

**Vermeidung von Korrosionsschäden
an Fässern für nicht Wärme entwickelnde radioaktive Abfallstoffe
in Schleswig-Holstein
einschließlich Lagerstättenkataster**

Bericht der Arbeitsgruppe
„Vermeidung von Schäden bei der Lagerung von Atomabfällen“
bei der schleswig-holsteinischen Atomaufsicht

im Auftrag
des Ministers für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume
Dr. Robert Habeck

Stand: 23.03.2015

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
2	Grundlagen	9
2.1	<i>Begriffe</i>	11
2.1.1	Auswahl von Begriffen	11
2.1.2	Lagerbereiche in Kernkraftwerken.....	12
2.2	<i>Regularien</i>	13
2.3	<i>Abfallarten</i>	17
2.3.1	Nicht Wärme entwickelnde Abfälle	18
2.3.2	Wärme entwickelnde Abfälle	19
2.3.3	Abfallentstehung	21
2.3.4	Abfallströme.....	22
2.3.5	Typische Abfallarten.....	23
2.3.5.1	Verdampferkonzentrat.....	23
2.3.5.2	Filterkonzentrate	24
2.3.5.3	Metallschrott	24
2.3.5.4	Bauschutt.....	25
2.3.5.5	Mischabfälle	25
2.4	<i>Konditionierung radioaktiver Abfälle</i>	26
2.4.1	Konditionierungsverfahren	27
2.4.2	Behälter und deren Beitrag zum Einschluss der Abfälle	29
2.4.3	Abfallarten, Konditionierungsverfahren und Behälter.....	31
2.5	<i>Produktkontrollverfahren</i>	31
2.5.1	Endlagerungs-, Aufsichts- und Zwischenlagerungsverfahren	31
2.5.2	Kampagnen/Ablaufplanverfahren.....	32
2.5.3	Produktkontrolle	33
2.5.4	Dokumentation	34
2.5.5	Aussage zur Zwischen- und Endlagerfähigkeit	35
2.6	<i>Arten der Lagerung</i>	35
2.6.1	Definition der Lagerbereiche, de-facto-Stand.....	36
2.6.2	Zeitdauer der Lagerung	36
2.7	<i>Schnittstellen</i>	37
2.7.1	Interne / externe Konditionierung	37
2.7.2	Externe Lagerung	38
2.7.3	Transporte	39
2.8	<i>Korrosionserscheinungen</i>	40
2.8.1	Metallische Abfälle	40
2.8.2	Sonstige anorganische Abfälle	41

2.8.3	Organische Abfälle	41
2.8.4	Getrocknete Abfälle	41
2.8.5	Betonierte/vergossene Abfälle	41
2.9	<i>Betrachtungsumfang</i>	42
3	Historie der Lagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen	44
3.1	<i>Historischer Rahmen</i>	44
3.2	<i>Entwicklung in Schleswig-Holstein</i>	49
3.2.1	Landessammelstelle	50
3.2.2	Kernkraftwerk Brunsbüttel.....	51
3.2.3	Kernkraftwerk Krümmel.....	53
3.2.4	Kernkraftwerk Brokdorf	54
3.2.5	Helmholtz-Zentrum Geesthacht.....	55
3.3	<i>Historie der Fassproblematik im Kernkraftwerk Brunsbüttel</i>	57
4	Bewertung unter Sicherheitsaspekten	63
5	Lagerstättenkataster	66
5.1	<i>Standort: Brunsbüttel</i>	66
5.1.1	Lager innerhalb KKW-Gebäude / Kontrollbereich	66
5.1.2	Lager auf dem KKW-Gelände / Kontrollbereich	71
5.2	<i>Standort: Krümmel – innerhalb KKW-Gebäude / Kontrollbereich</i>	72
5.3	<i>Standort: Brokdorf</i>	75
5.3.1	Innerhalb KKW-Gebäude / Kontrollbereich	76
5.3.2	Lager innerhalb KKW-Gelände / Kontrollbereich	78
5.4	<i>Standort: Helmholtz-Zentrum Geesthacht</i>	79
6	Problemanalyse	85
6.1	<i>Übertragbarkeit</i>	85
6.2	<i>Problemstruktur im Überblick</i>	86
6.2.1	Ursachen des Schadensbildes in den Kavernen	86
6.2.2	Ungehinderte Schadensentstehung und -entwicklung	88
6.3	<i>Vertiefende Analyse der Abfallbehandlung</i>	89
6.3.1	Keine „harten“ Vorgaben für Filter- und Verdampferkonzentrate	89
6.3.2	Unzureichende Trocknungsmethode	90
6.3.3	Behandlung der Rohabfälle in Betreibersphäre	91
6.3.4	Lange Zeit keine Konditionierungsverfahren	93
6.4	<i>Vertiefende Analyse der Einlagerung</i>	94
6.4.1	Auslegung der Kavernen für Lagerung von Festkomponenten	94

6.4.2	Spontane „Umwidmung“ der Kavernen zum Lager für Konzentratfässer.....	95
6.4.3	Aufsichtlich eingeschränkte Überwachung der Kavernen	96
6.5	<i>Vertiefende Analyse der Planungshorizonte und des Umgangs mit den Konzentraten während der Lagerungszeit</i>	<i>97</i>
6.5.1	Perspektive Asse.....	97
6.5.2	Perspektive Schacht Konrad.....	97
6.5.3	Unterbliebene Reaktionen auf neue Erkenntnisse	99
6.5.4	Fehlende Wirksamkeit von Revisionsmechanismen	100
6.5.5	Entwicklung der Spielräume im Regelwerk.....	101
6.6	<i>Abgeschlossene Atmosphäre in den Kavernen.....</i>	<i>103</i>
6.7	<i>Chloridinduzierte Spannungsrisskorrosion</i>	<i>104</i>
7	Handlungsempfehlungen	105
7.1	<i>Vorgaben für die Betreiber.....</i>	<i>105</i>
7.1.1	Möglichkeiten der behördlichen Umsetzung.....	105
7.1.2	Abfall- und Reststoffordnungen.....	106
7.1.3	Vollständige Einbeziehung von Roh- und vorbehandelten Abfällen.....	106
7.1.4	EDV-gestützte Dokumentation und Abfallverfolgung.....	107
7.1.5	Neue Lagerstätten nur noch mit Zustimmung der Atomaufsicht	108
7.1.6	Regelmäßige Inspektion aller Lagerstätten	109
7.1.7	Höchstlagerdauer für unkonditionierte Abfälle	110
7.2	<i>Organisatorische Vorkehrungen bei der Aufsichtsbehörde.....</i>	<i>110</i>
7.2.1	Lagerstättenkataster	110
7.2.2	Übergreifende Aufsicht bei Atommülllagerung	111
7.2.3	Stärkung der Aufsicht im Entsorgungsbereich	113
7.2.4	Regelmäßige Überprüfung der Fokussierung der Atomaufsicht.....	113
7.3	<i>Stärkung der Rolle der Sachverständigen.....</i>	<i>114</i>
7.3.1	Erweiterung der Beauftragung der zugezogenen Sachverständigen	114
7.3.2	Meldesystem für Sachverständige ausbauen.....	115
7.4	<i>Aspekte des übergeordneten Regelwerkes</i>	<i>115</i>
7.5	<i>Übergeordnete systematische Verbesserungen.....</i>	<i>116</i>
7.5.1	Prozess-Datenbank.....	117
7.5.2	Bundesweite Atommülldatenbank.....	117
7.5.3	Erfahrungsaustausch	117
7.5.4	Bedingungen für eine längerfristige Zwischenlagerung.....	118
8	Zusammenfassung	119
8.1	<i>Sicherheitstechnische Bedeutung.....</i>	<i>119</i>
8.2	<i>Erkenntnisse aus der Historie</i>	<i>119</i>

8.2.1	Historische Randbedingungen	119
8.2.2	Entsorgung und Verantwortungssphären	120
8.2.3	Endlagerperspektive als zentraler Faktor.....	121
8.2.4	Fasskorrosion in Schleswig-Holstein	121
8.3	<i>Ursachen der Fasskorrosion in den Kavernen des KKB</i>	122
8.3.1	Chronologie der Kavernennutzung	122
8.3.2	Einfluss der Abfallbehandlung auf die Korrosionsentwicklung	123
8.3.3	Einfluss der Lagerung auf die Korrosionsentwicklung.....	124
8.3.4	Zeitliche Aspekte	124
8.4	<i>Handlungsempfehlungen</i>	125
8.4.1	Vorgaben für Betreiber kerntechnischer Anlagen	125
8.4.2	Organisatorische Vorkehrungen der Atomaufsicht.....	126
8.4.3	Sachverständige, Regelwerk, Übergeordnete systematische Verbesserungen	126
9	Tabellenverzeichnis	128
10	Abbildungsverzeichnis	129
11	Literaturverzeichnis	130
12	Glossar	132
13	Anhang	137
13.1	<i>Ablaufplan: Produktkontrolle</i>	137
13.2	<i>Erklärung/Unterschriften</i>	138

1 Einleitung

Etwa seit der Jahrtausendwende sind in verschiedenen kerntechnischen Anlagen in Schleswig-Holstein verstärkt Korrosionsschäden an Fässern mit nicht Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen festgestellt worden, die allgemein als problematisch eingestuft werden. Bei der Korrosion von Atommüllfässern handelt es sich nicht um ein neues Phänomen. Schon seit Beginn der Produktion von radioaktiven Abfällen ist es ein verbreitetes Verfahren, Fässer mit Korrosionsspuren in Überfässer einzustellen, um sie für weitere Zeit bis zu ihrer endlagergerechten Konditionierung lagern zu können. Auch bei Endlagerbehältern bleibt die Gefahr von Korrosion grundsätzlich bestehen, doch ist sie dort aufgrund der Behälterqualität und der Behandlung der Abfälle (z.B. Trocknung, Betonierung) abgemindert und in Schleswig-Holstein bislang nicht beobachtet worden.

Die wegen der fehlenden Endlagermöglichkeiten **zunehmende Lagerungsdauer** – bis zur Jahrtausendwende lagerten erste Fässer bereits seit über 20 Jahren – führt seither jedoch zu einem vermehrten Auftreten von Korrosion und zu gravierenderen Schadensbildern an den weiterhin in großer Zahl vorhandenen Fässern. So wurde im Jahr 2000 in der Landessammelstelle Korrosion an einer Vielzahl von Fässern festgestellt und im Kernkraftwerk Brokdorf wurden im Jahr 2001 an einigen Fässern Korrosionsschäden entdeckt, mit denen angesichts der kurzen Lagerungszeit und des Materials der Fässer nicht gerechnet worden war. In beiden Fällen wurden erstmals im Ansatz übergreifende Prüfungen eingeleitet, letztlich konzentrierte man sich aber (insoweit erfolgreich) auf eine Lösung der konkreten Problemlagen.

Auch in **anderen Bundesländern** wurden in dieser Zeit und evtl. auch schon früher Korrosionsbefunde an Behältern mit nicht Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen festgestellt. So führte die Universität Hannover im Vorwort einer Studie aus dem Jahr 2005 aus: *„In den deutschen Zwischenlagern und Landessammelstellen befinden sich Behälter mit schwach- und mittlerradioaktiven Abfällen, die bereits bis zu 30 Jahre alt sind und nicht nach den heute geltenden Annahmebedingungen konditioniert wurden. Einige dieser Behälter sind durch Korrosion bereits so stark beschädigt, dass eine sichere Handhabung sowie ein sicherer Transport in ein Endlager ohne geeignete Ersatz- bzw. Reparaturmaßnahmen nicht mehr gewährleistet sind/17/*. Im Rahmen ihrer „Untersuchungen zur Sicherheit gegen Behälterkorrosion in Langzeitzwischenlagern“ führte die Universität Hannover eine Befragung der Betreiber von Zwischenlagern und Landessammelstellen in der gesamten Bundesrepublik durch. Daran beteiligten sich 14 Institutionen, von denen mit Stand Juni 2005 bei insgesamt ca. 26.000 Abfallgebinden ca. 1000 Gebinde mit korrosiver Schädigung gemeldet wurden /17/.

In Schleswig-Holstein bekam die Problematik eine neue Dimension, nachdem Ende 2011/Anfang 2012 im **Kernkraftwerk Brunsbüttel** die Wandung eines Fasses mit Korrosionsschäden bei einer Umsaugaktion durch eine ungeplant langandauernde mechanische Belastung nahezu völlig zerstört worden war. Bei der im Anschluss hieran von der schleswig-holsteinischen Atomaufsicht angeordneten Inspektion der Kavernen (unterirdischen Lagerräumen), aus denen das Fass stammte, fanden sich bis

zum Ende des Jahres 2014 eine Vielzahl weiterer Fässer mit starken und stärksten Schäden bis hin zum Integritätsverlust. In allen drei schleswig-holsteinischen Fällen (Landessammelstelle 2000, Brokdorf 2001 und Brunsbüttel ab 2012) wurde die Öffentlichkeit durch die Schleswig-Holsteinische Atomaufsicht über die Befunde informiert /17/ und die konkrete Situation behoben, wobei in Brunsbüttel die Atomaufsicht im Februar 2015 das Konzept zur Bergung der beschädigten Fässer aus den Kavernen freigegeben hat.

Ogleich in keinem der Fälle eine Gefährdung von Menschen eingetreten war und die Fässer selbst für die Abschirmung der Strahlung eine untergeordnete Bedeutung haben, vielmehr gerade im letztgenannten Fall des Kernkraftwerks Brunsbüttel die Kavernen die wesentliche Schutzbarriere darstellen, warfen und werfen diese Befunde für die schleswig-holsteinische Atomaufsicht, die Landespolitik und die Öffentlichkeit eine Reihe von **Fragen** auf:

- Wie konnte es zur Korrosion an den Fässern kommen?
- Wie konnte diese sich so lange unbemerkt entwickeln?
- Gibt es noch andere Lagerstätten in Schleswig-Holstein mit vergleichbaren Problemen?
- Wie lässt sich verhindern, dass solche Schäden in Zukunft erneut entstehen?
- Wie lässt sich sicherstellen, dass solche Schäden in Zukunft früher und zwar so rechtzeitig bemerkt werden, dass Gegenmaßnahmen vor dem Versagen der Umschließung ergriffen werden können?

Um Antworten auf diese und damit zusammenhängende Fragen zu finden, hat der schleswig-holsteinische Umweltminister *Dr. Robert Habeck* im Oktober 2014 eine **Arbeitsgruppe** eingesetzt, der neben Mitarbeitern der schleswig-holsteinischen Atomaufsicht auch externe Sachverständige angehören und die mit der vorliegenden Abhandlung Ihren Abschlussbericht vorlegt.

Mitglieder der Arbeitsgruppe und **Autoren** des Berichts sind:

- *Dr. Dr. Jan Backmann*, Leiter der schleswig-holsteinischen Atomaufsicht und Leiter der Arbeitsgruppe
- *Peter Scheumann*, Leiter des Referates für Entsorgung und technische Grundsatzfragen bei der schleswig-holsteinischen Atomaufsicht
- *Dr. Oliver Karschnick*, Referent für Grundsatzfragen von Freigabeverfahren bei der schleswig-holsteinischen Atomaufsicht
- *Jörg Otte*, Referent für Rechtsfragen der Entsorgung bei der schleswig-holsteinischen Atomaufsicht
- *Michael Sailer*, Vorstandsmitglied und Sprecher der Geschäftsführung des Öko-Instituts,
- *Julia Neles*, wissenschaftliche Mitarbeiterin im Bereich Nukleartechnik und Anlagensicherheit des Öko-Instituts,

- *Dr. Heinz-W. Drotleff*, Abteilungsleiter „Projekte Stilllegung, Abbau und Entsorgung“ beim TÜV NORD,
- *Dr. Wolfgang Botsch*, Gruppenleiter „Brennelement- und Abfallentsorgung“ beim TÜV NORD,
- *Dr. Wolfgang Wolter*, ehem. Gruppenleiter der schleswig-holsteinischen Atomaufsicht

Vor dem eingangs beschriebenen Hintergrund hat die Untersuchung vor allem das **Ziel**, die vorgeannten Fragen zu beantworten. Soweit es dabei um die Aufarbeitung auch der Vergangenheit von nunmehr (im Jahr 2015) 50 Jahren Atommülllagerung in Schleswig-Holstein geht, erfolgt diese Aufarbeitung zukunftsgerichtet. D.h. auch sie dient dazu, die Fragen zu beantworten, wie sich möglichst weitgehend verhindern lässt, dass künftig Korrosionsschäden an in Schleswig-Holstein gelagerten Behältern mit radioaktiven Abfällen entstehen, und wie sich sicherstellen lässt, dass trotzdem noch auftretende Korrosion an solchen Behältern in Zukunft früher und zwar so rechtzeitig bemerkt wird, dass Gegenmaßnahmen ergriffen werden können. Dabei werden sämtliche Regularien – von anlagenspezifischen Vorgaben bis hin zum bundesweit geltenden Regelwerk – und sämtliche in Betracht kommenden Normadressaten in die Untersuchung einbezogen, d.h. zu prüfen sind notwendige Veränderungen bei Betreibern, Sachverständigen und der Atomaufsicht.

Ausgeklammert bleibt in diesem Bericht die – insoweit kraftwerksspezifische – Problematik der Bergung aus den Kavernen in Brunsbüttel, die gesondert verfolgt wird. **Untersuchungsgegenstand** sind ferner nur nicht Wärme entwickelnde Abfälle. Hochradioaktive (Wärme entwickelnde) Abfälle werden jedoch dort mit behandelt, wo dies für den Gesamtüberblick sinnvoll erscheint (z.B. beim Lagerstättenkataster).

Im Ergebnis erfolgt so erstmals für ein Bundesland eine **übergreifende, systematische Betrachtung** der Korrosionsproblematik für sämtliche Lagerstätten einschließlich einer historischen Aufarbeitung, der Erstellung eines landesweiten Lagerstättenkatasters und der Überprüfung der bestehenden Kontrollmechanismen. Da die Thematik drängend ist, wurde der zeitliche Rahmen bewusst auf ein halbes Jahr beschränkt. Das ist für eine Problematik, die sich über viele Jahrzehnte entwickelt hat, eine kurze Zeit. Außerdem konnten naturgemäß im Wesentlichen nur Erkenntnisse aus Schleswig-Holstein in die Untersuchung einfließen bzw. wurde umgekehrt die Untersuchung speziell mit dem Blickwinkel auf eine Qualitätsverbesserung bei der Lagerung von radioaktiven Abfällen in Schleswig-Holstein gefertigt. Der Bericht versteht sich deshalb keineswegs allumfassend und abschließend. Ebenso ist eine Fortschreibung des Berichts (evtl. auch gesondert des Lagerstättenkatasters) zu einem späteren Zeitpunkt vorstellbar, wie es im Sinne der Verfasser wäre, wenn daran anknüpfend eine bundesweite vertiefende Behandlung der mit der langfristigen Lagerung von Atommüll verbundenen Probleme stattfinden würden.

2 Grundlagen

Die mit diesem Bericht dargestellte Thematik bezüglich des Umgangs mit radioaktiven Abfällen ist bereits von sich aus umfangreich und hat sich historisch nicht bei allen Beteiligten gleich entwickelt. Dies gilt auch für die Verwendung von Begrifflichkeiten, die selbst in einschlägigen Regelwerken nicht immer deckungsgleich angegeben werden. So wird beispielsweise der Begriff des Lagerns nicht immer auch für Ab- oder Hinstellen oder Puffern von radioaktiven Abfällen verwendet, auch wenn dies über längere Zeiträume geschieht, da dies betrieblichen Abläufen zugerechnet wird. Auch wird häufig kursorisch der Begriff des radioaktiven Abfalls dort verwendet, wo die Zuordnung zu den Begriffen „Rohabfall“, „Zwischenprodukt“ oder „Abfallprodukt“ erforderlich wäre, weil mit dieser Klassifizierung spezifische Anforderungen einhergehen¹.

Um zumindest für diesen Bericht und – in der Folge auch für Schleswig-Holstein – ein einheitliches Verständnis sowie eine einheitliche Verwendung von Begrifflichkeiten zu gewährleisten, werden in diesem Kapitel die Grundlagen beschrieben. Hierzu ist in [Abbildung 1](#) ~~Abbildung 1~~ zunächst ein Überblick über die Einordnung von Reststoffen und die Zuordnung von radioaktiven Abfällen gegeben.

Radioaktive Reststoffe, die im Rahmen einer Strahlenschutzgenehmigung nicht wieder- oder weiterverwendet werden und auch nicht dem Freigabeverfahren zugeordnet werden können, um als nicht-radioaktiver Stoff aus der Atomaufsicht entlassen zu werden, werden den radioaktiven Abfällen zugeordnet.

¹ Um Abfallmengen zusammenzufassen, wird als Kategorisierung auf den Verarbeitungszustand eines Abfalls zurückgegriffen. Dazu sind in der Strahlenschutzverordnung /2/ die Kategorien

- Rohabfall (R),
- Zwischenprodukte (Z) und
- konditionierte Abfälle (K)

unterschieden.

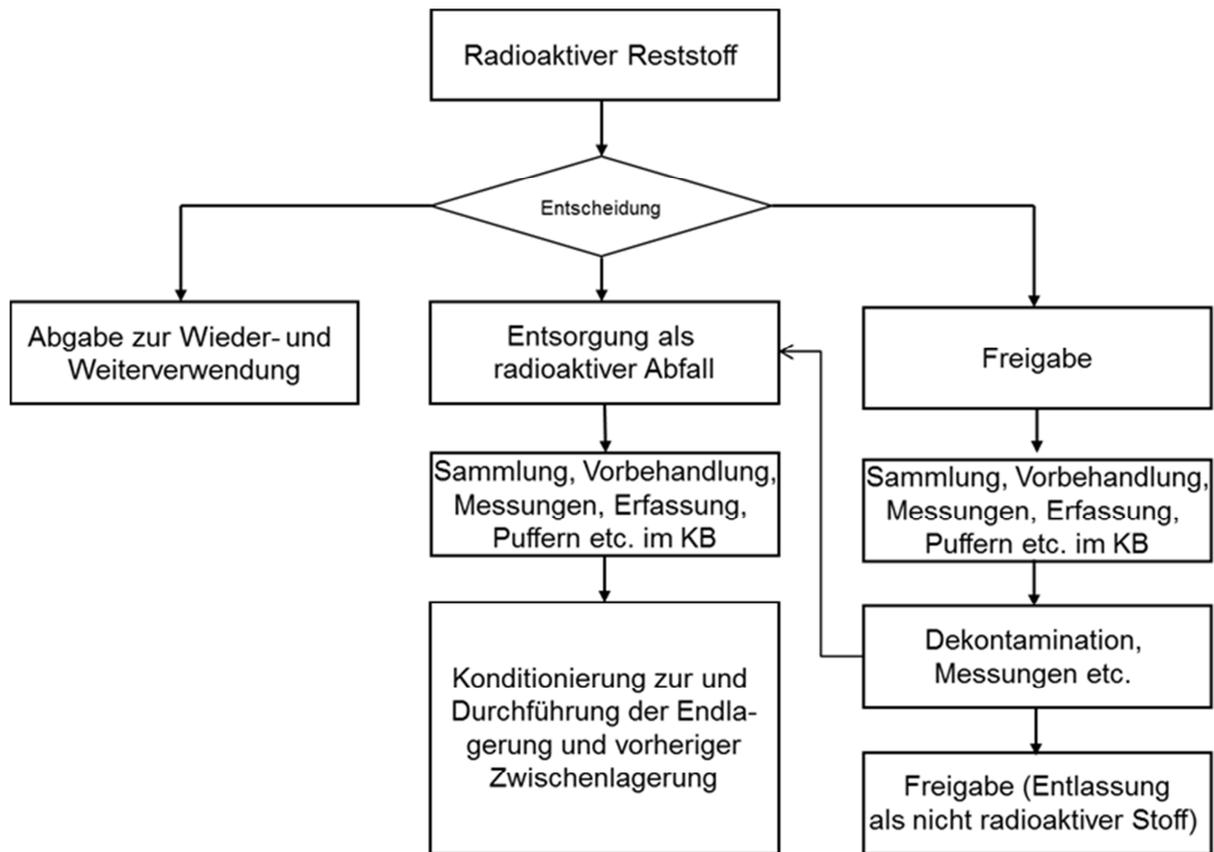


Abbildung 1 Pfade, die radioaktive Reststoffe bei Kernkraftwerken gehen (KB: Kontrollbereich). Radioaktive Reststoffe, die im Rahmen einer Strahlenschutzgenehmigung nicht wieder- oder weiterverwendet werden können, werden dem Freigabeverfahren oder dem radioaktiven Abfällen zugeordnet. Aus dem Freigabeverfahren können zusätzlich noch radioaktive Abfälle z.B. bei Dekontaminationen entstehen.

Die verschiedenen Schritte des Umgangs mit radioaktiven Abfällen beginnend mit der Einstufung als radioaktiver Abfall bis hin zur Endlagerung sind in [Abbildung 2](#) im Überblick beschrieben. Ebenso sind dort die verschiedenen Abfallbezeichnungen und typischen Lagerorte, wie es bei radioaktiven Abfällen in Kernkraftwerken i.A. üblich ist, angegeben. Abweichungen bei bestimmten Abfallarten sind dabei möglich. So wird z.B. Betonbruch nicht unbedingt gesammelt und Verbrauchsmaterialien wie Putzlappen werden später erfasst als die in betrieblichen Systemen bereits vorliegenden und direkt in Abfallfässer abgefüllten Flüssigkeiten.

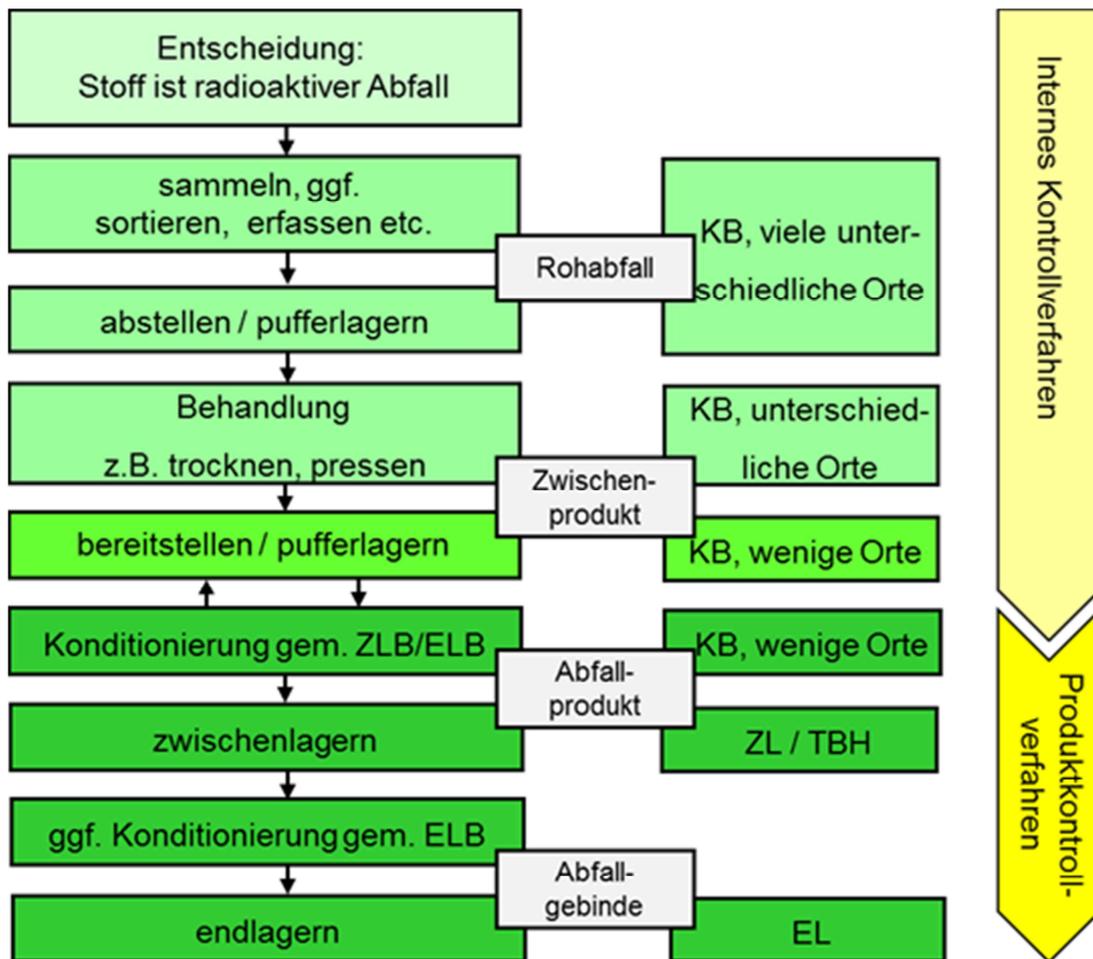


Abbildung 2 Die wesentlichen Schritte bei dem Umgang mit radioaktiven Abfällen im Überblick mit den zugeordneten Abfallbezeichnungen und den typischen Lagerorten (KB: Kontrollbereich; TBH Transportbereitstellungshalle; ZLB / ELB: Zwischen-/Endlagerbedingungen). Der Weg des Abfalls vom Rohabfall bis zum fertigen Endlagergebinde wird durch das Produktkontrollverfahren vorgegeben, kontrolliert und dokumentiert.

In der Folge werden zunächst grundlegende Begriffe definiert und danach die Spezifika des Umgangs mit radioaktiven Abfällen näher erläutert, um die darauf folgenden Auswertungen verstehen zu können. Der Schwerpunkt der Darstellungen liegt auf dem Umgang mit radioaktiven Abfällen bei Kernkraftwerken.

2.1 Begriffe

In diesem Abschnitt werden zunächst die grundlegenden Begriffe bei der Entsorgung von radioaktiven Abfällen dargestellt. Im Weiteren wird auf die unterschiedlichen Lagerbereiche eingegangen.

2.1.1 Auswahl von Begriffen

Die wichtigsten in der Folge verwendeten Begriffe sind in Tabelle 1 dargestellt. Eine weiterführende Liste von verwendeten Begriffen befindet sich in dem Glossar, Kapitel 12, Tabelle 8 ab Seite 130.

Begriff	Definition
Abfall, radioaktiver	Radioaktive Stoffe, die nicht schadlos verwertet, sondern geordnet entsorgt werden.
Abfallgebinde	Einheit aus Abfallprodukt, auch mit Verpackung, und Abfallbehälter. Die Eigenschaften des Gebindes ergeben sich somit als Summe der Eigenschaften von Abfallprodukt und Abfallbehälter
Abfallbehandlung	Verarbeitung von radioaktiven Abfällen zu Abfallprodukten
Abfallkonditionierung	Abfallbehandlung und –verpackung nach definierten Verfahren mit dem Ziel der Herstellung zwischen- oder endlagerfähiger Abfallgebinde. Ein Abfall kann dabei mehrere Verarbeitungsschritte durchlaufen.
Abfallprodukt	Abfallprodukt ist verarbeiteter radioaktiver Abfall ohne Verpackung und Abfallbehälter
Abklinglagerung, kurzfristig	Lagerung von unkonditionierten Reststoffen oder Abfällen mit der Zielsetzung der späteren Freigabe zur konventionellen Verwertung oder Entsorgung
Abklinglagerung, langfristig	Lagerung von Abfällen oder Reststoffen mit dem Ziel der späteren Freigabe oder späteren Konditionierung für die Endlagerung
Lagern	Lagern ist das Unterbringen von behandelten radioaktiven Abfällen, von radioaktiven Stoffen zum Abklingen und von zur Wiederverwertung vorgesehenen Werkzeugen, Bauteilen und Komponenten. Hinweis: Im Sinne dieses Berichtes wird hierunter auch das Hinstellen, Abstellen etc. von radioaktiven Abfällen verstanden
Pufferlagerung	Zeitlich begrenzte Lagerung von unkonditionierten Abfällen oder Zwischenprodukten für die oder während der Abfallbehandlung
Rohabfall	Unverarbeiteter radioaktiver Abfall
Zwischenlagerung	Längerfristige Lagerung von konditionierten oder teilkonditionierten Abfällen zur Bereitstellung für die Endlagerung
Zwischenprodukt	Vorbehandelter/behandelter radioaktiver Abfall, der noch zu einem Abfallprodukt zu verarbeiten ist.

Tabelle 1 Eine Auswahl der wichtigsten Definitionen

Um Missverständnisse zu vermeiden, wird in diesem Bericht jegliches Abstellen, Hinstellen usw. von radioaktiven Abfällen als „Lagern“ bezeichnet. Lager sind dementsprechend Räume, Raumbereiche oder Flächen, in oder auf denen in diesem Sinne gelagert wird. Orte (Räume, Systeme oder Komponenten), wie z.B. Harzsammelbehälter usw., die betrieblich bereits erfasst und spezifiziert sind, werden hier nicht als Lager verstanden.

2.1.2 Lagerbereiche in Kernkraftwerken

Stauräume oder -flächen sind Lagerbereiche, in denen Rohabfälle oder teilkonditionierte Abfälle gelagert werden. Sie dienen der Organisation betrieblicher Abläufe und sind nur zum Sammeln von Abfällen oder kurzfristiges Abstellen konzipiert.

Pufferlager oder **-flächen** sind betriebliche Lagerbereiche, in denen vorkonditionierte oder verpackte Abfälle gelagert werden, bis sie zusammen in die Transportbereitstellung oder Zwischenlagerung gehen. Diese Lager dienen betrieblichen Abläufen im Kraftwerk. Lagerzeit und Abfallart sind nicht weiter beschränkt. Die Dokumentationsvorgaben an diese Abfallgebände sind in den Betriebsvorschriften geregelt. Im Rahmen der Pufferlagerung werden oftmals Transport- oder Verarbeitungschargen zusammengestellt. Die zur Pufferlagerung abgestellten Gebinde unterliegen oftmals noch nicht dem Produktkontrollverfahren, da sie über innerbetriebliche Regelungen hergestellt wurden und die eigentliche Konditionierung erst nach Abtransport erfolgt.

Interne Lager sind Lagerflächen innerhalb der Kraftwerke, die für eine Lagerung von Gebinden errichtet und eingerichtet wurden. Für diese Lager sind Lagerzeit und Abfallart nicht weiter beschränkt. Vorgaben für Lagerung und Dokumentation befinden sich in den Betriebsvorschriften.

Transportbereitstellungshallen sind Lagergebäude, die für eine Lagerung von Abfällen bis zum Abtransport zur Weiterkonditionierung oder ins Endlager eingerichtet wurden. Es war eine Lagerzeit von wenigen Wochen oder Monaten vorgesehen. Die Gebinde sollten gesammelt, bereitgestellt und dann chargenweise abgegeben werden. Die Art der gelagerten Abfälle richtet sich nach den Annahmehedingungen der aufnehmenden Anlage.

Zwischenlager sind Lagergebäude, die eigens zum Zweck der längerfristigen Zwischenlagerung von teil-/endkonditionierten Gebinden errichtet wurden. Durch bauliche und technische Einrichtungen wird dabei eine Umgebung geschaffen, die eine lange Lagerzeit der Gebinde zulässt, ohne dass eine Korrosion von außen zu unterstellen ist. Durch die Annahmehedingungen ist gewährleistet, dass nur für die Zwischenlagerung geeignete Abfälle/Gebinde eingelagert werden. Die einzulagernden Gebinde sind im Vorfeld zu dokumentieren. Vor der Einlagerung muss eine Freigabe durch die Aufsichtsbehörde erfolgen.

2.2 Regularien

Der rechtliche Rahmen der friedlichen Nutzung der Kernenergie in Deutschland ist im **Atomgesetz (AtG)** /1/ geregelt. Nach § 1 AtG ist Zweck dieses Gesetzes, insbesondere Leben, Gesundheit und Sachgüter vor den Gefahren der Kernenergie und der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlen zu schützen. Das AtG enthält hierzu Regelungen über den Betrieb und den Besitz kerntechnischer Anlagen sowie die Beförderung radioaktiver Stoffe, aber auch Überwachungsvorschriften, Zuständigkeitsregelungen und Haftungs- und Bußgeldvorschriften.

Das Atomgesetz enthält in **§ 9a AtG** /1/ auch grundlegende Regelungen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle. So haben die Betreiber der Kernkraftwerke nach Absatz 1 dieser Vorschrift als Verursacher für die geordnete Beseitigung ihrer radioaktiven Abfälle zu sorgen. Diese Pflicht wird nach § 9a Absatz 2 AtG grundsätzlich durch die Ablieferung der Abfälle an eine vom Bund zu errichtende Anlage zur Endlagerung radioaktiver Abfälle erfüllt.

Die auf Grund des Atomgesetzes zur Erreichung seiner Zwecke erlassene **Strahlenschutzverordnung (StrlSchV)** /2/ konkretisiert und ergänzt die Regelungen des Atomgesetzes. Sie verpflichtet die Betreiber der Kernkraftwerke in § 78 dazu, ihre radioaktiven Abfälle bis zur Inbetriebnahme eines Endlagers zwischenzulagern. Die Betreiber unterliegen dabei der staatlichen Aufsicht der zuständigen Behörden der Länder nach § 19 AtG. Die Strahlenschutzverordnung enthält darüber hinaus auch Regelungen zur Erfassung und Dokumentation radioaktiver Abfälle, Vorgaben für ihre Behandlung und Verpackung im Hinblick auf die Endlagerung und Ablieferungspflichten.

Hinsichtlich der Rechtsgrundlagen für die Erteilung der Genehmigung der verschiedenen Lagerbereiche für die Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle ist wie folgt zu unterscheiden:

Die für die Errichtung und den Betrieb eines Kernkraftwerkes **gemäß § 7 Absatz 1 AtG** /1/ erteilte Genehmigung umfasst auch **im Kernkraftwerk selbst** vorhandene und in der Verantwortung des Genehmigungsinhabers genutzte interne Lagerflächen, insbesondere Pufferlager und Stauräume. Die Anforderungen für diese Lagerbereiche ergeben sich dementsprechend aus den Genehmigungsvoraussetzungen des § 7 Absatz 2 AtG /1/, die da sind:

- Zuverlässigkeit des Antragstellers / Betreibers,
- Fachkunde des Personals,
- Vorsorge gegen Schäden nach Stand von Wissenschaft und Technik,
- Vorsorge zur Erfüllung von Schadenersatzverpflichtungen,
- Schutz gegen Störmaßnahmen und Einwirkungen Dritter,
- Öffentliche Interessen wie Umweltauswirkungen dürfen der Wahl des Anlagenstandortes nicht entgegenstehen.

Die Aufbewahrung Wärme entwickelnder Abfälle (bestrahlten Kernbrennstoffe) erfolgt in den Kernkraftwerken sowie in eigenständigen Anlagen, die einer Genehmigung nach **§ 6 AtG** bedürfen. Darunter fallen in Schleswig-Holstein die **dezentralen Zwischenlager**, die sich jeweils am Standort eines Kernkraftwerkes befinden. Die Genehmigungsvoraussetzungen entsprechen denen des § 7 AtG /1/.

Die Lagerung radioaktiver Abfälle, die keine Kernbrennstoffe enthalten, erfolgt im Übrigen auf der Grundlage einer **Umgangsgenehmigung nach § 7 StrlSchV**. Hierbei handelt es sich insbesondere um Transportbereitstellungshallen, Landessammelstellen, Zwischenlager für radioaktive Abfälle von Forschungszentren sowie Konditionierungseinrichtungen. Genehmigungsvoraussetzungen für diese Lagerung sind nach § 9 Absatz 1 StrlSchV /2/:

- Zuverlässigkeit des Antragstellers / Betreibers und der Strahlenschutzbeauftragten,
- Strahlenschutzbeauftragte und Personal in genügender Anzahl,
- Erforderliche Fachkenntnisse des Personals,
- Vorhandensein von Ausrüstung und Maßnahmen gemäß Stand von Wissenschaft und Technik zur Einhaltung der Schutzvorschriften,

- Vorsorge zur Erfüllung von Schadenersatzverpflichtungen,
- Schutz gegen Störmaßnahmen und Einwirkungen Dritter,
- Öffentliche Interessen wie Umweltauswirkungen dürfen der Wahl des Standortes nicht entgegenstehen.

Das Atomgesetz und die auf Grund des Atomgesetzes erlassenen Verordnungen werden durch das so genannte **untergesetzliche Regelwerk** konkretisiert. Hierzu gehören Bekanntmachungen des Bundes, Regeln des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) und andere technische Spezifikationen. Das untergesetzliche Regelwerk dient insbesondere der Konkretisierung der im Atomgesetz wie in der Strahlenschutzverordnung geforderten erforderlichen Schadensvorsorge „nach dem Stand von Wissenschaft und Technik“. Im Zusammenhang mit der Entsorgung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung sind hier hervorzuheben:

- Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke, BMUB vom 22.11.2012, /8/
- Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke, BMUB vom 29.11.2013, /9/
- Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Reststoffe und radioaktiver Abfälle, /4/
- ESK-Leitlinien für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung vom 10. Juni 2013, /3/

Darüber hinaus sind weitere Richtlinien, Bekanntmachungen relevant. Zudem sind die einschlägigen KTA-Regeln sowie das technische Regelwerk aus dem konventionellen Bereich jeweils in der aktuellsten Fassung für die Entsorgung radioaktiver Abfälle zu berücksichtigen.

Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke, BMUB vom 22.11.2012 /8/

Die Sicherheitsanforderungen enthalten grundsätzliche und übergeordnete sicherheitstechnische Anforderungen. Auslegung und Betrieb eines Kernkraftwerkes sind danach so zu planen, dass eine hinreichend genaue und zuverlässige Strahlenschutzüberwachung gewährleistet werden kann und von vornherein möglichst wenig radioaktive Abfälle anfallen. Zudem müssen Regelungen zum Umgang mit radioaktiven Abfällen vorhanden sein.

Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke, BMUB vom 29.11.2013 /9/

Die Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen dienen der Erläuterung und Konkretisierung der Sicherheitsanforderungen und sollen auf diese Weise einen einheitlichen Vollzug der Sicherheitsanforderungen gewährleisten. Die Interpretationen verlangen, radioaktive Abfälle und schadlos zu verwertende radioaktive Stoffe grundsätzlich getrennt zu sammeln und aufzubewahren. Dies gilt zur Vermeidung von Kontaminationen insbesondere für Stoffe, die nach den Vorgaben der Strahlenschutzverordnung zur Freigabe vorgesehen sind.

Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Reststoffe und radioaktiver Abfälle (Abfallkontrollrichtlinie), 2008 /4/

Die Abfallkontrollrichtlinie ergänzt die Vorgaben der Strahlenschutzverordnung hinsichtlich der Kennzeichnung radioaktiver Abfälle und Reststoffe, der Erfassung und elektronischen Buchführung, Vorgaben zur Aktivitätsbestimmung und der Jahresmeldungen an die Aufsichtsbehörde. Der Abfallerzeuger muss ein Entsorgungskonzept vorlegen und fortschreiben. Das Entsorgungskonzept soll die Entsorgungswege der verschiedenen Abfallströme mit den einzelnen Behandlungs- und Verpackungsschritten darstellen.

Die Richtlinie sieht zudem vor, die Konditionierung radioaktiver Abfälle nach vom BfS freigegebenen Ablaufplänen durchzuführen. Die Vorgehensweise ist in der Richtlinie konkretisiert.

ESK-Leitlinien für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, 2013 /3/

Mit den ESK-Leitlinien von 2013 wurde die Empfehlung der RSK Sicherheitsanforderungen an die längerfristige Zwischenlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle /10/ von 2002 abgelöst.

Diese ESK-Leitlinien /3/ sind vor dem Hintergrund entstanden, dass radioaktive Abfälle eine Zwischenlagerzeit von 20 Jahren und mehr überstehen müssen, bevor sie einer Endlagerung in Schacht Konrad zugeführt werden können. Sie gelten aber auch sinngemäß für radioaktive Abfälle, die mit dem Ziel des Abklingens zwischengelagert werden. Die ESK-Leitlinien leiten ihre Schutzziele aus § 6 der Strahlenschutzverordnung ab. Für die Zwischenlagerung resultieren daraus die Schutzziele:

- sicherer Einschluss der radioaktiven Stoffe,
- Vermeidung unnötiger Strahlenexposition, Begrenzung und Kontrolle der Strahlenexposition des Betriebspersonals und der Bevölkerung,
- ggf. für spezielle Abfälle auch sichere Einhaltung der Unterkritikalität

sowie folgende abgeleitete Anforderungen:

- Abschirmung der ionisierenden Strahlung,
- betriebs- und instandhaltungsgerechte Auslegung, Ausführung der Einrichtungen,
- sicherheitsgerichtete Organisation und Durchführung des Betriebes,
- sichere Handhabung und sicherer Transport der radioaktiven Stoffe,
- Auslegung gegen Störfälle und
- sofern wegen des Freisetzungspotenzials erforderlich, Maßnahmen zur Begrenzung der Schadensauswirkungen von auslegungsüberschreitenden Ereignissen /3/.

Auf dieser Basis sind konkrete Anforderungen an Abfallprodukte und Behälter, Anlagen und technische Einrichtungen, Überwachung, Betriebsabläufe und Qualitätssicherung gestellt. Zusätzlich werden Anforderungen an Maßnahmen zum Schutz vor Störfällen und den Notfallschutz gestellt.

Die ESK-Leitlinien /3/ geben zur Erfüllung der Anforderungen passiven Sicherheitseinrichtungen den Vorzug. Aktive Sicherheitsmaßnahmen, dazu gehört auch Überwachung durch das Betriebspersonal, sollten erst dann in den Vordergrund rücken, wenn passive Maßnahmen nicht realisierbar sind.

Dies bedeutet beispielsweise, dass Abfallgebinde bestehend aus Behälter und Abfallprodukt als wartungsfreies Abfallgebinde vorliegen sollen. Sichergestellt wird dies durch eine geeignete Konditionierung und entsprechende Verpackung. Erreicht wird dies durch eine endlagergerechte Konditionierung nach einem durch das BfS qualifizierten Verfahren. Für die Zwischenlagerungsdauer müssen diese endlagergerechten Anforderungen erhalten bleiben. Sollten Zweifel daran bestehen, sind zusätzliche aktive Maßnahmen wie regelmäßige Kontrollen und Prüfungen vorzunehmen.

„Muss bei der Zwischenlagerung davon ausgegangen werden, dass die Rückhalteeigenschaften der Abfallgebinde einer relevanten zeitlichen Veränderung unterliegen, sind Maßnahmen für eine rechtzeitige Erkennung nachteiliger Entwicklungen zu treffen. Dafür ist ein Konzept zu entwickeln. Hierfür kommen je nach Lager- und Abfallgebindetyp z. B. in Frage:

Die Einlagerung der Abfallgebinde in das Lager kann so erfolgen, dass diese bei Bedarf zugänglich gemacht und Sichtprüfungen bzw. Inspektionen unterzogen werden können.

Die Sichtprüfungen und Inspektionen werden an Referenzgebinden durchgeführt. Vom Zustand dieser Referenzgebinde wird auf den Zustand der übrigen Abfallgebinde geschlossen. Dies setzt voraus, dass die Referenzgebinde im Hinblick auf denkbare Degradationen ihrer Rückhalteeigenschaften unter repräsentativen Bedingungen gelagert werden.“ /3/

2.3 Abfallarten

In Deutschland werden radioaktive Abfälle hinsichtlich ihrer geplanten Endlagerung nach ihrer Wärmeentwicklung in Wärme entwickelnde Abfälle und Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung unterteilt. Eine Unterscheidung aufgrund der Dosisleistung zwischen hochradioaktiven Abfällen (HAW), mittelradioaktiven Abfällen (MAW) und schwachradioaktiven Abfällen (LAW) ist in der betrieblichen Praxis noch gebräuchlich, findet aber keinen Eingang in formalen Zusammenstellungen beispielsweise des Bundes.

Basis der Unterteilung sind die Endlagerungsbedingungen des Endlagers Schacht Konrad /11/. Darin wurde festgelegt, dass die Zerfallswärme der in den Abfallgebinden enthaltenen Radionuklide von

Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung eine Temperaturerhöhung des Wirtsgesteins des Endlagers im Mittel 3 Kelvin nicht überschreiten darf².

2.3.1 Nicht Wärme entwickelnde Abfälle

In Schleswig-Holstein entstanden und entstehen radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung im Wesentlichen aus dem Betrieb und der Stilllegung der drei Kernkraftwerke (Brokdorf, Brunsbüttel, Krümmel) und der Forschungsreaktoren in Geesthacht sowie darüber hinaus aus Forschung, Radioisotopenanwendung in Universitäten, Krankenhäusern, Betrieben usw.

Gemäß § 73 i.V.m. der Anlage X Strahlenschutzverordnung /2/ ist jeder anfallende radioaktive Abfall, der als deklarierbare Einheit gekennzeichnet werden kann und keiner betrieblichen Änderung mehr unterworfen wird, zu erfassen. Diese Abfallgebinde sind durch den Abfallerzeuger gemäß den Anforderungen der Strahlenschutzverordnung (Anhang X) codiert. Die erfassten Angaben sind in einem von dem nach § 9a Abs. 1 des Atomgesetzes Verpflichteten einzurichtenden elektronischen **Buchführungssystem** so aufzuzeichnen, dass auf Anfrage der zuständigen Behörde die erfassten Angaben unverzüglich bereitgestellt werden können. Das Buchführungssystem bedarf der Zustimmung der zuständigen Behörde.

Der Code umfasst den Bearbeitungszustand, die Abfallbezeichnung und die Behandlung des Abfalls. So ist beispielsweise anhand des Codes ersichtlich, dass es sich bei einem Abfallmaterial um ein Metall im Rohzustand handelt. Alle Angaben zur Charakterisierung des Abfalls sowie alle weiteren Schritte wie Behandlung, Verpackung, Lagerungsort usw. werden im Buchführungssystem hinterlegt. Über dieses gebindebasierte System ist eine Einheit wie beispielsweise ein Fass radioaktiven Abfalls identifizierbar. Zudem sollen damit auch alle Informationen, die für die spätere Endlagerung erforderlich sind, verfügbar gemacht werden.

Mit der beschriebenen Systematik wird ein radioaktives Material erst durch die **formale Deklaration zum Abfall**. Diese Einstufung als Abfall ist nicht an das Nutzungsende des Materials gebunden oder wie in Richtlinie 2011/70/EURATOM /5/ als Kriterium festgelegt, wenn „eine Weiterverwendung nicht vorgesehen ist“. Die StrlSchV /2/ lässt entsprechend einen zeitlichen Abstand zwischen Anfall und Abfalldeklaration zu. In dieser Phase greifen auch nicht die Deklarationsvorgaben der StrlSchV /2/. Der Betreiber kann eine eigene Dokumentation verwenden.

