigung von Sonderbrennstäben bei deren Handhabung.

Eine radiologische Bewertung des Ereignisses „Beschädigung von BE bzw. SBS bei der Handhabung“ ohne Berücksichtigung eines Lüftungsabschlusses führt zu einer maximalen effektiven Dosis am ungünstigsten Aufpunkt für die potenziell am stärksten exponierte Altersgruppe der Säuglinge (< 1 Jahr) von 0,000018 mSv für das Szenario „Beschädigung eines BE“. Dieses Szenario ist abdeckend für das Szenario „Beschädigung eines SBS bei der Handhabung“, weil bei der Betrachtung der Beschädigung eines BE bei der Handhabung von 16 beschädigten Brennstäben ausgegangen wird.

### **9.3.2 Anlageninterne Überflutungen und Leckagen**

#### **Anlageninterne Überflutung innerhalb von Gebäuden mit sicherheitstechnisch wichtigen Systemen**

Eine anlageninterne Überflutung führt aufgrund der Auslegung der Gebäude und Systeme mit entsprechenden Vorsorgemaßnahmen, wie z. B. bauliche Trennung redundanter Systeme oder sehr großen Aufnahmevolumina im Verhältnis zu den freisetzbaren Wassermengen, nicht zu einem vollständigen Ausfall der Systeme und Einrichtungen zur Kühlung der bestrahlten BE im BE-Lagerbecken.

Ein Ausfall von Teilen dieser Systeme und Einrichtungen hat aufgrund des redundanten und getrennten Aufbaus der für die Kühlung der noch vorhandenen BE notwendigen Systeme keine Auswirkungen auf die Zuverlässigkeit der Lagerung der bestrahlten BE.

Komponenten mit relevantem Aktivitätsinventar stehen in als Wannen ausgebildeten Räumen. Konstruktive Maßnahmen in den Bauwerken verhindern das Übergreifen einer unterstellten Raumüberflutung in benachbarte Räumlichkeiten. Damit sind Aktivitätsfreisetzungen und daraus folgende radiologische Folgen aufgrund von anlageninternen Überflutungen auszuschließen.

#### **Leckage eines Behälters oder einer Rohrleitung mit radioaktiver Flüssigkeit**

Auch während des Restbetriebs kann es weiterhin zu Leckagen an Behältern und Rohrleitungen kommen, die mit Flüssigkeiten beaufschlagt sind, welche radioaktive Stoffe enthalten. Bei derartigen Leckagen wird eine Freisetzung radioaktiver Stoffe in den Untergrund durch ein Barriersystem verhindert, bestehend aus

- einer Auffangwanne unter dem Behälter,
- einer dekontaminierbaren Beschichtung,
- einer Ausbildung des unteren Teils des betreffenden Gebäudes als Wanne mit einer Beschichtung gegen drückendes Wasser,
- dem Gebäudeentwässerungssystem.

Dieses Barriersystem bleibt grundsätzlich erhalten, solange sich in den betreffenden Behältern und Rohrleitungen noch mit radioaktiven Stoffen kontaminierte Flüssigkeiten befinden.

Abdeckend in radiologischer Hinsicht für diese Ereignisgruppe ist das Versagen des Abwasserverdampfers im Reaktorhilfsanlagegebäude, da es beim auslaufenden Konzentrat aufgrund des Aggregatzustandes zu einer Verdampfung kommt, wodurch radioaktive Stoffe in die umgebende Raumluft freigesetzt werden.

Nach der radiologischen Bewertung des Ereignisses „Versagen des Abwasserverdampfers in der Abwasseraufbereitung“ beträgt die maximale effektive Dosis 0,058 mSv am ungünstigsten Aufpunkt für die am höchsten belastete Altersgruppe der Säuglinge (< 1 Jahr).

#### **Austritt radioaktiver Medien beim Abbau von Systemen/Teilsystemen**

Der Austritt radioaktiver Medien beim Abbau ist nur möglich, wenn das betroffene System oder Teilsystem vor dem Abbau nicht entleert wurde oder werden konnte oder Verbindungen zu anderen Systemen bzw. zwischen Teilsystemen fehlerhaft nicht unterbrochen worden sind.

Der Austritt relevanter Mengen radioaktiver Medien bei Abbautätigkeiten während des Restbetriebs wird aufgrund geltender Regelungen nicht unterstellt. Alle Arbeiten an Systemen und Teilsystemen im Restbetrieb erfolgen auf Basis der Instandhaltungs- und Abbauordnung (BHB Teil 1, Kapitel 3). Sollten dennoch trotz aller getroffenen Maßnahmen in vereinzelt Fällen kleinere Mengen an radioaktiven Medien austreten, so werden diese über die Gebäudeentwässerung in den Gebäudesumpfen gesammelt und dann in die Abwasseraufbereitung zur Aufbereitung geleitet. Eine relevante Freisetzung radioaktiver Stoffe ist aufgrund der geringfügigen Flüssigkeitsmengen und deren Temperatur nicht zu besorgen.

#### **Leck im Nasszerlegebereich bei der Zerlegung aktivierter Bauteile**

Während der Demontage- und Zerlegearbeiten aktivierter Bauteile kommt es zu zahlreichen Lastbewegungen zwischen dem RDB und dem Nasszerlegebereich im Reaktor- und Abstellbecken und nach BE- und SBS-Freiheit (ab Abschnitt 1C) auch im BE-Lagerbecken und im Transportbehälterbecken. In den Abschnitten 1A und 1B werden im Bereich des BE-Lagerbeckens Hebezeuge, Anschlagmittel und Lastanschlagpunkte verwendet, die den erhöhten Anforderungen der KTA 3902 /14/ und KTA 3905 /41/ genügen. Sicherheitstechnische Rückwirkungen auf die Integrität der Becken sind daher ausgeschlossen.

In Abschnitt 1C sind Beschädigungen an der Beckenauskleidung des Nasszerlegebereichs aufgrund von Handhabungsfehlern beim Transport von Lasten aus dem Reaktordruckbehälter zum Nasszerlegebereich, bei der Zerlegung der RDB-Einbauten im Nasszerlegebereich oder auch der Absturz kleinerer Zerlegeteile beim Zerlegen und beim Verpacken in Einsatzkörbe nicht gänzlich auszuschließen. Dabei kann es jedoch aufgrund der konstruktiven Ausführung der für den Nasszerlegebereich genutzten Becken und Räume im Bereich des Beckenflurs (Reaktorbecken/Abstellraum und ggf. auch das von bestrahlten BE und SBS freigeräumte BE-Lagerbecken sowie das Transportbehälterbecken) sowie weiteren Vorsorgemaßnahmen (z. B. Beckenbodenschutz) nur zu geringfügigen

Leckagen aus dem Nasszerlegebereich kommen. Der Nasszerlegebereich verfügt über einen Beckenliner und eine wasserdichte Stahlbetonschale mit überwachtem Zwischenraum. Leckagen können somit detektiert und lokalisiert werden. Die Schadstelle kann abgedichtet und die Dichtheit kann überprüft werden. Die Wasserverluste aus dem Zerlegebereich können mit Deionat ausgeglichen werden.

### **9.3.3 Ausfall und Störungen von Hilfs- und Versorgungseinrichtungen**

Zu den Hilfs- und Versorgungseinrichtungen gehören im Wesentlichen die Eigenbedarfsversorgung sowie die davon versorgten Einrichtungen der Leit- und Überwachungstechnik der für den Restbetrieb noch zu betreibenden Systeme, der Brandschutzeinrichtungen sowie der Lüftungsanlagen einschließlich der Einrichtungen zur Rückhaltung radioaktiver Stoffe.

#### **Ausfall bzw. Störung der Eigenbedarfsversorgung**

Solange noch bestrahlte BE im BE-Lagerbecken vorhanden sind, werden die vorhandenen Kühlsysteme und die entsprechenden Einrichtungen zur Energieversorgung im jeweils erforderlichen Umfang weiterbetrieben. Mit diesen Einrichtungen ist eine zuverlässige Kühlung der bestrahlten BE gewährleistet. Ein Ausfall der betrieblichen Stromversorgung, also auch der Ausfall des Landesnetzes, führt zu einer kurzfristigen Unterbrechung der Stromversorgung, bis diese über die bestehende Stromversorgung aus Dieselanlagen wiederhergestellt ist. Selbst bei einem unterstellten längeren Ausfall sämtlicher Kühlsysteme stehen aufgrund der geringen Nachzerfallswärmeleistung der bestrahlten BE lange Karenzzeiten (mehrere Stunden bis Tage) zur Verfügung, um die Kühlung wiederherzustellen.

Für die BE-Lagerbeckenkühlung stehen bis zur BE-Freiheit, zwei notstromgesicherte Kühlstränge zur Verfügung. Nach Wiederkehr der Versorgung aus dem Landesnetz wird wieder auf die betriebliche Stromversorgung zurückgestellt.

Ausgewählte Einrichtungen, welche an die batteriegepufferte Stromversorgung angeschlossen sind, wie z. B. Not- und Fluchtwegbeleuchtung, Leittechnik, Strahlenschutzüberwachungseinrichtungen, Brandschutzklappen und Feuermelde- und Alarmanlagen, bleiben unabhängig von einem Ausfall der betrieblichen Stromversorgung in Betrieb.

Die Unterbrechung der Stromversorgung von betrieblichen Restbetriebssystemen und von Einrichtungen zum Abbau von Anlagenteilen führt nicht zu einer Mobilisierung von radioaktiven Stoffen mit anschließender Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung.



Alle laufenden Arbeiten, d. h. auch die, die zu einer Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Raumluft führen können, werden bei einem Stromausfall unverzüglich eingestellt und der Kontrollbereich wird durch das Personal geordnet verlassen, bis die Energieversorgung wiederhergestellt und die gerichtete Luftströmung wieder gewährleistet ist. Damit sind Ereignisse im Zusammenhang mit einem Ausfall der Stromversorgung für eine radiologische Bewertung nicht relevant.

#### **Ausfall bzw. Störung von Lüftungsanlagen sowie von Einrichtungen zur Rückhaltung radioaktiver Stoffe**

Bei der Demontage und Zerlegung radioaktiv kontaminierter und aktivierter Anlagenteile im Kontrollbereich, in deren Folge mit einer verstärkten Mobilisierung von radioaktiven Stoffen in Form von Aerosolen gerechnet werden muss, werden zusätzliche mobile Einrichtungen zur lüftungstechnischen Trennung mit Luftabsaugung und Luftfilterung eingesetzt. Bei einem Ausfall von Lüftungsanlagen im Kontrollbereich werden die Arbeiten in dem davon betroffenen Bereich, insbesondere Abbaumaßnahmen, die zu einem Austrag von radioaktiven Aerosolen in die Raumluft führen könnten, eingestellt. Die relevanten Lüftungsklappen werden gemäß administrativer Regelungen geschlossen.

Eine Beschädigung mobiler Einrichtungen zur Rückhaltung radioaktiver Stoffe führt nicht zu einem Ausfall der festinstallierten Lüftungsanlagen des Kontrollbereichs und deren Einrichtungen zur Rückhaltung radioaktiver Stoffe. Radiologische Auswirkungen auf die Umgebung durch den Ausfall der Lüftungsanlagen sind nicht zu besorgen.

#### **Ausfall bzw. Störung der Strahlungs- und Aktivitätsüberwachung**

Die Einrichtungen der Strahlungs- und Aktivitätsüberwachung gewährleisten die Überwachung mit fest installierten Strahlungs- und Aktivitätsmessstellen sowie mobilen Dosimetern und betreffen im Einzelnen die Raum-, Personen- und Umgebungsüberwachung sowie die System- und Aktivitätsabgabeüberwachung.

