

Aktuelle Situation der Zwischenlagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle in Deutschland

Juli 2021

Diplom-Physikerin Oda Becker

im Auftrag des BUND

Vorwort

Für die Zwischenlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle in Deutschland fehlt auch nach Jahrzehnten ein belastbares Konzept. Aufgrund des Gefahrenpotentials dieser Abfälle fordert der Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) eine Neubewertung der Zwischenlagerung und ein tragfähiges Konzept, erarbeitet unter Mitwirkung der Öffentlichkeit und nach aktuellem Stand von Wissenschaft und Technik. Für den BUND ist klar: Die derzeitige Flickschusterei an den etwa 50 Standorten in Deutschland muss ein Ende haben.¹ Die vorliegende Studie ist eine wichtige Betrachtung der Grundlagen dieser Lagerung, der Standorte, Vorfälle, Probleme und Kritik.²

Die obertägige Lagerung des schwach- und mittelradioaktiven Atommülls ist geprägt von der Fiktion einer schnellen Endlagerung³. Jahrzehnte sind seitdem vergangen, doch ein tiefengeologisches Lager liegt noch in weiter Ferne. Es muss von einer obertägigen Lagerung von weiteren vierzig Jahren ausgegangen werden – mindestens. Hinzu kommt, dass das Endlager Schacht Konrad, das für einen Teil der Abfälle vorgesehen ist, wieder auf dem Prüfstand steht, da es nicht dem Stand von Wissenschaft und Technik entspricht.⁴

Dabei darf die Gefährdungslage, die von diesem Atommüll ausgeht, nicht unterschätzt werden, selbst wenn von „schwach“, „mittel“ oder „vernachlässigbar wärmeentwickelnden Abfällen“ die Rede ist. Diese Abfälle stellen eine Bedrohung für Mensch und Umwelt dar und größtmögliche Sorgfalt ist geboten. Dennoch stehen besonders gefährliche, unbehandelte Rohabfälle teils über lange Zeit in Pufferlagern oder Transportbereitstellungshallen, anstatt als konditionierte Abfälle in Zwischenlagern, die für eine lange Lagerdauer konzipiert und genehmigt sind. Vor allem in den alten Lagern stehen Abfallgebände dicht an dicht und können nicht auf Schäden inspiziert werden. Vor allem die sogenannten „Altabfälle“ müssen dringend einer umfassenden Inspektion, Nachqualifizierung und gegebenenfalls Nachkonditionierung unterzogen werden. Alle Abfälle müssen perspektivisch konditioniert und in dafür vorgesehene Zwischenlager verbracht werden, errichtet nach den aktuellen Sicherheitsanforderungen.

Bislang sind nicht ganz 40 Prozent der prognostizierten 300.000 m³ schwach- und mittelradioaktiven Abfälle angefallen.⁵ Für die kommenden 60 Prozent müssen solide Rahmenbedingungen in Form eines belastbaren Zwischenlagerkonzepts geschaffen werden, transparent entwickelt in einem gesellschaftlichen Beteiligungsverfahren.

Impressum

Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.
Friends of the Earth Germany
Kaiserin-Augusta-Allee 5, 10553 Berlin
Tel. (030) 2 75 86-40, info@bund.net, www.bund.net
V.i.S.d.P.: Petra Kirberger

Kontakt: Juliane Dickel, Leiterin Atom- und Energiepolitik
Tel. (030) 2 75 86-562, juliane.dickel@bund.net

Stand: Juli 2021

¹ Zusammenfassung: „BUND fordert: Belastbares Konzept statt Flickschusterei!“:

www.bund.net/SMA_Belastbares_Konzept_statt_Flickschusterei

² Ein weiterer Betrachtungsaspekt in diesem Kontext wäre die SEWD-Richtlinie sonstige radioaktive Stoffe (Richtlinie für den Schutz gegen Störmaßnahmen und sonstige Einwirkungen Dritter beim Umgang mit und bei der Beförderung von sonstigen radioaktiven Stoffen), die als Verschlussache aber leider nicht öffentlich zugänglich ist: http://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_02032020_SII3131512.htm

³ Der Begriff „Endlager“ täuscht eine Lösung vor, die es nicht geben kann. Kein Ort wird für den eigentlich notwendigen Zeitraum vollständige Sicherheit und ein „Ende“ des Atommülls gewährleisten.

⁴ Pressemitteilung: Breites Bündnis fordert Rücknahme des Planfeststellungsbeschlusses für Schacht Konrad: <https://www.bund-niedersachsen.de/service/presse/detail/news/breites-buendnis-fordert-ruecknahme-des-planfeststellungsbeschlusses-fuer-schacht-konrad/>

⁵ Abfälle die nicht in das Endlager Schacht Konrad sollen, wie die in der havarierten Schachanlage Asse II, uranhaltige Abfälle aus der Urananreicherungsanlage Gronau, sowie kleinere Mengen ebenfalls nicht-Konrad-gängiger Abfälle, sind in diesen offiziellen Schätzungen nicht berücksichtigt.

1 Einleitung	4
2 Grundlagen	5
2.1 Lagertypen.....	5
2.2 Behälter	6
2.3 Abfallarten.....	9
2.4 Konditionierungsverfahren.....	11
2.5 Produktkontrolle.....	12
2.6 Korrosionserscheinungen	13
2.7 Meldepflichtige Ereignisse.....	15
2.8 Rechtliche Grundlage der Lagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen.....	16
2.9 Historie der Lagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen.....	19
3 Nationales Entsorgungsprogramm (NaPro)	20
3.1 Verzeichnis für radioaktive Abfälle	21
3.2 Bestand und Prognose vernachlässigbar wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle	22
4 Standorte der Zwischenlager	26
4.1 Baden-Württemberg	29
4.2 Bayern	32
4.3 Berlin und Brandenburg	33
4.4 Hessen	35
4.5 Mecklenburg-Vorpommern.....	36
4.6 Niedersachsen.....	37
4.7 Nordrhein-Westfalen	44
4.8 Rheinland-Pfalz und Saarland	46
4.9 Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen.....	47
4.10 Schleswig-Holstein.....	47
5 Der Vorfall im AKW Brunsbüttel und die Konsequenzen	49
5.1 Historie der Fassproblematik im AKW Brunsbüttel	50
5.2 Bewertung unter Sicherheitsaspekten.....	50
5.3 Ursachen für die Problematik.....	51
5.4 Handlungsempfehlungen der Arbeitsgruppe	52
6 Zustand der LAW/MAW.....	54
6.1 Inspektionsergebnisse und Befunde	55
6.2 Korrosion von innen.....	58
6.3 Überwachungskonzepte, Inspektionsprogramme und Qualifizierungskonzepte.....	58
6.4 Änderungsvorschläge zu den bestehenden ESK-Leitlinien.....	59
7 Bereitstellungslager Konrad (ZL Würgassen).....	60
7.1 Kritik am geplanten Zwischenlager Würgassen.....	64
7.2 Projekt Schacht Konrad.....	65
8 Risiko eines Unfalls und die potenziellen radiologischen Folgen	67
8.1 ESK-Stresstest.....	67
8.2 Untersuchung zum Flugzeugabsturz für das ALG	73
9 Transporte.....	73
9.1 Transportstudie der GRS	75
9.2 Bewertung der GRS-Transportstudie	76
10 Zusammenfassung und Fazit.....	78
11 Literatur	86

1 Einleitung

In Deutschland lagerten zum Stichtag 31. Dezember 2019 ca. 20.000 Mg Roh- und vorbehandelte Abfälle sowie ca. 125.000 m³ behandelte und konditionierte schwach- und mittelradioaktive Abfälle. Diese Abfälle stammen im Wesentlichen aus Atomkraftwerken, Forschungseinrichtungen und der kerntechnischen Industrie. Sie lagern zurzeit in zentralen Zwischenlagern, in dezentralen Zwischenlagern oder anderen Einrichtungen an den einzelnen Atomkraftwerken, in den Forschungszentren, bei den Konditionierungsfirmen und anderen Atomanlagen.

Laut derzeitiger Prognosen werden bis 2050 insgesamt 300.000 m³ schwach- und mittelradioaktive Abfälle anfallen, die nach derzeitiger Planung im alten Erzbergwerk Schacht Konrad eingelagert werden sollen. (Dazu kommen noch rückzuholende Abfälle aus der Schachanlage Asse II (ca. 175.000 bis 220.000 m³) und falls keine weitere Verwertung erfolgt bis zu 100.000 m³ uranhaltige Abfälle aus der Urananreicherung; sowie weitere Abfallchargen, die nicht in Schacht Konrad eingelagert werden dürften.)

Aber selbst wenn Schacht Konrad wie zurzeit geplant 2027 seinen Betrieb aufnehmen würde, dauert es mindestens 30 – 40 Jahre, bis der gesamte schwach- und mittelradioaktive Abfall eingelagert sein würde. Zudem ist aus sicherheitstechnischer Sicht nach wie vor nicht ausgeschlossen, dass Schacht Konrad nicht in Betrieb gehen wird.

In jedem Fall werden Abfälle noch sehr lange zwischengelagert werden müssen. Deshalb müssen für die Zwischenlagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle höchste Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden.

Die vorliegende Studie, die von Oda Becker im Auftrag des Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND e. V.) erstellt wurde, gibt einen Überblick über die Situation der Zwischenlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle in Deutschland. Dazu werden in Kapitel 2 zunächst einige grundlegende Informationen zur Lagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle gegeben. Kapitel 3 beschreibt das Nationale Entsorgungsprogramm (NaPro), das im Rahmen der EU-Richtlinie 2011/70/Euratom von der Bundesregierung erstellt wurde. Die Standorte der Zwischenlager und exemplarisch einige der dort aufgetretenen Probleme werden in Kapitel 4 beschrieben. Ausführlich dargestellt wird anschließend der Fund der durchgerosteten Fässer im AKW Brunsbüttel in 2012, der eine umfangreiche Ursachenanalyse nach sich zog (Kapitel 5). Resultierend daraus war auch eine Abfrage der ESK in allen Zwischenlagereinrichtungen über die dortige Situation. Die Ergebnisse werden in Kapitel 6 beschrieben. Aktuell sorgt das von der Bundesregierung geplante „Bereitstellungslager Konrad“, das nach derzeitiger Planung am AKW Standort Würiggassen entstehen soll, für kontroverse Diskussionen. Diese Diskussion wird in Kapitel 7 skizziert. Die Entsorgungskommission (ESK) hat nach dem Unfall im japanischen AKW Fukushima-Daiichi auch einen Stresstest für Anlagen der Ver- und Entsorgung durchgeführt. In Kapitel 8 werden die Ergebnisse des Stresstests zusammenfassend dargestellt. Eine große Zahl von Transporten mit schwach- und mittelradioaktiven Abfällen erfolgt täglich über Straßen und Schienen in Deutschland. Diese werden in Kapitel 9 thematisiert.

Anmerkung: In Deutschland werden die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle oft als „vernachlässigbar wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle“ bezeichnet.

2 Grundlagen

Um die in den folgenden Kapiteln dargestellten Fragestellungen und Probleme einordnen zu können, werden in diesem Kapitel einige grundlegende Informationen zur Lagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle (LAW/MAW) gegeben. Dabei sind große Teile aus dem Bericht der Arbeitsgruppe „*Vermeidung von Schäden bei der Lagerung von Atomabfällen*“ entnommen. (BACKMANN 2015)

2.1 Lagertypen

Die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle werden in unterschiedlichen Einrichtungen aufbewahrt bzw. zwischengelagert. Dabei sind Zwischenlager nur folgende Gebäude:

- **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 Annahmebedingungen ist gewährleistet, dass nur für die Zwischenlagerung geeignete Abfälle/Gebinde eingelagert werden.

Jegliches Abstellen, Hinstellen usw. von radioaktiven Abfällen ist auch als „Lagern“ zu bezeichnen. Lager sind dementsprechend Räume, Raumbereiche oder Flächen, in oder auf denen in diesem Sinne gelagert wird. Es sind folgende „Lager“ in einer Atomanlage zu unterscheiden:

- **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 verbracht werden. Diese Lager dienen betrieblichen Abläufen, Lagerzeit und Abfallart sind jedoch oft nicht weiter beschränkt. Im Rahmen der Pufferlagerung werden oftmals Transport- oder Verarbeitungschargen zusammengestellt.
- **Interne Lager** sind Lagerflächen innerhalb der AKWs, 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. Dafür war eine Lagerzeit von wenigen Wochen oder Monaten vorgesehen. Die Gebinde sollten gesammelt, bereitgestellt und dann chargenweise abgegeben werden.

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. Nur für die Zeiten, in denen in das Endlager Morsleben (ERAM) oder die Schachanlage Asse eingelagert wurde, stimmten diese Prämissen mit den tatsächlichen Gegebenheiten relativ gut überein.

De facto sind derzeit die Lagerflächen, auf denen für die Endlagerung vorkonditionierte Gebinde stehen, zur temporären Endstation 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.

Insbesondere fungieren Transportbereitstellungshallen inzwischen oft 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. Diese von der Arbeitsgruppe

„Vermeidung von Schäden bei der Lagerung von Atomabfällen“ beschriebene Praxis ist unter Sicherheitsaspekten stark zu kritisieren.

Für Lagerflächen im AKW, 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).

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. Die Pufferlagerung unterliegt als betrieblicher Vorgang nicht dem Ablaufplanverfahren, sondern erfolgt auf Basis der Betriebsgenehmigung.

Da das Produktkontrollverfahren (siehe Kapitel 2.5) auf der Bekanntgabe (Anmeldung) von Abfällen basiert, kann es, solange die Abfälle nur betrieblich gelagert werden und keine Entsorgungskampagne angemeldet ist, nicht greifen, sodass eine behördliche Kontrolle über den Zustand der Abfälle nur über das allgemeine Aufsichtsverfahren gegeben ist.

Die Pufferlagerung von Rohabfällen sollte daher auf einen möglichst kurzen Zeitraum begrenzt sein. Das heißt, die betrieblichen Abläufe müssen so organisiert sein, dass wenn eine bestimmte Menge einer Abfallart angesammelt ist, die sinnvoll eine Konditionierung oder einen Abtransport erlaubt, dies auch durchgeführt wird. Ist dies nicht der Fall, muss die Lagerung als Zwischenlagerung erfolgen. Hierfür sind andere und zum Teil höhere Sicherheitsanforderungen als für die Pufferlagerung zu erfüllen. Das Gleiche gilt für die Transportbereitstellung und die Lagerung in anderen der oben genannten Lagerflächen und -bereiche. Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde müssen dafür Sorge tragen, dass dies berücksichtigt wird. Probleme bezüglich länger andauernder Pufferlagerung können vor allem auftreten, wenn die Konditionierung extern erfolgt und/oder am Stilllegungsstandort kein Zwischenlager zur Verfügung steht. (NEUMANN 2013)

Nur etwa die Hälfte der Lagerräume werden über Mess- und Filtereinrichtung entlüftet, potenzielle Freisetzungen werden so nicht umgehend registriert bzw. verhindert. Viele Zwischenlager sind nicht mit raumlufttechnischen Anlagen ausgestattet und besitzen keine gerichtete Luftführung, sodass Korrosion an den Behältern begünstigt wird. Teilweise werden radioaktive Abfälle über lange Zeiträume unter freiem Himmel gelagert. Sie sind so der Witterung ausgesetzt und Freisetzungen entziehen sich der Überwachung.

2.2 Behälter

Für die Handhabung und Beförderung sowie eine sich anschließende Zwischenlagerung werden die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle in einen Behälter verpackt. Ausnahme sind Großkomponenten, die zum Abklingen gelagert werden.⁶ Je nach Abfallart und geplanten Abfallbehandlungsschritten stehen verschiedene Behältertypen zur Verfügung, die für ihren Verwendungszweck qualifiziert sein müssen.

Für die Zwischenlagerung müssen Abfallbehälter 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

⁶ Die Abklinglagerung großer metallischer Komponenten, die bei sofortiger Zerlegung als radioaktiver Abfall entsorgt werden müssten, führt zu einer deutlichen Mengenvergrößerung der Freigabe von Materialien, die ein Radioaktivitätsinventar knapp unterhalb der Freigabewerte besitzen. Kommt es zu einer Konzentrierung der Freigabe dieser Materialien in einem bestimmten Zeitraum und der Bearbeitung zur Wiederverwendung in einer bestimmten Anlage oder einem bestimmten Produkt, ist eine Überschreitung der nach Strahlenschutzverordnung zulässigen Strahlenbelastung nicht auszuschließen. (NEUMANN 2013)

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

Alle Typen von Fässern sind lediglich als Zwischenprodukte anzusehen und für die Endlagerung als Innenbehälter entweder in zylindrische (Beton- oder Gussbehälter) oder kubische Endlagerbehälter (Konrad-Container) zu verpacken und ggf. zu vergießen. Tatsächlich liegt der überwiegende Anteil an konditionierten Abfallprodukten z. B. in Schleswig-Holstein in Fässern verschiedener Größe vor. Einen Überblick über in Schleswig-Holstein verwendete Behältertypen gibt Tabelle 1. (BACKMANN 2015)

Tabelle 1: Beispiele für Behältertypen (BACKMANN 2015)

Typ	Größen	Ausführungen	Bemerkung
Fass	200 l 280 l 400 l 570 l	Rollreifen, Rollsicken Material: 1,5 mm Stahlblech, neuere Fässer mit Korrosionsschutz	Keine Endlagerbehälter, nur Innenbehälter
Container	20 Fuß		Kein Endlagerbehälter, nur zur Pufferlagerung oder zum Transport
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, Korrosionsschutz außen und innen; auch aus armiertem Beton oder Gusswerkstoff	Zusatzabschirmungen oder Innenauskleidung möglich
Gussbehälter	Typ I Typ II Typ III	Zylinder; Material: Gusswerkstoff (z.B. GGG40)	Beispiel MOSAIK ⁷ ; Zusatzabschirmungen oder Innenauskleidung möglich
Betonbehälter	Typ I Typ II	Zylinder Material: armierter Normal- /Schwerbeton	Zusatzabschirmungen oder Innenauskleidung möglich

Die ESK-Leitlinien zur Zwischenlagerung empfehlen, den Schutz von Menschen 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 wie z. B. visuelle Inspektionen können allerdings ergänzend erforderlich sein. (ESK 2013a)

Kombinationen aus Rohabfällen, Konditionierungsverfahren und Behältern sowie abgeleitete potenzielle Probleme sind in der Tabelle 2 beispielhaft dargestellt. (BACKMANN 2015)

⁷ Die MOSAIK®-Behälter aus Gusseisen mit Kugelgraphit werden z.B. als Transport- und Lagerbehälter für Kernbauteile ausgelegt oder auch zur Konditionierung von Ionentauscherharzen und Verdampferkonzentrat eingesetzt. Abfälle können dabei direkt in MOSAIK®-Behältern zu einem endlagerfähigen Produkt konditioniert werden. Zur Herstellung des Gusses für MOSAIK®-Behälter kann im Recycling-Verfahren auch schwachradioaktiver Metallschrott mit geeigneter metallurgischer Zusammensetzung verarbeitet werden. (GNS 2021)

Tabelle 2: Beispiele für typische Kombinationen von Abfallart, Konditionierungsverfahren und Behälter sowie mögliche Probleme (BACKMANN 2015)

Abfallart	Verfahren	Behälter	Bemerkung
Kernbauteile	Zerlegen	MOSAIK-Behälter	Zerlegen erfolgt wegen hoher Dosisleistung zumeist unter Wasser.
Aschen aus Mischabfällen, verbrennbar	Verbrennen, Verpressen	Fässer, Stahlblechcontainer	Starke Gasentwicklung bei Wasserzutritt, kein Betonieren von Asche!
Mischabfälle, verpressbar	Verpressen, Trocknen	Fässer, Stahlblechcontainer	Je nach Wassergehalt Nach Trocknung erforderlich. Presslinge können bei Feuchtigkeit korrodieren.
Mischabfälle, höher aktiv	Verpressen, Trocknen	MOSAIK-Behälter	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 ⁸	Stahlblechcontainer	

2.2.1 Anforderungen an Behälter/Abfallgebinde

Laut ESK-Leitlinien von 2013 ergeben sich die Anforderungen an die Abfallbehälter insbesondere aus den Sicherheitsanalysen zum bestimmungsgemäßen Betrieb und zu den Störfällen eines Zwischen- und Endlagers. (ESK 2013a) Die Anforderungen sind in Technischen Annahmebedingungen der Zwischenlager und in den Endlagerungsbedingungen festgelegt. Darüber hinaus sind auch die verkehrsrechtlichen Anforderungen nach den jeweils geltenden Gefahrgutvorschriften zu beachten.⁹ Die Ausführung der Abfallbehälter muss geeignet sein, ihre Handhabung auch während und nach der Zwischenlagerung sicherzustellen.

Für eine Zwischenlagerung der Abfallgebinde ist die Langzeitbeständigkeit der Materialien der Abfallbehälter zu betrachten, damit die Anforderungen während der Lagerzeit erfüllt werden. Durch eine geeignete Auslegung der Abfallbehälter (Werkstoff, Abmessungen, Korrosionsschutz, konstruktive Ausführung, zum Beispiel Vermeidung von ungeschützten Spalten) ist die Integrität sicherzustellen. Diese Auslegung der Abfallbehälter hat auch die physikalischen, chemischen und thermischen Eigenschaften des Abfallprodukts und die atmosphärischen Bedingungen des Zwischenlagers zu berücksichtigen. Es sind somit mögliche Beeinträchtigungen der Integrität der Behälter durch Einwirkungen aus dem Inneren der Behälter und von außen zu betrachten.

An die Auslegung eines Korrosionsschutzes der Behälterinnenflächen können bei Abfallprodukten mit korrosionshemmenden Eigenschaften, wie z.B. trockenen Verbrennungsrückständen, geringere

⁸ Reaktordruckbehälter und Dampferzeuger werden nicht verpackt.

⁹ Für den Fall, dass eine Zwischenlagerung in Abfallbehältern erfolgt, die nicht entsprechend den verkehrsrechtlichen Anforderungen qualifiziert sind, sind die verkehrsrechtlichen Anforderungen zum Beispiel mit Hilfe einer Umverpackung zu erfüllen.

Anforderungen gestellt werden. Entsprechendes gilt auch für die Auslegung des äußeren Korrosionsschutzes von Abfallbehältern für eine Zwischenlagerung in Bereichen mit entfeuchteter Lageratmosphäre.

Sofern Abfallbehälter für eine Zwischenlagerung nicht aufgrund ihrer Auslegung, wie z.B. als dickwandige Beton- oder Gussbehälter, aufgrund der Eigenschaften des Inhalts oder aufgrund der atmosphärischen Bedingungen im Zwischenlager zweifelsfrei geeignet sind, sind wiederkehrende Kontrollen im Zwischenlager an den Abfallbehältern bzw. Großkomponenten durch zerstörungsfreie Prüfungen, wie z.B. visuelle Inspektionen, vorzunehmen. (Kommentar: In der Formulierung der ESK steht der Begriff „zweifelsfrei“, dieser unkonkrete Begriff lässt Interpretationsspielraum. Sicherheitstechnisch besser wäre, generell wiederkehrende Prüfungen zu verlangen.)

Wird eine unvorhergesehene Beeinträchtigung der Integrität der Behälter festgestellt, so ist mittels eines qualifizierten Verfahrens durch geeignete Maßnahmen, welche z.B. in einem behördlich anerkannten Reparaturkonzept festgelegt wurden, die Integrität der Behälter in der Art wiederherzustellen, dass die für eine Zwischenlagerung an Behälter zu stellenden Anforderungen für die verbleibende Zwischenlagerzeit erfüllt werden. (ESK 2013a)

Die folgenden grundsätzlichen Anforderungen werden an die Behälter bzw. Abfallbinde für vernachlässigbar wärmeentwickelnde Abfälle gestellt (NEUMANN 2020):

- Langzeitbeständigkeit bzgl. chemischer/physikalischer/thermischer Abfalleigenschaften und atmosphärischer Bedingungen,
- Dosisleistung: max. 2 mSv/h an Oberfläche und 0,1 mSv/h in 1 bzw. 2 m Abstand,
- Außenkontamination: max. 4 Bq/cm² (β,γ -Strahler) bzw. 0,4 Bq/cm² (α -Strahler),
- Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einwirkungen in Abhängigkeit vom Inventar
 - Aufprall: 0,3 m - 9 m Höhe (9 km/h - 48 km/h)
 - Temperatur: bis zu 800 °C über 30 min
- Fixierung im Behälter/Container durch:
 - Vergießen von Hohlräumen mit Zement (kann mit kontaminierten Wässern angerührt werden),
 - Verfüllen von Hohlräumen mit schüttfähigen Feststoffen (kann z.B. kontaminierter Bauschutt sein).
- Vorkehrungen zur Druckentlastung durch Gasbildung.

2.3 Abfallarten

Radioaktive Rohabfälle haben ein großes Freisetzungspotenzial. In ihnen enthaltene oder an ihrer Oberfläche befindliche Radionuklide können sich im Normalbetrieb, vor allem aber bei Störfällen, leicht ausbreiten. Sie haben ein großes Volumen. Für Transport, Zwischen- und Endlagerung ist Volumenreduzierung zweckmäßig. Die Konditionierung bezeichnet Abfallbehandlung und Verpackung der Abfälle. Gering wärmeentwickelnde radioaktive Rohabfälle entstehen bei Betrieb, Stilllegung und Abbau von Atomkraftwerken. Es sind im Wesentlichen:

- Wässrige Lösungen (z.B. Dekontaminations-, Reinigungs- oder Kühlwässer)
- Organische Flüssigkeiten (z.B. Öle)
- Feste brennbare Abfälle (z.B. Putzlappen, Kleidung, Wischtesttücher)
- Feste nicht brennbare Abfälle (z.B. Metallschrott, Beton)

Unter der Kategorie schwach- bis mittelradioaktiven Abfällen befindet sich eine große Bandbreite von radioaktiven Abfällen. Die überwiegende Menge radioaktiver Abfälle kann folgenden Abfallarten zugeordnet werden.

Verdampferkonzentrat

Wässrige Abfälle haben einen großen Anteil an den Betriebsabfällen eines AKW. Die zur Verdampfung gelangenden Wässer stammen aus unterschiedlichen Quellen: aus den Kühlwasserkreisläufen, aus flüssigen Laborabfällen, aus Dekontaminationen, Reinigung, Wäscherei usw. Für die Verdampfung werden unterschiedliche teils mehrstufige Verfahren eingesetzt. 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. Für die Einhaltung der Konrad-Annahmebedingungen sind zudem der Betastrahler Sr-90 und Alphastrahler relevant. Typische Verdampferkonzentrate weisen Aktivitätskonzentrationen zwischen 1 kBq/g und 1 MBq/g auf.

Filterkonzentrate

Bei der Wasserreinigung z.B. des Kühlmittels der Kühlkreisläufe und des Brennelementlagerbeckens kommen zur Entfernung gelöster Inhaltsstoffe Polymere in Form von Harzen zum Einsatz. Nach einiger Betriebszeit sind diese mit radioaktiven Ionen beladen und werden entnommen. Für die Entsorgung als radioaktiver Abfall wird das überschüssige Wasser entzogen. Der getrocknete Rückstand wird als Filterkonzentrat bezeichnet. 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.

Metallschrott

Metallische Abfälle sind beispielsweise Kabel, Armaturen, Rohrleitungen, defekte Komponenten, die bei Instandhaltungsarbeiten und insbesondere beim Abbau anfallen. Große Anteile davon sind nur oberflächlich kontaminiert, so dass diese nach Dekontamination und einer behördlichen Freigabe gemäß Strahlenschutzverordnung als nichtradioaktive Stoffe entsorgt bzw. verwertet werden (uneingeschränkte Freigabe). Sehr hohe Aktivitäten durch Aktivierung und Kontamination weisen dagegen Kerneinbauteile auf.

Sollte eine uneingeschränkte Freigabe nicht erfolgen, ist häufig das Einschmelzen des Abfalls vorgesehen. 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 Metallschmelze. Die Metallschmelze wird zu Gießlingen verarbeitet, die teilweise wiederverwertet werden. Gießlinge mit höheren Aktivitäten werden als radioaktiver Abfall entsorgt.

Im Allgemeinen werden die Schlacken zerkleinert (gebrochen) und verpresst, die Filterstäube nur verpresst. Schlacken und Filterstäube werden ebenfalls als radioaktiver Abfall entsorgt.

Bauschutt

Gebäudeteile oder Gebäude sowie Bauschutt 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 werden nach Dekontamination der Gebäudestrukturen freigegeben. Der abgetragene Beton bzw. angefallene Bauschutt aus der Dekontamination der Gebäude und Gebäudeteile wird dann meist dem radioaktiven Abfall zugeordnet.

Eine Ausnahme bildet der Beton des Biologischen Schildes, 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 liegen typischerweise an der Außenseite des Biologischen Schildes im Bereich der Freigabewerte und steigen auf mehrere hundert Bq/g an der Innenseite an.

Mischabfälle

Unter Mischabfällen 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. Mischabfälle werden für die weitere Behandlung unterschieden in brennbare Abfälle und nicht brennbare Abfälle.

Die Aktivitätskonzentration liegt in einem Bereich von 10 Bq/g bis 10 kBq/g Abfall. Die Aktivitätsbestimmung erfolgt am Abfallgebinde (Gammaskpektrum) oder mittels daraus entnommener Proben.

2.4 Konditionierungsverfahren

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

Weitere Ziele der Konditionierung sind die Reduktion von Abfallvolumen und damit die bessere Ausnutzung von Zwischenlagerkapazitäten. Hierfür werden Methoden wie die Verbrennung oder Kompaktierung der Abfälle angewendet.

Insgesamt ist mit der Konditionierung in der Regel ein Sicherheitsgewinn verbunden.

Eine Vorkonditionierung zielt nicht unbedingt auf die Zwischen- oder Endlagerfähigkeit des Abfalls ab, 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.

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 soll ab der Anmeldung des Abfalls in einer Kampagne gewährleistet werden, dass die benötigten Daten 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.

Die meisten Konditionierungsverfahren sind Standardverfahren, die seit Jahren angewendet werden. Für diese Konditionierungsverfahren steht eine große Bandbreite an Konditionierungsanlagen zur Verfügung. Es wird unterschieden zwischen fest installierten Anlagen beim Abfallablieferer oder beim Konditionierer sowie mobilen Anlagen, die temporär zur Konditionierung bestimmter Abfälle aufgebaut werden. Eine Übersicht über die gängigsten Konditionierungsverfahren befindet sich in Tabelle 2. Sofern bei den genannten Verfahren potenzielle Probleme für die Langzeitstabilität der Abfälle bekannt sind, sind diese stichpunktartig benannt.

Eine zentrale Konditionierung verursacht zusätzliche Handhabungen und Transporte, höhere Strahlenbelastungen für Personal und Bevölkerung sowie eine Erhöhung der Störfallmöglichkeiten.

Eine dezentrale Konditionierung kann daher sicherheitstechnisch vorteilhaft sein, dazu können standortfeste und/oder mobile Anlagen eingesetzt werden.