Im untergesetzlichen Regelwerk wird nicht in deklarierte Abfälle und Vorstufen davon unterschieden. Die ESK-Leitlinien /3/ decken den gesamten Bereich vom Anfall der radioaktiven Stoffe aus dem Be-

² Siehe auch: <http://www.bfs.de/de/endlager/abfaelle/abfallarten.html>

triebsgeschehen, der Sammlung, der verschiedenen Stufen der Abfallbehandlung bis einschließlich dem Zeitpunkt der Abgabe an ein Endlager mit ihren Anforderungen ab.

Entsprechend gelten die Anforderungen der ESK-Leitlinien /3/ gleichermaßen für Rohabfälle, Zwischenprodukte und unter den Maßgaben der Produktkontrolle konditionierten Zwischen- und Endlagergebänden. Ziel ist, Anforderungen an die Sicherheit an den Beginn des Entsorgungswegs zu stellen. Die formale Deklaration als Abfall spielt dabei keine Rolle.

2.3.2 Wärme entwickelnde Abfälle

Der Vollständigkeit halber werden nachfolgend auch die in Schleswig-Holstein vorhandenen Wärme entwickelnde Abfälle kurz dargestellt. Sie werden aber nicht in die weiteren Bewertungen einbezogen.

Zu den Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen zählen die abgebrannten Brennelemente aus Uranoxid, die nach ihrem Einsatz im Kernkraftwerk anfallen. Im Kernkraftwerk Brokdorf werden auch Mischoxid- und ERU Brennelemente³ eingesetzt.

Bis 2005 wurden aus Schleswig-Holstein abgebrannte Brennelemente zur Wiederaufarbeitung in das Ausland verbracht. Es handelt sich um 1375 Mg SM⁴. Danach erfolgte die Zwischenlagerung direkt an den Kraftwerksstandorten. Dafür wurden eigene Zwischenlager mit einer §6 AtG Genehmigung in Betrieb genommen, die sogenannten dezentralen Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente (BE). Eine Übersicht über die zum 31.12.2013 im jeweiligen Zwischenlager eingelagerten Mengen gibt [Tabelle 2](#). Ein Teil der abgebrannten Brennelemente befindet sich noch in den Lagerbecken in den Reaktorgebäuden bzw. dem Reaktordruckbehälter des jeweiligen Kernkraftwerks.

³ ERU – Enriched Reprocessed Uranium: Aus der Wiederaufarbeitung abgetrenntes Uran wird wieder angereichert und bei der Herstellung frischer Brennelemente wiederverwendet.

⁴ SM: Schwermetall

Standort	BE Anfall Anzahl	BE Anfall [Mg SM]	Lagerbecken [Mg SM]	Zwischenlager [Mg SM]
KKW Brokdorf (KBR)	1272	688	274	216
KKW Brunsbüttel (KKB)	2664	464	90	78
KKW Krümmel (KKK)	3909	692	194	175

Tabelle 2 Anfall an abgebrannten Brennelementen und Lagerorte in Kernkraftwerken in Schleswig-Holstein, Stichtag 31.12.2013 (BMUB, Verzeichnis radioaktiver Abfälle / BMUB, Joint Convention Bericht 2014)

Für Zwischenlager für Wärme entwickelnde Abfälle werden auf Basis §19a Absatz 3 AtG alle 10 Jahre periodische Sicherheitsüberprüfungen (PSÜ) durchgeführt. Die Anforderungen, die an eine solche PSÜ zu stellen sind, werden in den ESK-Leitlinien zur Durchführung von periodischen Sicherheitsüberprüfungen und zum technischen Alterungsmanagement für Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente und Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle vom 13.03.2014 konkretisiert.

Aus der Wiederaufarbeitung resultieren ebenfalls Wärme entwickelnde Abfälle, die bereits teilweise wieder zurück nach Deutschland geliefert wurden. Sie werden im TBL Gorleben zwischengelagert. Der Anteil, der aus der Wiederaufarbeitung von Brennelementen aus schleswig-holsteinischen Kernkraftwerken stammt, beträgt ca. 14 Transport- und Lagerbehälter der Bauart CASTOR von derzeit 108. Weitere Wärme entwickelnde Abfälle aus der Wiederaufarbeitung sind noch zurückzunehmen. Derzeit wird diese Menge auf ca. 5 Behälter der Bauart CASTOR geschätzt.

Das Helmholtz-Zentrum Geesthacht betrieb auf dem Forschungsgelände zwei Forschungsreaktoren, den FRG-1 (Abschaltung 2010) und den FRG-2 (Abschaltung 1993). Daraus resultieren abgebrannte Brennelemente, die teilweise in die Wiederaufarbeitung nach Schottland gingen und teilweise in die USA im Rahmen von Verträgen über die Annahme von höher angereichertem Uran gegeben wurden.

Aus der Wiederaufarbeitung von 132 Stück HEU-(High Enriched Uranium) Brennelementen in Dounreay/ UK sind zementierte Fässer entstanden. Über Verträge erfolgte ein Tausch „Abfallswap“ (zementierte Abfälle aus Dounreay gegen verglaste Abfälle aus Sellafield). Ein Multipartnervertrag wurde von allen Beteiligten unterzeichnet. Mit Abschluss dieses Vertrages übernimmt die WAK das Eigentum an einer HAW-Kokille, so dass sämtliche gegenseitige Rechte und Pflichten aus den Altverträgen abgegolten sind.

Eine Kleinmenge von Brennstoffminiplatten aus HEU wurde mit einem Brennelementtransport in die USA abgegeben.

Eine Kleinmenge von Brennelementplatten aus niedrig angereichertem Uran wurden an das Forschungszentrum Jülich zur Verwendung für Versuche abgegeben und gingen in dessen Eigentum über.

Die abgebrannten Brennelemente aus dem Nuklearschiff Otto Hahn wurden zum überwiegenden Teil in der Wiederaufarbeitungsanlage in Karlsruhe (WAK) wiederaufgearbeitet. Es handelt sich dabei um 2,9 Mg SM. Die aus der Wiederaufarbeitung resultierenden verglasten Spaltprodukte werden im Zwischenlager Nord (ZLN), Lubmin gelagert. Eine geringe Menge an abgebrannten Brennstäben wurde nicht wiederaufgearbeitet. Sie wird ebenfalls im ZLN gelagert. Die Abfälle sind weiterhin Eigentum des HZG.

2.3.3 Abfallentstehung

Radioaktive Abfälle entstehen beim Umgang mit radioaktiven Stoffen bei dem Betrieb kerntechnischer Anlagen, wie z.B. Kernkraftwerken und Forschungsreaktoren, in den Bereichen Medizin, Werkstoffprüfung, Forschung usw.

In der Medizin und der Werkstoffprüfung wird z.B. die abgegebene ionisierende Strahlung zu diagnostischen Zwecken verwendet und bedarf je nach Anwendungsfall einer bestimmten Stärke, die über die Größen Aktivität und Energiedosis beschrieben wird. Auf Grund physikalischer Gesetzmäßigkeit nimmt die Aktivität der radioaktiven Quelle im Laufe der Zeit ab. Eine Strahlenquelle wird z.B. dann dem radioaktiven Abfall zugeordnet, wenn die Aktivität soweit abgenommen hat, dass keine weitere Nutzung vorgesehen ist.

Im Bereich der Forschungsreaktoren und Kernkraftwerke entsteht radioaktiver Abfall zum einen dadurch, dass spaltbare Stoffe (z.B. Uran, Plutonium) durch Neutronen unter Abgabe von Energie gespalten werden. Dabei zerfällt z.B. das Uran in Spaltprodukte, die selbst radioaktiv strahlen und überwiegend in der Brennstoffstruktur und den Brennstäben eingeschlossen bleiben. Ab einem bestimmten Zeitraum des Einsatzes des Brennstoffs (z.B. Uran) im Reaktor werden die Brennelemente als „abgebrannt“ bzw. „bestrahlt“ bezeichnet. Diese werden noch einige Jahre im Brennelementlagerbecken aufbewahrt und gekühlt und dann in dickwandige Transport- und Lagerbehälter z.B. der Bauart CASTOR eingeladen und in die Standort-Zwischenlager gestellt. Sie gelten als Wärme entwickelnder Abfall. Ebenfalls als Wärme entwickelnde Abfälle gelten die Abfälle, die aus der Wiederaufarbeitung der Brennelemente anfallen. Bei diesen Abfällen handelt es sich um die hoch radioaktiven Stoffe (Spaltproduktkonzentrat, Hülsen und Strukturteile), die – nach Entnahme der Schwermetalle Uran und Plutonium – aus den abgebrannten Brennelementen übrig bleiben. Das Spaltproduktkonzentrat wird in Kokillen als Glas eingeschmolzen; die verpressten Hülsen und Strukturteile werden ebenfalls in Transport- und Lagerbehälter verpackt.

Zudem fallen beim Betrieb der Forschungsreaktoren und Kernkraftwerke auch radioaktive Abfälle an, die durch den Einfang von Neutronen entstehen, wie die Aktivierungsprodukte (z. B. aktivierte Korrosionsprodukte im Kühlwasser). Aus defekten Brennelementen treten Spaltprodukte und Kernbrennstoffe in das Kühlwasser aus. Diese werden über Reinigungsanlagen, z.B. Filter, aus den Kühlkreisläufen herausgefiltert und der Abwasser- und Konzentrataufbereitung zugeführt. Darüber hinaus fallen radioaktive Betriebsabfälle an, die in fester Form vorliegen. Beispiele hierfür sind Putzlappen, Folien,

kontaminierte Maschinenteile und Werkzeuge, Betriebsmittel wie Fette, Dichtungen, Filter, etc. Diese werden nach „nicht brennbar“ und „brennbar“ unterschieden gesammelt. Die „nicht brennbaren“ Abfälle werden i.A. zur Volumenreduzierung hochdruckverpresst, die „brennbaren“ werden an einen externen Dienstleister zur Verbrennung übergeben. Die Aschen werden z.T. in konditionierter Form wieder zurückgeliefert und zwischengelagert. Typische Abfallarten werden im Kapitel 2.3.5 näher beleuchtet.

2.3.4 Abfallströme

Die Anlagenbetreiber wählen in Schleswig-Holstein unterschiedliche Vorgehensweisen bei der Behandlung und der Zwischenlagerung der anfallenden radioaktiven Abfälle. Schon die Konzepte der Abwasser- und Konzentrataufbereitungsanlagen weisen deutliche Unterschiede auf. Während z.B. Brunsbüttel und Krümmel so ausgerüstet sind, dass die anfallenden Verdampfer- und Filterkonzentrate mit eigenen Systemen in eine feste, trockene Form überführt werden können, werden in Brokdorf die Feststoffe aus der Abwasser- und Konzentrataufbereitung separiert und als Schlamm in Fässer (mit Inlet) abgefüllt und an einen Dienstleister zur weiteren Konditionierung abgegeben. Die Verdampferkonzentrate werden gesammelt und dann kampagnenweise mit einer mobilen Trocknungsanlage (Infass-Trocknung) vorbehandelt.

Aus diesen unterschiedlichen Konzepten der Abwasser- und Konzentrataufbereitung ergeben sich auch ganz unterschiedliche Verweildauern und Aufbewahrungszeiten für die einzelnen Abfallgebinde mit Rohabfall bzw. vorbehandelten radioaktiven Abfällen auf den Anlagen.

Die kerntechnischen Anlagen haben zum einen die Möglichkeit, die radioaktiven Rohabfälle oder die vorbehandelten Abfälle bis zur Konditionierung am Standort aufzubewahren und zum anderen können sie die radioaktiven Abfälle an Dienstleister abgeben, die dann die Konditionierung und häufig auch die weitere Aufbewahrung bzw. Zwischenlagerung übernehmen.

Auch diese Abfälle unterliegen gleichsam der Abfallplanung und der Buchführungspflicht, sie werden im Buchführungssystem⁵ des Betreibers, bei dem der Abfall entstanden ist, abgebildet. Über die exakten Abfallarten, Verpackungen und Mengen informieren die Betreiber regelmäßig die Aufsicht per Stichtag 31.12. eines jeden Jahres sowohl in dem Jahresbericht der Entsorgung gemäß /4/, /2/ als auch in Abfallstatusgesprächen.

⁵ Dies ist i.A. das Abfallverfolgungs- und Kontrollsystem AVK

Die Abfälle bleiben auch bei einer externen Konditionierung und Zwischenlagerung im Eigentum des jeweiligen Betreibers. Dies gilt i.d.R auch für bei der Behandlung und Konditionierung bei Dritten entstandene Abfälle wie z.B. Staub beim Verbrennen oder Schlacken beim Einschmelzen.

Derzeit befinden sich Abfälle aus den Anlagen aus Schleswig-Holstein grundsätzlich an nachfolgenden Standorten:

- Gorleben (ALG), oberirdisches Zwischenlager für nicht Wärme entwickelnde Abfälle
- Duisburg (GNS), Konditionierungsstätte
- Krefeld (Siempelkamp), Konditionierungsstätte
- Jülich (GNS), Konditionierungsstätte
- Studsvik Nuclear AB, Verbrennungsanlage und Einschmelzanlage in Schweden
- Karlsruhe (WAK), Konditionierungsstätte und oberirdisches Zwischenlager der öffentlichen Hand
- Ahaus (TBLA), oberirdisches Zwischenlager für nicht Wärme entwickelnde Abfälle

Eine detaillierte Aufstellung der derzeitigen Lagerorte liegt der Atomaufsicht vor.

2.3.5 Typische Abfallarten

Beim Anfall von radioaktiven Abfällen muss zum einen nach den jeweiligen Entstehungsorten unterschieden werden, zum anderen ggf. nach Betriebsweise der abgebenden Anlage. Im Folgenden sind diejenigen Abfälle aufgeführt und beschrieben, die typischerweise beim Betrieb von Kernkraftwerken entstehen – aber auch in bestimmten Bereichen der Forschung oder der Medizin. Bei letzteren können auch weitere als die hier dargestellten Abfallarten eine Rolle spielen.

Die überwiegende Menge radioaktiver Abfälle kann aber folgenden Abfallarten zugeordnet werden.

2.3.5.1 Verdampferkonzentrat

Wässrige Abfälle haben einen großen Anteil insbesondere an den Betriebsabfällen eines KKW. Verdampferkonzentrate entstehen beim Verdampfen von kontaminierten Wässern, deren radioaktivitätsgehalt somit aufkonzentriert wird. Die zur Verdampfung gelangenden Wässer stammen aus unterschiedlichen Quellen: aus den Kühlwasserkreisläufen, aus flüssigen Laborabfällen, aus Dekontaminationen, Reinigung, Wäscherei usw. Die chemische Zusammensetzung und die Aktivität dieser wässrigen Abfälle variiert nach Herkunft, nach Betriebszustand des KKW's und anderen Faktoren.

Die gemeinsame Sammlung der verschiedenen wässrigen Abfälle führt aber zu einer gewissen Homogenisierung und vergleichbarer Zusammensetzung des Verdampferkonzentrats bei unverändertem Betrieb. Für die Verdampfung werden unterschiedliche teils mehrstufige Verfahren eingesetzt. Übrig bleibt verfahrensabhängig ein meist dickflüssiges Verdampferkonzentrat (auch als Eindampfrückstand bezeichnet), das bei Druckwasserreaktoren zum überwiegenden Teil aus Borsäure bzw. Boraten, Salzen und Komplexbildnern besteht. Um freie Flüssigkeiten aus dem Konzentrat zu entfernen, ist ggf. eine Weiterbehandlung durch Binden mit Zusatzstoffen oder durch weiteres Eindampfen

erforderlich. Das im Verdampferkonzentrat kristallin oder an die Verfestigungsmatrix gebundene Wasser bleibt zumindest in Anteilen erhalten (Restwassergehalt).

Zur Bestimmung der Radioaktivität werden als Leitnuklide die Gammastrahler Cs-134, Cs-137 und Co-60 bestimmt. Über einen Nuklidvektor lässt sich daraus die Gesamtaktivität bestimmen. Typische Verdampferkonzentrate weisen Aktivitätskonzentrationen zwischen 1 KBq/g und 1 MBq/g auf. Für die Gammastrahlung bestimmend sind die oben genannten Nuklide, für die Einhaltung der Konrad-Annahmebedingungen ebendiese Nuklide sowie Sr-90 und Alphastrahler.

2.3.5.2 Filterkonzentrate

Bei der Wasserreinigung z.B. des Kühlmittels der Kühlkreisläufe und des Brennelementlagerbeckens sowie bei der Kondensatreinigung (SWR) kommen zur Entfernung gelöster Inhaltsstoffe Polymere in Form von anion- oder kationaktiven kugel- oder pulverförmigen Harzen zum Einsatz. Nach einiger Betriebszeit sind diese mit radioaktiven Ionen beladen, werden entnommen und für die Entsorgung als radioaktiver Abfall wird das überschüssige Wasser entzogen. Der getrocknete Rückstand wird als Filterkonzentrat bezeichnet. Filterkonzentrate bestehen im Wesentlichen aus Silikaten (Kieselgur), Styrol-Copolymerisat, Komplexbildnern und verfahrensabhängig Restfeuchte.

Die Aktivitätsgehalte der Filterharze sind aufgrund der Aufnahme von aus defekten Brennelementen ausgetretenen Spaltprodukten und Korrosionsprodukten von Komponenten des Reaktorkreislaufs eher hoch. Für Harze werden Aktivitätsgehalte von 10 KBq/g bis 10 MBq/g angegeben.

Häufig erfolgt eine gemeinsame Behandlung mit den übrigen entwässerten Abfällen. Dabei wird die chemische Restreaktivität der Ionenaustauscherharze zur Bindung von Salzen (insbesondere Chlorid) und das Mischverhältnis zur Optimierung der Aktivitätsgehalte aus den wässrigen Abfällen genutzt.

2.3.5.3 Metallschrott

Metallische Abfälle sind beispielsweise Kabel, Armaturen, Rohrleitungen, defekte Komponenten usw., die z.B. bei Instandhaltungsarbeiten und insbesondere beim Abbau anfallen. Große Anteile davon sind nur oberflächlich kontaminiert, so dass diese nach Dekontamination und einer behördlichen Freigabe gemäß § 29 Strahlenschutzverordnung als nichtradioaktive Stoffe entsorgt bzw. verwertet werden können. Sehr hohe Aktivitäten durch Aktivierung und Kontamination weisen dagegen Kern-einbauteile auf, die entsprechend nur fernhantiert behandelt werden können und nach Zerkleinerung als radioaktiver Abfall endgelagert werden müssen.

Sollte eine uneingeschränkte Freigabe nicht ohne weiteres möglich sein, ist häufig das Einschmelzen des Abfalls vorgesehen. Möglich ist dies für geringer kontaminierte Metalle (bis 200 Bq/g) mit nachfolgenden Dekontaminationsschritten (Bedingter Freigabewert zur Rezyklierung Co-60 und Cs-137: 0,6 Bq/g, für Cs-134: 0,2 Bq/g). Das Schmelzen führt zu einer Anreicherung von Elementen wie Cäsium oder Strontium in der Schlacke und im Filterstaub während in der Metallschmelze eine Abreicherung dieser Elemente erfolgt. Metallische Elemente wie Kobalt und Eisen verbleiben in der Metall-

schmelze. Die Metallschmelze wird zu Gießlingen verarbeitet, die teilweise freigegeben und wiederverwertet werden können. Gießlinge mit höheren Aktivitäten, die nicht wiederverwertet werden können, werden als radioaktiver Abfall entsorgt.

Im Allgemeinen werden die Schlacken zerkleinert (gebrochen) und verpresst und die Filterstäube nur verpresst. Schlacken und Filterstäube sind durch das Konditionierungsverfahren völlig trocken und werden i.W. ebenfalls als radioaktiver Abfall entsorgt.

2.3.5.4 Bauschutt

Gebäudeteile oder Gebäude sowie Bauschutte fallen bei Um- und Abbauarbeiten an. Zumeist liegt nur eine – mehr oder weniger weit eingedrungene – Oberflächenkontamination bei Gebäuden vor, die durch geeignete Dekontaminationsverfahren beseitigt wird. Der weitaus größte Teil der Gebäude oder Gebäudeteile sowie Bauschutt kann nach Dekontamination der Gebäudestrukturen freigegeben werden. Der abgetragene Beton bzw. angefallene Bauschutt aus der Dekontamination der Gebäude und Gebäudeteile wird i.d.R. dann dem radioaktiven Abfall zugeordnet, wenn keine Freigabe erfolgen kann.

Eine Ausnahme bildet der Beton des Biologischen Schildes des Kernkraftwerkes, das den Reaktorkern umgibt. Hier liegt in erheblichem Maße Aktivierung vor, sodass das Biologische Schild beim Rückbau zu großen Teilen als radioaktiver Abfall entsorgt werden muss. Führende Aktivierungsnuklide sind Europium (aus dem Beton) sowie die Aktivierungsprodukte im Armierungsstahl. Die Aktivitätskonzentrationen variieren mit dem Abstand zum Reaktordruckgefäß und liegen typischerweise an der Außenseite des Bioschildes im Bereich der Freigabewerte und steigen auf mehrere hundert Bq/g an der Innenseite des Bioschildes an.

Für Beton aus dem Biologischen Schild spielt Kontamination i.d.R. nur eine geringe Rolle, sofern dieser Beton nicht mit kontaminierten Medien in Berührung kam.

2.3.5.5 Mischabfälle

Unter Mischabfälle wird ein weites Spektrum an Materialien verstanden, die den bisherigen Kategorien nicht zugeordnet sind. Hierzu können beispielsweise ausgediente Anlagenteile, defekte Komponenten, kontaminierte Arbeitsmittel, Arbeitsschutzkleidung, Werkzeuge, Plastikfolien, Filterpapier, Putzwolle, Isoliermaterialien usw. gehören. Die Materialien wie Kunststoffe, Gummi, Textilien, Papier oder mineralisches Material sind nicht unbedingt chemisch stabil, insbesondere nicht im feuchten Zustand und bei längerer Lagerung. Um einen für die Zwischenlagerung stabilen Zustand zu erreichen, werden die rohen Abfälle weiterbehandelt. Entsprechend werden Mischabfälle für die weitere Behandlung unterschieden in brennbare Abfälle und nicht brennbare Abfälle.

Die Aktivitätskonzentration des einzelnen Abfalls variiert abhängig vom Material, von der Einsatzart und dem Einsatzort. Sie liegt in einem Bereich von 10 Bq/g bis 10 KBq/g Abfall. Die Aktivitätsbestimmung erfolgt am Abfallgebinde (Gammaskopfung) oder mittels daraus entnommener Proben. In aller

Regel werden Aktivitätsangaben für Co-60, Cs-137 und Gesamt-Alpha bestimmt und mittels Nuklidvektor die gesamte Aktivität deklariert.

Werden brennbare Rohabfälle einer Verbrennung unterworfen, resultieren daraus endzulagernde Aschen, Schlacken und Filterstäube.

2.4 Konditionierung radioaktiver Abfälle

Die folgenden Kapitel beschreiben die Konditionierungsverfahren für nicht Wärme entwickelnde Abfälle. Die Konditionierung von Rohabfällen dient der Veränderung der physikalischen, chemischen, radiologischen und ggf. auch biologischen Eigenschaften des Rohabfalls, sodass der Rohabfall in eine Form gebracht wird, die den Anforderungen an eine längerfristige Zwischenlagerung und – ggf. nach weiteren Konditionierungsschritten – der Endlagerung genügt. Mindestanforderungen an die Abfalleigenschaften für die Zwischenlagerung sind in den Technischen Annahmebedingungen der Zwischenlager oder in innerbetrieblichen Anweisungen aufgeführt und sollten den ESK-Empfehlungen entsprechen.

Neben der Konditionierung zu einem end- oder zwischenlagerfähigen Zustand findet zum Teil auch eine Vorkonditionierung statt. Diese zielt dann nicht unbedingt auf die Zwischen- oder Endlagerfähigkeit des Abfalls, sondern dient zur Vereinfachung betrieblicher Abläufe. Beispiele hierfür sind die Vorkompaktierung zum Einsparen von Transportvolumen oder die Vortrocknung, um überschüssiges Wasser für den Transport oder die weitere Verarbeitung zu entfernen.

In der Regel dient die Konditionierung zumindest dazu, eine chemische und physikalische Stabilität der Abfälle über die Zwischenlagerdauer zu gewährleisten und biologische Prozesse (Faulen und Gären) bzw. chemische Prozesse (Rost) auf ein Minimum zu reduzieren, sodass die Abfallqualität über die Zwischenlagerdauer erhalten bleibt bzw. nicht über das tolerierbare Maß hinaus abnimmt. Hierzu werden die Rohabfälle sofern notwendig in eine feste Form gebracht und überschüssige Feuchtigkeit wird entzogen.

Weitere Ziele der Konditionierung können auch die Reduktion von Abfallvolumen und damit die bessere Ausnutzung von Zwischenlagerplatz sein. Hierfür werden Methoden wie die Verbrennung oder Kompaktierung der Abfälle angewendet.

Allgemein gilt jedoch, dass alle Konditionierungsmaßnahmen neben der Zwischenlagerung stets die spätere Endlagerung der Abfallgebinde als Ziel haben. Es dürfen daher keine Konditionierungsmaßnahmen durchgeführt werden, die eine spätere Endlagerung in Frage stellen könnten. Auch müssen alle Abfallprodukte, die zwischengelagert werden, erwarten lassen, dass sie ggf. nach weiteren Konditionierungsschritten an ein Endlager abgegeben werden können.

Was alles zur „Abfallbehandlung“ zählt, ist z.B. in Anlage X, Punkt 3 der StrlSchV aufgeführt; so zählen z.B. auch Zerlegearbeiten bereits zur Abfallbehandlung.

Vor, während und nach der Konditionierung bzw. im Rahmen einzelner Konditionierungsschritte sind diejenigen Daten zu erfassen, die eine spätere Charakterisierung des Abfalls für die Zwischen- bzw. Endlagerung ermöglichen. Durch das Ablaufplanverfahren, im Rahmen der Produktkontrolle und die Einbindung der beteiligten Behörden bzw. deren Sachverständigen ist ab der Anmeldung des Abfalls in einer Kampagne gewährleistet, dass die Konditionierung ordnungsgemäß erfolgt und die benötigten Daten dabei erfasst werden. Bei der Erfassung der Abfalldaten ist insbesondere darauf zu achten, dass sich während der Konditionierung die Eigenschaften der Abfälle stark ändern können und ggf. manche Daten zu späteren Zeitpunkten nicht mehr erfasst werden können. Näheres zur Datenerfassung und Dokumentation findet sich im Kapitel 2.5.4.

2.4.1 Konditionierungsverfahren

Gängige Konditionierungsverfahren sind in Tabelle 3 aufgeführt. Ihre Anwendbarkeit sowie der Erfolg der Konditionierung hängen zum einen von den Rohabfalleigenschaften, zum anderen auch von diversen Prozessparametern ab.

Die meisten Konditionierungsverfahren sind Standardverfahren, die seit Jahren erfolgreich angewendet werden. Auch sind hier die zu beachtenden Prozessparameter sowie das Spektrum verarbeitbarer Abfälle gut bekannt. Die Entwicklung dieser Verfahren ist so weit fortgeschritten, dass i.d.R. ohne Probleme zwischen- bzw. endlagergerecht konditionierte Abfälle entstehen. Für diese Konditionierungsverfahren steht eine große Bandbreite an bewährten Konditionierungsanlagen zur Verfügung. Hier unterscheidet man zwischen fest installierten Anlagen beim Abfalllieferer oder beim Konditionierer sowie mobilen Anlagen, die temporär zur Konditionierung bestimmter Abfälle aufgebaut werden.

Eine Übersicht über die gängigsten Konditionierungsanlagen befindet sich in Tabelle 3. Grob eingeteilt nach ihrem Zweck unterscheidet man folgende Anlagen:

- Entzug von Wasser – Trocknungsanlagen, Dekanter- und Separatoranlagen, Pressen, Walzentrockner
Trocknung durch Vakuum, Druck oder/und Wärmezufuhr
- Zerlegeeinrichtungen – Backenbrecher, Sägeeinrichtung, Schrottschere
Zerlegung großer Abfallstück zur besseren Verpackung oder für die Restvolumenverfüllung
- Volumenreduzierung – Kompakter, Hochdruckpresse
Verpressen von Abfällen, ggf. in Presskartuschen
- Betonieren – Betonieranlage
Betonieren von Rohabfällen (z.B.: Flüssigkeiten) zur Herstellung fester Abfallprodukte bzw. Restvolumenverfüllung mit Beton

- Thermische Behandlung – Verbrennungsanlage, Schmelzanlage
Volumenreduktion sowie Herstellung chemisch stabiler Abfallprodukte und/oder Abtrennung von radioaktiven Nukliden
- Verfahren ohne chemische / physikalische Änderung
Verpacken/Abfüllen von Abfällen in zugelassene Behälter

Manche Abfallerzeuger, insbesondere bei Anlagen im Abbau, haben Konditionierungsanlagen direkt vor Ort. So besitzt das KKB eine eigene Hochdruckpresse und eine eigene Trocknungsanlage. KKK hat einen Walzentrockner zur Verfügung. Andere Anlagen sind mobil und werden je nach Bedarf beim Abfallverursacher aufgebaut. Alternativ wird der Rohabfall zu Konditionierungszentren verbracht, wo eine Vielzahl von Konditionierungsanlagen zur Abfallbehandlung zur Verfügung steht. Als Konditionierungszentren seien genannt: WAK (Karlsruhe), GNS (Duisburg/Jülich), EWN (Greifswald).

Für selten oder nur einmalig vorkommende Abfallströme sind teilweise Spezialverfahren notwendig, die den besonderen Eigenschaften dieser Abfälle Rechnung tragen. Hier wird i.d.R. zunächst an inaktiven Materialien „geübt“ (Kalthandhabung), um den Erfolg der Konditionierung sicherzustellen.

Sofern bei den genannten Verfahren potentielle Probleme für die Langzeitstabilität der Abfälle bekannt sind, sind diese in der Tabelle 3 stichpunktartig benannt.

Verfahren	Zweck	Methode	Vorteile	Probleme für Langzeitstabilität
Trocknung (Wärme)	Entzug von Wasser zur Vermeidung von biologisch/chemischen Vorgängen im Abfallprodukt (Faulen und Gären) sowie Korrosion	Aufheizen des Abfallproduktes auf Temperaturen > 100 °C	Kein Faulen und Gären, keine freien Flüssigkeiten	Trocknungserfolg muss überprüft werden. Ggf. kann sich ein „Deckel“ aus trockenem Material bilden, der die Trocknung des darunter befindlichen Materials effektiv verhindert. Getrocknete Materialien können hygroskopisch wirken und aus der Luftfeuchtigkeit Wasser zurückgewinnen.
Trocknung (Vakuum)	Entzug von Wasser zur Vermeidung von biologisch/chemischen Vorgängen im Abfallprodukt (Faulen und Gären) sowie Korrosion	Anlegen von starkem Unterdruck (Vakuum)	Kein Faulen und Gären, keine freien Flüssigkeiten	
Trocknung (Vakuum und Wärme)	Entzug von Wasser zur Vermeidung von biologisch/chemischen Vorgängen im Abfallprodukt (Faulen und Gären) sowie Korrosion	Kombination beider Verfahren	Kein Faulen und Gären, keine freien Flüssigkeiten	
Trocknung (Druck)	Entzug von Wasser als Vorkonditionierung	Druck	Vorgetrocknetes Abfallprodukt	Abfallprodukt muss weiter getrocknet werden.
Entwässern	Volumenreduktion, Entfernen freier Flüssigkeiten	Dekantieren, Absaugen	Keine freien Flüssigkeiten	Abfallmatrix kann anhaftendes Wasser in Zwickeln oder Porenwasser enthalten, das später freigesetzt

				wird.
Betonieren	Einbinden flüssiger oder zermahlener Rohabfälle in eine Betonmatrix, Fixieren der Abfallprodukte	Einrühren in Zement oder Zement/Wassergemisch und Aushärten in Abfallbehälter; Herstellung von Probekörpern obligatorisch	Verfestigung flüssiger oder zermahlener Abfälle	Schrumpfung des Betonkörpers mit Zutritt von Wasser zwischen Betonkörper und Wandung; kein vollständiges Abbinden bei Fehldosierung, amphotere Metalle entwickeln Wasserstoff, Aluminium führt zur Vergrößerung des Matrixvolumens, Blähfässer.
Vergießen	Herstellen größerer Widerstandsfähigkeit des Abfallproduktes, teilw. von Behälterzulassung gefordert	Verguss des Zwickelvolumens im Abfallgebäude mit Beton o.ä.	Größere mechanische Stabilität, ggf. Entsorgung flüssiger Abfälle (s.o.)	Gastransport durch die Betonmatrix muss gewährleistet bleiben. Vollständige Umhüllung der Abfälle/Innenbehälter
Verbrennen	Volumenreduktion sowie trockenes Abfallprodukt	Verbrennen bei Temperaturen > 800°C	Volumenreduktion, chemisch/biologisch inaktiver Abfall	Bei Zutritt von Wasser erhebliche Gasbildung, (daher kein Betonieren mehr nach Stand von Wissenschaft und Technik)
Verpressen	Volumenreduktion	Hochdruckverpressen in Presstrommeln oder Fässern	Volumenreduktion, Detektion von nassen Abfällen durch Flüssigkeitsaustritt	Kein Ausschluss von Faulen und Gären, Presslinge können evtl. wieder aufplatzen
Zerkleinern; Zerlegen	Volumenreduktion	Zerkleinern, Zersägen	Volumenreduktion, bessere Ausnutzung des Behälterinnenraumes	Zerlegemethoden können Feuchte einbringen, Nachtrocknung erforderlich
Brechen	Bessere Verteilbarkeit im Abfallgebäude	Brecher (Bauschutt)	Abfall kann besser in Zwickelvolumina eingefüllt werden, Abfall kann betoniert werden	

Tabelle 3 Konditionierungsverfahren

2.4.2 Behälter und deren Beitrag zum Einschluss der Abfälle

Für die Handhabung und Beförderung sowie eine sich anschließende Zwischenlagerung werden radioaktive Abfälle nach ihrem Anfall in einen Behälter verpackt. Lediglich bei Großkomponenten, die zum Abklingen gelagert werden, ist eine Behälterverpackung nicht erforderlich. Je nach Abfallart und geplanten Abfallbehandlungsschritten stehen verschiedene Behältertypen zur Verfügung, die für ihren Verwendungszweck qualifiziert sein müssen. Für die Zwischenlagerung müssen Abfallbehälter und sinngemäß Großkomponenten langzeitbeständig und ihre Integrität gewährleistet sein, um den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfallstoffe bei Betriebsvorgängen und bestimmten Störfällen sicherzustellen. Die konkreten Anforderungen an den Abfallbehälter sind in den Annahmebedingungen des jeweiligen Zwischenlagers festgelegt. Da es das Ziel ist, ein endlagerfähiges Abfallprodukt herzustellen, sind die Anforderungen aus den Endlagerbedingungen Konrad ebenfalls anzulegen.

Zusätzlich sind für den Transport radioaktiver Abfälle die einschlägigen verkehrsrechtlichen Vorschriften zu berücksichtigen.

Der überwiegende Anteil an konditionierten Abfallprodukten in Schleswig-Holstein liegt in Fässern verschiedener Größe vor. Dieser Behältertyp ist gemäß den Endlagerbedingungen Konrad kein Endlagerbehälter, kann aber als Innenbehälter verwendet werden. Am Standort Kernkraftwerk Brunsbüttel ist darüber hinaus ein Teil der radioaktive Abfälle in endlagerkonforme Verpackungen konditioniert. Einen Überblick über in Schleswig-Holstein verwendete Behältertypen gibt Tabelle 4.

Typ	Größen	Ausführungen	Bemerkung
Fass	200 l 280 l 400 l 570 l	Rollreifen, Rollsicken Material: 1,5 mm Stahlblech, neuere Fässer immer mit Korrosionsschutz	Keine Endlagerbehälter, nur Innenbehälter
Container	20 Fuß		Kein Endlagerbehälter. Nur zur Pufferlagerung oder zum Trans- port
Knautschtrommeln/ Presstrommeln	180 l	Blechbehälter	Kein Endlagerbehälter. Nur als Sammelbehälter zum Verpressen geeignet
Container	KC IV KC V KC VI	Quaderform Material: 3 mm Stahlblech, Korrosi- onsschutz außen und innen; auch aus armiertem Beton oder Guss- werkstoff	Maße definiert in /Konrad 2010/; Zusatzabschirmungen oder In- nenauskleidung möglich
Gussbehälter	Typ I Typ II Typ III	Zylinder; Material: Gusswerkstoff (GGG40)	Beispiel MOSAIK; (z.B. Maße definiert in /Konrad 2010/; Zusatzabschirmungen oder In- nenauskleidung möglich
Betonbehälter	Typ I Typ II	Zylinder Material: armerter Normal- /Schwerbeton	Maße definiert in /Konrad 2010/, ebenso Festigkeitsklasse, Ze- mentgehalt und Mindestüberde- ckung: Zusatzabschirmungen oder In- nenauskleidung möglich

Tabelle 4 Beispielhafte Behälterarten

Die ESK Leitlinien zur Zwischenlagerung /3/ empfehlen, den Schutz von Mensch und Umwelt möglichst durch passive Sicherheitseinrichtungen zu erreichen. Der Abfallbehälter aber auch die Abfallmatrix und ggf. Barrierefunktionen des Gebäudes sowie technische Maßnahmen sind dabei von Bedeutung. Aktive Maßnahmen können allerdings ergänzend erforderlich sein:

„Sofern Abfallbehälter oder Großkomponenten für eine Zwischenlagerung nicht (...) zweifelsfrei geeignet sind, sind wiederkehrende Kontrollen im Zwischenlager an den Abfallbehältern bzw. Großkomponenten durch zerstörungsfreie Prüfungen, wie z.B. visuelle Inspektionen vorzunehmen.“ /3/

2.4.3 Abfallarten, Konditionierungsverfahren und Behälter

Rohabfall, Konditionierungsverfahren und Verpackung sind zu gängigen Kombinationen zusammenstellen. Daraus können dann im Zusammenspiel dieser Komponenten entstehende potentielle Problempunkte abgeleitet werden. Für die gängigsten Abfallarten, Verfahren und Behälter ist dieses in nachfolgender Tabelle zusammengestellt.

Abfallart	Verfahren	Behälter	Bemerkung
Kernbauteile	Zerlegen	MOSAIK-Behälter	Zerlegen erfolgt zumeist unter Wasser.
Aschen aus Mischabfälle, verbrennbar	Verbrennen, Verpressen	Fässer, Stahlblechcontainer	Starke Gasentwicklung bei Wasserzutritt, kein Betonieren von Asche!
Mischabfälle, verpressbar	Verpressen, Trocknen	Fässer, Stahlblechcontainer	Je nach Wassergehalt Nachtrocknung erforderlich. Presslinge können bei Feuchtigkeit korrodieren.
Mischabfälle, höher aktiv	Verpressen, Trocknen	MOSAIK	Handhabung in heißer Zelle
Mischabfälle, sonstige	Trocknen, Verpacken	Fässer, Stahlblechcontainer	
Bauschutt	Brechen, Betonieren	Fässer, Stahlblechcontainer	Kann Innenbeschichtung der Behälter beschädigen
Verdampferkonzentrat	Trocknen	Fässer, Gusscontainer	Trocknung ggf. problematisch, ggf. Verflüssigung bei Temperaturen < 70°C
Harze	Entwässern	MOSAIK-Behälter	Freisetzung von Wasser aus der Matrix durch Alterung der Harze während der Zwischenlagerung
Großkomponenten	Verpacken	Stahlblechcontainer	

Tabelle 5 Gängige Kombinationen aus Rohabfällen, Konditionierungsverfahren und Behältern sowie abgeleitete potentielle Probleme

2.5 Produktkontrollverfahren

2.5.1 Endlagerungs-, Aufsichts- und Zwischenlagerungsverfahren

Gemäß § 74 StrlSchV dürfen zur Konditionierung von radioaktiven Abfällen nur solche Verfahren angewendet werden, denen das BfS zugestimmt hat. Ziel der Konditionierung ist für das BfS-Verfahren die Herstellung der **Endlagerfähigkeit** der Abfälle durch die gewählten Konditionierungsmaßnahmen. Bewertungsmaßstab sind die **Endlagerungsbedingungen**, die auf der Grundlage von Ergebnissen einer standortspezifischen Sicherheitsanalyse erarbeitet wurden. Die Endlagerungsbe-

dingungen haben nur die Endlagerung im Fokus, eine längerfristige Zwischenlagerbarkeit von Abfällen wird nur durch die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen nicht erreicht; gleichwohl gibt es Schnittmengen, sodass eine endlagergerechte Konditionierung schon einen Teil der Anforderungen an eine zwischenlagergerechte Konditionierung abdeckt.

Die Aufsicht über die Abfallverursacher bzw. –ablieferer der Strahlenschutz- bzw. Atomaufsicht. Aus Sicht der Aufsichtsbehörde müssen bei der Konditionierung Aspekte des **Strahlenschutzes** sowie anlagenspezifische Randbedingungen und Vorschriften z.B. bei Handhabungsvorgängen eingehalten werden. Bewertungsmaßstab sind die **Strahlenschutzverordnung**, einschlägige KTA-Regeln sowie die Genehmigung der Anlage mit dem innerbetrieblichen Regelwerk.

Die Aufsicht über die Zwischenlager obliegt in Schleswig-Holstein ebenfalls der Atomaufsicht. Diese muss prüfen, ob die Anforderungen an die **Zwischenlagerung** von den Abfällen eingehalten werden. Bewertungsmaßstab sind die **Annahmebedingungen**, die Teil der Genehmigung des Lagers sind.

Bei der Entsorgung von radioaktiven Abfällen sind die unterschiedlichen Belange von unterschiedlichen Behörden/Verfahren so abzustimmen, dass trotz z.T. sich widersprechender Anforderungen (z.B. Probenahme vs. Strahlenschutz) die Belange aller Verfahren hinreichend berücksichtigt werden. Dies wird durch das Produktkontrollverfahren, das die Anmeldung, die Qualifizierung des Konditionierungsverfahrens sowie die Durchführung der qualitätssichernden Maßnahmen durch den Abfalligentümer oder Konditionierer sowie die unabhängige Kontrolle dieser Maßnahmen durch Sachverständige umfasst, sichergestellt.

Vom Verfahren der Produktkontrolle abzugrenzen sind betriebliche Vorgänge, die nicht im Rahmen der Entsorgung von Abfällen erfasst werden, sondern vom Betreiber/Konditionierer eigenverantwortlich im Rahmen seiner Umgangsgenehmigung durchgeführt werden. Für diese Vorgänge fehlt zum Teil die Verpflichtung, im Vorfeld eine Freigabe einzuholen, die Tätigkeit zu melden oder begleitende Kontrollen durchführen zu lassen.

Ein Beispiel hierfür ist die Pufferlagerung von Abfällen auf dafür vorgesehenen Flächen im Kernkraftwerk. Diese Pufferlagerung unterliegt als betrieblicher Vorgang nicht dem Ablaufplanverfahren (s.u.) sondern erfolgt auf Basis der Betriebsgenehmigung. Damit ist für die Pufferlagerung auch kein Nachweis gemäß § 74 StrlSchV notwendig.

2.5.2 Kampagnen/Ablaufplanverfahren

Das derzeit gängigste Verfahren zur Entsorgung von radioaktiven Abfällen mit dem Ziel der Endlagerung stellt das sog. Ablaufplanverfahren dar. Radioaktive Abfälle eines Abfallablieferers, welche sich hinsichtlich ihrer physikalischen, chemischen und radiologischen Eigenschaften sowie ihrem zeitlichen Anfall soweit ähneln, dass sie durch ein Verfahren konditioniert werden können, werden zu einer Abfallkampagne zusammengefasst. Diese Kampagne wird beim BfS im Rahmen der Produktkontrolle sowie bei den zuständigen Aufsichtsbehörden des Abfallablieferers sowie des Zwischenlagers angemeldet.

Zur Konditionierung der Abfälle wird ein Ablaufplan erstellt, in dem alle relevanten Konditionierungsschritte mit den entsprechenden qualitätssichernden Maßnahmen an den Abfallprodukten/-gebinden durch den Konditionierer, die Schritte zur Erfassung der für die spätere Dokumentation notwendigen Daten sowie die dafür notwendigen Arbeits- und Prüfanweisungen benannt werden.

Da der Ablaufplan die Belange mehrerer Verfahren berücksichtigen muss (s.o.), es aber für die Kampagne **nur einen Ablaufplan** geben kann, ist vor der Freigabe der Kampagne eine Abstimmung zwischen den beteiligten Verfahren durchzuführen.

Das Ablaufschema (Abbildung 1 „Produktkontrollverfahren“ im Anhang) zeigt den Prozess im Detail. Die zuständigen Behörden ziehen Sachverständige zur Prüfung des vorgesehenen Konditionierungsverfahrens hinzu. Die Sachverständigen führen untereinander eine Abstimmung durch, um sicherzustellen, dass sich die Belange aller Verfahren hinreichend im Ablaufplan widerspiegeln.

Falls Aspekte im Ablaufplan fehlen, werden diese von Sachverständigen des BfS nach dieser Abstimmung per Grüneintrag ergänzt. Die hinzugezogenen Sachverständigen bewerten den vorgesehenen Ablauf in Stellungnahmen für ihre Behörden, woraufhin die Behörden über die Freigabe des Verfahrens bzw. des Ablaufplans entscheiden.

Gemäß § 74 (2) StrlSchV können nur solche Verfahren zur Anwendung kommen, denen das BfS zugestimmt hat. Für die Abfalllieferer selber besteht i.d.R. die Pflicht, sich auch eine Freigabe ihrer Aufsichtsbehörde einzuholen. Sollen die konditionierten Abfälle extern zwischengelagert werden, so ist auch eine Freigabe der für das Zwischenlager zuständigen Behörde vor dem Start der Konditionierung notwendig.

2.5.3 Produktkontrolle

Mit ausgelöst durch die Vorfälle um rückgelieferte Abfälle aus Belgien (Mol-Skandal) wurde ein Verfahren zur lückenlosen Verfolgung der Abfälle sowie zur Prüfung der Abfallproduktqualität bei der Konditionierung eingeführt. Grundsätzlich muss dabei der Antragsteller vor Anwendung eines Verfahrens zur Behandlung und Verpackung radioaktiver Abfälle nachweisen, dass die Abfallprodukte die in den Endlagerungsbedingungen Konrad geforderten Anforderungen erreichen (s.o.). Dazu werden die radioaktiven Abfälle vor der Endlagerung diversen Prüfverfahren unterzogen. Dabei hat sich eine Kombination aus qualitätssichernden Maßnahmen des Konditionierers/Abfalleigentümers sowie Kontrolle der Durchführung dieser Maßnahmen durch unabhängige Sachverständige bewährt. Die Produktkontrolle ist zuallererst Aufgabe des Abfalllieferers bzw. Konditionierers. Unabhängige Sachverständige überprüfen während der Konditionierung, ob der Abfalllieferer bzw. der Konditionierer die notwendigen Prüfungen sachgerecht durchführen. Ggf. nehmen die unabhängigen Sachverständigen auch eigene Prüfungen vor.

Die Produktkontrolle umfasst dabei sowohl Prüfungen zum Beleg der Endlagerfähigkeit der Gebinde, als auch Untersuchungen, die die längerfristige Zwischenlagerbarkeit der Gebinde beweisen.

Die im Rahmen der Produktkontrolle beauftragten Sachverständigen müssen für ihre Aufgabe über die erforderliche Sachkunde und Unabhängigkeit verfügen. Zu ihren Aufgaben zählen unter anderem:

- die Prüfung der von den Ablieferungspflichtigen vorgelegten Beschreibung der Eigenschaften der Abfallprodukte und Verpackungen,
- die Prüfung und Begutachtung von Konditionierungsverfahren bezüglich der Eigenschaften der Abfallprodukte einschließlich der Prüfung der verwendeten Behälter bzw. Verpackungen,
- Kontrollen an Proben aus dem Konditionierungsprozess,
- begleitende Inspektionen bezüglich der Eigenschaften der Abfallprodukte bei Anlagen, in denen radioaktive Abfälle mit qualifizierten Verfahren konditioniert werden,
- begleitende Kontrollmaßnahmen bei der Fertigung von Behältern bzw. Verpackungen hinsichtlich der verwendeten Werkstoffe und der Einhaltung der qualitätssichernden Maßnahmen und
- Stichprobenprüfungen an Abfallgebinden bzgl. der Abfallgebindeeigenschaften.

Für bereits bestehende Abfallgebinde, die nicht nach dem geschilderten Verfahren erzeugt wurden, sind die Produkteigenschaften im Nachhinein zu bestimmen. Hierzu können eine Reihe von Verfahren eingesetzt werden, die ggf. bis zur Zerstörung des vorliegenden Abfallgebindes führen.

Da die Produktkontrolle erst dann ansetzt, wenn radioaktiver Abfall zur Entsorgung bestimmt wurde, kann es vorlaufende Handhabungsschritte geben, die nicht von der Produktkontrolle erfasst werden. Oftmals werden Schritte zur Vorkonditionierung bereits auf der Grundlage betrieblicher Regelungen durchgeführt, ohne dass entsprechende Abfallkampagnen angemeldet, geprüft und freigegeben werden. Dieses trifft besonders auf die betriebliche Pufferlagerung von vorkonditionierten Abfällen z.B. in den Fasslagern der Kraftwerke zu. Erst wenn sich genügend Abfall angesammelt hat, wird eine größere Menge über eine Abfallkampagne entsorgt. Die ESK-Empfehlungen hingegen gelten, sobald für radioaktives Material kein anderer Entsorgungsweg offen steht und es damit als radioaktiver Abfall bewertet wird. Auch die Strahlenschutzverordnung zählt die Tätigkeiten der Vorkonditionierung bereits als Konditionierungsschritte, die unter die Regelungen des § 74 fallen müssen.

2.5.4 Dokumentation

Die im Rahmen der Produktkontrolle erfassten Produkteigenschaften werden dokumentiert und mit weiteren relevanten Informationen zu den Abfällen zu einer Abfallgebindedokumentation zusammengetragen. In dieser Dokumentation wird vom Abfalllieferer dargestellt, dass

- die Abfälle gemäß dem vom BfS und den zuständigen Aufsichtsbehörden freigegebenen Verfahren konditioniert wurden,
- alle im Ablaufplan enthaltenen Arbeits- und Prüfschritte ordnungsgemäß durchgeführt wurden,

- die Prüfung der Abfalleigenschaften die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen bzw. Annahmebedingungen des Zwischenlagers zeigen.

Für jedes Abfallgebinde, das zur Endlagerung angemeldet werden soll, muss ein Abfalldatenblatt erstellt werden, auf dem die Einhaltung aller zur Endlagerung relevanten Parameter gezeigt wird. Die Einträge auf dem Abfalldatenblatt müssen alle durch die Darstellungen in der Abfallgebindedokumentation untermauert bzw. bewiesen werden.