Ein unbemerkter Ausfall der betreffenden (batteriegepufferten) leittechnischen Anlagen ist durch den hohen Grad der Selbstüberwachung sowie redundante Messungen durch den Strahlenschutz äußerst unwahrscheinlich. Dass zeitgleich zum unbemerkten Ausfall im betroffenen Bereich Anlagenzustände mit erhöhter Strahlung eintreten, ist ausgeschlossen.

Dem Ausfall von Teilen der Strahlungs- und Aktivitätsüberwachung wird durch temporäre Messungen (Strahlenschutz, Chemie) in den betreffenden Bereichen begegnet. Das Erfordernis von Ersatzmessungen ist administrativ geregelt.

### **Ausfall von Brandschutzeinrichtungen**

Die einzelnen, in Meldelinien jeweiliger Überwachungsabschnitte (Brandabschnitte) zusammengefassten Brandmelder werden durch die Brandmeldeanlage selbst kontinuierlich überwacht und regelmäßig im Rahmen von Wiederkehrenden Prüfungen geprüft. Durch die Eigenüberwachung der Brandmelder wird ein Ausfall sofort gemeldet und kann sehr schnell behoben werden. Die Brandmeldeinformation bleibt auch bei einer Unterbrechung in der Stromversorgung durch eine eigenständige Batterieversorgung erhalten. Einem Ausfall von Brandmeldern wird durch Ersatzmaßnahmen (z. B. verstärkte Kontrollgänge) in den betreffenden Bereichen begegnet.

Somit sind Vorkehrungen gegen einen Ausfall der Brandmeldeanlage oder ganzer Meldelinien getroffen und insbesondere das zeitgleiche Eintreten von unbemerktem Ausfall und Brand im betroffenen Bereich kann ausgeschlossen werden.

Brandschutzklappen, Brandschutztüren und Feuerlöschanlagen werden ebenfalls im Rahmen Wiederkehrender Prüfungen auf ordnungsgemäße Funktion geprüft. Bei Funktionsstörungen oder Ausfällen werden bis zur Behebung Ersatzmaßnahmen festgelegt. Damit sind Vorkehrungen getroffen, um jederzeit eine Brandausbreitung zu verhindern und die Brandbekämpfung sicherzustellen.

### **Störungen des Abwassersystems**

Ein Ausfall des Abwassersystems oder andere Störungen seines Betriebes führen nicht zu einer Abgabe radioaktiver Stoffe in die Umgebung, da eine störungsbedingte Abgabe über den Wasserpfad durch Vorsorgemaßnahmen ausgeschlossen ist. Eine Abgabe radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad erfolgt diskontinuierlich nach qualifizierten Abgabemessungen mit zusätzlicher Überwachung zur automatischen Unterbrechung der Abgabe. Die Abgabe unterliegt den vorgeschriebenen administrativen Prozeduren.

Aus Behältern im Kontrollbereich möglicherweise austretende radioaktive Flüssigkeiten werden in Bodenwannen gesammelt und der Abwasseraufbereitung zugeführt.

### **9.3.4 Anlageninterne Brände und Explosionen**

Die Beherrschung anlageninterner Brände in Gebäuden mit Auswirkungen auf sicherheitstechnisch wichtige Systeme, hinsichtlich Ereignisablauf und Systemumfang zur Ereignisbeherrschung, entspricht dem genehmigten Stand aus dem Leistungsbetrieb. Gleiches gilt für Brände auf dem Betriebsgelände.

#### **Anlageninterner Brand mit Auswirkungen auf sicherheitstechnisch wichtige Systeme**

Das Ereignis entspricht hinsichtlich Ereignisablauf und Systemumfang zur Ereignisbeherrschung dem bisher genehmigten Stand für den Leistungsbetrieb. Systeme wie z. B. Beckenkühlsysteme oder Zwischenkühlsysteme sind, in dem zur Nachkühlung benötigten Umfang, redundant vorhanden und durch räumliche Trennung gegen Auswirkungen durch anlageninterne Brände geschützt.

Durch eine Reihe von technischen und administrativen Vorsorgemaßnahmen wird im KBR die Eintrittswahrscheinlichkeit von Bränden deutlich reduziert sowie eine frühzeitige Erkennung und Bekämpfung sichergestellt. Zu diesen Vorsorgemaßnahmen zählen unter anderem bauliche Brandschutzmaßnahmen wie die Unterteilung der Gebäude in Brandabschnitte und Brandbekämpfungsabschnitte, die Kapselung bzw. der Einschluss der Brandlasten, die Minimierung potenzieller Zündquellen sowie das Vorhandensein von Brandmeldeeinrichtungen, Lösch- und Entrauchungsanlagen.

Aufgrund der genannten Vorsorgemaßnahmen sind Auswirkungen dieses Ereignisses radiologisch nicht relevant.

#### **Anlageninterne Explosionen**

Wasserstoff aus der Radiolyse fällt als Hauptgefährdungsträger für Explosionen im Restbetrieb nicht mehr an. Die Wasserstoffvorräte auf der Anlage, die während des Leistungsbetriebes unter anderem zur Generatorkühlung notwendig waren, sind entfernt.

Für die weiterhin verwendeten technischen Gase, wie z. B. Stickstoff, werden die einschlägigen Normen zur Verwendung und Lagerung eingehalten.

Die im Restbetrieb verbleibenden Dieselmotorkraftstoffe und Schmierstoffe besitzen so hohe Flammpunkttemperaturen, dass eine Bildung von explosiven Gas/Luft-Gemischen nicht auftritt.

Ansonsten werden keine nennenswerten Mengen brennbarer Flüssigkeiten mit niedrigen Flammpunkten im Anlagenbereich gelagert.

Die Folgen von Druckbeanspruchungen im Schaltanlagegebäude aufgrund eines Kurzschlusses (Störlichtbogen) an den 10-kV-Schaltanlagen führen nahezu ohne Verzögerung zu einer Abschaltung der

betroffenen Schaltanlage und bleiben auf eine Redundanz beschränkt. Die Räume der Schaltanlagen besitzen zudem jeweils eine Druckentlastungsöffnung.

Eine Explosion mit radiologisch relevanter Freisetzung ist daher ausgeschlossen.

### **Filterbrände**

Ein Brand von Aerosolfiltern oder der Aktivkohle aus den Jodfiltern in den stationären Lüftungsanlagen mit relevanten Freisetzungen radioaktiver Stoffe ist aufgrund der umfangreichen Vorsorge gegen Brände in der Anlage äußerst unwahrscheinlich bzw. in seiner Ausbreitung und Dauer stark begrenzt. Die getroffenen Vorsorgemaßnahmen umfassen insbesondere automatisch schließende Brandschutzklappen in den Lüftungskanälen, die Reduzierung von Brandlasten und die Vermeidung von Zündquellen in räumlicher Nähe zu Aerosolfiltern. Zusätzlich werden die Brandlasten mit der Entfernung der Aktivkohle aus den Jodfiltern im Restbetrieb weiter reduziert.

Im weiteren Verlauf des Restbetriebs sollen mobile Filteranlagen eingesetzt werden. Brände im Bereich von mobilen Filteranlagen können aufgrund des vor Ort tätigen Personals und der vorhandenen Brandschutzmaßnahmen vermieden, frühzeitig erkannt und bekämpft werden.

Daher sind Auswirkungen dieses Ereignisses radiologisch ausgeschlossen.

### **Brand in einer Lüftungszentrale**

In den Lüftungszentralen der einzelnen nuklearen Lüftungssysteme sind die jeweils redundanten Lüfter ohne räumliche Trennung aufgestellt. Bei einem Brand in einer Lüftungszentrale, verursacht z. B. durch Heißlaufen eines Lüfters, ist aufgrund der räumlichen Anordnung nicht auszuschließen, dass alle Lüfter dieser Lüftungszentrale vom Brand betroffen sind und ausfallen.

Die Folgen eines solchen Brandes entsprechen damit denen eines Ausfalls aller Lüfter eines Lüftungssystems, wie es zum Ereignis „Ausfall bzw. Störungen von Lüftungsanlagen“ beschrieben wird.

### **Kabelbrand**

Das Entstehen von Kabelbränden durch Kurzschlüsse infolge defekter Isolierungen oder anderer Einflüsse, die sich bei der Durchführung von Abbaumaßnahmen ergeben können, kann nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Durch die in der Anlage vorhandenen Brandmeldeeinrichtungen werden Kabelbrände jedoch frühzeitig erkannt. Kabelkanäle, Kabelschächte und Kabelböden sind mit Feuerlöschanlagen ausgerüstet. Darüber hinaus bleiben die vorbeugenden Brandschutzmaßnahmen auch im Restbetrieb erhalten.

Eine Freisetzung relevanter Mengen radioaktiver Stoffe mit den Brandgasen bei unterstellten Kabelbränden im Kontrollbereich ist nicht zu besorgen. Die Kabel selbst sind nicht oder nur sehr gering kontaminiert.

### **Brand im Bereich der Reststoff- und Abfallbehandlung**

Brennbare radioaktive Abfälle werden im Wesentlichen im Reststoffbehandlungszentrum (RBZ) gesammelt, sortiert und behandelt. Das RBZ wird in bestehenden Räumlichkeiten (mit vorhandener Infrastruktur) sowie in den entsprechend freigeräumten Bereichen des Kontrollbereiches eingerichtet werden. Planung und Errichtung des RBZ erfolgen unter Einhaltung der anzuwendenden brandschutztechnischen Anforderungen des kerntechnischen Regelwerkes, so dass die Entstehungswahrscheinlichkeit von lokalen Zufallsbränden gering sein wird.

Die für den Leistungsbetrieb ausgelegten und installierten, aktiven und passiven Brandschutzeinrichtungen werden auch bei Raumnutzungsänderung soweit erforderlich weiter genutzt bzw. den neuen Anforderungen angepasst.

Durch die vorhandenen Brandschutzeinrichtungen und -maßnahmen werden Brandereignisse im Bereich der Reststoff- und Abfallbehandlung beherrscht, so dass radiologische Auswirkungen vermieden werden.

### **Brand auf dem Betriebsgelände**

Ein Brand auf dem Betriebsgelände wurde hinsichtlich möglicher Folgen für sicherheitstechnisch wichtige Anlagenteile und Systeme im Rahmen des bisherigen Betriebs betrachtet. Für Stilllegung und Rückbau ergeben sich keine neuen Aspekte, die zusätzlich zu berücksichtigen wären. Relevante Brandlasten auf dem Betriebsgelände während des Restbetriebs sind die Ölmengen in der Maschinentrafoanlage, in der Fremdnetztrafoanlage und im Heizöl- und Diesellager. Die Auswirkungen eines Brandes in einer dieser Anlagen auf Gebäude und Einrichtungen mit sicherheitstechnisch wichtigen Funktionen werden durch ausreichende Abstände zwischen Gebäude und Brandlast oder durch ausreichend feuerwiderstandsfähige Bauteile vermieden oder begrenzt. Die Gebäudestrukturen sind für die dabei auftretenden Temperaturbelastungen ausgelegt.