Anzumerken ist noch, dass für einige gering wärmeentwickelnde Abfälle noch keine Konditionierungsmethoden verfügbar sind.¹⁰

2.5 Produktkontrolle

Grundsätzlich muss der Antragsteller vor Anwendung eines Verfahrens zur Behandlung und Verpackung radioaktiver Abfälle nachweisen, dass die Abfallprodukte die in den Endlagerungsbedingungen Konrad geforderten Anforderungen erreichen.¹¹ Dazu werden die radioaktiven Abfälle vor der Endlagerung diversen Prüfverfahren unterzogen. Zur Belegung der endlagerrelevanten Eigenschaften von radioaktiven Rohabfällen, Abfallprodukten und Gebinden sind umfangreiche Daten entsprechend den Vorgaben zur Deklaration aus den Endlagerungsbedingungen Konrad zu erfassen. Diese Daten umfassen Angaben zum Radionuklidinventar, zur Masse, zum Volumen, zum verwendeten Behälter, zur stofflichen Zusammensetzung, zur qualifizierten Verarbeitung des radioaktiven Abfalls, zur Stabilität des Abfallproduktes sowie zur Ortsdosisleistung und zur Oberflächenkontamination von Abfallgebinden.

Für die sogenannte Produktkontrolle für endlagerfertige Konditionierung muss die Erfüllung der folgenden Anforderungen nachgewiesen werden:

- feste Form, die nicht nennenswert faul- oder gärfähig ist und nur Restgehalte von Flüssigkeiten und Gasen und selbstentzündlichen oder explosiven Stoffen enthalten,
- beschränkte Reaktionen zwischen Abfällen, Fixierungsmitteln und Behältern,
- radiologische Begrenzungen (Dosisleistung, Oberflächenkontamination, Spaltstoffgehalt).

Die Produktkontrolle ist zuallererst Aufgabe des Abfallablieferers bzw. Konditionierers. Sachverständige, von den Betreibern beauftragt, überprüfen während der Konditionierung, ob der Abfallablieferer bzw. der Konditionierer die notwendigen Prüfungen sachgerecht durchführen. Ggf. nehmen die Sachverständigen auch eigene Prüfungen vor. Folgendes ist zu erfüllen:

- Radioaktive Abfälle müssen für die Endlagerung in zugelassene Behälter verpackt werden.
- Die befüllten Behälter müssen zusätzlich geprüft und kontrolliert werden.
- Alle Protokolle der Fertigung und Prüfung müssen aufbewahrt werden.

Im Rahmen dieser Produktkontrolle wird überprüft, ob die Abfälle entsprechend den geltenden Endlagerungsbedingungen verpackt sind. Verantwortlich für das Kontrollverfahren ist die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE). Sachverständige kontrollieren dann im Auftrag der BGE die Behälter. Die Produktkontrolle der Abfallbehälter kann auf zwei verschiedene Arten erfolgen: a) durch Anwenden eines von der BGE zertifizierten Verpackungsverfahrens oder b) durch Stichprobenkontrollen bei bereits fertig verpackten Abfallbehältern.

- a) Die Grundlagen für die Festlegungen der Konditionierung ergeben sich unmittelbar aus dem Atomgesetz und der Strahlenschutzverordnung. Grundsätzlich muss der Antragsteller vor Anwendung eines Verfahrens zur Behandlung und Verpackung radioaktiver Abfälle nachweisen, dass die so entstehenden Abfallprodukte die Anforderungen der Endlagerungsbedingungen erreichen. Die Endlagerungsbedingungen sind Bestandteil der

¹⁰ Uran aus der Wiederaufarbeitung, Thorium und Thorium-haltige Abfälle, Graphit und Graphit-haltige Abfälle, Tritium-haltige Abfälle, Abfälle aus Asse II und im ERAM zwischengelagerte Abfälle (Radiumfass, Europium-haltige Abfälle)

¹¹ Erst ausgelöst durch die Vorfälle um falsch deklarierte Fässer mit zurückgelieferten Abfällen aus Belgien (Mol-Skandal) wurde ein Verfahren zur lückenlosen Verfolgung der Abfälle sowie zur Prüfung der Abfallproduktqualität bei der Konditionierung eingeführt.

Genehmigung eines Endlagers. Der Vorgang selbst wird durch Sachverständige begleitet. Damit soll sichergestellt werden, dass eine endlagergerechte Behandlung und Verpackung der Abfälle erfolgt und alles vorschriftsgemäß dokumentiert wird.

- b) Stichprobenkontrolle bei vorhandenen Behältern: Die Angaben der Abfallverursacher zu den radioaktiven Abfällen werden stichprobenartig durch unabhängige Untersuchungen überprüft. Das Verfahren ist hauptsächlich für sogenannte Altabfälle gedacht, bei deren Konditionierung keine begleitenden Kontrollen durch unabhängige Sachverständige stattgefunden haben. Bei zerstörungsfreien Untersuchungen werden die Behälter von außen untersucht, ohne sie zu beschädigen. Das kann zum Beispiel durch Messungen der Dosisleistung an der Oberfläche des Behälters, per Computertomographie oder durch die Analyse von Gasproben erfolgen. Andere Verfahren führen zu Zerstörungen am Behälter. Dabei kann ein Behälter beispielsweise angebohrt werden, um einen Bohrkern für weitere Analysen zu gewinnen. Ein Problem hierbei ist, dass keine Kontrolle aller Behälter erfolgt, sondern nur eine Stichprobe der Behälter.

Die im Rahmen der Produktkontrolle beauftragten Sachverständigen prüfen unter anderem die vorgelegten Beschreibungen der Abfallprodukte und Verpackungen, das Konditionierungsverfahren, die verwendeten Behälter und die Zusammensetzung der Abfälle im Behälter. Fachleute der BGE überprüfen abschließend, ob die Stellungnahmen der Sachverständigen vollständig und korrekt sind und den Bestimmungen des Planfeststellungsbeschlusses entsprechen.

Da die Produktkontrolle aber 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 AKWs zu. Erst wenn sich genügend Abfall angesammelt hat, wird eine größere Menge über eine Abfallkampagne entsorgt.

Das derzeit gängigste Verfahren zur Entsorgung von radioaktiven Abfällen mit dem Ziel der Endlagerung stellt das Ablaufplanverfahren dar. Radioaktive Abfälle eines Abfalllieferers, 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.

Die ESK-Leitlinien hingegen gelten, sobald für radioaktives Material kein anderer Entsorgungsweg offensteht und es damit als radioaktiver Abfall bewertet wird. Auch die Strahlenschutzverordnung zählt die Tätigkeiten der Vorkonditionierung bereits als Konditionierungsschritte.

2.6 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 feucht. Beispiele hierfür sind Abfälle wie Verdampferkonzentrate oder Ionentauscherharze 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. Feuchtegehalte können 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, z. B. die Spaltkorrosion bei Rollreifensässern.

- **Metallische Abfälle:** Die Oxidation von Metall durch Sauerstoff tritt an Metallen in Gegenwart von Wasser 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, insbesondere, 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.
- **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.
- **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. Organische Lösungsmittel können mit dem zur Innenbeschichtung eines Behälters verwendeten organischen Material und/oder mit den Dichtungen reagieren. Die Folge sind Anlösungen und Aufweichungen.
- **Getrocknete Abfälle:** Es 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. Einige Trocknungsverfahren dienen lediglich der Entfernung freier Flüssigkeiten. Die Abfallmatrix kann weiterhin Kristallwasser enthalten, das später freigesetzt wird.
- **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. Es können sogenannte Blähfässer entstehen. Um einen Druckaufbau zu vermeiden, muss der Gastransport durch die Betonmatrix gewährleistet bleiben bei gleichzeitig vollständiger Umhüllung der Abfälle oder der Innenbehälter.

Chloridinduzierte Spannungsrisskorrosion

Beispiele für Korrosionsschäden waren in Schleswig-Holstein nicht nur Folgen von Langzeitlagerung. In Brokdorf wurden im Jahr 2001 Fälle von chloridinduzierter Lochfraßkorrosion an relativ neuen Fässern aus Edelstahl entdeckt. Ursachen für diesen Schadensmechanismus sind der Werkstoff des Fasses, der Chloridgehalt im radioaktiven Abfall und ggf. der Zuschlagstoff und das Vorhandensein von Feuchtigkeit sowie Sauerstoff. Es kommt dann punktuell zu einer Depassivierung des Stahls, d.h. der Rostschutz z.B. an der Fasswandung nimmt ab. 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. Im konkreten Fall 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. Seitdem ist es zu keinen weiteren Befunden gekommen.

2.7 Meldepflichtige Ereignisse

In der Bundesrepublik Deutschland gibt es insgesamt ca. 50 Lagereinrichtungen für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung. Sofern die radioaktiven Abfälle in nach § 6 oder § 7 Atomgesetz (AtG) genehmigten kerntechnischen Einrichtungen gelagert werden, fallen diese in den Geltungsbereich der Atomrechtlichen Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung (AtSMV). Diese regelt u. a. die Meldung von sicherheitstechnisch bedeutsamen Ereignissen anhand konkreter Meldekriterien. Daneben gibt es eine Vielzahl weiterer Lagerräume bzw. Zwischenlager für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die auf Grundlage einer Umgangsgenehmigung nach Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) betrieben werden und somit nicht in den Geltungsbereich der AtSMV fallen.

Gemäß der AtSMV müssen die Betreiber kerntechnischer Einrichtungen auftretende meldepflichtige Ereignisse an die jeweils zuständigen Landesaufsichtsbehörden melden. Die BASE veröffentlicht nur die meldepflichtigen Ereignisse der Anlagen zur Kernbrennstoffver- und -entsorgung in Deutschland, die der Meldepflicht nach AtSMV unterliegen.

Die gesetzlichen Meldepflichten für die Meldung von Ereignissen/Vorkommnissen in Einrichtungen mit Umgangsgenehmigung nach StrlSchV leiten sich aus § 51 Abs. 1 der StrlSchV ab.

Die Entsorgungskommission (ESK) kritisierte, dass trotz gleicher Transport- und Handhabungsvorgängen in den nach AtG bzw. StrlSchV genehmigten Einrichtungen unterschiedliche und interpretierbare Regelungen hinsichtlich der Meldepflicht von Ereignissen bestehen. Die Angleichung der Meldepflichten ist im Sinne der ESK-Leitlinien vom 10.06.2013, da die Anforderungen der ESK-Leitlinien und die Regelungen zu deren Umsetzung unabhängig von der Bezeichnung des Orts, an dem sie gelagert sind, gelten.

Weiterhin erläutert die ESK, dass auch Ereignisse im Bereich Abfallkonditionierung, innerbetrieblicher Transporte und Zwischenlagerung unterhalb der Meldeschwelle, informationswürdige Ereignisse darstellen und deshalb auf Basis einheitlicher Kriterien weitergegeben werden sollten. Für diese Ereignisse fehlen derzeit präzise Kriterien, um eine systematische Erfassung und Informationsweitergabe zu ermöglichen. Zu diesen informationswürdigen Ereignissen gehören beispielsweise Korrosion an Abfallfässern, Blähfässer sowie Defekte an Krananlagen oder Versagen von Transporteinrichtungen.

Zielsetzung einer Stellungnahme der ESK in 2018 ist daher zum einen, die Angleichung der Meldeverfahren bzw. die Konkretisierung der Meldepflichten nach StrlSchV und die Angleichung an die präziseren Formulierungen der AtSMV herbeizuführen, zum anderen die Formulierung von Kriterien für informationswürdige Ereignisse, für die eine systematische Erfassung zweckmäßig ist.

Ereignisse/Vorkommnisse unterhalb der Meldeschwelle

Vorkommnisse, die keine oder eine sehr geringe sicherheitstechnische Bedeutung haben, können betriebsrelevante Erfahrungen enthalten. Diese Vorkommnisse unterliegen nicht der Meldepflicht nach konkreten Kriterien wie in (ESK 2018b) ausgeführt.¹² **Jedoch ist die Auswertung solcher Vorkommnisse aus Sicht der ESK für einen störungsfreien Umgang mit radioaktiven Abfällen bei der Konditionierung und Lagerung durchaus unterstützend und dient zur Aufrechterhaltung der Sicherheitskultur.**

Hierzu sind Verfahrensweisen geeignet, die den Erfahrungsaustausch in Anlehnung an die ESK-Leitlinien für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer

¹² Meldepflichtig sind Ereignisse im Wesentlichen nur, wenn sie die Ableitung, Freisetzung, Verschleppung radioaktiver Stoffe oder Schäden oder Ausfälle in sicherheitstechnisch wichtigen Systemen/Einrichtungen betreffen.

Wärmeentwicklung zwischen den Betreibern sicherstellen. Für solche Vorkommnisse sind nachfolgend Beispiele für die verschiedenen Bereiche des Umgangs mit radioaktiven Abfällen von der Abfallentstehung bis zur Lagerung aufgeführt. (ESK 2018c)

Bereich *Abfallentstehung und Abfallsammlung*:

- Fehler bei Sammlung und Sortierung von festen Abfällen: Abweichungen von Vorgaben aus z. B. Sortieranweisungen mit negativen Auswirkungen auf die Produktqualität
- Fehler bei Sammlung und Sortierung von flüssigen Abfällen: Unbeabsichtigtes Zusammenführen von flüssigen Abfällen z. B. mit dann ablaufenden chemischen Reaktionen

Bereich *Konditionierung*:

- Nichteinhaltung der Randbedingungen der Spezifikation: z. B. zu hoher Gummianteil beim Verpressen, Abweichung von Trocknungskriterien, Fehler beim Freigabeverfahren ohne erfolgte Freigabe (z. B. bei der Entscheidungsmessung)
- Abweichung von der Verfahrensqualifikation: Abweichen von zugestimmten Prüffolge- und/oder Ablaufplänen sowie nachgeordneten Vorgabedokumenten
- Unerwartete ablaufende chemische Reaktionen

Bereich *Ermittlung von Produkteigenschaften und Dokumentation*:

- Abweichungen bei der Dokumentation von Angaben, wie z. B.: Inhalt, Masse, sonstigen Abfalleigenschaften, Dosisleistung oder Aktivitätsinventar
- Abweichungen zwischen geplanten und erreichten Produkteigenschaften (z. B. Restfeuchte, Formstabilität, Zusammensetzung)

Bereich *Lagereinrichtung*:

- Einzelfehler an betrieblichen Transport- und Handhabungseinrichtungen, die von grundsätzlicher Bedeutung sein könnten
- Brand: Örtlich begrenzte Kleinstbrände

Bereich *Innerbetrieblicher Transport und Handhabung*:

- Behälterabsturz auch ohne Potenzial für Freisetzung: Absturz eines Gebindes, der eine Reparatur des Gebindes notwendig macht
- Absturz von bewegten Lasten z. B. auf Behälter auch ohne Potenzial für Freisetzung aus dem Gebinde mit Schäden, die einer Reparatur bedürfen

Bereich *Lagerung*:

- *Lackschäden* an Gebinden:
 - Kratzer bis auf das Grundmaterial
 - Abplatzungen des Beschichtungssystems, die ggf. aus Korrosionsvorgängen im Inneren des Gebindes oder aufgrund einer unzureichenden Reparaturbeschichtung resultieren und auch bis auf das Grundmaterial reichen können
- *Mechanische Schäden* an Gebinden:
 - Verformungen an Gebinden, die die Handhabung und Stapelfähigkeit beeinträchtigen
 - Deckelwölbungen aufgrund eines Innendrucks, der z. B. aus einer Gasentwicklung aus Faul-, Gär- oder Korrosionsvorgängen in den Abfallprodukten resultieren kann
 - Löcher, Risse im Behälter
 - Verlust der mechanischen Integrität ohne Freisetzung aus Gebinden

2.8 Rechtliche Grundlage der Lagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen

Die jeweiligen Landesbehörden sind zuständig für die Aufsicht und die Genehmigung zum Umgang bzw. zur Lagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle. Grundlage ist heute § 12 des

Strahlenschutzgesetzes (StrlSchG)¹³. Die Genehmigung nach § 7 StrlSchV (2001) entspricht nun einer Genehmigung nach § 12 StrlSchG (2017).

Die Abbildung 1 zeigt die Hierarchie des nationalen Regelwerks, die Behörde oder Institution, die die Regel erlässt, sowie ihren Verbindlichkeitsgrad. Kerntechnische Regelungen, die nicht in Gesetzen, Verordnungen und Allgemeinen Verwaltungsvorschriften enthalten sind, erlangen ihre regulatorische Bedeutung aufgrund der gesetzlichen Forderung der nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderlichen Vorsorge gegen Schäden.

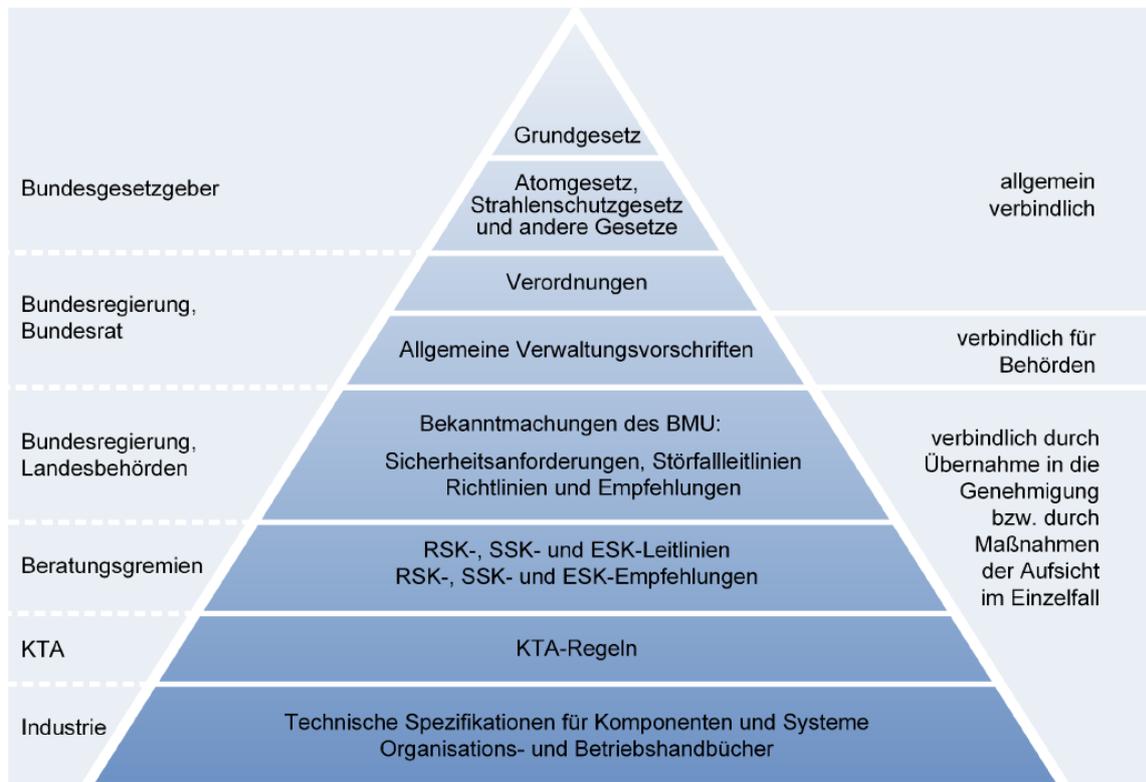


Abbildung 1: Regelwerkspyramide

Für Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren im Bereich der Behandlung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle spielen die Empfehlungen der Strahlenschutzkommission (SSK) und der Entsorgungskommission (ESK) eine wichtige Rolle. Diese unabhängigen Expertengremien beraten das BMU in Fragen des Strahlenschutzes und der nuklearen Entsorgung. SSK und ESK geben ihre Beratungsergebnisse an das BMU in Form von Stellungnahmen oder Empfehlungen ab, die jeweils in Ausschüssen und Arbeitsgruppen vorbereitet werden. Durch Veröffentlichung im Bundesanzeiger werden diese Empfehlungen in das kerntechnische Regelwerk aufgenommen und im Einzelfall mit Rundschreiben des BMU zur Anwendung empfohlen.

Für die Zwischenlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle sind insbesondere die von der **Entsorgungskommission (ESK)** erarbeiteten Empfehlung von Bedeutung: „Leitlinien für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung“ aus dem Jahr 2012 (revidiert 2013) und die beiden Stellungnahmen zu deren Umsetzung aus den Jahren 2015 und 2018.

In den Stellungnahmen aus 2015 und 2018 nimmt die ESK auf Grundlage der Berichte der Bundesländer eine generische, anlagenübergreifende Bewertung des Ist-Zustands der Abfallgebäude und eine Beschreibung der aus Sicht der ESK vorhandenen Defizite hinsichtlich Überwachung und Umgang mit den Abfallgebänden vor. Dabei wird der Frage nachgegangen, in welchem Umfang die von der ESK

¹³ Falls sich auf die Tätigkeit nicht bereits eine Genehmigung nach §§ 6, 7, 9 oder 9b AtG erstreckt.

erstellten „Leitlinien für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung“ vom 10. Juni 2013 umgesetzt wurden und welche Maßnahmen ergriffen werden müssen, damit die sichere Zwischenlagerung der Abfallgebinde auch über eine längere Lagerzeit gewährleistet werden kann. (siehe Kapitel 6)

Die Regeln des Kerntechnischen Ausschusses (KTA)¹⁴ enthalten detaillierte und konkrete Ausführungen technischer Art. Aufgrund der regelmäßigen Überprüfung und gegebenenfalls Überarbeitung der verabschiedeten Regeltexte werden die Regelungen entsprechend dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik angepasst.¹⁵ Für die Lagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle gilt die KTA Regel 3604. Diese wurde 2020 überarbeitet. (KTA 3604 2020a)

In der überarbeiteten Version der KTA 3604 wurde der Anwendungsbereich präzisiert, so dass klar wird, dass alle zur Entsorgung vorgesehenen radioaktiven Stoffe unter ihren Regelungsbereich fallen. (KTA 3604 2020b)

In der überarbeiteten KTA-Regel 3604 wird nur noch zwischen kurzfristiger und längerfristiger Lagerung unterschieden, somit ist die Lagerungszeit ausschlaggebend für weitere Anforderungen und nicht das Ziel der Lagerung. Der Begriff Lagern versteht sich unabhängig vom Ort der Tätigkeit, es wird nicht zwischen z. B. Stauraum, Pufferlager, usw. unterschieden. Der Zeitraum von ca. 12 Monaten ist hier entscheidend. Nach 12 Monaten kann unterstellt werden, dass es sich nicht mehr um einen Teilprozess eines Verarbeitungsschrittes handelt, sondern der Prozess des Lagerns selber im Vordergrund steht. (KTA 3604 2020b)

In der Aktualisierung der KTA 3604 wurden unter Berücksichtigung der ESK-Empfehlung „Leitlinien für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung“, Festlegungen zur Überprüfung von gelagerten Gebinden getroffen. In einem neuen Abschnitt 8.3 wurden neben allgemeinen Anforderungen konkrete Kriterien für alle längerfristig gelagerten radioaktiven Stoffe formuliert. Kurzfristiges Lagern unterliegt diesen Anforderungen nicht. (KTA 3604 2020b)

Laut Erläuterung zur KTA-Regel 3604 ist für Gebinde, die jeweils positive Stoff- und Behältereigenschaften besitzen, eine systematische Auffälligkeit nach derzeitigem Kenntnisstand nicht zu erwarten. Diese positive Erwartungshaltung wird laut KTA u. a. durch die Auswertung der Länderantworten durch die ESK vom 07.09.2018 gestützt. (KTA 3604 2020b) Das wird von der ESK so nicht gesagt, sondern es wird gefordert, dass es noch verifiziert werden muss, dass keine systematischen Schäden auftreten werden.

Die längerfristige Lagerung verfolgt das Ziel, die in den Abfällen enthaltene Aktivität während der Lagerzeit einzuschließen und sicherzustellen, dass die Handhabbarkeit der Gebinde erhalten bleibt. Die abgeleiteten Ziele sind laut KTA:

Stoffeigenschaften:

- Chemisch/biologisch/physikalisch stabile Abfälle,
- keine Reaktionen zwischen Abfallmatrix und Behälter, die zur Beeinträchtigung der Integrität des Gebindes führen können,

¹⁴ Der 1972 gegründete Kerntechnische Ausschuss (KTA) ist beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) eingerichtet. Er setzt sich aus fünf Gruppen zusammen: Vertreter der Hersteller, der Betreiber, der atomrechtlichen Behörden des Bundes und der Länder, der Sachverständigen sowie der sonstigen Behörden und Vertreter öffentlicher Belange, z. B. der Gewerkschaften, des Arbeitsschutzes und der Haftpflichtversicherer. Eine Erstellung/Überprüfung der Regeln vor allem auf Basis von Sicherheitsaspekten erfolgt aufgrund der Zusammensetzung eher nicht.

¹⁵ Die KTA-Regeln entfalten zwar keine rechtliche Bindungswirkung, aufgrund ihres Entstehungsprozesses und Detaillierungsgrades kommt ihnen als Konkretisierung der nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderlichen Vorsorge gegen Schäden aber eine weitreichende praktische Wirkung zu.

- keine Volumenvergrößerung der Gebindeinhalte, kein Druckaufbau, der die Integrität des Gebindes beeinträchtigen kann.

Behältereigenschaften:

- Keine Reaktionen zwischen Abfallmatrix und Behälter, die zur Beeinträchtigung der Integrität des Gebindes führen können,
- keine Reaktionen der Bestandteile des Abfallbehälters untereinander, die zur Beeinträchtigung der Integrität des Gebindes führen können,
- Schutz des Gebindes gegen Korrosion von außen,
- Handhabbarkeit und Stapelbarkeit.

Radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung werden bis zu ihrer Endlagerung am Entstehungsort oder in zentralen Einrichtungen zwischengelagert. In einem aktuellen Bericht zur Entsorgung erklärt das BMU, die Konditionierung muss so erfolgen, dass auch für Zeiträume bis zu 30 Jahren eine sichere Zwischenlagerung gewährleistet ist, da ein Endlager in Deutschland nicht vor 2027 zur Verfügung steht (BMU 2020b). Es ist zu kritisieren, dass immer noch ein derartig geringer Zeitraum vorgegeben wird, denn die 30 Jahre resultieren aus der Einlagerungszeit ohne jegliche weitere Verzögerung der Inbetriebnahme von Schacht Konrad als Endlager.

2.9 Historie der Lagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen

Mit der Zielsetzung der Schaffung eines Endlagers für nicht Wärme entwickelnde radioaktive Abfallstoffe begann erst 1965 das Versuchsprogramm zur Einlagerung von radioaktiven Abfällen im **Salzbergwerk Asse**. In die Schachanlage Asse II wurden zwischen 1967 und 1978 rund 47.000 m³ schwach- und mittelradioaktive Abfälle 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. Dieses wurde für die Asse nicht durchgeführt, weil eingeschätzt wurde, dass die Einhaltung der sicherheitstechnischen Anforderungen nicht nachweisbar ist. Seit 1988 ist bekannt, dass kontinuierlich Grundwasser aus dem Deckgebirge in das Bergwerk eindringt. Zugleich verschlechterte sich die Standsicherheit des alten Bergwerks durch den sehr umfangreichen Durchbaugrad sukzessive. Die Schachanlage Asse II ist gemäß § 57b des AtG unverzüglich stillzulegen. Die Stilllegung soll nach Rückholung der radioaktiven Abfälle erfolgen. Die Rückholung soll nach gegenwärtigen Planungen etwa 2033 beginnen. Das Konzept der Rückholung sieht vor, die radioaktiven Abfälle zu bergen, zu konditionieren und bis zur endgültigen Endlagerung zwischenzulagern. Derzeitige Schätzungen gehen von einem Abfallvolumen der konditionierten Abfälle von ca. 175.000 bis 220.000 m³ für die spätere Endlagerung aus.

Das in Sachsen-Anhalt gelegene Endlager für radioaktive Abfälle **Morsleben** (ERAM) wurde nach der deutschen Wiedervereinigung vorübergehend auch von westdeutschen Ablieferern genutzt. Von 1971 bis 1991 und von 1994 bis 1998 wurden insgesamt knapp 37.000 m³ schwach- und mittelradioaktive Abfälle im ERAM endgelagert. Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) reichte als damaliger Betreiber im Jahr 2005 die Antragsunterlagen zur Stilllegung bei der Genehmigungsbehörde (Umweltministerium des Landes Sachsen-Anhalt) ein. Nach einer Überarbeitung der Antragsunterlagen wurden diese 2009 öffentlich ausgelegt, knapp 15.000 Einwendungen gingen bei der Genehmigungsbehörde ein. Im Oktober 2011 veranstaltete die Genehmigungsbehörde den Erörterungstermin. Die Entsorgungskommission (ESK) kam 2013 zu dem Schluss, dass die Langzeitsicherheitsbetrachtung methodisch nicht mehr dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik entspricht. (ESK 2013c) Seit 2011 wird daran gearbeitet, den Nachweis zu erbringen, dass die im Konzept beschriebenen Abdichtbauwerke baulich verwirklicht werden können. Die BGE hat diese Aufgabe im April 2017 mit

der Übernahme der Betreiberverantwortung übernommen. Die überarbeiteten Stilllegungspläne werden voraussichtlich im Jahr 2026 bei der zuständigen Genehmigungsbehörde eingereicht.

Bereits ab 1976 wurde die bis dahin zur Eisenerzförderung genutzte **Schachanlage 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.

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 wurde früher 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. 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.

Noch in den 1990er Jahren sind Betreiber und Behörden von einer Lagerungsdauer von wenigen Jahren ausgegangen. 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 zeigte, fehlte eine Zäsur, die Veranlassung für eine Neubewertung der Aufbewahrung von Rohabfällen und Zwischenprodukten im Stadium vor der Konditionierung gegeben hätte.

Insgesamt wurde damit die **Bedeutung der Zwischenlagerung über Jahrzehnte unterschätzt**.

Diese Problematik war seit langer Zeit bekannt und wurde z.B. auf entsprechenden Fachtagungen (Jahrestagung Kerntechnik, KONTEC) diskutiert. Aufgrund der aufgetretenen Probleme führte bereits 2005 im Rahmen ihrer „Untersuchungen zur Sicherheit gegen Behälterkorrosion in Langzeitzwischenlagern“ 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. 1.000 Gebinde (ca. 4%) mit korrosiver Schädigung gemeldet wurden. Die Studie stellt fest: *„In den deutschen Zwischenlagern und Landessammelstellen befinden sich Behälter mit schwach- und mittelradioaktiven 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.* (UNIVERSITÄT HANNOVER 2005)

3 Nationales Entsorgungsprogramm (NaPro)

Die EU-Richtlinie 2011/70/Euratom vom 19. Juli 2011 legt einen Gemeinschaftsrahmen für die verantwortungsvolle und sichere Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle fest. Sie verpflichtete die Mitgliedstaaten der Europäischen Union (EU), erstmals bis zum 23. August 2015, einen Bericht über die Durchführung dieser Richtlinie vorzulegen und alle drei Jahre zu aktualisieren. Der zweite Durchführungsbericht wurde vom BMU im August 2018 vorgelegt.¹⁶ (BMU 2018b)

Im Nationalen Entsorgungsprogramm (NaPro) wird erklärt, dass die Bundesregierung plant, alle Arten radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen einzulagern. Derzeit werde der Schacht Konrad zum Endlager für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung umgerüstet.

¹⁶ An dem vorgelegten NaPro wurde umfassende Kritik geübt.