2.5.5 Aussage zur Zwischen- und Endlagerfähigkeit

Die Abfalldokumentation sowie das Abfalldatenblatt werden von hinzugezogenen Sachverständigen geprüft und das Prüfergebnis wird der zuständigen Behörde mitgeteilt. Diese erteilt dann die Zustimmung zur Endlagerung (BfS) oder Zwischenlagerung (Aufsichtsbehörde über Zwischenlager).

Sofern nicht alle Aussagen zur Einhaltung der Annahmebedingungen des End- bzw. Zwischenlagers vorliegen, sind ggf. weitere Prüfungen am Abfallgebinde oder –produkt durchzuführen.

Es ist anzumerken, dass diese Aussagen für den Produktzustand zum Zeitpunkt der Prüfung gelten. Manche Abfälle verändern ihre Eigenschaften auch bei einer nach Stand von Wissenschaft und Technik durchgeführten Konditionierung über die Zeit der Zwischenlagerung soweit, dass eine Aktualisierung der Aussage zur Endlagerfähigkeit nach der Zwischenlagerung ggf. erst nach weiteren Nachweisen zur Produktqualität erfolgen kann. Insofern kann eine positive Aussage des BfS zur Endlagerfähigkeit zeitlich limitiert sein.

2.6 Arten der Lagerung

Für die Lagerung von Rohabfällen, Zwischenprodukten und fertigen Gebinden gibt es unterschiedlich benannte Lagerflächen, die sich sowohl z.B. im Kraftwerk, auf dem Kraftwerksgelände oder auch in zentralen Einrichtungen wie Konditionierungszentren oder zentralen Zwischenlagern befinden. Oftmals sind diese Lagerflächen nach dem ursprünglich vorgesehenen Zweck der Lagerung benannt.

Viele Lagerflächen wurden unter der Prämisse eingerichtet, dass ein stetiger Abfluss von Abfallgebinden in Richtung Endlager gewährleistet ist und dass Abfallgebinde nur wenige Wochen oder Monate auf der Anlage verweilen. Für die Zeiten, in denen in das ERAM oder die Asse eingelagert werden konnte, stimmten diese Prämissen mit den tatsächlichen Gegebenheiten relativ gut überein. Seit 1998 ist keine Einlagerung ins ERAM mehr möglich, und das Endlager Konrad befindet sich noch in der Errichtung.

Derzeit ist ein stetiger Abfluss von Gebinden in ein Endlager nicht mehr möglich, sodass viele Lagerflächen nicht mehr gemäß ihrem ursprünglichen Zweck benutzt werden. Die Begrifflichkeiten, die für verschiedene Lager verwendet werden, sind in Kapitel 2.1 erläutert.

2.6.1 Definition der Lagerbereiche, de-facto-Stand

De facto sind derzeit die Lagerflächen, auf denen für die Endlagerung vorkonditionierte Gebinde stehen, zum temporären Endbahnhof dieser Gebinde geworden, da zurzeit kein Abfluss in ein Endlager gegeben ist. Weiterhin gibt es Lagerbereiche, in denen teilkonditionierte Gebinde stehen, die seit Jahren zur Endkonditionierung vorgesehen sind.

Für die Zwischenlager ergibt sich daraus keine grundsätzliche Änderung der Nutzungsweise. Für alle anderen Lagerflächen ändert sich die Nutzungsweise gegenüber der ursprünglichen Einrichtung gravierend. Insbesondere fungieren Transportbereitstellungshallen inzwischen als Zwischenlager, obwohl sie für diesen Zweck weder ausgelegt noch ausgerüstet sind und die gelagerten Abfälle oftmals nicht explizit für eine längerfristige Zwischenlagerung konditioniert wurden.

Für Lagerflächen im Kraftwerk, die ebenfalls zur längerfristigen Zwischenlagerung verwendet werden, gilt ebenfalls, dass Abfälle oftmals unter Bedingungen gelagert werden, die nicht für eine längerfristige Zwischenlagerung vorgesehen waren (z.B. die Kavernen in Brunsbüttel).

Da das Produktkontrollverfahren auf der Bekanntgabe (Anmeldung) von Abfällen basiert, kann es, solange die Abfälle nur betrieblich gelagert werden und keine Entsorgungskampagne angemeldet ist, i.d.R. nicht greifen, sodass eine behördliche Kontrolle über den Zustand der Abfälle nur über das allgemeine Aufsichtsverfahren gegeben ist.

2.6.2 Zeitdauer der Lagerung

Radioaktive Abfälle entstehen in Schleswig-Holstein seit Aufnahme des Leistungsbetriebes der großen Kernkraftwerke in nennenswertem Umfang. Eine Möglichkeit der Entsorgung in ein Endlager stand über den gesamten Betriebszeitraum nicht bzw. nur in begrenztem Maße zur Verfügung. Zunächst wurde ein Teil in den Salzstock Asse eingelagert. Nach der Öffnung des ERAM 1994 wurden auch hier viele Gebinde endgelagert. Durch den Einlagerungsstopp 1998 konnten nicht mehr alle für das ERAM konditionierte Gebinde dorthin verbracht werden. Diese Gebinde befinden sich derzeit z.B. in Zwischenlagern, in den Kernkraftwerken oder in den Transportbereitstellungshallen.

Die ältesten Abfälle stammen aus dem Anfang der 80er Jahre, d.h. sie haben inzwischen eine Zwischenlagerzeit von mehr als 30 Jahren hinter sich. Zum Zeitpunkt der Verpackung der Abfälle war eine solch lange Zwischenlagerzeit nicht im Fokus. Ein Teil dieser Abfälle ist inzwischen nachkonditioniert und in einen Zustand gebracht worden, der eine längerfristige Zwischenlagerung zulässt.

Viele für das ERAM erzeugte Gebinde wurden in den 1990er Jahren unter den Randbedingungen eines stetigen Abflusses konditioniert. Sie haben inzwischen eine Zwischenlagerzeit von bis zu 20 Jahren hinter sich. Durch den Fortschritt in den Konditionierungsverfahren sind diese Abfallprodukte bereits besser für eine längerfristige Zwischenlagerung geeignet, auch wenn sie nicht primär zu diesem Zweck konditioniert wurden.

Insgesamt müssen derzeit Altabfälle mit einer Zwischenlagerzeit von bis zu 30 Jahren betrachtet werden. Durch den Fortschritt in den Konditionierungsverfahren sowie die geringer werdende Zwischenlagerzeit ist zu erwarten, dass sich die Gebinde im Durchschnitt in besserem Zustand befinden je jünger sie sind. Dies gilt im Blick über die Gesamtheit aller Gebinde; Einzelgebände können von diesem Trend aber deutlich abweichen.

Jetzt anfallende Abfälle müssen so konditioniert werden, dass die Abfallproduktqualität während einer Zwischenlagerzeit von 20 Jahren nicht soweit abnimmt, dass der Abfall die Zwischenlagerungsbedingungen nicht mehr einhält, die Schutzziele nicht mehr eingehalten werden oder der Abfall nicht mehr auf dem vorgesehenen Weg endlagergerecht weiterkonditioniert werden kann.

2.7 Schnittstellen

Da der Weg des radioaktiven Abfalls vom Erzeuger bis zur Zwischen- bzw. Endlagerung über mehrere Prozessbeteiligte und Standorte führen kann, existieren zwischen diesen Beteiligten und Standorten Schnittstellen, die beachtet werden müssen.

Verbrennbarer Abfall wird z.B. im Kraftwerk gesammelt, zur Verbrennungsanlage transportiert, dort verbrannt, zur Hochdruckverpressung transportiert, ggf. an einem weiteren Standort verpackt und schließlich zwischengelagert. Hierbei ist auf Antragstellerseite ggf. eine Vielzahl von Firmen beteiligt:

- | | |
|--------------------|----------------------------------|
| • Kraftwerk | Abfallsammlung und Vorsortierung |
| • Transporteur 1 | Transport zur Weiterverarbeitung |
| • Konditionierer 1 | Verbrennung |
| • Transporteur 2 | Transport zur Weiterverarbeitung |
| • Konditionierer 2 | Verpressung / Pufferlagerung |
| • Transporteur 3 | Transport zur Weiterverarbeitung |
| • Konditionierer 3 | Verpacken |
| • Transporteur 4 | Transport zum Zwischenlager |
| • Zwischenlager | Zwischenlagerung |

Dieses Kapitel beleuchtet, welche Schnittstellen auftreten können und welche Auswirkungen sich dabei auf die Abfälle ergeben

2.7.1 Interne / externe Konditionierung

Da am Standort der Abfallerzeugung oftmals nicht alle benötigten Konditionierungseinrichtungen zur Verfügung stehen (s.o.), ist für viele Abfallströme eine Verbringung zu anderen Konditionierungsstätten notwendig.

Die annehmende Anlage muss eine Genehmigung zum Umgang mit den angelieferten radioaktiven Stoffen besitzen. In dieser Genehmigung ist das Spektrum der annehmbaren Abfälle definiert (Annahmebedingungen). Abfälle, die nicht der Genehmigung entsprechen, können nicht angenommen und weiterverarbeitet werden.

Es ist daher notwendig, vor dem Antransport bzw. schon beim Sortieren der anfallenden Abfälle darauf zu achten, dass nur Abfälle in den Transport gehen, die auch angenommen werden können. Dieses wird vielfach z.B. durch die Beachtung entsprechender Sortierkriterien sichergestellt. Weiterhin wird für den Transport die Aktivität der Abfälle (grob) bestimmt, sodass hier eine weitere Prüfung auf Einhaltung von Aktivitätsbegrenzungen der Annahmekriterien stattfinden kann.

Vor dem Transport erklärt die annehmende Anlage auf Basis der vorab übermittelten Daten zu den Abfällen ihre Annahmefähigkeit. Durch dieses Verfahren wird erreicht, dass Abfälle nur dann in den Transport gehen, wenn ihre Annahme nach dem Transport sichergestellt ist. Die Schnittstelle zwischen Ablieferer und annehmender Anlage ist damit abgedeckt.

Vor dem Transport erfolgt i.d.R. eine interne Pufferlagerung, um eine ausreichend große Transportcharge zusammenzustellen und diese zu einem günstigen Zeitpunkt abtransportieren zu lassen. Solange hierbei eine Verweilzeit von wenigen Wochen nicht überschritten wird, sind keine weiteren Maßnahmen im Hinblick auf die Abfallqualität notwendig. Wenn diese Pufferlagerung aber wie oben beschrieben in eine Zwischenlagerung übergeht, müssen Abfälle sowie Lagerplatz die diesbezüglichen Anforderungen erfüllen.

2.7.2 Externe Lagerung

Bei externer Lagerung der konditionierten Abfälle entsteht eine Schnittstelle zum Betreiber des Zwischenlagers. Bei der Herstellung der Abfallprodukte muss sichergestellt sein, dass die Annahmebedingungen des Zwischenlagers von den fertigen Abfallprodukten eingehalten werden. Diese Schnittstelle wird durch die Prüfung der Konditionierungsmaßnahmen (siehe Kapitel 2.4) im Rahmen der Ablaufplanprüfung durch den Sachverständigen der Aufsichtsbehörde des Zwischenlagers abgedeckt. Im Ablaufplan werden dazu z.B. folgende Schritte aufgeführt:

Schritt	Beschreibung
1	Anmeldung der Kampagne bei der Aufsichtsbehörde des Zwischenlagers
2	Beurteilung durch den Sachverständigen der zuständigen atomrechtlichen Aufsichtsbehörde unter Berücksichtigung der Verfahrensbeurteilung des vom BfS beauftragten Sachverständigen und Übergabe an die zuständige atomrechtliche Aufsichtsbehörde des Zwischenlagers
3	Konditionierung, Datenerfassung,...
4	Erstellung der Enddokumentation inkl. der Abfalldatenblätter und Übergabe an den vom BfS hinzugezogenen Sachverständigen

5	Prüfung der Endlagerdokumentation durch den Sachverständigen, Übergabe eines Prüfberichtes und der testierten Abfalldatenblätter
6	Erstellung der Zwischenlagerdokumentation inkl. der Begleitscheine und Übergabe an den von der Aufsichtsbehörde des Zwischenlagers hinzugezogenen Sachverständigen
7	Prüfung der Zwischenlagerdokumentation auf Basis der Prüfergebnisse aus Schritt 5 durch den Sachverständigen, Übergabe eines Prüfberichtes und der testierten Begleitscheine
8	Prüfung der Gebindedokumentation durch den Betreiber des Zwischenlagers
9	Antrag auf Zustimmung zur Einlagerung bei der zuständigen Aufsichtsbehörde
10	Zustimmung zur Einlagerung durch die Aufsichtsbehörde
11	Zustimmung zur Einlagerung durch den Betreiber des Zwischenlagers

Tabelle 6 Ablaufplan externe Zwischenlagerung

2.7.3 Transporte

Durch die oben aufgeführten Transporte ergeben sich weitere Schnittstellen zwischen Ablieferer und Transporteur. Das folgende Beispiel zeigt, wie diese Schnittstelle durch Festlegungen im Ablaufplan bedient werden kann:

Schritt	Beschreibung
1	Sortierung der Rohabfälle gemäß den Annahmebedingungen der Verbrennungsanlage
2	Verladen der Rohabfälle in Transportcontainer und Erstellen der Transportdokumentation, einschließlich Erfassung folgender Daten : ...
3	Übergabe der Transportdokumentation an die Konditionierungseinrichtung
4	Erklärung der Annahmefähigkeit durch die Konditionierungseinrichtung
5	Transportmeldung an die zuständige Behörde
6	Durchführung des Transportes unter einer gültigen Genehmigung
7	Meldung über Ankunft und Annahme des Transportes

Tabelle 7 Schritte Ablaufplan für Transporte; in welchem Umfang bei einzelnen Schritten Prüfungen durch unabhängige Sachverständige durchgeführt werden, wird im Aufsichtsverfahren der abgebenden und annehmenden Anlage festgelegt.

2.8 Korrosionserscheinungen

Aufgrund chemischer Eigenschaften finden Wechselwirkungen sowohl innerhalb eines Abfallmaterials als auch zwischen dem Abfallmaterial und den ihn umgebenden Materialien wie beispielsweise Material zur Fixierung und Verpackung statt. Zusätzlichen Einfluss auf biologische, physikalische und chemische Wechselwirkungen haben die Umgebungsbedingungen des Lagerorts.

Einige Abfallarten sind aufgrund ihrer Entstehungsprozesse so trocken, dass sie hygroskopisch wirken, d.h. Feuchtigkeit aus der Umgebungsluft aufnehmen. Beispiele sind Aschen und Filterstäube. Auch Schlacken sind durch den Herstellungsprozess vollkommen trocken.

Andere Abfälle sind aufgrund ihres Entstehungsprozesses oder „per se“ feucht. Beispiele hierfür sind Abfälle wie Verdampferkonzentrate oder Ionentauscherharze, welche aus flüssigen Medien entstehen sowie auch Mischabfälle oder Metalle, die ggf. unter Wasser geschnitten werden. Auch Bauschutt hat oftmals eine gewisse Restfeuchte, da viele Zerlegeverfahren oder Dekontaminationsverfahren mit dem Einsatz von Wasser arbeiten.

Das Vorhandensein von Feuchtigkeit entweder im Abfall selbst oder durch einen Eintrag durch die Konditionierung (z.B. bei der Zementierung) oder über die Umgebungsatmosphäre (z.B. Luftfeuchtigkeit) ist dabei eine Voraussetzung für das Ablaufen von Prozessen mit Korrosionsfolgen. Dabei können Feuchtegehalte zwar technisch reduziert aber nie ganz ausgeschlossen werden.

Auf lange Sicht nehmen die Auswirkungen von Korrosionen am Abfallgebinde zu. Dem ist hinsichtlich der langen Zwischenlagerzeiten entgegen zu wirken. Nachfolgend wird ein Überblick über typische Effekte gegeben, die einen negativen Einfluss auf die Langzeitstabilität eines Abfallproduktes haben können. Aber auch die Konstruktion eines Behälters kann Korrosion begünstigen. Beispielsweise kann sich Kondenswasser an engen Stellen sammeln, die schlecht abtrocknen. Das führt zu Außenkorrosionen. Als Beispiel ist hier die Spaltkorrosion bei Rollreifenfässern zu nennen.

2.8.1 Metallische Abfälle

Die Oxidation von Metall durch Sauerstoff tritt an Metallen in Gegenwart von Wasser (ggf. Luftfeuchtigkeit) auf. Sie führt zu Materialschwächung bzw. -verlust wie z.B. das Durchrosten eines Abfallfasses. Unter anaeroben Bedingungen kommt es in Gegenwart von Wasser zur Metallkorrosion mit Wasserstoffbildung. Befördert wird diese Wechselwirkung, wenn Metalle kleinteilig vorliegen.

Die elektrolytische Korrosion tritt auf, wenn zwei Metalle durch einen Elektrolyten leitend verbunden werden, beispielsweise ein kupferhaltiger Abfall in einer eisenhaltigen Abfallverpackung in Anwesenheit einer wässrigen Lösung.

2.8.2 Sonstige anorganische Abfälle

In gelagerten Aschen aus der Verbrennung radioaktiver Abfälle können als Reaktionsprodukte Wasserstoff und Methan entstehen. Es handelt sich dabei um die Reaktion von Metallrückständen in der Asche und neu gebildeten Karbiden mit der Luftfeuchtigkeit.

Kantiges Schüttgut wie z.B. Bauschutt kann beim Befüllen den Korrosionsschutz eines Abfallbehälters beschädigen. Die Restfeuchte insbesondere in Verbindung mit Chlorid-, Fluorid- und Sulfationen führen zur Korrosion am Behältermaterial.

2.8.3 Organische Abfälle

Der mikrobielle Abbau von organischen Verbindungen führt zur Bildung von Methan, Kohlendioxid und Wasser, das zu Korrosion führen kann. Je nach Vorhandensein bzw. Abwesenheit von Luftsauerstoff handelt es sich um Faul- bzw. Gärprozesse. Sie werden durch Trocknung und insbesondere die Verbrennung unterbunden.

Organische Lösungsmittel können mit dem zur Innenbeschichtung eines Behälters verwendeten organischen Material und/oder mit den Dichtungen reagieren. Die Folge sind Anlösungen und Aufweichungen.

2.8.4 Getrocknete Abfälle

Ggf. kann sich ein „Deckel“ aus trockenem Material bilden, der die Trocknung des darunter befindlichen Materials effektiv verhindert. Der Trocknungserfolg muss entsprechend überprüft werden.

Getrocknete Materialien können hygroskopisch wirken und aus der Luftfeuchtigkeit Wasser zurückgewinnen.

Einige Trocknungsverfahren dienen lediglich der Entfernung freier Flüssigkeiten. Die Abfallmatrix kann weiterhin Kristallwasser enthalten, das später freigesetzt wird

2.8.5 Betonierte/vergossene Abfälle

Mittelfristig kann eine Schrumpfung des Betonkörpers im Abfallbehälter erfolgen. In der entstehenden Lücke zwischen Betonkörper und Wandung kann sich Wasser sammeln und zu Korrosion führen.

Bei einer Fehldosierung erfolgt kein vollständiges Abbinden der Matrix. Flüssigkeit bleibt im Abfallprodukt enthalten. Amphotere Metalle in der Betonmatrix führen zur Bildung von Wasserstoff, Aluminium führt zur Vergrößerung des Matrixvolumens. Es können so genannte Blähfässer entstehen.

Um einen Druckaufbau zu vermeiden, muss der Gastransport durch die Betonmatrix gewährleistet bleiben bei gleichzeitig vollständiger Umhüllung der Abfälle oder der Innenbehälter.

2.9 Betrachtungsumfang

Auf der Basis der in SH erteilten Genehmigungen zum Umgang mit radioaktiven Stoffen (§ 6, 7 AtG, § 7 StrlSchV) wurde der Untersuchungsrahmen hinsichtlich der zu betrachtenden Anlagen und deren Abfälle abgesteckt. Neben den kerntechnischen Anlagen in Schleswig-Holstein, wie die Kernkraftwerke und das HZG, werden radioaktive Stoffe in der Technik (z.B. Werkstoffprüfung) und der Medizin verwendet. Dabei fallen Reststoffe und Abfälle an, die fachgerecht zu entsorgen sind. Die Verpflichtung zur Entsorgung obliegt dem jeweiligen Genehmigungsinhaber.

Alle Genehmigungen zum Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen aus dem Bereich der Medizin und der Prüftechnik bedingen eine kurzfristige Lagerung von Abfällen, die bei der Durchführung von Experimenten und Untersuchungen mit Verwendung dieser Stoffe anfallen - meist in sehr geringen Aktivitätskonzentrationen. Hierzu gehören nuklearmedizinisch tätige Praxen und Kliniken, mehrere Forschungseinrichtungen sowie sehr wenige Wirtschaftsbetriebe.

Diese Radionuklide sind sehr kurzlebig mit Halbwertszeiten (HWZ) von Stunden bis maximal wenigen Wochen, so dass nach einer hinreichenden Abklingzeit (15 HWZ) diese Abfälle als nicht radioaktive Stoffe aus der Strahlenschutzüberwachung entlassen (uneingeschränkte Freigabe nach § 29 StrlSchV) und konventionell zu entsorgen sind. Langfristiges, integritätsbeeinträchtigendes Einwirken auf die Gebinde spielt daher keine Rolle. Abgeklungene Abfälle werden aus Arbeitsablauf- und Kapazitätsgründen in der Regel so schnell wie möglich und zulässig entsorgt.

Feste, umschlossene radioaktive Stoffe, wie z.B. Prüfstrahler, die nicht mehr verwendet werden sollen, werden in der Regel umgehend an Hersteller, Lieferanten, Entsorgungsbetriebe oder im Einzelfall auch an die Landessammelstelle abgegeben. Die Integrität verwendeter Behälter und Gebinde wird durch diese Abfälle nicht beeinträchtigt.

Die ebenfalls seit vielen Jahren in den Heißen Zellen im HZG lagernden Stoffe sind trocken und stellen kein Korrosionsproblem dar.

Für die hier vorliegende Untersuchung wurden daher nur nicht Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle erfasst, die

- in Behältern gelagert werden, bei denen eine Korrosion nicht vollständig ausgeschlossen werden kann oder
- in ein Endlager zu verbringen sind oder
- die länger als zwei Jahre im Zwischen- oder Pufferlager aufbewahrt werden können.

Unter diesen Randbedingungen sind in Schleswig-Holstein nicht Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle in folgenden Anlagen bzw. Einrichtungen vorhanden:

- Kernkraftwerk Brokdorf (DWR, Inbetriebnahme 1986),
- Kernkraftwerk Brunsbüttel (SWR, Inbetriebnahme 1976, Abschaltung 2011),

- Kernkraftwerk Krümmel (SWR, Inbetriebnahme 1983, Abschaltung 2011),
- Helmholtz-Zentrum Geesthacht: rückgebaute Forschungseinrichtungen wie FRG-2 und ANEX (Anlage für Nullleistungsexperimente), HAKONA (Halle für Komponenten Nachuntersuchungen), Lager für Rückbauabfälle des Atomschiffs Otto Hahn, einschließlich Senkschacht mit RDB der Otto Hahn, Poolreaktor FRG-1 (2010 abgeschaltet),
- Landessammelstelle Hamburg/Bremen/Niedersachsen/Schleswig-Holstein, angesiedelt auf dem Gelände des Helmholtz-Zentrums Geesthacht,

3 Historie der Lagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen

Zu Beginn der Kernenergienutzung in Deutschland hatte die Frage der Entsorgung der radioaktiven Abfälle zunächst untergeordnete Bedeutung. Sie rückte mehr und mehr in den Fokus als anvisierte Endlagervorhaben nicht zum Erfolg führten, sondern im Gegenteil großen Protest in der Bevölkerung hervorriefen. Aufwand und Zeitbedarf der Endlagersuche wurden lange Zeit unterschätzt. In den einzelnen Anlagen führte dies offenbar vermehrt zu provisorischen Lösungen über immer längere Zeiträume.

Um zu verstehen, wie es zu den Problemen bei der Lagerung von radioaktiven Abfällen im Kernkraftwerk Brunsbüttel und andernorts kommen konnte, ist die Kenntnis der diesbezüglichen Historie von Bedeutung. Zu unterscheiden sind Abfälle, die bereits im Rahmen von BfS-Ablaufplänen unter Beteiligung von Sachverständigen und Aufsichtsbehörden vollständig oder im Wesentlichen endlagergerecht konditioniert wurden und in Transportbereitstellungshallen lagern, von solchen Abfällen (Rohabfälle, behandelte / unbehandelte Zwischenprodukte), die im Kontrollbereich von Kernkraftwerken hierfür gesammelt, vorbehandelt und aufbewahrt bzw. abgestellt werden. Letztere sind im Kernkraftwerk Brunsbüttel und andernorts auffällig geworden. Insofern ist die historische Darstellung auf solche Abfälle konzentriert.

3.1 Historischer Rahmen

Das erste deutsche⁶ Atomgesetz (AtG) trat am 01.01.1960 in Kraft.⁷ Es ebnete den Weg für eine geregelte Erforschung, Entwicklung und friedliche Nutzung der Kernenergie (Förderzweck nach §1 Nr. 1 AtG). Im Weiteren war es Zweck des Atomgesetzes von 1960 gem. § 1 Nr. 2 AtG¹⁹⁶⁰ insbesondere, Leben, Gesundheit und Sachgüter vor den Gefahren der Kernenergie und der Wirkung ionisierender Strahlen zu schützen und durch Kernenergie oder ionisierende Strahlen verursachte Schäden auszugleichen (Schutzzweck). Im Mittelpunkt der Ausführungen des Gesetzes standen die Genehmigungsvoraussetzungen für die Anlagen zur Energieerzeugung. Regelungen, wie sie heute in § 7 Abs. 3 AtG zur Stilllegung oder in § 9a AtG zur Verwertung radioaktiver Reststoffe und Beseitigung radioaktiver Abfälle enthalten sind, fehlten. Darin spiegelt sich die herrschende Grundauffassung im Umgang mit

⁶ Zuvor galt in Schleswig Holstein das „Gesetz über die Errichtung und den Betrieb von Kernreaktoren für Forschung und Lehre und zur Regelung des Strahlenschutzes“ vom 30.06.1958, GVOBl. SH 1958, S.225-227.

⁷ Atomgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), zuletzt geändert durch Artikel 5 des Gesetzes vom 28. August 2013 (BGBl. I S. 3313).

der Kernenergienutzung jener Zeit wieder: In der Anfangszeit der Nutzung der Kernenergie in Deutschland wurden Fragen aus dem Themenbereich der **Entsorgung gegenüber dem Themenbereich Anlagensicherheit als von untergeordneter Bedeutung** erachtet. Man konzentrierte sich ganz auf die Auslegung und den Betrieb der Kernkraftwerke, wo deren Hauptgefahrenpotential liegt und wo gerade in den Anfangsjahren der zivilen Kernenergienutzung noch eine Vielzahl von Fragen zu klären, Probleme zu lösen und Verfahren zu etablieren waren.

Das zeigt sich besonders deutlich daran, dass der Entsorgungspfad für radioaktive Abfälle nur in rudimentärer Form umrissen, in seinem zentralen Element, der (regulären, nutzbaren) Endlagerung, aber weder auskonzipiert noch praktisch umgesetzt war. Die gesetzliche Aufgabe, „Anlagen zur Sicherstellung und zur Endlagerung radioaktiver Abfälle einzurichten“, obliegt dem Bund⁸. Sie ist bis heute nicht erfüllt. Mit der Zielsetzung der Schaffung eines **Endlagers für nicht Wärme entwickelnde radioaktive Abfallstoffe** (damals noch als „schwach- und mittelradioaktive“ Abfälle bezeichnet) begann erst 1965 das Versuchsprogramm zur Einlagerung von radioaktiven Abfällen im Salzbergwerk Asse. In die Schachtanlage Asse II (im Folgenden: die Asse) wurden zwischen 1967 und 1978 fast 126.000 Fässer und Gebinde an schwach- und mittelradioaktiven Abfällen eingelagert. Von 1971 an wurde die Asse faktisch nicht mehr als Versuchslager sondern als Endlager genutzt. Die Einlagerung endete 1978, nachdem das Atomgesetz geändert worden war und für die Endlagerung radioaktiver Abfälle nunmehr ein atomrechtliches Planfeststellungsverfahren vorgeschrieben war, das für die Asse nicht durchgeführt wurde, weil eingeschätzt wurde, dass die Einhaltung der sicherheitstechnischen Anforderungen nicht nachweisbar ist. Das in Sachsen-Anhalt gelegene Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) konnte nach der deutschen Wiedervereinigung vorübergehend auch von westdeutschen Ablieferern genutzt werden. Von 1971 bis 1991 und von 1994 bis 1998 wurden insgesamt knapp 37.000 Kubikmeter schwach- und mittelradioaktive Abfälle im ERAM endgelagert.

Von der aus Sicht der westdeutschen Kernkraftwerksbetreiber zufällig entstanden Ablieferungsmöglichkeit in Morsleben Mitte der 1990er Jahre abgesehen, stellte für die schleswig-holsteinischen Kernkraftwerke seit Ende der 1970er Jahre **Schacht Konrad in Niedersachsen die einzige Perspektive** zur Entsorgung von nicht Wärme entwickelnden radioaktiven Abfallstoffen dar. Bereits ab 1976 wurde die bis dahin zur Eisenerzförderung genutzte Schachtanlage Konrad (im Folgenden: Schacht Konrad) auf ihre Eignung als mögliches Endlager hin untersucht. Nach Abschluss der Erkundung wurde 1982 das Planfeststellungsverfahren eingeleitet. Offenbar war zunächst beabsichtigt das Lager 1986 in Betrieb zu nehmen.⁹ In den Jahren 1985/1986 erfolgte aber insofern eine grundlegende Änderung

⁸ § 9a Abs. 3 Satz 1 AtG.

⁹ Schacht Konrad - Atommüllkippe der Nation?, Deutschlandfunk vom 19.11.2014.

des Planantrages als das Kriterium für die Endlagerung umgestellt wurde von Dosisleistung („schwach- und mittelaktiv“) auf Wärme entwickelnd. Erst 2002 wurde der Planfeststellungsbeschluss erteilt, seit 2007 ist er bestandskräftig. Annahmebedingungen für Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung für Schacht Konrad wurden 1995 festgelegt. Mit der gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis wurden die Endlagerbedingungen 2010 um weitere Anforderungen ergänzt. Die Fertigstellung bzw. Annahmefähigkeit des Endlagers hat sich dementsprechend immer wieder verschoben. Es soll nach gegenwärtigem Stand (Frühjahr 2015) seinen Betrieb im Jahr 2022 aufnehmen. Damit standen über Zeiträume von mehreren Jahrzehnten überhaupt keine Endlager für nicht Wärme entwickelnde Stoffe zur Verfügung. Soweit vorübergehend Endlagermöglichkeiten gegeben waren, handelte es sich lediglich um versuchsweise (Asse) bzw. aus Sicht der Bundesrepublik unvorhergesehen entstandene (Morsleben) Entsorgungswege.

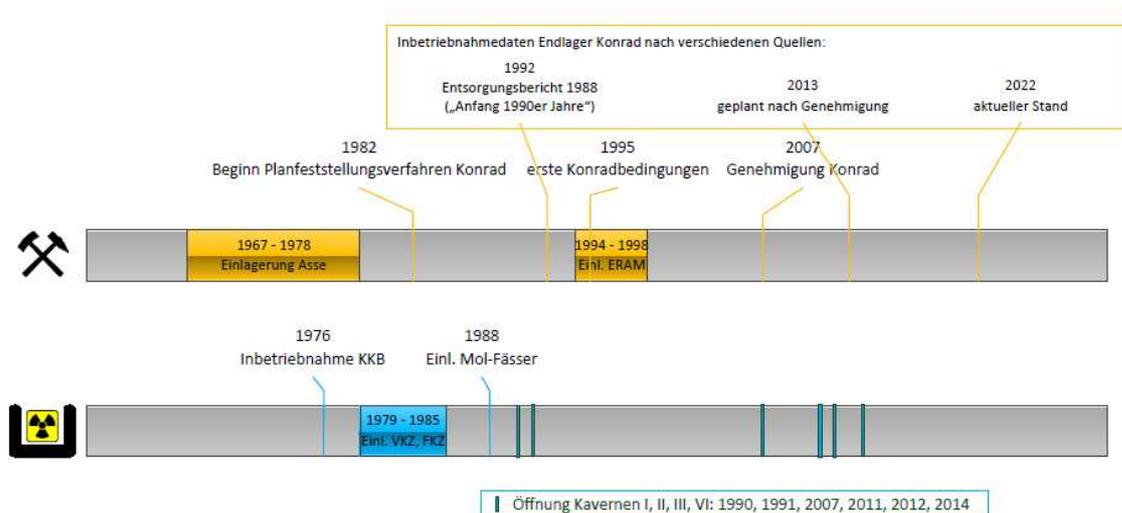


Abbildung 3 Zeitstrahl Gegenüberstellung Kavernennutzung KKW Brunsbüttel zu Endlagerprojekten

Anders als bei nicht radioaktiven Abfällen entstanden bei der Entsorgung von radioaktiven Abfällen in der Bundesrepublik damit nie kontinuierlich abfließende Abfallströme. Gedanklich beruhte aber die Konzeption der Kernkraftwerke und die Aufteilung der Verantwortlichkeiten auf einem solchen fließenden System, das davon ausgeht, dass Rohabfälle und lediglich vorbehandelte (z.B. vorgetrocknete) Zwischenprodukte nur für kurze Zeit im Kontrollbereich lagern, um sie für hinreichend große Chargen für eine (aufsichtlich überwachte) Konditionierungskampagne anzusammeln, in deren Zuge die Abfäll-

le dann in einem Verfahren unter der Ägide des Bundesamtes für Strahlenschutz durch weitere Maßnahmen und verpackt in geeigneten Behältern¹⁰ auf die Endlagerung vorbereitet werden. Der vermeintlich – und bei manchen Betreibern auch tatsächlich bis heute – relativ kurzen Phase der Sammlung, Behandlung und Aufbewahrung von radioaktiven **Abfällen (Rohabfällen oder Zwischenprodukten) vor der Konditionierung** hatte man bei Beginn der Kernenergienutzung, der Ausgestaltung des Regulariums (z.B. hinsichtlich des dichten Abschlusses des Inhalts der Fässer, hinsichtlich der Herstellung des „Produktes“ Abfall) und der Etablierung des aufsichtlichen Systems kaum Beachtung geschenkt. Ebenso wenig gibt es bis heute rechtliche Vorgaben für die Betreiber, wie lange Abfälle in diesem Stadium verbleiben dürfen, d.h. wann Konditionierungskampagnen durchzuführen sind. Dies alles war von Beginn der Kernenergienutzung an der Betreibersphäre zugeordnet. Damit oblagen den Betreibern auch die Entscheidungen, welche zeitlichen Perspektiven für ein verfügbares Endlager sie ihren Planungen zu Grunde legten, ob sie trotz unbekannter bzw. sich möglicherweise noch ändernder Endlagerbedingungen schon Konditionierungskampagnen durchführten und damit letztlich auch wie lange sie die unkonditionierten Abfälle im Kontrollbereich aufbewahrten. Vor diesem Hintergrund haben sich über die Jahre betreiberspezifische Regelungen, Vorgehensweisen und Kulturen etabliert. Allen gemeinsam war allerdings, dass die Planungen und Strategien sich daran orientierten, dass jeweils in absehbarer Zeit (d.h. in Jahren, nicht erst in Jahrzehnten oder einem halben Jahrhundert) ein Endlager hätte zur Verfügung stehen sollen. Somit verblieben Rohabfälle und Zwischenprodukte im Allgemeinen deutlich länger in den Lager- bzw. Aufbewahrungsstätten als ursprünglich geplant, in den Kavernen des Kernkraftwerks Brunsbüttel über Jahrzehnte.

Das Genehmigungsverfahren und die **Atomaufsicht** werden von den Ländern im Auftrag des Bundes durchgeführt (Bundesauftragsverwaltung); der Bund kann dabei sachliche Vorgaben machen („Sachkompetenz“ des Bundes). In der Praxis hat sich über die Jahrzehnte ein umfassendes System der Bund-Länder-Zusammenarbeit entwickelt, in dem das untergesetzliche Regelwerk (in Zusammenarbeit mit weiteren Institutionen, wie ESK, RSK, KTA, etc.) entwickelt wird, Vorgehensweisen abgestimmt werden und Erfahrungsaustausch stattfindet. Das übergeordnete Ziel der Reaktorsicherheit und des Strahlenschutzes ist es, Strahlenexpositionen der Menschen in der Umgebung und der Mitarbeiter in Kernkraftwerken zu vermeiden bzw. minimal zu halten. Dazu gilt es, das radioaktive Aktivitätsinventar eines Kernkraftwerkes sicher einzuschließen, welches im Leistungsbetrieb fortlaufend erzeugt wird und sich zu über 99,9 % im Reaktorkern befindet. Daher standen diejenigen Themen, die mit der Beherrschung der Spaltprodukt- und Nachwärmeproduktion eines Leistungsreaktors direkt, insbesondere im Rahmen der Störfallvorsorge, verbunden sind (also Reaktordruckbehälter,

¹⁰ Siehe dazu Abschnitt 2.4.2

druckführende Umschließung, Sicherheitsbehälter, Schnellabschaltsystem, Nachwärmeabfuhrsystem, Notstromversorgung, Reaktorschutzsystem, Strahlenschutzinstrumentierung und Emissionskontrolle, etc.) bundesweit im Fokus der Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden. Denn das heiße und unter Druck stehende Spaltproduktinventar und die nicht abschaltbare Nachwärmeproduktion bestimmen das Gefahrenpotential eines Kernkraftwerkes weit mehr als die kalten und drucklosen Feststoffe in den Abfallbehältnissen. Für die vorgenannten Sicherheitseinrichtungen wurden im Genehmigungsverfahren daher detaillierte wiederkehrende Prüfungen unter Hinzuziehung von Sachverständigen (innerhalb eines Prüfklassensystems) angeordnet. Die Einrichtungen zur Herstellung der Abfallprodukte (Abwasser- und Konzentrataufbereitung, Fässer) wurden dagegen der Betreibersphäre zugeordnet.

Ein zweiter Schwerpunkt der behördlichen Tätigkeit war immer die Emissions- und Immissionsüberwachung der kerntechnischen Anlagen. Die Aufsichtsbehörden etablierten zusätzlich zu den angeordneten Sachverständigenprüfungen der Strahlenschutzinstrumentierung und zusätzlich zur Umgebungsüberwachung durch unabhängige Stellen ein eigenes unabhängiges „Kernreaktorfernüberwachungssystem“ (KFÜ).

Dieser übergreifende Ansatz gewährleistete etwaige Ableitungen oder Freisetzungen radioaktiver Stoffe – auch aus defekten Abfallbehältnissen – zu detektieren.

Bei den nicht Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen, insbesondere jenen hier im Mittelpunkt der Betrachtung stehenden Fässer, handelt es sich – im Vergleich mit dem Gesamtinventar eines Kernkraftwerkes – um einen relativ kleinen Anteil der Gesamtaktivität im Kraftwerk, der dazu kalt ist und nicht unter Druck steht.

Hinsichtlich der (fehlenden) Endlagermöglichkeit waren und sind die Atomaufsichten der Länder genauso von den Vorgaben des Bundes abhängig wie die Betreiber von Kernkraftwerken. Noch in den 1990er Jahren ging man auch hier allgemein von einer Lagerungsdauer von wenigen Jahren aus. Weil die mehrfachen Verschiebungen der Inbetriebnahme des Endlagers Schacht Konrad sukzessive, in Zeiträumen von jeweils nur einigen Jahren, auftraten und sich ihr gesamtes Ausmaß nicht auf einen Augenblick zeigte, fehlte eine Zäsur, die Veranlassung für eine Neubewertung der Aufbewahrung von Rohabfällen und Zwischenprodukten im Stadium vor der Konditionierung gegeben hätte. Der Umgang mit nicht Wärme entwickelnden Stoffen im Kontrollbereich – damit auch der Zustand der Fässer in den Kavernen des Kernkraftwerks Brunsbüttel – blieb der Betreiberverantwortung zugeordnet.

Insgesamt wurde damit die **Bedeutung der Zwischenlagerung über Jahrzehnte unterschätzt**. Es waren dann Ereignisse oder Vorkommnisse bei der Aufbewahrung und Lagerung von Abfallprodukten vor der Konditionierung gemäß der BfS-Verfahren, die etwa seit der Jahrtausendwende dazu führten, dass solche Abfälle stärker in den Blick genommen wurden und begonnen wurde, bestehende Zustände und Planungen zu überprüfen. Für Schleswig-Holstein sind hier die Vorkommnisse in der Landessammelstelle 2000, im Kernkraftwerk Brokdorf 2001 sowie im Kernkraftwerk Brunsbüttel ab 2012

zu nennen. Auf diese wurde in Schleswig Holstein trotz einzelner übergreifender Ansätze der Atom-
aufsicht im Wesentlichen noch anlagenspezifisch reagiert. Solche Ereignisse und die zunehmend sich
durchsetzende Erkenntnis, dass noch für viele Jahre keine Endlager zur Verfügung stehen würden,
haben dazu geführt, dass (erst) um die Jahrtausendwende das Thema der Zwischenlagerung in ihren
verschiedenen Erscheinungsformen in den Vordergrund der Betrachtung von Betreibern, Sachver-
ständigen und Behörden gerückt ist. So stellte die Reaktorsicherheitskommission des Bundes (RSK)
im Jahre 2002 für die Zwischenlagerung /10/ fest:

*„Für die Zwischenlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle wurde bisher von
mehr oder weniger kurzen Zeiträumen ausgegangen. Die Konditionierung (d.h. Verar-
beitung und Verpackung) dieser radioaktiven Abfälle ist daher gegenwärtig auf einen
Zwischenlagerzeitraum von einigen Jahren ausgerichtet. Hingegen kann nach gegen-
wärtigem Stand bis zum Beginn der Einlagerung radioaktiver Abfälle in ein Endlager ei-
ne Zwischenlagerzeit von bis zu 40 Jahren nicht ausgeschlossen werden.“*

3.2 Entwicklung in Schleswig-Holstein

Vor diesem Hintergrund sind die Handhabung von nicht Wärme entwickelnden radioaktiven Abfall-
stoffen und das atomrechtliche Aufsichtsverfahren in Schleswig-Holstein zu betrachten. Im Ansatz
gilt dabei nichts anderes als in anderen Bundesländern auch. Der Umgang mit radioaktiven Stoffen
wurde jeweils mit der Erteilung der Betriebsgenehmigung erlaubt. Dies beinhaltet auch den Umgang,
die Behandlung und Konditionierung sowie die Aufbewahrung von radioaktiven Abfällen in den kern-
technischen Anlagen. Die Regelungen dazu finden sich im jeweiligen **Betriebshandbuch und innerbe-
trieblichen Anweisungen**. Es gibt dabei Anweisungen, die vollständig eigenverantwortlich sind – aber
auch solche, die begutachtet werden und vom Prinzip auch solche, denen zusätzlich auch noch durch
die Atomaufsicht zugestimmt werden muss. Die Konditionierung hingegen zu zwischen- und endla-
gerfähigen Produkten erfolgt im Rahmen von Ablaufplänen, die vom Bundesamt für Strahlenschutz
und von der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde nach jeweiliger Prüfung von unabhängigen Sachver-
ständigen freigegeben werden.

Im Einzelnen gibt es zahlreiche **Unterschiede** bei den kerntechnischen Anlagen. Je nach Funktion,
Größe, Sicherheitskultur, Personalausstattung, Personalqualität, Personalmotivation und Arbeitsan-
fall standen (qualifizierte) Kapazitäten beim Betreiber zur Verfügung, die für die Qualität der Verfah-
ren bei der Abfallbehandlung genutzt werden konnten. Gleiches gilt für die Atomaufsicht bezüglich
der Aufsicht über radioaktive Abfälle, die per se nicht im Vordergrund stand und persönliches Enga-
gement über das normale Maß hinaus erforderte, die oft aber auch von vordringlichen aufsichtlichen
Aufgaben insbesondere im Zusammenhang mit dem (beabsichtigten) Leistungsbetrieb der Kern-
kraftwerke verdrängt wurde. Insbesondere an den Kernkraftwerken Brunsbüttel und Krümmel hat es

solche, die Aufsichtskapazitäten sehr weitgehend bindende Ereignisse mehrfach gegeben. In ihren wesentlichen Zügen stellt sich die Entwicklung an den schleswig-holsteinischen Standorten bezogen auf die hier zu betrachtende Problematik wie folgt dar.

3.2.1 Landessammelstelle

Auf dem Gelände des Helmholtz-Zentrums Geesthacht befindet sich die **gemeinsame Landessammelstelle der vier norddeutschen Küstenländer** Hamburg, Bremen, Niedersachsen und Schleswig-Holstein. Diese ist ein Zwischenlager für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung. Das Lagergebäude fungiert zugleich – basierend auf derselben Genehmigung – als Sammelager für das Helmholtz-Zentrum Geesthacht, welches 62 % der Lagerfläche für die Zwischenlagerung nicht kernbrennstoffhaltiger Betriebsabfälle nutzen darf. Auf der verbleibenden (ideellen) Fläche von 38 % Landessammelstelle werden Abfälle aus Medizin, Forschung und Industrie aus Schleswig-Holstein, Hamburg, Bremen und Niedersachsen zwischengelagert. Die Einlagerungskapazitäten Niedersachsens sind ausgeschöpft, so dass mittlerweile das Land Niedersachsen daneben eine eigene Landessammelstelle eingerichtet hat. Die Abfälle in der Landessammelstelle sind mit denen eines Kernkraftwerkes insbesondere bezüglich Art und Nuklidzusammensetzung nicht vergleichbar. Die in der Landessammelstelle eingelagerten Abfälle sind überwiegend Rohabfälle in Stahl- und Edelstahlfasern. Eine endlagergerechte Konditionierung muss noch erfolgen. Nach ihrem Inhalt ist die Landessammelstelle deshalb eher vergleichbar mit den Lagerstätten im Kontrollbereich eines Kernkraftwerks, wie z.B. den Fasslagern und den Kavernen.

Die erste Umgangsgenehmigung wurde 1964 erteilt. Hierin wurde die regelmäßige Durchführung von Kontrollen (Kontaminationsmessungen an den Oberflächen der Sammelstelle) vorgeschrieben. Die erste Einlagerung erfolgte 1965. In der Folgezeit wurden unterschiedliche Verbesserungen und Erweiterungen in der **Überwachung** und dem Umgang der Abfälle vorgenommen. So wurden insbesondere eine regelmäßige Überprüfung der Luftaktivität implementiert, gesonderte Bereiche zur Abfallhandhabung hergerichtet und visuelle Kontrollen durchgeführt.

Die **Korrosion von 200 I-Stahlblechfässern** ist zuerst bei den Landessammelstellen aufgetreten und dort deutschlandweit ein schon lange bekanntes Problem¹¹, das nach allgemeinem Verständnis we-

¹¹ Neben den Erörterungen auf fachlicher Ebene ist das Thema auch wissenschaftlich aufgearbeitet worden. Sowohl im Rahmen der Ist-Erhebung für das „Anforderungskonzept zur langfristigen Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle aus Landessammelstellen“ (ISTeC-A 595, 2002) als auch im Bericht „Untersuchungen zur Sicherheit gegen Behälterkorrosion in Langzeitzwischenlagern (Institut für Werkstoffkunde Leibniz Universität Hannover, 2007) wird die Problematik bei bundesweit rund 1.000 Gebinden mit korrosiver Schädigung aufgearbeitet.

sentlich aus der überlangen Lagerung der hierfür nicht vorgesehenen Fässer und den bis 1985 nicht geforderten Korrosionsschutzmaßnahmen bei den Fässern resultiert. Das übliche Verfahren bei Landessammelstellen war es von Anfang an, korrodierte oder korrosionsgefährdete 200 l-Fässer in 280 l-Überfässer einzustellen. Für die Landessammelstelle lässt sich dieses Verfahren aktenmäßig seit Anfang der 1970er Jahre nachweisen. Dieses Thema wurde auf Sitzungen der AG Landessammelstellen grundsätzlich nicht als gesonderter Tagesordnungspunkt diskutiert, da Korrosion von nicht gesondert geschütztem Stahlblech als gewöhnliche Erscheinung und die Maßnahme des Einstellens in ein Überfass als Bestandteil einer normalen und sachgerechten Betriebsführung angesehen wurde. Lediglich vereinzelt wurde die Korrosionsthematik erörtert, so z.B. im Jahr 1994 der Sonderaspekt, ob das (damalige) Endlager ERAM verrostete Fässer annehmen könne.

Aufgrund von auffälligen Werten der Luftaktivitätsüberwachung wurden **im Jahr 2000 Korrosionsspuren an einzelnen Fässern** entdeckt. Diese ließen den Austritt des Edelgases Rn-222 (Radon) zu. Weitere radioaktive Stoffe sind nicht ausgetreten. Es wurden daraufhin die auffälligen Abfälle in neue Gebinde (Edelstahlfässer) eingebracht und getrocknet, um eine weitere sichere Lagerzeit in Geesthacht von 40 Jahren zu ermöglichen. Zusätzlich wurden neue Messungen durchgeführt und die Dokumentation vervollständigt. Letztere wurde durchgeführt wegen falsch deklariertes Fassinhalte. Hierauf lag in der Berichterstattung und der öffentlichen Wahrnehmung seinerzeit der Fokus.

Zwar lag bei korrodierten Fässern in der Landessammelstelle durchweg kein sicherheitsrelevantes Problem vor, weil durch entsprechende Gegenmaßnahmen (Einstellen in Überfässer) rechtzeitig gehandelt wurde. Jedoch wurde aufgrund dieser Beobachtung das **Überwachungskonzept** überarbeitet und ausgebaut. Insbesondere wurden die visuellen Kontrollen intensiviert und um die eines unabhängigen Sachverständigen erweitert. Bisher sind keine weiteren Korrosionsprobleme aufgetreten. Außerdem nahm die Atomaufsicht den Vorfall zum Anlass, die anderen Anlagen bezüglich der Behandlung und Lagerung von radioaktiven Abfällen zu überprüfen. Eine neue Übertragbarkeitsprüfung hat nach den Korrosionsbefunden in einer Kaverne des Kernkraftwerks Brunsbüttel 2012 stattgefunden und zu keinen neuen Erkenntnissen geführt.