### **Brand einer Pufferlagerfläche außerhalb des Kontrollbereichs**

Brennbare radioaktive Reststoffe und Abfälle werden in verschlossenen Abfallbehältern, wie z. B. Stahlblechcontainern, aufbewahrt. In den Abfallbehältern befinden sich keine selbstentzündlichen oder explosiven Stoffe und im Lagerbereich sind keine Materialien vorhanden, die eine entsprechende Wärmemenge freisetzen können, welche die Schutzfunktion der gelagerten Abfallbehälter beeinträchtigen kann (geplante Pufferlagerung). Damit sind die radioaktiven Reststoffe und Abfälle in den Abfallbehältern gemäß „ESK-Leitlinien für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung“ /40/ als nicht brennbar einzustufen.

Durch betriebliche Regelungen wird sichergestellt, dass die im Nahbereich der vorgesehenen Pufferlagerflächen vorhandenen Brandlasten für ein Stützfeuer, welches die Integrität der Gebinde beschädigen könnte, nicht ausreichend sind.

Damit kann dieses Ereignis auch in Bezug auf die vorgesehenen Pufferlagerflächen aus der weiteren Betrachtung ausgeschlossen werden.

### **9.3.5 Mechanische Einwirkungen**

Die durchzuführenden Abbaumaßnahmen sind mit einer Vielzahl von Transport- und Hebevorgängen verbunden. Dabei können Kollisionen oder Lastabstürze, in deren Folge es zur Beschädigung von Anlagenteilen und/oder zur Freisetzung radioaktiver Stoffe kommen könnte, nicht vollständig ausgeschlossen werden.

### **Absturz schwerer Lasten auf BE/SBS im BE-Lagerbecken**

Durch KTA-gerechte Auslegung der Hebezeuge und Lastaufnahmemittel nach den erhöhten Anforderungen, durch die Durchführung entsprechender WKP sowie durch administrative Fahrbegrenzungen der Hebezeuge mit schweren Lasten im Bereich des BE-Lagerbeckens ist dieses Ereignis ausgeschlossen.

### **Absturz eines BE-Transport- und Lagerbehälters**

Der Absturz eines BE-Transport- und Lagerbehälters ist wegen der KTA-gerechten Auslegung und der Wiederkehrenden Prüfungen der Hebezeuge (RG-Kran innerhalb RSB und Halbportalkran außerhalb Reaktorgebäude) ausgeschlossen.

### **Absturz von Behältern mit freisetzbarem radioaktiven Inventar innerhalb von Gebäuden**

Diese Lastabstürze können infolge der Einwirkung mechanischer Energie beim Aufschlag des Behälters mit freisetzbarem radioaktiven Inventar zu einem Integritätsverlust und zur Beschädigung von Einrichtungen an der Absturzstelle führen. Infolge eines Integritätsverlustes des abgestürzten Behälters können radioaktive Stoffe in die umgebende Raumluft freigesetzt werden. Die Freisetzungsmenge an radioaktiven Stoffen hängt insbesondere von folgenden Faktoren ab:

- von der Absturzhöhe sowie der Beschaffenheit des Untergrunds in Relation zur mechanischen Robustheit des abstürzenden Behälters,
- von der Art der transportierten Stoffe sowie der Form ihrer Konditionierung und
- von der absoluten Menge des betroffenen Aktivitätsinventars sowie von seinem Nuklidvektor.

Darüber hinaus sind für das Ausmaß der radiologischen Folgen die Ausbreitungsbedingungen der freigesetzten radioaktiven Stoffe in der Umgebung der Absturzstelle von Bedeutung. In die Raumluft freigesetzte radioaktive Stoffe, die nicht durch die vorhandenen örtlichen Einrichtungen zurückgehalten werden können, werden durch die stationären Abluftanlagen oder durch entsprechende Ersatzsysteme aus dem Kontrollbereich abgesaugt und, sofern erforderlich, gefiltert über den Fortluftkamin kontrolliert abgegeben.

Durch Kombination der die Aktivitätsfreisetzung und -ableitung beeinflussenden Faktoren sowie der möglichen örtlichen Ausbreitungsbedingungen wurde unter allen denkbaren Absturzereignissen das Ereignis ermittelt, welches zu den größten radiologischen Folgen in der Umgebung führen würde.

Die abdeckende radiologische Bewertung des Ereignisses „Absturz von Behältern mit freisetzbarem radioaktiven Inventar innerhalb von Gebäuden“ führt zu einer maximalen effektiven Dosis am ungünstigsten Aufpunkt für die potenziell am stärksten exponierte Altersgruppe der Säuglinge (< 1 Jahr) von 0,065 mSv.

### **Herabstürzen von Lasten auf Behälter mit freisetzbarem radioaktiven Inventar innerhalb von Gebäuden**

Generell kann der Absturz von Lasten beim Transport nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Damit kann nicht ausgeschlossen werden, dass diese Lasten auch auf Behälter mit freisetzbarem radioaktiven Inventar fallen können.

Der mögliche Absturz von Lasten auf Gebinde mit flüssigen bzw. festen radioaktiven Reststoffen oder Abfällen ist hinsichtlich der Ereignisfolgen, d. h. hinsichtlich der mechanischen Einwirkungen und/oder der Freisetzung von radioaktiven Stoffen, mit dem „Absturz von Behältern mit freisetzbarem radioaktiven Inventar innerhalb von Gebäuden“ vergleichbar.

### **Handhabungsfehler bei der Demontage und Zerlegung der RDB-Einbauten**

Für die Transportvorgänge bei der Demontage der aktivierten RDB-Einbauten werden Hebezeuge, Anschlagmittel und Lastanschlagpunkte verwendet, die den erhöhten Anforderungen der KTA 3902 /14/ und KTA 3905 /41/ genügen, und weitere Vorsorgemaßnahmen zum Schutz vor Schäden im Nasszerlegebereich sind getroffen (z. B. Beckenbodenschutz). Das gilt auch für Handhabungen von Gebinden mit Sekundärabfällen, die bei der Zerlegung der aktivierten RDB-Einbauten entstehen und über eine hohe spezifische Aktivität und ein hohes Freisetzungspotenzial verfügen. Deshalb können Lastabstürze bei diesen Transportvorgängen ausgeschlossen werden.

Für „Handhabungsfehler bei der Demontage und Zerlegung der RDB-Einbauten“ sind keine signifikanten Freisetzungen zu unterstellen, da die entsprechenden Arbeiten unter Wasser erfolgen. Außerdem handelt es sich bei den RDB-Einbauten um aktivierte Einrichtungen, eine Mobilisierung der Aktivität aus Aktivierung erfolgt nur unmittelbar bei der Zerlegung unter Wasser. Somit sind signifikante Freisetzungen radioaktiver Stoffe in die Umgebung im Ereignisfall nicht zu unterstellen.

Radiologische Ereignisfolgen durch Handhabungsfehler, in deren Folge Leckagen am Nasszerlegebereich entstehen, sind durch das Ereignis „Leckage eines Behälters oder einer Rohrleitung mit radioaktiver Flüssigkeit“ abgedeckt.

### **Ereignisse bei Transportvorgängen**

Bei Transportvorgängen von radioaktiven Reststoffen oder radioaktiven Abfällen über das Betriebsgelände werden Maßnahmen zur Begrenzung der Strahlenexposition eingehalten. Auf dem Betriebsgelände gilt eine allgemeine Geschwindigkeitsbegrenzung von 30 km/h außerhalb des Kraftwerksgeländes und 20 km/h auf dem Kraftwerksgelände. Bei Schwerlasttransporten wird der Transportweg zudem abgesperrt, soweit dies radiologisch erforderlich ist.

Verlassen radioaktive Reststoffe oder radioaktive Abfälle das Betriebsgelände, werden die Anforderungen des Transportrechts (z. B. GGVSEB /16/) eingehalten. Die radioaktiven Reststoffe und Abfälle werden in geeigneten Verpackungen, wie z. B. in zugelassenen 20'-Containern, transportiert. Aufgrund



der Einhaltung der vorgenannten Randbedingungen sind Auswirkungen infolge eines Transportunfalls somit begrenzt.

Radioaktive Reststoffe und radioaktive Abfälle, die zur weiteren Behandlung zwischen den unterschiedlichen Gebäuden des Kontrollbereiches über das Betriebsgelände transportiert werden, oder auf Pufferlagerflächen abgestellt werden, unterliegen keinen Anforderungen nach GGVSEB /16/. Dafür gelten betriebsbewährte Regelungen zur Begrenzung der Strahlenexposition bei deren Handhabung. Bei nicht gänzlich ausschließbaren Transportunfällen kann es zu Freisetzungen radioaktiver Stoffe auf dem Betriebsgelände kommen. Die radiologischen Folgen sind durch den „Absturz eines 20'-Containers auf einer Pufferlagerfläche auf dem Kraftwerksgelände“ abgedeckt.

### **Lastabsturz beim Transport von Großkomponenten**

Während der Stilllegung und des Abbaus werden auch Großkomponenten demontiert (z. B. Dampferzeuger, Druckhalter, Hauptkühlmittelpumpen). Zwei prinzipielle Verfahrensmöglichkeiten sind für die Demontage der Großkomponenten möglich:

- (Teil)-Zerlegung der Komponenten in Einbaulage (In-Situ-Zerlegung) und Abtransport
- Ausbau der Komponenten als Ganzes und Transport zur externen Konditionierung

Die Hebezeuge für den Transport schwerer Lasten (RG-Kran und Halbportalkran außerhalb des Reaktorgebäudes) genügen den erhöhten Anforderungen nach KTA 3902 /14/ Abschnitt 4.3. Das gilt ebenfalls für die Lastaufnahmemittel und die Anschlagpunkte an den schweren Lasten.

Mit Erreichen der „BE- und SBS-Freiheit“ kann aufgrund des erheblich reduzierten Gefahrenpotenzials im Bereich des BE-Lagerbeckens der Nachweis für die Einhaltung der erhöhten Anforderungen nach Abschnitt 4.3 der KTA 3902 /14/ entfallen und durch die allgemeinen Bestimmungen des Abschnittes 3 ersetzt werden.

Als das abdeckende Ereignis wird der Absturz eines Dampferzeugers bei einem Ausbau der Komponente als Ganzes unterstellt (Komponente mit dem höchsten Aktivitätsinventar). Der Transport erfolgt im Reaktorgebäude mit dem RG-Kran und mit speziellen Hub- und Transportvorrichtungen. Außerhalb des Reaktorgebäudes wird der Halbportalkran genutzt.

Eine abdeckende radiologische Betrachtung für den Fall, dass es zum Absturz eines DE außerhalb des Reaktorgebäudes nach erfolgreicher FSD mit einem Dekontaminationsfaktor von 10 kommt, führt zu

einer maximalen effektiven Dosis am ungünstigsten Aufpunkt für die potenziell am stärksten exponierte Altersgruppe der Säuglinge (< 1 Jahr) von 2,6 mSv.

#### **Absturz eines 20'-Containers auf einer Pufferlagerfläche auf dem Kraftwerksgelände**

Um möglichst alle in diesem Zusammenhang zu betrachtenden Ereignisabläufe für dieses Ereignis zu berücksichtigen, wird auf die „ESK-Leitlinien für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung“ /40/ zurückgegriffen. Damit sind folgende Einwirkungen zu betrachten:

- Absturz eines 20'-Containers aus der maximal in Frage kommenden Höhe in ungünstigster Aufprallposition
- Absturz eines 20'-Containers auf einen zweiten 20'-Container
- Kollision beim Abstellen eines 20'-Containers auf der Lagerfläche mit einem bereits vorhandenen Gebindestapel

Die auf Pufferlagerflächen auf dem Kraftwerksgelände außerhalb von Gebäuden abgestellten 20'-Container werden maximal dreilagig aufgestellt. Damit ergibt sich als höchste Absturzposition gegenüber der als unnachgiebig betrachteten Bodenplatte eine Höhe von ca. 6 m. Demgegenüber würde ein Container, der auf einen anderen Container auf der Lagerfläche fällt, aus einer Fallhöhe von ca. 3 m herabstürzen.