Bis zu ihrer Endlagerung werden die radioaktiven Abfälle aus dem Betrieb und der Stilllegung kerntechnischer Anlagen und Einrichtungen in dezentralen oder zentralen Einrichtungen behandelt und zwischengelagert. Zur Verarbeitung radioaktiver Abfälle werden neben deutschen Einrichtungen auch Einrichtungen im europäischen Ausland genutzt.

Radioaktive Abfälle aus Forschung, Medizin und Industrie müssen zunächst an die Sammelstellen der jeweiligen Bundesländer (Landessammelstellen) abgeliefert und dort zwischengelagert werden.

Die Behandlung und Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle innerhalb von Militär- oder Verteidigungsprogrammen bleibt unter militärischer Verantwortung und geht erst in zivile Verantwortung über, wenn die Abfälle an ein Endlager abgegeben werden. Bis dahin werden sie in einer zentralen Sammelstelle (Munster) zwischengelagert.

Hinsichtlich einer internationalen Überprüfung, die den Anforderungen aus der Richtlinie 2011/70/Euratom entspricht, wurde Ende des Jahres 2019 eine IAEO Mission (Integrated Review Service for Radioactive Waste and Spent Fuel Management, Decommissioning and Remediation (ARTEMIS)) durchgeführt. (IAEA 2019)

Das internationale IAEO-Team kritisierte, dass der gegenwärtige Ansatz nur langfristige Meilensteine für die Projektimplementierung setzt. Dadurch werden die zugrundeliegenden Pläne nicht transparent. Um eine wirksame Durchführung des Nationalen Programms zu gewährleisten, ist jedoch eine regelmäßige Überwachung, einschließlich der Zielerreichung, wichtig. Es wurde die folgende Empfehlung ausgesprochen:

- *Die Regierung sollte einen Prozess zur regelmäßigen Überwachung des Fortschritts des nationalen Programms zur Stilllegung und Entsorgung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente einrichten, einschließlich der damit verbundenen Kosten, Zeitrahmen und Abhängigkeiten zwischen den Projekten.*

Es wurde zudem vorgeschlagen:

- *Angesichts des langen Zeitrahmens der Projekte sollte die Regierung in Erwägung ziehen, zusätzliche kurzfristige Zwischenziele festzulegen.*

Laut Richtlinie 2011/70/Euratom, Art. 12 lit. Abs. 1 lit. b) soll das nationale Entsorgungsprogramm maßgebliche Zwischenetappen und klare Zeitpläne für die Erreichung dieser Zwischenetappen im Licht der übergreifenden Ziele der nationalen Programme enthalten. Bereits in einer Fachstellungnahme im Rahmen der grenzüberschreitenden Strategischen Umweltprüfung (SUP) zum NaPro kritisierte Österreich 2015, dass für die Zwischenlagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen im deutschen Entsorgungsplan keine Zeitpläne für die Dauer der Lagerung angeführt werden. Auch für die möglicherweise noch zusätzlichen neuen Zwischenlagerkapazitäten werden keine Zeitpläne genannt. (UMWELTBUNDESAMT 2015)

3.1 Verzeichnis für radioaktive Abfälle

Das *Verzeichnis radioaktiver Abfälle* listet alle Arten radioaktiver Abfälle auf, die in der Bundesrepublik Deutschland endgelagert werden sollen. Es stellt eine der Grundlagen für die Entsorgungsplanung einschließlich des Nationalen Entsorgungsprogramms dar. (BMU 2018a)

Das aktuelle *Verzeichnis radioaktiver Abfälle* gibt einen Überblick über den Bestand der in Deutschland angefallenen radioaktiven Abfälle und bestrahlten Brennelemente zum Stichtag 31. Dezember 2017 und eine Prognose über das erwartete radioaktive Abfallaufkommen bis zum Jahr 2080. Dabei wird nicht unterschieden zwischen radioaktiven Abfällen, die während des Betriebes oder des Rückbaus anfallen.

Für die Darstellung im *Verzeichnis radioaktiver Abfälle* wird grundsätzlich unterschieden zwischen:

- bestrahlten Brennelementen und radioaktiven Abfällen aus deren Wiederaufarbeitung sowie
- sonstigen radioaktiven Abfällen.

Erstere zählen auf Grund ihrer hohen Nachzerfallsleistung zu den wärmeentwickelnden Abfällen und können nach Klassifikation der IAE0 zum größten Teil den hochradioaktiven Abfällen zugeordnet werden. Die sonstigen radioaktiven Abfälle gehören, bis auf wenige Ausnahmen, zu den Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung und zählen nach IAE0-Klassifikation zu den schwach- und mittelradioaktiven Abfällen. Abschätzungen zeigen, dass nach IAE0 Klassifizierung 90% der nicht wärmentwickelnden Abfälle schwachradioaktiv und 10% mittelradioaktiv sind.¹⁷

Die radioaktiven Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung werden für die Darstellung im *Verzeichnis radioaktiver Abfälle* nach ihrem Verarbeitungszustand kategorisiert:

- Rohabfälle (RA): Unverarbeitete, teilweise vorsortierte, radioaktive Abfälle in ihrer Entstehungsform
- Vorbehandelte Abfälle (VA): Radioaktive Rohabfälle, die vorbehandelt wurden und für die weiteren Behandlungsschritte vorgesehen sind
- Konditionierte Abfallprodukte: In Innenbehältern verpackte Abfallprodukte, die in standardisierte, zur Endlagerung vorgesehene Behältergrundtypen (Endlagerbehälter) eingebracht werden sollen:
 - P1 (Abfallprodukte in Innenbehältern): In Innenbehältern verpackte Abfallprodukte, die in standardisierte, zur Endlagerung vorgesehene Behältergrundtypen (Endlagerbehälter) eingebracht werden sollen. Die Abfallprodukte werden in der Regel nach qualifizierten Verfahren hergestellt, sind jedoch noch nicht abschließend für das Endlager Konrad produktkontrolliert. Ihre Verarbeitung ist abgeschlossen und unterliegt bis auf eine ggf. erforderliche Nachtrocknung voraussichtlich keiner physikalischen oder chemischen Veränderung mehr.
 - P2 (Produktkontrollierte Abfallprodukte): In Innenbehältern verpackte Abfallprodukte, die für das Einbringen in standardisierte Endlagerbehälter vorgesehen sind und die ein qualifiziertes, durch die Produktkontrolle begleitetes und testiertes Konditionierungsverfahren für das Endlager Konrad durchlaufen haben.
 - G1 (Konrad-Gebinde bzw. in Konradbehältern verpackte Abfallprodukte) In standardisierten Endlagerbehältern verpackte Abfallprodukte mit oder ohne Innenbehälter. Die Abfallprodukte werden in der Regel nach qualifizierten Verfahren hergestellt, sind jedoch noch nicht abschließend für das Endlager Konrad produktkontrolliert.
 - G2 (Produktkontrollierte Abfallgebände): Abfallgebände, die entsprechend den Erfordernissen der Endlagerungsbedingungen für das Endlager Konrad produktkontrolliert und dokumentiert sind und deren Endlagerfähigkeit bestätigt wurde, wobei auch die stoffliche Produktkontrolle abgeschlossen sein muss.

3.2 Bestand und Prognose vernachlässigbar wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle

Der Bestand sonstiger radioaktiver Abfälle (schwach- und mittelradioaktive Abfälle) ist in Tabelle 3 aufgeführt. Die Menge an Rohabfällen und vorbehandelten Abfällen wird als Masse angegeben, da das Volumen dieser Abfälle durch die Konditionierung in der Regel noch reduziert wird und daher keine Rückschlüsse auf das Endlagervolumen erlaubt. (BMU 2018a)

Insgesamt lagerten bei allen Abfallverursachern 20.156 Mg an Roh- und vorbehandelten Abfällen. Von den 124.736 m³ zwischengelagerten Abfällen in Behältern (Bruttovolumen) entfallen 16.802 m³ auf Abfälle in Innenbehältern, die noch in Endlagerbehälter verpackt werden müssen, und 107.934 m³ auf Abfälle in Endlagerbehältern. Ein kleiner Teil an radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, ist aufgrund ihres Nuklidinventars und/oder ihrer chemischen Zusammensetzung

¹⁷ Unter den wärmentwickelnden Abfällen sind 2% mittelradioaktive Abfälle.

oder dem Zeitpunkt ihres Anfalls nicht für eine Einlagerung in das Endlager Konrad geeignet. Es wird geprüft, ob sie in dem Endlager nach Standortauswahlgesetz (StandAG) eingelagert werden können. Tabelle 3 listet die Abfälle der verschiedenen Abfallkategorien auf.

Tabelle 3: Massen und Volumina zwischengelagerter radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung zum 31. Dezember 2019 (BMU 2020b)

Abfallkategorie	Endlager Konrad	Anderes Endlager
RA-Rohabfälle	7.558 Mg	209 Mg
VA-vorbehandelte Abfälle	12.368 Mg	21 Mg
Summe	19.926 Mg	230 Mg
P1-Abfälle in Innenbehältern	12.948 m ³	145 m ³
P2-Produktkontrollierte Abfallprodukte	3.709 m ³	0
G1-Abfälle in Endlagerbehältern	104.997 m ³	1 m ³
G2-Produktkontrollierte Abfallgebände	2.936 m ³	0
Summe	124.590 m³	146 m³

Bevor ein Endlagergebäude zur Einlagerung in das Endlager Konrad angenommen werden kann, muss die Produktkontrolle abgeschlossen werden. Bei der Produktkontrolle wird überprüft, ob das Gebäude die Endlagerungsbedingungen erfüllt. Mit Stand 31.12.2019 wurde nur für ca. 3.000 m³ (ca. 2,5%) der radioaktiven Abfälle die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen für das Endlager Konrad bestätigt. Die Aufgabe der Produktkontrolle wurde zum 25. April 2017 an die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) übertragen.

Die Verteilung der insgesamt zum Stichtag 31. Dezember 2019 vorliegenden rund 125.000 m³ konditionierten radioaktiven Abfälle auf die Verursachergruppen zeigt Abbildung 2.

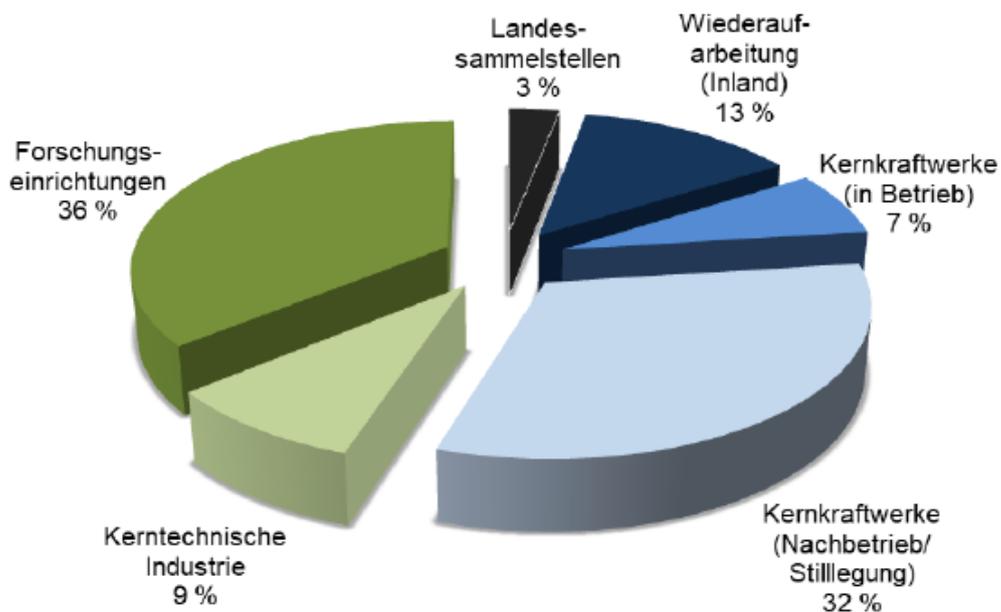


Abbildung 2: Aufteilung des Bestandes radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung der Kategorie P1 bis G2 nach Abfallverursachergruppen zum 31. Dezember 2019 (BMU 2020b)

Für die Darstellung im *Verzeichnis radioaktiver Abfälle* wurden die Abfälle nach den von den Verursachern gemeldeten Lagerorten am 31. Dezember 2017 zusammengestellt. Der Genehmigungsinhaber der Anlage ist nicht zwingend identisch mit dem Verursacher (Eigentümer) der Abfälle. Nach Strahlenschutzverordnung kann die Zwischenlagerung von mehreren Ablieferungspflichtigen gemeinsam oder durch Dritte erfolgen.

Abbildung 3 gibt einen Überblick über die Standorte der Transportbehälterlager, Abfalllager, Landessammelstellen und Konditionierungseinrichtungen in der Bundesrepublik Deutschland. Laut BMU ist mit der Zuordnung der radioaktiven Abfälle zu ihren Standorten die geforderte Berichterstattung gegenüber der EU-Kommission im Rahmen der Richtlinie 2011/70/Euratom erfolgt. Diese Auffassung wird von der IAEQ nicht geteilt (siehe unten)

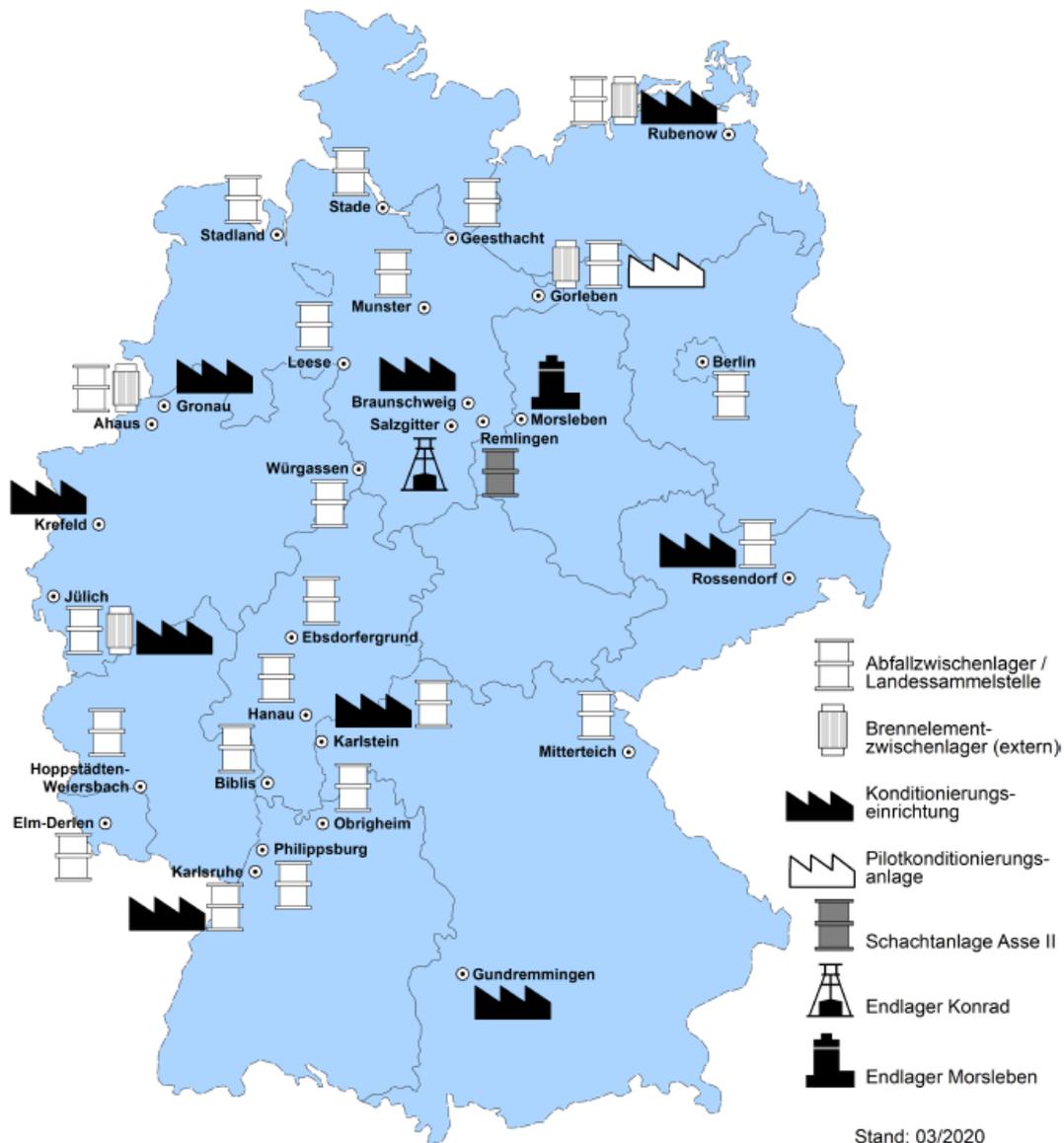


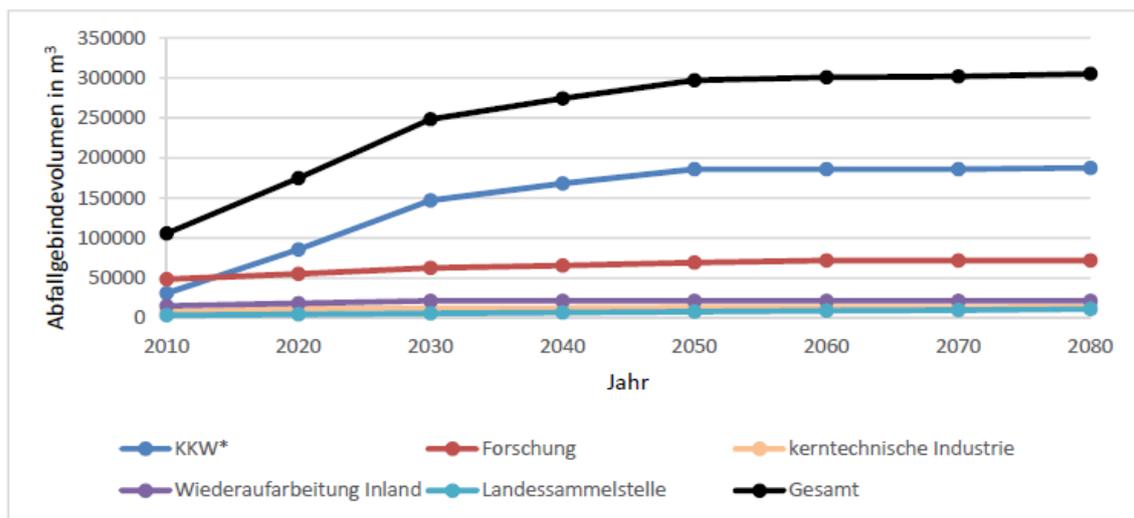
Abbildung 3: Standorte von Anlagen und Einrichtungen der Entsorgung (ohne dezentrale Brennelemente-Zwischenlager und Einrichtungen, die durch Genehmigungen nach § 7 AtG erfasst sind) (BMU 2020b)¹⁸

¹⁸ Das Zwischenlager der Physikalisch Technischen Bundesanstalt in Braunschweig und das Zwischenlager für Betriebsabfälle aus der Brennelementfertigung der Firma Advanced Nuclear Fuels GmbH (ANF) in Lingen fehlen. Weiterhin fehlen die inzwischen in Betrieb befindlichen Abfallzwischenlager an den Standorten Neckarwestheim und Grafenrheinfeld.

Für die Prognose des Anfalls der radioaktiven Abfälle fragte das BMU Daten der Abfallverursacher ab. Die von den Abfallverursachern übermittelten Angaben umfassen jeweils auch die prognostizierten Abfallvolumina, die bei der Stilllegung und dem Abbau von kerntechnischen Einrichtungen entstehen werden. Es handelt sich dabei um Planungswerte, die mit Unsicherheiten behaftet sind.

Die Angaben der Abfallverursacher wurden auf Behälter, die in das Endlager Konrad eingelagert werden dürfen, umgerechnet, so dass das Abfallgebinderolumen angegeben werden kann. Für die Landessammelstellen wurden auf der Grundlage des Abfallaufkommens der vergangenen Jahre Abschätzungen vorgenommen.

Der zeitliche Verlauf des von den Abfallverursachern erwarteten zukünftigen Abfallanfalls ist in Abbildung 4 modellmäßig wiedergegeben. Aus dieser Abbildung wird ersichtlich, dass bis 2020 laut Prognose 170.000 m³ von rund 300.000 m³ angefallen sind.



* hier sind auch die Abfallmengen der bundeseigenen Energiewerke Nord GmbH berücksichtigt

Abbildung 4: Zeitlicher Verlauf des kumulierten Anfalls radioaktiver Abfälle, die in Schacht Konrad eingelagert werden sollen (BMU 2018a)

Dazu kommen noch rückzuholende Abfälle aus der Schachanlage Asse II (ca. 175.000 bis 220.000 m³). Für den Fall, dass eine weitere Verwertung nicht erfolgt, wird zudem aus der Urananreicherung mit bis zu 100.000 m³ Abfallgebinderolumen abgereichertem Uran gerechnet.

Das ARTEMIS-Überprüfungsteam kritisiert, dass sich der Detaillierungsgrad des veröffentlichten Inventars radioaktiver Abfälle – im Vergleich zur derzeitigen Praxis in Ländern mit ähnlich großen und komplexen Inventaren – auf Anzahl und Volumen der konditionierten Abfallgebinder und das Gewicht der unkonditionierten Abfälle (anorganische, organische und sonstige Abfälle) beschränkt. Es gibt keine Informationen über Mengen und Volumina, Konditionierungsfaktoren/-prozesse oder Konditionierungsannahmen und -charakterisierungen für einzelne Abfallströme. (IAEA 2019)

Zur Verbesserung der Transparenz könnten zusätzliche Informationen bereitgestellt werden, die eine Beschreibung der Hauptarten radioaktiver Abfälle nach Standort sowie die Inventare für jeden dieser Abfälle enthalten.

Das ARTEMIS-Überprüfungsteam hält es auch für sinnvoll, das Verzeichnis für radioaktive Abfälle zur Überwachung von Veränderungen im Laufe der Zeit, d.h. zum Vergleich mit früheren Inventaren, als einen Mechanismus zur Demonstration der Ergebnisse von Initiativen zur Abfallminimierung zu verwenden. Laut ARTEMIS-Überprüfungsteam besteht eine gewisse Stabilität in Bezug auf das Gesamtvolumen der während der Betriebsdauer anfallenden radioaktiven Abfälle. Anreize für AKW-

Betreiber, weitere Effizienzen unterhalb der bereits vereinbarten Mengen an radioaktiven Abfällen einzuführen, die in der Anlage Konrad für ihre Stilllegungsabfälle zugeteilt wurden, entstehen nur im Zusammenhang mit der Verringerung der Investitionskosten für Verpackungen.

Das ARTEMIS-Team macht zwei konkrete Vorschläge:

1. Zur Verbesserung der Transparenz über den Umgang mit Abfallströmen sollte das BMU erwägen, bei künftigen Revisionen des Verzeichnisses radioaktiver Abfälle zusätzliche Informationen und Beschreibungen über schwach- und mittelradioaktive Abfälle aufzunehmen.
2. Das BMU sollte erwägen, das Verzeichnis stärker zu nutzen, um Veränderungen des Inventars im Zeitablauf zu überwachen und eine Minimierung der Abfälle nachzuweisen.

Es bleibt abzuwarten, ob das BMU die Empfehlungen des ARTEMIS-Teams nutzt und die Erstellung des Nationalen Entsorgungsprogramms nicht nur als Pflichtübung gegenüber der EU betrachtet, sondern als Chance, die Entsorgungsplanung zu verbessern. Dies ist dringend erforderlich.¹⁹

Bereits 2014 hatte es erhebliche Kritik am Verzeichnis radioaktiver Abfälle gegeben. Im Rahmen der Atommüllkonferenz 2013 wurde eine umfassende „Bestandsaufnahme Atommüll für die Bundesrepublik Deutschland“ vorgelegt. Ein Jahr später legte auch die Bundesregierung ein Verzeichnis radioaktiver Abfälle vor. Anstatt jedoch die Probleme aufzugreifen und vertieft zu beleuchten, fällt diese „Bestandsaufnahme“ weit hinter der o.g. Zusammenstellung zurück. Das Verzeichnis beschränkt sich auf Listen über Volumina und Anzahl der vorhandenen Abfallgebinde. (SCHÖNBERGER 2014)

Es gibt keine Angaben über die Aktivitäten der Rohabfälle oder in den Abfallgebänden, obwohl diese aufgrund der Aktivitätsbegrenzung mehrerer Abfalllager vorhanden sind. Auch Aussagen über die Nuklidzusammensetzung fehlen. An vielen Standorten gibt es erhebliche Probleme mit dem Zustand der Abfälle, mit den Folgen ungeplanter Kontaminationen oder mit der Zusammensetzung der Radionuklide. Mit der groben Übersicht vom BMU bleiben diese Probleme, die für die Erstellung eines Entsorgungskonzeptes elementar sind, unsichtbar.

4 Standorte der Zwischenlager

Radioaktive Abfälle aus dem Betrieb und der Stilllegung von kerntechnischen Anlagen sind bis zu ihrer Verbringung in ein Endlager in Einrichtungen zwischenzulagern, die entsprechend dem Verursacherprinzip durch den Betreiber zu errichten und zu betreiben sind.²⁰ Mit dem am 16. Juni 2017 in Kraft getretenen Entsorgungsübergangsgesetz wurden die Zuständigkeiten für die Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle aus Betrieb und Stilllegung der Atomkraftwerke neu geregelt.

Die Zwischenlagerung der bestrahlten Brennelemente und der radioaktiven Abfälle wird von einer in privater Rechtsform organisierten, aber in alleinigem Bundeseigentum befindlichen, eigenständigen Gesellschaft durchgeführt. Hierfür wurde die Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH (BGZ) gegründet.²¹ Seit August 2017 betreibt die BGZ die zentralen Zwischenlager in Ahaus und Gorleben,

¹⁹ Das BMU hat damit begonnen, Vorschläge zur Umsetzung der Empfehlungen und Hinweise zu erarbeiten und befindet sich gerade in Abstimmung mit den an der ARTEMIS-Mission beteiligten Ländern sowie den beteiligten nachgeordneten Behörden. Ziel ist es, die erarbeiteten Vorschläge im Länderausschuss für Atomkernenergie zu erörtern. Nach Annahme dieses Prozesses folgt die konkrete Umsetzung mit dem Ziel einer ARTEMIS-Follow-up Mission in 2023 (BMU 2020b).

²⁰ Neben der Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen wird für radioaktive Reststoffe auch das Ziel der Abklinglagerung verfolgt, um zu einem späteren Zeitpunkt eine vereinfachte Verarbeitung und gegebenenfalls Freigabe der Stoffe zu ermöglichen und so den Bedarf an Endlagervolumen zu reduzieren.

²¹ Die GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH hat ihre Zwischenlageraktivitäten zum 1. August 2017 an den Bund abgegeben. Am 24. Juli 2017 hatten die GNS und das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) den Kaufvertrag über die eigens zu diesem Zweck von der GNS gegründete BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH, Essen geschlossen.

seit 2019 die zwölf dezentralen Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente und hochradioaktive Abfälle an den AKW-Standorten und seit 1. Januar 2020 die Zwischenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle aus dem Betrieb und dem Abbau der Leistungsreaktoren. In diesen Zwischenlagern können sowohl fachgerecht verpackte Abfälle als auch noch nicht konditionierte Abfälle gelagert werden. Die fachgerecht verpackten Abfälle werden von den Betreibern an den Bund (BGZ) abgegeben, während die noch nicht konditionierten und produktkontrollierten Abfälle weiterhin im Eigentum und in der Verantwortung der Betreiber verbleiben.

Diese Zwischenlager bedürfen einer Genehmigung nach § 12 StrlSchG durch die jeweils zuständige Landesbehörde. Darüber hinaus können radioaktive Abfälle in Räumen des AKWs zwischengelagert werden, die unter die Genehmigung nach § 7 AtG fallen. An den Standorten Isar, Grohnde und Brokdorf wurden Anträge auf Genehmigung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen in neu zu errichtenden Transportbereitstellungshallen für radioaktive Abfälle und Reststoffe gestellt. Diese Zwischenlager sind nicht im Entsorgungsübergangsgesetz aufgeführt.

Das Gesetz zur Neuordnung der Verantwortung in der kerntechnischen Entsorgung trifft Regelungen für die entstandenen und noch anfallenden Abfälle aus zur gewerblichen Stromerzeugung genutzten AKWs. Von diesem Gesetz nicht erfasst sind radioaktive Abfälle der öffentlichen Hand (z. B. der Atomkraftwerke der ehemaligen DDR, in Forschungseinrichtungen, bei früheren Einrichtungen zur Wiederaufarbeitung oder Landessammelstellen), der Nuklearmedizin sowie von Unternehmen der kerntechnischen Industrie. (DBT 2017a)

Für die radioaktiven Abfälle aus der Stilllegung der AKWs werden anlagenspezifisch Behandlungs- und Zwischenlagerkapazitäten vorhandener Einrichtungen genutzt, Räume und Anlagenbereiche innerhalb des AKWs umgewidmet oder neue Behandlungszentren bzw. Zwischenlager errichtet. An den AKW-Standorten Neckarwestheim, Philippsburg, Grafenrheinfeld, Biblis, Unterweser und Brunsbüttel wurden entsprechende Genehmigungen nach § 7 StrlSchV beantragt und erteilt.²² Mit der Genehmigung nach Strahlenschutzverordnung entfällt die Verpflichtung, eine Öffentlichkeitsbeteiligung durchzuführen. Das Abfallzwischenlager Biblis ist bereits seit 2018 in Betrieb. Die Abfallzwischenlager in Unterweser, Neckarwestheim und Philippsburg sind seit 2020, in Grafenrheinfeld seit 2021 in Betrieb.

Gegenwärtig stehen für die Abfälle die folgenden zehn Abfallzwischenlager an den AKW-Standorten zur Verfügung, die alle von der BGZ betrieben werden:

- das Abfall-Zwischenlager Biblis (AZB 1 und AZB 2),
- das Abfall-Zwischenlager Grafenrheinfeld (AZG)
- das Abfall-Zwischenlager Neckarwestheim (AZN),
- das Abfall-Zwischenlager Obrigheim (AZO),
- das Abfall-Zwischenlager Philippsburg (AZP),
- das Abfall-Zwischenlager Stade (AZS),
- das Abfall-Zwischenlager Unterweser (AZU 1 und AZU 2)²³,
- das Abfall-Zwischenlager Würzgassen (AZW).

Weiterhin werden fünf zentrale Zwischenlager betrieben, davon zwei ebenfalls von der BGZ (Ahaus und Gorleben).

- das Abfall-Zwischenlager Ahaus (AZA) (im westlichen Hallenflügel des TBL Ahaus),
- das Abfall-Zwischenlager Gorleben (AZG),
- die EVU-Halle des Zwischenlagers Mitterteich (Genehmigungsinhaber: GRB Sammelstelle Bayern für radioaktive Stoffe GmbH),

²² Die Genehmigung nach § 7 StrlSchV (2001) entspricht nun einer Genehmigung **nach** § 12 StrlSchG (2017).

²³ Die AZU 1 und 2 werden vom BMU als zentrale Zwischenlager gelistet, im AZU 1 (eingefügt) werden auch Abfälle aus dem AKW Stade gelagert und in AZU 2 können auch Abfälle aus anderen Anlagen der PreussenElektra GmbH gelagert werden.