3.2.2 Kernkraftwerk Brunsbüttel

Das Kernkraftwerk Brunsbüttel (KKB) ging 1976 in Betrieb. Die Berechtigung zum Leistungsbetrieb ist erloschen am 06.08.2011. Seit Betriebsbeginn entstehen auch radioaktive Abfälle, die in der Anlage zu behandeln und zu lagern waren. Dies gilt auch für den Nachbetrieb, in dem sich die Anlage jetzt befindet. Die Betreiberin hat einen Stilllegungsantrag gestellt. Im Rahmen des **Stilllegungsgenehmigungsverfahrens** können ggf. ergänzende Regularien für den Umgang mit radioaktiven Abfallstoffen

eingeführt werden. Im Kontrollbereich des Kernkraftwerks befinden sich u.a. die Kavernen und das Fasslager.¹²

Für das **Kernkraftwerk** selbst wurden mit der 1. Betriebsgenehmigung aus 1976 der Umgang und die Lagerung mit sonstigen radioaktiven Stoffen, mithin den radioaktiven Abfällen, im KKB genehmigt. Die 3. Betriebsgenehmigung (Dauerbetriebsgenehmigung) aus 1983 umfasst ebenfalls den Umgang mit sonstigen radioaktiven Stoffen, die „beim Betrieb der Anlage entstehen oder für Betriebsvorgänge benötigt werden“. Zum Wiederanfahren 1995 wurden zusätzliche, radioaktive Abfälle betreffende Auflagen erlassen. Das Feststofflager mit seinen unterirdischen Kavernen und das Fasslager wurden bereits mit der Errichtungsgenehmigung genehmigt und zwar durch den 2. Nachtrag zum Genehmigungsbescheid Nr. 3 aus 1971. In den Genehmigungen sind – auch basierend auf dem Sicherheitsbericht – weiterführende durch den Betreiber einzuhaltende Regelungen z.B. zum Umgang, zur Dokumentation und zu Messungen enthalten.

Genehmigungen nach § 3 Strahlenschutzverordnung a.F. (jetzt § 7 Strahlenschutzverordnung) zum Umgang mit radioaktiven Stoffen in den **Transportbereitstellungshallen (TBH) I und II** wurden 1982 sowie 1995 zeitlich beschränkt erteilt und in der Folge jeweils verlängert, zuletzt bis zum 31.12.2021. Diese Hallen befinden sich auf dem Kraftwerksgelände und werden inzwischen für die längerfristige Aufbewahrung von radioaktiven Rest- und Abfallstoffen in zugelassenen Abfallgebinden verwendet. Hierin werden die in dem KKB zunächst anfallenden, vorbehandelten und gelagerten Abfälle nach der Konditionierung transportiert und bis zur Abgabe an ein Bundesendlager gelagert bzw. bereit gestellt. Ein Kontingent ist ferner vorgesehen für entsprechende Betriebsabfälle aus dem Kernkraftwerk Krümmel. Die Transportbereitstellungshallen sollen nach den Plänen der Betreiberin ersetzt werden durch ein neues Lager für nicht Wärme entwickelnde Abfallstoffe (Lasma), das dann auch die im Zuge des Rückbaus weiter anfallenden radioaktiven Abfallstoffe aus dem KKB aufnehmen soll. Das Genehmigungsverfahren wird parallel zum Stilllegungsgenehmigungsverfahren betrieben.

Eine weitere rechtlich selbstständige Einrichtung am Standort Brunsbüttel ist schließlich das **Standortzwischenlager** für die Lagerung von abgebrannten Brennelementen in Behältern der Bauart CAS-TOR, das nach einer im Januar 2015 rechtskräftig gewordenen Entscheidung des OVG Schleswig nicht mehr über eine Genehmigung verfügt und in welchem derzeit lediglich die weitere Aufbewahrung der bereits darin befindlichen Behälter auf Grund einer Anordnung geduldet wird. Aufgrund des Gegenstandes der vorliegenden Abhandlung (nicht Wärme entwickelnde Abfälle) bleibt es bei der weiteren Betrachtung außer Betracht.

¹² Die einzelnen Lagerstätten sind im Lagerstättenkataster aufgeführt, s. Kapitel 5

Nach Inkrafttreten der Strahlenschutzverordnung 2001 wurde 2002 eine neue Version des übergeordneten **Abfallkonzeptes für Stoffe aus dem Kontrollbereich** vorgelegt. Mit dem Abfallkonzept sollten die relevanten Anforderungen der Strahlenschutzverordnung und der BMU-Abfallrichtlinie vollständig umgesetzt werden. Das Abfallkonzept wurde im Auftrag der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde durch gemäß § 20 Atomgesetz beauftragte Sachverständige geprüft. Die konkrete Umsetzung des Abfallkonzeptes in der Anlage bis zur Konditionierung zwischenlagerfähiger Abfallgebinde erfolgte und erfolgt im Wesentlichen durch betreiberinterne Anweisungen und Abarbeitung.

3.2.3 Kernkraftwerk Krümmel

Für das **Kernkraftwerk Krümmel** wurde der Umgang, die Konditionierung und die Aufbewahrung bzw. Lagerung von radioaktiven Abfällen in unterschiedlichen Genehmigungen, wie z.B. der 2. Teilgenehmigung aus 1974, der 9. Teilgenehmigung aus 1979 und der 1. Betriebsgenehmigung aus 1983 genehmigt. Damit wurde auch das Feststofflager, in dem sich das Fasslager und die zwei Kavernen befinden, genehmigt.¹³ In den Genehmigungen sind – auch basierend auf dem Sicherheitsbericht – weiterführende durch den Betreiber einzuhaltende Regelungen z.B. zum Umgang, zur Dokumentation und zu Messungen enthalten. Das Kernkraftwerk ging 1983 in Betrieb. Die Berechtigung zum Leistungsbetrieb erlosch am 06.08.2011. Seit Betriebsbeginn entstehen Abfälle, die in der Anlage zu behandeln und zu lagern waren. Dies gilt auch für den Nachbetrieb, in dem sich die Anlage jetzt befindet.

Das übergeordnete Vorgehen hinsichtlich der **Behandlung der radioaktiven Abfälle** war und ist im Abfallkonzept beschrieben. Es wurde 1993 in zweiter Fassung vorgelegt, gutachterlich bewertet und wird seither fortgeschrieben. Im Rahmen der in Folge der Korrosionsproblematik in der Landessammelstelle aus 2000¹⁴ von der Atomaufsicht veranlassten Überprüfung von Abfallgebinden im Kontrollbereich des KKK hat die Betreiberin im Januar 2001 dazu Stellung genommen. Sie führt insbesondere aus, dass der Trocknungszustand der Filter- und Verdampferkonzentrate durch die Verfahrenstechnik festgelegt sei, sowie durch die Praxis in der Abfallbehandlung und den Erfahrungsrückfluss hieraus so viele Beobachtungen zustande kämen, dass eine repräsentative Kontrolle der sicherheitstechnischen Eigenschaften gewährleistet sei. Im Rahmen der infolge der Lochfraßproblematik im Kernkraftwerk Brokdorf von Januar 2001¹⁵ von der Atomaufsicht durchgeführten Prüfung einer Übertragbarkeit insbesondere bezüglich Korrosion bis hin zum Integritätsverlust hat die Betreiberin des

¹³ Siehe zu den einzelnen Lagerstätten das Lagerstättenkataster, s. Kapitel 5.

¹⁴ Siehe die Darstellung im Kapitel 3.2.1.

¹⁵ Siehe die Darstellung im Kapitel 3.2.4.

KKK dargestellt, dass eine derartige Korrosion ausgeschlossen sei. Sie begründet dies insbesondere für Verdampferkonzentrate mit der Walzentrocknung vor Lagerung im Kontrollbereich.

Eine neue umfangreiche **Übertragbarkeitsprüfung** inklusive einer vollständigen visuellen Inspektion hat nach den Korrosionsbefunden im Kernkraftwerk Brunsbüttel 2012 auf Betreiben der Schleswig-holsteinischen Atomaufsicht stattgefunden. Diese hat erneut zu keinen vergleichbaren Befunden wie in KKB oder KBR geführt. Von den im Fasslager und den Kavernen eingelagerten 1.158 Fässern zeigten 20 Fässer Auffälligkeiten wie Korrosion oder Farbabplatzungen. Bei keinem dieser Fässer war die Handhabbarkeit in Frage gestellt, so dass sie geborgen und einer gezielten äußerlichen Sichtprüfung unter Beteiligung von Sachverständigen bzw. der Atomaufsicht unterzogen wurden. Als Ergebnis dieser Prüfung konnten 16 Fässer zurückgestellt werden, 4 Fässer wurden in Überfässer eingestellt, da nicht ausgeschlossen werden konnte, dass es zu einer Schadensausweitung mit späterer Gefährdung der Integrität kommen könnte.

3.2.4 Kernkraftwerk Brokdorf

Für das **Kernkraftwerk** Brokdorf (KBR) wurden mit der Betriebsgenehmigung (2. Teilbetriebsgenehmigung, TBG) aus 1986 der Umgang und die Lagerung mit sonstigen radioaktiven Stoffen, mithin den radioaktiven Abfällen, im KBR genehmigt. Hierin sind auch weiterführende durch den Betreiber einzuhaltende Regelungen z.B. zum Umgang, zur Dokumentation und zu Messungen enthalten. In weiteren Teilgenehmigungen wurden z.B. Einrichtungen zur Behandlung von Feststoffen oder radioaktiver Konzentrate sowie Dekontaminierungseinrichtungen genehmigt. Diese Genehmigungen basieren auf dem Sicherheitsbericht von 1985, in dem die Lagerung und Behandlung von radioaktiven Abfällen beschrieben ist.

Seit 1986 ist das Kernkraftwerk in Betrieb. Seitdem entstehen auch **radioaktive Abfälle**, die zu behandeln und zu lagern sind. Zum Wiederanfahren 1988 wurden zusätzlich radioaktive Abfälle betreffende Auflagen erlassen. Eine Genehmigung nach § 7 Atomgesetz zur Errichtung und zum Betrieb eines Lagers für kontaminierte Teile wurde 1996 erteilt. In dieser Halle können insbesondere Container mit wiederverwendbaren kontaminierten Teilen und radioaktiven Mischabfällen bis zur weiteren Verwendung bzw. zum Abtransport gelagert werden.¹⁶ Bezüglich der radioaktiven Abfälle wurde bereits 1991 ein Abfallkonzept durch KBR erstellt und gutachtlich bewertet. Zusätzlich wurden betreiberinterne Anweisungen erstellt. KBR hält seinen Lagerbestand auch aufgrund der begrenzten Kapazitäten grundsätzlich so klein und so übersichtlich wie möglich und unterscheidet sich in diesem Grundansatz damit von den Kernkraftwerken Brunsbüttel und Krümmel. Die technischen und organi-

¹⁶ Die einzelnen Lagerstätten sind im Lagerstättenkataster aufgeführt, s. Kapitel 5.

satorischen Vorkehrungen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle und Reststoffe sind in dem Betriebs- handbuch und dem Betriebsorganisationshandbuch zusammengefasst; die Strahlenschutzmaßnah- men bei der Behandlung von radioaktiven Abfällen und die Abwicklung radioaktiver Abfallkampagnen sind ausführlich in einer eigens dafür vorgesehenen Ausführungsanweisung beschrieben. Eine wesentliche Basis bilden insgesamt die wiederkehrenden visuellen Inspektionen.

Bei einer solchen betreiberseitigen visuellen Inspektion der eingelagerten Gebinde mit radioaktiven Abfällen auf Unversehrtheit und Dichtheit gemäß einer internen Prüfanweisung wurde **im Jahr 2001 Lochfraß an 4 Edelstahlfässern** festgestellt. Es traten geringe Mengen Fassinhalt durch sehr kleine Löcher aus. Dieser Austritt war visuell zu erfassen, allerdings messtechnisch in der Raumluft nicht nachzuweisen. Die Befunde traten kurz nach den Befunden an den Fässern in der Landessammelstel- le auf¹⁷, die allerdings anderen Ursprungs waren. Der hier vorliegende Lochfraß entstand aus chlori- dinduzierter Spannungsrisskorrosion¹⁸ an 4 von 30 Fässern mit getrockneten Schlämmen. Eine In- spektion ca. ein halbes Jahr vorher war ohne Befund gewesen. Eine Aufarbeitung dieses Ereignisses und die Information der Öffentlichkeit haben ebenso stattgefunden wie eine Übertragbarkeitsprü- fung der Befunde in der Landessammelstelle. Die Atomaufsicht hat die Kernkraftwerke Krümmel und Brunsbüttel seinerzeit aufgefordert hierzu die Übertragbarkeit zu prüfen.

Seither haben sich keine Korrosionsbefunde gezeigt. Eine neue **Übertragbarkeitsprüfung** hat auf Betreiben der Schleswig-holsteinischen Atomaufsicht nach den Korrosionsbefunden in einer Kaverne des KKB 2012 stattgefunden und zu keinen neuen Erkenntnissen geführt. Im Sommer 2014 hat im Hinblick auf die Befunde im Kernkraftwerk Brunsbüttel eine Sonderbegehung der Lagerstätten mit der Atomaufsicht stattgefunden. Diese hat bestätigt, dass am Standort keine unterirdische Lagerung stattfindet und die Fasslager mit einer Ausnahme leicht betreten und begutachtet werden können. Alle Gebinde befinden sich augenscheinlich in sehr gutem Zustand. Dazu trägt das trockene Klima im Kontrollbereich (maximal gemessene relative Luftfeuchte: 45 %) bei.

3.2.5 Helmholtz-Zentrum Geesthacht

Im heutigen Helmholtz-Zentrum Geesthacht – Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH, das als GKSS (Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt mbH) im Jahr 1956 gegründet wurde, befinden sich **zwei, ein stillgelegter und ein außer Betrieb befindlicher, For- schungsreaktor und der Reaktordruckbehälter des Forschungsschiffs Otto Hahn**, dessen Kernener- gieantrieb in Geesthacht entwickelt wurde. Der Forschungsreaktor Geesthacht 1 (FRG-1) ging am

¹⁷ Siehe die Darstellung 3.2.1

¹⁸ Ursache war Spannungsrisskorrosion von innen nach außen

23.10.1958 in Betrieb und wurde am 28.06.2010 endgültig abgeschaltet. Der Forschungsreaktor Geesthacht 2 (FRG-2) ging am 15.06.1963 in Betrieb und wurde am 01.06.1993 endgültig abgeschaltet und ab 1995 bereits weitgehend abgebaut.

Der Betrieb des Forschungsreaktors FRG-1 wurde am 20.10.1958 genehmigt verbunden mit der Auflage, dass bei dem Betrieb des Kernreaktors und bei der Verwendung radioaktiver Isotope Bestimmungen der Strahlenschutzverordnung vom 17.07.1958 des Landes Schleswig-Holstein zu beachten sind. Am 28.08.1961 wurde auf der Grundlage der ersten Strahlenschutzverordnung des Bundes von 24.06.1960 der Umgang mit radioaktiven Stoffen genehmigt. Das beinhaltet u.a. die Handhabung und Lagerung. Die letzte **Betriebsgenehmigung** (Dauerbetriebsgenehmigung) aus 1967 für den FRG-1 und FRG-2 umfasst ebenfalls den Umgang mit sonstigen radioaktiven Stoffen, die beim Betrieb der Anlage entstehen oder für Betriebsvorgänge benötigt werden. Als weiterer Bestandteil der Forschungsreaktoranlage wurde 1971 das Heiße Labor genehmigt für den Umgang mit Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen.

Ein explizites **Abfallkonzept** für die Forschungsreaktoren und das Heiße Labor besteht seit 1998. In einer Betriebsordnung des Betriebshandbuches sind Regelungen für den Umgang mit radioaktiven Reststoffen getroffen worden. Die seit Betriebsbeginn entstehenden radioaktiven Abfälle waren in der Anlage zu behandeln und zu lagern. Dies gilt auch für den Nachbetrieb, in dem sich die Anlage jetzt befindet. Ein Genehmigungsantrag auf Stilllegung des Forschungsreaktors FRG-1 und Abbau der Forschungsreaktoranlage und des Heißen Labors ist gestellt.

Auf dem Gelände des Forschungszentrums befinden sich **Lagerstätten für Abfälle**. Diese sind die Bereitstellungshalle und die HAKONA (Halle für Komponenten Nachuntersuchungen), die in einer gemeinsamen Halle eingerichtet sind, sowie ein Betonschacht zur Lagerung des Reaktordruckbehälters des Nuklearschiffes Otto Hahn. Die Bereitstellungshalle wurde nach § 3 der Strahlenschutzverordnung (jetzt § 7 Strahlenschutzverordnung) zum Umgang mit radioaktiven Stoffen in 1997 und 2007 mit zeitlicher Beschränkung bis 2017 zur Lagerung von Abfallgebinden mit Betriebsabfällen aus den Forschungsreaktoren und dem Heißen Labor genehmigt. Konditionierte Abfallgebinde werden bis zur Abgabe an ein Bundesendlager gelagert. Die HAKONA wurde nach § 3 der Strahlenschutzverordnung (jetzt § 7 Strahlenschutzverordnung) zum Umgang mit radioaktiven Stoffen in 1981 unbefristet zur Lagerung von Abfallgebinden mit Abfällen des in 1979 stillgelegten Nuklearschiffes Otto Hahn genehmigt. Konditionierte Abfallgebinde werden bis zur Abgabe an ein Bundesendlager gelagert. Die Lagerung des Reaktordruckbehälters der Otto Hahn in einem Schacht neben der HAKONA ist ein Bestandteil der Genehmigung für die HAKONA. Daneben existiert das Sammellager, das als Teil

der Landessammelstelle genehmigt ist.¹⁹ In allen Lagerstätten erfolgen regelmäßige Prüfungen zum Nachweis des bestimmungsgemäßen Zustandes der Abfallgebinde und der Lagerstätten auf der Grundlage eines Prüfhandbuchs.

3.3 Historie der Fassproblematik im Kernkraftwerk Brunsbüttel

Entsprechend ihrem Anlass und Auftrag hat sich die Arbeitsgruppe in besonderem Maße mit der Historie der Korrosionsschäden im Kernkraftwerk Brunsbüttel auseinander gesetzt, soweit dies im zeitlichen Rahmen der Untersuchung bezogen auf die Weite des zu betrachtenden Zeitraums anhand noch vorhandener Akten und der Erinnerung (ehemaliger) Mitarbeiter bei der Betreiberin, den Sachverständigen und der Atomaufsicht möglich war. Die Wurzeln der Problematik reichen zurück bis in die Anfangszeit des Kernkraftwerks, in der maßgebliche Faktoren, die zur Korrosionsproblematik beigetragen haben, genehmigt wurden. Das betrifft einmal die **Kavernen**, in denen die korrodierten Fässer seit der ersten Hälfte der 1980er Jahre lagern. Die Kavernen befinden sich im sog. Feststofflager. Einschließlich der Auflager für die Abdeckriegel sind die Kavernen 7 m tief. Die Abdeckriegel der Kavernen I bis IV haben eine Stärke von 110 cm, die der Kavernen V und VI eine Stärke von 100 cm. Unterhalb der Kavernen befinden sich 2 Lagen Stahlbeton mit einer Gesamtstärke von 155 cm. Zwischen diesen Betonlagen befindet sich eine 7 cm starke Isolations- und Dichtungsschicht aus mehreren Lagen Bitumenbahnen und Kupferfolie. Um die Kavernen herum liegt die Stärke des Stahlbetons zwischen 110 cm und 270 cm. Die Kavernen sind nicht als (rechtlich) eigenständige Lagerstätten genehmigt. Vielmehr befinden sie sich im Kontrollbereich des Kernkraftwerks und sind von der Genehmigung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen im Kontrollbereich mit umfasst. Besondere Zustimmungserfordernisse, z.B. für die Einlagerung von radioaktiven Abfällen, einschränkende Vorgaben wie eine Höchstlagerungsdauer oder regelmäßige Inspektionen sind nicht vorgeschrieben. Damit sind die Kavernen vollständig der Betreibersphäre zugeordnet. Eine Betrachtung der Kavernen unter dem Blickwinkel einer längerfristigen Lagerung von radioaktiven Abfällen hat nicht stattgefunden.

Ebenfalls im Zuge der Genehmigung des Kernkraftwerks wurde die **Konzentrataufbereitungsanlage** genehmigt. In der zu Grunde liegenden Spezifikation werden die Verfahren beschrieben, mit denen die radioaktiven Abfälle aus den verschiedenen Reinigungsanlagen des Kernkraftwerkes in einen festen bzw. pulverförmigen Zustand überführt und in Fässer abgefüllt werden sollen. Die Beschreibung geht zwar davon aus, dass als Ergebnis des Verfahrens die Qualität der radioaktiven Abfälle eine „jahrelange Lagerung“ zulässt. Insgesamt ist die Spezifikation aber denkbar vage gehalten und muss offenbar vor dem Hintergrund betrachtet werden, dass seinerzeit – bezogen auf dieASSE – Fässer

¹⁹ Siehe Kapitel 3.2.5

noch als „Endlagerbehälter“ angesehen wurden, bei denen es auf eine langfristige Integrität nicht ankam. Jedenfalls ist eine Lagerung der Fässer in den Kavernen nicht betrachtet worden und es sind auch keine Vorkehrungen beschrieben, wie bei Abweichungen im Rahmen der Behandlung der radioaktiven Abfälle vorzugehen ist. Hinsichtlich der Restfeuchte wird für Filterkonzentrate lediglich die ungefähre Angabe „ca. 10 %“ gemacht. Für Verdampferkonzentrate führt die Spezifikation aus, dass „im Allgemeinen Feuchtigkeitsgrade von 30 Gew.-% ausreichend sind, um Gärungs- und Fäulnisercheinungen auszuschließen und die Korrosionsanfälligkeit soweit herabzusetzen, dass eine jahrelange Lagerung ohne Leckage des Behälters in der Bundessammelstelle für radioaktive Abfälle möglich wird“. Der gesamte Bereich der Konzentrataufbereitung wurde ebenfalls der Betreibersphäre zugeordnet und wurde demnach in der Folgezeit von Mitarbeitern der Atomaufsicht bzw. Sachverständigen nicht überwacht.

Es ist davon auszugehen, dass es im Kernkraftwerk Brunsbüttel bereits von Beginn der Infasstrocknung auf dieser Basis zu dem **Problem von Feuchtigkeitseinträgen bei der Befüllung von Fässern** bis hin zu freier Flüssigkeit kam, mithin zu abgefüllten Konzentraten, welche die vorgenannten Bedingungen nicht einhielten. Im später errichteten Kernkraftwerk Krümmel, das derselben Baureihe entstammt, hat man, weil man die Infasstrocknung für nicht ausreichend befand, für die Trocknung von Verdampferkonzentraten eine neue Anlage – die Walzentrocknung – installiert. Bei dieser Trocknung entsteht nicht wie bei der Infasstrocknung ein Salzblock im Fass, der das vollständige Austreten der Flüssigkeit verhindern kann, sondern ein Pulver, das gut weiter verarbeitet werden kann. Neben dem Umstand, dass man in Brunsbüttel bei der Infasstrocknung geblieben ist, spricht für eine unzureichende Trocknung im Kernkraftwerk Brunsbüttel der Umstand, dass sich in den in den vergangenen Jahren auffällig gewordenen Fässern aus den Kavernen freie Flüssigkeit fand und die ausgetretenen und auf dem Kavernenboden angesammelten Konzentrate flüssig waren. Die Betreiberin hat dazu erklärt, sie habe bei der Durchsicht ihrer Unterlagen keine Hinweise darauf gefunden, dass das Trocknungsverfahren jemals in Frage gestellt worden sei oder als ungeeignet für die Fasstrocknung erschien. Allerdings traten bereits im Jahr 1979 – noch außerhalb der Kavernen – zwei meldepflichtige Ereignisse mit starken Korrosionsschäden an Fässern in der Infasstrocknungsanlage auf. Während des Befüllvorgangs führten Korrosionsschäden an den Fässern zu Leckagen, an denen Verdampferkonzentrat austrat und es zu Kontaminationen im Gebäude kam. Als Ursache wurden Beschädigungen an der Innenbeschichtung der Fässer identifiziert. Verstärkte Kontrollen der leeren Fässer auf Beschädigungen der Innenbeschichtung wurden als Maßnahme gegen die Wiederholung der Schäden festgelegt.

Die abgefüllten Fässer wurden offenbar bis einschließlich 1978 – dem letzten Einlagerungsjahr in der Asse – kontinuierlich dorthin abtransportiert. Bis dahin wurden die Kavernen nicht für die Fasselagerung genutzt. Ab 1979 stand dann relativ abrupt kein Endlager mehr zur Verfügung und man begann mit der Einlagerung in die Kavernen. Dieser Umstand geht besonders aus einem damaligen Aktenvermerk des Betreibers hervor in dem es heißt: „Durch die fehlende Genehmigung zur Einlagerung

radioaktiver Kraftwerksabfälle in das Salzbergwerk Asse müssen die Abfälle zur Zeit im Kraftwerk zwischengelagert werden, wobei im zunehmenden Maße auf nicht für die Lagerung vorgesehene Räume in der Anlage zurückgegriffen werden muß.“

Morsleben war als Endlager mit Ablieferungsmöglichkeit für westdeutsche Kernkraftwerke noch nicht absehbar und Schacht Konrad befand sich noch in der Erkundungsphase. In der Rückschau stellt sich die sich anschließende **Phase von 1979 bis 1985 als Einlagerungsphase in die Kavernen** und Beginn mit einer längerfristigen Lagerung, vergleichbar mit der Zwischenlagerung, dar. Möglicherweise bestand bei vielen Beteiligten zumindest anfangs noch die Hoffnung, dass die Fässer nach nur wenigen Jahren wieder aus den Kavernen abtransportiert werden könnten. Jedenfalls begann man mit der Einlagerung in die Kavernen soweit ersichtlich, ohne die Atomaufsicht zu informieren und ohne die Kavernen fortan Regelungen zu wiederkehrenden Überprüfungen der Zustände der Gebinde oder gar den Regelungen über die Zwischenlagerung zu unterstellen. Letzteres war insofern möglich, als die Einlagerung als „Handhabung“ von der Umgangsgenehmigung mit radioaktiven Stoffen im Kontrollbereich umfasst war und per definitionem eine Zwischenlagerung hier nicht durchgeführt wurde. Vor der Einlagerung der Fässer wurde – ein weiterer Hinweis auf ein erkanntes Problem mit feuchten Abfällen – der Boden in zweien der Kavernen mit einer Folie ausgelegt. Vermutlich endete die Einlagerungsphase 1985, weil die Lagermöglichkeiten in den Kavernen für Fässer mit Filter- und Verdampferkonzentraten erschöpft waren. Die Kavernen wurden geschlossen und fortan, **von 1986 bis zum Jahr 2004 nur noch vereinzelt geöffnet** (mit Ausnahme der Kaverne V, die aber vorwiegend zur Lagerung von Festkomponenten verwendet wurde und in der sich heute auch keine Schäden zeigen). In der Rückschau handelte es sich bei der Phase von 1986 bis zu den Konditionierungskampagnen ab 2004 um eine Phase echter Zwischenlagerung, die aber nicht als solche behandelt wurde. Die Kavernen standen in jener Zeit außerhalb des Fokus der Atomaufsicht, vermutlich wussten nur wenige Mitarbeiter in jener Zeit überhaupt, dass in den Kavernen Fässer gelagert wurden. In den 1990er Jahren stand zwar für einige Jahre – von 1994 bis 1998 – das Endlager Morsleben zur Verfügung, die KKB eingeräumten Ablieferungsmöglichkeiten wurden aber für Abfälle aus dem Fasslager und den Transportbereitstellungshallen (wo sich auch heute noch für Morsleben konditionierte Abfälle befinden) genutzt.

Mehrfach war man in der Atomaufsicht in dieser Zeit zwar **mit dem Thema „Korrosion“ befasst**. Etwaige möglicherweise bereits in dieser Zeit in den Kavernen vorhandene Korrosionsschäden waren aber, soweit dies heute noch aufzuklären ist, Mitarbeitern der Atomaufsicht nicht bekannt noch wurden solche vermutet. Unter anderem auch deshalb und wegen einer Vielzahl jeweils aktueller und aufwändiger Aufgaben im Zusammenhang mit dem Kraftwerksbetrieb, nicht zuletzt infolge auch schwerwiegender Ereignisse, wurden die jeweiligen Bemühungen letztlich als Einzelvorgänge behandelt und nicht übergreifend und mit erhöhter Intensität zusammengeführt. Zu nennen sind etwa die Vermutungen eines Mitarbeiters in der zweiten Hälfte der 1990er Jahre, die Infasstrocknung könne die beabsichtigten Restfeuchtegrade nicht einhalten, die Übertragbarkeitsprüfungen im Anschluss an

die Ereignisse in der Landessammelstelle und im Kernkraftwerk Brokdorf 2000/2001 sowie die aufsichtlich begleiteten Bemühungen des Kernkraftwerks Brunsbüttel ab Anfang der 2000er Jahre um neue, korrosionsbeständige Verdampferkonzentratfässer. Zum Teil lag dies auch an ungenauen und irre führenden Formulierungen in den Antworten auf aufsichtliche Anfragen, die heute von der Betreiberin anders interpretiert werden als sie seinerzeit von der Atomaufsicht verstanden wurden. Mit prägend für diese Phase dürfte auch ein weit reichender Wechsel des verantwortlichen Personals im Kernkraftwerk Brunsbüttel bis hin zum Austausch des Leiters der Anlage infolge der Explosion der Deckelsprühleitung im Jahr 2001 gewesen sein. Dieses Ereignis band große Teile der für das Kernkraftwerk Brunsbüttel bei der Atomaufsicht zur Verfügung stehenden Arbeitskraft über einen langen Zeitraum.

Um das Jahr 2004 wurde im KKB mit der Planung von Verdampferkonzentrat- und Filterkonzentratkampagnen bezüglich der in den Kavernen gelagerten Abfälle begonnen und zu diesem Zweck die Kaverne IV geöffnet. Bei dieser **Öffnung der Kaverne IV im Jahr 2004 wurden von der Betreiberin erstmals „Korrosionsspuren“ an Fässern festgestellt**. Diese wurden von der Betreiberin nicht als besorgniserregendes Vorkommnis gewertet, woraus sich unmittelbarer Handlungsbedarf ergeben hätte, dies insbesondere auch vor dem Hintergrund der beabsichtigten Kampagnen zur endlagergerechten Konditionierung dieser Abfälle, womit die Fässer dann in ein dauerhaftes Behältnis verbracht werden sollten. Die Fässer wurden nach Darstellung der Betreiberin zum damaligen Zeitpunkt alle als mit den vorhandenen Hebezeugen handhabbar eingeschätzt, eine Unterrichtung der Behörde ist nicht erfolgt. Im Jahr 2007 stellte die mit der Konzeptionierung beauftragte GNS der Betreiberin und den Sachverständigen das Konzept anhand einer Präsentation vor, aus der sich erstmals Hinweise auf eine Feuchtigkeit der Abfälle in den Kavernen, auf Korrosionsflecken sowie auf eine „eingeschränkte Handhabbarkeit“ ergaben. Im Anschluss wurde der Atomaufsicht das Protokoll und die Präsentation dieses Besprechungstermins übersandt und dort zu den Akten genommen. Konkrete Maßnahmen wurden darauf nicht gestützt, was damit zusammen hängen könnte, dass der zuständige Sachbearbeiter im Folgejahr aus dem Referat wechselte oder von den zitierten Hinweisen nicht auf eine Problemlage geschlossen wurde. Bei KKB gelangte man nach eigenem Bekunden zu der Schlussfolgerung, dass sich der Zustand der Fässer verschlechtert hatte und begann mit weiteren Planungen zur endlagergerechten Konditionierung. Im Zuge einer Probekampagne von 8 VKZ-Fässern (als Testlauf für die Konditionierung der VKZ-Fässer aus den Kavernen), die aus der Kaverne III entnommen, getrocknet und in einen Konrad-Container eingestellt wurden, ergaben sich im Mai 2010 weitere Hinweise auf eine Korrosionsproblematik, u.a. wurden dabei Korrosionsschäden und freie Flüssigkeit in einem Fass festgestellt.

Im Jahr 2011 begann schließlich eine Filterkonzentratkampagne. Im Zuge dieser Kampagne wurde von den seitens der Atomaufsicht eingesetzten Sachverständigen **Anfang 2012 das Fass F1324 mit zerstörter Außenwand entdeckt**. Es handelt sich dabei auch nach letztem Kenntnisstand um das erste entdeckte und der Atomaufsicht bekannt gewordene Fass mit schwerer Beschädigung. Die

Atomaufsicht hat eine Unterbrechung der Konditionierungskampagne verfügt, die Öffentlichkeit informiert und eine umfassende Inspektion aller Kavernen angeordnet. Die in den Jahren 2012 und 2013 vorbereiteten Inspektionen wurden im Jahr 2014 mit einer ferngesteuerten Kamera unter Strahlenschutzbedingungen durchgeführt und mit Ausnahme einiger vor Bergungsbeginn nicht einsehbarer Fässer (in Stahlbehältern in der Kaverne VI) Ende 2014 abgeschlossen. Untersucht wurden 573 Fässer, von denen 145 schwere Schäden, wie z.B. wanddurchdringende Korrosion oder Austritt von Fassinhalt aufweisen. Ursache der Korrosion ist nach dem bisherigen Erkenntnisstand, dass insbesondere die Verdampferkonzentrate feucht eingelagert worden waren und diese Feuchtigkeit – z.T. auch freie Flüssigkeit – die Fässer korrodiert hat (Innenkorrosion), woraufhin nach Durchlässigkeit der Fasswand und dem Auslaufen von Konzentraten in den Kavernen unterschiedlich stark ausgeprägte feuchte Atmosphären entstanden, die zur weiteren Korrosion dieser und anderer Fässer (Außenkorrosion) geführt haben. Weitere Erkenntnisse ergeben sich möglicherweise im Zuge der Bergung der Fässer. Im Dezember 2014 hat die Betreiberin ein von der Atomaufsicht gefordertes Bergungskonzept vorgelegt. Diesem hat die Atomaufsicht nach sachverständiger Prüfung im Februar 2015 unter Auflagen zugestimmt. Es ist vorgesehen, dass ab Sommer 2015 sämtliche Fässer mit verschiedenen, z.T. speziell entwickelten Greifwerkzeugen aus den Kavernen geborgen, endlagergerecht und mit Blick auf eine weitere ggf. auch langfristige Zwischenlagerung konditioniert und sodann in den Transportbereitstellungshallen oberirdisch gelagert werden.

Die wichtigsten chronologischen Daten sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Jahr	Ereignis
1958	Forschungsreaktor Geesthacht 1 geht in Betrieb
1963	Forschungsreaktor Geesthacht 2 geht in Betrieb
1965	Erste Einlagerung Landessammelstelle ab Anfang der 1970er Jahre Nutzung von Überfässern bei Korrosion
1976	Inbetriebnahme KKB Genehmigung des Umgangs mit „sonstigen radioaktiven Stoffen“ im Kontrollbereich Infastrocknung von Verdampfer- und Filterkonzentraten Konzentratfässer gehen in die Asse
1978	Einlagerungsende Asse
1979	Beginn der Kavernennutzung im KKB zwei Korrosionsereignisse KKB
1983	Kernkraftwerk Krümmel (KKK) geht in Betrieb und erhält Walzentrocknung
1985	Ende der Einlagerung in die Kavernen, Kavernen bleiben danach weitgehend geschlossen

1986	Kernkraftwerk Brokdorf (KBR) geht in Betrieb Konzentratfässer werden weitgehend frühzeitig extern konditioniert
2000	Korrosionsereignis Landessammelstelle, Übertragbarkeitsprüfung bei KKB
2001	Korrosionsereignis Kernkraftwerk Brokdorf, Übertragbarkeitsprüfung bei KKB Beginn von Bemühungen um neue Verdampferkonzentratfässer bei KKB Explosion der Deckelsprühleitung in KKB, in der Folge weit reichender Austausch des verantwortlichen Personals
2004	Vorbereitung einer Konditionierungskampagne in KKB Feststellung von Korrosionsspuren bei Öffnung der Kaverne IV in KKB
2007	erste Hinweise für Atomaufsicht auf Korrosion und Feuchtigkeit in den Kavernen in GNS-Unterlage
2010	weitere Hinweise auf Korrosion und Flüssigkeit in den Fässern bei Probekampagne
2011	Durchführung Kampagne mit PUSA (15.12.2011: Erste Bilder von Fass F1324 werden von KKB angefertigt)
2012	Sachverständige entdeckt Fass 1324 mit (nach ungewöhnlich langem Umsaugvorgang) zerstörter Fasswand Atomaufsicht ordnet Inspektion an Visuelle Inspektion der Kavernen in KKB ergibt nur vereinzelte Korrosionsbefunde Übertragbarkeitsprüfung auf KBR ohne weitere Erkenntnisse
2014	Inspektion aller Kavernen in KKB, von 573 untersuchten Fässern weisen 145 schwere Schäden auf Begehung in KBR ergibt keine Korrosionsbefunde
2015	Zustimmung der Atomaufsicht zu Bergungskonzept für die Kavernen KKB Beginn der Bergung von Betreiberin ab Sommer geplant

Tabelle 8 Chronologie

4 Bewertung unter Sicherheitsaspekten

Aus technischer Sicht sind mit der Korrosion an den Stahlblechfässern **zwei Konsequenzen** verbunden. Zum einen werden aus den bis dahin umschlossenen radioaktiven Stoffen, offene radioaktive Stoffe und zum anderen ist die Handhabbarkeit beeinträchtigt, da die bisher vorhandenen Werkzeuge und Verfahren für den Umgang nicht mehr ausreichen.

Grundsätzlich ist der Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen im Kontrollbereich eines Kernkraftwerkes durch die Betriebsgenehmigung abgedeckt und stellt somit an sich keinen ungewöhnlichen Vorgang im Betrieb eines Kernkraftwerkes dar.

Allerdings gilt auch hier das Minimierungsgebot, aus dem heraus die Strahlenexposition beim Umgang mit radioaktiven Stoffen so gering wie möglich gehalten werden sollte.

Die festgestellten Durchrostungen an den Fässern und damit die potentielle Freisetzung von radioaktiven Stoffen – auch innerhalb des Kontrollbereiches – stellt damit ein **Verfehlen radiologischer Schutzziele** dar. Aber auch aus den Schutzzielen abgeleitete Anforderungen wie eine sicherheitsgerichtete Organisation und Durchführung des Lagerbetriebs und die sichere Handhabung der radioaktiven Stoffe wurden im Falle durchgerosteter Fässer nicht oder zumindest teilweise nicht erfüllt.

Als Maßstab für eine sicherheitstechnische Bewertung der Korrosionsschäden an Fässern sind die **radiologischen Auswirkungen** zu betrachten. Da sich die Freisetzungsmechanismen je nach Schadensbild, Abfall und Lagerstätte deutlich voneinander unterscheiden, ist eine allgemeine verbindliche Aussage über die radiologischen Auswirkungen nicht möglich. Stattdessen kann hilfsweise ein gut untersuchtes und für die hier betrachteten Fälle sehr abdeckendes Szenario zur Bewertung herangezogen werden: der Absturz eines Fasses bei der Handhabung.

Beim **Absturz eines Fasses** bei der Handhabung wird ein Versagen des Fasses unterstellt, bei dem der Inhalt durch den Absturz freigesetzt wird. Die im Fass gelagerten radioaktiven Stoffe verteilen sich dabei über eine größere Fläche, trockene Materialien können Stäube freisetzen, die sich in der Luft verteilen.

Im Rahmen der Störfallanalysen zum Endlager Konrad hat es detaillierte Untersuchungen von Freisetzungen durch Gebindeabstürze gegeben. Für den Absturz eines Gebindes der Abfallproduktgruppe (APG) 1 – diese Abfallproduktgruppe bietet den geringsten Widerstand gegen äußere Einwirkungen und führt somit zu den größten Freisetzungen – kommt es dabei zur **Freisetzung von Aerosolen** verschiedener Größen. Größere Aerosole sedimentieren in der Nähe der Freisetzung wieder, nur kleine Aerosole können in nennenswerter Menge durch die Luft forttransportiert werden. Weit weniger als 1/1000 der Aktivität wird durch lungengängige Aerosole freigesetzt. Diese Betrachtung deckt die Freisetzungen für ein durchgerostetes Fass um mehrere Größenordnungen ab, da beim Integritätsverlust infolge Durchrostens keine treibende Kraft zur effektiven Zerstäubung der Aktivität zur Verfügung steht.

Schon bei einem Absturz auf einer **Freifläche außerhalb von Gebäuden** ist die Aktivitätsfreisetzung oft so gering, dass an der Grenze des Betriebsgeländes keine nennenswerte Dosis mehr berechnet wird. Eine Überschreitung der Grenzwerte für Störfälle gemäß § 49 StrlSchV ist schon in diesem Fall ausgeschlossen.

Für **Zwischenlagerhallen für nicht Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle** werden die Folgen eines Gebindeabsturzes im Genehmigungsverfahren untersucht. Durch die zusätzliche Rückhaltewirkung des Gebäudes, die Be- und Entlüftung sowie eine ggf. vorhandene Filterung ist die Freisetzung aus dem Lagergebäude nochmals sehr viel kleiner als bei einer Freisetzung im Freien.

Für den im KKB vorgefundenen Fall von **durchgerosteten Fässern in den Kavernen** in den Anlagenräumen kann eine Freisetzung in die Umgebung praktisch ausgeschlossen werden. Die Räume, in denen sich die Kavernen befinden, gehören zum Kontrollbereich des Kraftwerkes. Ein unkontrolliertes Entweichen von luftgetragener Aktivität wird durch die Unterdruckhaltung im Kontrollbereich verhindert. Die Abluft wird gefiltert, freigesetzte Aktivitäten werden gemessen und bilanziert. Die Kavernen sind durch mehrere Schichten Beton und Isoliermaterial gegen das Grundwasser abgeschirmt. Eine Freisetzung in die Umgebung, einschließlich des Grundwassers, ist ausgeschlossen. Ein Überschreiten der genehmigten Abgabewerte ist durch die Freisetzung von Aktivität aus durchgerosteten Fässern nicht zu unterstellen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt für die sicherheitstechnische Bewertung ist die Frage, wieweit eine einer Nuklearanlage angemessene **Sicherheitskultur** vorhanden ist. Die Sicherheitskultur ist ein zentraler Bestandteil der kerntechnischen Sicherheit. Denn nur durch eine hochstehende Sicherheitskultur wird gewährleistet, dass Sicherheit bei der Betriebsführung an die erste Stelle gestellt und durch umsichtige Überwachungsmaßnahmen die Anforderungen der verschiedenen Vorschriften auch aktiv eingehalten werden.

Die im KKB vorgefundene Situation in den Kavernen zeigt, dass es **Mängel** in der Sicherheitskultur gegeben hat. Hier wurden radioaktive Abfälle in ungeeigneter Weise längerfristig im Kraftwerk abgestellt, ohne dass der Zustand regelmäßig kontrolliert wurde. Obwohl ein Alterungsmanagementsystem eingeführt wurde, ist seitens der Betriebsführung den Hinweisen auf mögliche Korrosionsmechanismen an den Fässern durch entsprechende Inspektionen nicht nachgegangen worden. Auch der weitere Weg der Abfälle war nicht vorausgeplant. Teilweise war bis zur jetzt durchgeführten Inspektion nicht einmal klar, wie sich die Abfälle auf die Kavernen verteilen. Probleme bei der langfristigen Zwischenlagerung dieser Abfälle waren seit Jahren bekannt und kommuniziert – ihnen wurde jedoch nicht in ausreichendem Maße nachgegangen. Ein solches Verhalten dient nicht der Aufrechterhaltung der allgemeinen Sicherheit in der Anlage.

Auch wenn eine Freisetzung in die Umgebung unter den derzeitigen Umständen ausgeschlossen werden kann, so ist die **Handhabbarkeit der Gebinde** stets sicherzustellen. Das folgt aus den Schutzzielen „Vermeidung und Minimierung von Strahlenexposition und Kontamination von Mensch und

Umwelt“. Daraus ist auch die Anforderung der sicheren Handhabbarkeit und Transportierbarkeit abzuleiten. Denn gut handhabbare und transportierbare Gebinde erfordern im Allgemeinen kürzere Handhabungs- und Umgangszeiten mit den radioaktiven Gebinden. Die Minimierung der Strahlenexposition der Mitarbeiter ist deshalb bei intakten Gebinden grundsätzlich besser gewährleistet. Die Handhabbarkeit ist derzeit bei einer ganzen Reihe der Gebinde aus den Kavernen im Kernkraftwerk Brunsbüttel massiv eingeschränkt bzw. sogar nicht gegeben.

Weiterhin ist es aufgrund des eingetretenen Integritätsverlustes an einigen Fässern und dem teilweisen Austritt von radioaktiven Abfällen zu einer massiven **Kontamination der Kavernen** gekommen. Die Bergung der Fässer sowie die Beseitigung der Kontamination sollten zwar für eine kerntechnische Einrichtung problemlos möglich sein, die zusätzlich erforderlichen Arbeiten im Strahlungsfeld sind – sofern nicht fernbedient möglich - mit einer zusätzlichen Strahlenexposition des Personals verbunden. Die Befunde in den Kavernen zeigen, dass hier in erheblichem Maße der „Faktor Mensch“ versagt hat – auch wenn es aktuell nicht zu sicherheitskritischen Folgen gekommen ist. Für die Aufarbeitung solcher Ereignisse steht das Mittel der MTO (Mensch-Technik-Organisation)-Analyse zur Verfügung, um Abhilfemaßnahmen zu entwickeln, die solche und ähnlich gelagerte Fälle für die Zukunft sicher ausschließen.

5 Lagerstättenkataster

In dem nachfolgend dargestellten Kataster sind die Lagerstätten an den Standorten der kerntechnischen Einrichtungen in Schleswig-Holstein erfasst. Nicht erfasst sind die radioaktiven Abfälle, die als Roh- oder vorbehandelte radioaktive Abfälle an externe Dienstleister zur Konditionierung versandt und auch z.B. in den externen Zwischenlagern aufbewahrt werden. In den folgenden Darstellungen sind Orte in denen Abfall betrieblich gesammelt oder sortiert und hierfür gepuffert wird, nicht mit aufgenommen. Dies betrifft z.B. betrieblich erfasste Sammelbehälter, eigens z.B. für Sortierung ausgewiesene Räume oder auch Tonnen zur täglichen Abfallsammlung. Die Angaben beruhen auf Informationen der Betreiber zu bestimmten Zeitpunkten. Die aktuellen Bestandszahlen der Gebinde können auf Grund von betrieblichen Zu- und Abgängen variieren.

5.1 Standort: Brunsbüttel

5.1.1 Lager innerhalb KKW-Gebäude / Kontrollbereich

Die Gebäudeteile ZA (Reaktorgebäude) und ZC (Feststofflager) gehören zum Kontrollbereich des Kernkraftwerks Brunsbüttel. Bis auf die Kavernen I bis IV und VI sind die Räume direkt an die Lüftungsanlage angeschlossen. Die Lüftungsanlage dient zur Klimatisierung und Unterdruckhaltung im Gebäude und zur Aufrechterhaltung einer gerichteten Luftströmung. Die Abluft aus dem Kontrollbereich wird vor Abgabe über den Kamin über Mess- und Filtereinrichtungen zur Überwachung der Abgaben geführt.

Das **KKW Brunsbüttel** lagert radioaktive Abfälle überwiegend am Standort. Die Zwischenlagerzeit ist vom Betriebsregime nicht begrenzt. Aus der Abwasseraufbereitung resultieren über Filteranlagen herausgefilterte Rückstände, die in der am Standort vorhandenen Aufbereitungsanlage in trockenes Pulver (Filterkonzentrate) überführt wird. Flüssige radioaktive Abfälle aus dem Sumpfsystem und Abwässer aus Wartungs- und Reinigungsarbeiten werden in der Abwasseraufbereitungsanlage verdampft. Die aufkonzentrierten Rückstände fallen entweder pulverförmig oder als Salzblock an und werden in Fässer verpackt. Die Zwischenlagerung bis zur Endlagerung erfolgt am Standort. Feste radioaktive Abfälle wie Lappen, Folien, Filter, Anlagenteile und weitere flüssige Abfälle werden als Rohabfall unterschieden nach brennbaren und nicht brennbaren Abfällen gesammelt. Weitere Abfallfraktionen siehe Kap.2.3.5.

Am Standort steht eine Lagerkapazität von ca. 15.000 m³ zur Verfügung. Als Lagereinrichtungen für radioaktive Abfälle werden genutzt:

- Transportbereitstellungshalle TBH I (konditionierte Abfälle, Rohabfälle),
- Transportbereitstellungshalle TBH II (konditionierte Abfälle),
- 6 Kavernen, Kellerräume im Reaktorgebäude

- Fasslager, Keller unterhalb Reaktorgebäude
- Feststofflager, unterhalb heiße Werkstatt,
- Heißes Labor,
- Lager für Rückstellproben,
- Lager für Prüfstrahler,

Lagerstätte:	Kernkraftwerk <ul style="list-style-type: none"> • Fasslager <ul style="list-style-type: none"> > Gebäudeteil, ZA 03.42 			
Beschreibung der Lagerstätte:	Belüfteter, begehbare Raum im Kontrollbereich (Sperrbereich). Das älteste Fass stammt aus dem Jahr 1987			
Größe:	ca. 160 m ² /735m ³			
Überwachungseinrichtungen:	Kontrollbereichsüberwachung			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
	Sichtkontrolle bei Handhabung	In 2014		
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	Es wurden Lackauffälligkeiten mit lokaler Korrosion festgestellt. Es mussten 2 Fässer (200l) aufgrund von Abweichungen vom Sollzustand in 400l Überfässer gestellt werden.			
Aktueller Inhalt:	23 Stahlfässer, Verdampferkonzentrat (VKZ) 18; Filterkonzentrat (FKZ) 5			

Lagerstätte:	Kernkraftwerk <ul style="list-style-type: none"> • Feststofflager <ul style="list-style-type: none"> > Gebäudeteil, ZC 01.03 			
Beschreibung der Lagerstätte:	Belüftete, begehbare Räume (teilweise Sperrbereich), unterhalb der Heißen Werkstatt. Hier wird bis zur Konditionierung, durch z.B. Verpressen oder Verbrennen für einen gewissen Zeitraum Abfall gesammelt.			
Größe:	ca. 100 m ²			
Überwachungseinrichtungen:	kontinuierliche Messung der Aerosole in der Raumluft, Dosisleistungsmessungen			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
	Sichtkontrolle bei Handhabung	entfällt	entfällt	entfällt
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	keine			
Aktueller Inhalt:	brennbarer Mischabfall, 180 l Fässer mit nicht brennbarem Mischabfall in Stahlfässern und Ballen			

Die Kavernen im Kernkraftwerk Brunsbüttel sind durch Betonabdeckriegel verschlossen. Taupunktunterschreitungen sind nicht ausgeschlossen.