Radiologische Auswirkungen durch die Kollision eines Containers beim Abstellen mit einem bereits aufgestellten Gebindestapel sind durch die Betrachtungen zum Absturz und zum Erdbeben abgedeckt. Grundsätzlich wird aber davon ausgegangen, dass bei einer Kollision lediglich eine geringe Beschädigung des kollidierenden und des angestoßenen Containers durch den Anprall zu besorgen ist.

Eine sehr konservative Betrachtung für das Ereignis (Fallhöhe 25 m mit sehr hoher Aktivitätsbeladung des Containers) führt zu einer maximalen effektiven Dosis am ungünstigsten Aufpunkt für die potenziell am stärksten exponierte Altersgruppe der Säuglinge (< 1 Jahr) von 3,4 mSv.

### 9.3.6 Chemische Einwirkungen

Chemische Einwirkungen können zu Leckagen z. B. bei Dekontaminationsvorgängen führen.

#### Leckagen bei der Dekontamination von Systemen

Die mit einer Dekontamination verbundene und gewollte Einwirkung chemischer Substanzen wird durch das ausführende Personal ständig kontrolliert. Kurzzeitige chemische Einwirkungen von ausgefallener Dekontaminationslösung auf angrenzende Anlagenteile sind minimal und stellen kein Sicherheitsrisiko dar.

#### Ereignisse bei der Dekontamination von Bauteilen

Für die Dekontamination von Bauteilen stehen Dekontaminationseinrichtungen zur Verfügung. Die zu dekontaminierenden Bauteile sind gering kontaminiert und die angewendeten Verfahren sind betriebsbewährt. Aufgrund der Betriebsparameter der Dekontaminationslösung sowie der eingesetzten Umluftfilteranlage bei der Bauteil-Dekontamination, ist bei Ereignissen, wie z. B. der Beschädigung der Dekontaminationseinrichtung, keine erhöhte Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Raumluft zu besorgen.

Ereignisse bei der Dekontamination von Bauteilen sind in radiologischer Hinsicht abgedeckt durch das Ereignis „Leckage eines Behälters oder einer Rohrleitung mit radioaktiver Flüssigkeit“.

### 9.3.7 Ereignisse bei der Handhabung radioaktiver Stoffe

#### Ereignisse bei der Erzeugung von Gebinden für radioaktive Abfälle

Der Umgang mit **flüssigen radioaktiven Abfällen**, z. B. Abwässern, Schlämmen, Ionenaustauscherharzen, Verdampferkonzentraten und Ölen, erfolgt entsprechend der betriebsbewährten Verfahrensweise und entspricht dem genehmigten Stand der Anlage.

Bei der Erzeugung derartiger Gebinde können durch Handhabungsfehler erhöhte Mengen an Leckagen entstehen, die mit radioaktiven Stoffen kontaminiert sind. Diese Leckagewässer werden gleich den betrieblich anfallenden Abwässern gesammelt und in den Abwassersammelbehälter gepumpt. Die bei der Verdunstung der ausgelaufenen Flüssigkeit in die Raumluft gelangenden radioaktiven Aerosole werden entweder über vorhandene mobile Filteranlagen oder je nach Raumbereich über die gefilterte Umluftanlage und Fortluftanlage zum Kamin abgeführt.

Gebinde mit **festen radioaktiven Abfällen** werden in der Anlage während des Restbetriebs bei folgenden Prozessen hergestellt:

- der Behandlung von radioaktiven Reststoffen
- der Konditionierung von radioaktiven Abfällen
- der Entsorgung von Filterkerzen aus Reinigungsanlagen kontaminierter Wässer
- der Konditionierung von Filterpaketen der Aerosolfilter der Abluftanlagen des Kontrollbereiches
- der Entsorgung der nicht mehr benötigten Aktivkohle aus den Filtern zur Rückhaltung von radioaktivem Jod im Reaktor- und Reaktorhilfsanlagegebäude sowie im Ringraum

Bei den Ereignissen während der Erzeugung von Gebinden für feste radioaktive Abfälle wird davon ausgegangen, dass die zu erzeugenden Gebinde zum Zeitpunkt des Ereignisses noch nicht verschlossen sind. Entsprechend werden Freisetzungen aus Oberflächenkontaminationen von unverpackten oder nur leicht verpackten Materialien unterstellt. Es wird angenommen, dass beim Aufprall Aerosole freigesetzt werden. Zur Minimierung potenzieller radiologischer Folgen, d. h. zur weitgehend vollständigen Rückhaltung der bei diesen Ereignissen in die Raumluft gelangten, luftgetragenen Aerosole, tragen die Lüftungsanlagen positiv zur Rückhaltung bei.

Radiologische Auswirkungen aus Ereignissen bei der Erzeugung von Gebinden mit festen radioaktiven Abfällen führen konservativ ohne Gebäuderückhaltung und ohne Rückhaltung durch Filter zu einer maximalen effektiven Dosis am ungünstigsten Aufpunkt für die potenziell am stärksten exponierte Altersgruppe der Säuglinge (< 1 Jahr) von 0,46 mSv.

### **Mobilisieren radioaktiver Aerosole beim Ausisolieren**

Möglicherweise vorhandene, lose haftende Kontaminationen auf den Isolierungsmaterialien resultieren vorrangig aus der Kontamination der Raumluft während des vorangegangenen Betriebes. Durch Anlagerung und Akkumulierung während der Jahre des Leistungsbetriebes, der Revisionen und des Nachbetriebes muss stellenweise mit einer relevanten Kontamination des Isoliermaterials gerechnet werden. Das Aktivitätsinventar der abgelagerten akkumulierten Stäube kann somit durch Mobilisierung beim Ausisolieren zu einer Erhöhung der Aerosolaktivität der Raumluft führen. Diese erhöhte örtliche Aerosolaktivität wird in den Filtern der zur Verfügung stehenden stationären Lüftungsanlagen des Kontrollbereiches sowie ggf. in mobilen Filteranlagen zurückgehalten. Wenn die Lüftung nicht verfügbar ist, werden die Arbeiten zum Ausisolieren eingestellt.

Das Ereignis ist radiologisch nicht relevant.

## **9.4 Einwirkungen von außen**

### **9.4.1 Naturbedingte Einwirkungen**

Die naturbedingten Einwirkungen:

- extreme meteorologische Einwirkungen (Sturm, Regen, Starkregen, Schneefall, Schneelasten, Frost und außergewöhnliche Hitzeperioden),
- Blitzschlag,
- Hochwasser

werden durch die vorhandene Gebäudeauslegung beherrscht und werden aufgrund der damit betroffenen Vorsorge nur noch für die Pufferlagerflächen betrachtet.

Ein Erdbeben kann für den Standort KBR ausgeschlossen werden.

Relevante biologische Einwirkungen beziehen sich auf den Kühlwasserpfad und werden aufgrund von Vorsorgemaßnahmen (z. B. Reinigungsanlagen) vermieden.

Wald- und Feldbrände haben aufgrund der räumlichen Entfernung keine Auswirkung auf die Anlage.

### **Erdbeben**

Bemessungserdbeben am Standort sind bereits im Genehmigungsverfahren für Errichtung und Betrieb der Anlage abgedeckt (siehe Kapitel 2.9). Bei einem Erdbeben mit postulierten Folgeschäden sind Aktivitätsfreisetzungen durch den Verlust der Integrität von Systemen und Bauwerken, die für ein Erdbeben nicht ausgelegt wurden, nicht auszuschließen. Ereignisverlauf sowie potenzielle Ereignisfolgen hängen wesentlich von dem Zeitpunkt während Stilllegung und Abbau ab, an dem dieses Ereignis auftritt.

Abdeckend ist ein Erdbeben mit BE im BE-Lagerbecken, da in diesem Zeitraum im Vergleich zu den übrigen Abbauphasen zusätzlich die Kühlung der BE im BE-Lagerbecken abzusichern ist. Eine Freisetzung von Aktivität aus den BE im BE-Lagerbecken als Folge eines Erdbebens ist nicht zu besorgen, da die zu deren Kühlung bzw. zur Abfuhr der im BE-Lagerbecken anfallenden Nachzerfallswärme notwendigen, technischen und baulichen Einrichtungen gegen ein Bemessungserdbeben ausgelegt sind und weiterhin funktionsfähig bleiben.

Als Folge eines Erdbebens kann es zu einer Freisetzung radioaktiver Stoffe aufgrund des Versagens des Abwasserverdampfers kommen.

Das Ereignis „Erdbeben mit Folgewirkungen“ ist durch die Betrachtungen zum „Versagen des Abwasserverdampfers in der Abwasseraufbereitung“ abgedeckt.

### **Naturbedingte Einwirkungen auf die Pufferlagerflächen**

Ein **Bemessungserdbeben** hat auf dreilagig aufgestapelte, gefüllte 20'-Container keine Auswirkungen. Aufgrund der vorgesehenen technischen Mittel (z. B. genormte Stapelhilfen zur Arretierung) bleiben die Containerstapel stehen und ein Herabfallen von Containern aus der oberen oder mittleren Lage ist nicht zu besorgen.

Für ein **Hochwasser** wird postuliert, dass das Betriebsgelände für einen begrenzten Zeitraum überflutet werden kann. In einem solchen Fall ist das Eindringen von Wasser in Dampferzeuger als IP-2-Versandstück ausgeschlossen, nicht jedoch das Eindringen von Wasser in die in der unteren Aufstellungsreihe angeordneten Container und eine Aktivitätsfreisetzung bei ablaufendem Wasser. Der Wasserstand auf dem Betriebsgelände im Bereich der Pufferlagerung bei einem 10.000-jährlichen Hochwasser läge im Mittel bei 2,85 m NN.

Durch die an den Containern vorhandenen Dichtungen wird die Aktivitätsfreisetzung begrenzt.

Radiologische Auswirkungen infolge der abdeckenden Betrachtung eines Hochwassers auf den Pufferlagerflächen führen zu einer maximalen effektiven Dosis am ungünstigsten Aufpunkt für die potenziell am stärksten exponierte Altersgruppe der Säuglinge (< 1 Jahr) von 0,067 mSv.

Die auf Pufferlagerflächen gelagerten radioaktiven Stoffe sind gegen **Blitzschlag** hinreichend geschützt, da der Behälter aufgrund seiner Konstruktion und Wandstärke als Faradayscher Käfig wirkt und damit der Inhalt vor diesen Einwirkungen abgeschirmt wird. Somit ergibt sich keine Notwendigkeit einer weiteren Analyse des Ereignisses für auf Pufferlagerflächen gelagerte radioaktive Stoffe.

**Sonstige extreme meteorologische Einwirkungen** (Sturm, Regen (auch Starkregenereignisse), Schneefall, Schneelasten, Frost, außergewöhnliche Hitzeperioden) auf die Pufferlagerflächen sind durch die Betrachtung der Einwirkungen von Hochwasser und Absturz von 20'-Containern abgedeckt.

## **9.4.2 Zivilisatorische Einwirkungen**

### **Auswirkungen auf die Kühlwasserversorgung aufgrund von Schiffsunfällen oder Treibgut**

Ereignisse mit Auswirkungen auf die Kühlwasserversorgung sind nur solange zu betrachten, wie noch bestrahlte BE und SBS im BE-Lagerbecken gelagert werden. Die Ereignisbeherrschung einschließlich des dazu benötigten Systemumfangs entspricht dem genehmigten Stand der Anlage und wird auch nach Erteilung der beantragten Stilllegungs- und Abbaugenehmigung beibehalten.