- das Zwischenlager Nord (ZLN) in Rubenow (Genehmigungsinhaber: EWN GmbH),
- die Zwischenlager der Kerntechnischen Entsorgung Karlsruhe (KTE) GmbH (Genehmigungsinhaber KTE).

Die Genehmigungen für die zentralen Lager enthalten Einschränkungen bei der Anlieferung. So dürfen z. B. nur Abfälle aus bayerischen kerntechnischen Anlagen in die EVU-Halle in Mitterteich, überwiegend Abfälle aus den in Stilllegung befindlichen AKWs Greifswald und Rheinsberg an das ZLN und überwiegend Abfälle aus dem Betrieb und der Stilllegung der Anlagen am Standort Karlsruhe an die KTE zur Lagerung geliefert werden.

Die Bundeswehr betreibt ebenfalls ein zentrales Zwischenlager:

- das Sammellager der Bundeswehr in Munster (Genehmigungsinhaber: Wehrwissenschaftliches Institut für Schutztechnologien – ABC Schutz).

Radioaktive Abfälle aus Großforschungseinrichtungen werden in der Regel am Entstehungsort konditioniert und gelagert. Es sind fünf Zwischenlager in Forschungseinrichtungen vorhanden:

- das Zwischenlager Rossendorf (ZLR) (Genehmigungsinhaber: VKTA – Strahlenschutz, Analytik & Entsorgung Rossendorf e. V.),
- das Zwischenlager des Forschungsreaktors in Braunschweig (Genehmigungsinhaber: Physikalisch Technische Bundesanstalt (PTB)),
- das Zwischenlager am Forschungszentrum in Geesthacht (Genehmigungsinhaber: Helmholtz-Zentrum für Material und Küstenforschung GmbH),
- das Zwischenlager des Forschungszentrums in Jülich (Genehmigungsinhaberin: JEN Jülicher Entsorgungsgesellschaft für Nuklearanlagen mbH),
- das Zwischenlager am Forschungszentrum des Helmholtz-Zentrums Berlin (Genehmigungsinhaberin: Helmholtz-Zentrum für Materialien und Energie GmbH).

Abfälle aus der Nuklearindustrie werden vor Ort konditioniert und zur Lagerung an das Abfalllager Gorleben, die EVU-Lagerhalle in Mitterteich oder das Lager der Daher Nuclear Technologies GmbH in Hanau geliefert. Die kerntechnische Industrie betreibt die folgenden vier Zwischenlager:

- das Zwischenlager für Betriebs- und Abbaufälle der kerntechnischen Industrie der Firma Daher Nuclear Technologies GmbH in Hanau,
- das Zwischenlager für Betriebsabfälle aus der Brennelementfertigung der Firma Advanced Nuclear Fuels GmbH (ANF) in Lingen,
- das Zwischenlager für Abfälle aus Betrieb und Abbau der Firma Siemens in Karlstein,
- das Zwischenlager für Betriebsabfälle aus der Urananreicherung der Firma Urenco in Gronau.

Weiterhin wird ein Zwischenlager der nicht kerntechnischen Industrie betrieben:

- das Zwischenlager in Leese der Firma Eckert und Ziegler Nuclitec GmbH für Abfälle aus Medizin Forschung und Industrie.

Die Länder haben aufgrund atomrechtlicher Regelungen **Landessammelstellen** für die in ihrem Gebiet anfallenden schwach- und mittelradioaktiven Abfälle einzurichten. Die Abfallerzeuger aus den Bereichen Medizin, Forschung, Industrie und Gewerbe sind zur Abgabe ihrer Abfälle an die Landessammelstelle verpflichtet. Die Abfälle werden dann zur Zwischenlagerung übernommen und entweder durch Freigabe aus dem Atomrecht entlassen oder an ein Endlager des Bundes abgeführt. (Nur die in *kursiv geschriebenen* Landessammelstelle sind eigenständige Lager)

- Landessammelstelle Baden-Württemberg, Karlsruhe, in Zwischenlager der KTE
- Landessammelstelle Bayern, Mitterteich, im EVU-Zwischenlager
- Landessammelstelle Berlin, Berlin, im Zwischenlager des Forschungszentrums Helmholtz

- *Landessammelstelle Hessen, Ebsdorfergrund*
- Landessammelstelle Mecklenburg-Vorpommern, Rubenow, Mitnutzung durch Brandenburg, im Zwischenlager Nord (ZLN)
- Landessammelstelle Nordrhein-Westfalen, Jülich, im Zwischenlager im Forschungszentrum Jülich
- *Landessammelstelle Rheinland-Pfalz, Hoppstädten-Weiersbach, Mitnutzung durch Saarland*
- *Landessammelstelle Saarland, Elm-Derlen*
- Landessammelstelle Sachsen, Rossendorf/Dresden, Mitnutzung durch Thüringen, und Sachsen-Anhalt, im Zwischenlager der VKTA
- Landessammelstelle der vier norddeutschen Küstenländer, Geesthacht, gemeinsame Nutzung durch Schleswig-Holstein, Hamburg und Bremen (das Kontingent Niedersachsens ist seit Jahren ausgeschöpft), im Zwischenlager des Forschungszentrums Geesthacht
- Landessammelstelle Niedersachsen, Leese, im Lager der Firma Eckert & Ziegler Nuclitec GmbH (EZN)²⁴.

Die Abfälle in einer Landessammelstelle sind mit denen eines Atomkraftwerkes 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. Auf die Landessammelstellen entfällt – gemessen am Gesamtaufkommen bis zum Jahr 2080 – nur ein kleiner Anteil von etwa 3,5% der radioaktiven Abfälle.

Im Folgenden werden die Zwischenlager für LAW/MAW sortiert nach Bundesländern dargestellt. Die Reihenfolge innerhalb der Darstellung ist: zentrale Zwischenlager, Zwischenlager an AKW-Standorten, Zwischenlager an Forschungseinrichtungen, Zwischenlager der kerntechnischen Industrie und Landessammelstellen (sofern diese nicht in einem der vorher genannten Zwischenlager integriert sind).

Dabei werden die Angaben aus dem Verzeichnis für radioaktive Abfälle der Bundesregierung (BMU 2018a) aus dem Bericht „Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management“ (BMU 2018b) und die Angaben der BGZ (2021) verwendet. Hinzugezogen wurde vielfach der ATOMMÜLLREPORT (2021), weil die offiziellen Quellen zum Verständnis der Lagersituation nicht ausreichend waren.

Die teilweise dargestellten Probleme erheben nicht den Anspruch vollständig zu sein, sie vermitteln aber einen gewissen Eindruck der Gesamtproblematik.²⁵

4.1 Baden-Württemberg

In Baden-Württemberg befinden sich vier Zwischenlager: ein zentrales Zwischenlager inklusive Landessammelstelle in Karlsruhe sowie je ein Zwischenlager an den drei AKW-Standorten Obrigheim, Neckarwestheim und Philippsburg.

4.1.1 Zentrales Zwischenlager der EB der KTE mit Landessammelstelle

Auf dem Gelände des KIT Campus Nord werden stillgelegte kerntechnische Anlagen (zum Beispiel der Mehrzweckforschungsreaktor, die Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage sowie die ehemalige Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK)) abgebaut. Die bei diesen Stilllegungsprojekten anfallenden radioaktiven Abfälle werden zur weiteren Behandlung und zur

²⁴ Annahme von Rohabfällen und Konditionierung dieser Abfälle erfolgt durch die GNS in Jülich.

²⁵ Anmerkung: Die Länge der Darstellung korreliert nicht immer mit den vorhandenen Problemen am Standort. Zudem lassen sich einige Probleme generalisieren und sind nicht standortspezifisch wie z.B. die fehlende Betrachtung von Flugzeugabstürzen.

Zwischenlagerung an die auf dem Gelände des KIT gelegenen Entsorgungsbetriebe (EB) der Kerntechnischen Entsorgung Karlsruhe (KTE) abgegeben.

Die EB konditionieren die anfallenden Reststoffe des Stilllegungsbereiches der KTE sowie auch die des Forschungsbereiches des KIT, des Joint Research Centers Karlsruhe sowie der Landessammelstelle Baden-Württemberg.²⁶ Darüber hinaus werden auch verschiedene Entsorgungsdienstleistungen für Dritte angeboten, die die anfallenden konditionierten Abfälle wieder zurücknehmen müssen. Die KTE gehört zur EWN-Gruppe, die sich mit Rückbau und der Entsorgung von nuklearen Anlagen des Bundes beschäftigt.

Die EB betreiben auf dem Gelände des KIT Campus Nord das derzeit größte Zwischenlager für LAW/MAW in der Bundesrepublik Deutschland. Die Genehmigung erfolgte nach §9 AtG. Es ist seit 1964 in Betrieb. Zum Stichtag 31.12.2017 lagerten dort 3.413,6 Mg Rohabfälle und vorbehandelte Abfälle, 2.604 m³ konditionierte Abfälle in insgesamt 7.672 Behältern (vor allem 200-l-Fässern) und 57.844 m³ radioaktive Abfälle in 14.356 Behältern. Dort lagern auch 221 m³ radioaktive Abfälle, die derzeit nicht „konradgängig“ sind (d.h. sie erfüllen nicht die Anforderungen an die Endlagerung) und für die zurzeit ein Konzept erstellt wird, um auch diese Abfälle „konradgängig“ zu konditionieren. (BWUM 2020a)

Um die bei den EB lagernden Abfälle in ein Endlager verbringen zu können, dürfen diese nur in geringem Umfang Restflüssigkeiten enthalten. Deshalb müssen auch bereits konditionierte Abfälle in erheblichem Umfang nachgetrocknet werden. Die Genehmigung für eine zusätzliche Trocknungsanlage wurde 2017 erteilt. Die heiße Inbetriebnahme der Anlage erfolgte Anfang 2020. (BWUM 2020a)

Die Lagerung von radioaktivem Abfall bis zu einer Gesamtaktivität von 4,5 E17 Bq ist genehmigt, eine Kapazitätsbegrenzung ist nicht vorhanden. Das Zwischenlager umfasst mehrere Gebäude. Zum Zwischenlager gehört auch die Landessammelstelle Baden-Württemberg. Von den bei KTE lagernden Abfällen sind 986 m³ radioaktive Abfälle, die potenziell „konradgängig“ sind und etwa 29 m³ derzeit nicht „konradgängige“ Abfälle, die der Landessammelstelle Baden-Württemberg zuzurechnen sind. (BWUM 2020a)

In den Hallen der KTE (ehemals WAK²⁷ GmbH-Betriebstätte Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB)) werden aus Platzgründen die Container achtfach in der Höhe und auch zur Gewährleistung der Standsicherheit dicht aneinander gestapelt. In den Containern befinden sich jeweils 8 bis 14 Fässer. Bei einer großen Anzahl der zwischengelagerten Fässer sind Korrosionserscheinungen aufgetreten. Prüfer fanden dort mehr als 1700 beschädigte Behälter. Nach dem Fund von korrodierten Fässern mit radioaktiven Abfällen im AKW Brunsbüttel 2012 (siehe Kapitel 5), hat die Aufsichtsbehörde veranlasst, dass an allen Lagerstandorten Inspektionsprogramme aufgelegt werden, um nach und nach alle Behälter zu überprüfen. (BWL 2014a)

Die Lagerung der radioaktiven Abfallprodukte am Standort Karlsruhe erfolgt länger als ursprünglich vorgesehen, Korrosionserscheinungen an den Fässern sind seit langem bekannt. Bereits Mitte der 1990er Jahre wurden solche Korrosionserscheinungen untersucht, die Anforderungen an Fässer und Container erhöht und weitere Maßnahmen zur Optimierung ergriffen.

Bei den Entsorgungsbetrieben (EB) der KTE wurden bislang ca. 45.000 Fässer routinemäßig kontrolliert, von denen etwa 8% Korrosionserscheinungen zeigten. Von den vor 2005 konditionierten

²⁶ Für die Konditionierung stehen 15 Teilbetriebsstätten mit unterschiedlichen Aufgaben zur Verfügung. Die radioaktiven Abfälle können bei den EB verbrannt, eingedampft, getrocknet und in Verschrottungsanlagen zerkleinert werden. Weiter bestehen Möglichkeiten, kontaminierte Materialien zu dekontaminieren. Die EB können durch Vergießen der sogenannten Konrad-Container mit Beton endlagerfähige Gebinde herstellen. Diese Container sind für das Endlager Schacht Konrad vorgesehen.

²⁷ Die Wiederaufarbeitung bestrahlter Brennelemente in der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK) wurde 1990 eingestellt. Die WAK soll nach Auskunft des Betreibers bis Ende der 2020er Jahre in mehreren Schritten abgebaut werden.

Fässern weisen 11% Korrosionen auf. Seit Anfang 2019 werden zusätzlich auch die Abfallproduktfässer betrachtet, die von 2005 bis 2015 konditioniert wurden. Kein Behälter war aufgrund der Korrosionserscheinungen außen kontaminiert und es ist keine Radioaktivität ausgetreten. Fässer mit Korrosionserscheinungen werden kurzfristig in Schutzbehälter eingestellt und gegebenenfalls umgepackt. (BWUM 2020a)

Die Inspektion der Abfallgebände wird bis zu ihrer Einlagerung im Endlager routinemäßig fortgesetzt werden. Die Überprüfung der Fässer erfolgt kontinuierlich. Routinemäßig wird zunächst der zu untersuchende Container mit den darin befindlichen Fässern auf Kontamination kontrolliert und dann in die sog. Umladezelle verbracht. Dort wird er unter Strahlenschutzbedingungen geöffnet, die einzelnen Fässer werden auf Korrosionsschäden kontrolliert und Kontaminationsmessungen an der Außenseite der Fässer durchgeführt. (BWUM 2020a)

Am 24.04.2019 wurde eine nachträgliche Auflage nach § 17 Absatz 1 und 3 des Atomgesetzes gegenüber den Entsorgungsbetrieben erlassen. Ziel der Auflage ist, dass die erforderlichen Maßnahmen zu einem fest vorgegebenen Zeitpunkt abgeschlossen werden. Dies betrifft insbesondere die Überprüfung und Qualifizierung alter Fässer und Gebinde mit radioaktiven Abfällen, die Ertüchtigung des Regenwassersystems auf Grund von Starkregenereignissen, die Aktualisierung der Prüfanweisungen sowie die Umsetzung von brandschutztechnischen Empfehlungen für die Entsorgungsbetriebe. (BWUM 2020a)

Seit 2004 werden sowohl die Abfallfässer als auch die Container zusätzlich zur Korrosionsschutzschicht mit stoßfesten Innenauskleidungen versehen. Diese Behälter haben bisher noch keine Auffälligkeiten gezeigt. Daher sind bei diesen neueren Behältern auch bei längeren Zwischenlagerzeiten deutlich weniger Korrosionserscheinungen zu erwarten. (BWL 2014a)

Bis Ende 1978 wurden Abfälle in das Versuchsendlager Asse II abgegeben. Annähernd alle radioaktiven Abfälle, die seit dessen Schließung an den verschiedenen Einrichtungen am Standort Karlsruhe entstanden sind, werden zwischengelagert. Geringfügige Mengen wurden in das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) eingelagert.

Ein wesentlicher Anteil der zwischengelagerten Abfälle bedarf vor der geplanten Abgabe an das Endlager Konrad der Nachqualifizierung und/oder der Nachkonditionierung. Die radioaktiven Abfälle, die in der Zeit von 1978-1995 konditioniert wurden, müssen radiologisch und stofflich nachdeklariert werden. Die Anzahl der nachzudeklarierenden Reststoffe wird mit insgesamt ca. 78.000 Datenbankeinträgen angegeben. Zur Durchführung dieser Arbeiten wurde ein Verfahren etabliert, um die für die radiologische Charakterisierung benötigten Nuklidvektoren zu generieren.

Die KTE hatte 2014 einen atomrechtlichen Genehmigungsantrag nach § 9 AtG gestellt, um in dem neu zu errichtenden Lagergebäude und in der Konrad Logistik-/Bereitstellungshalle mit schwach- und mittelradioaktiven Stoffen umgehen zu können. Die beiden Genehmigungsverfahren wurden 2017 abgeschlossen. Die Inbetriebnahme der beiden neuen Lagerhallen ist für Mitte 2021 geplant. (BWUM 2020a)

4.1.2 Zwischenlager an den AKW Standorten Obrigheim, Neckarwestheim und Philippsburg

Die BGZ betreibt an den AKW-Standorten Obrigheim, Neckarwestheim und Philippsburg Abfall-Zwischenlager für LAW/MAW aus dem Betrieb und dem Rückbau der AKWs. Die Abfall-Zwischenlager Neckarwestheim (AZN) (Abmaße: 133 m x 30 m x 21 m) und das Abfall-Zwischenlager Philippsburg (AZP) (Abmaße: 145 m x 30 m x 21 m) wurden 2020 in Betrieb genommen. Für den vollständigen Rückbau der AKWs an den Standorten Neckarwestheim und Philippsburg war eine Erweiterung der Zwischenlagerkapazitäten erforderlich. Das AZN ist nach § 7 StrlSchV für eine maximale Kapazität von 12.000 m³ genehmigt. Das AZP ist nach § 7 StrlSchV für eine maximale Kapazität von 15.000 m³ genehmigt.

Das Abfall-Zwischenlager Obrigheim (AZO) ging bereits 2008 in Betrieb (Abmaße 57 m x 28 m x 8 m). Es kann bis zu einer Kapazität von 3.817 m³ eingelagert werden. Im Rahmen einer wiederkehrenden

Prüfung an Referenzgebinden wurde Ende 2019 festgestellt, dass sich an den Wänden des Abfalllagers Obrigheim und zwischen den Gebinden teilweise Schimmel gebildet hat. Ursache für die Schimmelbildung ist die eingebrachte Feuchtigkeit durch die Gebinde sowie eine unzureichende Luftzirkulation in den Hallen der Lagergebäude. (BWUM 2020a)

Bis Ende 2019 wurden an den AKW-Standorten in Baden-Württemberg 4.474 200-l-Fässer aufgrund des Inspektionsprogramms nach den Funden im AKW Brunsbüttel inspiziert. An 15 Fässern wurden dabei Korrosionsspuren mit Verdacht auf Durchdringung beziehungsweise mit geringfügigen Durchdringungen der Mantelseite auffällig. Keiner dieser Befunde hat zu einer Freisetzung oder Verschleppung von Kontamination geführt. (BWUM 2020a)

4.2 Bayern

In Bayern werden an drei Standorten Zwischenlager betrieben, in Mitterteich das zentrale Zwischenlager mit Landessammelstelle und am Standort Karlstein ein Zwischenlager der kerntechnischen Industrie (Siemens). Am AKW Standort Grafenrheinfeld ging 2021 ein Zwischenlager für LAW/MAW in Betrieb. Auch an den AKW-Standorten Isar und Gundremmingen sowie am Forschungsreaktor München werden schwach- und mittelradioaktive Abfälle gelagert.

4.2.1 Zentrales Zwischenlager Mitterteich (EVU-Halle und Landessammelstelle)

Das Zwischenlager Mitterteich für schwach- bis mittelradioaktive Abfälle liegt mitten im Industriegebiet. Es besteht aus der Landessammelstelle Bayern und der Lagerhalle der bayerischen Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU-Halle).

Die Landessammelstelle **Bayern** wurde im Jahr 1982 nach § 3 StrlSchV genehmigt. Die derzeitige Genehmigung für 10.000 Abfallgebinde ist bis zum 31.12.2028 gültig. Die GRB-Sammelstelle Bayern für radioaktive Stoffe GmbH übernimmt seit Mitte der 1980er Jahre im Auftrag des Freistaates Bayern die Zwischenlagerung der in Bayern anfallenden schwach- und mittelradioaktiven Abfälle aus Medizin, Forschung und Industrie. Dort lagerten zum Stichtag 31.12.2017 ca. 29,6 Mg Rohabfälle und 224 m³ konditionierte Abfallprodukte in 793 Fässern. Die Annahme von Rohabfällen erfolgt auch in der Außenstelle Neuherberg auf dem Gelände des Helmholtz-Zentrums München. Flüssige, faul- und gärlähmende Abfälle werden zur Konditionierung nach Jülich oder Karlsruhe, feste Abfälle direkt zur Landessammelstelle Mitterteich gebracht.

Nach dem Vorfall mit Korrosionsschäden im AKW Brunsbüttel wurden bei einem Gebinde mit betonierten radioaktiven Abfällen in der Landessammelstelle Mitterteich deutliche Korrosionsspuren an der Außenseite, allerdings ohne Freisetzung radioaktiver Stoffe, festgestellt. Das Fass wurde in einen Einstellsack verpackt und in ein größeres Überfass eingestellt.

Am Standort Mitterteich betreibt die GRB außerdem im Auftrag der bayerischen Energieversorgungsunternehmen die **EVU-Lagerhalle** für schwach- und mittelradioaktive Abfälle aus den bayerischen kerntechnischen Einrichtungen. Es ist für maximal 40.000 Abfallgebinde und eine maximale Aktivität von ca. 4 E10 Freigrenzen (FG)²⁸ genehmigt. Die Genehmigung der EVU-Lagerhalle ist ebenfalls bis zum 31.12.2028 befristet. Dort lagerten zum Stichtag 31.12.2017 in 13.339 Fässern 3.688 m³ konditionierte Abfälle und 2.639 Endlagergebinde mit 4.894 m³ Abfällen.

Eigentümer der in der EVU-Lagerhalle zwischengelagerten konditionierten radioaktiven Abfälle sind die AKW-Betreiber als Abfallverursacher. Ihnen obliegt auch die Pflicht der elektronischen Buchführung nach § 73 StrlSchV. Für Informationen zur Spezifikation der Abfälle greift die GRB auf das Buchführungssystem der Betreiber zurück. Die EVU-Lagerhalle unterliegt der Aufsicht des Landesamtes für Umwelt (LfU). Soweit im Rahmen der Aufsicht erforderlich, nimmt das LfU vor Ort Einsicht in den Datenbestand der GRB. Laut einer Antwort des Bayerischen Landtags wird eine

²⁸ Mit dem Begriff Freigrenze wird eine Aktivität bezeichnet, von der laut einer Festlegung in der Strahlenschutzverordnung nur eine vernachlässigbar geringe Gefährdung ausgeht.

vollständige Auflistung aller sich in der EVU-Lagerhalle befindenden Gebinde für die aufsichtliche Tätigkeit nicht benötigt, da das LfU über alle Neuanlieferungen unterrichtet wird. (BYLT 2013a)

4.2.2 Zwischenlager am (ehemaligen) AKW Standort Grafenrheinfeld

Die BGZ betreibt bisher ein Zwischenlager für LAW/MAW-Abfälle in Bayern. In 2021 ging am Standort des **AKW Grafenrheinfeld** ein Zwischenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle in Betrieb. In das Zwischenlager können laut Genehmigung auch schwach- und mittelradioaktive Abfälle aus anderen Standorten einlagert werden. Diese dürfen maximal 20 Prozent des gesamten Einlagerungsvolumens von 6.000 m³ betragen, und die Einlagerungsdauer ist auf zehn Jahre ab erster Einladung begrenzt. (MAINPOST 2020)

4.2.3 Zwischenlager der kerntechnischen Industrie (Siemens) – Karlstein

Am Standort Karlstein betreibt die kerntechnische Industrie (Siemens) eine Konditionierungsanlage. Dort befindet sich ein Zwischenlager mit einer unbefristeten Betriebsgenehmigung zur Lagerung von radioaktivem Abfall mit einer maximalen Aktivität von 5 E10 FG, bzw. bis zu einem maximalen Volumen von 5.300 m³. Zum Stichtag 31.12.2017 waren dort 2.606 m³ endlagerfertig konditionierte Abfälle in 415 Konradcontainern sowie 5 m³ konditionierte Abfälle in vier Gussbehältern und 0,3 Mg organische Rohabfälle gelagert.

4.2.4 Lagerung an den (ehemaligen) AKW Standorten

In der Konditionierungseinrichtung am **AKW Gundremmingen** lagern 117 Mg Rohabfälle, 554 200-l-Fässer mit 150 m³ konditionierten Abfällen sowie 149 Endlagergebände mit 1.073 m³ konditionierten Abfällen. Weiterhin lagern Stilllegungsabfälle im stillgelegten Block A mit einer genehmigten Aktivität von 1,85 E17 Bq.

Am **AKW Isar 1 und 2** lagern 108,7 Mg Rohabfälle, 371 Fässer mit 130 m³ Abfällen sowie 338 Endlagergebände mit 438 m³ Abfällen. Im Rahmen des Rückbaus von Isar 1 wird derzeit eine Bereitstellungshalle für schwach- bis mittelradioaktive Reststoffe (BeHa) errichtet.

4.2.5 Lagerung am Forschungsreaktor München

Der Abbau des Forschungsreaktors FRM I und der Nebeneinrichtungen wird nach den bisherigen Erfahrungen 10 bis 15 Jahre in Anspruch nehmen. Der anfallende radioaktive Abfall, insbesondere Bauschutt, der ca. 75% der anfallenden Menge ausmachen wird, wird auf insgesamt 200 Mg geschätzt. Das entspricht einem Abfallvolumen von 100 Kubikmetern.²⁹ Ein eigenständiges Zwischenlager für diese Abfälle ist nicht vorhanden. Die Lagerung der ausgebauten Teile findet im Versorgungsgebäude statt. Auch für den FRM II ist kein Zwischenlager vorhanden, es findet eine Transportbereitstellung auf Basis der Betriebsgenehmigung statt. Aktivitäten dürfen im betriebsnotwendigen Umgang gelagert werden. Die genehmigte Kapazität beträgt 100 m³ für FRM I und 68 m³ für FRM II. (BYLT 2014a)

4.3 Berlin und Brandenburg

In Berlin befindet sich ein Zwischenlager mit Landessammelstelle auf dem Gelände des Helmholtz-Zentrums. In Brandenburg befindet sich kein Zwischenlager für LAW/MAW, derartige Abfälle werden am ehemaligen AKW Rheinsberg gelagert.

4.3.1 Zwischenlager der Forschungseinrichtung HZB

Die **Zentralstelle für radioaktiven Abfall (ZRA) des Landes Berlin** befindet sich auf dem Betriebsgelände des HZB, welches auch den Forschungsreaktor BER-II betreibt. Genehmigt ist eine Lagerung mit einer Aktivität bis zu 5 E12 FG. Am 31.12.2018 lagerten dort 332 Mg Rohabfälle und vorbehandelte Abfälle, 783 m³ konditionierte Abfälle, 185 m³ in Endlagergebänden. Die ZRA ist die Landessammelstelle für Berlin. Dort lagern auch die Betriebsabfälle des Forschungsreaktors Berlin (BER II). Für die ZRA ist eine Kapazitätserweiterung geplant. Ob der Neubau einer Halle auch für die Zwischenlagerung der Stilllegungsabfälle des BER II dienen soll, oder ob dafür eine andere Halle gebaut

²⁹ Am Reaktorgebäude selbst werden keine Veränderungen vorgenommen, da die Außenhülle, das „Atom-Ei“, unter Denkmalschutz steht.

oder eine Halle des Reaktors verwendet wird, ist noch nicht entschieden, bzw. noch nicht öffentlich bekannt.

Die Konditionierung des Abfalls erfordert die Freigabe der Ablaufpläne durch das Bundesamt für Strahlenschutz. Seit diesem Zeitpunkt wurden die Endlagerbedingungen zweimal überarbeitet. Für eine im Jahr 2008 beantragte Konditionierungskampagne war bis 2013 noch keine Freigabe der Ablaufpläne erfolgt. Als Gründe für die Zeitverzögerung wurden die unzureichende personelle Ausstattung des Bundesamtes für Strahlenschutz sowie fehlende Dokumentation zur Zusammensetzung von Altabfällen aus dem Zeitraum vor der Festlegung der Annahmebedingungen für das geplante Endlager Konrad genannt. Bei der Kampagne im Jahr 2005 betrug die Dauer des Konditionierungsprojektes unter einem Jahr. Eine Abgabe der brennbaren Abfälle an eine Verbrennungsanlage erfolgt jährlich.

In den Jahren 1992 bis 1994 fand anlässlich des Abtransportes von Abfallgebinden in das Endlager Morsleben eine Inspektion auch der verbleibenden Gebinde statt. Schadhafte Gebinde wurden ausgebessert. Im Jahr 2004 wurde die Bodenbeschichtung in der ZRA erneuert. Bei der notwendigen Beräumung der Lagerhallen erfolgte eine Kontrolle sämtlicher Abfallgebinde. Im Jahr 2005 wurden außerdem stapelbare Fasspaletten eingeführt. Seit diesem Zeitpunkt ist der Zugriff auf jedes Abfallgebinde möglich.

Seit 2012 läuft die Kampagne zur Prüfung und Konservierung von Abfallgebinden mit konditioniertem Abfall als kontinuierliche Prüfung, bei der jedes Abfallgebinde im Durchschnitt nach 5 Jahren erneut inspiziert wird. Bei der Inspektion wird zunächst durch Wischtestnahme kontrolliert, ob radioaktive Anhaftungen an der Außenseite der Fässer feststellbar sind. Bei der nachfolgenden optischen Kontrolle werden Fässer mit schadhafter Beschichtung aussortiert. Wenn es sich um punktuelle Beschädigungen der Oberfläche handelt, werden diese ausgebessert (Abschleifen von oberflächlichen Roststellen, Grundieren mit Rostschutzfarbe, Lackieren). Falls notwendig wird ein Fass komplett neu lackiert. Fässer mit Durchrostungen oder bei denen ein Abschleifen der Roststellen nicht möglich ist, werden entweder umgepackt oder in ein Fass der nächsten Größe eingestellt. Bei der Kampagne im Jahr 2004 wurden 4 Fässer mit Durchrostungen festgestellt. Bei der Kampagne 2012/2013 wurde bei 4 Fässern eine Durchrostung festgestellt und behandelt. Bei 76 Fässern wurden Konservierungsmaßnahmen durchgeführt. Bei keinem der bisher untersuchten Fässer wurde der Austritt von radioaktiven Stoffen festgestellt. (BAH 2015b)

Auf eine Anfrage zur ausreichenden Sicherung der ZRA wird erklärt: Das Betriebsgelände ist durch einen äußeren Zaun umschlossen, der mit Kameras und Sensoren ausgerüstet ist, womit die nähere Umgebung und eventuelle Beschädigungen des Zauns überwacht werden können. Eine kontinuierliche Überwachung des Zaunes erfolgt durch Mitarbeiter/-innen einer Sicherheitsfirma. Zutritt zum Gelände ist nur nach Vorlage eines amtlichen Lichtbildausweises gestattet, alle Zutritte werden dokumentiert. Fahrzeuge von Betriebsfremden werden vor dem Betreten und Verlassen des Geländes kontrolliert. Der sogenannte Kontrollbereich der ZRA, in dem die radioaktiven Abfälle gelagert sind, ist fensterlos. Ein Zutritt ist ausschließlich durch Mitarbeiter/innen der ZRA sowie ausgewählte Mitarbeiter/innen der Betriebsfeuerwehr und Haustechnik über eine kontrollierte Schleuse möglich. (BAH 2010a)

Im Falle eines Brandes in den für die Lagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle vorgesehenen Gebäuden (Hallen) sollen radioaktive Stoffe durch eine automatische Schaumlöschanlage zurückgehalten werden. Darüber hinaus liegen, abgesehen von neu angelieferten Rohabfällen, die Abfälle zementiert in Fässern oder bereits eingestellt in Endlagergebinde vor. Im Sicherheitsbericht der ZRA wird daher eine massive Freisetzung von radioaktiven Stoffen durch einen Großbrand ausgeschlossen. (BAH 2010a)

Die ZRA ist – genau wie die anderen derartigen Lagereinrichtungen – nicht speziell gegen Flugzeugabstürze geschützt. Der Schutz soll durch ein Flugbeschränkungsgebiet gewährleistet werden, innerhalb dessen der Reaktor BER-II liegt. Ein Gutachten aus dem Jahr 2002 bescheinigt eine verschwindend geringe standortspezifische Absturzwahrscheinlichkeit sowohl für kleine Flugzeuge und

Hubschrauber als auch für große Flugzeuge und Militärmaschinen unter Zugrundelegung des gegenwärtig vorhandenen Flugverkehrs. (BAH 2010a)

Bezogen auf den Stichtag 31.12.2014 lagerten in der ZRA 295 m³ Rohabfall, davon 61 m³ brennbarer Abfall (21%). Rohabfall führt bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen zu höheren Freisetzungsraten als konditionierter Abfall. Dies wurde auch in der Studie „Ermittlung der potenziellen Strahlenexposition bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen in der Zentralstelle für radioaktiven Abfall (ZRA) des Landes Berlin“ berücksichtigt. (BAH 2015b) (siehe auch Kapitel 8.2)

4.3.2 Lagerung am AKW Rheinsberg

Im **AKW Rheinsberg (KKR)** fielen schwach- und mittelaktive radioaktive Reststoffe und Abfälle aus den Demontage- und Rückbauarbeiten an. Der Großteil entstand im Zeitraum 2010-2015. Am Standort des KKR wird kein Zwischenlager betrieben. Die anfallenden radioaktiven Reststoffe und Abfälle werden bis zum Abtransport in das Zwischenlager Nord (ZLN) am Standort puffergelagert. Dabei handelte es sich um ca. 6.000 Gebinde (vorwiegend 200-l-Fässer), die in ca. 100 Stahlbehälter (20' Container) eingestellt und auf Freiflächen puffergelagert wurden. Ein Abtransport der Gebinde erfolgt regelmäßig, überwiegend per Bahn. (BRLT 2015) Zum Stichtag 31.12.2017 befanden sich dort 116,5 Mg Rohabfälle und vorbehandelte Abfälle, 2 m³ konditionierte Abfallprodukte in 2 Fässern und 31 m³ Abfälle in 25 Endlagergebinden.