Die am Kraftwerksstandort vorhandenen Kavernen wurden ab 1979 für die Zwischenlagerung von Rohabfällen befüllt. In Kaverne 5 wurden die so genannten Mol-Fässer zwischengelagert. Dabei handelt es sich um betonierte Aschen und Komponenten u.a. aus dem KKW Brunsbüttel, die in den 1980er Jahren im belgischen Mol konditioniert wurden.

Für Konditionierungskampagnen ist die Öffnung der Kavernen erforderlich. Über der Kaverne sind dann kontinuierliche Messeinrichtungen (Dosisleistungs- und Aerosolmessungen) installiert.

Visuelle Kontrollen erfolgten in der Vergangenheit nur – soweit von oben einsehbar – bei Ein- und Umlagerungsvorgängen sowie bei Konditionierungskampagnen und damit über viele Jahre nicht. Im Jahr 2014 fand eine umfassende Inspektion aller Kavernen mittels einer Kamera auf Betreiben der Atomaufsicht statt.

Lagerstätte:	Kernkraftwerk • Kaverne 1			
Beschreibung der Lagerstätte:	Mit Betonriegeln abgedeckte, nicht begehbare und nicht belüftete 7 m tiefe Lagerstätte im Keller. (Sperrbereich).			
Größe:	ca. 65 m ³			
Überwachungseinrichtungen:	Kontrollbereichsüberwachung, keine spezifische Raumüberwachung			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
	visuelle Inspektion mit fernbedienter Kamera	23.09.14-01.10.14	mit Beteiligung des TÜV NORD	
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	Korrosion an einzelnen Stahlfässern, Deformation eines Stahlfasses, Folie und Ablagerungen auf dem Kavernenboden. Von 120 Fässern sind 64 stark beschädigt			
Aktueller Inhalt:	120 Stahlfässer mit: VKZ: 88 FKZ: 32			

Lagerstätte:	Kernkraftwerk • Kaverne 2			
Beschreibung der Lagerstätte:	Mit Betonriegeln abgedeckte, nicht begehbare und nicht belüftete 7 m tiefe Lagerstätte im Keller. (Sperrbereich)			
Größe:	ca. 65 m ³			
Überwachungseinrichtungen:	Kontrollbereichsüberwachung, keine spezifische Raumüberwachung			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
	visuelle Inspektion mit fernbedienter Kamera	12.08.14-28.08.14	mit Beteiligung des TÜV NORD	
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	Korrosion an einzelnen Stahlfässern, Folie mit zäher Flüssigkeit und Ablagerungen auf dem Kavernenboden. Kaverne ist mit Trocknungseinrichtung versehen. Von 118 Fässern sind 20 stark beschädigt.			

Aktueller Inhalt:	118 Stahlfässer mit: VKZ: 88 FKZ: 30
--------------------------	--

Lagerstätte:	Kernkraftwerk • Kaverne 3			
Beschreibung der Lagerstätte:	Mit Betonriegeln abgedeckte, nicht begehbare und nicht belüftete 7 m tiefe Lagerstätte im Keller. (Sperrbereich)			
Größe:	ca. 65 m ³			
Überwachungseinrichtungen:	Kontrollbereichsüberwachung, keine spezifische Raumüberwachung			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
	Visuelle Kontrollen im Rahmen von Konditionierungskampagnen; visuelle Inspektion mit fernbedienter Kamera	14.10.14-20.10.14	mit Beteiligung des TÜV NORD	
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	Korrosion an einzelnen Stahlfässern. Von 74 Fässern sind 34 stark beschädigt.			
Aktueller Inhalt:	74 Stahlfässer mit: VKZ: 71, davon befinden sich mehrere Fässer bereits in einem Überfass 3 Fässer „sonstige“ 200 l RRF (kein FKZ, VKZ)			

Lagerstätte:	Kernkraftwerk • Kaverne 4			
Beschreibung der Lagerstätte:	Mit Betonriegeln abgedeckte, nicht begehbare und nicht belüftete 7 m tiefe Lagerstätte. (Sperrbereich)			
Größe:	ca. 65 m ³			
Überwachungseinrichtungen:	Kontrollbereichsüberwachung, keine spezifische Raumüberwachung			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
	visuelle Inspektion mit fernbedienter Kamera	27.01.14-06.02.14	mit Beteiligung des TÜV NORD	
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	Korrosion an einzelnen Stahlfässern. Von 70 Fässern sind 18 stark beschädigt.			
Aktueller Inhalt:	70 Stahlfässer mit: FKZ:67 VKZ: 3			

Lagerstätte:	Kernkraftwerk • Kaverne 5			
Beschreibung der Lagerstätte:	Mit Betonriegeln abgedeckte, nicht begehbare und nicht belüftete 7 m tiefe Lagerstätte. (Sperrbereich)			
Größe:	ca. 71 m ³			
Überwachungseinrichtungen:	Kontrollbereichsüberwachung, keine spezifische Raumüberwachung			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung

	visuelle Inspektion mit fernbedienter Kamera	23.06.14-02.07.14	Inspektion der Gebinde (+Mol-Fässer) erfolgte mit Beteiligung des TÜV NORD	
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	keine wesentlichen Auffälligkeiten			
Aktueller Inhalt:	6 Gebinde mit Kerneinbauten. 8 Lagergestelle mit je einem YU-Zwangsumwälzpumpenläufer. (Zum Zeitpunkt der Inspektion befanden sich zusätzlich noch 21 Fässer mit betonierter Asche (Mol-Fässer) in der Kaverne 5, Auslagerung und Abtransport erfolgte im Dezember 2014)			

Lagerstätte:	Kernkraftwerk <ul style="list-style-type: none"> • Kaverne 6 			
Beschreibung der Lagerstätte:	Mit Betonriegeln abgedeckte, nicht begehbare und nicht belüftete 7 m tiefe Lagerstätte. (Sperrbereich)			
Größe:	ca. 393 m ³			
Überwachungseinrichtungen:	Kontrollbereichsüberwachung, keine spezifische Raumüberwachung			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
	visuelle Inspektion mit fernbedienter Kamera	24.11.14-27.11.14	mit Beteiligung des TÜV NORD	
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	Korrosion an einzelnen Stahlfässern. Von 164 sind 24 Fässer nicht vollständig einsehbar. 9 Fässer stark geschädigt.			
Aktueller Inhalt:	221 Stahlfässer mit: VKZ: 18 FKZ: 203 Kerneinbauten (Wasserdampfabscheider) + 23 Fässer Material aus Umbaumaßnahmen			

Lagerstätte:	Kernkraftwerk <ul style="list-style-type: none"> • Lager für Rückstellproben > ZU 07.14 			
Beschreibung der Lagerstätte:	Begehbare und belüftete Räume, oberirdisch, Tresore und abgeschlossene Schränke			
Größe:	ca. 2,5 m ³			
Überwachungseinrichtungen:	keine			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
	Sichtkontrolle bei Handhabung	entfällt	entfällt	entfällt
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	keine			
Aktueller Inhalt:	Temporäre Lagerung von Rückstellproben in diversen Probenahmegefäßen aus Entsorgungskampagnen			

Lagerstätte:	Kernkraftwerk
---------------------	---------------

	<ul style="list-style-type: none"> Lager für Rückstellproben > ZE 04.16 			
Beschreibung der Lagerstätte:	Begehbare und belüftete Räume, oberirdisch, Tresore und abgeschlossene Schränke und Bündel			
Größe:	0,5 m ³			
Überwachungseinrichtungen:	keine			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
	Sichtkontrolle bei Handhabung, anschließend Rückstellproben	entfällt	entfällt	entfällt
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	keine			
Aktueller Inhalt:	Temporäre Lagerung von Rückstellproben in diversen Probegefäßen aus Entsorgungskampagnen			

5.1.2 Lager auf dem KKW-Gelände / Kontrollbereich

Die Transportbereitstellungshallen I und II sind separate Gebäude auf dem Gelände des Kernkraftwerks Brunsbüttel. Sie verfügen über eine Lüftungsanlage die für eine gerichtete Luftströmung und Klimatisierung sorgt. Die Raumluft wird durch kontinuierliche Aerosolprobenahme mit wöchentlicher Auswertung überwacht. Bei Bedarf ist eine Abluftfilterung möglich.

Lagerstätte:	Transportbereitstellungshalle I			
Beschreibung der Lagerstätte:	Freistehende Halle mit Hochwasserschutz			
Größe:	1070 m ²			
Überwachungseinrichtungen:	Objektschutz- und Strahlenschutzüberwachung, jährliche Kontaminationsmessungen			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
Genehmigungsaufgabe	Jährliche Begehung mit Sachverständigen (seit Dezember 2014 gemäß ST015 (V))	09.09.2014	09.09.2014	2015
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	keine			
Aktueller Inhalt:	1000 Gebinde mit VKZ, FKZ, Presslinge, Stahlschrott, Bauschutt, Mischabfälle, Kerneinbauteile, Korrosionsprodukte und betonierte Asche. Art der Behältnisse: Schwere Abschirmbehälter, Fässer in „Verlorener Betonabschirmung“, Betoncontainer, Stahlblechcontainer, Gusscontainer und Stahlfässer.			

Lagerstätte:	Transportbereitstellungshalle II
---------------------	----------------------------------

Beschreibung der Lagerstätte:	Freistehende Halle mit Hochwasserschutz			
Größe:	1060m ²			
Überwachungseinrichtungen:	Objektschutz- und Strahlenschutzüberwachung, jährliche Kontaminationsmessung			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
Genehmigungsaufgabe	Jährliche Begehung mit Sachverständigen ((seit Dezember 2014 gemäß ST027 (V))	06.11.14	06.11.14	2015
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	keine			
Aktueller Inhalt:	147 Gebinde (davon 45 aus KKK mit FKZ), Presslinge und Kernbauteile, Art der Behältnisse: KONRAD Typ V und VI Container, MOSAIK II Behälter			

5.2 Standort: Krümmel – innerhalb KKW-Gebäude / Kontrollbereich

Am Standort des **KKW Krümmel** befinden sich Zwischenlagerkapazitäten von ca. 1700 m³. Als Zwischenlager werden ebenfalls Kavernen und ein Fasslager genutzt. Außerdem werden konditionierte Abfälle außerhalb von Schleswig-Holstein zwischengelagert, siehe Kapitel 2.7.2.

Das älteste Gebinde wurde 1986 befüllt und seitdem im Fasslager aufbewahrt. Das Einlagern von neuen Gebinden unterliegt einem betrieblichen Prozess und wird nach Bedarf durchgeführt.

Es erfolgt ein regelmäßiger Abtransport von radioaktiven Abfällen zu externen Konditionierungsstätten oder zu externen Aufbewahrungsmöglichkeiten (Transportbereitstellungshalle Brunsbüttel TBH 2, Zwischenlager Ahaus, Zwischenlager Gorleben).

Lagerstätte:	Kernkraftwerk Krümmel, Kontrollbereich, Große Kaverne C 01.01			
Beschreibung der Lagerstätte:	Mit Betonriegeln abgedeckte, nicht begehbare Lagerstätte.			
Größe:	C 01.01 (Große Kaverne): 590 m ³ , entspricht ca. 180 St. 200 l-Fässer			
Überwachungseinrichtungen:	Alle Räume des Kontrollbereichs sind Bestandteil des nuklearen Lüftungssystems und werden gemäß den Vorgaben aus dem Betriebshandbuch betrieben.			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
	Visuelle Inspektion unter Zuhilfenahme von Videotechnik	Juni bis Dezember 2012	entfällt	
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	Keine			

Aktueller Inhalt:	134 Fässer
--------------------------	------------

Lagerstätte:	Kernkraftwerk Krümmel, Kontrollbereich, Kleine Kaverne C 01.02			
Beschreibung der Lagerstätte:	Mit Betonriegeln abgedeckte, nicht begehbare Lagerstätte.			
Größe:	C 01.02 (Kleine Kaverne): 200 m ³ , entspricht ca. 60 St. 200 l-Fässer			
Überwachungseinrichtungen:	Alle Räume des Kontrollbereichs sind Bestandteil des nuklearen Lüftungssystems und werden gemäß den Vorgaben aus dem Betriebshandbuch betrieben. Die kleine Kaverne ist über die s.g. „Heiße Werkstatt“ mit in das System eingebunden.			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
	Visuelle Inspektion unter Zuhilfenahme von Videotechnik	Juni bis Dezember 2012	entfällt	
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	Keine			
Aktueller Inhalt:	55 Fässer			

Lagerstätte:	Kernkraftwerk Krümmel, Kontrollbereich, Fasslager C 01.05			
Beschreibung der Lagerstätte:	Mit Betonriegeln abgedeckte, zu Inspektionszwecken nicht zu begehende Lagerstätte.			
Größe:	C 01.05 (Fasslager): ca. 560 m ³ , 1235 St. 200 l-Fässer			
Überwachungseinrichtungen:	Alle Räume des Kontrollbereichs sind Bestandteil des nuklearen Lüftungssystems und werden gemäß den Vorgaben aus dem Betriebshandbuch betrieben.			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
Wiederkehrende Prüfung TT 81.1 (wird überarbeitet)	Visuelle Inspektion unter Zuhilfenahme von Videotechnik	Juni bis Dezember 2012	entfällt	2022
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	Keine			
Aktueller Inhalt:	1003 Fässer			

Lagerstätte:	Kernkraftwerk Krümmel, Kontrollbereich, Lager für leicht aktive Teile C 01.06			
Beschreibung der Lagerstätte:	Begehbare und belüftete Räume,			
Größe:	C 01.06 (leicht aktive Teile) ca. 60 m ³ , entspricht ca. 120 St. 200 l-Fässer			
Überwachungseinrichtungen:	Alle Räume des Kontrollbereichs sind Bestandteil des nuklearen Lüftungssystems und werden gemäß den Vorgaben aus dem Betriebshandbuch betrieben.			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
	Sichtkontrolle bei Handhabung	entfällt	entfällt	entfällt

Bisherige Befunde/Maßnahmen:	Keine
Aktueller Inhalt:	Keine Rohabfälle und Konditionierten Gebinde

Lagerstätte:	Kernkraftwerk Krümmel, Kontrollbereich, ND-Pressen C 01.11			
Beschreibung der Lagerstätte:	Belüftete, begehbare Räume, Pufferlager für Fässer zur Verpressung			
Größe:	C 01.11 : 80 m ³ , entspricht ca. 160 St. 200 l-Fässer			
Überwachungseinrichtungen:	Alle Räume des Kontrollbereichs sind Bestandteil des nuklearen Lüftungssystems und werden gemäß den Vorgaben aus dem Betriebshandbuch betrieben.			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
	Sichtkontrolle bei Handhabung	entfällt	entfällt	entfällt
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	Keine			
Aktueller Inhalt:	48 Gebinde			

Lagerstätte:	Kernkraftwerk Krümmel, Kontrollbereich, Öl-Lager W 42.03			
Beschreibung der Lagerstätte:	Belüftete, begehbare Räume			
Größe:	W 42.03 (Öl-Lager): ca. 27 m ³ , entspricht ca. 60 St. 200 l-Fässer			
Überwachungseinrichtungen:	Alle Räume des Kontrollbereichs sind Bestandteil des nuklearen Lüftungssystems und werden gemäß den Vorgaben aus dem Betriebshandbuch betrieben.			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
	Sichtkontrolle bei Handhabung	entfällt	entfällt	entfällt
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	Keine			
Aktueller Inhalt:	Keine Rohabfälle und Konditionierten Gebinde			

Lagerstätte:	Kernkraftwerk Krümmel, Kontrollbereich, W 42.06			
Beschreibung der Lagerstätte:	Belüftete, begehbare Räume			
Größe:	W 42.06 : 5 m ³ , entspricht ca. 10 St. 200 l-Fässer			
Überwachungseinrichtungen:	Alle Räume des Kontrollbereichs sind Bestandteil des nuklearen Lüftungssystems und werden gemäß den Vorgaben aus dem Betriebshandbuch betrieben.			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
	Sichtkontrolle bei Handhabung	entfällt	entfällt	entfällt
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	Keine			
Aktueller Inhalt:	Keine Rohabfälle und Konditionierten Gebinde			

Lagerstätte:	Kernkraftwerk Krümmel, Kontrollbereich, Bereitstellung Behälter W 42.09			
Beschreibung der Lagerstätte:	Belüftete, begehbare Räume			
Größe:	W 42.09 (Bereitstellung): 100 m ³ , entspricht ca. 200 St. 200 l-Fässer			
Überwachungseinrichtungen:	Alle Räume des Kontrollbereichs sind Bestandteil des nuklearen Lüftungssystems und werden gemäß den Vorgaben aus dem Betriebshandbuch betrieben.			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
	Sichtkontrolle bei Handhabung	entfällt	entfällt	entfällt
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	Keine			
Aktueller Inhalt:	Keine Rohabfälle und Konditionierten Gebinde			

Lagerstätte:	Kernkraftwerk Krümmel, Kontrollbereich, W 42.10			
Beschreibung der Lagerstätte:	Belüftete, begehbare Räume			
Größe:	W 42.10 : ca. 120 m ³ , entspricht 120 St. 200 - 400 l-Fässer			
Überwachungseinrichtungen:	Alle Räume des Kontrollbereichs sind Bestandteil des nuklearen Lüftungssystems und werden gemäß den Vorgaben aus dem Betriebshandbuch betrieben.			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
	Sichtkontrolle bei Handhabung	entfällt	entfällt	entfällt
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	Keine			
Aktueller Inhalt:	79 Gebinde			

5.3 Standort: Brokdorf

Am Standort des **KKW Brokdorf** besteht keine Lagereinrichtung für eine langfristige Zwischenlagerung. Anfallende Abfälle werden als Rohabfälle maximal 3 bis 4 Jahre am Anlagenstandort gelagert (Lagerkapazität 560 m³), die Lagerzeit kann in Einzelfällen aber stark abweichen. Dafür stehen im Wesentlichen ein Lagergebäude und zwei Fasslager zur Verfügung.

Die Konditionierung der Abfälle erfolgt kampagnenweise z.B. für Verdampferkonzentrate mit einer mobilen Trocknungsanlage durch einen Dienstleister im KBR. Ziel ist, ein Abfallprodukt der Kategorie K (K = endlagergerecht konditioniert) herzustellen. Die Zwischenlagerung der endlagergerecht konditionierten Abfallgebände erfolgt dann in den externen Zwischenlagern Gorleben oder Ahaus.

Die Abfallgebinde werden bis zum Abtransport zur externen Konditionierung bzw. zur internen Konditionierung / endlagergerechten Verpackung gesammelt. Das älteste gelagerte Gebinde stammt aus 1986 (Filterkerzen); tägliche Ein- und kontinuierliche Auslagerung.

5.3.1 Innerhalb KKW-Gebäude / Kontrollbereich

Lagerstätte:	ZC0103 Fasslager für Konzentrat und feste Abfälle/ZC0104			
Beschreibung der Lagerstätte:	<ul style="list-style-type: none"> • Gerichtete Luftführung • Entlüftung der Messeinrichtungen und Filtereinrichtungen • Eine Klimatisierung verhindert eine Taupunktunterschreitung 			
Größe:	560 m ³ Gesamtvolumen bei KBR			
Überwachungseinrichtungen:	Gemäß BHB des KBR			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
Die Abläufe im Bereich der Entsorgung sind ausführlich u.a. im Betriebshandbuch, insbesondere der Strahlenschutzordnung und zugeordneten Anweisungen beschrieben. Es gab und gibt regelmäßige Kontrollen der Gebinde. Die Kontrolle ist abhängig von der Ortsdosisleistung in den Lagerräumen. Die Dokumentation erfolgt bei Auffälligkeiten.	Visuelle Kontrolle bei Ein- und Auslagerung bzw. Begehungen im Zeitintervall < 30 Tage soweit die Gebinde im Lagerverbund einsehbar sind.	Letzte Kontrolle im Dezember 2014	Es fanden und finden Kontrollen der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde statt.	Februar 2015
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	Bei visuellen Kontrollen im Rahmen von Ein- und Auslagerungen bzw. Begehungen wurde im Januar 2001 an 4 Gebinden Lochfraß festgestellt und der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde mitgeteilt. Es wurden von der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde und dem Sachverständigen keine weiteren Maßnahmen festgelegt. Ein Umpacken von Gebinden aufgrund von Schäden war bisher nicht erforderlich.			
Aktueller Inhalt:	326 Stück Presstrommeln / 180L 75 Stück Fässer / 200L 3 Stück MOSAIK (Gussbehälter)			

Lagerstätte:	ZC0115			
Beschreibung der Lagerstätte:	<ul style="list-style-type: none"> • Gerichtete Luftführung • Entlüftung der Messeinrichtungen und Filtereinrichtungen • Eine Klimatisierung verhindert eine Taupunktunterschreitung 			
Größe:	560 m ³ Gesamtvolumen bei KBR			
Überwachungseinrichtungen:	Gemäß BHB des KBR			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
Die Abläufe im Bereich der Entsorgung sind ausführlich u.a. im Betriebshandbuch, insbe-	Visuelle Kontrolle bei Ein- und Auslagerung	Letzte Kontrolle im Dezember 2014	Es fanden und finden Kontrollen der atomrechtli-	Februar 2015

sondere der Strahlenschutzordnung und zugeordneten Anweisungen beschrieben. Es gab und gibt regelmäßige Kontrollen der Gebinde. Die Kontrolle ist abhängig von der Ortsdosisleistung in den Lagerräumen. Die Dokumentation erfolgt bei Auffälligkeiten.	bzw. Begehungen im Zeitintervall < 30 Tage soweit die Gebinde im Lagerverbund einsehbar sind.		chen Aufsichtsbehörde statt.	
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	Bei visuellen Kontrollen im Rahmen von Ein- und Auslagerungen bzw. Begehungen wurden bis heute noch keine Auffälligkeiten festgestellt. Ein Umpacken von Gebinden aufgrund von Schäden war bisher nicht erforderlich.			
Aktueller Inhalt:	9 Stück Presstrommeln / 180L			

Lagerstätte:	Kernkraftwerk <ul style="list-style-type: none"> Fasslager für Filtereinsätze > ZC-0101 			
Beschreibung der Lagerstätte:	<ul style="list-style-type: none"> Gerichtete Luftführung Entlüftung der Messeinrichtungen und Filtereinrichtungen Eine Klimatisierung verhindert eine Taupunktunterschreitung 			
Größe:	560 m ³ Gesamtvolumen bei KBR			
Überwachungseinrichtungen:	Gemäß BHB des KBR			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
Die Abläufe im Bereich der Entsorgung sind ausführlich u.a. im Betriebshandbuch, insbesondere der Strahlenschutzordnung und zugeordneten Anweisungen beschrieben. Es gab und gibt regelmäßige Kontrollen der Gebinde. Die Kontrolle ist abhängig von der Ortsdosisleistung in den Lagerräumen. Die Dokumentation erfolgt bei Auffälligkeiten und über eine Wiederkehrende Prüfmappe.	Es findet eine visuelle Kontrolle bei Ein- und Auslagerung bzw. Begehungen statt. Es findet eine fernhantierte Kontrolle mittels Kamertechnik und Krananlagen im Zeitraum von 5 Jahren (100% Prüfung, auch am Gebindeboden) statt.	Visuelle Kontrollen finden bei Ein- und Auslagerung bzw. Begehungen statt. Eine fernhantierte Kontrolle fand im 1ten Quartal 2013 statt (nächste Kontrolle im 1ten Quartal 2018).	Es fanden und finden Kontrollen der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde statt.	Februar 2015
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	Bei visuellen Kontrollen im Rahmen von Ein- und Auslagerungen bzw. Begehungen und bei der fernhantierten Kontrolle wurden bis heute noch keine Auffälligkeiten festgestellt. Ein Umpacken von Gebinden aufgrund von Schäden war bisher nicht erforderlich.			
Aktueller Inhalt:	3 Stück Presstrommeln / 180L 140 Stück Fässer / 200L 2 Stück MOSAIK (Gussbehälter) 1 Stück Fässer / 400L			

Lagerstätte:	ZD0207			
Beschreibung der Lagerstätte:	<ul style="list-style-type: none"> • Gerichtete Luftführung • Entlüftung der Messeinrichtungen und Filtereinrichtungen • Eine Klimatisierung verhindert eine Taupunktunterschreitung 			
Größe:	560 m ³ Gesamtvolumen bei KBR			
Überwachungseinrichtungen:	Gemäß BHB des KBR			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
Die Abläufe im Bereich der Entsorgung sind ausführlich u.a. im Betriebshandbuch, insbesondere der Strahlenschutzordnung und zugeordneten Anweisungen beschrieben. Es gab und gibt regelmäßige Kontrollen der Gebinde. Die Kontrolle ist abhängig von der Ortsdosisleistung in den Lagerräumen. Die Dokumentation erfolgt bei Auffälligkeiten.	Visuelle Kontrollen bei Ein- und Auslagerung bzw. Begehungen im Zeitintervall < 30 Tage soweit die Gebinde im Lagerverbund einsehbar sind.	Letzte Kontrolle im Dezember 2014	Es fanden und finden Kontrollen der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde statt.	Februar 2015
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	Bei visuellen Kontrollen im Rahmen von Ein- und Auslagerungen bzw. Begehungen und bei der fernhantierten Kontrolle wurden bis heute noch keine Auffälligkeiten festgestellt. Ein Umpacken von Gebinden aufgrund von Schäden war bisher nicht erforderlich.			
Aktueller Inhalt:	22 Stück Presstrommeln / 180L 121 Stück Fässer / 200L			

5.3.2 Lager innerhalb KKW-Gelände / Kontrollbereich

Das Lager für kontaminierte Teile erhielt eine Genehmigung nach § 7 AtG am 20.02.1996

Lagerstätte:	Kernkraftwerk <ul style="list-style-type: none"> • Lager für kontaminierte Teile > ZD.09 			
Beschreibung der Lagerstätte:	<ul style="list-style-type: none"> • Gerichtete Luftführung • Eine Klimatisierung verhindert eine Taupunktunterschreitung 			
Größe:				
Überwachungseinrichtungen:				
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
Die Abläufe im Bereich der Entsorgung sind ausführlich u.a. im Betriebshandbuch, insbesondere der Strahlenschutzordnung und zugeordneten Anweisungen beschrieben. Es gab und gibt regelmäßige Kontrollen der Räume/ Gebäu-			Es fanden und finden Kontrollen der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde statt.	

de. Eine Dokumentation erfolgt bei Auffälligkeiten.				
Bisherige Befunde/Maßnahmen:				
Aktueller Inhalt:	Kontaminierte Werkzeuge für Wiederverwendung Gelegentlich Abfallbinde zur Bereitstellung			

5.4 Standort: Helmholtz-Zentrum Geesthacht

Die Landessammelstelle erzeugt im Vergleich zu den vorangegangenen Anlagen keine Abfälle durch Betrieb einer Anlage oder ähnliches. Sie übernimmt radioaktive Abfälle von Anwendern mit kleineren Mengen aus der Industrie, Forschung, Medizin usw. und ist damit verantwortlich für die Entsorgung dieser Abfälle.

Die Landessammelstelle befindet sich auf dem Standortgelände des Helmholtz-Zentrums Geesthacht und ist zuständig für die Abfälle aus den vier norddeutschen Ländern Hamburg, Bremen, Niedersachsen und Schleswig-Holstein. Der Anteil des Landes Niedersachsen ist seit Jahren ausgeschöpft, entsprechend werden aus Niedersachsen keine weiteren Abfälle angeliefert.

Die ältesten Gebinde wurden 1965 in die Landessammelstelle eingelagert; die eingelagerten Abfallbinde wurden 2000/2001 (bis auf wenige Ausnahmen) saniert, indem die Abfälle in Edelstahlfässer umgepackt und dabei vakuumgetrocknet wurden. Ein kleinerer Teil wurde lediglich getrocknet und in Stahlfässer umgepackt und die nicht sanierten Fässer wurden z.T. in Überfässer eingestellt. Bei der Abfallsanierung gab es verschiedene Überraschungen wie beispielsweise falsch deklarierte Abfallfässer.

Die ältesten heute noch dort lagernden Gebinde, die 2000/2001 nicht mit saniert wurden, stammen aus dem Jahr 1971, die neuesten wurden 2012 als Sammelfässer angelegt und zuletzt 2015 teilbefüllt. Regelmäßige Auslagerungen finden nicht statt. Die Gebinde verbleiben am Standort bis zur Ablieferung an ein Endlager. Das Sammelstellengebäude unterliegt einer intensiven Überwachung.

Die radioaktiven Abfälle umfassen ein breites Spektrum und liegen heute weitgehend in getrockneter, chemisch inerte Form vor. Eine endlagergerechte Konditionierung ist vor der Endlagerung erforderlich.

Lagerstätte:	Landessammelstelle			
Beschreibung der Lagerstätte:	Längerfristige, oberirdische Lagerung bis zur Abgabe an ein Bundesendlager			
Größe:	68 m ² Stellfläche			
Überwachungseinrichtungen:	Aerosolprobensammler mit wöchentlicher gammaspektrometrischer Auswertung des Aerosolfilters, zyklische Kontaminationsmessungen			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung

im Rahmen aufsichtlicher Begehungen	aufgrund der Korrosionsfestigkeit der Edelstahlgebinde und der Raumüberwachung sind die Gebinde nur bedingt zugänglich gestellt			
Wiederkehrende Prüfung gemäß Prüfhandbuch Lager, Prüfanweisung 33.01 Intervall: 6 m Betreiber, 1 a Sachverständiger	Messungen der Oberflächenkontamination im Kontrollbereich	10/2014	04/2014	04/2015
Wiederkehrende Prüfung gemäß Prüfhandbuch Lager, Prüfanweisung 33.02 Intervall: 6 m Betreiber, 1 a Sachverständiger	Messungen der Dosisleistung im Kontrollbereich sowie an den Grenzen von Kontrollbereich und Überwachungsbereich	10/2014	04/2014	04/2015
Wiederkehrende Prüfung gemäß Prüfhandbuch Lager, Prüfanweisung 33.03 Intervall: 1 w Betreiber, 1 a Sachverständiger	Messung der Aerosolaktivität im Kontrollbereich; Prüfung der Messergebnisse durch Sachverständigen	KW 03/2015	04/2014	KW 04/2015
Wiederkehrende Prüfung gemäß Prüfhandbuch Lager, Prüfanweisung 43.01 Intervall: 6 m Betreiber, 1 a Sachverständiger	Sichtprüfung auf Korrosionsfreiheit und mechanische Unversehrtheit	04/2014	04/2014	04/2015
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	In den Jahren 2000 und 2001 Umpacken des Inhalts von 132 Gebinden aufgrund beginnender Korrosion an den Behältern			
Aktueller Inhalt:	breites Spektrum von Abfällen, vakuumgetrocknet, chemisch inert (anorganisch fest, Mischabfälle, Strahlenquellen) in: <ul style="list-style-type: none"> • 200 l Edelstahlfass: 109 • 280 l Stahlfass: 4 • 200 l Stahlfass: 39 • 400 l Stahlfass: 14 			

Das Helmholtz-Zentrum Geesthacht ist eine Forschungseinrichtung, die neben Forschungsreaktoren und Experimentiereinrichtungen auch das mit einem Nuklearantrieb ausgestattete Forschungsschiff Otto Hahn betreute. Am Standort werden Abfälle aus diesen Aktivitäten zwischengelagert. Zur Verfügung stehen

- Bereitstellungshalle / HAKONA (Halle für Komponentennachuntersuchungen),
- Heiße Zellen (im heißen Labor),
- Heißes Labor,

- Forschungsreaktor,
- Sammelstelle

Zwischenlagerkapazität für Abfälle aus FRG und Otto-Hahn: 670 m³

Zwischenlagerkapazität für GKSS-Sammelstelle und Landessammelstelle 200 m³

Für die Lagerung des Reaktordruckbehälters Otto Hahn wurde zur Zwischenlagerung ein Senkschacht errichtet. Das Bauteil lagert dort als Rohabfall.

Die ältesten noch vorhandenen Gebinde wurden 1976 in die Sammelstelle HZG eingelagert, die neuesten 2014. Auslagerungen zur externen Volumenreduzierung erfolgen kampagnenweise, nicht regelmäßig. Die Gebinde verbleiben am Standort bis zur Ablieferung an ein Endlager.

Lagerstätte:	Sammelstelle HZG			
Beschreibung der Lagerstätte:	Längerfristige, oberirdische Lagerung bis zur Abgabe an ein Bundesendlager			
Größe:	112 m ² Stellfläche			
Überwachungseinrichtungen:	Aerosolprobensammler mit wöchentlicher gammaspektrometrischer Auswertung des Aerosolfilter, zyklische Kontaminationsmessungen			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
Wiederkehrende Prüfung gemäß Prüfhandbuch Lager, Prüfanweisung 33.01 Intervall: 6 m Betreiber, 1 a Sachverständiger	Messungen der Oberflächenkontamination im Kontrollbereich	10/2014	04/2014	04/2015
Wiederkehrende Prüfung gemäß Prüfhandbuch Lager, Prüfanweisung 33.02 Intervall: 6 m Betreiber, 1 a Sachverständiger	Messungen der Dosisleistung im Kontrollbereich sowie an den Grenzen von Kontrollbereich und Überwachungsbereich	10/2014	04/2014	04/2015
Wiederkehrende Prüfung gemäß Prüfhandbuch Lager, Prüfanweisung 33.03 Intervall: 1 w Betreiber, 1 a Sachverständiger	Messung der Aerosolaktivität im Kontrollbereich; Prüfung der Messergebnisse durch Sachverständigen	KW 03/2015	04/2014	KW 04/2015
Wiederkehrende Prüfung gemäß Prüfhandbuch Lager, Prüfanweisung 43.01 Intervall: 6 m Betreiber, 1 a Sachverständiger	Sichtprüfung auf Korrosionsfreiheit und mechanische Unversehrtheit	04/2014	04/2014	04/2015
Bisherige Befun-	Keine Verluste der Gebindeintegrität. Gebinde mit Korrosionsbefund werden			

de/Maßnahmen:	bei Bedarf in Überfässer eingestellt, bevor Durchrostungen auftreten können.
Aktueller Inhalt:	Feste brennbare und nicht brennbare Betriebsabfälle, trocken, chemisch inert, sowie Strahlenquellen: <ul style="list-style-type: none"> • 200 l Stahlfass: 261 • 280 l Stahlfass: 80 • 400 l Stahlfass: 14 • 570 l Stahlfass: 11 • Sondergebände: 3

Die ältesten in der Bereitstellungshalle noch vorhandenen Gebinde wurden 1972 erzeugt, die neuesten 2010. Auslagerungen zur externen Volumenreduzierung erfolgen kampagnenweise, nicht regelmäßig. Die Gebinde verbleiben am Standort bis zur Ablieferung an ein Endlager.

Lagerstätte:	Bereitstellungshalle			
Beschreibung der Lagerstätte:	Oberirdische Lagerung bis zur Abgabe an ein Bundesendlager sowie Transportbereitstellung			
Größe:	229 m ² Stellfläche			
Überwachungseinrichtungen:	Aerosolprobensammler mit wöchentlicher gammaspektrometrischer Auswertung des Aerosolfilters, zyklische Kontaminationsmessungen			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
Wiederkehrende Prüfung gemäß Prüfhandbuch Lager, Prüfanweisung 31.01 Intervall: 6 m Betreiber, 1 a Sachverständiger	Messungen der Oberflächenkontamination im Kontrollbereich	10/2014	04/2014	04/2015
Wiederkehrende Prüfung gemäß Prüfhandbuch Lager, Prüfanweisung 31.02 Intervall: 6 m Betreiber, 1 a Sachverständiger	Messungen der Dosisleistung im Kontrollbereich sowie an den Grenzen von Kontrollbereich und Überwachungsbereich	10/2014	04/2014	04/2015
Wiederkehrende Prüfung gemäß Prüfhandbuch Lager, Prüfanweisung 31.03 Intervall: 1 w Betreiber, 1 a Sachverständiger	Messung der Aerosolaktivität im Kontrollbereich; Prüfung der Messergebnisse durch Sachverständigen	KW 03/2015	04/2014	KW 04/2015
Wiederkehrende Prüfung gemäß Prüfhandbuch Lager, Prüfanweisung 41.01 Intervall: 1 a Betreiber, 1 a Sachverständiger	Sichtprüfung auf Korrosionsfreiheit und mechanische Unversehrtheit	04/2014	04/2014	04/2015
Wiederkehrende Prüfung gemäß Prüfhandbuch Lager, Prüfanweisung	Dokumentation gemäß Abfallkontrollrichtlinie	04/2014	04/2014	04/2015

sung 41.02 Intervall: 1 a Betreiber, 1 a Sachverständiger				
Wiederkehrende Prüfung gemäß Prüfhandbuch Lager, Prüfanweisung 41.03 Intervall: 1 a Betreiber, 1 a Sachverständiger	Messung der Ortsdosiswerte (Festkörperdosimeter) an der Grenze des Überwachungsbereichs	04/2014	04/2014	04/2015
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	Keine Verluste der Gebindeintegrität. Gebinde mit Korrosionsbefund werden bei Bedarf in Überfässer eingestellt, bevor Durchrostungen auftreten können.			
Aktueller Inhalt:	Feste nicht brennbare Betriebsabfälle, Strahlenquellen, 6 Bleizelleninnenboxen in KONRAD-Containern <ul style="list-style-type: none"> • 200 l Stahlfass: 182 • 280 l Stahlfass: 164 • 400 l Stahlfass: 32 • 570 l Stahlfass: 1 • Konrad-Container 6 sowie 32 Betonabschirmsteine (sehr geringfügig aktiviert)			

Alle Gebinde in der HAKONA wurden 1982 oder 1998 erzeugt und eingelagert. Der Inhalt von 20 Containern wurde 1998 fassgerecht konditioniert, die Rückläufer stehen ebenfalls in der HAKONA. Die Gebinde verbleiben am Standort bis zur Ablieferung an ein Endlager.

Lagerstätte:	HAKONA			
Beschreibung der Lagerstätte:	Oberirdische Lagerung bis zur Abgabe an ein Bundesendlager			
Größe:	145 m ² Stellfläche			
Überwachungseinrichtungen:	Aerosolprobensammler mit wöchentlicher gammaspektrometrischer Auswertung des Aerosolfilters, zyklische Kontaminationsmessungen			
Vorschriften:	Art und Umfang	Letzte Prüfung	Prüfung Behörde	Nächste Prüfung
Wiederkehrende Prüfung gemäß Prüfhandbuch Lager, Prüfanweisung 31.01 Intervall: 6 m Betreiber, 1 a Sachverständiger	Messungen der Oberflächenkontamination im Kontrollbereich	10/2014	04/2014	04/2015
Wiederkehrende Prüfung gemäß Prüfhandbuch Lager, Prüfanweisung 31.02 Intervall: 6 m Betreiber, 1 a Sachverständiger	Messungen der Dosisleistung im Kontrollbereich sowie an den Grenzen von Kontrollbereich und Überwachungsbereich	10/2014	04/2014	04/2015
Wiederkehrende Prüfung gemäß Prüfhandbuch Lager, Prüfanweisung 31.03 Intervall:	Messung der Aerosolaktivität im Kontrollbereich; Prüfung der Messergebnisse durch Sachverständigen	KW 03/2015	04/2014	KW 04/2015

1 w Betreiber, 1 a Sachverständiger				
Wiederkehrende Prüfung gemäß Prüfhandbuch Lager, Prüfanweisung 42.01 Intervall: 6 m Betreiber, 1 a Sachverständiger	Sichtprüfung auf Korrosionsfreiheit und mechanische Unversehrtheit	04/2014	04/2014	04/2015
Bisherige Befunde/Maßnahmen:	Keine Verluste der Gebindeintegrität. Gebinde mit Korrosionsbefund werden bei Bedarf in Überfässer eingestellt, bevor Durchrostungen auftreten können.			
Aktueller Inhalt:	Abbaufälle der nuklearen Kreisläufe des Nuklearschiffs "Otto Hahn", teilweise hochdruckverpresst, sowie zementiertes Betriebsabwasser der "Otto Hahn" <ul style="list-style-type: none"> • 200 l Stahlfass: 240 • 280 l Stahlfass: 64 • 400 l Stahlfass: 80 			

6 Problemanalyse

Die vorliegende Problemanalyse basiert auf den Feststellungen der Arbeitsgruppe zur Historie der Lagerung von nicht Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen in Schleswig-Holstein²⁰, dabei vor allem auf den eingehenden Betrachtungen zu den Kavernen des Kernkraftwerks Brunsbüttel. Das Augenmerk vor allem auf die Kavernen zu richten, ist gerechtfertigt, weil sich Korrosion zwar als ein generelles, nicht auf einzelne Standorte oder Lagerstätten beschränktes Problem bei der Atommüll-lagerung darstellt, die Situation in den Kavernen in Brunsbüttel sich aber nach allem, was bisher auch aus anderen Bundesländern bekannt geworden ist, in quantitativer und qualitativer Hinsicht hiervon abhebt. Sie ist deshalb besonders geeignet, die Ursachen von Korrosionsschäden bei der Lagerung nicht Wärme entwickelnder Abfälle zu analysieren und damit die Grundlage für geeignete Handlungsempfehlungen zu liefern. Wo andere Korrosionsereignisse ergänzende Erkenntnismöglichkeiten liefern, namentlich bei der chloridinduzierten Spannungsrisskorrosion im Kernkraftwerk Brokdorf, werden auch diese Erkenntnisse in die Betrachtung einbezogen.

6.1 Übertragbarkeit

Korrosion ist die Oxidation von Eisen oder Stahl mit Sauerstoff in Gegenwart von Wasser²¹. Auf höchster Abstraktionsebene betrachtet, ist Ursache sämtlicher Korrosion an Eisen- oder Stahlbehältnissen mit radioaktiven Abfällen damit letztlich **Feuchtigkeit, die von innen und oder außen auf die Behälter einwirkt**. Alles Weitere sind graduelle Unterschiede. Das bedeutet vor allem, dass Tempo und Ausmaß der Korrosion maßgeblich davon abhängen, wie viel Wasser über welche Zeiträume auf das Metall einwirken kann. Weitere Faktoren, z.B. die Gegenwart von Chloriden, können den Korrosionsvorgang beschleunigen. Umgekehrt lässt sich Korrosion hinauszögern und eindämmen, indem beispielsweise längere Kontakte des Metalls mit Wasser verhindert werden (z.B. Beschichtungen des Metalls).

In den Kavernen des Kernkraftwerks Brunsbüttel wirkte besonders viel Feuchtigkeit, auch freie Flüssigkeit, in den Stahlfässern über einen besonders langen Zeitraum auf diese ein. Da sich Feuchtigkeit in Konzentratfässern aber nie vollständig ausschließen lässt und sich auch in der Umgebungsluft immer Feuchtigkeit befindet, findet der **zu Grunde liegende chemische Prozess auch an anderen Behältern mit Atommüll** im Grundsatz statt. Deshalb sind auch in anderen kerntechnischen Anlagen

²⁰ Siehe Kapitel 3.2.

²¹ Näher dazu siehe Kapitel 2.8.

sowohl in Schleswig-Holstein als auch in anderen Bundesländern in anderen Lagerkonstellationen Probleme bei der langzeitigen Lagerung radioaktiver Abfälle aufgetreten. Und deshalb sind die meisten der nachfolgend genannten Aspekte auf jede Art von Räumlichkeit innerhalb einer Anlage, in der radioaktive Abfälle aufbewahrt werden, übertragbar.

Allerdings sind an vielen anderen Lagerstätten günstigere Umstände gegeben, mit denen sich Korrosion effizient verlangsamen lässt und mit denen schwere Korrosionsschäden zumindest hinausgezögert bzw. rechtzeitig erkannt werden können, z.B. bessere Trocknungsverfahren und regelmäßige Sichtkontrollen. Ziel der folgenden Betrachtung ist vor diesem Hintergrund eine transparente Analyse, die erkennen lässt, welche der Erkenntnisse aufgrund der **Vergleichbarkeit ihrer bestimmenden Parameter** auf welche anderen Lagerstätten übertragbar sind und welche so spezifisch sind, dass sie sich nur für die konkrete Situation im KKB fruchtbar machen lassen.

6.2 Problemstruktur im Überblick

Eine erste Annäherung an die Gesamtproblematik wird möglich, wenn man unterscheidet zwischen denjenigen Ursachen, die in der Anfangszeit des Kernkraftwerks und der Kavernennutzung gesetzt wurden, und der in der Folgezeit unterlassenen Fehlerkorrektur der seinerzeit eingeleiteten Entwicklungen. Beide Kategorien unterscheiden sich signifikant. Von den Ursachen, die in der Anfangszeit gesetzt wurden, hätte jede einzelne auf lange Sicht zu Korrosionsproblemen geführt, in ihrer Gesamtheit haben sie sich verstärkt. Jeder der seinerzeit in Gang gesetzten Kausalverläufe wäre aber noch zu unterbrechen gewesen, so dass der zweiten Kategorie besondere Bedeutung zukommt.

6.2.1 Ursachen des Schadensbildes in den Kavernen

Betrachtet man die Historie der Fassproblematik im Kernkraftwerk Brunsbüttel²² eingehender, so lassen sich in den ersten beiden Phasen, der Phase der Errichtung und Inbetriebnahme des Kernkraftwerks (1970 bis 1978) und der Einlagerungsphase in die Kavernen (1979 bis 1985) drei Ursachen für das heutige Schadensbild identifizieren:

Das **gesamte System der Konzentratbehandlung** für das Kernkraftwerk Brunsbüttel wurde in einer Zeit entwickelt, spezifiziert und genehmigt, als die bloße Pflicht des Bundes zur Schaffung eines Endlagers offensichtlich als ausreichend für die Entsorgung angesehen wurde. Konkrete Angaben zur Thematik der Endlagerung waren noch nahezu gar nicht bekannt. In der Spezifikation von 1971 /6/ wird darauf hingewiesen, dass die mit der Konzentrataufbereitungsanlage erzeugten Abfallprodukte eine Qualität aufweisen, die eine jahrelange Lagerung ohne Leckage des Behälters ermöglichen. Dass

²² Siehe Kapitel 3.3.

der damals unter dem Aspekt „jahrelange Lagerung“ in den Blick genommene Zeithorizont mit der tatsächlich bisher angefallenen Lagerungsdauer von mehreren Jahrzehnten übereinstimmt, darf bezweifelt werden. Im Übrigen ist die Spezifikation der Konzentrataufbereitung /6/ hinsichtlich des Vorgehens bei Mängeln an der Produktqualität unvollständig und durch lediglich vage Vorgaben (ca.-Angaben) zur Produktqualität geprägt. Aus heutiger Sicht ist eine Spezifikation, die keine Angaben enthält, wie vorzugehen ist, wenn Abweichungen z.B. bei der Produktqualität auftreten, nicht akzeptabel. Insbesondere der Aspekt der Entsorgung in Richtung Endlager erfolgte offensichtlich auf Basis unklarer Aussichten. Zentrale Annahmen stellten sich später als unzutreffend heraus – so gab es nie dauerhaft eine in /6/ erwähnte „Bundessammelstelle“ – oder waren bereits nach kurzer Zeit überholt. Insbesondere waren die als Endlagerbehälter/Endlagerfass angegebenen Stahlfässer später als solche nicht mehr für das Endlager Konrad geeignet. Stahlfässer wurden zwar eine Zeit lang de facto als Endlagerbehälter verwendet und in die Asse eingelagert (wie die Asse selbst lediglich de facto als Endlager genutzt wurde), das endete aber bereits 1978 und von da an waren die Anforderungen an Endlagerbehälter lange Zeit (bis zu den ersten Konrad-Bedingungen 1995) nur annähernd geklärt.

Es ist zweitens davon auszugehen, dass auch von Anfang an ein praktisches Problem mit der Konzentrataufbereitungsanlage am Kernkraftwerk Brunsbüttel dergestalt bestand, dass auch nach der **Infastrocknung noch freie Flüssigkeit in den Verdampferkonzentratfässern** und auch den Filterkonzentratfässern vorhanden sein bzw. durch Störungen eingetragen worden sein könnten. Warum man dem nicht durch technische Maßnahmen begegnete, bzw. keine Vorgehensweise im Sinne einer Prozessrückführung oder Nachtrocknungseinrichtung vorgesehen hat, kann nicht sicher gesagt werden. Vermutlich ist ein Grund, dass man anders als bei später gebauten Anlagen nicht mehr im Zuge der Errichtung Verbesserungen vornehmen konnte, sondern die Konzentrataufbereitungsanlage bereits fest eingebaut war. Dieser Bereich war der Betreibersphäre zugeordnet und aufsichtlich auf Grund der geringen sicherheitstechnischen Bedeutung nur eingeschränkt überwacht, auch wenn es vereinzelt Zweifel an der Qualität des Trocknungsverfahrens gab.

Drittens waren die **Kavernen nicht für die Lagerung von Konzentratfässern sondern für Festkomponenten vorgesehen** – wohl deshalb gab es auch kein entsprechendes Kontrollregularium – und wurden nach dem Einlagerungsstopp in der Asse 1978 aus einer gefühlten Notsituation heraus ab 1979 zum Lager für Konzentratfässer umfunktioniert, bis sie 1985 gefüllt waren und verschlossen wurden. Letztlich handelt es sich dabei also um ein Provisorium, das bis heute anhält. Auch dieser Bereich war der Betreibersphäre zugeordnet und aufsichtlich nur eingeschränkt überwacht. Die Einlagerung in die Kavernen war von der allgemeinen Umgangsgenehmigung für „sonstige radioaktive Stoffe“ im Kontrollbereich gedeckt.

Für sich genommen – ohne den Zeitfaktor – führte noch keine dieser Ursachen zu einem Problem: Die unzureichende Spezifikation der Konzentratbehandlung ist kein Problem, solange die derart behandelten Abfälle noch weiter verarbeitet werden, z.B. (heute) zeitnah nach BfS-Verfahren konditioniert werden, oder gleichwohl in einem Endlager angenommen werden²³. Die ungenügende Trocknung der Konzentrate ist ebenfalls kein Problem, wenn die Abfälle gleichwohl (feucht) in einem Endlager angenommen werden, später noch nachgetrocknet werden oder bei der Lagerung hierauf Rücksicht genommen wird – auch Flüssigkeiten lassen sich grundsätzlich lagern. Die Einlagerung in die Kavernen und das dort fehlende Kontrollsystem waren zunächst ebenfalls kein Problem. Hätte man die Kavernen nach wenigen Jahren wieder geleert wäre das heutige Schadenbild ebenfalls nicht entstanden. Viele Fässer waren in den Kavernen selbst heute noch unversehrt oder nur wenig korrodiert, so dass vermutlich Mitte der 1990er Jahre noch alle Fässer handhabbar gewesen wären.