### **Flugzeugabsturz**

Die Gebäude, in denen sich die für die Einhaltung der Schutzziele erforderlichen Systeme und Einrichtungen befinden, sind gegen einen Flugzeugabsturz bzw. gegen die Folgen eines Flugzeugabsturzes durch bauliche Maßnahmen ausgelegt.

Der Flugzeugabsturz auf sicherheitstechnisch relevante Gebäude ist als sehr seltenes Ereignis eingestuft und ist hinsichtlich Ereignisablauf und erforderlichem Systemumfang zur Ereignisfolgenminimierung durch die Betrachtungen im Rahmen der Betriebsgenehmigung abgedeckt.

### **Druckwellen aus chemischen Explosionen**

Die Gebäude, in denen sich die für die Einhaltung der Schutzziele erforderlichen Systeme und Einrichtungen befinden, sind gegen die Einwirkungen einer Druckwelle aus chemischen Explosionen ausgelegt. Die Gebäudeöffnungen (Türen, Lüftungsöffnungen) der gegen Druckwellen aus chemischen Explosionen geschützten Gebäude sind so ausgelegt, dass sie ein Eindringen der Druckwelle verhindern. Zivilisatorisch bedingte Druckwellen aus chemischen Explosionen als sehr seltenes Ereignis sind hinsichtlich Ereignisablauf und erforderlichem Systemumfang zur Ereignisfolgenminimierung im Genehmigungsverfahren für Errichtung und Betrieb der Anlage abgedeckt und werden durch Abbaumaßnahmen insoweit nicht unwirksam.

### **Einwirkungen gefährlicher Stoffe**

Das Ansaugen gefährlicher Stoffe (explosionsgefährliche oder giftige Gase) über die Zuluftanlage wird durch entsprechende Detektions- und Schaltmaßnahmen verhindert. Im KBR ist ein Gaswarnsystem installiert. Durch dieses System werden explosive Gasgemische auf dem Kraftwerksgelände erkannt. Bei Gaswarnung werden die Lüftungsöffnungen zum Kontrollbereich sowie zum Notspeise- und Schaltanlagegebäude entweder manuell oder automatisch geschlossen und damit der weitere Zufluss explosiver Gasgemische verhindert. Die Arbeiten werden bei derartigen Einwirkungen sofort eingestellt. Eine Einwirkung giftiger oder explosionsgefährlicher Stoffe (insbesondere Gase) als sehr seltenes Ereignis ist hinsichtlich Ereignisablauf und erforderlichem Systemumfang zur Ereignisfolgenminimierung im Genehmigungsverfahren für Errichtung und Betrieb der Anlage abgedeckt.

### **Anlagenexterner Brand**

Durch einen ausreichenden Abstand zum Massivzaun ist sichergestellt, dass keine direkte Brandeinwirkung aus Bränden in der Umgebung auf schutzzielrelevante Anlagenteile möglich ist. Auftretende Temperaturbelastungen in unmittelbarer Umgebung der Gebäude können durch die gegen Temperaturschwankungen bemessenen Gebäudestrukturen aufgenommen werden.

### **Beeinflussung benachbarter Anlagen am Standort**

Am Standort KBR befindet sich als weitere kerntechnische Anlage ein nach § 6 AtG /1/ genehmigtes Standortzwischenlager für abgebrannte Brennelemente. Außerdem ist geplant, eine Transportbereitstellungshalle (TBH-KBR) für nicht wärmeentwickelnde Abfälle zu errichten. Eine gegenseitige Beeinflussung beider Anlagen mit der im Restbetrieb befindlichen Anlage KBR hinsichtlich möglicher Einwirkungen auf die eingeschlossenen radioaktiven Stoffe sind durch die vorhandenen baulichen Umschließungen ausgeschlossen.

### **Elektromagnetische Einwirkungen**

Elektromagnetische Einwirkungen haben keine Auswirkungen auf die Sicherheit, da hinsichtlich möglicher elektromagnetischer Einwirkungen sensible, sicherheitstechnisch wichtige leittechnische Komponenten nach KTA-Regeln ausgelegt sind und, sofern erforderlich, die gleichen Regelungen wie im Leistungsbetrieb gelten. Die EMV-Festigkeit von leittechnischen Komponenten ist entweder bei der Auslegung bereits berücksichtigt und damit bei den Typ- und Eignungsprüfungen bestätigt oder durch



zusätzliche Nachweise verifiziert. Potenzielle Auswirkungen geplanter elektromagnetischer Einwirkungen, z. B. durch Schweißarbeiten, werden wie bisher im Einzelfall bewertet.

### **Zivilisatorische Einwirkungen auf die Pufferlagerflächen**

Bei dem sehr seltenen Ereignis „Absturz eines Militärflugzeuges auf Pufferlagerflächen“ werden die Dosisgrenzwerte der Notfall-Dosiswerte-Verordnung /42/ unterschritten. Maßnahmen des Katastrophenschutzes sind demnach nicht erforderlich.

Gleiches gilt für den Absturz eines Zivilflugzeuges auf die Pufferlagerflächen. Auch hier werden die Dosisgrenzwerte der Notfall-Dosiswerte-Verordnung /42/ unterschritten und somit keine Maßnahmen des Katastrophenschutzes erforderlich.

Mögliche Auswirkungen der Einwirkungen einer **Druckwelle aus chemischen Explosionen** auf die Pufferlagerflächen für radioaktive Reststoffe und Abfälle auf dem Kraftwerksgelände des KBR werden betrachtet. Das Ereignis ist für die Pufferlagerflächen auf dem Kraftwerksgelände sehr unwahrscheinlich. Aufgrund der Entfernungen zu ggf. in Frage kommenden Quellen derartiger Einwirkungen sind die radiologischen Folgen durch die Ereignisfolgen eines Flugzeugabsturzes abgedeckt.

Auswirkungen durch **gefährliche Stoffe** auf eine Pufferlagerfläche für radioaktive Stoffe in geeigneten Verpackungen auf dem Kraftwerksgelände des KBR sind aufgrund der Art der Einwirkungen (von außen) nicht (toxische oder explosive Stoffe) oder erst sehr langfristig (korrosive Stoffe) zu besorgen. Dadurch besteht die Möglichkeit, ggf. erforderliche Maßnahmen durchzuführen.

## **9.5 Zusammenfassung**

Bei keinem der für die Stilllegung und den Abbau des KBR betrachteten möglichen Ereignisabläufe sind Strahlenexpositionen in der Umgebung zu erwarten, die den festgelegten Grenzwert für die Störfallexposition nach § 104 StrlSchV /7/ in Verbindung mit § 194 StrlSchV /7/ von 50 mSv (Störfallplanungs-wert) auch nur annähernd erreichen.

Als radiologisch abdeckendes Ereignis wurde der Absturz eines mit radioaktiven Stoffen gefüllten 20'-Containers auf einer Pufferlagerfläche auf dem Kraftwerksgelände identifiziert.

Tabelle 9-1 fasst die ermittelten, maximalen effektiven Dosen für die radiologisch relevanten Ereignisse zusammen.

Tabelle 9-1: Zusammenfassung der radiologisch relevanten Ereignisse

Ereignis	Maximale effektive Dosis [mSv]	
	Säugling (< 1 Jahr)	Erwachsener (> 17 Jahre)
Beschädigung von Brennelementen bei der Handhabung	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-5}$
Leckage eines Behälters oder einer Rohrleitung mit radioaktiver Flüssigkeit: Versagen des Abwasserverdampfers in der Abwasseraufbereitung	0,058	0,046
Lastabsturz beim Transport von Großkomponenten: Absturz eines Dampferzeugers	2,6	1,9
Absturz von Behältern mit freisetzbarem radioaktiven Inventar innerhalb von Gebäuden	0,065	0,049
Absturz eines 20'-Containers auf einer Pufferlagerfläche auf dem Kraftwerksgelände	3,4	2,5
Ereignis bei der Erzeugung von Gebinden für radioaktive Abfälle	0,46	0,34
Naturbedingte Einwirkungen auf die Pufferlagerflächen: Hochwasser	0,067	0,052

## **10. AUSWIRKUNGEN AUF DIE IN § 1A ATVFV GENANNTE SCHUTZGÜTER**

Für die insgesamt geplanten Maßnahmen zur Stilllegung und zum Abbau von Anlagenteilen des KBR ist gemäß Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) /43/ Anlage 1 Nr. 11 bzw. AtG /1/ und AtVfV /6/ eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) erforderlich. Die UVP umfasst nach § 1a AtVfV /6/ die Ermittlung, Beschreibung und Bewertung der für die Prüfung der Zulassungsvoraussetzungen bedeutsamen Auswirkungen des Vorhabens auf die Schutzgüter:

- Menschen, insbesondere die menschliche Gesundheit,
- Tiere, Pflanzen und die biologische Vielfalt,
- Fläche, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft,
- kulturelles Erbe und sonstige Sachgüter sowie
- die Wechselwirkungen zwischen den vorgenannten Schutzgütern.

Grundlage der Umweltverträglichkeitsprüfung ist der Bericht zu den voraussichtlichen Umweltauswirkungen des Vorhabens (UVP-Bericht, /10/), der im Auftrag der PEL erstellt wurde. Er enthält insbesondere eine detaillierte Beschreibung der Auswirkungen der insgesamt geplanten Maßnahmen zur Stilllegung und zum Abbau von Anlagenteilen des KBR auf die oben genannten Schutzgüter einschließlich ihrer Wechselwirkungen untereinander. Der UVP-Bericht /10/ wird im Rahmen des Öffentlichkeitsbeteiligungsverfahrens mit ausgelegt.

Die Ergebnisse des UVP-Berichts zeigen, dass erhebliche nachteilige Auswirkungen bzw. bedeutsame Beeinträchtigungen aus den insgesamt geplanten Maßnahmen zur Stilllegung und zum Abbau des KBR auf die o. g. Schutzgüter aus allen zu betrachtenden Wirkungen, Wirkungspfaden und Wechselwirkungen nicht zu erwarten sind bzw. durch Kompensations- und Vermeidungsmaßnahmen ausgeglichen oder vermieden werden können.

Die von § 3 Abs. 1 Nr. 1f AtVfV /6/ geforderte Beschreibung der Auswirkungen der dargestellten Direktstrahlung und Abgabe radioaktiver Stoffe auf die in § 1a AtVfV /6/ genannten Schutzgüter erfolgt durch die Betrachtung hinsichtlich der potenziellen Strahlenexpositionen auf den Menschen in den entsprechenden Kapiteln. Dies ist aus den in Kapitel 0.4.2.3 des UVP-Berichts /10/ genannten Gründen abdeckend. Wechselwirkungen mit sonstigen Stoffen sind ausgeschlossen.