4.4 Hessen

In Hessen befinden sich an drei Standorten Zwischenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle: Zwei Abfallzwischenlager am AKW Standort Biblis, die Landessammelstelle in Ebsdorfergrund-Roßberg und ein Zwischenlager der kerntechnischen Industrie in Hanau.

4.4.1 Zwischenlager am AKW Standort Biblis

Die BGZ betreibt am Standort des AKW Biblis die Abfallzwischenlager 1 und 2. Das AZB 1 wurde 1982 in Betrieb genommen, das AZB 2 im Jahr 2018. Dort sollen die beim Rückbau anfallenden radioaktiven Abfälle eingelagert werden. Die Kapazität für AZB 1 beträgt 2.100 m³, für das AZB 2 8.000 m³. Beide Lager sind nach § 7 StrlSchV genehmigt.

Auf dem Gelände des **AKW Biblis** befanden sich im LAW-Lager 2015 24 200-l-Fässer und drei 400-l-Fässer, die aufgrund von Schadstellen vorsorglich in Überfässer eingestellt wurden. (HLT 2015a) Am Stichtag 31.12.2017 befanden sich dort 246,4 Mg Rohabfälle und vorbehandelte Abfälle, 49 m³ konditionierte Abfallprodukte in 136 Fässern und 2.099 m³ Abfälle in 1.813 Endlagergebinden.

4.4.2 Zwischenlager der kerntechnischen Industrie (Daher Nuclear Technologie in Hanau)

Die Daher Nuclear Technologies GmbH (vorher Nuclear Cargo Service (NCS)) betreibt ein Zwischenlager in Hanau, mit einer genehmigten Gesamtaktivität von 2 E16 Bq.³⁰ Dort lagern 25 Mg Rohabfälle und vorbehandelte Abfälle, 19 m³ konditionierte Abfälle in 200-l-Fässer und 7.658 m³ radioaktive Abfälle in 1.415 Endlagergebinden.

Die Stadt Hanau hat sich vor Gericht erfolgreich gegen ein weiteres Zwischenlager gewehrt. Das oberste Verwaltungsgericht Hessens entschied zugunsten der Kommune im Main-Kinzig-Kreis. Laut dem Urteil des Verwaltungsgerichtshofs (VGH) hat das Unternehmen Daher Nuclear Technologies (DNT) GmbH keinen Anspruch auf die geforderte Baugenehmigung für ein weiteres Zwischenlager im Technologiepark Wolfgang. Damit wurde das entgegengesetzte Urteil des Verwaltungsgerichts Frankfurt aus dem Februar 2018 aufgehoben und die Klage des Unternehmens abgewiesen. (SDZ 2020)

Der Hessische Verwaltungsgerichtshof hat die Klage auf Erteilung einer Baugenehmigung für das Vorhaben in Hanau „Gebäude 15 – Umbau und Umnutzung in ein Zwischenlager für radioaktive Abfälle bis zur Abgabe in ein Endlager“ abgewiesen. In der Urteilsbegründung wird erklärt, dass es sich bei einem Zwischenlager für radioaktive Abfälle nicht um ein Lager handelt, das im Sinne der Baunutzungsverordnung (BauNVO) in einem Gewerbegebiet zulässig ist. Nach der BauNVO dienen

³⁰ Abfälle aus der Stilllegung der Brennelementfabriken werden dort zwischengelagert.

Gewerbegebiete vorwiegend der Unterbringung von nicht erheblich belästigenden Gewerbebetrieben. Bei der Einstufung eines Betriebes als „nicht erheblich belästigender Gewerbebetrieb“ ist nicht nur auf die direkt wahrnehmbaren Auswirkungen wie Geräusche, Gerüche und von diesem Betrieb verursachter Verkehrsbewegungen abzustellen, sondern auch auf Beeinträchtigungen und Sicherungsmaßnahmen, die nur im Falle eines Unfalls von Belang sind. Darüber hinaus ist ein Zwischenlager für radioaktive Abfälle in einem Gewerbegebiet gebietsunverträglich, da es dem Gebietscharakter eines Gewerbegebietes mit den dort typischerweise angesiedelten Betrieben zuwiderläuft. Dies ergibt sich auch aus der Wertung des Gesetzgebers, der derartige Anlagen gem. § 35 Abs. 1 Nr. 7 BauGB dem Außenbereich zugewiesen und damit den besonderen Sicherheitsaspekten derartiger Anlagen Rechnung getragen hat. (VGH 2020a)

4.4.3 Landessammelstelle Ebsdorfergrund-Roßberg

Die Landessammelstelle für radioaktive Abfälle Hessen wird vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) in seiner Außenstelle Ebsdorfergrund-Roßberg betrieben. Die Lagerhalle hat eine Kapazität für 1.500 200-l-Fässer (atomrechtlich zuständige Aufsichtsbehörde: RP Gießen). Zum Stichtag 31.12.2017 wurden dort 138,9 Mg Rohabfälle und vorbehandelte Abfälle sowie 82 m³ konditionierte Abfälle in 303 200-l-Fässern gelagert. Dort befanden sich 2015 acht 200-l-Fässer, die wegen Schadstellen vorsorglich in Überfässer eingestellt wurden. Aufgrund von Schadstellen (Lackschaden und leichter Rost an Fassoberfläche) werden vier weitere 200-l-Fässer von Bediensteten der Landessammelstelle des HLUG durch vierteljährliche Inaugenscheinnahmen inspiziert. Bei negativer Veränderung werden auch diese Fässer in Überfässer eingestellt. Die Landessammelstelle hat eine begrenzte Infrastruktur zur Handhabung radioaktiver Abfälle. Sie selbst kann aber keine aufwändigen Konditionierungen durchführen, wie sie etwa für die Herstellung endlagerfähiger Gebinde erforderlich ist. Hierzu werden Verträge mit externen Dienstleistern abgeschlossen. (HLT 2011 a, 2015a)

4.5 Mecklenburg-Vorpommern

In Mecklenburg-Vorpommern befindet sich am Standort Rubenow ein großes Zwischenlager, das gleichzeitig Landessammelstelle ist. Am AKW Standort Greifswald lagern zudem 776,6 Mg Rohabfälle und vorbehandelte Abfälle und 47 m³ konditionierte Abfallprodukte in 174 200-l-Fässern.

4.5.1 Zentrales Zwischenlager Nord mit Landessammelstelle

Das **Zwischenlager Nord** (ZLN) in Rubenow besteht aus acht Hallen, die Hallen 1-7 sind für schwach- und mittlerradioaktive Abfälle. Es ist nach §3 StrlSchV für die Aufbewahrung für 165.000 m³ LAW/MAW, (mit einer maximalen Aktivität von 4,5 E17 Bq) bis 31.10.2039 genehmigt. Es ist seit 1998 in Betrieb. Der Betreiber EWN gehört zur EWN-Gruppe. Am 31.12.2017 lagerten dort 3.966,8 Mg Rohabfälle und vorbehandelte Abfälle, 3.074 m³ konditionierte Abfälle in 11.196 Fässern (vor allem in 200-l-Fässern) und 3.810 m³ in 582 Endlagergebinden.

Die radioaktiven Abfälle der Landessammelstellen **Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern** lagern separat im Zwischenlager Nord. Die Mitnutzung der Landessammelstelle in Mecklenburg-Vorpommern durch Brandenburg ist im Vertrag der beiden Länder vom 17. September 1999 geregelt. Der Vertrag wurde auf unbestimmte Zeit geschlossen. (BBLT 2015a) Genehmigungsinhaber sind ZLN GmbH und EWN GmbH. Die Landessammelstelle ist seit 1998 in Betrieb und hat eine unbefristete Genehmigung. Es lagerten dort am 31.12.2017 1,5 Mg Rohabfälle und vorbehandelte Abfälle.

Die EWN GmbH, die für den Abriss der AKW Greifswald und Rheinsberg, des AVR Jülich, sowie der Altlasten in Karlsruhe verantwortlich ist, baut den Standort Rubenow zu einem bundesdeutschen Abfallbehandlungszentrum aus. Die EWN beabsichtigt, für die Verarbeitung von radioaktiven Abfällen am Standort Lubmin ein neues Konzept zur Qualifizierung der einzelnen Verfahrensschritte durchzuführen. Die vorzunehmenden Tätigkeiten wie zum Beispiel Trocknen, Verpressen, Verpacken in Container werden in einzelnen Standardablaufplänen dargestellt, die dann kombiniert werden können. Diesen Ablaufplänen werden entsprechende Arbeitsanweisungen und Prüfvorschriften hinterlegt, so dass für die Dokumentation der Durchführung der einzelnen Arbeits- und Prüfschritte entsprechende

Vorgaben vorhanden sind. Durch diese standardisierte Dokumentation aller Schritte soll eine zügige Erstellung der Abfallgebindedokumentation möglich sein.

Parallel hierzu beabsichtigt die EWN auch Verfahren zur Verarbeitung und Nachqualifikation der vorhandenen Reststoffe und Zwischenprodukte einzureichen. Durch dieses Konzept, welches die Hauptabfallströme der EWN aus dem Rückbau der Anlagen in Greifswald und Rheinsberg berücksichtigt, soll eine Erfüllung der Endlagerungsbedingungen Konrad in der aktuellen Fassung mit Einschluss der Randbedingungen zur stofflichen Produktkontrolle erreicht werden. (ESK 2014a)

4.6 Niedersachsen

In Niedersachsen werden an sieben Standorten Zwischenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle betrieben. Die BGZ betreibt das zentrale Zwischenlager in Gorleben (AZG) sowie Zwischenlager an den AKW-Standorten Stade (AZS) und Unterweser (AZU), eine Forschungseinrichtung ein Zwischenlager in Braunschweig, die Kerntechnische Industrie ein Zwischenlager in Lingen, die Industrie ein Zwischenlager in Leese, das auch die Sammelstelle enthält. Weiterhin befindet sich die zentrale Sammelstelle der Bundeswehr in Munster.

Zusätzlich werden an der Konditionierungsanlage von Eckert & Ziegler in Braunschweig und an den AKW Standorten Emsland, Grohnde und Lingen radioaktive Abfälle gelagert. Im Zuge des Rückbaus des AKW Lingen wurde die Zwischenlagerung der Rückbauabfälle in vorhandenen Räumen genehmigt. Im Zuge des Rückbauantrages für das AKW Grohnde wurde die Errichtung einer Transportbereitstellungshalle am Standort Grohnde (TBH-KWG) beantragt. Für den Standort Emsland ist ein Technologie- und Logistikgebäude (Gesamtaktivität 3 E17 Bq) auch zur Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen beantragt worden.

Ein sehr großes Zwischenlager ist weiterhin für die aus der Asse rückzuholenden Abfälle geplant, über den Standort ist noch nicht entschieden.

4.6.1 Zentrales Zwischenlager (Abfalllager Gorleben)

Im zentralen Abfalllager Gorleben (AZG, ehem. ALG) werden radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung zwischengelagert, die vor allem aus dem Betrieb der deutschen Atomkraftwerke stammen. Dort lagern auch Abfälle aus Medizin, Forschung und Gewerbe. Die Aufbewahrung der konditionierten Abfälle erfolgt in für die Zwischenlagerung zugelassenen Abfallbehältern wie z. B. Konrad-Containern (KC) und Rundbehältern aus Stahl, Beton oder Gusseisen. Die Grundlage für den Betrieb des AZG ist eine unbefristete Umgangsgenehmigung nach § 3 StrlSchV vom 27. Oktober 1983. Alle im AZG eingehenden Abfälle dürfen nur konditioniert und in zugelassenen Abfallbehältern zwischengelagert werden. Das zulässige Aktivitätsinventar des AZG beträgt 5 E18 Bq. Der Gesamtgebildebestand am 31. Dezember 2019 betrug 2.408 Einheiten. Dies entspricht einer Volumenausnutzung von 64,06%. Das genehmigte radioaktive Inventar war zu diesem Zeitpunkt zu 0,15% ausgeschöpft. (NMU 2019a)

Im AZG werden seit 1984 verpackte schwach- und mittelradioaktive Abfälle zwischengelagert, die vor allem aus dem Betrieb der deutschen AKWs, aber auch aus Forschung und Industrie stammen. Die Kapazität der 4.500 m² Halle mit sechs Lagergassen beträgt 15.000 m³.

Anlässlich einer Begehung des Abfalllagers Gorleben haben 2014 Vertreter der niedersächsischen Atomaufsicht festgestellt, dass sich Feuchtstellen auf dem Hallenboden befinden. Nach bisherigen Erkenntnissen der Betreiberin könnte die Ursache für die Feuchtstellen eine erhöhte Luftfeuchtigkeit mit Kondenswasserbildung sein, die auf ein Starkregenereignis im Juli 2014 zurückgeführt wird. Darüber hinaus wurden Farbabplatzungen an einigen dickwandigen Gussbehältern entdeckt. In den Folgejahren wurden auch rostige Fässer entdeckt, allerdings erst, als die Fässer für den Abtransport vorbereitet wurden. Als Ursache wurde der Eintrag von Feuchtigkeit und entsprechend hohe Luftfeuchtigkeit festgestellt. Das Referenzfasskontrollregime hat den Vorgang nicht verhindert.

Als Konsequenz hatte das NMU im Juni 2016 atomaufsichtlich angeordnet, umfangreiche betriebliche Veränderungen im ALG vorzunehmen, um qualifizierte Inspektions- und Überwachungsmöglichkeiten an Gebinden zu schaffen und die Lagerbedingungen dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik anzupassen. Das waren neben der Realisierung eines Überwachungskonzeptes und der Begrenzung der relativen Luftfeuchte auch der Einsatz eines Kamerasystems.

Ferner wurde verfügt, dass alle zur Auslagerung aus der Lagergasse A anstehenden Fässer einer umfassenden Inspektion zu unterziehen seien (siehe unten). Die visuellen Inspektionen für alle im Fasslager befindlichen Gebinde sollten durch den Einsatz von Spezialkameras oder durch die Bildung besonderer Inspektionsgassen erreicht werden. Mit den Kameras könnten zudem weitere Messdaten für Radioaktivität und Wärmebilder aufgenommen werden.

Die GNS hatte die einzelnen Maßnahmen und Anforderungen der atomaufsichtlichen Anordnung in 2016 nicht akzeptiert und diese vor dem Verwaltungsgericht Lüneburg beklagt. Im Hinblick auf die Umsetzung der Maßnahmen hat die Klage aufschiebende Wirkung. Zu Beginn des Jahres 2018 kündigte die GNS umfangreiche Maßnahmen an und beantragte im März 2018 die förmliche Ruhendstellung des Klageverfahrens. Aus Sicht des NMU bestand vorbehaltlich einer eingehenden Prüfung der angekündigten Unterlagen und angekündigten Maßnahmen die begründete Aussicht, dass die Festlegungen der aufsichtlichen Anordnung erfüllt werden können. Daher stimmte das NMU der Ruhendstellung des Verfahrens zu. Diese wurde mit Beschluss vom 22. März 2018 angeordnet.

Das neue Überwachungskonzept erfüllt die Anforderungen der ESK-Leitlinien für die Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung und findet bereits Anwendung. Das im Oktober 2018 vom Betreiber vorgestellte Projekt „Klimatisierung AZG“ zur Begrenzung der relativen Luftfeuchte läuft weiterhin nach Plan. Die Inbetriebnahme der zugehörigen Lüftungsanlage ist nach Aussage des Betreibers für Anfang 2024 vorgesehen. Zur Inspektion der Container hat es im Jahr 2019 im Beisein des NMU einen ersten Test für den Einsatz eines fahrbaren Kamerasystems auf dem Boden des AZG unter den zugänglichen Flächen gegeben. Der Betreiber wird jetzt einen Katalog für mögliche Schadensbilder entwickeln und mit der Aufsichtsbehörde abstimmen. (NMU 2019a)

Aus Sicht der Aufsichtsbehörde ist es dringend geboten – auch vor dem Hintergrund der bevorstehenden Nachqualifizierung aller im ALG eingelagerten Gebinde – eine vollumfängliche Dokumentation der stofflichen und technischen Eigenschaften der eingelagerten Gebinde zu erarbeiten. Ziel muss es daher sein, nicht erst durch zufällige Inspektionen derartige Schadensereignisse festzustellen, sondern bereits frühzeitig über den möglichen kritischen Zustand der Gebinde informiert zu sein.

Auslagerung aus der Lagergasse A

Im Jahr 1999 wurde für das AZG eine auf 20 Jahre befristete Genehmigung zur Aufbewahrung von 1.309 Fässern erteilt, die aufgrund der Schließung des Endlagers Morsleben (ERAM) dort nicht mehr eingelagert werden konnten.

Bis Mitte 2019 wurden diese Fässer ausgelagert. Die Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren werden von externen Sachverständigen begleitet. Im Zuge der anstehenden Auslagerung der Fässer aus dem ALG in das Transportbehälterlager Ahaus (TBL-A) wurden alle 1.309 Fässer inspiziert. Dabei wurden insgesamt 26 korrodierte und beschädigte Fässer aufsichtlich festgestellt. Die festgestellten Befunde wie Korrosions- oder Handhabungsspuren sind aus Sicht des NMU ohne sicherheitstechnische Relevanz. So stellte der Sachverständige in allen Fällen fest, dass keine Kontamination an der Fassoberfläche vorhanden und die Fassintegrität gegeben ist. (NDSL 2018b)

Zwei dieser Fässer wurden im Jahr 2017 nach einer Vereinbarung zwischen Betreiber und Aufsichtsbehörde einer vertieften Inspektion unterzogen. Zum einen handelte es sich hierbei um ein Fass mit Korrosionen im Boden, zum anderen um ein Fass mit einer sichtbaren Deckelwölbung.

- Im Fall der Korrosion im Bodenbereich hat sich gezeigt, dass diese auf eine unzureichende Konditionierung der Abfälle zurückzuführen war. Aufgrund einer zu hohen Restfeuchte im Abfallgebinde ist es zu Korrosionsprozessen auf der Innenseite des Fassbodens gekommen.
- Im Fall der Deckelwölbung konnte nachgewiesen werden, dass es nach der Konditionierung des Abfalls zu einem Gasdruckaufbau im Inneren des Fasses gekommen ist. Aufgrund der fehlenden Druckentlastung an dem Fass ist es im Ergebnis zu einer Verformung des Fassdeckels gekommen.³¹

Die in der Lagergasse A gelagerten Fässer wurden nur über das Referenzfasskonzept überwacht, das offensichtlich nicht ausreichend war. (NDSLTL 2015b)

4.6.2 Zwischenlager an den AKW Standorten Stade und Unterweser

Die Genehmigung zur Errichtung und zum Betrieb des Lagers für schwach- und mittelradioaktive Abfälle einschließlich dem Umgang mit sonstigen radioaktiven Stoffen sowie dem Umgang mit äquivalenten radioaktiven Abfällen wurde in dem Genehmigungsbescheid 1/2005 zu Stilllegung und Abbau des AKW Stade erteilt.

Das Abfall-Zwischenlager Stade ist seit 2007 in Betrieb (Abmessungen des Lagers: 66 m x 25 m x 13 m). Die genehmigte maximal einzulagernde Aktivität beträgt 1 E17 Bq und 5.000 m³. Das Lager verfügt über 828 reguläre Lagerpositionen für Abfallgebinde (331 Mosaik-Gussbehälter Typ II, 252 Konrad-Container (KC) Typ III-IV und 245 KC Typ V), zuzüglich 8 Positionen für Referenzgebinde. Mit Stand 31. Dezember 2019 befanden sich 790 Abfallgebinde (328 Mosaik, 38 KC Typ III, 197 KC Typ IV, 227 KC Typ V) mit einem Brutto-Abfallvolumen von 4.549 m³. Die eingelagerte Aktivität betrug 2,97 E16 Bq und damit etwa 33% des Genehmigungswerts. In dem Genehmigungsbescheid ist festgelegt, dass das AZS bei Verfügbarkeit des Endlagers Konrad geräumt werden soll. Vor diesem Hintergrund wurde eine Zwischenlagerzeit von maximal 40 Jahren im Genehmigungsbescheid betrachtet und festgeschrieben. (NMU 2019a)

Das Abfall-Zwischenlager Unterweser 1 (AZU 1) ist seit 1981 in Betrieb (Abmessungen des Lagers: 71 m x 29 m x 8 m) und das Abfall-Zwischenlager Unterweser 2 (AZU 2) seit 2020 (Abmessungen des Lagers: 79 m x 28 m x 17 m).

Am Standort des AKW Unterweser wurde im Rahmen des beantragten AKW-Rückbaus ein neues Zwischenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle errichtet. Das Abfall-Zwischenlager Unterweser 2 (AZU 2, vorher LUnA) erhielt eine Genehmigung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen gemäß §7 StrlSchV mit einem Aktivitätsinventar von bis zu 2 E17 Bq insbesondere für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen (in konditionierter oder vorkonditionierter und verpackter Form) oder befristete Lagerung (Pufferlagerung) von radioaktiven Abfällen oder radioaktiven Reststoffen bis zur Weiterverarbeitung oder -behandlung in externen oder internen Anlagen. Niedersachsen hielt ein Umweltverfahren für das Lager gemäß § 2a Absatz 1 Satz 2 AtG nach den Regelungen der AtVfV für notwendig. Im Februar 2016 fand ein Erörterungstermin statt, in dessen Rahmen die erhobenen Einwendungen erörtert wurden. (NDSLTL 2017a)

³¹ Bereits 1988 wurden in einigen Lagern Fässer aufgefunden, die Deckelaufwölbungen aufgrund von Gasbildungen aufwiesen. Analysen zeigten, dass es sich hierbei hauptsächlich um Wasserstoff (bis ca. 80%) handelt, dem Stickstoff und in geringem Maße Methan und Sauerstoff beigemischt waren. Es wurden Überdrücke bis etwa 3 bar gemessen. Aufgeblähte Fässer wurden an folgenden Orten festgestellt: AKW Isar 1, AKW Biblis, AKW Stade, AKW Unterweser, Fasslager Gorleben und in der Landessammelstelle Steyerberg. Stellungnahmen der Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) und der Reaktorsicherheits-Kommission sowie die gemeinsame Erörterung mit den zuständigen Landesbehörden ergaben, dass von den Fässern keine Gefahr für Mensch und Umwelt ausgeht. (DBT 1988)

Das im AKW Gebäude befindliche interne Lager für radioaktive Abfälle wird mit dem Rückbau aufgelöst werden.³² Das bereits vorhandene Zwischenlager AZU 1 soll erhalten bleiben, bis eine Abgabe der Abfälle an ein Bundesendlager erfolgen kann. Genehmigt ist der Umgang mit radioaktiven Stoffen nach § 3 StrlSchV bis zu einer Gesamtaktivität von 1,85 E15 Bq. Für das AZU 1 wurde Ende 2016 erstmalig eine Periodische Sicherheitsüberprüfung vorgelegt, deren Bewertung noch aussteht. Lackschäden, die bei der Handhabung der Fässer entstanden sind, werden generell von einem Maler behoben. Im Jahr 1998 ist eine Korrosion an einem Gebinde, das Ascherückstände aus der Verbrennung enthält, im unteren Mantelbereich festgestellt worden. Das Gebinde wurde daraufhin in ein größeres Gebinde eingestellt. Mit Stand 31. Dezember 2019 waren folgende Abfallgebände mit konditionierten Abfällen eingelagert: 1.434 Fässer, 123 VBA-Behälter, 408 Gussbehälter, 32 Konrad-Container. (NMU 2019a)

Auch wenn zu begrüßen ist, dass eine periodische Sicherheitsüberprüfung erfolgte, wäre es sicherheitstechnisch vorteilhafter gewesen, das bereits 40 Jahre alte Abfalllager AZU 1 aufzulösen und die Abfälle in das neue Lager AZU 2 umzulagern.

4.6.3 Zwischenlager einer Forschungseinrichtung (PTB)

Der Forschungs- und Messreaktor Braunschweig (FMRB) der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB) war ein Schwimmbadreaktor mit einer thermischen Leistung von 1 MW.³³ Die beim Abbau der Anlage angefallenen radioaktiven Abfälle wurden endlagergerecht konditioniert und in ein eigens dafür eingerichtetes Zwischenlager in der PTB eingelagert. So entstanden etwa 161 Tonnen radioaktiver Abfall, der in 394 200-l-Fässer und 115 400-l-Fässer verpackt wurde. Die Fässer wurden in zwei Abfallkampagnen 2004 und 2005 in das Zwischenlager eingelagert und verbleiben dort bis zur Abgabe an ein Bundesendlager.³⁴ Auch im Jahr 2019 fanden jährlich durch den zugezogenen Sachverständigen wiederkehrende Prüfungen des Zwischenlagers und der eingelagerten Abfallgebände statt. Bei diesen Prüfungen wurden bisher keine Mängel festgestellt. (NMU 2019a)

4.6.4 Zwischenlager der Kerntechnischen Industrie (ANF)

Die Firma Advanced Nuclear Fuels (ANF) produziert auf Basis einer Betriebsgenehmigung nach § 7 AtG vom 18.01.1979 Brennelemente am Standort Lingen.³⁵ Am Standort befindet sich ein internes Zwischenlager für radioaktive Betriebsabfälle. Die genehmigte Kapazität sind 950 200-l-Fässer. Dort befanden sich am 31.12.2017 insgesamt 111 Mg Rohabfälle und vorbehandelte Abfälle (vor allem feste Abfälle, anorganisch 98,7 Mg und organisch 7,8 Mg).

4.6.5 Zwischenlager der Industrie und Landessammelstelle (Leese)

Im Lager Leese, das von der Firma Eckert und Ziegler Nuclitec GmbH (EZN) betrieben wird, werden radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung aufgrund einer Genehmigung gemäß § 7 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) zwischengelagert. Die zuständige Genehmigungs- und Aufsichtsbehörde ist seit dem 7. Februar 2014 das Niedersächsische Umweltministerium (NMU). In

³² Im internen Lager wurden in 2003 an zwei Fakir-Trommeln aus dem Jahr 1999 bzw. 2002, die mit Mischabfall befüllt waren, Durchrostungen am Fassmantel festgestellt. Als Ursache für die Durchrostungen wurden in beiden Fällen feuchte Tücher festgestellt. Die Abfälle wurden umgehend der Konditionierung (Hochdruckverpressung) zugeführt.

³³ Seine Inbetriebnahme erfolgte am 03. Oktober 1967. Im Dezember 1995 wurde der Reaktor außer Betrieb genommen. Die Brennelemente wurden 1996 in die USA und zum Teil bereits 1992 nach Schottland zur Wiederaufarbeitung transportiert. Der Abbau der Anlage FMRB wurde von 2001 bis 2003 durchgeführt und alle aktivierten und kontaminierten Teile entfernt. Bis 2005 wurden die Gebäude freigemessen und ein Großteil des Anlagenbereiches aus dem Geltungsbereich des AtG entlassen.

³⁴ Die Angaben der Atomaufsicht Niedersachsen differieren von den Angaben im Verzeichnis des BMU.

³⁵ Im August 2020 gingen Anti-Atomkraft-Initiativen sowie die Ärzteorganisation IPPNW und das Umweltinstitut München gerichtlich gegen eine Exportgenehmigung für Brennelemente aus der Brennelementefabrik vor. Stellvertretend für die Initiativen reichte ein Mann aus Aachen vor dem zuständigen Verwaltungsgericht Frankfurt Klage ein. Sie richtet sich gegen die am 18. März 2020 vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) erteilte Genehmigung für den Export von Brennelementen für die belgischen Reaktoren Doel 1 und 2.

Leese erfolgt die Zwischenlagerung von betrieblichen Abfallprodukten und Abklingabfällen sowie von Abfällen der Landessammelstelle Niedersachsen.