Umgekehrt hätte jede dieser Ursachen – auch für sich genommen – irgendwann zu Korrosionsschäden geführt: Selbst wenn die vagen Vorgaben der Spezifikation eingehalten worden wären, d.h. etwa der Restfeuchtegehalt von 30 % bei den Verdampferkonzentraten, hätte dies irgendwann auf der Zeitachse zu Fasskorrosion geführt. Das gilt erst recht für die freie Flüssigkeit in den Fässern aufgrund der unzureichenden Trocknungsmethode. Und selbst Fässer mit gut getrockneten Konzentraten wären in den Kavernen irgendwann korrodiert, weil stets Restfeuchte vorhanden bleibt²⁴ und infolge des fehlenden Inspektionssystems frühe Warnzeichen nicht erkannt werden konnten.

Im Zusammenspiel haben sich diese Faktoren verstärkt und als Ursachenbündel für das heutige Schadenbild fungiert.

6.2.2 Ungehinderte Schadensentstehung und -entwicklung

Die Schäden sind aber erst entstanden, weil die bis Mitte der 1980er Jahre in Gang gesetzten Kausalverläufe im Folgenden nicht unterbrochen wurden.

Warum in den Folgejahren nie die Spezifikation der Konzentrataufbereitung an die veränderten Bedingungen angepasst wurde, die Konzentrataufbereitungsanlage ausgetauscht oder modernisiert wurde und die Kavernen nie als Zwischenlager ausgestaltet wurden (insbesondere hinsichtlich organisatorischer Maßnahmen) bzw. eine andere Lagermöglichkeit für die längerfristige Lagerung der Konzentratfässer geschaffen wurde, lässt sich aus derzeitiger Sicht nicht mehr exakt ermitteln. Als Faktoren, die zur Beibehaltung des Zustands mitgewirkt haben können, lassen sich zum einen die Konzentration auf Aufgaben beim Leistungsbetrieb des Kernkraftwerks und das Fehlen **einer klaren**

²³ Dies gilt nicht, wenn die Fässer – wie jetzt in der Asse – aus dem Endlager wieder rückgeholt werden sollen.

²⁴ Siehe Kapitel 2.8

Zäsur in der Endlagerfrage vermuten. Hätte es in der ersten Hälfte der 1980er Jahre eine definitive Aussage gegeben, dass ein Endlager für nicht Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle erst 2022 (wovon man heute ausgeht) zur Verfügung steht und dann noch über 30 Jahre (die derzeit geplante Einlagerungszeit) ein Rückstau abgearbeitet werden muss, hätte man sich – hoffentlich – dieser Unzulänglichkeiten auf Seiten der Betreiberin wie auch der Atomaufsicht angenommen. Die Realität war aber eine andere: Das Endlager war immer eine hoffnungsvolle Aussicht, die sich monats- bzw. jahresweise nach hinten verschoben hat – und das seit nunmehr 40 Jahren.

Entsprechend verhielt es sich mit den Einlagerungsbedingungen, die im Laufe der Zeit aufgehoben wurden (Ende Asse), lange Zeit gar nicht bestanden, plötzlich wieder –aber nur für kurze Zeit - verfügbar wurden (Morsleben). Wer Abfälle **konditionierte um damit eine höhere Langzeitstabilität (bessere Behälter, Betonierung) zu schaffen**, tat dies auf die Gefahr hin, sie später erneut konditionieren zu müssen (siehe die Morsleben-Behälter in den Transportbereitstellungshallen in Brunsbüttel).

Spätestens mit der Planfeststellung für das Endlager Schacht Konrad lagen allerdings gültige Endlagerungsbedingungen vor, sodass diese Problematik heute nicht mehr aktuell ist. Zwar hat man sich der Thematik – entsprechend der Entwicklung in Deutschland insgesamt – ab etwa der Jahrtausendwende durchaus angenommen (Bemühungen um neue Fässer, Übertragbarkeitsprüfungen, Beginn mit der Planung von Konditionierungskampagnen), doch geschah dies sukzessive, in kleinen Schritten und zaghaft anmutend. Letztlich ist damit zu beobachten, dass die Bemühungen um die Lösung der Probleme den Verzögerungen bei der Errichtung des Endlagers zeitlich versetzt nachfolgten und es auch hier an dem einen großen Aufschlag zur Lösung der Problematik fehlte.

6.3 Vertiefende Analyse der Abfallbehandlung

Eine vertiefende Analyse muss sich folglich zunächst mit der Behandlung der Rohabfälle und dem gesamten Stadium der Abfallbehandlung vor der endlagergerechten Konditionierung gemäß BfS-Verfahren auseinandersetzen.

6.3.1 Keine „harten“ Vorgaben für Filter- und Verdampferkonzentrate

Die Aufarbeitung der Historie hat ergeben, dass es für die Filter- und Verdampferkonzentrate keine ausreichenden und eindeutigen Vorgaben in der Spezifikation /6/ gab. Bezeichnend ist etwa, dass sich für Verdampferkonzentrate in einem entscheidenden Aspekt nur die Aussage findet, es seien „im Allgemeinen Feuchtigkeitsgrade von 30 Gew.-% ausreichend, um Gärungs- und Fäulniserscheinungen auszuschließen und die Korrosionsanfälligkeit soweit herabzusetzen, dass eine jahrelange Lagerung ohne Leckage des Behälters in der Bundessammelstelle für radioaktive Abfälle möglich wird“. Schon die Verwendung des Plural („Grade“) lässt **offen, wo die Grenze für den Restfeuchtegehalt genau** liegen soll.

Diese Grenze wird aber ohnehin noch im selben Satz wieder in Frage gestellt, wenn sie dort nur als „im Allgemeinen“ ausreichend bezeichnet wird. Selbst wenn man die – jedenfalls dort nicht näher belegte – Aussage, dass dann Langzeitstabilität gewährleistet sei, unterstellt, fehlt es an einer Aussage zu den nicht „allgemeinen“, d.h. den **besonderen Fällen**, in denen also ein Restfeuchtegehalt „von 30 Gew.-%“ nicht ausreichend ist. Dies könnten z.B. genau jene knapp 30 % der Fässer sein, die jetzt schwere Korrosionsschäden aufweisen.

Es fehlt auch an einer Aussage, welcher **Zeitraum der Langzeitstabilität** bei Einhaltung der Trocknungsvorgaben abgedeckt sein soll, also was unter „jahrelanger Lagerung ohne Leckage des Behälters“ zu verstehen ist. Unzweifelhaft erscheint aus dem Gesamtzusammenhang der sehr Asse orientierten Formulierungen aber, dass wohl kaum Zeiträume von 40 Jahren abgedeckt sein sollten, wie sie mittlerweile an Lagerungsdauer zustande gekommen sind.

Schließlich fehlt es an einem Mechanismus zur Sicherstellung der Restfeuchtegrade einschließlich eines **Mechanismus zum Umgang mit Abweichungen**, d.h. die Beschreibung einer Prozedur, die zu durchlaufen ist, wenn z.B. nach der Infasstrocknung sich noch zu viel Restfeuchte oder freie Flüssigkeit im Fass befindet. Die Spezifikation ist damit insgesamt aus heutiger Sicht als nicht abdeckend anzusehen.

Das wäre möglicherweise noch unschädlich gewesen, wenn in der Betriebsgenehmigung eine **Höchstdauer für die Lagerung in dem vorbehandelten Stadium** vorgeschrieben gewesen wäre, mit hin eine Frist für eine weitergehende Behandlung vorgegeben gewesen wäre. Daran fehlt es aber, was insofern konsequent ist, als die gesamte Spezifikation /6/ entsprechend dem damaligen Stand der Endlagerkonzeption offenbar davon ausgeht, dass eine weitere Behandlung der Konzentrate überhaupt nicht zu erfolgen habe. Das wird besonders deutlich an der Bezeichnung der Fässer als „Endlagerbehälter“ und wird bestätigt durch den Umstand, dass entsprechend abgefüllte Fässer tatsächlich bis 1978 in die Asse eingelagert wurden. Das gesamte Konzept der Konzentrataufbereitung wurde nicht an die geänderten Randbedingungen angepasst und ist damit veraltet.

6.3.2 Unzureichende Trocknungsmethode

Die in die Kavernen eingelagerten Abfälle waren z.T. einer Vorbehandlung unterzogen worden. Nasse Abfallprodukte waren nach damaligem Stand der Technik getrocknet worden. Dies war offenbar in zweifacher Hinsicht problematisch: Das gilt zum einen für die herkömmliche Infasstrocknung selbst, d.h. für deren Prinzip. Durch die Zufuhr von Warmluft von oben auf das Abfallprodukt wurde oftmals **nur eine trockene „Deckelschicht“ erzeugt**, welche bei visueller Inspektion eines getrockneten Fasses von oben ein hartes, monolithisches Abfallprodukt vortäuschte. Tatsächlich wirkte diese Salzkruste aber wie eine Sperre und wurde der unter dieser Deckelschicht befindliche Abfall aufgrund des Verschlusses nach oben gar nicht mehr getrocknet. Als Konsequenz blieb das nasse Abfallprodukt im Großteil des Fasses erhalten. Diese früher verwendeten Trocknungsmethoden sind nach heutigen Maßstäben unzureichend.

Zum anderen kann es bei einzelnen Fässern aufgrund von Anhaftungen bzw. von beschädigten Dichtungen zu **Feuchtigkeitseinträgen bei der Verwendung des Feststoffschiebers** im Rahmen der Befüllung kommen. Diese Feststoffschieber trennen Fass und Konzentratbunker und insbesondere deren Dichtungen werden durch die Konzentrate stark belastet. Im Ergebnis kann es aufgrund beider Ursachen zu abgefüllten Konzentraten kommen, welche hohe Restfeuchteanteile oder sogar freie Flüssigkeit beinhalten. Dafür, dass es zu diesen Problemen in Brunsbüttel kam, spricht auch ganz wesentlich, dass in einem Fass aus den Kavernen tatsächlich freie Flüssigkeit gefunden wurde. Mehr Klarheit wird es insofern vermutlich geben, wenn die Fässer aus den Kavernen geborgen und geöffnet wurden. Mit hoher Wahrscheinlichkeit liegt hier aber eine der zentralen Ursachen für die starken Korrosionsschäden.

Zwar steht dieser Mangel zurzeit primär für die in den Kavernen gelagerten Abfälle im Fokus, da aber weitaus mehr Abfälle mit diesen aus heutiger Sicht unzureichenden Methoden getrocknet wurden, ist hier sicher eine **Übertragbarkeit** auf alle Lager gegeben, in denen vergleichbare Abfälle schon längerfristig zwischengelagert sind. In den Kavernen haben auch die ungünstigen Umweltbedingungen dazu beigetragen, dass das bekannte Schadensausmaß vorgefunden wurde. Für andere Lager können bessere Umweltbedingungen den Mangel der ungeeigneten und unvollständigen Trocknung der Abfallprodukte noch überdecken.

Die Trocknung von nassen radioaktiven Abfällen ist inzwischen deutlich verbessert worden. Nach **heutigem Stand der Technik** wird das im Abfallprodukt enthaltene Wasser durch Erhitzen des gesamten Fassinhaltes sowie ggf. Anlegen von Vakuum effektiv entzogen. Aufgrund langjähriger Erfahrungen mit dem Einsatz einer mobilen Trocknungsanlage eines externen Dienstleisters liegen hierzu Trocknungskriterien vor, die ein trockenes Abfallprodukt gewährleisten. Der Trocknungserfolg wird weiterhin stichprobenartig durch Gasprobennahme und Auswertung auf Gase, die eine chemische oder biologische Aktivität im Abfallprodukt anzeigen, nachgeprüft. Eine völlige Trocknung von feuchten Abfällen ist physikalisch nicht möglich, geringe Restwassermengen werden immer im Abfallprodukt verbleiben. Eine effektive Trocknung, wie sie heute vorgenommen wird, kann daher den korrosiven Angriff von innen nur verzögern, aber nicht für alle Zeit verhindern.

6.3.3 **Behandlung der Rohabfälle in Betreibersphäre**

In der Vergangenheit hat die Aufsicht die Überwachung und den Umgang mit den Abfällen für Teilphasen innerhalb der Anlage weitestgehend dem Betreiber zugeordnet. So sind **radioaktive Abfälle vom Anfall bis zur Planung der Konditionierung und der Umgang mit teilbehandelten Gebinden innerhalb der Anlage der Verantwortung der Betreiber zugeordnet**. Die Behörde sah für diese Phasen (zeitlich) und für diese Bereiche (räumlich) keine über die sich aus den strahlenschutztechnischen Überwachungsaufgaben hinausgehenden aufsichtlichen Aufgaben. Bei den Schritten Planung von Konditionierungskampagnen oder der Einlagerung in ein externes Zwischenlager waren die Behörden dagegen eingebunden. Die Grundentscheidung, den Umgang mit nicht Wärme entwickelnden Abfäl-

len der Betreibersphäre zuzuordnen, wurde in der Genehmigungszeit des Kernkraftwerkes getroffen und seither nicht revidiert. Sie steht offenbar ebenfalls mit der seinerzeit weit verbreiteten Erwartung in Zusammenhang, diese Phase werde zeitlich nur eine untergeordnete Rolle spielen. Auch die Schritte Planung von Konditionierungskampagnen und Einlagerung in ein externes Zwischenlager gab es seinerzeit noch nicht. Als man sie später etablierte, spielte der Entsorgungspfad aufsichtlich bereits eine größere Rolle und es wurde dort jeweils eine Behördenbeteiligung etabliert. Das Vorstadium fiel allerdings durch das Raster.

In diesem Bereich ist auch das **Überfasskonzept** einzuordnen. Mit diesem Konzept hat der Betreiber ein Instrument geschaffen, um Einzelfehler im Bereich der Abfallgebinde zu beherrschen. Ein defektes Fass wird in ein Überfass gestellt und verschlossen. Damit ist die Barriere wieder hergestellt. Dieses Konzept ist allerdings in den Spezifikationen /6/, /7/ nicht enthalten. Gleichwohl ist aber daraus erkennbar, dass mit dem Auftreten von derartigen einzelnen Schäden zu rechnen war. Warum daraus allerdings nicht der Schluss gezogen wurde, dass damit auch die Möglichkeit einer Erkennbarkeit bei der Lagerung vorhanden sein muss, d.h. Inspektionen müssen möglich sein, ist aus heutiger Sicht nicht mehr nachvollziehbar.

Die alleinige Zuordnung zur Betreibersphäre ist für sich betrachtet auch noch kein Problem. Wie die anderen schleswig-holsteinischen kerntechnischen Anlagen zeigen, führt sie, wenn es einen **verantwortungsvollen Umgang** mit diesem Freiraum gibt, nicht zwangsläufig zu Problemen. Grundsätzlich ist zu unterstellen, dass auch der Betreiber ein Eigeninteresse daran hat, dass es nicht zu erheblicher Korrosion kommt. Die genauen internen Gründe beim Betreiber des KKB, warum man der Konzentratzubereitung nicht die nötige Aufmerksamkeit gewidmet hat, sind nicht bekannt; vermutlich handelt es sich wiederum um ein Ursachenbündel.

Fest steht aber, dass eine behördliche Aufsicht über die Abfallbehandlung im Stadium vor der Planung der Konditionierung eine **zusätzliche Sicherheitsmaßnahme** gewesen wäre, an der es fehlte. Wären z.B. die abgefüllten Konzentratfässer von der Atomaufsicht oder dem von dieser beauftragten Sachverständigen stichprobenartig auf ihren Restfeuchtegehalt hin überprüft worden, wäre die unzureichende Trocknungsmethode mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit frühzeitig aufgefallen und korrigiert worden. Ebenso wäre wahrscheinlich früh deutlich geworden, dass die Spezifikationen unzureichend sind, weil daraus nicht klar wird, welcher Restfeuchtegehalt für das konkrete Fass maßgeblich ist.

Daran fehlte es, was jedenfalls in der Rückschau und in Anbetracht der mittlerweile als möglich zu unterstellenden Dauer dieses Stadiums als eine **Lücke im Aufsichtssystem** zu bewerten ist, da der Abfall zuerst den innerbetrieblich geregelten Bereich durchläuft, bevor er mit Anmeldung einer Abfallkampagne einer intensiven Prüfung und Abfallflussverfolgung unterliegt. Erst das Ablaufplanverfahren für die Herstellung der Gebinde trägt gegenwärtig sowohl den Anforderungen der Aufsicht als auch den Anforderungen des BfS für die Endlagerung Rechnung. Äquivalente Ansprüche sollten auch

an die Vorgänge vor der Anmeldung einer Abfallkampagne gestellt werden. Der Übergang ist nämlich recht willkürlich wählbar. Bevor das Produktkontrollverfahren ansetzt, kann im Rahmen der innerbetrieblichen Vorgänge in Betreiberverantwortung schon viel mit dem Abfall geschehen sein, was nicht in gleichem Maße dokumentiert, geprüft und begleitet wird wie später in der Kampagne. Das Produktkontrollverfahren greift also zu spät. Es fehlt ein Kontrollsystem, was auch diese Abfälle und Vorkonditionierungsschritte erfasst. Schließlich erscheint es auch inkonsequent, die verschiedenen Stadien der Abfallbehandlung hinsichtlich der Aufsicht unterschiedlich zu behandeln. Denn die Vorgänge (z.B. Trocknung, Abfüllen in Behälter) sind durchaus mit jenen im Rahmen der Konditionierung vergleichbar. Insgesamt fehlt mithin ein Verfahren, was Abfälle zum Zeitpunkt der Entstehung erfasst und den vergleichbaren Kontrollen unterwirft wie beim späteren Produktkontrollverfahren.

In diesem Zusammenhang sind auch **Dokumentationsdefizite** festzustellen. Zwar haben Dokumentationsdefizite in Brunsbüttel nicht zur Verursachung der Korrosion beigetragen. Allerdings zeigen die Erfahrungen in der Landessammelstelle, dass es für die Korrosionsverhütung von großer Bedeutung ist, genaue Kenntnis über den Inhalt der Behältnisse zu haben, der sich nachträglich – bei geschlossenen Gebinden – nur noch schwer feststellen lässt. Auch bei dem Fass 1324, das als Filterkonzentratfass deklariert war, wurden beim Umsaugen Fremdstoffe (z.B. Putzlappen, Gummihandschuhe) festgestellt, die die Saugleitung verstopften, weshalb sich die Umsaugdauer stark verzögerte und das Fass überhaupt auffällig wurde. Für viele der in den Kavernen vorgefundenen Fässer ist dem gegenüber nicht klar belegt, welche Vorkonditionierungsschritte diese durchlaufen haben. Da auch die Vorkonditionierung als betrieblicher Vorgang gesehen wird, werden hier nicht die gleichen Maßstäbe angesetzt wie bei der Konditionierung im Rahmen einer Abfallkampagne, insbesondere erfolgt weder eine Prüfung durch die Aufsichtsbehörde noch eine Begleitung durch Sachverständige. Darüber hinaus haben sich die Anforderungen an die Dokumentation von Abfällen stetig entwickelt, sodass die Dokumentation alter Abfallgebände oftmals nicht dem heutigen Stand entspricht, da sie nicht nachgeführt wurde. Ursprünglich gab es kaum Anforderungen an die Dokumentation von Rohabfällen, die zwar vorkonditioniert sind, aber noch keiner Abfallkampagne zugeordnet wurden. Eine Dokumentationspflicht für Rohabfälle ist erst 2001 in die Strahlenschutzverordnung aufgenommen worden. Abfälle, die für die Einlagerung in die Asse oder das ERAM vorgesehen waren, haben oftmals nicht den Dokumentationsstand, wie er heute für eine Zwischen- oder Endlagerung notwendig ist. Eine Nachdeklaration ist auch deshalb mit erheblichen Schwierigkeiten behaftet, weil das Betriebspersonal, das die Fässer hergestellt und in die Kavernen verbracht hat, zum Teil bereits im Ruhestand ist.

6.3.4 Lange Zeit keine Konditionierungsverfahren

Zu den schweren Korrosionsschäden in Brunsbüttel wäre es vermutlich ebenfalls nicht gekommen, wenn die Konzentratabfälle **zeitnah endlagergerecht konditioniert** worden wären. Dadurch wären die Abfälle wie dargelegt nicht nur in das aufsichtlich begleitete Regime des BfS-Verfahrens gelangt, sondern hätten auch eine höhere Langzeitstabilität (bessere Behälter, Betonierung) erhalten. Selbst

an den ältesten konditionierten Gebinden sind in der Bundesrepublik bisher keine vergleichbaren Schäden festgestellt worden.

Das ist allerdings in Brunsbüttel bezogen auf die Abfälle in den Kavernen nicht geschehen. Zwar lag mit den Einlagerungen ins das ERAM in der Mitte der 90er Jahre das Produktkontrollverfahren zur Herstellung von endlagerfähigen Gebinden vor, die Durchführung von Konditionierungsmaßnahmen erfolgte aber bis zum Abschluss der Klageverfahren zu Konrad (2007) bzw. bis zur Veröffentlichung der Endlagerungsbedingungen Konrad (2010) unter Vorbehalt und bei den unterschiedlichen Abfallablieferern unterschiedlich stringent. In Brunsbüttel erfolgten Konditionierungskampagnen bis 2004 nur für Abfälle aus dem Fasslager. Auch wurden Konditionierungs- oder Lagervorgänge außerhalb des Produktkontrollverfahrens unter der jeweiligen Umgangsgenehmigung des Abfallablieferers durchgeführt. Regelungen hierzu sind im innerbetrieblichen Regelwerk wie der Abfallordnung und innerbetrieblichen Prüf- und Arbeitsanweisungen vorhanden. Diese unterliegen allerdings in der Regel der Betreiberverantwortung und werden aufsichtlich nicht geprüft.

Allerdings decken auch die Anforderungen einer endlagergerechten Konditionierung die **Anforderungen an eine Konditionierung zur längerfristigen Zwischenlagerung** nicht immer ab. Abfallgebilde, die ordnungsgemäß für das ERAM konditioniert wurden, müssen daher nicht zwangsläufig langzeitstabil sein.

6.4 Vertiefende Analyse der Einlagerung

Neben diesen Umständen der Abfallbehandlung haben die Umstände der konkreten Lagerstätte eine maßgebliche Rolle bei der Entstehung der Korrosionsschäden gespielt.

6.4.1 Auslegung der Kavernen für Lagerung von Festkomponenten

Die Kavernen waren nicht für die Lagerung von Filter- und Verdampferkonzentratfässern geplant worden. Vielmehr sollten darin nach der ursprünglichen Intention der Planer und Betreiber aktivierte Kerneinbauten und **Großkomponenten zum Abklingen gelagert werden**, wie sie teilweise auch bis heute tatsächlich in den Kavernen V und VI gelagert werden. Dabei handelt es sich durchweg um feste Stoffe, die aktiviert bzw. kontaminiert sind. Soweit diese (ganz überwiegend) aus Metall sind, ist zwar auch dort Korrosion möglich. Dabei kann es sich aber ausschließlich um Außenkorrosion handeln, da die Komponenten keine Flüssigkeiten beinhalten. Außerdem bleiben die Komponenten, selbst wenn sie korrodiert sind, noch handhabbar. Dafür waren die Kavernen ausgelegt und so erklärt sich auch, dass besondere Kontrollregularien nicht bestehen, insbesondere visuelle Kontrollen nicht vorgesehen oder vorgeschrieben sind. Gemessen an dieser ursprünglichen Funktion ist die Entbehrlichkeit von Inspektionen auch heute nicht als Fehleinschätzung zu bewerten, denn hinsichtlich der in den Kavernen V und VI ebenfalls schon seit Jahrzehnten vorhandenen Festkomponenten (z.T. sogar mit Konzentratfässern in einer Kaverne) sind keine Probleme bezüglich ihrer Handhabbarkeit festzu-

stellen. Für Konzentratfässer, in denen sich immer Restfeuchtigkeit befindet, die durchkorrodieren und aus denen Fassinhalt austreten kann, ist das Regularium demgegenüber nicht angemessen.

6.4.2 Spontane „Umwidmung“ der Kavernen zum Lager für Konzentratfässer

Bei der Entscheidung der Betreiberin, die Kavernen nach dem Versiegen der Ablieferungsmöglichkeit in die Asse ab 1979 als Lager für die Konzentratfässer zu nutzen, ist grundsätzlich nachvollziehbar. Das Fasslager hatte nur eine begrenzte Kapazität und die Kavernen bieten gute Strahlenschutzbedingungen. Durch die meterdicke Betonummantelung und die Abdeckung mit Betonriegeln erfolgt eine gute Abschirmung der Strahlung, während die Konzentrate in den Kavernen abklingen können. Allerdings wurde es **versäumt, die Lagerstätte an die spezifischen Anforderungen der Lagerung von Konzentratfässern anzupassen.**

Das gilt einmal für die tatsächlichen Gegebenheiten: Die Kavernen werden aufgrund ihrer baulichen Ausführung als nur schwer zugänglich charakterisiert. Zwar wurde in zwei Kavernen noch eine Folie unter den Fässern ausgelegt, was ein Indiz dafür sein könnte, dass man mit einem Flüssigkeitsaustritt rechnete. Die Einlagerung erfolgte aber so, dass eine **Inspektion der Abfallgebände nur schwierig möglich** ist, z.B. konnten nicht alle Gebände aufgrund der engen Stapelung einer Kamerainspektion zugänglich gemacht werden. Insbesondere in der Kaverne VI können manche Fässer nicht einmal mit einer Spezialkamera inspiziert werden. Es wurde offenbar dem allgemeinen Bestreben gefolgt, Lagerbereiche möglichst effizient auszunutzen, d.h. möglichst viele Gebände in dichtester Packung einzulagern. Eine Inspektion der Abfallgebände war offensichtlich nie geplant, dafür hätte ein anderes Lagerkonzept umgesetzt werden müssen. Zudem ist anzunehmen, dass insbesondere Mängel bei der Konditionierung in der Vergangenheit bei der Einlagerung der Abfälle nicht berücksichtigt wurden und daher eine Zugänglichkeit bzw. Inspektionsmöglichkeit nicht vorgesehen wurde. Umgekehrt ist davon auszugehen, dass die z.T. schwierige Zugänglichkeit ebenso wie die Korrosionsfestigkeit keine Berücksichtigung bei der Auswahl der einzulagernden Gebände gefunden hat.

Auch **hinsichtlich des Regulariums erfolgte keine Anpassung an die Nutzungsänderung** der Kavernen. Eine regelmäßige Inspektion des Zustandes der Fässer wurde nicht geplant und fand nicht statt. Sie wäre aber grundsätzlich möglich gewesen, wie die im Jahr 2014 durchgeführten Inspektionen zeigen. So hätte etwa eine innerbetriebliche Anweisung geschaffen werden können. Prinzipiell können sowohl an die Einlagerungsmethodik als auch an die Auswahl der Abfallarten geeignete Anforderungen gestellt werden, die Inspektionen ermöglichen und ggf. Korrosionen minimieren. Als Argument für nicht durchgeführte Inspektionen die schlechte Zugänglichkeit zur Inspektion anzuführen, ist deshalb nicht nachvollziehbar.

Inwieweit kaufmännische Aspekte bei der Entscheidung die eigentlich nicht für die Lagerung von Rohabfallfässern vorgesehenen Kavernen zu nutzen eine Rolle gespielt haben, konnte in diesem Un-

tersuchungsrahmen nicht geklärt werden. Es gibt Argumente dafür, dass es günstiger ist, die Fässer auf der Anlage aufzubewahren als an einen externen Dienstleister abzugeben.

6.4.3 Aufsichtlich eingeschränkte Überwachung der Kavernen

Insgesamt erweckt die seinerzeitige Nutzungsänderung den Eindruck, dass hier unter großem Zeitdruck ein nicht durchdachtes Provisorium geschaffen wurde. Dies geschah **in der Betreibersphäre**. Der Atomaufsicht wurde dies zwar insofern bekannt, als die Kavernen nunmehr in den Jahresberichten auftauchten. Da es aber eines Genehmigungsverfahrens nicht bedurfte, erfolgte soweit ersichtlich keine nähere Auseinandersetzung mit der Thematik. Dabei kommt zum Tragen, dass Bereiche innerhalb eines Kernkraftwerkes, die zum Bereitstellen, Abstellen, Sammeln, Puffern usw. genutzt werden, formaljuristisch keine eigenständigen Lager sind. Sie werden als Bestandteil der Anlage betrachtet ohne besondere Berücksichtigung der Nutzungsart. Dies entspricht auch ihrer Genehmigung. In der Konsequenz wurden solche Lagerbereiche innerhalb einer Anlage anders überwacht als Anlagen, die ausschließlich dem Zweck der Zwischenlagerung dienen. Nach herkömmlicher Sicht der Aufsicht hatte die Lagerung im Vergleich zur Betriebsüberwachung des Kernkraftwerkes untergeordnete Bedeutung. Innerbetriebliche Lagerbereiche lagen nicht im Fokus der Atomaufsicht. So wurden zwar prinzipielle Schutzziele eingehalten aber nicht die Maßstäbe, die an eine aufsichtliche Überwachungspraxis anzulegen wären. Das Regelwerk für die Zwischenlagerung kam zumindest in der Errichtungsphase, bei den Kavernen überhaupt nicht zum Tragen. Die alleinige Zuordnung zur Betreibersphäre muss – wie schon bei der Abfallbehandlung gesehen – nicht per se zu Problemen führen. Das zeigt das Beispiel Kernkraftwerk Krümmel, wo ebenfalls die Kavernen für die Lagerung von Konzentratfässern genutzt werden. Hier erwiesen sich die vom Betreiber vorgesehenen Kontrollmechanismen aber bislang als ausreichend. Fest steht aber, dass eine aufsichtliche Kontrolle der Kavernen eine zusätzliche Sicherheitsmaßnahme gewesen wäre, die im Fall Brunsbüttel wahrscheinlich die Entstehung der jetzigen Schäden verhindert hätte.

Im Ergebnis ist damit auch an dieser Stelle das **aufsichtliche System als lückenhaft zu bewerten**. Die alleinige Entscheidung der Betreiber über Änderungen in der Nutzung von Räumlichkeiten im Kontrollbereich ist nicht mehr zielführend. Der Ansatz, über die Benennung der Lagerfläche Regeln für die Lagerung abzuleiten, ist nicht ausreichend. Wie das Beispiel der Kavernen zeigt, gilt dies schon deshalb, weil die Räume häufig nicht für den Zweck der speziellen Lagerung geplant waren. Das gegenwärtige System ist aber auch inkonsequent: Obwohl in verschiedenen Arten von Lagerstätten physikalisch und organisatorisch identische Vorgänge ablaufen, sind die Anforderungen an verschiedene benannte Lagerflächen und an die einzelnen Phasen zwischen Anfall und fertig konditioniertem Abfallprodukt unterschiedlich. Das ist nicht gerechtfertigt. Vielmehr gilt es, alle Flächen, auf denen Abfälle gelagert werden, zu erfassen und hinsichtlich der Anforderungen an die Lagerung gleichen Randbedingungen zu unterwerfen. Dafür spricht auch, dass die Anforderungen entsprechend der ESK-Leitlinie, die in der Regel in „echten“ Zwischenlagern bereits etabliert sind, auch für alle betrieblichen Lagerflächen gelten. Daher müssen die Kontrollsysteme auch solche Bereiche umfassen.

Dabei gilt, dass die Lagerung nicht nur einen ausreichenden Strahlenschutz sondern auch die sichere Handhabbarkeit der Gebinde und deren Transportfähigkeit gewährleisten muss. Im Umgang mit den Kavernen wurde ohne weiteres von einer Einhaltung der Schutzziele Vermeidung und Minimierung von Strahlenexposition und Kontamination von Mensch und Umwelt ausgegangen. Diese Bewertung gilt für den Aufbewahrungszeitraum aufgrund der besonders guten Barrierewirkung des Kavernenaufbaus. Lagerbereiche innerhalb einer kerntechnischen Anlage bieten häufig zusätzliche Barrieren beispielsweise durch die baulichen Gegebenheiten oder auch die gerichtete Luftführung in Gebäudeteilen. Möglicherweise wurden Inspektionen auch aufgrund dieser Voraussetzungen nicht für erforderlich gehalten. Dabei wird allerdings der **Aspekt Einhaltung der Schutzziele sehr eng** gefasst und nur auf den Tatbestand kein Austritt von Radioaktivität aus dem Lagerbereich während der Lagerung beschränkt. Die Einhaltung der Schutzziele beinhaltet aber auch die Einhaltung der abgeleiteten Anforderungen, die beispielsweise eine sichere Handhabbarkeit und Transport ermöglichen müssen. Die Minimierung der Strahlenexposition der Mitarbeiter hätte bei intakten Gebinden sicherlich besser gewährleistet sein können. Die Begrifflichkeit „Einhaltung der Schutzziele“ wurde hier zu eng gefasst.

6.5 Vertiefende Analyse der Planungshorizonte und des Umgangs mit den Konzentraten während der Lagerungszeit

Schließlich gilt es, die zeitlichen Aspekte einer eingehenderen Betrachtung zu unterziehen. Alle vorgenannten Ursachen sind für kurze Zeiträume unproblematisch und führten nur in Verbindung mit dem ungehinderten Fortgang der Entwicklung zu den aufgetretenen schweren Korrosionsschäden.

6.5.1 Perspektive Asse

Im Kern richtig ist die Aussage, dass **ursprünglich nur eine kurzfristige Lagerung der nicht Wärme entwickelnden Abfälle geplant** war. Kurzfristigkeit meint dabei eher Monate als Jahre. Der Aspekt der Langzeitstabilität spielte eine stark unterentwickelte Rolle. Das zieht sich von der Spezifikation der Konzentrataufbereitung in Brunsbüttel bis zu den Einlagerungsbedingungen in der Asse durch. Fässer, wie sie sich in den Kavernen befinden, konnten bis 1978 ohne weiteres in die Asse eingelagert werden.

6.5.2 Perspektive Schacht Konrad

Auch für die Zeit danach wird noch häufig argumentiert, dass die Abfälle zeitnah dem Endlager Konrad zugeführt werden sollten. Als Beispiel ist nachfolgend eine Pressemitteilung der Vattenfall GmbH zu den Abfällen in den Kavernen in Brunsbüttel angeführt:

Die Kavernen und die Fässer waren konzeptionell zunächst nicht für eine längerfristige Aufbewahrung vorgesehen. Die Fässer sollten kurzfristig nach Schacht Konrad als bundesweitem Endlager für die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle aus Industrie und öffentlicher Hand gebracht werden. Schacht Konrad sollte ursprünglich Mitte bis Ende

*der 90'er Jahre fertiggestellt werden. Nachdem es in der Vergangenheit mehrfach zu Verzögerungen kam, rechnet das Bundesumweltministerium aktuell mit einer Inbetriebnahme zwischen 2021 und 2025.*²⁵

Das Argument erklärt nur bedingt die fehlende Kontrolle durch den Betreiber. Radioaktive Abfälle fallen mit der Inbetriebnahme einer kerntechnischen Anlage an. Spätestens seit Schließung der Asse 1978 stand kein Endlager zur Verfügung. Entsprechend wurden Räumlichkeiten wie beispielsweise die Kavernen seit 1979 genutzt. Wann genau der erste anvisierte Inbetriebnahmetermine von Schacht Konrad war, ist nicht ganz klar. Vermutlich lag er Anfang der 1990er Jahre (gemäß Entsorgungsbericht der Bundesregierung von 1988), es finden sich aber auch Presseberichte, in denen von 1986 die Rede ist. Wenn „Anfang der 1990er Jahre“ zutreffend ist, war relativ früh klar, dass **jedenfalls eine Lagerzeit von rund 10 Jahren zu überbrücken** sein würde, verlängert noch um eine Einlagerungszeit, da bis zur Inbetriebnahme ein Rückstau zu erwarten war. Aus Monaten waren in den 1980er Jahren also bereits Jahre geworden. Eine längerfristige Zwischenlagerzeit war bereits früh abzusehen und hätte in die Betriebsorganisation der Zwischenlagerung Eingang finden können.

In den 1990er Jahren stand zwar für einige Jahre – von 1994 bis 1998 – das Endlager Morsleben zur Verfügung, die KKB eingeräumten Ablieferungsmöglichkeiten wurden aber für Abfälle aus dem Fasslager und den Transportbereitstellungshallen (wo sich auch heute noch für Morsleben konditionierte Abfälle befinden) genutzt. Die Kavernen blieben unangerührt. Ein Grund hierfür könnte sein, dass man mit den Fässern im Fasslager beginnen wollte, weil diese besser und schneller zugänglich waren; sinnvoll wäre es aus heutiger Sicht gewesen mit den ältesten Fässern zu beginnen. Möglicherweise nährte die vorübergehende Öffnung von Morsleben auch wiederum bei verschiedenen Beteiligten die Hoffnung auf eine nur noch kurze Verweildauer der Fässer in den Kavernen, so dass wiederum oder weiterhin keine Notwendigkeit erkannt wurde, die Lagerungsbedingungen in den Kavernen auf eine längerfristige Zwischenlagerung auszurichten oder ein anderes, geeignetes Zwischenlager für die Filter- und Verdampferkonzentrate zu schaffen und die Abfälle für eine längerfristige Zwischenlagerung zu konditionieren.

Wie klar die Notwendigkeit einer sehr langen Zwischenlagerung wann für die einzelnen Akteure jener Zeit erkennbar wurde bzw. wann sich eine Notwendigkeit zur Anpassung des Entsorgungssystems an eine neue Grundannahme aufdrängte, lässt sich heute kaum noch zuverlässig beurteilen – und schon gar nicht objektiv, da in die Betrachtung notwendigerweise der heutige Erkenntnishorizont und da-

²⁵ Pressemeldung Vattenfall GmbH v. 25.09.2014.

mit viele Jahrzehnte ergebnisloser²⁶ Endlagerkonzeption einfließen. Richtig ist auf der anderen Seite jedenfalls auch, dass die Dimension der Verzögerung, wie sie sich mittlerweile gezeigt hat – nämlich ein halbes Jahrhundert und mehr – und wie sie vielleicht immer noch nicht in ihrem ganzen Ausmaß erkennbar ist, seinerzeit von niemandem erahnt wurde. Maßgeblich dafür, dass es letztlich zu keinen Anpassungen an einen neuen Planungshorizont kam, dürfte sein, dass es **an einer klaren Zäsur in der Endlagerfrage fehlte**, dass nicht zu einem bestimmten Zeitpunkt eine Verschiebung der Einlagerungsmöglichkeit in Schacht Konrad um 30 Jahre (1992-2022) bekannt gegeben wurde. So erfolgte die Verschiebung sukzessive in vielen kleinen Einzelschritten, mit denen nicht selten dann auch unterschiedliche natürliche Personen – auch auf Seite der Atomaufsicht – umzugehen hatten, die dann beschränkt auf die jeweilige Perspektivenverschiebung keinen Handlungsbedarf erkennen konnten.

6.5.3 Unterbliebene Reaktionen auf neue Erkenntnisse

Demgegenüber boten die Korrosionsbefunde in der Landessammelstelle und im Kernkraftwerk Brokdorf²⁷ klare Anlässe, die Lagerungspraxis auch und gerade bei den nur vorbehandelten Konzentraten in den Kavernen zu überprüfen. Dieser Ansatz wurde bei der Atomaufsicht auch verfolgt. Es wurden von Seiten der Aufsicht Überprüfungsanfragen an die Betreiber gerichtet. Im Ergebnis wurden die in den Brunsbütteler Kavernen gelagerten Abfälle nicht in die Betrachtung der Betreiberin miteinbezogen, obwohl die Antwortschreiben den gegenteiligen Eindruck, nämlich der Einbeziehung sämtlicher Abfälle am Standort, erweckten. Auf die Mitteilungen der Atomaufsicht hin hätte sich eine Inspektion der Kavernen aufgedrängt. Auch die bei Öffnung der Kaverne IV im Jahr 2004 ermittelten Korrosionsspuren führten zu keinen umfassenden Konsequenzen, der Atomaufsicht wurden sie nicht einmal gemeldet. Es fand damit offensichtlich **keine systematische Aus- und Bewertung** der festgestellten Korrosionsfälle wie z. B. der Schadensmechanismen, Abfallalter, Abfallart, verwendete Behälter usw. statt. Eine systematische Ableitung von „Lessons learned“ blieb aus. Es ist anzunehmen, dass Mechanismen zur Ableitung von Erfahrungen auch anderer Betreiber und deren Rückfluss in die eigene Betriebsorganisation nicht etabliert waren. Die Einzelereignisse wurden nicht in einen Zusammenhang gestellt.

Bis zum Auftreten erster Korrosionsfälle in der Landessammelstelle und im Kernkraftwerk Brokdorf waren in den Kavernen Abfälle bereits 20 Jahre gelagert. Dieser Zeitraum bringt es mit sich, dass es zu Wechseln bei den Angestellten kommt. Es ist anzunehmen, dass es dadurch auch einen **Wissensverlust auf der Betreiberseite gab**, der eine umfassende Bewertung der Lagersituation in den Kavernen erschwerte. Das Thema Wissensmanagement wird erst in jüngerer Zeit in den Betrieben syste-

²⁶ Im Sinne einer real existierenden Einlagerungsmöglichkeit.

²⁷ Siehe Kapitel 3.2

matisch verankert. Ein Know-How Verlust ist über den langen Lagerzeitraum anzunehmen. Dabei handelt es sich um eine potentielle Ursache für Unterlassungen im Umgang mit radioaktiven Abfällen weit über die Kavernen in Brunsbüttel hinaus. Ihre Bedeutung wird künftig weiter zunehmen, wenn Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Ruhestand gehen, die über originäre Erkenntnisse aus der Einlagerungszeit von radioaktiven Abfällen in Zwischenlager und sonstige Lagerstätten verfügen. Der Gesichtspunkt unterstreicht die Bedeutung einer sorgfältigen Dokumentation. Er betrifft im Grundsatz auch die Atomaufsicht und die Sachverständigen.

Schließlich kam es bei der Betreiberin zu **Fehleinschätzungen**. Obwohl bei Kampagnenvorbereitungen ab 2004 der schlechte Zustand einiger Fässer bemerkt wurde, ging man davon aus, dass die Fässer in den Kavernen so lange handhabbar blieben, bis die Kavernen im Rahmen von Abfallkampagnen geräumt sind. Der volle Schadensumfang war nicht bekannt, da keine Inspektionen an den Fässern durchgeführt worden waren. Zwar wurde die Raumluft auf luftgetragene Aktivität überprüft, durch die geringe Mobilisierung der Aktivität in die umgebende Luft sowie die geschlossenen Kavernen konnte auch diese Überwachung keine Hinweise auf die Vorgänge in den Kavernen geben. Damit trugen die räumlichen Verhältnisse, insbesondere die schlechte Einsehbarkeit der Kavernen, die jeweils nur die obersten Fässer erkennen ließen, zu den Fehleinschätzungen bei.

6.5.4 Fehlende Wirksamkeit von Revisionsmechanismen

Das Unterlassen eines früheren Handelns der Betreiberin aber auch der Atomaufsicht wurde dadurch begünstigt, dass es an wirksamen Mechanismen fehlt, die Impulse zur Überprüfung der bisherigen Annahmen daraufhin, ob sie noch zutreffen, zu setzen. Gemeint sind Vorkehrungen, die einen äußeren Zwang setzen, das bestehende System in bestimmten Abständen zu hinterfragen, z.B. ob eine Spezifikation, ein Trocknungsverfahren, ein Überwachungssystem o.ä. noch ausreichend ist. Zuvor derst wäre hier an einen regelmäßigen Erfahrungsaustausch zu denken. Es fehlte und fehlt weiterhin an der Sensibilisierung sowohl auf Betreiberseite als auch auf Behördenseite länderübergreifend die Themen der längerfristigen Lagerung von Rohabfällen, teilkonditionierten sowie konditionierten Abfällen in das bestehende **System zum kontinuierlichen Erfahrungsaustausch einzubeziehen**. Zwar wurden diese Themen punktuell in den Sitzungen der Fachausschüsse des Länderausschusses (LAA), LaFAB, später FAVE angesprochen, jedoch wurden auch dort keine Konsequenzen an die Verlängerungen der Zwischenlagerdauer von radioaktiven Abfällen abgeleitet. Mit der Aufforderung des BMUB, Lagerschäden an Behältern mit schwach- und mittelradioaktiven Abfällen, an den Fachausschuss Ver- und Entsorgung zu melden, wurde erst auf den Befund in Brunsbüttel im Jahr 2012 hin ein erster Ansatz geschaffen. In der Praxis hat er allerdings bisher keine große Bedeutung erlangt.

Auch sonstige **Mechanismen die eine Neubewertung bestehender Auffassungen und Systeme** ermöglicht hätten, wirkten nicht. Denkbar wäre auf Betreiberseite etwa eine periodische Sicherheitsüberprüfung hinsichtlich des Umgangs mit Rohabfällen und vorkonditionierten Abfällen sowie hinsichtlich der Lagerstätten im Kontrollbereich. Auf Seiten der Atomaufsicht ist an ein wiederkehrendes

Auditverfahren zu denken, das zu einer Überprüfung führt, ob die Schwerpunkte in der aufsichtlichen Tätigkeit noch richtig gesetzt sind oder ob im aufsichtlichen System Lücken entstanden sind. Daran fehlt es. So wurde auch auf Seiten der Aufsicht eine systematische Auswertung aller aufgetretenen Korrosionsfälle nicht angeregt. Erfahrungen aus den Korrosionsfällen wurden nicht mit letzter Konsequenz ausgewertet und fanden keinen Niederschlag in der aufsichtlichen Praxis. Vielmehr konzentrierte sich der aufsichtliche Alltag auf die konkret zu lösenden Probleme (z.B. in der Landessammelstelle), nicht aber auf die daraus weiter abzuleitenden Erkenntnisse. Revisionsmechanismen hätten hier dazu führen können, dass man sich in bestimmten Abständen Zeit für solche übergreifenden und grundsätzlichen Betrachtungen nimmt. Sie können grundsätzlich auch dazu beitragen Lücken aufzudecken, die aufgrund von Personalwechseln und Wissensverlust über derart lange Zeiträume auftreten, wie sie hier in Rede stehen. Insgesamt waren Wissensmanagement und Erfahrungsrückfluss unzureichend verankert.

Bei den hier betrachteten konkreten Abläufen, die zu unzureichender Aufmerksamkeit seitens der Aufsichtsbehörde geführt haben, hat sich ein grundsätzlicher Sachverhalt bei der praktischen Umsetzung von Aufgaben manifestiert: Es gibt immer begrenzte Ressourcen bei den Kapazitäten der Aufsichtsbehörden und diese werden naturgemäß an den bisher im Fokus stehenden Aufgabenstellungen orientiert eingesetzt. Mit dieser Vorgehensweise sind Themenstellungen gut abdeckbar, die schon erkannt sind. Gibt es erneut Probleme in solchen Themenstellungen, ist mit dieser Strategie ebenfalls gut Vorsorge zu treffen, weil Probleme bei neuerlichem Auftreten frühzeitig erkannt werden. Viele Beispiele aus der Praxis zeigen den Erfolg einer solchen Vorgehensweise. Anders ist es, wenn Probleme bei Themenstellungen auftreten, die bisher nicht im Fokus waren. Durch die begrenzten Kapazitäten der Aufsicht ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass solche Probleme nicht erkannt werden bzw. wenn sie von einer Person erkannt werden, trotzdem schnell wieder aus dem Aufmerksamkeitsbereich gleiten, da andere Aufgaben dringlicher sind. Eine Vergrößerung der Personalkapazität bietet hier nur eine begrenzte Abhilfe, da auch zusätzliches Personal wohl im Rahmen des bisherigen Fokus der Aufsichtstätigkeiten eingesetzt werden wird. Besonders stark **kann der Effekt, dass Probleme nicht rechtzeitig erkannt werden, zum Tragen kommen, wenn sich wesentliche Faktoren langsam verschieben**, beispielsweise die aufgrund der Entsorgungssituation immer länger werdende Lagerzeit der Gebinde im Kraftwerk. Ein anderes Beispiel sind Veränderungen des Betriebszustands (z.B. endgültige Abschaltung); auch dort verschieben sich Randbedingungen für die Aufsicht, ohne dass dies unbedingt in der vollen Tragweite bewusst wahrgenommen wird. In der Realität vergehen oft lange Zeiträume, bis der Aufsicht als Ganzes solche Verschiebungen bewusst werden und Nachjustierungen in der Fokussierung der Tätigkeit erfolgen.

6.5.5 Entwicklung der Spielräume im Regelwerk

Begünstigt wurde diese erst langsame Entwicklung eines Bewusstseins für die Problemdimension dadurch, dass sich auch das **Regelwerk zur Lagerung radioaktiver Abfälle hinsichtlich der Anforderung** einer sicheren Handhabung und eines sicheren Transportes der radioaktiven Stoffe nur lang-

sam entwickelte, was seinerseits darauf zurückzuführen sein dürfte, dass sich parallel bei allen Atomaufsichten langsam aber stetig ein zunehmendes Bewusstsein für die Bedeutung dieser Aspekte herausbildete. Die Idee der sicheren Handhabung findet sich bereits in den Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke von 1977 (Kriterium 11.1). Qualitätskriterien für Abfallgebinde, die endgelagert werden sollen, lagen dann 1995 mit den vorläufigen Konrad-Bedingungen vor. Hinsichtlich der Zwischenlagerung fand sich diese Anforderung erstmals in den RSK-Leitlinien von 2002. Dort heißt es konkret zum Abfallbehälter und zur Überwachung (Kapitel 2.1.2):

Für eine längerfristige Zwischenlagerung der Abfallgebinde ist die Langzeitbeständigkeit der Behältermaterialien zu betrachten, damit die Anforderungen über die Lagerzeit erfüllt werden. Durch eine geeignete Auslegung der Abfallbehälter (Werkstoff, Abmessungen, Korrosionsschutz, konstruktive Ausführung, zum Beispiel Vermeidung von ungeschützten Spalten) ist die langfristige Integrität sicherzustellen. Diese Auslegung der Abfallbehälter hat auch die physikalischen, chemischen und thermischen Eigenschaften des Abfallproduktes und die atmosphärischen Bedingungen des Zwischenlagers zu berücksichtigen. [...] Sofern die Abfallbehälter nicht aufgrund ihrer Auslegung [...] für eine längerfristige Zwischenlagerung zweifelsfrei geeignet sind, sind wiederkehrende Kontrollen an den Abfallbehältern durch zerstörungsfreie Prüfungen, wie zum Beispiel visuelle Inspektionen durchzuführen. Um diese Kontrollen zu ermöglichen, ist im Zwischenlager die Zugänglichkeit sicherzustellen [...].

Schon damals wurde in den RSK-Leitlinien /10/ deutlich gemacht, dass nicht nur die als Zwischenlager deklarierten Lager zu überwachen sind:

„An diese längerfristige Abklinglagerung oder Pufferlagerung mit dem Ziel der Freigabe oder der späteren Konditionierung für die Endlagerung unter günstigeren radiologischen Bedingungen sind – soweit übertragbar – dieselben Sicherheitsanforderungen zu stellen wie an die Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle mit dem Ziel der späteren Endlagerung.“

Mit hoher Wahrscheinlichkeit waren zum Zeitpunkt der Veröffentlichung der RSK-Leitlinien die Schäden in den Kavernen schon weit fortgeschritten. Damals wurde aber nicht erkannt, dass die Leitlinien auch auf die Kavernen anzuwenden sind. Auch KKB hatte das Verständnis dass die Pufferlagerung in den Räumen des Kernkraftwerks nicht unter die Anwendungsfälle zu zählen ist.