## 11. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

Abfall, konventionell	Nicht radioaktive Stoffe, die nach den Regelungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes einer Verwertung oder Beseitigung zugeführt werden.
Abfall, radioaktiver	Radioaktive Stoffe im Sinne des § 2 Abs. 1 AtG /1/, die nach § 9a AtG /1/ geordnet beseitigt werden müssen, ausgenommen Ableitungen im Sinne des § 99 StrlSchV /7/.
Abfallbehälter	Siehe Behälter.
Abfallbehandlung	Verarbeitung von ggf. vorbehandelten radioaktiven Rohabfällen zu Abfallprodukten (z. B. durch Verfestigen, Einbinden, Vergießen oder Trocknen).
Abfallgebinde	Einheit aus radioaktivem Abfall und Behälter.
Ableitung	Abgabe flüssiger, aerosolgebundener oder gasförmiger radioaktiver Stoffe aus dem KBR auf den hierfür vorgesehenen Wegen.
Abluft	Aus einem Raum auf dem dafür vorgesehenen Weg abgeführte Luft.
Abwasser	Aus einem Kontrollbereich auf dem dafür vorgesehenen Weg abgegebenes Wasser.
Aerosole (radioaktiv)	Fein in der Luft verteilte feste und/oder flüssige Schwebstoffe.
Aktivierung	Vorgang, bei dem ein Material durch Beschuss von Neutronen, Protonen oder anderen Teilchen radioaktiv wird.
Aktivität	Zahl der je Sekunde in einer radioaktiven Substanz zerfallenden Atomkerne. Die Maßeinheit ist das Becquerel (Bq).
Aktivität, spezifische	Aktivität pro Masseneinheit.
Aktivitätskonzentration	Aktivität pro Volumeneinheit.
ALARA	Abkürzung für "as low as reasonably achievable" (so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar). Prinzip des Strahlenschutzes bei ionisierender Strahlung, nach dem immer alle vernünftigen und sinnvollen Maßnahmen ergriffen werden müssen, um die Strahlenexposition des Menschen auch unterhalb der Grenzwerte so gering wie möglich zu halten.

Anlagengelände	Siehe Betriebsgelände.
Anlagenteil	Bauliche, maschinen- und elektrotechnische Teile der Anlage.
Äquivalentdosis	Das Produkt aus der Energiedosis (absorbierte Dosis) und dem Qualitätsfaktor. Der Qualitätsfaktor berücksichtigt die unterschiedliche biologische Wirksamkeit verschiedener Strahlungsarten. Beim Vorliegen mehrerer Strahlungsarten und -energien ist die gesamte Äquivalentdosis die Summe der ermittelten Einzelbeträge. Die Maßeinheit ist das Sievert (Sv).
Becquerel	Einheit der Aktivität eines Radionuklids; die Aktivität beträgt 1 Becquerel (Bq), wenn von der vorliegenden Menge eines Radionuklids 1 Atomkern pro Sekunde zerfällt.
Behälter	Im Sinne der Entsorgung: Behälter entsprechend den Behältergrundtypen und 20'-Container;  Im Sinne der Logistik (einschließlich des Umgangs mit radioaktiven Reststoffen innerhalb und im Rahmen des Freigabeverfahrens außerhalb des Kontrollbereichs KBR): auch weitere geeignete Behältnisse, wie z. B. Mulden, Fässer, Presstrommeln, BigBags.
Behältergrundtyp	Behältergrundtypen gemäß Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen, Stand: Dezember 2014) – Endlager Konrad, Anhang 1 Tabelle 1
Betriebsabfälle, radioaktive	Radioaktive Abfälle, die im Leistungs-, Nach- und Restbetrieb des Kernkraftwerks anfallen.
Betriebsgelände	Grundstück, auf dem sich kerntechnische Anlagen, Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlung und Anlagen im Sinne des § 9a Absatz 3 Satz 1 zweiter Satzteil des Atomgesetzes /1/ oder Einrichtungen befinden und zu dem der Strahlenschutzverantwortliche den Zugang oder auf dem der Strahlenschutzverantwortliche die Aufenthaltsdauer von Personen beschränken kann, § 1 Abs. 3 StrlSchV /7/.  Am Standort Brokdorf ist das Betriebsgelände durch den Massivzaun umgrenzt.
Betriebshandbuch	Regelungen/Anweisungen für das Personal für den Restbetrieb und den Abbau von Anlagenteilen einschließlich der Betriebsordnungen.

Brandabschnitt	Bereich von Gebäuden, dessen Umfassungsbauteile (Wände, Decken, Abschlüssen von Öffnungen, Abschottungen von Durchbrüchen, Fugen) so widerstandsfähig sind, dass eine Brandausbreitung auf andere Gebäude oder Gebäudeteile verhindert wird.
Deionat	Deionisiertes, vollentsalztes Wasser.
Dekontamination	Beseitigung oder Verminderung einer Kontamination.
Demontage	Spezifizierter Ausbau von Anlagenteilen oder der Abbruch/das Entfernen von Baustrukturen im Rahmen des Abbaus.
Dosimeter	Messgerät zur Bestimmung der Dosis.
Dosis, effektive	Summe der gewichteten Organdosen in Geweben oder Organen des Körpers durch äußere oder innere Strahlenexposition. Die Maßeinheit ist das Sievert (Sv).
Dosisleistung	Quotient aus Dosis und Zeit; wird im Strahlenschutz z. B. in Millisievert je Stunde (mSv/h) angegeben.
Einhausung	Begrenzung eines Raumbereichs zur Verhinderung der Ausbreitung radioaktiver Aerosole, z. B. durch ein Zelt.
Endlager des Bundes	Anlage des Bundes, in der radioaktive Abfälle wartungsfrei, zeitlich unbefristet und sicher geordnet beseitigt werden.
Endlagerung	Wartungsfreie, zeitlich unbefristete und sichere Lagerung von radioaktivem Abfall.
Entscheidungsmessung	Aktivitätsmessung, deren Ergebnis durch Vergleich mit den vorgegebenen Freigabewerten eine Entscheidung über die Freigabe des Materials ermöglicht.
Entsorgung	Schadlose Verwertung eines radioaktiven Reststoffes oder seine geordnete Beseitigung als radioaktiver Abfall.
Exposition	Einwirkung ionisierender Strahlung auf den menschlichen Körper.
Fachgerechte Verpackung	Radioaktive Abfälle sind so zu konditionieren, dass die Voraussetzungen für deren Abgabe an den Bund gemäß § 2 Abs. 1 EntsÜG /23/ erfüllt werden.
Fortluft	In das Freie abgeführte Abluft.

Freigabe	<p>Verwaltungsakt, der die Entlassung</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 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 Nummer 3 bis 7 des Strahlenschutzgesetzes /5/ stammen, und</li> <li>2. beweglicher Gegenstände, Gebäude, Räume, Raumteile und Bauteile, Bodenflächen, Anlagen oder Anlagenteile (Gegenstände), die mit radioaktiven Stoffen, 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 Nummer 3 bis 7 des Strahlenschutzgesetzes /5/ stammen, kontaminiert sind oder durch die genannten Tätigkeiten aktiviert wurden,</li> </ol> <p>aus der atom- und strahlenschutzrechtlichen Überwachung zur Verwendung, Verwertung, Beseitigung, Innehabung oder zu deren Weitergabe an einen Dritten als nicht radioaktive Stoffe bewirkt.</p>
Freigabewert	Wert der massen- oder flächenspezifischen Aktivität, bei dessen Unterschreitung eine Freigabe gemäß §§ 31-42 StrlSchV /7/ zulässig ist.
Freisetzung radioaktiver Stoffe	Entweichen radioaktiver Stoffe aus den vorgesehenen Umschließungen in die Anlage oder in die Umgebung auf nicht dafür vorgesehenen Wegen.
Gammaspektrometrische Messung	Nuklidspezifische Aktivitätsbestimmung gammaemittierender Radionuklide.
Gebinde	Einheit aus Inhalt und Behälter.
Geordnete Beseitigung	Abgabe und Eigentumsübertrag von LAW-/MAW-Gebinden in die Bereitstellungslagerung mit dem Ziel des endgültigen Verbleibs in einem Endlager des Bundes.
Halbwertszeit	Die Zeit, in der die Hälfte der Kerne in einer Menge eines Radionuklids zerfällt.
Herausbringen	Bei dem Herausbringen handelt es sich um den in § 58 Abs. 2 StrlSchV /7/ geregelten Fall, dass bewegliche Gegenstände, die mit dem Ziel der Wiederverwendung oder Reparatur außerhalb eines Strahlenschutzbereichs aus einem Kontrollbereich herausgebracht werden, daraufhin geprüft werden, ob diese aktiviert oder kontaminiert sind und die in § 58 Abs. 2 StrlSchV /7/ festgelegten Voraussetzungen für das Herausbringen erfüllen.

Herausgabe	Mit Herausgabe wird eine Entlassung von nicht kontaminierten und nicht aktivierten Stoffen sowie beweglichen Gegenständen, Gebäuden, Bodenflächen, Anlagen oder Anlagenteilen ohne eine Freigabe nach §§ 31 – 42 StrlSchV /7/ aus der atomrechtlichen Überwachung auf Grund einer in der Genehmigung nach § 7 Absatz 3 AtG /1/ beschriebenen Vorgehensweise bezeichnet.
Industriestandard	Basis eines Industriestandards sind die in Normen (z. B. DIN-Normen, VDI-Richtlinien, VDE-Vorschriften, Regelungen der Berufsgenossenschaften) festgelegten grundsätzlichen technischen und sonstigen Anforderungen.
Ingestion	Aufnahme von radioaktiven Stoffen durch Nahrungsmittel und Trinkwasser.
Inhalation	Aufnahme von radioaktiven Stoffen durch Einatmen.
Inkorporation	Aufnahme von radioaktiven Stoffen in den menschlichen Körper.
In-situ-Gammaspektrometrie	Direktes Messverfahren zur nuklidspezifischen Aktivitätsbestimmung gamma-emittierender Radionuklide mit einem mobilen Detektor. Der Detektor wird bei diesem Messverfahren zum Messobjekt gebracht.
IP-2-Versandstück	Industrierversandstück vom Typ IP-2 gemäß Gefahrgutrecht.
Ionisieren	Heraustrennung eines oder mehrere Elektronen aus einem Atom oder Molekül.
Kompaktieren	Zusammenpressen von festem radioaktivem Abfall.
Konditionierung	Herstellung von Abfallgebinden durch Behandlung und/oder Verpackung von radioaktivem Abfall.
Kontamination	Verunreinigung mit radioaktiven Stoffen.
Kollektivdosis	Produkt aus der Anzahl der Personen der exponierten Bevölkerungsgruppe und der mittleren effektiven Äquivalentdosis der Personen dieser Gruppe.
Kontrollbereich	Zutrittsbeschränkter Strahlenschutzbereich nach § 52 Abs. 2 S. 1 Nr. 2 StrlSchV /7/, der von Personen nur betreten werden darf, wenn sie zur Durchführung oder Aufrechterhaltung der darin vorgesehenen Betriebsvorgänge tätig werden müssen.