Grundlage für den Betrieb des Lagers sind die aktuelle Bezugsgenehmigung vom 29. Dezember 2008 und die Änderungsgenehmigung vom 22. Dezember 2011. Im Außenlager in Leese gibt es keinen genehmigten Wert für die Kapazität in m³ oder für die Gesamtaktivität. Die Genehmigung berechtigt dazu, radioaktive Abfälle bis zu einer maximalen Aktivität in Höhe des 1 E12-fachen der Freigrenzen StrlSchV zwischenzulagern. Die strahlenschutzrechtliche Umgangsgenehmigung berechtigt weiterhin dazu, mit radioaktiven Abfällen beladene Transportverpackungen mit nicht brennbaren Außenumschließungen einzulagern, die einem Lagerstellplatzvolumen in den Hallen von bis zu 12.080 Stück 200-l-Fässern und in den 20'-Containern auf dem Freigelände von bis zu 1.540 Stück 200-l-Fässern entsprechen (in Summe 13.620 Stück). Bei anderen Behältern als Fässern, z. B. Konrad-IV-Containern, sind Äquivalenzberechnungen erforderlich. Ein Konrad-IV-Container entspricht z. B. dem Stellplatzvolumen von 17 Fässern. (NDSLTL 2012a)

Der Lagerbereich umfasst fünf Lagergebäude (11/I, 11/II, 76, 77/I und 77/II) sowie eine Freifläche für 20'-Lagercontainer. Das Gelände gehört der Raiffeisen Agil Leese eG und ist Teil eines vollständig umzäunten Gewerbeparks in einem Waldstück etwa 4 km südlich von Landesbergen. Die vertragliche Regelung zwischen der Grundeigentümerin und EZN sieht eine befristete Nutzungsmöglichkeit der Lagerhallen vor. Diese kann bis maximal 2030 verlängert werden. (NMU 2019a)

Der Betrieb der Landessammelstelle Niedersachsen erfolgt seit 2002 durch die Fa. GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH. Die Annahme von Rohabfällen für die Landessammelstelle Niedersachsen sowie die Konditionierung dieser Abfälle erfolgt durch die GNS in ihrer Betriebsstätte auf dem Gelände des Forschungszentrums Jülich. Nach der endlagergerechten Konditionierung und Verpackung werden die Abfälle in das Lager der Fa. Eckert & Ziegler Nuclitec GmbH in Leese transportiert und dort zwischengelagert.

Von 1981 bis 1998 betrieb das Land Niedersachsen eine Landessammelstelle in Steyerberg nachdem das niedersächsische Kontingent in der 1964 gegründeten gemeinsamen Sammelstelle der vier nordwestdeutschen Küstenländer in Geesthacht ausgeschöpft war. Der Standort Steyerberg wurde im Jahr 2000 aus Kosten- und Kapazitätsgründen aufgelöst. Danach wurden 1.484 200-l-Fässer mit Altabfällen nach Leese umgelagert.

Die Fässer wurden im Rahmen von visuellen Inspektionen durch den Lagerbetreiber (halbjährlich) sowie in Begleitung eines Gutachters (alle drei Jahre) kontrolliert. Aufgrund einer nur eingeschränkten Zugänglichkeit diverser Fässer wurden sogenannte Referenzfässer festgelegt, die repräsentativ überprüft wurden.

Im Rahmen der Langzeitüberwachung der Fässer hat ein externer Gutachter am 26.04.2013 festgestellt, dass ein Fass, an dem Schäden entdeckt worden waren, einer Umverpackung zuzuführen sei. Dazu müssen jedoch zahlreiche weitere Fässer ausgelagert werden, um an das korrodierte Fass zu gelangen. Das Fass gehört zu einer Charge von 1.484 Fässern aus der ehemaligen Landessammelstelle Steyerberg. Die damals verwendeten 200-l-Fässer werden zum Teil seit über 30 Jahren gelagert. (DBT 2014a) Das Konzept der Fasslagerung ist für eine derartig lange Zwischenlagerzeit nicht ausgelegt. Es sei zwar keine Radioaktivität aus dem Fass ausgetreten, vorsorglich soll es jedoch geborgen, näher untersucht und in ein Überfass eingestellt werden.

Im Rahmen der Inspektionen wurden seit 2013 mehrfach Auffälligkeiten an den Fässern festgestellt. Dabei handelt es sich zum einen um Korrosionserscheinungen am Fassmantel oder an Deckelschrauben sowie um Wölbungen im Bereich des Fassdeckels, die vermutlich auf Gasbildung im Fass zurückzuführen sind.

Grundsätzlich können 200-l-Fässer mit vertretbarem Aufwand geborgen und in neue innen beschichtete 280-l-Überfässer eingestellt werden. Soweit 200-l-Fässer entsprechend den Bedingungen des Endlagers Konrad nachqualifiziert worden sind, können diese auch unmittelbar in Konrad-Container verpackt

werden. Das Einstellen in Überfässer ist in der Vergangenheit nur an einigen wenigen Fässern als Sicherheitsmaßnahme bei starken Korrosionserscheinungen oder der Gefahr einer Undichtigkeit vorgenommen worden. (NDSLTL 2014a)

Die Konditionierungsverfahren, die in den 1980er und 1990er Jahren verwendet wurden, und die damals erstellte Dokumentation zu den Abfällen entsprechen nicht den Anforderungen, die für eine Endlagerung im Schacht Konrad erfüllt werden müssen. Des Weiteren stellen die in Landessammelstellen zwischengelagerten 200-l-Fässer keine zulässigen Endlagerbehälter dar, sondern nur ein Zwischenprodukt (Innengebinde). Vor ihrer Abgabe an das Bundesendlager werden die radioaktiven Altabfälle aus der ehemaligen Landessammelstelle Steyerberg daher in den nächsten Jahren den Endlagerungsbedingungen Konrad entsprechend nachqualifiziert und nachkonditioniert und in für das Endlager zugelassene Behälter (Konrad-Container) konditioniert (eingestellt und mit Beton vergossen).

Im Sommer 2018 erteilte das NMU nach einer europaweiten Ausschreibung den Auftrag an die GNS, die Abfälle bis 2030 endlagergerecht nachqualifizieren und nachkonditionieren zu lassen.

Die insgesamt 1.484 Fässer werden nach und nach aus Leese abtransportiert. Sie sollen nachbehandelt und in für das Endlager Konrad zugelassene Container verpackt werden. Es sollen jeweils ca. 30 Fässer in einen Transportcontainer gestellt und mit einem LKW aus Leese abtransportiert werden. Dabei werden voraussichtlich jeweils zwei Transportcontainer zu einer Transportcharge gehören. Das sind rund 25 Transportchargen, die sich über einen Zeitraum von knapp zehn Jahren verteilen werden. Dabei ist es vom Typ (und damit der Größe) des Konrad-Containers abhängig, wie viele Fässer jeweils verpackt werden können.

Die in den nächsten Jahren entstehenden ersten Konrad-Container sollen zurück nach Leese gebracht und dort eingelagert werden. Im Hinblick auf die längerfristige Zwischenlagerung der Abfälle der Landessammelstelle wurde ein Kriterienkatalog für die Suche eines neuen Standorts für ein Zwischenlager in Niedersachsen erarbeitet. Die konkrete Suche nach einem neuen Standort wurde jedoch vorerst zurückgestellt. Stattdessen werden aktuell Gespräche mit dem Bund geführt, der aufgrund des neuen Entsorgungsübergangsgesetzes über mehrere Zwischenlager verfügt.

In Zusammenhang mit den Befunden an den Steyerberg-Fässern erklärte die Aufsichtsbehörde: Vor dem Hintergrund einer absehbar längeren Zwischenlagerung der niedersächsischen Abfälle und die zunehmend zu erwartenden Alterungserscheinungen an den Abfallfässern ist insbesondere aus Strahlenschutzgründen eine Verbesserung der Lagersituation notwendig. **„Niedersachsen muss vorbeugen und kann sich nicht auf das angekündigte Fertigstellungsdatum für Konrad verlassen. Eine für die Bevölkerung und das Betriebspersonal sichere Zwischenlagerung steht im Vordergrund und muss bis zur tatsächlichen Abgabe an das Endlager gewährleistet sein.“**

In Leese hat sich 2015 eine Begleitgruppe aus Vertretern von Gemeinde, RaiffeisenAgil Leese eG, Samtgemeinde, Landkreis, BUND, Bürgerinitiative und Bürgerschaft gegründet, die die Aktivitäten und Planungen im Zwischenlager Leese begleitet.

Während der vorbereitenden Maßnahmen für die zweite Auslagerungskampagne kam es zum Absturz eines 200-l-Fasses. Es wurde äußerlich beschädigt und als Schutzmaßnahme in ein Überfass eingestellt, radioaktive Stoffe wurden nicht freigesetzt. Dies wurde von der Eckert & Ziegler Nuclitec GmbH durch so genannte Wischtests kontrolliert. Das NMU als Aufsichtsbehörde hat bis zur Klärung der Absturzursache veranlasst, dass keine weiteren Fässer von dem Fassstapel heruntergehoben werden. Der Absturz eines Fasses ist ein sicherheitstechnisch bedeutsames Ereignis im Zusammenhang mit der Konditionierung, Handhabung, Transport und Lagerung radioaktiver Abfälle und damit grundsätzlich meldepflichtig. (NMU 2020a)

Zur Landesammelstelle am Standort Leese gehören neben den 1.484 Abfallfässern der ehemaligen Landessammelstelle Steyerberg, auch 3.400 200-l-Fässer der Fa. GE Healthcare Buchler GmbH & Co. KG, die sich im Eigentum des Landes Niedersachsen befinden, und fünf Container mit bereits

endlagergerecht konditionierten radioaktiven Abfällen. Die 3.400 GE-Fassgebände haben zurzeit den Status eines „Zwischenprodukts“. Das heißt, die ursprünglichen Rohabfälle wurden nach der Annahme durch die Landessammelstelle bereits einmal unter behördlicher Aufsicht behandelt und in die 3.400 Fässer verpackt. Nun müssen die Abfälle noch unter Berücksichtigung der zwischenzeitlich aktualisierten Endlagerungsbedingungen Konrad nachqualifiziert und in für das Endlager Konrad zugelassene Behälter verpackt werden. Bei einer Inspektion von Gebinden im Jahr 2004 wurde ein Fass entdeckt, das Schlamm enthielt und nicht aus VA-Material bestand. Im Gegensatz zu den anderen inspizierten VA-Fässern wurden an diesem Fass Auffälligkeiten am Korrosionsschutz festgestellt. Die Abfälle wurden daraufhin in ein VA-Fass umsortiert.

Neben dem Lager in Leese nutzt Eckert & Ziegler auch Flächen auf seinem Betriebsgelände in Braunschweig in der unmittelbaren Nähe zur Wohnbebauung für die Lagerung radioaktiver Abfälle (siehe Kapitel 8.1).

4.6.6 Zentrale Sammelstelle für radioaktive Abfälle der Bundeswehr (Munster)

In der zentralen Sammelstelle für radioaktive Abfälle der Bundeswehr lagern nur Rohabfälle, vor allem feste anorganische Abfälle (185,6 Mg) und im geringen Umfang auch feste organische Abfälle (0,6 Mg) und Strahlungsquellen (0,2 Mg). Betreiber der Anlage ist das Wehrwissenschaftliche Institut für Schutztechnologien – ABC Schutz. Das Zwischenlager hat eine unbefristete Betriebsgenehmigung für eine Kapazität von 1.600 m³. Am 31.12.2017 lagerten dort insgesamt 186,4 Mg Rohabfälle und vorbehandelte Abfälle (vor allem feste Abfälle 185,6).

4.6.7 Zwischenlagerung der Abfälle aus der Schachanlage Asse II

Die aus der Schachanlage Asse II rückgeholten radioaktiven Abfälle müssen solange zwischengelagert werden, bis eine Endlagerung in einem neuen, dafür vorgesehenen Endlager möglich ist. Dieses existiert bisher nicht und es ist nicht klar, wann es existieren wird.

In der Schachanlage Asse II wurden rund 47.000 Kubikmeter radioaktive Abfälle eingelagert. Außerdem werden im Rahmen der Bergung der radioaktiven Abfälle aus den Einlagerungskammern zusätzlich mit radioaktiven Stoffen kontaminierte Materialien wie Salzgrus oder Salzlösungen anfallen. Das Volumen dieser kontaminierten Materialien kann derzeit nur angenommen werden, da hierzu keine Untersuchungen oder sonstige Informationen vorliegen. Für die Planung und Auslegung der Anlagen wird deshalb auf Grundlage einer Empfehlung der Entsorgungskommission (ESK) ein zusätzliches Volumen von 50.000 Kubikmeter zugrunde gelegt. Die sichere Verpackung dieses Abfallvolumens soll durch die Konditionierung erreicht werden. Dabei bedürfen die radioaktiven Abfälle und die kontaminierten Materialien einer Fixierung in den Transportcontainern in einer Betonmatrix. Der daraus resultierende Volumenzuwachs wird mit dem Faktor 2 abgeschätzt und führt damit zu einem Gesamtvolumen von rund 200.000 Kubikmetern.

Entsprechend den Vorplanungen und einer Stapelhöhe der Container von rund 20 Metern wird für die Zwischenlagerung der gesamten Abfallmenge eine Fläche von rund 30.000 Quadratmeter (250 Meter mal 120 Meter) notwendig sein.

Um einen transparenten und objektiven Standortauswahlprozess durchführen zu können, wurden in Abstimmung mit der Asse-2-Begleitgruppe und der Arbeitsgruppe Optionen-Rückholung (AGO) im Vorfeld sowohl Bewertungskriterien als auch Bewertungsgrößen definiert. Die Arbeiten für die Standortauswahl erfolgten entsprechend des im Jahr 2014 veröffentlichten Kriterienberichts und dem dort festgelegten Verfahren. Die Ergebnisse sind im Bericht „Standortauswahl für ein übertägiges Zwischenlager für die rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II“ dargestellt.

Gemäß dem Kriterienbericht sollen zunächst nur potenzielle Standortflächen betrachtet werden, die im unmittelbaren Umfeld des Betriebsgeländes der Schachanlage Asse II liegen bzw. sich in sinnvoller Weise mit diesem verbinden lassen. (BGE 2021a)

Für die Asse 2 Begleitgruppe (A2B) ist die vorzeitige Festlegung auf ein Asse-nahes Zwischenlager nicht akzeptabel, da die Abfälle die Region bereits seit Jahrzehnten belasten. (A2B 2020a) Das

Bundesumweltministerium hat im Sommer 2020 entschieden, dass der von der BGE gewählte Standort für das Zwischenlager direkt an der Asse endgültig sei und damit die langjährige Forderung der Begleitgruppe übergangen, auch Asse-ferne Standorte in den Vergleich einzubeziehen. Die Begleitgruppe hat daraufhin den Begleitprozess ausgesetzt. Die Begleitgruppe hat diesen Schritt in einem Offenen Brief an Bundesumweltministerin Schulze vom 12.10.2020 erläutert. Die Begleitgruppe erläutert, dass sie ein nachvollziehbares Auswahlverfahren erwarte, das den wissenschaftlich fundierten Vergleich von zwei realen Asse-fernen mit Asse-nahen Standorten beinhaltet. Ohne einen solchen Standortvergleich wird die notwendige Akzeptanz und das Vertrauen in das Verfahren nicht zu erreichen sein. Ein solcher Standortvergleich ist die Grundlage für die Weiterführung des Asse-2-Begleitprozesses. Sollte am Ende dieses Prozesses die Entscheidung für einen Asse-nahen Standort stehen, so ist durch Abschluss eines öffentlich-rechtlichen Vertrages zwischen Bund, Land, BGE und den beteiligten Kommunen die Begrenzung auf die aus der Asse zurückgehenden Abfälle sicher zu stellen. Des Weiteren ist die Frage der Endlagerung der radioaktiven Abfälle aus der Asse zeitnah zu klären. (A2B 2020b)

4.7 Nordrhein-Westfalen

In Nordrhein-Westfalen befinden sich an vier Standorten Zwischenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle: in Ahaus ein zentrales Zwischenlager, am Standort des ehemaligen AKW Würgassen eine Zwischenlagereinrichtung, am Standort des Forschungszentrums Jülich mehrere Zwischenlager inklusive Landessammelstelle und in Gronau ein Zwischenlager der kerntechnischen Industrie (Urenco).

4.7.1 Zentrales Zwischenlager (Transportbehälterlager (TBL)) in Ahaus

Das Zwischenlager Ahaus ist ein Zwischenlager zur Aufbewahrung von ausgedienten Brennelementen und Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung. Das von der BGZ betriebene Zwischenlager befindet sich auf dem Gebiet der Stadt Ahaus im westlichen Münsterland, etwa drei Kilometer östlich des Stadtzentrums. Das Brennelemente-Zwischenlager Ahaus wurde von 1984 bis 1990 errichtet. Die Lagerhalle besteht aus zwei durch einen Empfangs- und Wartungsbereich voneinander getrennten Lagerhallenhälften (Brennelemente-Zwischenlager und Abfall-Zwischenlager). Auf einer Fläche von ca. 5.000 m² verfügt das Zwischenlager Ahaus über 370 Stellplätze für Transport- und Lagerbehälter für Brennelemente aus Leichtwasserreaktoren sowie 305 kleinere Behälter, die auf weiteren 50 Stellplätzen aufbewahrt werden. Die eingelagerten 329 Behälter nehmen nur etwas mehr als zehn Prozent der Lagerkapazität in Anspruch.

In der westlichen Hallenhälfte werden daher seit 2010 schwach- und mittelradioaktive Abfälle aus dem Betrieb und der Stilllegung deutscher AKWs zwischengelagert. Ende August 2016 wurde dazu eine Verlängerung der Lagerung der schwachradioaktiven Abfälle bei der Bezirksregierung Münster beantragt. Im Juli 2020 wurde die Genehmigung durch die Bezirksregierung Münster neu erteilt und ist nun bis zum Jahr 2057 befristet. Soweit bekannt, wurden für die Verlängerung keine weiteren baulichen Maßnahmen beantragt.

Die Lagerung sonstiger radioaktiver Abfälle im Zwischenlager Ahaus ist eine Entscheidung der AKW Betreiber. Sie orientiert sich an den Lagermöglichkeiten der jeweiligen Standorte und an den Annahmebedingungen für das Zwischenlager Ahaus, die Inhalt der Genehmigung nach § 7 StrlSchV sind, die die Bezirksregierung Münster der GNS und BZA am 9. November 2009 erteilt hat. (NRWLT2012a) Die Gesamtaktivität im Lagerbereich I darf 1 E17 Bq nicht überschreiten. (NRWLT2012b) Es sollen weiter Abfälle aus dem Betrieb und der Stilllegung der AKWs eingelagert werden.

Die Bestände im Lagerbereich I des Zwischenlagers Ahaus haben sich im Jahr 2018 um 19 neu eingelagerte Abfallgebände erhöht. Davon wurden sechs Abfallgebände mit 238 Fässern aus dem Abfalllager Gorleben am 31. Juli 2018 und 02. August 2018 eingelagert. Einige Fässer weisen zum Teil

leichte Auffälligkeiten auf (z.B. geringe Korrosionsbildung und leichte Deformationen). (NRWLT 2019a)

Von Juli 2015 bis Mai 2019 sind 1.181 Fässer mit schwachradioaktiven Abfällen – eingestellt in 39 Stück 20'-Stahlblechcontainer – in 15 Transporten von Gorleben nach NRW transportiert worden. Es ist vorgesehen, alle Abfälle aus Gorleben in Jülich für die Endlagerung nachzuqualifizieren. Zunächst werden die 587 Fässer, die sich bereits in Jülich befinden, nachqualifiziert werden. Anschließend werden auch die in Ahaus befindlichen 488 in 20'-Containern eingestellten Fässer nach Jülich gebracht und nachqualifiziert. Diese zwischengelagerten Fässer waren den Annahmebedingungen des Endlagers Morsleben entsprechend zur Endlagerung vorbereitet. (NRWLT 2019b)

Die Endlagerungsbedingungen für das Endlager Konrad lassen Fässer ohne weitere Umverpackung nicht zu. Es ist daher erforderlich, sie vor der Anlieferung an das Endlager Konrad in endlagergerechte Stahlblechcontainer zu verpacken (Nachqualifizierung). Diese Nachqualifizierung kann nicht in Gorleben durchgeführt werden. Sie findet daher bei der GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH, Essen (GNS) in der Betriebsstätte in Jülich statt. Während der Auslagerung wurde in den Jahren 2016 und 2017 auf Anordnung des NMU eine Inspektion aller Fässer durchgeführt. Die bei insgesamt 26 Fässern festgestellten Befunde waren dabei ohne sicherheitstechnische Relevanz. So stellte der von der Aufsichtsbehörde bestellte Sachverständige in allen Fällen fest, dass keine Kontamination an der Fassoberfläche vorhanden und die Fassintegrität – also Dichtheit und Stabilität – gegeben ist. Korrosionsbefunde werden im Rahmen der Nachqualifizierung bei der GNS behandelt. Deformationen und Farbabplatzungen sind für eine Nachqualifizierung nicht relevant. (NRWLT 2019b)

4.7.2 Zwischenlager am AKW-Standort Würzgassen

Die BGZ betreibt in NRW das Abfall-Zwischenlager Würzgassen (AZW), das seit 2007 in Betrieb ist (Abmessungen des Lagers: 40 m x 21 m x 10 m). Die Genehmigung der ehemaligen Transportbereitstellungshalle ist bis 31. Dezember 2045 befristet (für ein maximales Inventar von 4 E13 Bq). Es sind dort Abfälle aus dem Betrieb und Rückbau des AKW Würzgassen gelagert (3.992,8 Mg in 311 Gebinden). Weitere Einlagerungen sind nicht geplant, da das Lager voll ist.

Als Zwischenlager wird auch das UNS-Gebäude genutzt. Die entsprechende Genehmigung für Abfälle mit einer maximalen Aktivität von 1 E17 Bq ist bis 31. Dezember 2033 befristet. Dort werden konditionierte Abfälle (vor allem metallische Abfälle, Mischabfälle, Bauschutt, Ionenaustauscherharze, Verdampferkonzentrate) gelagert, (3.063 Abfallgebände mit 1.004,7 Mg). Diese Halle wird seit November 2020 geräumt und die Abfälle für einen Transport in ein Zwischenlager bereit gestellt. Möglicherweise sollen diese Abfälle in das zukünftige Zwischenlager am Standort Grafenrheinfeld transportiert werden.

Zum Zeitpunkt 31.12.2017 befanden sich am Standort Würzgassen 989 m³ konditionierte Abfälle in insgesamt 3.047 200-l- und 280-l- Fässern. Bereits 2.970 m³ Abfälle sind endlagerfertig konditioniert. Sie befinden sich in 327 Behältern (KC Typ II-IV, Gussbehälter Typ II und Betonbehälter Typ II).

(Zurzeit ist ein großes Zwischenlager am Standort Würzgassen geplant, siehe Kapitel 7)

4.7.3 Zwischenlager am Forschungszentrum Jülich

Die JEN Jülicher Entsorgungsgesellschaft für Nuklearanlagen mbH lagert die radioaktiven Abfälle in verschiedensten Lagereinrichtungen. Für schwachaktive Abfälle wurde 2008 von dem Forschungszentrum Jülich und der damaligen AVR GmbH gemeinsam die bestehende Lagerhalle IV erweitert. In der unmittelbar angrenzenden Halle V können weitere 5.000 m³ eingelagert werden. Für den schwachaktiven Abfall steht darüber hinaus noch eine weitere Lagerhalle zur Verfügung. In der Lagerhalle II ist Raum für nochmals 9.210 Stück 200-l-Fässer. Räumlich unmittelbar an die Halle II angrenzend befindet sich das Lager für den mittelaktiven Abfall. In Kammern unterteilt, können dort etwa 1.800 200-l-Fässer gelagert werden. Es werden dort Betriebs- und Rückbauabfälle aus Forschung und Entwicklung gelagert. Es waren dort im März 2020 insgesamt 16.971 Gebinde (5.088,9 m³) gelagert. (JEN 2020)

4.7.4 Zwischenlager der kerntechnischen Industrie (Urenco) in Gronau

Auf dem Gelände der Urananreicherungsanlage von Urenco lagert Uran in verschiedenen Anreicherungsstufen, Verbindungen und von verschiedenen Produktionsstufen. Es wird geschätzt, dass 100.000 m³ radioaktiver Abfall bei fortlaufendem Betrieb der Anlage anfallen können.

Auf dem Gelände der Anreicherungsanlage der Firma Urenco werden auch Betriebsabfälle im standorteigenen Zwischenlager aufbewahrt. Eine Kapazität von maximal 220 m³ in 48 Konrad Container V (und zusätzlich im Pufferlager I 150 200-l-Fässer und im Pufferlager II 230 m³ und 84 200-l-Fässer sowie 96 Positionen für VBA Behälter) ist nach § 7 AtG genehmigt.

Mit Stand März 2020 lagerten dort in 6 Konrad-Containern Typ V mit je 26 Stück 200-l-Fässern 47,1 Mg Abfälle (zementiertes Endkonzentrat, hochdruckverpresste Mischabfälle). Es fallen jährlich ein bis zwei Konradcontainer mit Mischabfällen an.

4.7.5 Landessammelstelle Nordrhein-Westfalen, Jülich

Die Landessammelstelle Nordrhein-Westfalen ist seit 1963 in Betrieb. Betreiber ist die Bezirksregierung Köln. Sie befindet sich auf dem Gelände des Forschungszentrums Jülich. Genehmigte Gesamtaktivität sind 2,6 E14 Bq. Genehmigte Kapazität sind 9.000 200-l-Fässer. Im März 2020 waren dort 1.589 Gebinde (516 Mg) gelagert. Es fallen jährlich 12-18 Gebinde an.

4.7.6 Landessammelstelle Niedersachsen bei der GNS in Jülich

Die GNS *Gesellschaft für Nuklear-Service mbH* betreibt mit dem Forschungszentrum Jülich seit 1992 eine Konditionierungseinrichtung (die Reststoffbehandlungs- und Abfallkonditionierungsanlage – REBEKA) innerhalb des Geländes des Forschungszentrums zur Behandlung von radioaktiven Betriebsabfällen.

Zum 01.07.2002 hat das Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz den Betrieb der Landessammelstelle für radioaktive Abfälle Niedersachsen einem privaten Dritten, die Gesellschaft für Nuklear Service mbH (GNS), übertragen. Die Annahme von Rohabfällen für die Landessammelstelle Niedersachsen sowie die Konditionierung dieser Abfälle erfolgt durch die GNS in ihrer Betriebsstätte auf dem Gelände des Forschungszentrums Jülich. Das Land Niedersachsen bleibt jedoch aufgrund der rechtlichen Bestimmungen uneingeschränkt verantwortlich und übernimmt auch weiterhin das Eigentum an den Abfällen. Die konditionierten Abfälle werden ins Zwischenlager Leese transportiert.

4.7.7 Weitere Lagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen in NRW

Im sicher eingeschlossenen Teil des *Thorium-Hochtemperaturreaktors (THTR) in Hamm* lagern 295 Mg feste radioaktive Abfälle, genehmigt nach § 7 Abs. 3 AtG. Die Abfälle sollen im Rahmen des Abbaus der Anlage – aktuell für den Zeitraum von 2030 bis 2042 geplant – entsorgt werden. Dort werden weiterhin die Abfälle aus Schmelzvorgängen eingelagert, die nicht mehr zugeordnet werden können. (NRWLT 2018a)

An der Schmelzanlage CARLA *der Firma Siempelkamp in Krefeld* lagern 679,4 Mg Rohabfälle und vorbehandelte Abfälle.

4.8 Rheinland-Pfalz und Saarland

In Rheinland-Pfalz und dem Saarland befindet sich jeweils eine Landessammelstelle. Weitere Zwischenlager sind nicht vorhanden. Am AKW-Standort Mülheim-Kärlich lagern 59,7 Mg Rohabfälle und vorbehandelte Abfälle.

4.8.1 Landessammelstellen Hoppstädten-Weiersbach und Elm-Derlen

Die Landessammelstelle Rheinland-Pfalz befindet sich in Hoppstädten-Weiersbach. Dort lagerten zum Stichtag 31.12.2017 176,3 Mg Rohabfälle und vorbehandelte Abfälle sowie 10 m³ konditionierte Abfallprodukte in 36 200-l-Fässern. Die radioaktiven Abfälle der Landessammelstelle **Saarland** können dort ab 2016 ebenfalls gelagert werden. Der Standort Elm-Derlen dient weiter als Pufferlager der Landessammelstelle Saarland. Dort befanden sich zum Stichtag 31.12.2017 weniger als 0,1 Mg Rohabfälle und vorbehandelte Abfälle.

4.9 Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen

In Sachsen befinden sich am Standort Dresden-Rossendorf ein Zwischenlager und die Landessammelstelle für Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen. In Sachsen-Anhalt und Thüringen werden keine schwach- und mittlerradioaktiven Abfälle zwischengelagert.

4.9.1 Zwischenlager Rossendorf (ZLR) und Landessammelstelle

Die radioaktiven Abfälle der Landessammelstellen **Sachsen, Sachsen-Anhalt** und **Thüringen** lagern in Rossendorf (Sachsen). Die genehmigte Kapazität beträgt 300 m³. VKTA – Strahlenschutz, Analytik & Entsorgung Rossendorf e. V. (VKTA) ist Betreiber des Lagers, das eine unbefristete Genehmigung hat. Am 31.12.2017 lagerten dort 78,2 Mg Rohabfälle und 9 m³ konditionierte Abfallprodukte in 31 Fässern.

Die VKTA organisiert auch den Rückbau der kerntechnischen Altanlagen am Forschungsstandort Dresden-Rossendorf und betreibt eine Konditionierungseinrichtung und ein Zwischenlager (ZLR). Die genehmigte Kapazität beträgt 2.270 m³. Dort lagerten am 31.12.2017 insgesamt 627,2 Mg Mischabfälle, 40 m³ konditionierte Abfallprodukte in 61 Gebinden und 589 m³ Abfälle in 339 Endlagergebinden. Die genehmigte Gesamtaktivität beträgt 5,6 E14 Bq. 2019 beträgt die Ausschöpfung der behördlich genehmigten Gesamtaktivität ca. 17%, die räumliche Auslastung des ZLR über 60%. Im Jahr 2019 wurden die gelagerten Abfallbehälter der jährlichen visuellen Kontrolle unterzogen. Dabei handelt es sich um eine visuelle Prüfung der im Stapelverbund einsehbaren Abfallgebinde bzw. der beim Öffnen der Lagercontainer einsehbaren Abfallfässer, Paletten oder Großkomponenten. Ebenso wurde 2019 in Erfüllung einer Nebenbestimmung der strahlenschutzrechtlichen Genehmigung die Prüfung des baulichen Zustandes des ZLR durch einen externen Sachverständigen durchgeführt. Nach Abschluss der Überprüfungen wurde dem ZLR ein guter baulicher Zustand bescheinigt. (VKTA 2020)

4.10 Schleswig-Holstein

In Schleswig-Holstein gibt es an einem Standort (Geesthacht) ein Zwischenlager, dort befindet sich auch die Landessammelstelle. An den AKW Standorten werden ebenfalls radioaktive Abfälle gelagert, aber bisher keine Zwischenlager betrieben.

4.10.1 Zwischenlager am Forschungszentrum Geesthacht und Landessammelstelle

Auf dem Gelände des Forschungszentrums **Helmholtz-Zentrum Geesthacht** – Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH³⁶, befinden sich 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 als Rohabfall. Die Bereitstellungshalle wurde nach Strahlenschutzverordnung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen mit zeitlicher Beschränkung zur Lagerung von Abfallgebinden mit Betriebsabfällen aus den Forschungsreaktoren und dem Heißen Labor genehmigt. Die HAKONA wurde nach Strahlenschutzverordnung zum Umgang mit radioaktiven Stoffen in 1981 unbefristet zur Lagerung von Abfallgebinden mit Abfällen des in 1979 stillgelegten Nuklearschiffes Otto Hahn genehmigt. Genehmigte Gesamtaktivität ist 1,48 E16 Bq. 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. (BACKMANN 2015) Das Forschungszentrum lagerte am 31.12.2017 387 m³ konditionierte Abfallprodukte in 1.144 Fässern sowie 3,2 Mg Rohabfälle und vorbehandelte Abfälle.