Die Anforderungen an die Zwischenlagerung wurden in den Nachfolge-Leitlinien der ESK von 2013, die die RSK-Leitlinien von 2002 ablöste, beibehalten. Die konkrete Umsetzung dieser Anforderungen beispielsweise in betrieblichen Anweisungen ist Aufgabe des Betreibers. Die Anforderungen sollten spätestens von da, also **vom Jahr 2013 an für jede Art von Lagerung gelten**, also auch bei der Pufferlagerung in jeder Art von Lagereinrichtung innerhalb einer kerntechnischen Anlage sowie als externe Anlage. Dieser Aspekt wurde in den ESK-Leitlinien von 2013 – je nach Verständnis der ursprünglichen

Fassung – noch deutlicher herausgearbeitet bzw. deren Geltungsbereich explizit auf Räume innerhalb der Anlage erweitert, da für Räume innerhalb der Anlagen meist ausschließlich die KTA 3604 als Bewertungsmaßstab angewandt wurde. Seit 2013 entspricht die KTA 3604 im Hinblick auf die Lagerung nicht mehr dem Stand von Wissenschaft und Technik. Dies wird insbesondere daran deutlich, dass die KTA 3604 zwar eine Reihe von unterschiedlichen Lagervarianten aufführt, aber keine Überwachung der Gebinde fordert. Zwar wird dann mit der Formulierung *„Für die längerfristige Zwischenlagerung von konditioniertem oder teilkonditioniertem radioaktivem Abfall zur Bereitstellung für die Endlagerung gelten die Sicherheitsanforderungen der RSK-Empfehlung vom 05.12.2002.“* eine Verbindung zu dem Vorläufer der ESK-Leitlinien hergestellt, in der Praxis wurde aber der unscharfe Begriff „längerfristige Zwischenlagerung“ manchmal wieder als Ausstieg benutzt, weil ja „nur eine Pufferlagerung“ und keine „längerfristige Zwischenlagerung“ durchgeführt werde. Durch die bereits erfolgte klarere Formulierung der „ESK-Leitlinien für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung“ ist eine Präzisierung erfolgt, die in der KTA 3604 noch nachgeführt werden sollte.

Weiterhin **fehlen im betrieblichen Regelwerk Anforderungen zum Alterungsmanagement für den Bereich Abfälle**. Wie festgestellt, haben Themen, die unter dem Begriff Alterungsmanagement zusammenzufassen sind, zu Defiziten geführt. Insbesondere das systematische Auswerten von Erfahrungen und Methoden des geeigneten Rückflusses sei es in den Anlagenbetrieb, sei es in die Aufsicht haben gefehlt. Die Einbindung der Abfallgebände in die systematische Untersuchung von Schädigungsmechanismen, Auswirkungen und Gegenmaßnahmen wäre geeignet gewesen, rechtzeitig ein entsprechendes Problembewusstsein zu erzeugen. Ebenso wären über den langen Zeitraum Methoden des Wissensmanagement für alle Beteiligten eine hilfreiche Unterstützung gewesen. Diese Aspekte sind in den ESK-Leitlinien im Abschnitt 12 („Periodische Sicherheitsüberprüfung“) angesprochen. Das weitere untergesetzliche kerntechnische Regelwerk hat bisher den Bereich des innerbetrieblichen Umgangs mit radioaktiven Reststoffen und Abfällen in erster Linie unter dem Gesichtspunkt von Strahlenschutzaspekten (Abschirmung, Kontamination) in den Blick genommen. Anforderungen an die Spezifikation von Merkmalen der Rest- bzw. Abfallstoffe selbst, der Gebinde und dem innerbetrieblichen Umgang, einschl. Lagerung, bestehen kaum. Vielmehr ist es so, dass in den grundsätzlichen Anforderungen, wie Qualitätssicherung, Alterungsmanagement der Reststoff- und Abfallbereich im Anwendungsbereich nicht bzw. nur indirekt angesprochen wird.

6.6 Abgeschlossene Atmosphäre in den Kavernen

Ergänzend zu den zuvor festgestellten Ursachen hat zum Umfang des Schadensbildes beigetragen, dass die Kavernen aufgrund ihres Aufbaus eine abgeschlossene, nicht belüftete Atmosphäre beinhalten. Die freie Flüssigkeit im Abfall konnte einen korrosiven Angriff auf die Fässer vornehmen (Innenkorrosion), der zunächst zum punktuellen Versagen der Fasswandung führte. Austretende freie Flüssigkeit aus den Fässern erhöhte daraufhin die Feuchte der Lageratmosphäre, was wiederum die **Korrosion von außen** begünstigte (Außenkorrosion). Durch die fehlende Belüftung der Kavernen fehlte

zudem ein Abtransport der Feuchte aus der Lageratmosphäre. Da die Kavernen über Jahre bzw. Jahrzehnte nicht inspiziert wurden, konnte dieser Prozess unbemerkt fortschreiten, bis der jetzt vorliegende Zustand von korrodierten und teilweise zerstörten Fässern vorlag.

6.7 Chloridinduzierte Spannungsrisskorrosion

Beispiele für Korrosionsschäden waren in Schleswig-Holstein nicht nur Folgen von langzeitiger Lagerung. In Brokdorf wurden im Jahr 2001 Fälle von chloridinduzierter Lochfraßkorrosion an relativ neuen Fässern aus Edelstahl entdeckt. Voraussetzung für diesen Schadensmechanismus sind der Werkstoff des Fasses, der **Chloridgehalt im radioaktiven Abfall und ggf. dem Zuschlagstoff** und das Vorhandensein von Feuchtigkeit sowie Sauerstoff. Es kommt dann punktuell zu einer Depassivierung des Stahls, z.B. an der Fasswandung. In der Folge ist der Stahl ungeschützt, es kommt zur eigentlichen Korrosion des Materials. Da es einen linearen Zusammenhang zwischen Chloridgehalt und Korrosionsgeschwindigkeit gibt, ist der Chloridgehalt in Bau- und Zuschlagstoffen durch Grenzwerte geregelt. Aber auch zunehmende Luftfeuchte und Temperatur beschleunigen den Korrosionsvorgang. Im Abfall kann der Chloridgehalt nicht beeinflusst werden. Um entsprechende Korrosionsmechanismen zu reduzieren, kann die Feuchtigkeit des Abfalls gesenkt werden (Trocknung), die Umgebungsbedingungen überwacht und ggf. beeinflusst werden (Belüftung) und Fässer mit einer Innenbeschichtung verwendet werden.

Im konkreten Fall, d.h. unter offenbar besonders ungünstigen Bedingungen, reichten allerdings selbst relativ engmaschige visuelle Kontrollen nicht aus, die Korrosion rechtzeitig zu entdecken, da eine visuelle Kontrolle lediglich ein halbes Jahr zuvor noch ohne Befund stattgefunden hatte. Seither werden die Rohabfälle in Fässer mit einem innenliegenden Plastiksack (Inlet) abgefüllt. Seit dem ist es zu keinen weiteren Befunden gekommen.

7 Handlungsempfehlungen

Auf Basis der Problemanalyse und der sich daraus ergebenden Ableitungen hat die Arbeitsgruppe beraten, welche Handlungsmaßnahmen der schleswig-holsteinischen Atomaufsicht zu empfehlen sind, um künftig insbesondere Schäden, wie sie in den Kavernen des KKB entstanden sind, effektiv zu verhindern. Ein erster wichtiger Schritt ist insofern bereits dadurch getan, dass mit der intensiven Betrachtung der Problematik über den Zeitraum der AG-Arbeit ein geschärftes Bewusstsein für die gestiegene und immer weiter steigende Bedeutung der Zwischenlagerung im weitesten Sinne entstanden ist. Die Handlungsempfehlungen verstehen sich als Impulse, in welche Richtung sich die Arbeit der Atomaufsicht weiter entwickeln sollte, um dem Rechnung zu tragen. Sie sind deshalb keineswegs abschließend zu verstehen, sondern sollen einen Wegweiser liefern, wie anknüpfend an die bereits erfolgten Schritte – insbesondere die auf den Weg gebrachte Räumung der Kavernen in Brunsbüttel – die Aufbewahrung des Atommülls in Schleswig-Holstein und deren Überwachung möglichst langzeitsicher ausgestaltet werden können. Zu unterscheiden sind Vorgaben für die Betreiber kerntechnischer Anlagen, organisatorische Vorkehrungen bei der Atomaufsicht, eine Stärkung der Rolle der Sachverständigen und Empfehlungen zum übergeordneten Regelwerk.

7.1 Vorgaben für die Betreiber

Da in allen betrachteten Korrosionsfällen die Ursachen im Wesentlichen in der Betreibersphäre lagen, sind zuvorderst engmaschigere und spezifischere Vorgaben für die Behandlung und Lagerung radioaktiver Abfälle durch die Betreiber erforderlich.

7.1.1 Möglichkeiten der behördlichen Umsetzung

Die nachstehend aufgeführten Empfehlungen können im **Aufsichtsverfahren** in Abstimmung mit dem jeweiligen Betreiber umgesetzt, aber grundsätzlich auch zum Gegenstand einer rechtsverbindlichen **nachträglichen Auflage gemäß § 17 Absatz 1 Satz 3 AtG** gemacht werden. Nach dieser Vorschrift sind nachträgliche Auflagen zulässig, soweit sie zur Erreichung der in § 1 Nr. 2 und 3 AtG bezeichneten Zwecke erforderlich sind. Im Zusammenhang mit der Handhabung und Lagerung radioaktiver Abfälle ist der Schutzzweck des § 1 Nr. 2 AtG einschlägig, wonach Leben, Gesundheit und Sachgüter vor den Gefahren der Kernenergie und der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlen zu schützen sind. Dieser Schutzzweck wiederum wird konkretisiert durch die jeweiligen Genehmigungsvoraussetzungen. Die Erteilung einer Genehmigung hängt davon ab, dass die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Schadensvorsorge getroffen ist (siehe § 7 Absatz 2 Nr. 3 AtG für die Kernkraftwerke, ebenso § 6 Absatz 2 Nr. 2 AtG für Zwischenlager zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen und § 9 Abs. 1 Nr. 5 StrlSchV für den Umgang mit sonstigen radioaktiven Stoffen). Nachträgliche Auflagen sind folglich zulässig, soweit sie zur Erreichung der erforderlichen Vorsorge gegen Schäden erforderlich sind. Unter dem Eindruck der bereits in verschiedenen Anlagen aufgetretenen Korrosionsschäden sind die im Folgenden angedachten Maßnahmen erforderlich, um eine sichere und – als Folge der aktuell fehlenden Annahmefähigkeit eines Endlagers – längerfristige Zwischenlage-

ung radioaktiver Abfälle zu gewährleisten. Ziel der Maßnahmen ist es dabei primär, die Behörde über die Erhebung und Weitergabe von Informationen der Betreiber in die Lage zu versetzen, ihrer Aufsichtspflicht nach § 19 AtG nachkommen zu können.

7.1.2 Abfall- und Reststoffordnungen

Als Grundvoraussetzung gilt es sicher zu stellen, dass die anlageninternen Abfall- und Reststoffregime immer den aktuellen Anforderungen des Regelwerks genügen, das mittlerweile schon weit entwickelt ist und auch erste Anforderungen für den Bereich der Pufferlagerung enthält. Es ist eine **regelmäßige Untersuchung durchzuführen, ob der Stand von Wissenschaft und Technik durch das Reststoff- und Abfallregime** eingehalten wird. Dies schließt unter anderem den Nachweis ein, dass die Anforderungen der Empfehlung der Entsorgungskommission /3/ für Rohabfälle im Kernkraftwerk eingehalten werden. Es sollte ein Abfallkonzept in einer separaten Abfall- und Reststoffordnung im Rahmen des Betriebsreglements festgelegt werden.

Um zukünftige Korrosionsprobleme bestmöglich vorbeugen zu können, muss ein **Alterungsmanagement** gemäß ESK-LL etabliert werden. Darin sollen Erfahrungen mit verschiedenen Abfallarten, Konditionierungsmethoden, Lagerungsbedingungen und Abfallbehältern sowie verschiedene Kombinationen davon erfasst und ausgewertet werden. Erfahrungen in der eigenen sowie anderen Anlagen sollen den Erkenntnisstand ständig erweitern. Entsprechende Methoden sind in der Betriebsorganisation vorzusehen. Ergebnisse aus der Forschung zu Materialeigenschaften und Alterungseffekten sollen ebenfalls einfließen. Überwachungskonzepte, Konditionierungsverfahren und Behälter sollen so weiterentwickelt werden. Ziel ist die langfristig sichere Lagerung radioaktiver Abfälle bis zur Endlagerung. Mit der systematischen Erfassung von Erfahrungen und Erkenntnissen kann zudem dem Know-How Verlust bei Personalwechseln entgegengewirkt werden. Dazu sind aber zusätzliche Methoden der Übergabe zu etablieren. Dies ist allerdings ein Problemkreis, der nicht nur die Abfallbehandlung betrifft und daher von der Atomaufsicht im Zusammenhang mit dem Alterungsmanagement gem. KTA 1403 /14/ behandelt wird.

7.1.3 Vollständige Einbeziehung von Roh- und vorbehandelten Abfällen

Es muss sichergestellt werden, dass in die Abfall- und Reststoffregime aller Anlagen die Rohabfälle und die lediglich vorbehandelten Abfälle vollständig einbezogen sind. Dafür ist der Atomaufsicht auf Basis des Abfallkonzeptes und des Lagerstättenkatasters zunächst eine **Prozessbeschreibung** der betrieblichen Reststoff- und Abfallbehandlung für Abfälle, die noch nicht im Produktkontrollverfahren erfasst werden, zur Zustimmung vorzulegen. In dieser ist insbesondere darzustellen, welche Verfahrens- und Prüfschritte es gibt, welche Verantwortlichkeiten, Zuständigkeiten, Befugnisse und Kommunikationswege vorhanden sind, wie eine Qualitätssicherung durchgeführt wird, wie ein Alterungsmanagement (für Lagerstätten und Abfälle) umgesetzt wird und wie eine Dokumentation erfolgt. Vor dem Hintergrund des Erfordernisses der kontinuierlichen Bewertung und Verbesserung des Prozesses ist des Weiteren festzuschreiben, wie mit Erkenntnissen und Vorkommnissen unterhalb

von meldepflichtigen Ereignissen aus der eigenen und anderen Anlagen sowie mit Abweichungen von vorgegebenen Spezifikationen und Anforderungen umgegangen wird.

Die Prozessbeschreibungen sind unter Beteiligung von Sachverständigen **auf Unzulänglichkeiten hin zu überprüfen und ggf. zu ergänzen**. Das gilt etwa für ungenaue Vorgaben wie jene betreffend die Trocknungsgrade der Filter- und Verdampferkonzentrate in der Spezifikation der Konzentrataufbereitungsanlage in Brunsbüttel.

Vor allem muss ein **Kontrollverfahren** bereits greifen, sobald der Abfall anfällt und als solcher identifiziert ist. So müssen auch kampagnenunabhängige Schritte wie insbesondere Vorsortierung oder Vorkonditionierung unter Einbindung der Aufsicht und der Sachverständigen erfasst werden. Derzeit setzt das Produktkontrollverfahren im eigentlichen Sinne erst nach der Sortierung ein. Was vor der Zuordnung zu einer Kampagne an weiteren Vorkonditionierungsschritten erfolgt, liegt derzeit rein in der Betreiberverantwortung und wird im Rahmen des Produktkontrollverfahrens nicht erfasst. Dadurch fiel das Abfüllen der Konzentratfässer im KKB durch das Kontrollraster. Wäre kontrolliert worden, wäre die Flüssigkeit in den Fässern frühzeitig entdeckt worden. Bereits die vorbehandelten Abfälle und die Vorsortierung sollten deshalb regelmäßig überprüft werden. Die Ergebnisse der Prüfung dienen dann auch als Grundlage der Rohabfallbeschreibung kommender Kampagnen sowie der stofflichen Beschreibung der Abfälle. Die gleiche Vorgehensweise sollte für alle Arbeiten an den Abfällen verpflichtend sein, um eine lückenlose Nachvollziehbarkeit vom Entstehen der Abfälle bis zur Endlagerung zu gewährleisten. Entsprechende Regelungen sind in die jeweiligen innerbetrieblichen Vorschriften zu übernehmen.

7.1.4 EDV-gestützte Dokumentation und Abfallverfolgung

Von besonderer Bedeutung für den gesamten weiteren Umgang mit radioaktiven Abfällen ist eine lückenlose, detaillierte, langzeitsichere und auch für die Atomaufsicht jederzeit zugängliche Dokumentation. Es ist ein **softwarebasiertes Reststoff- und Abfallverfolgungs- und -kontrollsystem** festzuschreiben, in dem auch Rohabfälle erfasst und die zugehörigen Parameter wie Zustand, Verpackung und Lagerort erfasst werden. Auch Parameter wie die maximal erlaubte Aufenthaltsdauer, Prüfintervalle usw. müssen abgefragt werden können. Eine Überschreitung sicherheitstechnisch relevanter Parameter muss durch die Software erkannt und gemeldet werden.

Zur Umsetzung dieser Anforderung ist ein **prüfpflichtiges und zustimmungspflichtiges Konzept** zu erstellen. Hierbei sind insbesondere der Strahlenschutz und das Minimierungsgebot zu berücksichtigen. Die Umsetzung ist in die Reststoff- und Abfallordnung mit auf zu nehmen und ggf. in zustimmungspflichtigen Anweisungen zu ergänzen. In dem softwarebasierten Reststoff- und Abfallverfolgungs- und -kontrollsystem sollte auch der Fortgang von Konditionierungskampagnen abgerufen werden können. Hier sind auch Produktkontrollmaßnahmen, Inspektionsergebnisse usw. zu erfassen.

Insbesondere für Altgebinde sollte eine Verpflichtung zur **Nachdokumentation** auf den Stand von Wissenschaft und Technik eingeführt werden. In einem Abstand von z.B. 10 Jahren sollte geprüft werden, ob die Dokumentation noch dem Stand der Anforderungen späterer Entsorgungsschritte entspricht. Dies kann z.B. im Rahmen der nach den ESK-Leitlinien vorgesehenen Periodischen Sicherheitsüberprüfung erfolgen.

Auf solche EDV-gestützte Abfallverfolgungssysteme der Betreiber könnte eine bundesweite Datenbank radioaktiver Abfälle aufsetzen.

7.1.5 Neue Lagerstätten nur noch mit Zustimmung der Atomaufsicht

Eine wesentliche Ursache für die im Kernkraftwerk Brunsbüttel entstandene Korrosionsproblematik liegt darin, dass die Atomaufsicht gar nicht bewusst wahrgenommen hat, dass 1979 in den Kavernen eine neue Lagerstätte für Konzentratfässer entstanden ist. Sie hat dies nur beiläufig aus den Jahresberichten erfahren, hierüber aber nicht reflektiert, weil keine Entscheidung zu treffen war. Das könnte grundsätzlich auch heute noch passieren, da die Rechtslage unverändert ist. Dies muss vermieden werden. Das Problem stellt sich **nur innerhalb der Kontrollbereiche** wegen der dortigen weit reichenden Umgangsgenehmigungen; externe Lagerstätten durchlaufen dagegen ohnehin ein Genehmigungsverfahren. Unbemerkte Änderungen können auf zweierlei Weise entstehen: Zum einen kann eine Lagerstätte, die bislang für eine bestimmte Abfallart genutzt wird, eine Nutzungsänderung erfahren und nunmehr auch für andere Abfallarten genutzt werden, zum anderen können Räume genutzt werden, die bisher gar nicht als Lagerstätten für radioaktive Abfälle genutzt wurden.

Zunächst müssen deshalb die gegenwärtig genutzten Lagerstätten überprüft und bei Unbedenklichkeit die **jeweiligen Nutzungen festgeschrieben werden**. Orte, die im Kontrollbereich im Rahmen des Flusses der radioaktiven Reststoffe und Abfälle betrieblich genutzt werden, sind bezüglich ihrer Lage, Nutzung sowie vorhandener bzw. einzuhaltender charakteristischer Eigenschaften wie z.B. Kapazitäten, raumklimatische Bedingungen, vorgesehene Lagerdauern, Inspektionen usw. zu beschreiben. Aus den lokalen Gegebenheiten ist abzuleiten, welche Abfälle bzw. Gebinde dort gelagert werden dürfen. Nicht zur Lagerung geeignete Orte müssen ausgeschlossen werden.

Es muss sichergestellt werden, dass künftig **vor der erstmaligen Verwendung einer Räumlichkeit als betriebliche Lagerfläche** eine Zustimmung durch die Aufsichtsbehörde einzuholen ist. Änderungen sind durch die Atomaufsicht zustimmungspflichtig. Orte (Räume, Systeme oder Komponenten), wie z.B. Harzsammelbehälter usw., die betrieblich bereits erfasst und spezifiziert sind, sind hier ausgenommen.

Lagerräume und -flächen werden nur dann als solche zugelassen, wenn mindestens sichergestellt ist, dass

- adäquate Inspektionen der eingelagerten Reststoffe und Abfälle durchgeführt werden können,

- der bauliche Zustand der Lagerstätte überprüft werden kann,
- die eingelagerten Reststoffe und Abfälle jederzeit gehandhabt bzw. geborgen werden können,
- es ein Konzept für das Handhaben bzw. Bergen beschädigter Gebinde gibt und
- es klare Randbedingungen (Annahmebedingungen) für die dort lagerbaren Abfälle gibt.

Orte, die lediglich der Sammlung von Reststoffen und Abfällen dienen, sind anhand von Kriterien und Vorgaben in einer Anweisung festzulegen. Erforderlich ist insbesondere eine zeitliche Befristung für die dortige Aufbewahrung, da ansonsten auch hier die Gefahr der schleichenden Entstehung von Lagerstätten ohne Einhaltung der ESK-Kriterien für die Zwischenlagerung besteht. Diese Anweisung ist durch die Atomaufsicht zustimmungspflichtig.

Über die am Standort eingerichteten Lagerflächen ist ein **Verzeichnis** zu erstellen, dass in regelmäßigen Abständen – z.B. jährlich – der Aufsichtsbehörde vorzulegen ist.

Diese Anforderungen sollten in den Reststoff- und Abfallordnungen konkret umgesetzt werden.

7.1.6 Regelmäßige Inspektion aller Lagerstätten

Für alle Lagerstätten sind regelmäßige **Inspektionen vorzuschreiben**, deren Einhaltung von der Atomaufsicht überwacht wird. Für viele Lagerstätten und insbesondere die endlagergerecht konditionierten Abfälle ist das bereits der Fall. Noch bestehende Lücken, insbesondere hinsichtlich noch nicht konditionierter Abfälle müssen geschlossen werden. Abhängig von der Art, dem Zustand des Abfalls sowie der eingesetzten Verpackung sind diese gelagerten Rohabfälle regelmäßig zu inspizieren, das Ergebnis der Inspektion ist zu dokumentieren und der Aufsichtsbehörde zur Verfügung zu stellen. Die Einhaltung der erfassten Parameter ist durch die Betreiber zu überwachen.

Hierzu gehören auch wiederkehrende **visuelle Inspektionen**. Es ist ein durch die Atomaufsicht zustimmungspflichtiges Überwachungskonzept zu erstellen. Zugezogene Sachverständige und die Atomaufsicht werden die Überprüfungen stichprobenhaft begleiten bzw. selbst solche für die Aufsichtsbehörde durchführen. Für das Inspektionsprogramm sind mindestens die Anforderungen der ESK-Leitlinien zu beachten. Vorzugsweise sind jährlich alle gelagerten Gebinde zu inspizieren, z.B. mittels einer Begehung oder einer Kamerainspektion. Zusätzlich sollte jedes Gebinde in festen Intervallen – z.B. dünnwandige Gebinde, wie Fässer, alle 4 Jahre - mit dem vorgesehenen Greifwerkzeug angehoben und einer vollständigen visuellen Inspektion von allen Seiten einschließlich der Unterseite unterzogen werden.

In begründeten Ausnahmefällen kann die Atomaufsicht längere Intervalle zulassen, wenn anhand des spezifischen potentiellen Schädigungsmechanismus ausgeschlossen werden kann, dass Korrosionsschäden auftreten können. Es ist auf Basis des aktuellen Standes von Wissenschaft und Technik durch

den Betreiber nachzuweisen und durch die Sachverständigen zu bestätigen, dass die Inspektionsintervalle in jeden Fall ausreichend sind, Probleme rechtzeitig zu erkennen. Nur wenn die visuelle Inspektion mit besonderen Schwierigkeiten verbunden ist und nachgewiesen wird, dass die **Inspektion von Referenzgebinden** eine belastbare Aussage über die aktuelle Qualität der eingelagerten Gebinde erbringen kann, ist die Methode der Referenzgebinde akzeptabel. Hierzu sind die Lagerbedingungen der Referenzgebinde mit denen der eingelagerten Gebinde im Hinblick auf Belüftung, Temperatur, etc. zu vergleichen. Erfahrungen mit Alterungseffekten sollen erfasst und ausgewertet werden. Die Erkenntnisse sowie sonstige Ergebnisse sollen in die Weiterentwicklung von Überwachungskonzepten einfließen.

Über die Systematik des Prüfhandbuches gemäß KTA 1202 sollen entsprechende Prüfanweisungen erstellt und in das Konzept der Wiederkehrenden Prüfungen eingearbeitet werden.

7.1.7 Höchstlagerdauer für unkonditionierte Abfälle

Für alle Kombinationen aus Rohabfall bzw. teilkonditioniertem Abfall, Zustand, Verpackung und Lagerort sind maximale Lagerdauern festzuschreiben. Mit Ablauf der maximalen Lagerdauer muss der Abfall einer Weiterkonditionierung zugeführt werden. Die Umsetzung ist im Abfallkonzept bzw. der Reststoff- und Abfallordnung mit aufzunehmen und ggf. mit zustimmungspflichtigen Anweisungen zu ergänzen. Da vergleichbare Fragestellungen in allen kerntechnischen Anlagen auftreten, könnte erwogen werden, das Thema länderübergreifend aufzugreifen und beispielsweise eine Richtlinie hierüber anzustreben. Ausgenommen sind Reststoffe und Abfälle, die sich in betrieblichen Systemen befinden bzw. noch nicht ab- oder ausgebaut sind.

7.2 Organisatorische Vorkehrungen bei der Aufsichtsbehörde

In dem Bewusstsein, dass sich angesichts der Komplexität kerntechnischer Anlagen und der Vielzahl der dort befindlichen Einzelsysteme und tätigen Personen eine hundertprozentig lückenlose Überwachung nicht realisieren lässt, dass aber durch stetige Optimierungen die verfügbaren Ressourcen möglichst effizient für einen maximalen Aufsichtserfolg eingesetzt werden können, empfiehlt die Arbeitsgruppe folgende ergänzende Maßnahmen bei der Atomaufsicht.

7.2.1 Lagerstättenkataster

Es hat sich erwiesen, dass die Kavernen auch deshalb nicht im Fokus der Atomaufsicht lagen, weil sich insbesondere in den Kernkraftwerken eine Vielfalt an Lagerstätten findet, die ständigen Veränderungen unterworfen sind. Als Basis für eine effiziente Aufsicht über alle Lagerstätten empfiehlt sich

die **Erfassung sämtlicher Lagerstätten Schleswig-Holsteins** in einem fortzuschreibenden und regelmäßig zu aktualisierenden Kataster. Dieses kann auf Basis der zu fertigenden anlageninternen Verzeichnisse²⁸ erfolgen und sollte Angaben enthalten zu

- den räumlichen Gegebenheiten, insbesondere der Größe
- den Überwachungseinrichtungen
- Spezifikation der zur Lagerung vorgesehenen Abfälle
- den Inspektionsregularien und deren Einhaltung
- bisherigen Befunden
- dem aktuellen Inhalt.

Da ein solches Lagerstättenkataster auch für die Tätigkeit der Arbeitsgruppe erforderlich war, wurde es bereits gefertigt und in diesen Bericht aufgenommen. Es kann ggf. zukünftig um weitere Angaben ergänzt werden und soll zu festen Stichtagen aktualisiert werden.

Fernziel soll es sein, dass das Lagerstättenkataster **elektronisch auf Basis der EDV-gestützten Abfallverfolgungssysteme der Betreiber generiert** werden kann. Das würde gewährleisten, dass sich das Lagerstättenkataster jederzeit generieren lässt und die Atomaufsicht stets über dieselben aktuellen Informationen wie der Betreiber verfügt. Das gegenwärtige System mit schriftlichen Abfragen ist aufwändig, fehleranfällig und gewährleistet keine über alle Lagerstätten tagesgenau einheitlichen Erfassungszeitpunkte. Würde entsprechend auch in anderen Bundesländern verfahren, könnte auf dieser Basis auch ein bundesweites Abfall- und Lagerstättenkataster geschaffen werden.

7.2.2 Übergreifende Aufsicht bei Atommüllagerung

Als problematisch namentlich hinsichtlich der Kavernen erwies sich, dass die Aufsicht über die kraftwerksinternen Lagerstätten im für das Kernkraftwerk zuständigen Referat wahrgenommen wurde. Dort **konkurrierten sie hinsichtlich des Aufmerksamkeits- und Arbeitskrafteinsatzes mit dem Kernkraftwerksbetrieb** und den im Kernkraftwerk befindlichen hochradioaktiven Abfallstoffen, auf denen, dem Gefährdungspotential entsprechend, bundes- und weltweit das Hauptaugenmerk der Atomaufsicht liegt. Diese Aspekte bestimmen wesentlich Ausbildung, Fortbildung und Aufsichtsalltag der eingesetzten Aufsichtsbeamten. Die Aufsicht über die Lagerstätten für nicht Wärme entwickelnde radi-

²⁸ Siehe Kapitel 5

oaktive Abfälle im Kontrollbereich war auf die Einhaltung der – nur unzureichend vorhandenen – Regularien beschränkt; zusätzliche, nicht ausdrücklich vorgeschriebene Aktivitäten, wie insbesondere Evaluierungen des Systems, wurden hierdurch verdrängt²⁹. Dieser Effekt wurde auch dadurch genährt, dass es im Kernkraftwerk eine Reihe von Störfällen und meldepflichtigen Ereignissen gab. Der Effekt wäre weniger stark eingetreten, wenn statt oder neben dem Aufsichtsreferat für das Kernkraftwerk eine Aufsicht über die Lagerstätten etabliert gewesen wäre. Hierdurch hätte die Möglichkeit bestanden, sich schwerpunktmäßig und übergreifend mit den Lagerstätten im Kontrollbereich zu befassen.

Nahe liegend wäre es, sämtliche Lagerstätten einem auf Entsorgungsfragen spezialisierten Entsorgungsreferat zu übertragen. Hinsichtlich der kraftwerksinternen Lagerstätten gäbe es dann aber anderweitige Friktionen, da diese Lagerstätten rechtlich nicht selbstständig und mit dem Kraftwerksbetrieb eng verzahnt sind. Im Grundsatz sollte es deshalb bei der Aufsicht durch das jeweilige Kraftwerks-Referat bleiben. Daneben sollten aber alle internen Lagerstätten in den jeweiligen Kontrollbereichen (z.B. Kavernen, Fasslager usw.) – neben der Aufsicht durch das zuständige Fachreferat für die jeweilige Anlage – eine **zusätzliche Überwachung durch das Entsorgungsreferat** erfahren, welche insbesondere übergeordnete Aspekte verfolgt und die Aufsicht vor Ort verstärkt. Das Entsorgungsreferat müsste also über Grundsatzfragen hinaus auch mit konkreten Aufsichtsaufgaben betraut werden. Eine derart ausgestaltete Aufsicht böte neben der doppelten Kontrolle (Vier-Augen-Prinzip) den Vorteil, dass im Entsorgungsreferat auch unterhalb von formellen Übertragbarkeitsprüfungen übergreifende Betrachtungen hinsichtlich aller Erkenntnisse stattfinden könnten. Die dort vorhandenen bzw. zu schaffenden Kapazitäten wären für die Kontrolle der Lagerstätten „reserviert“ und es bestünde bei Ihnen nicht so sehr wie bei den Projektreferaten für die Kernkraftwerke die Gefahr, von Ereignissen im Leistungs-, Nach- und Stilllegungsbetrieb der Kernkraftwerke aufgezehrt zu werden. Im Entsorgungsreferat könnten Mitarbeiter gezielt auf Entsorgungsthemen spezialisiert werden. So könnte auch der langfristig weiter steigenden Bedeutung dieser Themen Rechnung getragen werden.

Für alle selbstständigen Lager (Transportbereitstellungshallen am Standort KKB sowie die Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente, evtl. Lager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle) gelten die vorgenannten Einschränkungen nicht. Diese sind sowohl rechtlich selbstständig als auch praktisch vom Kraftwerksbetrieb hinreichend separiert. Diese **externen Lagerstätten sollten bezüglich der Aufsichts- und Genehmigungsverfahren insgesamt dem Entsorgungsreferat zugeordnet** werden. Im Hinblick auf die Standortzwischenlager spricht dafür auch, dass diese weitgehend baugleich sind. Grundsätzlich fallen in allen diesen Lagerstätten vergleichende Themenstellungen an.

²⁹ Siehe im Einzelnen Kapitel 6

Gewisse Verzahnungen mit den Kernkraftwerken gibt es auch hier, vor allem hinsichtlich des eingesetzten Personals. Um dafür Sorge zu tragen, dass im Entsorgungsreferat künftig tatsächlich immer alle Feststellungen zu Entsorgungsfragen zusammen laufen, sollten die vorstehenden Maßnahmen mit einer schriftlichen **Dienstanweisung zur Meldung aller Auffälligkeiten an das Entsorgungsreferat** flankiert werden. Dadurch wird sichergestellt, dass auch Zufallserkenntnisse bei Besuchen im Kernkraftwerk immer an das Entsorgungsreferat gelangen und dort zusammen geführt werden.

Das so ausgestaltete Entsorgungsreferat sollte auch unterhalb der Schwelle von aufsichtlichen Maßnahmen durch **Informationen und Anregungen** an die Kollegen in den Projektreferaten, die Sachverständigen und die Betreiber darauf hinwirken, dass neue Erkenntnisse in Entsorgungsfragen bei allen Beteiligten schnell bekannt werden und sich zügig durchsetzen können.

7.2.3 Stärkung der Aufsicht im Entsorgungsbereich

Zur Schaffung dieser zusätzlichen Kontrollebene und um der zunehmenden Bedeutung insbesondere der Langzeitstabilität von Atommüllgebinden angesichts der noch für Jahrzehnte notwendigen Zwischenlagerung Rechnung zu tragen, sollte die Atomaufsicht im Entsorgungsbereich verstärkt werden. Wünschenswert wäre es, zur **Abarbeitung der zusätzlich anfallenden Arbeitsumfänge** mindestens zwei neue Stellen in der Atomaufsicht zu schaffen, die zuständig sind

- zum einen für übergeordnete Gesichtspunkte bezüglich Aufsicht und Vereinheitlichung der Qualität bei Reststoff- und Abfallverfahren und -prozessen sowie für Wissensmanagement und
- zum anderen für eine zusätzliche Verstärkung der Aufsicht vor Ort.

Hiermit soll auch der Tatsache Rechnung getragen werden, dass **während der Stilllegung und des Abbaus der Anfall an länger gelagerten radioaktive Reststoffen und Abfällen signifikant steigen** wird. Und es sollten damit auch die neuen aufsichtlichen Aufgaben gegenüber den Betreibern (Überwachung auch der Rohabfälle / vorkonditionierten Abfälle und intensivere Überwachung einzelner Lagerstätten) wahrgenommen werden.

7.2.4 Regelmäßige Überprüfung der Fokussierung der Atomaufsicht

Als Mittel der Überprüfung der aktuellen Fokussierung sollte eine regelmäßige **Selbstevaluierung der Ziele und Schwerpunkte** der Atomaufsicht eingeführt werden. Das könnte z.B. durch ein Auditverfahren mit unabhängigen Sachverständigen / Beratern erfolgen oder aber durch einen institutionalisierten Austausch mit einer Atomaufsicht eines anderen Landes. Bestandteile der Selbstevaluierung sollten sein:

- Zusammenstellung der derzeit behandelten Themenstellungen, auch unter dem Aspekt der zeitlichen, fachlichen und kräftemäßigen Einsatzkapazitäten

- Zusammenstellung aller Themenfelder, die eine Rolle für die Aufsichtstätigkeiten spielen könnten. Dabei sind sowohl aktuell stark bearbeitete Themenfelder zu berücksichtigen als auch derzeit als unwichtiger wahrgenommene Themenfelder. Zusätzlich sollten bisher praktisch unberücksichtigte Themenfelder identifiziert werden.
- Für jedes auf diese Weise identifizierte Themenfeld soll eine Einschätzung erarbeitet werden, wie sich die zukünftige Relevanz dieses Themenfeldes entwickeln wird. Dabei spielen sicherlich sicherheitstechnische, sonstige fachliche, zeitliche, rechtliche und politische Fragestellungen eine Rolle.
- Beschreibung der zukünftigen Relevanz aller Themenfelder in der Zusammenschau und Analyse möglicher und notwendiger Änderungen, auch unter dem Aspekt der zeitlichen, fachlichen und kräftemäßigen Einsatzkapazitäten.
- Aspekte des Wissensmanagements und des Generationenwechsels beim Aufsichtspersonal.
- Überprüfung der Dokumentation, z.B. hinsichtlich der aktuellen und zukünftigen Notwendigkeiten, hinsichtlich der Vollständigkeit, hinsichtlich aktueller und zukünftiger Qualitätssicherung.

Es ist sinnvoll, eine solche Selbstevaluierung **periodisch durchzuführen**, z.B. im Abstand von 4 bis 5 Jahren. Auf diese Weise wird vermieden, dass die aktuelle Aufstellung der Aufsichtsbehörde unter dem Aspekt der zeitlichen, fachlichen und kräftemäßigen Einsatzkapazitäten zu lange nicht hinterfragt wird.

7.3 Stärkung der Rolle der Sachverständigen

Auch mit einer Verstärkung der Atomaufsicht, wie sie vorstehend empfohlen wird, wird die Atomaufsicht die gestiegenen und weiter steigende Anforderungen im Bereich der Atommülllagerung und -entsorgung alleine nicht erfüllen können. Es bedarf zusätzlich einer weiteren Stärkung auch der Rolle der Sachverständigen.

7.3.1 Erweiterung der Beauftragung der zugezogenen Sachverständigen

Es sollten **zusätzliche Aufgaben durch die zugezogenen unabhängigen Sachverständigen** wahrgenommen werden, die die Schwerpunkte Vereinheitlichung der Bewertung der Qualität bei Reststoff- und Abfallverfahren, Übertragung von Erkenntnissen / Vorkommnissen unterhalb der Meldepflicht, Alterungsmanagement sowie Wissensmanagement im Bereich Reststoff, Abfall, Freigabe und Stilllegung verantwortlich gegenüber der Atomaufsicht auf Sachverständigenebene besetzen.

Ferner sollten die Sachverständigen umfassend in denjenigen Bereichen für Kontrollen eingesetzt werden, in denen hier weitere Vorgaben für die Betreiber vorgeschlagen werden. Insbesondere sollten die **begleitenden Kontrollen durch Sachverständige** auch vor Anmeldung einer Entsorgungskam-

pagne kampagnenunabhängig für alle anfallenden Abfallarten durchgeführt werden. Abgedeckt werden sollten vor allem:

- das gesamte Produktkontrollverfahren, auch hinsichtlich der Rohabfälle und lediglich vor-konditionierten Abfälle und auch hinsichtlich der Dokumentation
- alle innerbetrieblichen Lagerstätten (zusätzliche Inspektionen)
- die Einhaltung der künftig vorzuschreibenden Lagerhöchstdauer.

7.3.2 Meldesystem für Sachverständige ausbauen

Das Auffälligkeitenmeldesystem der Sachverständigen sollte weiter ausgebaut werden. Alle **Auffälligkeiten bei Behandlung, Umgang und Lagerung radioaktiver Stoffe** – auch unterhalb der üblichen Meldeschwelle und auch Beobachtungen „bei Gelegenheit“ sonstiger Aufsichtstätigkeiten vor Ort – sollten vom Sachverständigen in Kurzberichten erfasst, dokumentiert und an die Atomaufsicht weitergeleitet werden. Letztlich war es eine Mitarbeiterin der Sachverständigen, die Anfang 2012 das Fass F1324 mit zerstörter Außenwand im Kernkraftwerk Brunsbüttel entdeckt hat, weil ihr bei Durchsicht der Aufzeichnungen die ungewöhnlich lange Dauer des Umsaugvorgangs aufgefallen war. Solche Beobachtungen von Mitarbeitern der Sachverständigen vor Ort sind wichtige Erkenntnisquellen, die verstärkt genutzt werden sollten.

Aus den Kurzberichten werden bei kampagnenbegleitenden Kontrollen kampagnenspezifische **Inspektionsberichte** erstellt, die schließlich Teil der Gebindedokumentation werden. Gleiches muss auch für diejenigen begleitenden Kontrollen erfolgen, die vor der Kampagnenanmeldung laufen. Die Inspektionsberichte (vorlaufende und kampagnenspezifische) können zweckmäßigerweise in einer Datenbank³⁰ abgelegt werden.

7.4 Aspekte des übergeordneten Regelwerkes

Die Arbeitsgruppe regt weiter einige Präzisierungen und Ergänzungen des Atomgesetzes und des übergeordneten untergesetzlichen Regelwerks an.

Im **Atomgesetz** sollte eine Pflicht der Betreiber verankert werden, die Aufsichtsbehörden umfassend und laufend über ihre Reststoffe und radioaktiven Abfällen zu informieren. Das aktuelle Atomgesetz enthält eine solche Festlegung nicht. Die bisherigen an die Aufsichtsbehörden in den Ländern und im Bund übermittelten Informationen auf Basis der Regelungen der Strahlenschutzverordnung erfolgen

³⁰ Z.B. der u.g. Prozessdatenbank.

zu festen Terminen und in der Regel nicht elektronisch. Eine tagesaktuelle Information erfolgt lediglich auf eine gesonderte Anfrage der Behörde hin. Für eine geordnete Aufsicht über das Abfallmanagement ist jedoch eine alle Aspekte betreffende umfassende Informationspflicht der Betreiber gegenüber den Aufsichtsbehörden erforderlich.

Die bereits heute bestehende Pflicht zur Überprüfung und Bewertung der nuklearen Sicherheit im Rahmen einer **periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ)** nach § 19a Abs. 3 in Verbindung mit § 2 Abs. 3a Nr. 1 c) AtG sollte zukünftig für alle Zwischenlager gelten, also z.B. auch für die Landessammelstellen.

Im Rahmen der nächsten Überarbeitung sollten darüber hinaus die **ESK-Leitlinien für die Zwischenlagerung** im Detail ergänzt und weiter präzisiert werden. Anforderungen an die Zwischenlagerung von Abfällen sollten präziser formuliert und Interpretationsspielräume so geschlossen werden. Die Vorgaben zu Inspektionen an eingelagerten Gebinden sollten für dünnwandige Behälter auf 25% pro Jahr sowie bei jeder Handhabung festgeschrieben werden, sodass alle Gebinde nach spätestens 4 Jahren einmal inspiziert wurden. Referenzgebinde sollten nur in begründeten Ausnahmefällen zugelassen werden. Weitere Präzisierungen werden sich durch den Erfahrungsrückfluss der nächsten Jahre ergeben und sollten ebenfalls in die Leitlinien einfließen.

Die in der **KTA 1201** (Fassung 2009-11) beschriebenen **Anforderungen an das Betriebshandbuch** eines Kernkraftwerks sind im Hinblick auf die Lagerung und Handhabung radioaktiver Stoffe und kontaminierter Gegenstände dahingehend zu erweitern, dass die Betriebsordnung (Teil 1 des Betriebshandbuchs) zukünftig um eine **Abfall- und Reststoffordnung** zu ergänzen ist. Analoges gilt auch für **KTA 1402 /20/** und **KTA 1403 /14/**.

Die **KTA 3604** „Lagerung, Handhabung und innerbetrieblicher Transport radioaktiver Stoffe (mit Ausnahme von Brennelementen) in Kernkraftwerken“ (Fassung 11/05) bedarf für die von ihrem Anwendungsbereich umfassten **innerbetrieblichen Lagerbereiche** eines Kernkraftwerks einer **Anpassung an die in den ESK-LL** formulierten Anforderungen an die sichere Zwischenlagerung. So wäre u.a. der Anwendungsbereich und die Definitionen so an die ESK-LL anzugleichen, dass die Regelungen für alle Arten von Reststoffen und Abfällen und unabhängig von der Bezeichnung des Ortes, an dem sie abgestellt sind, gelten. Weiterhin sind Regelungen für notwendige Überwachungs- und Inspektionsmaßnahmen, die sowohl lager- als auch abfallstromspezifisch sein können, aufzunehmen.

7.5 Übergeordnete systematische Verbesserungen

Schließlich schlägt die Arbeitsgruppe einige länderübergreifende Verbesserungen vor, die sowohl Betreiber als auch Sachverständige und Aufsichtsbehörden betreffen.

7.5.1 Prozess-Datenbank

Im Hinblick auf das Zusammenspiel der verschiedenen Verfahren und der vielen Beteiligten bei der Konditionierung und Entsorgung der radioaktiven Abfälle, ist die Nutzung einer Datenbank zweckmäßig, in der der jeweils aktuelle Stand hinsichtlich der Entsorgung, einschließlich des Schriftwechsels im Aufsichtsverfahren und ggf. im Endlagerverfahren, abgerufen werden kann.

7.5.2 Bundesweite Atommülldatenbank

Die Gedanken eines EDV-gestützten Abfallverfolgungssystems der Betreiber und eines elektronischen Lagerstättenkatasters weiter führend, sollte mittelfristig eine bundesweite Datenbank angestrebt werden, in der der zu entsorgende Abfall vom Anfall bis zur Abgabe an das Endlager enthalten ist. Das könnte etwa durch eine Reform des bestehenden Abfallverfolgungs- und Kontrollsystems (AVK) erfolgen. Zugang zu dieser Datenbank sollten die Betreiber, Sachverständigen und Aufsichtsbehörden des Bundes- und der Länder haben. Ziel sollte es sein, dass von allen Beteiligten jederzeit abgerufen werden kann, welche Gebinde sich mit welchem Inhalt in welchem Behandlungszustand an welcher konkreten Lagerstätte befinden.

Im Hinblick auf eine bundesweite Übersicht über die Abfallgebände beabsichtigt das BfS die Daten von Abfallgebänden, die im Rahmen der Produktkontrolle von den Ablieferungs- und Abführungspflichtigen übersandt werden, in der elektronischen Datenbank DORA I zu erfassen. In dieser Datenbank sollen die entsprechenden Angaben der Abfalldatenblätter gespeichert werden /16/. Mit Inbetriebnahme von DORA I wären dann überprüfte, qualifizierte Daten zu allen nach dem Produktkontrollverfahren teil- oder endkonditionierten Gebänden bundesweit verfügbar.

Mittelfristig ist es erforderlich, dass die bundesweit einheitliche umfassende Datenbank alle Abfälle, ihren Zustand und ihre Geschichte umfasst. Denn DORA I deckt nach bisheriger Konzeption nur einen Teil der Informationen ab, die für Management und Überprüfung aller Abfälle notwendig sind. Die umfassende Datenbank muss von der Behördenseite (Bund/Länder) aufgebaut und betrieben werden, da nicht klar ist, ob die Betreiber in der Zeitperspektive der nächsten zwei Jahrzehnte ihr eigenes Informations- und Datenverwaltungssystem noch weiterbetreiben werden bzw. weiterbetreiben können. Denn es ist nicht auszuschließen, dass es in der Welt der Betreiberfirmen und der sie unterstützenden Firmen in der näheren Zukunft zu deutlichen Umgestaltungen kommt, bei denen Daten und der Zugang zu ihnen leicht verloren gehen kann. Für die Atomaufsicht ist deshalb eine Übersicht über die auch extern aufbewahrten radioaktiven Abfälle von Bedeutung, da kein Eigentumsübergang vorgesehen ist und entsprechende Rücknahmeverpflichtungen der Kernkraftwerke bestehen.

7.5.3 Erfahrungsaustausch

Schließlich sollte eine standortübergreifende Plattform zum Erfahrungsaustausch eingerichtet werden. Zwar sollen den Behörden seit dem Korrosionsbefund in Brunsbüttel im Jahr 2012 sämtliche Korrosionsbefunde im Fachausschuss für Ver- und Entsorgung gemeldet werden. Verglichen mit den

in Presseberichten aus anderen Bundesländern kolportierten Zahlen ist das bislang aber allenfalls sporadisch erfolgt. Wünschenswert wäre ein niederschwelliger offener Austausch, in welchem jegliche Befunde offen angesprochen und lösungsorientiert diskutiert werden können. Hierzu schlägt die Arbeitsgruppe die Einrichtung einer „Koordinierungsstelle für Zwischenlagerinformationen“ für Behörden und Sachverständige vor, bei der in Analogie zur „Koordinierungsstelle für Informationen zur Behälterabfertigung (KOBAB)“, Informationen über die Konditionierung, Dokumentation und Lagerung von radioaktiven Abfällen ausgetauscht und in einer Datenbank verwaltet werden.

7.5.4 Bedingungen für eine längerfristige Zwischenlagerung

Die Anforderungen an die Produktqualität sowie Bedingungen für eine längerfristige Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung sind bisher nicht einheitlich explizit definiert sondern werden von jeder zuständigen Behörde im Einzelfall zugelassen. Die Annahmebedingungen für das jeweilige Zwischenlager basieren dabei i.A. auf den Endlagerbedingungen. Inwieweit allerdings die bei der endlagergerechten Konditionierung erreichten Merkmale auch während einer länger andauernden Zwischenlagerung konstant bleiben, ob und welche Veränderungen möglich sind und ob zusätzlicher Überwachungsbedarf besteht, wird in den jeweiligen Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren festgelegt. Es wäre daher vertieft und systematisch zu untersuchen, ob für eine längerfristige Zwischenlagerung zusätzliche Kriterien und Aspekte in das Konditionierungsverfahren aufgenommen werden müssten („bundesweite Zwischenlagerbedingungen“). Es erscheint dabei sinnvoll und zielführend, auch diese Qualifizierungsmaßnahmen für eine längerfristige Zwischenlagerung an die endlagergerechte Konditionierung zu binden, da die Annahmebedingungen für die zentralen Zwischenlager diese ebenfalls als Voraussetzungen beinhalten und damit nicht verschiedene Verfahren nebeneinander her laufen.