Kontrollbereich, temporär	Bereich innerhalb des Überwachungsbereichs, in dem Kriterien zur Einrichtung von Kontrollbereichen – nicht ständig, sondern nur bei Bedarf – aufgrund erhöhter Dosisleistung gegeben sind.
Kraftwerksgelände	Bereich auf dem Betriebsgelände des KBR, der vom Detektionszaun und einem Wassergraben umgeben ist.
Kritikalität	Anordnung spaltbarer Stoffe, in der eine sich selbst erhaltende Kettenreaktion abläuft (Gegenteil ist Unterkritikalität).
MOSAIK®-Behälter	Abschirmbehälter zur Verpackung, Transport und Lagerung von radioaktivem Abfall.
Nachbetrieb	Zeitraum zwischen der endgültigen Einstellung des Leistungsbetriebs zur gewerblichen Erzeugung von Elektrizität bis zur Erteilung der ersten vollziehbaren Genehmigung nach § 7 Abs. 3 AtG /1/.
Nachzerfallsleistung	Thermische Leistung der bestrahlten Brennelemente in Abhängigkeit der Abklingzeit.
Nachzerfallswärme	Durch den Zerfall radioaktiver Spaltprodukte in einem Brennelement nach Abschalten des Reaktors weiterhin entstehende Wärme.
Nuklid	Ein durch seine Protonenzahl, Neutronenzahl und seinen Energiezustand charakterisierter Atomkern.
Nuklidvektor	Relative Anteile einzelner Radionuklide an der Gesamtaktivität eines Stoffs.
Ortsdosis	Äquivalentdosis, die an einem bestimmten Ort gemessen wird.
Ortsdosisleistung	In einem bestimmten Zeitintervall erzeugte Ortsdosis dividiert durch die Länge des Zeitintervalls; wird z. B. in Millisievert je Stunde (mSv/h) oder Mikrosievert je Stunde (µSv/h) angegeben.
Personendosis	Äquivalentdosis, gemessen mit den in Anlage 18 Teil A StrlSchV /7/ angegebenen Messgrößen an einer für die Exposition repräsentativen Stelle der Körperoberfläche. Die Maßeinheit ist das Sievert (Sv).
Pufferlagerung	Temporäres Unterbringen von ausgebauten Anlagenteilen und von radioaktiven Stoffen auf geeigneten Flächen oder in geeigneten Räumen im Rahmen ihrer Bearbeitung (z. B. Dekontamination, Zerlegung) beziehungsweise Behandlung (z. B. Konditionierung) oder Transportbereitstellung.

Radioaktivität	Eigenschaft bestimmter Stoffe, sich ohne äußere Einwirkung umzuwandeln und dabei eine charakteristische Strahlung auszusenden.
Radionuklid	Instabiles Nuklid, das spontan ohne äußere Einwirkung unter Strahlungsemission zerfällt.
Radioaktivitätsinventar	Summe der gesamten Radioaktivität. In einem Kernkraftwerk setzt sich das Radioaktivitätsinventar zusammen aus: Aktivierungsprodukten, Spaltprodukten, Kernbrennstoff.
Recycling	Zuführung metallischer Reststoffe in den Wertstoffkreislauf durch Einschmelzen und anschließende Freigabe nach §§ 31 – 42 StrlSchV /7/.
Restbetrieb	Als Restbetrieb wird 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.
Reststoff, 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. Der Reststoff in diesem Sinne kann <ul style="list-style-type: none"> <li>• in der eigenen oder einer anderen Anlage verwertet werden, wobei radioaktive Abfälle anfallen können, oder</li> <li>• sofort oder nach Abklinglagerung nach §§ 31 – 42 StrlSchV /7/ freigegeben werden.</li> </ul>
Reststoffbearbeitung	Zerlegung, Sortierung, Sammlung und Dekontamination von radioaktiven Reststoffen.
Reststoffbehandlungszentrum	Der Begriff „Reststoffbehandlungszentrum (RBZ)“ fasst alle Einrichtungen zusammen, die für die Bearbeitung von radioaktiven Reststoffen bzw. die Behandlung radioaktiver Abfälle eingesetzt werden, unabhängig vom Standort der einzelnen Einrichtungen in der Anlage.
Reststoffgebinde	Einheit aus Reststoff und Behälter (z. B. Mulde, Fass)

Rohabfall	Unverarbeiteter radioaktiver Abfall.
Sekundärabfälle	Abfälle, die nicht aus der Anlage selbst stammen, sondern z. B. durch Dekontaminations- oder Zerlegeverfahren zusätzlich zu den Primärabfällen entstehen, z. B. Dekontaminationsflüssigkeiten, Kühl- oder Schneidmittel, Werkzeuge.
Sievert	Physikalische Einheit für die Äquivalentdosis (Sv).
Sperrbereich	Zum Kontrollbereich gehörende Bereiche, in denen die Ortsdosisleistung höher als 3 mSv/h sein kann.
Stillsetzung	Dauerhafte Außerbetriebnahme von Systemen, Anlagenteilen und Komponenten.
Störfallexposition	Einwirkung ionisierender Strahlung auf den menschlichen Körper durch ein Ereignis bzw. Ereignisablauf.
Strahlenexposition	Siehe Exposition
Strahlenschutz- beauftragter	Fachkundiger Betriebsangehöriger, der vom Strahlenschutzverantwortlichen (§ 69 StrlSchG /5/) unter schriftlicher Festlegung der Aufgaben, innerbetrieblichen Entscheidungsbereich und Befugnisse nach § 70 StrlSchG /5/ schriftlich bestellt ist.
Strahlenschutzbereiche	Betriebliche Bereiche gemäß § 52 StrlSchV /7/: Überwachungsbereich, Kontrollbereich und Sperrbereich, letzterer als Teil des Kontrollbereichs.
Strahlung, ionisierende	Es wird unterschieden zwischen Gammastrahlung und Teilchen-, wie z. B. Alpha-, Beta- oder Neutronenstrahlung.
Strahlung, radioaktive	Siehe Strahlung, ionisierende
System	Zusammenfassung von Komponenten zu einer technischen Einrichtung, die als Teil der Anlage selbstständige Funktionen ausführt.
Transportbereitstellung	Siehe Pufferlagerung.
Überwachungsbereich	Zutrittsbeschränkter Strahlenschutzbereich nach § 52 Abs. 2 S. 1 Nr. 1 StrlSchV /7/, der von Personen nur betreten werden darf, wenn sie darin eine dem Betrieb dienende Aufgabe wahrnehmen oder Besucher sind.

Umgebungsüberwachung	Messungen in der Umgebung der Anlage zur Beurteilung der aus Ableitungen radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser resultierenden Strahlenexposition sowie zur Kontrolle der Einhaltung maximal zulässiger Ableitungen und Dosisgrenzwerte.
Unterkritikalität	Zustand, in dem durch Kernspaltung weniger Neutronen erzeugt werden, als durch Absorption und Leckage verschwinden, d. h. die Anzahl der Kernspaltungen sinkt kontinuierlich.
Verwertung, kontrollierte	Verwertung von radioaktiven Reststoffen nach Abgabe an einen anderen Genehmigungsinhaber im kerntechnischen Bereich z. B. als Rohstoff für die Herstellung von Behältern für radioaktive Abfälle.
Vorsorgemaßnahme	Maßnahme und Einrichtung, bei deren Vorhandensein der Eintritt eines Ereignisses als so unwahrscheinlich nachgewiesen ist, dass er nicht unterstellt zu werden braucht.
Wiederkehrende Prüfungen	Prüfungen, die aufgrund von Rechtsvorschriften, Auflagen der zuständigen Behörden oder aufgrund anderweitiger Festlegungen im Allgemeinen in regelmäßigen Zeitabständen oder aufgrund bestimmter Ereignisse durchgeführt werden.
Wiederverwendung	Wiederverwendung von ausgebauten Anlagenteilen wie Armaturen, Pumpen, Motoren etc. im kerntechnischen Bereich im In- und Ausland.
Zwischenlagerung	Lagerung radioaktiver Abfälle mit dem Ziel der Verbringung in ein anderes Zwischenlager, ein zentrales Bereitstellungslager des Bundes oder in ein Endlager.

## 12. QUELLENVERZEICHNIS

- /1/ Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz - AtG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2510) geändert worden ist
- /2/ PreussenElektra GmbH, Antrag nach § 7 Abs. 3 AtG zur Stilllegung und zum Abbau der Anlage in der ersten Abbauphase (1. SAG),  
01. Dezember 2017 (KBR-GEN-2017-01)
- /3/ PreussenElektra GmbH, Antrag nach § 7 Abs. 3 AtG zur Stilllegung und zum Abbau der Anlage in der ersten Abbauphase (1. SAG),  
01. Dezember 2017 (KBR-GEN-2017-01); hier: Antragsergänzung, 24. März 2020
- /4/ ESK-Leitlinien zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen, Empfehlung der Entsorgungskommission vom 16. März 2015
- /5/ Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzgesetz – StrlSchG) vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1966), das zuletzt durch Artikel 11 des Gesetzes vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2510) geändert worden ist
- /6/ Verordnung über das Verfahren bei der Genehmigung von Anlagen nach § 7 des Atomgesetzes (Atomrechtliche Verfahrensordnung - AtVfV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. Februar 1995 (BGBl. I S. 180), die zuletzt durch Artikel 14 der Verordnung vom 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034) geändert worden ist
- /7/ Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) vom 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034, 2036)
- /8/ Staatliches Umweltamt Itzehoe, Az.: 704/5201.2111/64-4 vom 15.09.1999, Änderungsbescheid zur wasserrechtlichen Erlaubnis vom 10.03.1983
- /9/ Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 47 Strahlenschutzverordnung: Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus Anlagen oder Einrichtungen, vom 28. August 2012 (BANz AT 05.09.2012 B1)

- /10/ PreussenElektra GmbH, Kernkraftwerk Brokdorf, Vorhaben zur Stilllegung und zum Abbau des Kernkraftwerkes Brokdorf (KBR), UVP-Bericht
- /11/ KTA 1504, Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser  
Fassung 2017-11
- /12/ KTA 2201.1, Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen;  
Teil 1: Grundsätze
- /13/ Strahlenschutzkommission, Ermittlung der Vorbelastung durch Radionuklid-  
Ausscheidungen von Patienten der Nuklearmedizin; Empfehlung der Strahlenschutz-  
kommission, verabschiedet in der 197. Sitzung der Strahlenschutzkommission  
am 16./17. Dezember 2004
- /14/ KTA 3902, Auslegung von Hebezeugen in Kernkraftwerken  
Fassung 2012-11
- /15/ Leitfaden zur Stilllegung, zum sicheren Einschluss und zum Abbau der Anlage oder  
Anlagenteilen nach § 7 des Atomgesetzes (Stilllegungsleitfaden) vom 23. Juni 2016 (BAnz AT  
19.07.2016 B7)
- /16/ Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher  
Güter auf der Straße, mit Eisenbahnen und auf Binnengewässern (Gefahrgutverordnung  
Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt – GGVSEB) in der Fassung der Bekanntmachung  
vom 11. März 2019 (BGBl. I S. 258)
- /17/ Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf  
der Straße vom 30. September 1957 (BGBl. 1969 II S. 1491)
- /18/ KTA 3604, Lagerung, Handhabung und innerbetrieblicher Transport radioaktiver Stoffe (mit  
Ausnahme von Brennelementen) in Kernkraftwerken  
Fassung 2010-11
- /19/ Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Reststoffe und radioaktiver Abfälle vom 19. November  
2008 (BAnz. 2008, Nr. 197, S. 4777)
- /20/ Gesetz zur Errichtung eines Fonds zur Finanzierung der kerntechnischen Entsorgung  
(Entsorgungsfondsgesetz – EntsorgFondsG) vom 27. Januar 2017 (BGBl. I S. 114), das durch  
Artikel 1 der Verordnung vom 16. Juni 2017 (BGBl. I S. 1672) geändert worden ist