Auf dem Gelände des Helmholtz-Zentrums Geesthacht befindet sich auch die **gemeinsame Landessammelstelle der vier norddeutschen Länder** Hamburg, Bremen, Niedersachsen³⁷ und

³⁶ Es wurde 1956 als GKSS (Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt mbH) gegründet.

³⁷ Die Kontingente für Niedersachsen sind seit langem ausgeschöpft.

Schleswig-Holstein. 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% der Landessammelstelle werden Abfälle aus Medizin, Forschung und Industrie zwischengelagert.³⁸ (BACKMANN 2015) In der Landessammelstelle befanden sich zum 31.12.2017 54 m³ konditionierte Abfälle in 173 Fässern.

Die ältesten Gebinde wurden 1965 in die Landessammelstelle eingelagert; die eingelagerten Abfallgebände 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 fielen unter anderem falsch deklarierte Abfallfässer auf. 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. In den Jahren 2000 und 2001 erfolgte ein Umpacken des Inhalts von 132 Gebinden aufgrund beginnender Korrosion an den Behältern.

Die **Korrosion von 200-l-Stahlblechfässern** ist zuerst bei den Landessammelstellen aufgetreten und dort deutschlandweit ein bekanntes Problem³⁹, das wesentlich 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, korrodierte oder korrosionsgefährdete 200-l-Fässer in 280-l-Überfässer einzustellen. Aufgrund von auffälligen Werten der Luftaktivitätsüberwachung wurden im Jahr 2000 Korrosionsspuren an einzelnen Fässern entdeckt. Diese ließen den Austritt des Edelgases (Radon) Rn-222 zu. Weitere radioaktive Stoffe sind nicht ausgetreten. Das Überwachungskonzept wurde überarbeitet, insbesondere wurden die visuellen Kontrollen intensiviert und um die Kontrolle eines unabhängigen Sachverständigen erweitert. Bisher sind keine weiteren Korrosionsprobleme aufgetreten. (BACKMANN 2015)

4.10.2 Lagerung an den AKW Standorten Brokdorf, Brunsbüttel und Krümmel

Die BGZ betreibt bisher keine LAW/MAW-Zwischenlager in Schleswig-Holstein. Für die AKWs Brunsbüttel und Krümmel sind die Errichtung von Lagern für die Zwischenlagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle für 13.000 m³ bzw. 7.000 m³ geplant. Für den Abbau des AKW Brokdorf ist der Bau einer Transportbereitstellungshalle (TBH-KBR) geplant.

Auf dem Gelände des **AKW Brunsbüttel** befinden sich die Transportbereitstellungshallen (TBH) I und II. Es sind separate Gebäude, die jeweils für eine Gesamtaktivität von 1 E17 Bq genehmigt sind. Sie verfügen über eine Lüftungsanlage, die für eine gerichtete Luftströmung und Klimatisierung sorgt. Die Raumluft wird durch kontinuierliche Aerosolprobenahmen mit wöchentlicher Auswertung überwacht. Bei Bedarf ist eine Abluftfilterung möglich. Genehmigungen nach Strahlenschutzverordnung wurden 1982 sowie 1995 zeitlich beschränkt erteilt und in der Folge jeweils verlängert, zuletzt bis zum 31.12.2021. Zum Stichtag 31.12.2017 waren dort 220,8 Mg Rohabfälle und vorbehandelte Abfälle, 44 m³ konditionierte Abfallprodukte in 119 Fässern sowie 2.477 m³ Abfälle in 650 Endlagergebänden gelagert.

Am Standort des **AKW Krümmel** befinden sich Lagerkapazitäten von ca. 1.700 m³. Zur Zwischenlagerung werden ebenfalls Kavernen und ein Fasslager genutzt. Das älteste Gebinde wurde

³⁸ Die Einlagerungskapazitäten Niedersachsens sind ausgeschöpft, so dass Niedersachsen daneben eine eigene Landessammelstelle eingerichtet hat.

³⁹ 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.

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 (Brunsbüttel TBH 2, Zwischenlager Ahaus, Zwischenlager Gorleben). Alle Räume des Kontrollbereichs sind Bestandteil des nuklearen Lüftungssystems und werden gemäß den Vorgaben aus dem Betriebshandbuch betrieben. Es gab keine mit Brunsbüttel vergleichbaren Probleme. Dies haben u.a. Kamerainspektionen aller Fässer in den Kavernen und im Fasslager ergeben. In den vergangenen Jahren sind außerdem bei Handhabungen der Fässer neben Sichtkontrollen auch Beprobungen der Verdampferkonzentrate durchgeführt worden. Es wurde dabei festgestellt, dass die Trocknung der Fassinhalte ausreichend gewesen war und keine Nachtrocknung erforderlich ist. (SHLT 2014a)

Im **AKW Brokdorf** gibt es bisher keine Lagereinrichtung für eine langfristige Zwischenlagerung. Dort bestehen keine mit Brunsbüttel vergleichbaren Probleme (Kavernen, Verweilzeiten, Abfallbehandlungen). Im Aufbereitungsgebäude und im Reaktorhilfsanlagegebäude werden schwach- und mittelradioaktive Abfälle drei bis vier Jahre zum Abtransport (Lagerkapazität 560 m³) bereitgestellt. (SHLT 2014a) Die Konditionierung der Abfälle erfolgt kampagnenweise z.B. für Verdampferkonzentrate mit einer mobilen Trocknungsanlage durch einen Dienstleister. Anschließend werden diese Abfälle in die Zwischenlager für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung in Gorleben bzw. Ahaus transportiert. Die Lagerzeit kann in Einzelfällen aber stark abweichen. Das älteste gelagerte Gebinde stammt aus 1986 (Filterkerzen).

Bei einer betreiberseitigen visuellen Inspektion der eingelagerten Gebinde 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. Es wurden von der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde und dem Sachverständigen keine weiteren Maßnahmen festgelegt. Ein Umpacken von Gebinden aufgrund von Schäden erfolgte nicht. (BACKMANN 2015)

5 Der Vorfall im AKW Brunsbüttel und die Konsequenzen

Anfang 2012 wurde im AKW Brunsbüttel die Wandung eines Fasses mit Korrosionsschäden bei einer Umsaugaktion durch eine ungeplant langandauernde mechanische Belastung nahezu völlig zerstört. Bei der im Anschluss von der schleswig-holsteinischen Atomaufsicht angeordneten Inspektion der Kavernen (unterirdischen Lagerräumen), aus denen das Fass stammte, fanden sich bis zum Ende 2014 eine Vielzahl weiterer Fässer mit starken und stärksten Schäden bis hin zum Integritätsverlust.

Diese Befunde warfen für die schleswig-holsteinische Atomaufsicht, die Landespolitik und die Öffentlichkeit eine Reihe von Fragen auf. Im Ergebnis erfolgte 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.

Von Oktober 2014 bis März 2015 hat sich die Arbeitsgruppe „Vermeidung von Schäden bei der Lagerung von Atomabfällen“ bei der schleswig-holsteinischen Atomaufsicht mit den Ursachen der Korrosion von Fässern mit vernachlässigbar wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen in Schleswig-Holstein befasst.

Bedeutung im Hinblick auf Sicherheitsbelange erlangt dieser Vorgang dadurch, dass er als Indikator für die vorhandene bzw. nicht 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 keine Handlungsmaßnahmen abgeleitet und umgesetzt.

Die Lagerung in Kavernen stellt die Ausnahme dar und findet sich nur in den Siedewasserreaktoren der Baulinie 69 (Brunsbüttel, Krümmel, Philippsburg 1 und Isar 1). (DBT 2012a)

5.1 Historie der Fassproblematik im AKW Brunsbüttel

Um das Jahr 2004 wurde im AKW Brunsbüttel mit der Planung von Verdampferkonzentrat- und Filterkonzentratkampagnen bezüglich der in den Kavernen gelagerten Abfälle begonnen und zu diesem Zweck die Kaverne 4 geöffnet. Dabei **wurden von der Betreiberin erstmals „Korrosionsspuren“ an Fässern festgestellt**. Diese wurden von der Betreiberin nicht als 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. 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**. Die in den Jahren 2012 und 2013 vorbereiteten Inspektionen wurden im Jahr 2014 mit einer ferngesteuerten Kamera unter Strahlenschutzbedingungen durchgeführt. Untersucht wurden 573 Fässer, von denen 154 schwere Schäden, wie z.B. wanddurchdringende Korrosion oder Austritt von Fassinhalt aufwiesen. 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). Daraufhin entstanden je nach Durchlässigkeit der Fasswand und dem Auslaufen von Konzentraten in den Kavernen unterschiedlich stark ausgeprägte feuchte Atmosphären, die zur weiteren Korrosion dieser und anderer Fässer (Außenkorrosion) geführt haben.

Die Kavernen im AKW Brunsbüttel sind durch Betonabdeckriegel verschlossen. Taupunktunterschreitungen sind nicht ausgeschlossen. Die vorhandenen Kavernen wurden ab 1979 für die Zwischenlagerung von Rohabfällen befüllt. In Kaverne 5 wurden die sogenannten Mol-Fässer zwischengelagert. Dabei handelt es sich um betonierte Aschen und Komponenten u.a. aus dem AKW 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 statt. Ergebnis war:

- Kaverne 1: Korrosion an einzelnen Stahlfässern, Deformation eines Stahlfasses, Folie und Ablagerungen auf dem Kavernenboden. Von 120 Fässern sind 64 stark beschädigt.
- Kaverne 2: Korrosion an einzelnen Stahlfässern, Folie mit zäher Flüssigkeit und Ablagerungen auf dem Kavernenboden. Von 118 Fässern sind 20 stark beschädigt.
- Kaverne 3: Korrosion an einzelnen Stahlfässern. Von 74 Fässern sind 34 stark beschädigt.
- Kaverne 4: Korrosion an einzelnen Stahlfässern. Von 70 Fässern sind 18 stark beschädigt.
- Kaverne 5: Keine wesentlichen Auffälligkeiten
- Kaverne 6: Korrosion an einzelnen Stahlfässern. Von 164 sind 24 Fässer nicht vollständig einsehbar, 9 Fässer sind stark beschädigt.

5.2 Bewertung unter Sicherheitsaspekten

Als Maßstab für eine sicherheitstechnische Bewertung der Korrosionsschäden an Fässern sind die radiologischen Auswirkungen zu betrachten. Hilfsweise wird ein gut untersuchtes und für die hier betrachteten Fälle sehr abdeckendes Szenario zur Bewertung herangezogen: der Absturz eines Fasses bei der Handhabung.

Im Rahmen der Störfallanalysen zum Endlager Konrad hat es Untersuchungen von Freisetzungen durch Gebindeabstürze gegeben. Für den Absturz eines Gebindes der Abfallproduktgruppe mit dem geringsten Widerstand gegen äußere Einwirkungen und somit 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 0,1% 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. *Anmerkung: Auch wenn dies in der Kaverne des AKW Brunsbüttel so der Fall war, kann diese nicht verallgemeinert werden. Ganz im Gegenteil, es muss für Störfallanalysen davon ausgegangen werden, dass eine treibende Kraft zur Freisetzung vorhanden ist.*

Für den im AKW Brunsbüttel 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.

Ein wichtiger Aspekt für die sicherheitstechnische Bewertung ist die Frage, inwieweit eine **Sicherheitskultur** vorhanden ist, die für eine Atomanlage angemessen ist. Nur durch eine ausreichende 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 vorgefundene Situation in den Kavernen zeigt, dass es **Mängel** in der Sicherheitskultur gegeben hat. Hier wurden radioaktive Abfälle in ungeeigneter Weise längerfristig im AKW 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 die atomrechtliche Aufsichtsbehörde ist nicht tätig geworden. Auch der weitere Weg der Abfälle war nicht vorausgeplant. 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 ausgeschlossen werden kann, so muss die **Handhabbarkeit der Gebinde** stets sichergestellt werden. Das folgt aus den Schutzzielen „*Vermeidung und Minimierung von Strahlenexposition und Kontamination von Mensch und Umwelt*“.

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.

5.3 Ursachen für die Problematik

Im Folgenden werden die von der Arbeitsgruppe identifizierten Ursachen für die lange unbemerkte Korrosion in den Fasslagern kurz dargestellt.

5.3.1 Realitätsferne „hoffnungsvolle“ Aussicht auf ein baldiges Endlager

Hätte es in der ersten Hälfte der 1980er Jahre eine definitive Aussage gegeben, dass ein Endlager für vernachlässigbar wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle erst 2022 zur Verfügung steht und dann noch über 30 Jahre ein Rückstau abgearbeitet werden muss, wäre anders vorgegangen worden. 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.

5.3.2 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 gab. Bezeichnend ist etwa, dass sich für Verdampferkonzentrate nur die Aussage findet, es seien „im Allgemeinen Feuchtigkeitsgrade von 30 Gewichtsprozent 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.

5.3.3 Unzureichende Trocknungsmethode

Die in die Kavernen eingelagerten Abfälle waren zum Teil 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. 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 der unter dieser Deckelschicht befindliche Abfall wurde 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.

5.3.4 Unterbliebene Reaktionen auf neue Erkenntnisse

Es fand 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. Schon 2002 wurde in den RSK-Leitlinien deutlich gemacht, dass nicht nur die als Zwischenlager deklarierten Lager zu überwachen sind.

5.4 Handlungsempfehlungen der Arbeitsgruppe

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 AKW Brunsbüttel entstanden sind, effektiv zu verhindern. Die Handlungsempfehlungen verstehen sich als Impulse, in welche Richtung sich die Arbeit der Atomaufsicht weiter entwickeln sollte.

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.

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. 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.

- 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 ESK für Rohabfälle im AKW eingehalten werden.
- Es sollte ein Abfallkonzept in einer separaten Abfall- und Reststoffordnung im Rahmen des Betriebsreglements festgelegt werden.
- Um zukünftig Korrosionsprobleme bestmöglich vorbeugen zu können, muss ein **Alterungsmanagement** gemäß ESK-Leitlinien etabliert werden.
- 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.

- Die Prozessbeschreibungen sind unter Beteiligung von Sachverständigen **auf Unzulänglichkeiten hin zu überprüfen und ggf. zu ergänzen.**
- Es ist ein **softwarebasiertes Reststoff- und Abfallverfolgungs- und -kontrollsystem** festzuschreiben, in dem auch Rohabfälle und die zugehörigen Parameter wie Zustand, Verpackung und Lagerort erfasst 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.
- Es muss sichergestellt werden, dass künftig **vor der erstmaligen Verwendung einer Räumlichkeit als betriebliche Lagerfläche** eine Zustimmung durch die Aufsichtsbehörde einzuholen ist. Eine wesentliche Ursache, für die im AKW 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. Das könnte grundsätzlich auch heute noch passieren, da die Rechtslage unverändert ist. Dies muss vermieden werden.⁴⁰
- **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, das in regelmäßigen Abständen – z.B. jährlich – der Aufsichtsbehörde vorzulegen ist. Diese Anforderungen sollten in den Reststoff- und Abfallordnungen konkret umgesetzt werden.
- Für alle Lagerstätten sind regelmäßige Inspektionen vorzuschreiben, deren Einhaltung von der Atomaufsicht überwacht wird. Hierzu gehören auch wiederkehrende visuelle Inspektionen. 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.
- **Für alle Kombinationen aus Rohabfall bzw. teilkonditioniertem Abfall, Zustand, Verpackung und Lagerort sind maximale Lagerdauern festzuschreiben.**

5.4.1 Bedingungen für eine längerfristige Zwischenlagerung

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 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. Aus Sicht der Arbeitsgruppe zur Aufarbeitung der Ursache für die korrodierten Fässer im AKW Brunsbüttel wäre daher vertieft und systematisch zu untersuchen, ob für eine längerfristige Zwischenlagerung zusätzliche Kriterien und Aspekte in das Konditionierungsverfahren aufgenommen werden müssten („bundesweite Zwischenlagerbedingungen“).

⁴⁰ Das Problem stellt sich **nur innerhalb der Kontrollbereiche** wegen der dortigen weit reichenden Umgangsgenehmigungen; externe Lagerstätten durchlaufen dagegen ohnehin ein Genehmigungsverfahren.

5.4.2 Aufsichtsbehörde und Sachverständige

Fernziel sollte es laut Expertengruppe 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.

Zur Schaffung dieser zusätzlichen Kontrollebene und um der zunehmenden Bedeutung insbesondere der Langzeitstabilität von Abfallgebinden angesichts der noch für Jahrzehnte notwendigen Zwischenlagerung Rechnung zu tragen, sollte die **Atomaufsicht im Entsorgungsbereich verstärkt** werden.

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. 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.

Auch mit einer Verstärkung der Atomaufsicht bedarf es zusätzlich einer weiteren Stärkung auch der **Rolle der Sachverständigen**.

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 Abfälle zu informieren. Das aktuelle Atomgesetz enthält eine solche Festlegung nicht.

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.

6 Zustand der LAW/MAW

Veranlasst durch Auffälligkeiten bei der Lagerung von radioaktiven Abfällen hat die Entsorgungskommission (ESK) im Jahr 2014 einen ersten Fragenkatalog zur Überprüfung der Umsetzung der ESK-Leitlinien vom 10.06.2013 entwickelt, der sich auf alle Anlagen und Einrichtungen bezog, in denen radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung lagern.

Die ESK hat nach Auswertung der Antworten die Stellungnahme „*Umsetzung der ESK-Leitlinien für die Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung*“ mit insgesamt neun Empfehlungen erarbeitet und diese am 07.05.2015 verabschiedet. Die ESK stellte darin fest, dass die ESK-Leitlinien bisher in sehr unterschiedlichem Maße umgesetzt wurden und bemängelte u. a. das Fehlen systematischer und einheitlicher Überwachungs- und Inspektionsprogramme, insbesondere in Stau- und Lagerräumen, die unter der Betriebsgenehmigung des jeweiligen AKWs betrieben werden.

Die ESK bereitete 2017 eine zweite Abfrage vor, um den aktuellen Stand der Umsetzung der ESK-Leitlinien und der Empfehlungen der ESK-Stellungnahme vom 07.05.2015 zu ermitteln. Die Auswertung erfolgte generisch und stellt keine konkreten Bezüge zu einzelnen Anlagen her. Für

spezifische Anlagen kann nur im jeweiligen Aufsichtsverfahren geprüft werden, ob Handlungsbedarf besteht.

Die ESK-Umfrage 2017 gibt einen umfangreichen Überblick über die bestehenden Lager für radioaktive Abfälle. Entsprechend dem Anwendungsbereich der ESK-Leitlinien erfasst sie Lagerräume in zentralen Zwischenlagern, dezentrale Lager an den Standorten der Atomanlagen oder in diesen Anlagen sowie öffentliche oder private Sammelstellen. Insgesamt sind 52 Anlagen bzw. Einrichtungen mit 168 Lagerräumen erfasst.

Die Umfrage deckt eine Menge von 150.631 Abfalleinheiten¹ ab. Davon sind 64% ab 2002 entstanden (erstmalige Veröffentlichung der ESK-Leitlinien, Zeitraum C), 23% zwischen 1989 und 2001 (Etablierung von Produktkontrollvorgaben durch das BfS, Zeitraum B) und 13% aus der Zeit vor 1989 (Zeitraum A). (ESK 2018d)

6.1 Inspektionsergebnisse und Befunde

Insgesamt wurden in der Länderumfrage 7.608 Abfalleinheiten mit Befunden gemeldet. Davon wurden 2.909 Befunde auf Handhabungsursachen zurückgeführt. Dabei handelt es sich größtenteils um Lackschäden an der Gebindeaußenseite, die durch die Handhabung beim Ein- oder Umlagern entstanden sind. Für handhabungsbedingte Schäden erfolgte keine weitere statistische Auswertung, da aus den verfügbaren Datensätzen keine Korrelation zu den als relevant betrachteten Parametern erkannt wurde.

Die

Tabelle 4 gibt eine Gesamtdarstellung über die gemeldeten 4.699 Befunde, die nicht auf Handhabungsschäden zurückzuführen sind, sortiert nach

- Befundart (z. B. Innenkorrosion, Druckaufbau/Blähung)
- Herstellungszeitraum der Abfalleinheiten (A: vor 1989, B: 1989 bis 2001, C: ab 2002)
- Kategorisierung der betroffenen Abfalleinheiten gemäß dem Verzeichnis radioaktiver Abfälle:
 - Rohabfall (RA)
 - Vorbehandelter Abfall (VA)
 - Abfallprodukte in Innenbehältern (P1)
 - Produktkontrollierte Abfallprodukte (P2)
 - Konrad-Gebinde bzw. in Konradbehältern verpackte Abfallprodukte (G1)
 - Produktkontrollierte Abfallgebände (G2)

Tabelle 4: Anzahl der Abfalleinheiten mit Befund (ohne Handhabungsschäden) differenziert nach Befundart und Behandlungs-/Verpackungszeitpunkt bezogen auf die Abfallkategorie (ESK 2018d)

Befundart Behandlungs-/ Verpackungszeitpunkt	Abfallkategorien						Gesamtergebnis
	RA	VA	P1	P2	G1	keine Angabe	
Defekte Dichtung		1	1			1	3
B (1989 – 2001)			1				1
C (ab 2002)		1					1
k. A.						1	1
Fehldeklaration von Quellen	2						2
B (1989 – 2001)	2						2
Öl unbekannter Herkunft auf Fassdeckel			1				1
C (ab 2002)			1				1
Korrosion	28	1.484	2.925	4	144	10	4.595
A (vor 1989)	12	731	459		59	3	1.264
B (1989 – 2001)	5	753	2463	3	85	1	3.310
B/C	2		3				5
C (ab 2002)	9			1			10
k. A.						6	6
Lackschäden: Farbabhebungen, - ablösungen			3		75		78
A (vor 1989)			1				1
A/B					75		75
B (1989 – 2001)			2				2
Beschädigung Fass von innen bei Beladung			1				1
A (vor 1989)			1				1
Farbveränderung aufgrund Wärmeeinwirkung von außen			1				1
C (ab 2002)			1				1
Deckelwölbung durch Überdruck	1	7	8	1	1		18
A (vor 1989)			4	1			5
B (1989 – 2001)			3				3
B/C		7					7
C (ab 2002)	1		1		1		3
Gesamtergebnis	31	1.492	2.940	5	220	11	4.699

Eine weitergehende Auswertung zeigt außerdem, dass der größte Anteil, 96,6% (4.537), der nicht handhabungsbedingten Befunde auf eine Korrosion von innen zurückzuführen ist; lediglich 1,2% (58) der Befunde resultieren aus einer Korrosion, die durch äußere Einflüsse initiiert wurde.⁴¹ Aufgrund der geringen Anzahl von Befunden durch Korrosion von außen ist kein systematischer Zusammenhang zwischen den Befunden und den Lagerbedingungen (z. B. Raumluftkonditionierung) und der Art der Aufstellung erkennbar.

Es zeigte sich zudem, dass von den insgesamt 4.699 Befunden weniger als 0,5% auf den Herstellungszeitraum C ab 2002 entfallen. Auch wenn es bei der Aufbewahrung von radioaktiven Abfällen aufgrund von Korrosion zu einem Integritätsverlust kam, waren laut ESK die direkten radiologischen Auswirkungen auf die Umgebung vernachlässigbar.

⁴¹ Dies kann z. B. durch die Art der Beschichtung, durch eine Beschädigung der Beschichtung z. B. durch Handhabungsschäden bei der Konditionierung oder durch die Geometrie des Fasses (Kondenswasserbildung z. B. an Rollreifen) verursacht werden.

6.2 Korrosion von innen

Die Abfälle mit Befund „Korrosion von innen“ (4.537 Stück) stammen überwiegend aus den Zeiträumen A und B. Es handelt sich mehrheitlich um 200-l-Fässer, die den Abfallkategorien VA und P1 zugeordnet sind. Nur 144 Befunde sind G1-Gebinden (Konrad-Container) zuzuordnen, die in den Zeiträumen A (59 Gebinde) und B (85 Gebinde) hergestellt wurden.

Die Korrosionserscheinungen der auffälligen Fässer können größtenteils auf Beschädigungen der inneren Fassbeschichtung, die während der Beladung entstanden sind, in Verbindung mit Feuchtigkeit im Fass zurückgeführt werden. Insbesondere ältere zementierte Abfälle sind auffällig, z. B. in Zementmörtel eingerührte Aschen oder Verdampferkonzentrate. Es ist hierbei von Beschädigungen der Fassinnenbeschichtung durch Kontakt mit dem Rührer auszugehen. Auffällig waren aber auch einige verpresste Abfälle aus dem Zeitraum A, bei denen es ebenfalls zu einer mechanischen Beschädigung der Fassinnenbeschichtung gekommen ist. Ursache waren mit hoher Wahrscheinlichkeit Kratzer an der Fassinnenseite durch Kontakt mit dem Pelletgreifer beim Befüllen der Fässer. Möglich ist auch, dass keine neuen Fässer als Innenbehälter im Konrad-Container, sondern alte, evtl. vorgeschädigte Fässer verwendet wurden.

Die Häufung der Befunde bei Abfällen aus dem Zeitraum A und B wird darauf zurückgeführt, dass in früheren Zeiten (vor dem Jahr 2002) im Rahmen des Konditionierungsverfahrens die endlagerrelevanten Produkteigenschaften (z. B. Druckfestigkeit) im Vordergrund standen. **Spezifische Aspekte der längerfristigen Zwischenlagerung, z. B. Unversehrtheit der Innenbeschichtung, Schrumpfverhalten des Verfestigungsmittels in Verbindung mit Kondensatbildung, wurden erst ab 2002 verstärkt berücksichtigt.**

Bei den korrodierten G1-Gebinden handelt es sich dabei um mit Zementmörtel vergossene bzw. verfüllte, dünnwandige Stahlblechcontainer. Auf den Schutz der Innenbeschichtung, z. B. beim Einfüllen von Bauschutt oder beim Einlegen von Fässern, wurde auch hier erst seit 2002 besonderes Augenmerk gelegt. Durch Niederschlag der Feuchtigkeit in den Spalt zwischen Betonmatrix und (ungeschützter) Containerwand bildet sich Kontaktkorrosion, die über die Jahre/Jahrzehnte dazu geführt hat, dass die Container von innen durchkorrodiert sind.

Ab dem Jahr 2002 wurde bei der Qualifizierung von Konditionierungsverfahren auch auf die Randbedingungen einer längerfristigen Zwischenlagerung geachtet, so z. B. auf die Behältereigenschaften (bezüglich der Innenbeschichtung) und die Produkteigenschaften (des verwendeten Zements). Dass die Abfalleinheiten aus dem Zeitraum C keine oder nur selten Befunde aufweisen, ist laut ESK ein starker Hinweis darauf, dass entsprechende Maßnahmen greifen. Zwar weisen die Abfalleinheiten aus diesem Zeitraum vergleichsweise kurze Lagerzeiten auf, gleichwohl wären im Falle systematischer Beeinträchtigungen bei der zu unterstellenden Geschwindigkeit von Korrosionsprozessen bereits Befunde zu erwarten. Durch verifizierende Maßnahmen sollte sichergestellt werden, dass systematische Effekte auch über längere Zeiträume auszuschließen sind.

6.3 Überwachungskonzepte, Inspektionsprogramme und Qualifizierungskonzepte

Bereits in den „Sicherheitsanforderungen an die längerfristige Zwischenlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle“ der Reaktorsicherheitskommission (RSK) von 2002 wurde ein Überwachungskonzept für mögliche Langzeit- und Alterungseffekte gefordert. Das wurde nur begrenzt umgesetzt. Mit den ESK-Leitlinien 2013 wurden die RSK-Empfehlungen aktualisiert. Diese enthalten bezüglich Überwachungskonzept und Inspektionen folgende Forderung: Muss bei der Zwischenlagerung davon ausgegangen werden, dass die Rückhalteeigenschaften der Abfallgebände einer relevanten zeitlichen Veränderung unterliegen, sind Maßnahmen für eine rechtzeitige Erkennung nachteiliger Entwicklungen zu treffen. Dafür ist ein Konzept zu entwickeln.

Auf die Frage an die Betreiber der Lagereinrichtungen, ob ein verbindliches Überwachungskonzept in den Betriebsunterlagen festgelegt sei, wurden unterschiedliche Unterlagen wie Arbeits- und Betriebsanweisungen, Betriebshandbuch, Prüfhandbuch etc. genannt. In 23 Fällen wurde allerdings auch angegeben, dass es keine entsprechenden Festlegungen in verbindlichen Dokumenten gäbe.

Die Rückmeldungen bezüglich des Inspektionsumfangs zeigen eine große Bandbreite von „Inspektionen am gesamten Bestand der Gebinde“, „an Referenzgebinden“ bis hin zur Angabe „keine regelmäßigen Inspektionen“. Hinsichtlich der Antworten zur Inspektionshäufigkeit zeigen sich ebenfalls große Unterschiede. Beispielsweise wird angegeben „bei Handhabung“, „visuell im Einzelfall“, „halbjährlich“ oder „jährlich“. **Bei einer groben Abschätzung ergibt sich, dass bei etwa einem Drittel der Lagerräume keine regelmäßigen Inspektionen durchgeführt werden, darunter finden sich sowohl Lagerräume in Anlagen als auch eigenständige Zwischenlager.**

Zur Frage der Inspektionen, die durch die Aufsichtsbehörde bzw. von den Sachverständigen durchgeführt oder begleitet werden, liegen ca. 50 verschiedene Antworten vor; z. B. wird auf „einmalige oder anlassbezogene Inspektionen“ verwiesen, es werden „regelmäßige Begehungen“ angeführt oder „Inspektionen im Produktkontrollverfahren“ genannt.

Entsprechend der ESK-Leitlinien ist vor Durchführung der eigentlichen Arbeiten die Vorgehensweise zur Entsorgung beginnend vom Rohabfallanfall über den Konditionierungs- und Zwischenlagerzeitraum bis hin zum Zeitpunkt des Abrufs der Abfallgebinde zur Einlagerung in das Endlager Konrad zu planen. Die Auswertung der Angaben zu Qualifizierungskonzepten lässt darauf schließen, dass diese nicht durchgängig vorliegen oder nur Teilaspekte abdecken. Konkrete Konzepte mit Zeitplänen – insbesondere für die Nachqualifizierung von älteren Abfällen der Kategorien A und B – werden bis auf bei wenigen einzelnen Anlagen nicht beschrieben.

6.4 Änderungsvorschläge zu den bestehenden ESK-Leitlinien

In der ESK-Stellungnahme von 2015 sind neun Empfehlungen formuliert, deren Anwendung von der ESK 2017 überprüft wurden. Als Ergebnis dieser Überprüfung formuliert die ESK folgende Empfehlungen und Hinweise:

- Die ESK empfiehlt, dafür Sorge zu tragen, dass systematische Handhabungsschäden an Verpackungen vermieden werden.
- Bei Abfalleinheiten aus dem Zeitraum C (ab 2002) – diese weisen bisher keine oder nur selten Befunde auf – sollte durch verifizierende Maßnahmen sichergestellt werden, dass systematische Beeinträchtigungen auch über längere Zeiträume auszuschließen sind.
- Die ESK hält es für erforderlich, Überwachungskonzepte zu erstellen und umzusetzen. Dabei sollten Abfallkategorien, die in den Zeiträumen A und B hergestellt wurden und bei denen „wässrige“ Verfahren (Vergießen, Verrühren oder Verfüllen mit Zementmörtel) angewendet worden sind (im Folgenden als befundanfällige Abfallkategorien bezeichnet), prioritär berücksichtigt werden.
- Die als Teil der Überwachungskonzepte festzulegenden Inspektionsprogramme sollten einen besonderen Schwerpunkt auf die als befundanfällig identifizierten Abfallkategorien legen.
- Insbesondere in Anlagen, in denen für befundanfällige Abfallkategorien bisher ein geringer Inspektionsgrad zu verzeichnen ist, sollte der Anteil der Inspektionen zeitnah erhöht werden.
- Für alle Abfälle sind Qualifizierungskonzepte zu erstellen, verbindlich zu dokumentieren und umzusetzen. Insbesondere für die befundanfälligen Abfallkategorien ist im Rahmen der Qualifizierungskonzepte auch der Umgang mit den tatsächlich oder potenziell beeinträchtigten Abfalleinheiten zu planen.
- Die wesentlichen Faktoren bei der Ableitung einer Inspektionshäufigkeit sind die Aspekte Konditionierungsart und -zeitpunkt.