8 Zusammenfassung

Von Oktober 2014 bis März 2015 hat die Arbeitsgruppe „Vermeidung von Schäden bei der Lagerung von Atomabfällen“ bei der schleswig-holsteinischen Atomaufsicht sich mit den Ursachen der Korrosion von Fässern mit nicht Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen in Schleswig-Holstein befasst. Die Arbeitsgruppe hatte den Auftrag, dabei die Historie der Atommülllagerung in Schleswig-Holstein und insbesondere in den Kavernen des Kernkraftwerks Brunsbüttel zu beleuchten, die den Anlass für die Untersuchung bildete. Ziel war es, auf Basis einer eingehenden Problemanalyse Handlungsempfehlungen für alle Beteiligten abzuleiten, die Korrosionsschäden an Behältern mit radioaktiven Abfällen in Zukunft bestmöglich verhindern. Im Wesentlichen ist die Arbeitsgruppe dabei zu folgenden Erkenntnissen und Ergebnissen gekommen:

8.1 Sicherheitstechnische Bedeutung

Die unmittelbare sicherheitstechnische Bedeutung der Korrosion an den Fässern mit radioaktivem Abfall im Kontrollbereich eines Kernkraftwerks ist eher als gering einzustufen, da eine Freisetzung von radioaktivem Material in die Umgebung nicht zu unterstellen ist und der Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen durch die Betriebsgenehmigung eingeschlossen ist.

Bedeutung im Hinblick auf Sicherheitsbelange erlangt dieser Vorgang dadurch, dass er als Indikator für die vorhandene Sicherheitskultur anzusehen ist. Insgesamt ist dabei festzustellen, dass dem Bereich des radioaktiven Abfalls nicht die angemessene Beachtung beigemessen wurde. Insbesondere wurden Veränderungen in den Randbedingungen und Perspektiven nicht in angemessener Weise mit den Schutzziele abgeglichen und Handlungsmaßnahmen abgeleitet und umgesetzt. Die Schutzziele Handhabbar- und Transportierbarkeit der Abfallgebinde sowie Vermeidung von Kontaminationen in den Lagerstätten dienen der Minimierung der Strahlenexposition für das Personal beim Umgang mit radioaktiven Abfällen. Diese Schutzziele sind bis zum Abschluss des Verbringens in das Endlager aufrecht zu erhalten. Die jahrelange Lagerung der Fässer in den Kavernen, ohne zyklische Inspektionen vor dem Hintergrund der zwischenzeitlichen Erkenntnisse, lässt Zweifel am Sicherheitsbewusstsein aufkommen.

8.2 Erkenntnisse aus der Historie

Bei der Aufarbeitung der Probleme war es für ein möglichst ganzheitliches Verständnis erforderlich, Betrachtungen bis hin in die Anfänge der Kernenergienutzung in Deutschland vor rund 50 Jahren anzustellen. Bereits dies gibt einen Hinweis auf die Komplexität dieser Untersuchung.

8.2.1 Historische Randbedingungen

Das Bewusstsein im Umgang mit Abfallstoffen im Allgemeinen und Atommüll im Besonderen hat sich stark gewandelt. Bei Beginn der Kernenergienutzung war es schwach ausgeprägt (z.B. Verklappung radioaktiver Abfälle im Meer bis 1994).

Im Fokus der Betreiber und auch der Atomaufsicht standen zunächst über viele Jahre der Umgang mit dem Kernbrennstoff und die Auslegung gegen Störfälle (Hauptgefahrenquellen der Kernenergienutzung).

Die Konzeption der Kernkraftwerke und die Aufteilung der Verantwortlichkeiten ging bisher von einem kontinuierlichen Abfluss der nicht Wärme entwickelnden Abfälle aus mit nur kurzer Zeitspanne zwischen Anfall der Rohabfälle und endlagergerechter Konditionierung.

8.2.2 Entsorgung und Verantwortungssphären

Behandlung, Aufbewahrung und Lagerdauer der Rohabfälle wurden im Wesentlichen der Betreibersphäre zugeordnet. Der Betreiber blieb innerhalb des Kontrollbereichs in der Handhabung frei, solange keine Radioaktivität aus dem Kontrollbereich austrat.

Die Atomaufsicht setzt mit Beginn der Konditionierungskampagnen ein. Unter der Verfahrensherrschaft des BfS werden die Rohabfälle so behandelt, dass ein endlagerfähiges Produkt entsteht und in Endlagerbehälter eingebracht, die den Kontrollbereich verlassen und sodann unter aufsichtlicher Kontrolle in externen Zwischenlagern aufbewahrt werden.

Die bisherigen und zukünftigen Zuständigkeitsbereiche sind vergleichend in den folgenden Abbildungen dargestellt.



Abbildung 4 Veranschaulichung der verschiedenen Zuständigkeiten in Abhängigkeit des Status der Abfälle wie es sich bisher darstellt

Abfälle, die bereits konditioniert bzw. teilkonditioniert sind aber noch im Kontrollbereich (KB) puffer- bzw. zwischengelagert werden, sind ebenfalls berücksichtigt und hier den Zwischenprodukten zugeordnet (rot – blau schraffierter Bereich).



Abbildung 5 Darstellung der verschiedenen Zuständigkeiten in Abhängigkeit des Status der Abfälle wie es sich zukünftig darstellen soll.

Die Atomaufsicht erstreckt sich auch auf die Rohabfälle und Zwischenprodukte.

8.2.3 Endlagerperspektive als zentraler Faktor

Die Entwicklung bei der Endlagerung nicht Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle war geprägt von Zufälligkeiten, Unwägbarkeiten und Verschiebungen. Bis heute steht zwar kein annahmefähiger Endlager für nicht Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle zur Verfügung, die Endlagerungsbedingungen sind aber bereits seit Jahren fixiert.

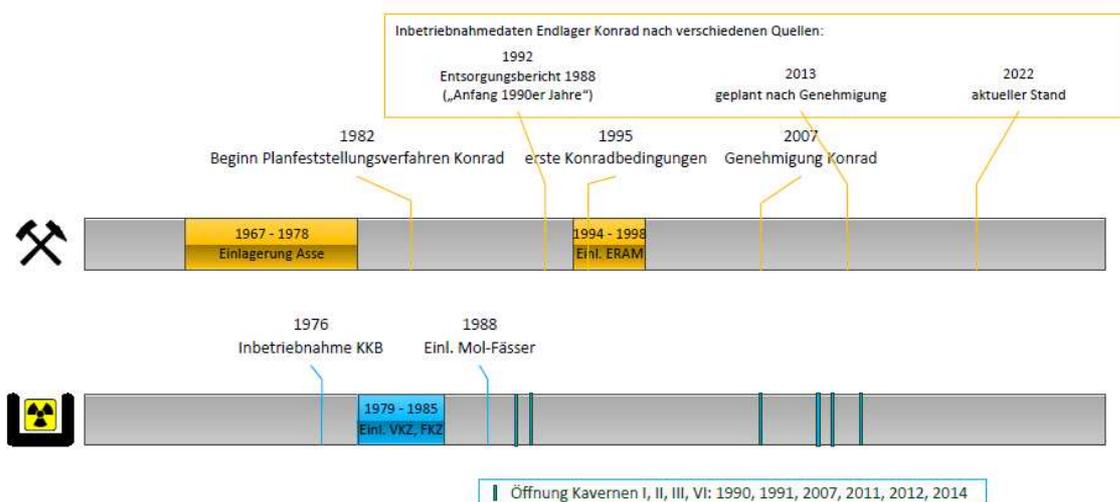


Abbildung 6 Zeitstrahl Gegenüberstellung Kavernennutzung KKW Brunsbüttel zu Endlagerprojekten

Die über Jahrzehnte aufrecht erhaltene vermeintliche Perspektive auf ein zeitnahes Endlager für nicht Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle führte zu Fehleinschätzungen hinsichtlich des Problem Potentials von Fasskorrosion und unzulänglichen Trocknungsverfahren.

Unkonditionierte Abfälle (Rohabfälle und Zwischenprodukte) verblieben und verbleiben meist deutlich länger in den Lager- bzw. Aufbewahrungsstätten (Pufferlagern) als ursprünglich geplant. Damit war eine zentrale Grundannahme für die tatsächliche, ehemals kurzfristig geplante Lagerung und der aufsichtliche Umgang damit unzutreffend.

Das sukzessive Entstehen dieser kumulativen Verzögerungen sowie die Schwerpunktsetzung auf andere Themen verhinderten den (rechtzeitigen) Blick auf die Notwendigkeit von Neubewertungen und von Überprüfungen der Grundannahmen; es fehlte an einer echten Zäsur.

8.2.4 Fasskorrosion in Schleswig-Holstein

Korrosion an Stahlbehältern, insbesondere an Fässern, kann nie vollständig ausgeschlossen werden. Ihr Auftreten wird beeinflusst durch die eingelagerten Abfälle, die Behälter selbst und die Umgebung in der Lagerstätte. Diese Faktoren führen insbesondere im Zusammenspiel zu weiten zeitlichen

Spannbreiten bei der Entstehung von Korrosion. Mit zunehmender Lagerungsdauer steigt die Wahrscheinlichkeit von Korrosionsschäden.

Die Korrosion von Stahlfässern mit radioaktiven Abfallstoffen ist seit Beginn der Produktion von radioaktiven Abfällen bekannt. Der erste für Schleswig-Holstein bislang ermittelte Fall mit Konzentrataustritt datiert aus dem Mai 1979 (Kernkraftwerk Brunsbüttel).

Ein bis heute weit verbreitetes, akzeptiertes und für Schleswig-Holstein bereits ab 1972 nachgewiesenes Verfahren zum Umgang mit Fasskorrosion besteht darin, Fässer, die äußere Korrosionsspuren zeigen, in Überfässer einzustellen.

8.3 Ursachen der Fasskorrosion in den Kavernen des KKB

Die in den Jahren 2012 bis 2014 in den Kavernen des KKB festgestellte Situation übertrifft in quantitativer und qualitativer Hinsicht die sonst anzutreffenden Korrosionserscheinungen signifikant und ist als Auslöser der vorliegenden Untersuchungen von zentraler Bedeutung.

Jeweils erste Hinweise auf die Korrosionsproblematik in den Kavernen ergaben sich, soweit dies noch festzustellen war

- für die Betreiberin in 2004
- für die Atomaufsicht in 2007.

Hinweise auf eine Gefahr für die Fassintegrität ergaben sich in 2012 (Schäden erst nach ungewöhnlich langem Umsaugvorgang), auf bereits eingetretene schwere Schäden (wanddurchdringende Korrosion) in 2014.

Das Ergebnis einer seitens der Atomaufsicht Schleswig-Holstein angeordneten und im Jahr 2014 durchgeführten Inspektion ist, dass 145 von 573 untersuchten Fässern schwere Schäden wie wanddurchdringende Korrosion und den Austritt von Fassinhalt aufweisen.

8.3.1 Chronologie der Kavernennutzung

Hinsichtlich der Nutzung der Kavernen im Kernkraftwerk Brunsbüttel sind folgende Phasen zu unterscheiden.

1976 bis 1978 Nach Inbetriebnahme des Kernkraftwerks konnten Konzentratfässer in die Asse verbracht und eingelagert werden. Die Kavernen hatte man für Konzentratfässer noch nicht im Blick. Die Möglichkeit der Einlagerung in die Asse endete im Jahr 1978.

- 1979 bis 1985 Es stand kein Endlager für Konzentratfässer – wie auch für sonstige – nicht Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle zur Verfügung. Die Konzentratfässer wurden mit unklarer weiterer Perspektive in die Kavernen eingelagert.
- 1986 bis 2003 Es wurden die Kavernen geschlossen und nur noch vereinzelt (z.B. zur Einlagerung der sogenannten Mol-Fässer) geöffnet. Visuelle Inspektionen fanden nicht statt. In Übertragbarkeitsbetrachtungen der Betreiberin aufgrund von Korrosionsereignissen an anderen Standorten wurden die Kavernen nicht einbezogen.
- 2004 bis 2012 Man begann 2004 im KKB mit der Planung und Durchführung von Kampagnen zur endlagergerechten Konditionierung der Fässer aus den Kavernen. In diesem Zuge wurden erste Korrosionserscheinungen festgestellt. Anfang 2012 wurde das Fass F 1324 mit Korrosionsschäden und im Zuge eines Umsaugverfahrens zerstörter Außenwand entdeckt. Die Konditionierungskampagnen wurden abgebrochen.
- 2013 bis 2014 Im Anschluss erfolgten Planung und Durchführung der von der Atomaufsicht angeordneten Kaverneninspektion, Anmeldung einer Konditionierungskampagne.
- ab 2015 Mit der Zustimmung der Atomaufsicht zum Bergungskonzept der Betreiberin hat Anfang 2015 die Bergungsphase begonnen.

8.3.2 Einfluss der Abfallbehandlung auf die Korrosionsentwicklung

Für die Behandlung von unkonditionierten Abfällen (Rohabfällen und Zwischenprodukten) und den Umgang mit diesen gab es im KKB wie andernorts keine präzisen, abdeckenden Vorgaben, wie z.B. einen zwingenden Trocknungsgrad oder eine Höchstlagerdauer.

Die Konzentrataufbereitungsanlage im KKB war von Anfang an unzureichend: Auch nach der Infass-trocknung konnten noch hohe Restfeuchte und freie Flüssigkeit in den Konzentratfässern vorhanden sein. In später errichteten KKW wurden andere Trocknungseinrichtungen eingebaut (z.B. Walzen-trocknung in Krümmel).

Das Problem wurde von KKB nicht gelöst. Da der gesamte Bereich der unkonditionierten Abfälle der Betreibersphäre zugeordnet ist, wurde die Trocknung nicht kontrolliert.

Kampagnen zur endlagergerechten Konditionierung, die ein höheres Maß an Langzeitstabilität bewirkt hätten, fanden nicht statt.

8.3.3 Einfluss der Lagerung auf die Korrosionsentwicklung

Die Kavernen waren ursprünglich nicht für die Lagerung von Konzentratfässern vorgesehen sondern für Festkomponenten. Wohl auch deshalb gab es kein entsprechendes, auch Feuchtigkeitsschäden unterstellendes, Kontrollregularium.

Die Kavernen wurden von der Betreiberin nach dem Einlagerungsstopp in der Asse (1978) ab 1979 zum Lager für Konzentratfässer umfunktioniert, bis sie 1985 gefüllt waren und verschlossen wurden. Letztlich handelt es sich dabei also prinzipiell um ein Provisorium, das bis heute anhält.

Sowohl der Lagerbereich innerhalb des Kontrollbereichs als auch der Umgang mit den teilbehandelten Abfällen war der Betreibersphäre zugeordnet und aufsichtlich nur eingeschränkt überwacht. Die Einlagerung in die Kavernen war von der allgemeinen Umgangsgenehmigung für „sonstige radioaktive Stoffe“ im Kontrollbereich gedeckt. Visuelle Inspektionen waren nicht vorgesehen.

8.3.4 Zeitliche Aspekte

Der Aspekt der Langzeitstabilität spielte ursprünglich eine stark vernachlässigte Rolle. Fässer, wie sie sich in den Kavernen befinden, konnten schließlich bis 1978 in die Asse eingelagert werden.

In der Folgezeit wurde es im KKB versäumt, die Behandlung und Lagerung der Konzentrate an die Erfordernisse einer langfristigen Zwischenlagerung anzupassen. Maßgebliche Faktoren, die dabei – mit unterschiedlichem Einfluss auf die handelnden Personen – eine Rolle gespielt haben, waren:

- die sukzessive und kumulative Verschiebung einer Endlagermöglichkeit / das Fehlen einer klaren Zäsur
- die vorrangige Befassung mit Aufgaben aus dem Leistungsbetrieb und den hochradioaktiven bzw. Wärme entwickelnden Stoffen
- das Fehlen einer systematischen Bewertung von anderen Korrosionsfällen (soweit Ansätze vorhanden waren, erfolgte keine Erstreckung auf die Kavernen)
- Wissensverlust aufgrund langer Zeiträume und insbesondere von Personalwechseln
- fehlende Mechanismen zur Neubewertung bestehender Erkenntnisse, Auffassungen und Systeme
- Spielräume im Regelwerk, die unterschiedliches Vorgehen abhängig von Sicherheitskultur, Personalausstattung, Personalqualität, Personalmotivation und Arbeitsanfall zuließen (Anpassung der einschlägigen Regularien an die Langfristigkeit der Zwischenlagerung erfolgte ebenfalls erst nach 2002).

- eine verengte Sichtweise auf das Schutzziel Strahlenschutz - die Bedeutung von Gesichtspunkten wie Gebindeintegrität, Handhabbarkeit und Transportierbarkeit wurde unterschätzt.

Diese Faktoren haben auch auf Seite der Atomaufsicht eine Rolle gespielt. Anfang der 2000er Jahre in KKB eingeleitete Übertragbarkeitsprüfungen liefen ins Leere, weil sie keine ausreichend konkrete Betrachtung der konkreten Situation in den Kavernen beinhalteten. Dazu hat auch beigetragen, dass die Antwortschreiben des Betreibers z.T. den gegenteiligen Eindruck erweckten.

Hohe Restfeuchte bis hin zu freier Flüssigkeit in einigen Fällen führte dort im Laufe der Jahre zu Innenkorrosion bis hin zum flächigen Durchrosten und auch zu Lochfraß. Ausgetretenes Konzentrat führte in den geschlossenen Kavernen zu hoher Luftfeuchtigkeit und in der Folge auch zu Außenkorrosion an benachbarten Fässern.

8.4 Handlungsempfehlungen

Aufgrund dieser Ursachen und ihres Zusammenwirkens empfiehlt die Arbeitsgruppe folgende Maßnahmen, die sich an der Situation im Kernkraftwerk Brunsbüttel orientieren, grundsätzlich aber hinsichtlich aller kerntechnischen Anlagen – soweit dort nicht bereits umgesetzt – empfehlenswert sind.

8.4.1 Vorgaben für Betreiber kerntechnischer Anlagen

Zunächst bedarf es der Einbeziehung auch von Rohabfällen und vorbehandelten Abfällen (Zwischenprodukten) in die Abfall- und Reststoffordnungen und in die Produktkontrollverfahren einschließlich der daraus resultierenden Überwachung durch die Atomaufsicht. Die Abfall- und Reststoffordnungen sind regelmäßig daraufhin zu überprüfen, ob sie noch dem Stand von Wissenschaft und Technik genügen.

Es muss ein Alterungsmanagement gemäß der ESK-Leitlinien etabliert werden. Darin sollen die systematischen Untersuchungen, insbesondere die Erfassung der Schädigungsmechanismen und die Erfahrungen mit verschiedenen Abfallarten, Konditionierungsmethoden, Lagerungsbedingungen und Abfallbehältern sowie verschiedene Kombinationen davon erfasst und ausgewertet werden. Erfahrungen in der eigenen sowie anderen Anlagen sollen den Erkenntnisstand ständig erweitern. Entsprechende Erweiterungen und Berichterstattungen sind in der Betriebsorganisation vorzusehen.

Erforderlich sind ferner differenzierte Regelungen für alle Lagerstätten im Kontrollbereich. Bei bereits genutzten Lagerstätten sind die zulässigen Nutzungen konkret festzuschreiben. Neue Lagerstätten sollen nur noch mit Zustimmung der Atomaufsicht eingerichtet werden und nicht mehr unter dem Regime der allgemeinen Umgangsgenehmigung. Für alle Lagerstätten sind regelmäßige visuelle Inspektionen vorzusehen. Für unkonditionierte Abfälle ist eine Höchstlagerdauer vorzusehen. Über Lagerstätten, eingelagerte Abfallgebände und deren Zustand ist der Aufsichtsbehörde regelmäßig zu berichten und die Daten sind der Behörde zur Verfügung zu stellen.

8.4.2 Organisatorische Vorkehrungen der Atomaufsicht

Die Atomaufsicht muss nach und nach an neue Erfordernisse bei den technischen Anlagen angepasst werden. Neben der Stilllegung der Kernkraftwerke ist das vor allem die stetig zunehmende Bedeutung von Entsorgungsfragen aufgrund der bis auf weiteres immer länger werdender Zwischenlagerungszeiten und ungelöster Endlagerungsfragen.

Als Basis bedarf es der Schaffung und Fortführung eines Lagerstättenkatasters, in welchem alle Lagerstätten Schleswig-Holsteins enthalten sind. Daraus sollen sich neben einer räumlichen Beschreibung und einer Beschreibung bestehender Überwachungseinrichtungen und -regularien das Ergebnis der letzten Inspektionen, die Charakterisierung und das Alter des aktuellen Inhalts und etwaige festgestellte Befunde ergeben. Es sollte sich nach Möglichkeit mittelfristig aufgrund einer Verknüpfung mit EDV-gestützten Reststoff- und Abfallverfolgungs- und -kontrollsystemen der Betreiber jederzeit ohne Aufwand eine automatisierte Abfrage erstellen lassen.

Die Aufsicht über die Lagerung von radioaktiven Abfällen und die Umsetzung und Kontrolle übergeordneter Aspekte der Behandlungs- und Konditionierungsverfahren sollte durch ein übergreifendes Referat wahrgenommen werden, damit sie nicht mit etwaigen Aufgaben aus dem Betrieb und auch der Durchführung der Stilllegung und des Abbaus des Kernkraftwerks um Arbeitskraft und Aufmerksamkeit konkurriert. Soweit eine Kontrolle auch durch das jeweilige Kraftwerksreferat unabdingbar ist (Lagerstätten und Verfahren im Kontrollbereich des KKW) sollte diese Aufsicht daneben bestehen und so eine doppelte Kontrolle (Vier-Augen-Prinzip) etabliert werden. Selbstständige (externe) Lagerstätten sollten gänzlich dem Entsorgungsreferat unterstellt werden, in welchem besonderes Know-How hinsichtlich der Atommülllagerung vorgehalten und fortentwickelt werden sollte. Dazu bedarf es einer insbesondere personellen Stärkung der Aufsicht im Entsorgungsbereich.

Die Fokussierung der Atomaufsicht hinsichtlich ihrer Ziele und Schwerpunkte sollte künftig regelmäßig in einem institutionalisierten Verfahren überprüft und evaluiert werden, damit insbesondere schleichende Veränderungen bei der zu beaufsichtigenden Materie nicht unbemerkt bleiben und ggf. nachgesteuert werden kann.

8.4.3 Sachverständige, Regelwerk, Übergeordnete systematische Verbesserungen

Um die vorgenannten zusätzlichen Aufgaben bewältigen zu können, bedarf es des verstärkten Einsatzes von Sachverständigen. Abgedeckt werden sollten auf diese Weise insbesondere:

- das gesamte Kontrollverfahren, einschließlich des Umgangs mit Rohabfällen und lediglich vorkonditionierten Abfällen und einschließlich der Dokumentation,
- die Überwachung aller innerbetrieblichen Lagerstätten (zusätzliche Inspektionen),

- die Einhaltung der künftig vorzuschreibenden Lagerhöchstdauer, insbesondere für nicht endlagergerecht konditionierte Abfälle.

Das bereits etablierte Auffälligkeitenmeldesystem sollte weiter ausgebaut werden.

Das KTA-Regelwerk, insbesondere die KTA 3604, sollte hinsichtlich der Lagerung von radioaktiven Abfällen an den Stand von Wissenschaft und Technik angepasst werden. Nach Auswertung des Erfahrungsrückflusses in den nächsten Jahren, der z.B. im Rahmen der vorgeschlagenen Koordinierungsstelle erfasst und gebündelt werden kann, sollten evtl. noch bestehende Interpretationsspielräume bei der nächsten Überarbeitung der ESK-Leitlinien geschlossen werden.

Das Atomgesetz sollte ergänzt werden um eine Vorschrift, die eine umfassende Informationspflicht der Betreiber zu den Abfällen festschreibt.

Weiterhin sollte im Atomgesetz eine einheitliche Rechtsgrundlage für die Überprüfung und Bewertung der nuklearen Sicherheit von Zwischenlagern geschaffen werden durch eine Änderung der Festlegungen in § 19a Absatz 3 in Verbindung mit § 2 Absatz 3a, 1 c AtG.

Mittelfristig sind darüber hinaus auf der Behördenseite (Bund/Länder) umfassende Informations- und Datenverwaltungssysteme zu den Abfällen und Abfallkampagnen aufzubauen, da nicht klar ist, ob die Betreiber in der Zeitperspektive der nächsten zwei Jahrzehnte ihr eigenes Informations- und Datenverwaltungssystem noch weiterbetreiben werden. Der länderübergreifende Erfahrungsaustausch sollte mit speziellem Fokus auf Korrosionsschäden und sonstige Folgen langfristiger Lagerung von Atommüll intensiviert werden. Wünschenswert wäre ein bundesweiter Austausch zu Konditionierungsvorschriften, Regelungen zur Aufbewahrung etc. einschließlich Informationen zu Auffälligkeiten bei der Konditionierung, der Handhabung, dem Transport und der Zwischenlagerung. Dieser Austausch sollte durch eine entsprechende Datenbank, auf der alle relevanten Informationen und Dokumente für alle Aufsichtsbehörden und Sachverständigen online verfügbar sind, unterstützt werden.

Es sollte vertieft und systematisch untersucht werden, ob für eine längerfristige Zwischenlagerung zusätzliche Kriterien und Aspekte in das Konditionierungsverfahren aufgenommen werden müssten („bundesweite Zwischenlagerbedingungen“).

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Eine Auswahl der wichtigsten Definitionen.....	12
Tabelle 2	Anfall an abgebrannten Brennelementen und Lagerorte in Kernkraftwerken in Schleswig-Holstein, Stichtag 31.12.2013 (BMUB, Verzeichnis radioaktiver Abfälle / BMUB, Joint Convention Bericht 2014).....	20
Tabelle 3	Konditionierungsverfahren	29
Tabelle 4	Beispielhafte Behälterarten	30
Tabelle 5	Gängige Kombinationen aus Rohabfällen, Konditionierungsverfahren und Behältern sowie abgeleitete potentielle Probleme.....	31
Tabelle 6	Ablaufplan externe Zwischenlagerung	39
Tabelle 7	Schritte Ablaufplan für Transporte; in welchem Umfang bei einzelnen Schritten Prüfungen durch unabhängige Sachverständige durchgeführt werden, wird im Aufsichtsverfahren der abgebenden und annehmenden Anlage festgelegt.	39
Tabelle 8	Chronologie	62
Tabelle 9	Begriffe	136

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Pfade, die radioaktive Reststoffe bei Kernkraftwerken gehen (KB: Kontrollbereich). Radioaktive Reststoffe, die im Rahmen einer Strahlenschutzgenehmigung nicht wieder- oder weiterverwendet werden können, werden dem Freigabeverfahren oder dem radioaktiven Abfällen zugeordnet. Aus dem Freigabeverfahren können zusätzlich noch radioaktive Abfälle z.B. bei Dekontaminationen entstehen.	10
Abbildung 2	Die wesentlichen Schritte bei dem Umgang mit radioaktiven Abfällen im Überblick mit den zugeordneten Abfallbezeichnungen und den typischen Lagerorten (KB: Kontrollbereich; TBH Transportbereitstellungshalle; ZLB / ELB: Zwischen- /Endlagerbedingungen). Der Weg des Abfalls vom Rohabfall bis zum fertigen Endlagergebäude wird durch das Produktkontrollverfahren vorgegeben, kontrolliert und dokumentiert.....	11
Abbildung 3	Zeitstrahl Gegenüberstellung Kavernennutzung KKW Brunsbüttel zu Endlagerprojekten	46
Abbildung 4	Veranschaulichung der verschiedenen Zuständigkeiten in Abhängigkeit des Status der Abfälle wie es sich bisher darstellt	120
Abbildung 5	Darstellung der verschiedenen Zuständigkeiten in Abhängigkeit des Status der Abfälle wie es sich zukünftig darstellen soll.....	120
Abbildung 6	Zeitstrahl Gegenüberstellung Kavernennutzung KKW Brunsbüttel zu Endlagerprojekten	121
Abbildung 7	Auszug: Anlage 2 der Bekanntmachung der Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Reststoffe und radioaktiver Abfälle vom 18. November 2008	137

11 Literaturverzeichnis

- /1/ Atomgesetz; Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren , in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565) zuletzt geändert durch Artikel 5 des Gesetzes vom 28. August 2013 (BGBl. I S. 3313
- /2/ Strahlenschutzverordnung, "Strahlenschutzverordnung vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714; 2002 I S. 1459), die zuletzt durch Artikel 5 der Verordnung vom 11. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2010) geändert worden ist"
- /3/ ESK-Leitlinien für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, revidierte Fassung vom 10.06.2013
- /4/ Abfallkontrollrichtlinie, Bekanntmachung der Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Reststoffe und radioaktiver Abfälle vom 19. November 2008
- /5/ Richtlinie 2011/70/EURATOM des Rates vom 19. Juli 2011 über einen Gemeinschaftsrahmen für die verantwortungsvolle und sichere Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle
- /6/ Kernkraftwerk Brunsbüttel, Systembeschreibung KKB/TT/SY 001, vom 20.11.1971
- /7/ Kernkraftwerk Brunsbüttel, Betriebsspezifikation KKB /TT/SY 002 (Rev. 1), vom 07.11.1975
- /8/ Bekanntmachung der „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“, BMUB vom 22. November 2012
- /9/ Bekanntmachung der „Interpretationen zu den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom 22. November 2012“, BMUB vom 29. November 2013
- /10/ RSK-Empfehlung „Sicherheitsanforderungen an die längerfristige Zwischenlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle, Stand: 05.12.2002
- /11/ Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen , Stand: Oktober 2010) –Endlager Konrad, Bundesamt für Strahlenschutz
- /12/ BMUB 2014; Verzeichnis radioaktiver Abfälle, Bestand zum 31. Dezember 2013 und Prognose
- /13/ Gemeinsames Übereinkommen über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle, Bericht der Bundesrepublik Deutschland für die fünfte Überprüfungskonferenz im Mai 2015
- /14/ KTA 1403, Alterungsmanagement in Kernkraftwerken, Fassung 2010-11

- /15/ KTA 3604, Lagerung, Handhabung und innerbetrieblicher Transport radioaktiver Stoffe (mit Ausnahme von Brennelementen) in Kernkraftwerken
- /16/ ESK-Stellungnahme vom 02.07.2014; Stand der Vorbereitung hinsichtlich der Bereitstellung radioaktiver Abfallgebinde für das Endlager Konrad
- /17/ Schlussbericht „Untersuchungen zur Sicherheit gegen Behälterkorrosion in Langzeitzwischenlagern, Institut für Werkstoffkunde, Leibniz Universität Hannover, Autoren: Bach/Jendras
- /18/ KTA 1201, Anforderungen an das Betriebshandbuch, Fassung 2009-11
- /19/ KTA 1202, Anforderungen an das Prüfhandbuch, Fassung 2009-11
- /20/ KTA 1402, Integriertes Managementsystem, Fassung 2012-11

12 Glossar

Begriff	Definition
Abfall	Radioaktive Stoffe, die nicht schadlos verwertet, sondern geordnet entsorgt werden. Nach § 3 Abs. 2 Nr. 1 lit. a StrlSchV werden „radioaktive Abfälle“ als radioaktive Stoffe im Sinne des § 2 Abs. 1 AtG definiert, die nach § 9a AtG geordnet beseitigt werden müssen
Abfallart	Art des anfallenden radioaktiven Rohabfalls (z. B. brennbare feste Stoffe, Schrott, Ionenaustauscherharze)
Abfallbehandlung	Verarbeitung von radioaktiven Abfällen zu Abfallprodukten
Abfallbehälter	Behälter zur Aufnahme eines Abfallprodukts (z. B. Fass, Betonbehälter, Gussbehälter, Container)
Abfallbehälterklasse	Die Abfallbehälterklasse bezieht sich auf die Einteilung von Abfallgebinden in Abhängigkeit von der verwendeten Verpackung entsprechend den Vorgaben der Endlagerungsbedingungen
Abfallcharakterisierung	Ermittlung der endlagererlevanten Eigenschaften von Abfallgebinden mit Angabe von Bandbreiten
Abfalldatenblatt	Datenblatt mit endlagererlevanten Angaben über Abfallgebinde
Abfalleinheit	Radioaktiver Abfall liegt als Einheit vor, wenn er als geschlossene, deklarierbare Einheit vorliegt und keiner betrieblichen Veränderung mehr unterliegt
Abfallgebinde	Einheit aus Abfallprodukt, Abfallbehälter und ggf. Verpackung
Abfallprodukt	Abfallprodukt ist verarbeiteter radioaktiver Abfall ohne Verpackung und Abfallbehälter
Abfallproduktgruppe	Eine Abfallproduktgruppe umfasst Abfallprodukte mit vergleichbarem Freisetzungsverhalten von radioaktiven Stoffen (siehe Endlagerungsbedingungen)
Abfallvorbehandlung	Vorstufen der Abfallbehandlung (z. B. Kalzinieren, Konzentrieren, Verbrennen)
Abklinglagerung, kurzfristig	Lagerung von unkonditionierten Reststoffen oder Abfällen mit der Zielsetzung der späteren Freigabe zur konventionellen Verwertung oder Entsorgung
Abklinglagerung, langfristig	Lagerung von Abfällen oder Reststoffen mit dem Ziel der späteren Freigabe oder späteren Konditionierung für die Endlagerung
Ablaufplan (Produktkontrollmaßnahme)	Liste aller wesentlichen Prüf- und Arbeitsschritte, sowie der erforderlichen Zustimmungen zur Konditionierung der Abfallgebinde mit dem Ziel der Endlagerung
Aktivitätseinschluss	Aus konstruktiven Rückhaltebarrieren oder der Kombination von konstruktiven mit physikalischen Rückhaltebarrieren bestehendes Umschließungssystem, das in Verbindung mit organisatorischen Maßnahmen eine Freisetzung radioaktiver Stoffe verhindert.
Aktivitätskonzentration	Verhältnis der Aktivität eines Radionuklids zum Volumen des Materials, in dem das Radionuklid verteilt ist
Anfall von Rohabfall	Entstehen des Rohabfalls während eines Betriebs- oder sonstigen Vorgangs, soweit er keiner betrieblichen Veränderung mehr unterliegt
Aufbewahrung/ Aufbewahren	Oberbegriff jeglicher Verwahrung radioaktiver Reststoffe / Abfälle (Lagerung, Zwischenlagerung, Pufferlagerung, Transportbereitstellung; Stauen usw.)

AVK System	Abfallverfolgungs- und Produktkontroll-System
Aufbewahrungsräume	Oberbegriff für Räume in den radioaktive Abfälle/ Reststoffe aufbewahrt werden
Bereitstellungslagerung	Zusammenstellung von Chargen für eine Übergabe zur weiteren Behandlung
Betriebsgelände	Grundstück, auf dem sich Anlagen oder Einrichtungen befinden und zu dem der Zugang oder auf dem die Aufenthaltsdauer von Personen durch den Strahlenschutzverantwortlichen beschränkt werden können.
Dichtheit	Ein Behälter bzw. eine Verpackung gilt als dicht, wenn mit dem gewählten Prüfverfahren und der erforderlichen Prüfeempfindlichkeit bzw. der dem Verfahren entsprechenden Nachweisempfindlichkeit das Durchtreten des Prüfmediums von einem Raum in den anderen oder nach außen nicht nachgewiesen werden kann.
Einbinden	Einbettung von festem, nicht formstabilem radioaktiven Abfall in ein Fixierungsmittel (z. B. Asche, Pulver, Granulat)
Endlagerung	Wartungsfreie, zeitlich unbefristete und sichere Beseitigung von radioaktivem Abfall ohne beabsichtigte Rückholbarkeit
Endlagerungsbedingungen	Unter Berücksichtigung von standortspezifischen Gegebenheiten festgelegte Anforderungen an endzulagernde Abfallgebinde
Entsorgungspfad	Einzuhaltende Wege für die verschiedenen Entsorgungsziele
Entsorgungsziel	Vorläufige Festlegung des Entsorgungsweges für radioaktive Reststoffe
Entwässerung	Entzug des freien Wassers aus wasserhaltigem radioaktiven Rohabfall bis zu einem Restfeuchtegehalt
Fixierung	Verfestigen, Einbinden oder Vergießen von ggf. vorbehandeltem radioaktivem Abfall
Fixierungsmittel	Material zur Fixierung von radioaktivem Abfall (z. B. Glas, Zement/Beton, Bitumen, Kunststoff)
Flüssige radioaktive Abfälle	Flüssige radioaktive Abfälle sind a) flüssige kontaminierte Betriebsmittel (z. B. Öle, Hydraulikflüssigkeiten, Reinigungs- und Lösungsmittel, Säuren und Laugen) und b) radioaktive Konzentrate in fließfähiger Form aus Anlagen zur Behandlung von radioaktiv kontaminiertem Wasser (z. B. Verdampferkonzentrate, Filtrerrückstände aus mechanischer Filterung, verbrauchte Ionenaustauschermassen), die zu beseitigen sind.
Freigabe	Verwaltungsakt, der die Entlassung radioaktiver Stoffe aus dem Regelbereich des Atomgesetzes und der darauf beruhenden Rechtsverordnungen bewirkt
Freigrenzen	Werte der Aktivität und spezifischen Aktivität radioaktiver Stoffe nach Anlage III Tabelle 1 Spalte 2 und 3, bei deren Überschreitung Tätigkeiten mit diesen radioaktiven Stoffen der Überwachung nach dieser Verordnung unterliegen
Freisetzung	Entweichen von radioaktiven Stoffen aus einem durch eine oder mehrere Barrieren begrenzten Bereich (z. B. Abfallprodukt, Abfallgebinde, Einlagerungskammer, Endlager)
Innenbehälter	Behälter zur Aufnahme von Abfallprodukten, der in einen Abfallbehälter

	ter eingesetzt wird
Kategorisierung	Einteilung des radioaktiven Abfalls nach Herkunft, Behälter, Fixierung und Abfallart
Klassifizierung	Qualitative Einteilung des radioaktiven Abfalls, z. B. auf der Basis des Radionuklidinventars
Kodierung	Kennzeichnung des kategorisierten radioaktiven Abfalls, z. B. mit Kennbuchstaben und Kennziffern
Kompaktierung	Zusammenpressen von festem radioaktiven Abfall zu Presslingen
Konditionierung	Abfallbehandlung nach definierten Verfahren mit dem Ziel der Herstellung zwischen- und/ oder endlagerfähiger Abfallgebände
Kontamination	<p>Verunreinigung mit radioaktiven Stoffen</p> <p>a) Oberflächenkontamination: Verunreinigung einer Oberfläche mit radioaktiven Stoffen, die die nicht festhaftende, die festhaftende und die über die Oberfläche eingedrungene Aktivität umfasst. Die Einheit der Messgröße der Oberflächenkontamination ist die flächenbezogene Aktivität in Becquerel pro Quadratzentimeter.</p> <p>b) Oberflächenkontamination, nicht festhaftende Verunreinigung einer Oberfläche mit radioaktiven Stoffen, bei denen eine Weiterverbreitung der radioaktiven Stoffe nicht ausgeschlossen werden kann.</p>
Lagern	<p>Lagern ist das Unterbringen von behandelten radioaktiven Abfällen, von radioaktiven Stoffen zum Abklingen und von zur Wiederverwertung vorgesehenen Werkzeugen, Bauteilen und Komponenten.</p> <p>Hinweis: Entsprechend der RSK-Empfehlung vom 05.12.2002 wird zwischen langfristiger Abklinglagerung, Bereitstellungslagerung, Pufferlagerung und Zwischenlagerung unterschieden.</p>
Lagerraum	Interner Begriff, der im Sinne der KTA 3604 dem „Stauraum“ entspricht.
Lieferschein	Datenblatt mit beförderungsrelevanten Angaben über Abfallgebände
Mobile Konditionierungsanlage	Mobile Konditionierungsanlagen sind verfahrenstechnisch abgeschlossene Systeme mit definierten Schnittstellen. Sie dienen der diskontinuierlichen, d. h. kampagnenweisen Verarbeitung von Rohabfällen oder Zwischenprodukten zu zwischen- oder endlagerfähigen Abfallprodukten. Derartige Anlagen werden eigens für die jeweilige Konditionierungskampagne in einem Kernkraftwerk aufgebaut und nach deren Ende wieder entfernt.
Pressling	Mit hohem Druck ggf. in einer Metallkartusche oder -trommel zusammengepresster fester radioaktiver Abfall
Produktkontrolle	Teil der allgemeinen Qualitätssicherung bei der Abfallbehandlung und Abfallkonditionierung. Sie basiert auf Regelungen zur Qualitätssicherung bei der Erfassung und Verarbeitung von radioaktiven Abfällen und bei der Herstellung von Abfallgebänden, außerdem auf dem Nachweis der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen von Abfallgebänden und der Erstellung einer Dokumentation.
Prüffolgeplan (Produktkontrollmaßnahme)	Liste der für die Abfallkonditionierung zur Zwischenlagerung erforderlichen Prüfschritte und Zustimmungen

Pufferlagerung	Zeitlich begrenzte Lagerung von unkonditionierten Abfällen oder Zwischenprodukten vor oder während der Abfallbehandlung Sie dient zur Transportbereitstellung von nach Transportrecht qualifizierten Versandstücken bis zu ihrem tatsächlichen Abtransport.
Pufferlager	Entspricht dem Begriff „Stauraum“.
Radioaktiver Abfall	Nicht schadlos verwertbare radioaktive Stoffe, die geordnet zu beseitigen sind
Radioaktiver Stoff	Alle Stoffe, die ein Radionuklid oder mehrere Radionuklide enthalten und deren Aktivität oder spezifische Aktivität im Zusammenhang mit der Kernenergie oder dem Strahlenschutz nach den Regelungen dieses Gesetzes oder einer auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnung nicht außer Acht gelassen werden kann.
Radionuklidinventar	Radionuklide und entsprechende Aktivitäten, die z. B. in einem Abfallgebinde oder in einer Einlagerungskammer enthalten sind.
Reststoff (radioaktiver Reststoff)	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 Feststellung, dass er dem radioaktiven Abfall zuzuordnen ist. Der Reststoff in diesem Sinne kann: - in der eigenen oder einer anderen Anlage verwertet werden, wobei radioaktive Abfälle anfallen können oder - sofort oder nach Abklinglagerung nach § 29 StrlSchV freigegeben werden.
Rohabfall	Unverarbeiteter radioaktiver Abfall
Sammeln	Sammeln ist das gezielte Entfernen der nicht mehr benötigten Stoffe aus dem jeweiligen Arbeitsprozess möglichst am Ort und zum Zeitpunkt des Stoffanfalls.
Sammelraum	Entspricht dem Begriff „Stauraum“.
Sortieren	Sortieren ist das gezielte Aufteilen von Stoffströmen nach den Kriterien ihrer späteren Verwendung, Verarbeitung und den jeweiligen Entsorgungszielen.
Spezifische Aktivität	Verhältnis der Aktivität eines Radionuklids zur Masse des Materials, in dem das Radionuklid verteilt ist. Bei festen radioaktiven Stoffen ist die Bezugsmasse für die Bestimmung der spezifischen Aktivität die Masse des Körpers oder Gegenstandes, mit dem die Radioaktivität bei vorgesehener Anwendung untrennbar verbunden ist. Bei gasförmigen radioaktiven Stoffen ist die Bezugsmasse die Masse des Gases oder Gasgemisches.
Stauraum (für feste radioaktive Stoffe)	Stauräume für feste radioaktive Stoffe (in dieser Regel Stauräume genannt) sind Räume, in denen, oder Flächen in Räumen, auf denen die in Abfallbehältnissen gesammelten festen radioaktiven Abfälle oder radioaktive Bauteile und Komponenten sowie radioaktiv kontaminierte Werkzeuge und Geräte bis zur Weiterbehandlung gelagert werden.
Stauen	Entspricht dem Begriff „Pufferlagerung“
Transportbereitstellung	Transportbereitstellung ist die kurzfristige Lagerung entsprechend den Transportanforderungen verpackter radioaktiver Stoffe bis zu ihrem Abtransport.
Transporteinheit	Quaderförmiges Abfallgebinde oder mit zylinderförmigen Abfallgebin-

	den beladene Tauschpalette/Transportpalette
Trocknung	Überführung von wasserhaltigem radioaktivem Rohabfall in ein festes Abfallprodukt durch thermischen Entzug von Wasser
Veraschung	Überführung (z. B. Verbrennung, Pyrolyse) von brennbarem radioaktiven Abfall in Asche
Verfahrensqualifikation	Nachweis, dass mit einem Konditionierungsverfahren Abfallgebilde mit Eigenschaften innerhalb der zulässigen Bandbreiten hergestellt werden
Verfestigen	Überführung von flüssigem oder flüchtigem radioaktiven Abfall in ein festes Abfallprodukt (z. B. mit Hilfe eines Fixierungsmittels)
Vergießen	Verfüllen von Hohlräumen in und zwischen festem, formstabilem radioaktiven Abfall, z. B. Schrott (einschließlich dem Vergießen von z. B. Innenbehältern oder Presslingen im Abfallbehälter)
Verpacken	Verpacken ist das Einbringen eines Abfalls oder Abfallprodukts in ein Abfallbehältnis. Hinweis: Im Sinne des Verkehrsrechts bedeutet Verpacken die Herstellung eines Versandstückes.
Versandstück	Versandfertige Verpackung mit radioaktivem Inhalt
Voruntersuchung	Im Zusammenhang mit einer Verfahrensqualifikation oder der Abfallverarbeitung erforderliche Untersuchungen (z. B. an Rohabfall und Fixierungsmittel)
Zwischenlagerung	Längerfristige Lagerung von konditionierten oder teilkonditionierten Abfällen zur Bereitstellung für die Endlagerung
Zwischenprodukt	Vorbehandelter/behandelnder radioaktiver Abfall, der noch zu einem Abfallprodukt zu verarbeiten ist

Tabelle 9 Begriffe

13 Anhang

13.1 Ablaufplan: Produktkontrolle

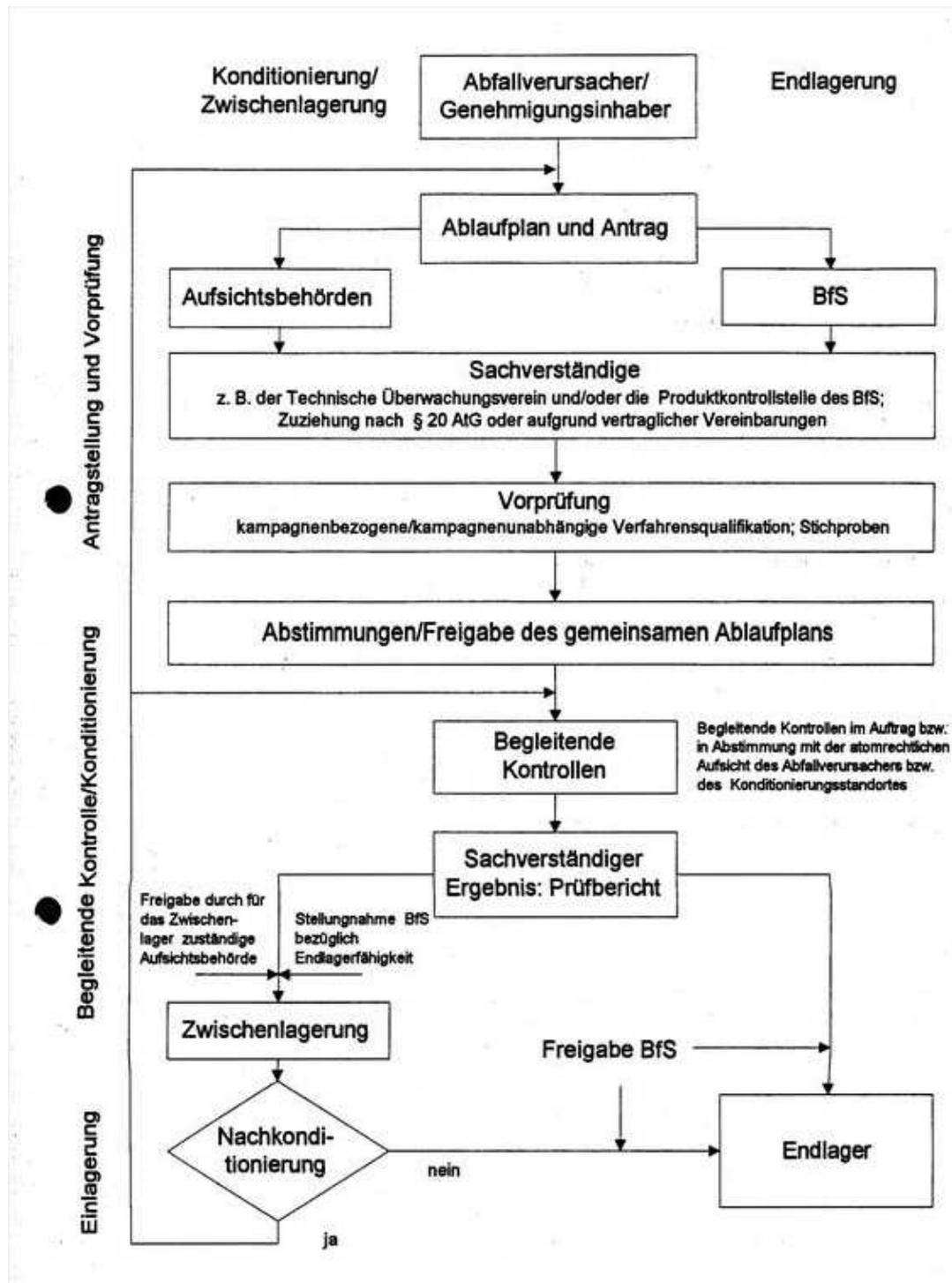


Abbildung 7 Auszug: Anlage 2 der Bekanntmachung der Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Reststoffe und radioaktiver Abfälle vom 18. November 2008

13.2 Erklärung/Unterschriften

„Wir versichern hiermit, die Untersuchungen und den Bericht unparteiisch und nach bestem Wissen und Gewissen frei von Ergebnisweisungen erstellt zu haben“

Kiel, den 23. März 2015



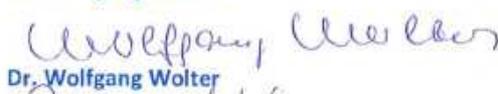
Dr. Dr. Jan Backmann



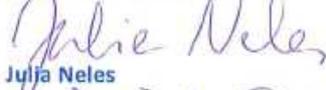
Dr. Heinz Drotleff



Dr. Wolfgang Botsch



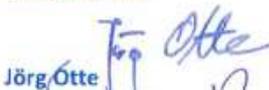
Dr. Wolfgang Wolter



Julja Neles



Michael Sailer



Jörg Otte



Dr. Oliver Karschnick



Peter Scheumann