- /21/ Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 26. November 2010 (BGBl. I S. 1643, 1644), die zuletzt durch Artikel 148 des Gesetzes vom 29. März 2017 (BGBl. I S. 626) geändert worden ist
- /22/ Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung – ArbStättV) vom 12. August 2004 (BGBl. I S. 2179), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 1 der Verordnung vom 18. Oktober 2017 (BGBl. I S. 3584) geändert worden ist
- /23/ Gesetz zur Regelung des Übergangs der Finanzierungs- und Handlungspflichten für die Entsorgung radioaktiver Abfälle der Betreiber von Kernkraftwerken (Entsorgungsübergangsgesetz - EntsÜG) vom 27. Januar 2017 (BGBl. I S. 114, 120, 1676), das durch Artikel 9 des Gesetzes vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2510) geändert worden ist
- /24/ Verordnung über Anforderungen und Verfahren zur Entsorgung radioaktiver Abfälle (Atomrechtliche Entsorgungsverordnung – AtEV) vom 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034, 2172)
- /25/ Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die nicht an eine Landessammelstelle abgeliefert werden  
vom 16. Januar 1989 (BANz 1989, Nr. 63a), letzte Ergänzung vom 14. Januar 1994 (BANz 1994, Nr. 19)  
Die Richtlinie von 1989 wurde inhaltlich ersetzt durch die Richtlinie von 2008 /19/ aber offiziell nicht zurückgezogen.
- /26/ Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG) vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 9 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808) geändert worden ist
- /27/ Richtlinie für den Strahlenschutz des Personals bei Tätigkeiten der Instandhaltung, der Änderung, der Entsorgung und des Abbaus in kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen – Teil 2: Die Strahlenschutzmaßnahmen während des Betriebs und der Stilllegung einer Anlage oder Einrichtung (IWRS II) vom 17. Januar 2005 (GMBI. 2005, Nr. 13, S. 258)
- /28/ Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI) vom 7. Dezember 2005 (GMBI. 2006, Nr. 14 – 17, S. 254)

- /29/ Richtlinie für den Fachkundenachweis von Kernkraftwerkspersonal vom 24. Mai 2012 (GMBI. 2012, Nr. 34, S. 611)
- /30/ Richtlinie zur Erhaltung der Fachkunde des verantwortlichen Kernkraftwerkspersonals vom 17. Juli 2013 (GMBI. 2013, Nr. 36, S. 712)
- /31/ Richtlinie über die Gewährleistung der notwendigen Kenntnisse der beim Betrieb von Kernkraftwerken sonst tätigen Personen vom 30. November 2000 (GMBI 2001, Nr. 8, S. 153)
- /32/ Richtlinie für die Fachkunde von Strahlenschutzbeauftragten in Anlagen zur Spaltung von Kernbrennstoffen vom 20. Februar 2014 (GMBI. 2014, Nr. 13, S. 289)
- /33/ Richtlinie für den Inhalt der Fachkundeprüfung vom 24. Mai 2012 (GMBI. 2012, Nr. 30, S. 905)
- /34/ Richtlinie für die Anforderungen an den Objektsicherungsdienst und an Objektsicherungsbeauftragte in kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen (OSD-Richtlinie) vom 4. Juli 2008 (GMBI. 2008, Nr. 39, S. 810)
- /35/ Schreiben des BMU vom 21.05.2013, RS I 6 - 13831-1/1 und 13831-1/2 Anpassung des Regelwerks zur Fachkunde für Kernkraftwerke ohne Berechtigung zum Leistungsbetrieb für den Fachkundenachweis und den Inhalten der Fachkundeprüfungen
- /36/ Schreiben des BMU vom 23.01.2014, RS I 6 - 13831-1/3 Anpassung des Regelwerks zur Fachkunde für Kernkraftwerke ohne Berechtigung zum Leistungsbetrieb für die Erhaltung der Fachkunde des verantwortlichen Kernkraftwerkspersonals
- /37/ KTA 1201, Anforderungen an das Betriebshandbuch  
Fassung 2015-11
- /38/ KTA 1202, Anforderungen an das Prüfhandbuch  
Fassung 2017-11
- /39/ KTA 1203, Anforderungen an das Notfallhandbuch  
Fassung 2009-11
- /40/ ESK-Leitlinien für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung (Revidierte Fassung vom 10. Juni 2013)



- /41/ KTA 3905, Lastanschlagpunkte an Lasten in Kernkraftwerken  
Fassung: 2012-11
- /42/ Notfall-Dosiswerte-Verordnung vom 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034, 2172)
- /43/ Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) in der Fassung der  
Bekanntmachung vom 24. Februar 2010 (BGBl. I S. 94), das zuletzt durch Artikel 2 des  
Gesetzes vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513) geändert worden ist

### 13. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1-1: Vorgesehener genehmigungstechnischer Ablauf der Stilllegung des KBR.....	13
Abbildung 2-1: Lageplan des Standorts Brokdorf mit 10 km-Umkreis (ohne Maßstab).....	25
Abbildung 2-2: Übersichtskarte des Kernkraftwerks Brokdorf mit Umgebung .....	27
Abbildung 2-3: Überblick der Verkehrswege in der Nähe des Standorts KBR (ohne Maßstab) .....	30
Abbildung 2-4: Häufigkeit für Wind, der in Richtung der Sektoren weht, für das Gesamtjahr .....	32
Abbildung 2-5: Niederschlag bei Wind in Richtung der Sektoren für das Gesamtjahr (365 Tage) .....	33
Abbildung 3-1: Ansicht des Kernkraftwerks Brokdorf, Blick aus südlicher Richtung .....	40
Abbildung 3-2: Übersicht Standort KBR (schematisch, ohne Maßstab).....	41
Abbildung 3-3: Funktionsprinzip eines Druckwasserreaktors.....	42
Abbildung 3-4: Prinzipieller Aufbau der Systeme im Reaktorgebäude; Darstellung Nichtleistungsbetrieb mit geöffnetem RDB.....	44
Abbildung 3-5: Prinzipieller Aufbau der Kühlwassersysteme .....	48
Abbildung 3-6: Vereinfachter Querschnitt durch das Maschinenhaus.....	51
Abbildung 3-7: Anordnung der Becken .....	53
Abbildung 3-8: Übersicht der Ergebnisse der Aktivierungsberechnung: Gesamtaktivitäten für den RDB, die RDB-Einbauten und den Biologischen Schild (1 Jahr nach Abschalten der Anlage); Angaben in Becquerel (Bq).....	64

Abbildung 3-9: Ablauf der radiologischen Detailcharakterisierung .....	67
Abbildung 4-1: Potenzielle Pufferlagerflächen und Transportwege im Überwachungsbereich KBR (Angaben in m) .....	79
Abbildung 5-1: Schwerpunkte der Stilllegung und des nuklearen Abbaus .....	92
Abbildung 5-2: Exemplarische Übersicht RDB und RDB-Einbauten .....	99
Abbildung 5-3: Schematische Darstellung des Aushebens des UKG und die Nachzerlegung des oberen Teils des Kernbehälters (Quelle: ZerKon, Januar 2018).....	100
Abbildung 5-4: Exemplarische Darstellung eines Dampferzeugers .....	101
Abbildung 5-5: Exemplarische Darstellung einer Hauptkühlmittelpumpe .....	103
Abbildung 5-6: Exemplarische Darstellung des Druckhalters .....	104
Abbildung 5-7: Schematische Darstellung des RDB mit Einbauten in Einbaulage .....	106
Abbildung 5-8: Unterteilung des RDB in endlagergerechte Einzelsegmente (Beispiel).....	108
Abbildung 5-9: RDB in Einbaulage mit Biologischem Schild.....	109
Abbildung 6-1: Entscheidungsweg zur Wahl des Entsorgungsziels .....	113
Abbildung 6-2: Vereinfachter Überblick der Behandlungswege und -ziele .....	116
Abbildung 6-3: Prognostizierte Prozentanteile an den abzubauenen Massen des KBR nach Entsorgungsziel.....	118
Abbildung 6-4: Schematisierte Darstellung der Behandlung radioaktiver Abfälle .....	124
Abbildung 7-1: Betriebsgelände mit Überwachungs- und Kontrollbereichen des Kernkraftwerks Brokdorf.....	131

## **14. TABELLENVERZEICHNIS**

Tabelle 2-1: Verzeichnis aller Gemeinden, die sich im 10-km-Umkreis befinden.....	28
Tabelle 2-2: Wasserstände der Elbe und Wasserstand auf dem Betriebsgelände .....	35
Tabelle 7-1: Summe der Strahlenexpositionen .....	146
Tabelle 9-1: Zusammenfassung der radiologisch relevanten Ereignisse .....	178

15. ANHANG 1: LAGEPLAN DES KERNKRAFTWERKS BROKDORF



Legende Bauwerke	
ZA	Reaktorgebäude – Innenraum
ZB.0	Reaktorgebäude – Ringraum
ZB.9	Frischdampf- und Speisewasser-Armaturenkammer
ZC	Reaktorhilfsanlagengebäude
ZD.0	Aufbereitungsgebäude für radioaktive Abfälle
ZD.0101	Wasserübergabestation Zwischenlager
ZD.09	Lager für kontaminierte Teile
ZD.10	Zwischenlager
ZE	Schaltanlagengebäude
ZF	Maschinenhaus
ZG.0	Vollentsalzungsanlagengebäude
ZG.2	Kondensatreinigungsgebäude
ZG.4	Deionatbehälter
ZH.0	Maschinentransformator
ZH.1	Eigenbedarfstransformatoren
ZH.2	Reservnetztransformator
ZH.3	Transformatorkühlanlagen
ZH.6/7	Ölabscheider mit Ölsammelgruben
ZH.80	Gebäude für zusätzliche Netzeinspeisung
ZH.90	Trafostation
ZI.1	380KV Freiluftschaltanlage
ZI.3	220KV Freiluftschaltanlage
ZI.5	Betriebsgebäude für Freiluftschaltanlage
ZK	Notstromdiesel- und Kaltwasserzentrale
ZL.0	Werkstatt- und Lagergebäude
ZL.4	Versorgungsanlagengebäude
ZL.9	Gaslager
ZL.11	Altmaterialien
ZM.0	Kühlwasserzulaufkanal
ZM.1	Kühlwasserentnahmehaus
ZM.2	Hauptkühlwasserpumpen- und Reinigungsbauteil
ZM.4/5	Nebenkühlwasserpumpen- und Reinigungsbauteil
ZM.6	Hauptkühlwasservorlaufleitung
ZM.8	Deichschützenbauwerk im Zulauf
ZM.70	Reservepumpenschacht
ZM.73	Armaturenschacht
ZN.1	Hauptkühlwasserrücklaufleitung
ZN.2	Kraftschlussbecken
ZN.3	Kühlwasserrücklaufkanal
ZN.4	Kühlwasserrückgabebauwerk
ZN.5	Kühlwasserabsturzbauwerk
ZN.8	Deichschützenbauwerk im Rücklauf
ZQ.1	Fortluftkamin
ZQ.2	Rauchgaskamin
ZR.0	Trinkwasserbehälter
ZR.4	Regenwasser-Pumpenbauwerk
ZS.0	Fundament und Auffangwanne für Heizölbehälter
ZT.0	Parkplatz
ZT.1	SODAR-Messstation
ZT.2	Revisionsparkplatz
ZU.1	Revisionsgebäude
ZU.7	Multifunktionsgebäude
ZU.8	Schulungszentrum
ZU.9	FLAB-Garage
ZU.10	Brandschutzübungsplatz
ZV.0	Pförtnergebäude
ZV.5	Gasreduzierstation
ZV.8	Garagegebäude
Z.9	Chemikalienlager
ZV.10	Lager für technische Geräte
ZV.11	Fremdfirmengebäude
ZV.12	Bürogebäude I
ZV.13	Bürogebäude II
ZW.21	Rohrkanal
ZW80-85	Brücken
ZW87/88	Brücken
ZW1000	Wasserübergabestation KBR
ZX	Notspeisegebäude
ZY	Büro- und Sozialgebäude
ZZ.0	Schiffsanleger