Die ESK stellt ferner fest, dass der Großteil der Empfehlungen aus der Stellungnahme zur Umsetzung der ESK-Leitlinien von 2015 nach wie vor zu beachten ist. Zusammengefasst sind dies folgende Empfehlungen:

- Seitens der Aufsichtsbehörden sollten Qualifizierungskonzepte für alle Abfallströme eingefordert werden. Ergänzend gilt folgender aktueller Hinweis: Für die Qualifizierungskonzepte ist der Abfalleigentümer verantwortlich. Sofern dieser nicht mit dem

Lagerbetreiber identisch ist, sind die unterschiedlichen Zuständigkeiten zu beachten und die Forderungen nach einem Qualifizierungskonzept an den Abfalleigentümer zu richten.

- Die betreiberseitigen Regelungen und Maßnahmen zur Überwachung der Lagerräume sind entsprechend der ESK-Leitlinien zu gestalten.
- Die zuständigen Aufsichtsbehörden sollten prüfen, ob für alle Lagerräume, in denen Abfalleinheiten lagern, deren Rückhalteeigenschaften sich bei einer längeren Zwischenlagerung möglicherweise ungünstig verändern, ein angemessenes Überwachungskonzept vorliegt bzw. noch erstellt werden muss.
- Es sollte ein systematischer Austausch zwischen Betreiber und Aufsichtsbehörden sowie von Betreibern untereinander gepflegt werden.
- Bei der Festlegung von Inspektionsumfängen und Referenzgebinden sind die Erkenntnisse über die befundanfälligen Abfallkategorien zu berücksichtigen.
- Eine aufsichtliche Kontrolle der Inspektionen von Abfallgebinden und Lagerräumen durch Überprüfungen vor Ort sowie durch Überprüfungen der vom Betreiber vorgelegten Inspektionsergebnisse wird weiterhin empfohlen.
- Bei der Festlegung von Überwachungskonzepten sollten die Lüftungskonzepte nach wie vor berücksichtigt werden, auch wenn die Auswertung der Umfrage keine direkte Abhängigkeit der gemeldeten Befunde vom Lüftungskonzept gezeigt hat.⁴²

Es hat sich in den letzten fast 20 Jahren gezeigt, dass die Verfassung der ESK-Leitlinien (vorher RSK-Empfehlung) zur Zwischenlagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle nicht ausreichend ist, um Alterungsschäden zu vermeiden. Das lag aber auch daran, dass diese nicht befolgt wurden.

7 Bereitstellungslager Konrad (ZL Würzgassen)

Das Bundesumweltministerium (BMU) beauftragte die Gesellschaft für Zwischenlagerung (BGZ), das Bereitstellungslager Konrad, ein großes Zwischenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle, zu planen und zu errichten. (LOK 2021)

Das BMU hatte zuvor die ESK gebeten, eine Stellungnahme dazu abzugeben, welche Randbedingungen aus technischer Sicht für das geplante Bereitstellungslager eingehalten werden müssen und wie sich diese auf Kriterien für das Findungsverfahren für ein solches Bereitstellungslager auswirken.

Die ESK veröffentlichte die Stellungnahme „*Sicherheitstechnische und logistische Anforderungen an ein Bereitstellungslager für das Endlager Konrad*“ im Juli 2018. (ESK 2018e)

Aus Sicht der ESK ist ein Bereitstellungslager für eine optimierte Beschickung des Endlagers Konrad unabdingbar. Dabei sind allerdings laut ESK eine Reihe von Aspekten und Randbedingungen zu berücksichtigen.

Aus Sicht der ESK sind einerseits Sicherheitsfragen wichtig. Für ein zukünftiges Bereitstellungslager sind alle Sicherheitsanforderungen zu erfüllen, die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik für die Lagerung und die Handhabung von radioaktiven Abfällen bestehen. Hierzu sind die aktuellen Anforderungen sowie Erfahrungen aus dem Betrieb von Zwischenlagern zu betrachten. Darüber hinaus werden auch die Erkenntnisse aus den über die Auslegung hinausgehenden Betrachtungen, den sogenannten „Stresstests“, zu berücksichtigen sein. Die ESK formuliert Anforderungen zu Strahlenschutzinstrumentierung, Kontaminationsüberwachung, Bauwerksanforderungen, Ein- und Ausgangskontrolle, Durchführung von Maßnahmen an den Gebinden und Störfallanalysen.

⁴² Etwa zwei Drittel der Lagerräume verfügen über eine gerichtete Luftführung und in 69% der Fälle wird eine Taupunktunterschreitung vermieden. Etwa die Hälfte der Räume wird über eine Mess- und Filtereinrichtung entlüftet. Größtenteils werden die Abfälle gestapelt gelagert.

Aus Sicht der ESK stellt andererseits die Funktion eines Bereitstellungslagers erhebliche Anforderungen an das Funktionieren des Lagers sowie des An- und Abtransportes, weil der Durchsatz, der für die Einlagerung im Endlager Konrad angestrebten Mengen auch logistisch gewährleistet sein muss. Die ESK stellt fest, dass technisch gesehen ein Bereitstellungslager direkt am Standort des Endlagers Konrad offensichtliche Vorteile hätte, weil die Wege kurz wären und für den Transport vom Bereitstellungslager in das Endlager Konrad keine öffentlichen Transportwege genutzt werden müssten.

Nach Aussage der BGZ stellt die o.g. ESK-Stellungnahme die Grundlage für die gutachterliche Bewertung der potenziellen Eignung eines Standorts dar.

Im Auftrag des BMU hat die BGZ die Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA), die Bodenverwaltungs- und -verwertungs GmbH (BVVG), das Bundesministerium der Verteidigung (BMVg) und die Deutsche Bahn (DB) gebeten, potenzielle Flächen aus ihrem Besitz zu identifizieren. Die drei im Suchgebiet befindlichen AKWs wurden aufgrund ihrer infrastrukturellen Anbindung und Nutzung ebenfalls in die Betrachtung mit aufgenommen. (LOK 2021)

Für die Abfrage bei den Institutionen wurden von der BGZ fünf Kriterien vorgegeben: Radius (Luftlinie) von bis zu 200 Kilometer um das Endlager Konrad; Fläche größer als 30 Hektar, Abstand zur Wohnbebauung bzw. zu geschlossenen Siedlungsgebieten größer als 300 Meter, ein Gleisanschluss bzw. dessen zeitnahe Realisierbarkeit und keine Naturschutzgebiete oder anerkannt schützenswerte Flächen. (BGZ 2019)

28 Standorte wurden im Umkreis von 200 Kilometern vom Endlager Konrad untersucht. Nur neun Areale hätten einen Großteil der Kriterien erfüllen können. Die BGZ betrachtete die Kriterien „Abstand zum nächsten Gleisverlauf“⁴³ sowie „Transportweg Straße zu Schacht Konrad“ als maßgeblich entscheidungsrelevant. Die BGZ weist in ihrer Unterlage „Standortempfehlung ‚Zentrales Bereitstellungslager Konrad‘“ den Standort Würzgassen als den geeignetsten Standort aus. Die Vornutzung als Standort für ein AKW⁴⁴ und die aktuelle Nutzung mit zwei Zwischenlagern für schwach- und mittelradioaktive Abfälle⁴⁵ bietet laut BGZ eine Reihe von Infrastruktur- und Erschließungsvorteile. Daher kann von einer grundsätzlich zügigeren Realisierung ausgegangen werden.

Die BGZ bezeichnet das Bereitstellungslager als Logistikzentrum für das Endlager Konrad (LoK). Die gesetzliche Grundlage für die Errichtung eines LoK bildet das Entsorgungsübergangsgesetz, das von einem „zentralen Bereitstellungslager für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung als Eingangslager für das Endlager Konrad“ spricht. Die unverzügliche Planung und Errichtung eines solchen Lagers ist mit dem Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD für die 19. Legislaturperiode beschlossen worden.⁴⁶ (LOK 2021)

Für dieses zentrale Zwischenlager soll bis 2027 ein ca. 324 Meter langes, 125 Meter breites und 16,50 Meter hohes Zwischenlager auf dem Gelände des ehemaligen AKW Würzgassen gebaut werden. Die Stahlbetonhalle wird in mehrere Hallenschiffe, zwei Verladebereiche sowie in einen gesonderten Bearbeitungsbereich unterteilt. Die Lagerkapazität der Hallen soll 60.000 m³ betragen.

⁴³ Das potenzielle Standortgelände sollte möglichst entweder einen existierenden Bahnanschluss oder einen früheren Bahnanschluss, dessen wesentliche Elemente (Trasse, Abzweigmöglichkeit aus dem Bahnnetz) noch vorhanden sind, aufweisen. Der Abstand zum nächsten Gleisverlauf muss weniger als zehn Kilometer betragen; geeignet sind nur güterverkehrsfähige Gleisverläufe, Schwerlasteignung, Verfügbarkeit einer zweigleisigen Strecke, Erreichbarkeit aus mehr als einer Richtung.

⁴⁴ Das AKW Würzgassen ist seit 1997 stillgelegt, der Rückbau der nuklearen Anlagenteile seit 2014 abgeschlossen.

⁴⁵ Am Standort befindet sich eine Zwischenlagereinrichtung bestehend aus dem UNS-Gebäude und der Transportbereitstellungshalle (TBH).

⁴⁶ „Für einen zügigen Einlagerungsbetrieb ist die Errichtung eines Bereitstellungslagers unverzichtbar. Wir wollen deshalb ein solches Bereitstellungslager einrichten und mit den Planungen dafür unverzüglich beginnen.“ Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD, Februar 2018

Das BMU hat die Standortempfehlung der BGZ durch ein Gutachten des Öko-Instituts überprüfen lassen. Laut Öko-Institut sprechen für die potenzielle Eignung von Würiggassen die zeitnahe Verfügbarkeit der Fläche, der nur bei diesem Standort vorhandene erschließbare Gleisanschluss und der Betrieb von zwei Zwischenlagern mit schwach- und mittelradioaktiven Abfällen auf dem Anlagengelände, die eine Eignung aus technischer und regulatorischer Sicht annehmen lassen. Aspekte, die gegen die weitere Prüfung des Standorts auf seine Geeignetheit sprechen, ergaben sich nicht. Im Hinblick auf die gewählte Methode kritisiert das Öko-Institut die gewählten Kriterien für die Abfrage nach geeigneten Flächen. Für den nächsten Schritt der Bewertung der Flächen hätten diese Kriterien begründet, konkretisiert und ergänzt werden können. Insbesondere die unter „Bemerkungen“⁴⁷ identifizierten Kriterien haben hohe Relevanz für die Bewertung des jeweiligen Standortes und hätten deutlicher in die Bewertungsmatrix integriert werden können. Die Vorgehensweise bei der Standortauswahl zur Aufnahme in den Flächenpool wäre so nachvollziehbarer gewesen. Beim Ranking der Flächen des Flächenpools hätten die zugrunde gelegten Variablen ebenfalls diskutiert und erweitert werden können. So wurde lediglich für den Standort Würiggassen kein Risiko identifiziert, das die zeitnahe Realisierung behindern könnte. (OEKOINSTITUT 2020a)

In einer weiteren Stellungnahme nimmt das Öko-Institut eine Erstbewertung des Standorts Würiggassen vor. Dabei stellt das Öko-Institut fest: Zum jetzigen Zeitpunkt erfüllt der Standort einige Anforderungen der ESK nicht vollständig oder eine abschließende Bewertung ist aufgrund fehlender Informationen noch nicht möglich. Nach Auffassung des Öko-Instituts führt dies aber zu keinem grundsätzlichen Eignungsausschluss des Standorts Würiggassen. Zur abschließenden Klärung der Eignung des Standorts aus sicherheitstechnischer und logistischer Sicht sind weitere Planungen, Untersuchungen und Nachweise erforderlich. Diese sind typischerweise im Rahmen des Genehmigungsverfahrens zu erbringen. Einige ESK-Anforderungen sind derzeit nicht nachgewiesen: Die Forderung nach Zweigleisigkeit der anbindenden Bahnstrecke ist nicht erfüllt und der Standort ist nicht vollständig hochwasserfrei. Die Hochwasserfreiheit lässt sich aber aus Sicht des Öko-Instituts voraussichtlich durch entsprechende bauliche Maßnahmen (z. B. Geländeaufschüttung) herstellen. Zudem ist die Erfüllung einiger ESK-Anforderungen bisher nicht vollständig belegt: Im Gebiet liegt prinzipiell verkarstungsfähiges Gestein vor, so dass das Risiko von Bergsenkungen im Rahmen geotechnischer Untersuchungen zu betrachten ist. Es liegen keine abschließenden Ermittlungsergebnisse zu Störfallanlagen in Standortnähe vor. Der Einfluss der vorhandenen Anlagen ist ebenfalls zu prüfen. Das Holzlager birgt ggf. Brandrisiken. Die Sprengstofffreiheit ist nicht bewertbar. (OEKOINSTITUT 2020b)

Begründung für das Bereitstellungslager Konrad

Die ESK erklärt bzgl. der Gründe für das Bereitstellungslager: Ursprünglich war geplant, dass der Endlagerbetreiber die zur Einlagerung vorgesehenen Abfallgebände (G2-Gebäude) bedarfsgerecht bei den verschiedenen Ablieferungspflichtigen abrufen. Zwischenzeitlich gibt es Optimierungsüberlegungen dahingehend, dass das Abrufsystem durch eine Koordinationsstelle ersetzt wird, in der neben der BGE auch die EWN, zuständig für die Abfälle der öffentlichen Hand, und die BGZ, zuständig für die Abfälle der Energieversorger und der Industrie, vertreten sind. Diese Koordinationsstelle soll die Aufgabe haben, die Anlieferung der Abfälle an das Endlager Konrad mit einem Vorlauf von etwa 18 Monaten zu planen. Dieser zeitliche Vorlauf ergibt sich dadurch, dass auf Basis einer Meldung der verfügbaren Abfallgebäude durch die Koordinationsstelle und der zu berücksichtigenden Betriebsparameter durch den Endlagerbetreiber eine iterative Optimierung der Kampagnen- und Einlagerungsplanung erfolgt, bis dann etwa zwei Monate vor der eigentlichen Einlagerung die jeweiligen Teilmengen final abgerufen werden.

Die Einlagerung in das Endlager Konrad unterliegt verschiedenen Restriktionen. In den einzelnen Einlagerungskammern werden abwechselnd Gruppen von kubischen und zylindrischen Abfallgebänden eingebracht. Dabei muss aus Sicherheitsgründen sowie aus Gründen der Betriebsoptimierung darauf

⁴⁷ Z. B. Erschwernisse bei der Erschließung des aktiven Gleisverlaufs

geachtet werden, dass bestimmte Parameter, wie Störfall-, Kritikalitäts- und thermische Summenwerte die zulässigen Werte nicht überschreiten. Weitere Einschränkungen bei der Zusammenstellung einzelner Einlagerungschargen können sich aus den Anforderungen der gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis sowie den Vorgaben zur Stapelintegrität, transportrechtlichen Bestimmungen, behälterbauartspezifischen Auflagen und eventuell erforderlichen technischen Zusatzmaßnahmen ergeben. Um eine genehmigungskonforme Einlagerung zu gewährleisten, ist daher eine optimierte Anordnung der einzulagernden Abfallgebände erforderlich.

Die Abfälle wiederum befinden sich bis zur Ablieferung an das Endlager an vielen verschiedenen Zwischenlagerstandorten. Abhängig vom jeweiligen Lagerkonzept sind die Abfälle in diesen Lagern teilweise nicht frei zugänglich und können ggf. nur nach dem „first in – last out“ Prinzip verfügbar gemacht werden. Auf Grund der jeweiligen Platz- und Genehmigungssituation ist eine optimierte Zusammenstellung kompletter Einlagerungschargen für eine „Just-in-time“ Anlieferung an das Endlager Konrad nicht überall gegeben. Auch kann es sein, dass für eine optimierte Einlagerung in das Endlager Konrad Abfälle aus unterschiedlichen Standorten und von unterschiedlichen Ablieferungspflichtigen zu einer Charge zusammengestellt werden müssen. Hieraus ergibt sich, dass eine kontinuierliche „Just-in-Time“ Anlieferung optimierter Einlagerungschargen aus Sicht der ESK ohne ein zentrales Bereitstellungslager nicht möglich ist.

Eine weitere Herausforderung stellt die Handhabung von zylindrischen Gebänden (Rundgebänden) dar. Diese werden in der Regel stehend transportiert, müssen aber im Endlager Konrad liegend gehandhabt werden. Dies soll mit Hilfe einer Wendevorrichtung und sogenannten Tauschpaletten, mit denen die Rundgebände liegend gehandhabt werden können, erfolgen. Von den Tauschpaletten wird eine größere Anzahl benötigt. Aus Optimierungsgründen ist es sinnvoll, das Umladen der Rundgebände sowie die Lagerung und Wartung des erforderlichen Equipments zentral durchzuführen. Hierfür wird allerdings ausreichend Platz benötigt, der im Endlager Konrad nicht vorhanden ist.

Darüber hinaus kann es bei einigen Abfallgebänden erforderlich werden, dass unmittelbar vor der Abgabe an das Endlager noch Maßnahmen zur vollständigen Einhaltung der Endlagerungsbedingungen des Endlagers Konrad erforderlich werden. Hierzu gehören der Nachweis der drucklosen Anlieferung (Innendruck kleiner 1,2 bar), der Nachweis, dass der Anteil freier Flüssigkeit maximal 1% des Nettogebändevolumens beträgt und – sofern erforderlich – der Nachweis der Integrität des Dichtungssystems. Hierfür sind geeignete Einrichtungen mit Lüftungs-/Filteranlagen und Strahlenschutzmesseinrichtungen vorzuhalten, für die entsprechende Stellflächen benötigt werden.

Insgesamt sieht der Planfeststellungsbeschluss für das Endlager Konrad detaillierte Vorgaben für die Einlagerung der radioaktiven Abfälle vor. Deshalb müssen die Abfälle in genau festgelegten „Chargen“ angeliefert werden. Da laut BGZ aufgrund der Vielzahl von Anlieferern hinsichtlich einer optimierten Zusammenstellung von Einlagerungschargen eine gewisse Komplexität und damit Störanfälligkeit zu erwarten ist, soll das Bereitstellungslager errichtet werden.

Die Aufgabe, die jeweils richtigen Abfallzusammensetzungen zur genau richtigen Zeit anzuliefern, ist schwerer, wenn sie aus dezentralen Zwischenlagern erfolgen muss. Im geplanten Lager können die Chargen demgegenüber so zusammengestellt werden, wie sie für die Einlagerung benötigt werden. Das Betriebsgelände des Endlagers Konrad ist zu klein, um große Mengen Abfälle vorrätig zu halten. Am Endlager Konrad ist lediglich eine Pufferhalle vorgesehen, die im Wesentlichen dazu dient, im Fall von Betriebsstörungen die bereits angelieferten Abfälle temporär einzulagern. Die Kapazität liegt zwischen rund 150 und 260 Transporteinheiten. Dies entspricht bei einschichtiger Betriebsweise etwa dem Einlagerungsvolumen von zwei bis drei Wochen.

Die Abfälle müssen deshalb „Just-in-Time“ angeliefert werden. Die BGZ erklärt, dass die Abfälle zudem laut Planfeststellungsbeschluss zur Vermeidung unnötiger Strahlenbelastung am Schacht Konrad, „Just-in-Time“ angeliefert werden müssen.

Laut der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE), dem Betreiber des geplanten Endlagers Schacht Konrad, ist der Betrieb des Endlagers Konrad auch mit einer dezentralen Anlieferungslogistik möglich.

Aber mit dem Logistikzentrum Endlager Konrad lässt sich laut BGE die Qualität und die zeitgerechte Lieferung der endlagergerechten Behälter leichter umsetzen. (BGE 2021b)

7.1 Kritik am geplanten Zwischenlager Würgassen

Wenn am Standort des Schachts Konrad ein Zwischenlager gebaut würde, dann wäre das Lager Teil der Anlage und damit eine wesentliche Änderung des Planfeststellungsbeschlusses. Dadurch wäre eine neue Sicherheitsbetrachtung des Projektes Konrad nach aktuellem Stand von Wissenschaft und Technik erforderlich. Nach Aussagen von Expertinnen und Experten würde Schacht Konrad diesen nicht erfüllen. (ATOMMUELLREPORT 2020)

Daher soll in Würgassen ein zentrales Zwischenlager für vernachlässigbar wärmeentwickelnde Abfälle entstehen. Dort sollen möglichst einfach optimierte Einlagerungschargen für Konrad zusammengestellt werden, um die vollständige Einhaltung der Endlagerungsbedingungen Konrad sicherzustellen.

Kritik an der Standortauswahl, d.h. an dem gewählten Standort (z. B. Nähe der Wohnbebauung, keine Zweigleisigkeit der Bahnstrecke, problematischer Antransport über die Straße), als auch an dem intransparenten Auswahlverfahren wird vielfältig geäußert (siehe zum Beispiel AG Schacht Konrad (2020a) und auch juristisch vorgetragen in WITT (2020)). In einer Zeit, in der sich die Bundesregierung bei dem sogenannten Neustart der Standortauswahl für ein Endlager der hochradioaktiven Abfälle das Vertrauen der Bevölkerung zurückgewinnen muss, war dieses intransparente Vorgehen strategisch vollkommen ungeeignet.

Während des Erörterungstermins zur Errichtung des Endlagers Konrad 1992/1993 wurde noch erklärt, dass die beantragten Aktivitäts- und Temperaturbegrenzungen weit unterschritten werden würden. Deswegen wären auch die Störfallbetrachtungen konservativ, da diese von den Obergrenzen ausgingen. Unterschiedliche Gründe führen inzwischen dazu, dass nun bis an die genehmigten Obergrenzen eingelagert werden muss. Deshalb sollen sich die Abfallanlieferer untereinander abstimmen, bzw. einen Ausgleich der Aktivitätskontingente schaffen. Ein solcher Ausgleich wird aber durch die unterschiedlichen Qualitäten der Datenerfassung und die nicht abgestimmten Datenbanken bei den privaten und öffentlichen Abfallanlieferern und dem Betreiber von Schacht Konrad erschwert. (ATOMMUELLREPORT 2020)

Das „Ziel“, das genehmigte Radionuklidinventar möglichst vollständig auszunutzen, ist sicherheitstechnisch fragwürdig. Fraglich ist zudem, ob ein derartiges Lager tatsächlich erforderlich ist. Für die Errichtung des Zwischenlagers ist eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) vorzunehmen.⁴⁸ In diesem Rahmen wird auch zu überprüfen sein, ob der Bau des Lagers erforderlich ist. Bemerkenswert ist, dass die BGE, als Betreiberin des geplanten Endlagers, dieses nicht für zwingend erforderlich hält.

Die Problematik macht auch auf ein grundsätzliches Problem in Deutschland aufmerksam: Es gibt keinen umfassenden offiziellen Überblick über den gesamten deutschen Abfallbestand. Es sollte daher eine bundesweite Datenbank erstellt werden, um eine Zusammenstellung von Einlagerungschargen durchführen zu können. Es ist wenig nachvollziehbar, dass dazu alle Container an einem Ort stehen müssen. Zudem müssen viele Behälter nachqualifiziert werden. An dieser Problematik wird das geplante Zwischenlager wenig ändern.

Zudem besteht das größte Problem in dem wenig zur Endlagerung geeigneten Schacht Konrad selbst. Nur aufgrund der schlechten Eignung ist die logistisch komplizierte Einlagerung erforderlich. Zum jetzigen Zeitpunkt ist zudem nicht bekannt, ob alle schwach- und mittlradioaktiven Abfälle bzw. das vorhandene Inventar die Kapazität von Schacht Konrad überschreiten. An dieser Problematik wird das Zwischenlager in Würgassen nichts ändern.

⁴⁸ Auch eine FFH-Verträglichkeitsprüfung nach der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie und eine Beurteilung von Beeinträchtigungen der Gebiete des europäischen ökologischen Netzes „Natura 2000“ gehören zu den Vorarbeiten.

Insgesamt wird von offizieller Seite versucht, die sicherheitstechnischen Probleme der Zwischen- und Endlagerung der vernachlässigbar wärmeentwickelnden Abfälle auf ein Logistik Problem zu reduzieren.

7.2 Projekt Schacht Konrad

Der Schacht Konrad wurde 2002 als Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle Deutschlands genehmigt. Mit der Entscheidung des Bundesverwaltungsgerichts Leipzig vom 26. März 2007 ist der Planfeststellungsbeschluss für das Endlager Konrad aus dem Jahre 2002 rechtskräftig.

Das ehemalige Eisenerzbergwerk wird derzeit zum Endlager umgebaut. Anschließend sollen dort bis zu 303.000 Kubikmeter radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung endgelagert werden. 2009 wurde mit der Fertigstellung des Endlagers für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung noch im Jahr 2014 gerechnet. Die geplante Inbetriebnahme wird immer weiter verschoben.

Im März 2018 hat die BGE mitgeteilt, dass sich die Fertigstellung des Endlagers Konrad um weitere viereinhalb Jahre verzögern wird. Grundlage für die Abschätzung, dass mit einer Fertigstellung im ersten Halbjahr 2027 zu rechnen ist, war ein von der BGE beauftragtes Gutachten des TÜV Rheinland. Im Endlager Konrad sollten nach der bisherigen Planung in einem EinSchichtBetrieb jährlich im Durchschnitt 10.000 m³ radioaktive Abfälle eingelagert werden. Die BGE ist nunmehr aufgefordert worden, über einen ZweiSchichtBetrieb bei der Einlagerung die Gesamtbetriebszeit zu verkürzen und einen Teil der Verzögerung so wieder auszugleichen.

Vor Inbetriebnahme von Konrad müssen die Schnittstellen zu den Datenbanksystemen der Ablieferungs- und Abführungspflichtigen abgestimmt werden. Im Zusammenhang mit ihren Anmerkungen zu den Endlagerungsbedingungen Konrad, Revision 1 (Entwurf), machten einige Ablieferungs- und Abführungspflichtige deutlich, dass die Radionuklide Ra-226, Th-232, U-235 und U-238 als „Problemnuclide“ angesehen werden, da sie die maximal einlagerbaren Aktivitäten am Ende der Betriebsphase des Endlagers Konrad zu hohen Anteilen ausschöpfen. Dies gilt auch für die Radionuklide H-3 und C-14, und zwar insbesondere in den radioaktiven Abfällen aus den AKWs. GNS/EVU gehen davon aus, dass die vorhandenen H-3- und C-14-Inventare die zulässigen Gesamtaktivitäten gemäß den Endlagerungsbedingungen Konrad überschreiten werden. Die Abfragen im elektronischen Datenbanksystem AVK lieferten aus einer Menge von über 4.000 Gussbehältern hinsichtlich einer spezifizierten Behälterdichtheit, der Abfallzusammensetzung zur Bewertung der Ausschöpfung von Garantiewerten und zur Flüchtigkeit des C-14-Inventars nur wenige Angaben.

Laut ESK werden die Nutzer des Endlagers Konrad darauf angewiesen sein, untereinander einen Ausgleich entsprechender Aktivitätskontingente herbeizuführen oder – z. B. bei Nutzung der Richtwerte für H-3 und C-14 – die geplante Ablieferung von Abfallgebinden genau abzustimmen. Ein solcher Ausgleich ist eine notwendige Voraussetzung für die optimale Ausschöpfung der in den Endlagerungsbedingungen Konrad festgelegten Aktivitätsbegrenzungen. Zudem ist ein erheblicher Teil der Daten zu den vorhandenen radioaktiven Rohabfällen, Abfallprodukten und Abfallgebinden für eine konkrete Planung der Endlagerung in Konrad nicht direkt zu verwerten. Es sind sowohl für die radiologischen Daten als auch für die stofflichen Daten erhebliche Anstrengungen zur Überprüfung, Vervollständigung und zur Pflege erforderlich.

Für die Gestaltung von Einlagerungsplanungen seitens der Ablieferungspflichtigen und die Bewertung der ausreichenden Endlagerkapazität ist die vollständige Datenerfassung der vorhandenen radioaktiven Abfälle von grundlegender Bedeutung. Die Einschätzung der Ablieferungspflichtigen zur begrenzten Kapazität des Endlagers Konrad hinsichtlich einiger Radionuklide wird von der ESK grundsätzlich geteilt, jedoch kann auf der derzeitigen Datenbasis keine quantitative, nachvollziehbare Bewertung dieser Einschätzung durchgeführt werden. Ein Datenbanksystem, welches für alle Ablieferungspflichtigen übergreifend die relevanten Abfalldaten erfasst und aufgrund der belastbaren Daten eine zuverlässige Analyse der Nutzung des Endlagers gestattet, ist eine Grundlage für eine weitere Planung der Endlagerung. Die ESK stellt daher fest, dass die Entwicklung der Datenbanksysteme und

die Vervollständigung der Abfalldaten mit Dringlichkeit von allen Ablieferungspflichtigen weiter voranzutreiben ist. (ESK 2014a)

Die Berechnungen und Planunterlagen für das Projekt Schacht Konrad stammen aus dem 1980er Jahren. Inzwischen hat sich die nationale und internationale Endlagerforschung weiterentwickelt, Grenzwerte wurden gesenkt und Methoden weiterentwickelt bzw. grundlegend revidiert. Laut Atomgesetz darf eine Genehmigung für eine Atomanlage nur erteilt werden, wenn „die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Errichtung und den Betrieb der Anlage getroffen ist“. Aufgrund begründeter Forderungen der Bevölkerung und der Intervention der Niedersächsischen Landesregierung wurde 2016 das Projekt „Überprüfung der sicherheitstechnischen Anforderungen des Endlagers Konrad nach dem Stand von Wissenschaft und Technik (ÜsiKo)“ gestartet. In der ersten Phase sollte anhand eines reinen Aktenstudiums identifiziert werden, ob sicherheitsrelevante Lücken (Deltas) zum heutigen Stand von Wissenschaft und Technik in der Endlagersuche vorlägen. Nur die Punkte, die die Gutachter als relevant einstufen, werden in einer zweiten Phase weiter untersucht. (AG Schacht Konrad 2020b) Nachdem wichtige Probleme beim Endlagerprojekt Konrad als nicht sicherheitsrelevant eingestuft worden sind, verbleiben 32 Punkte, bei denen in Phase 2 die vorhandenen Sicherheitsanalysen aktualisiert werden sollen.

7.2.1 Kritik am Projekt Schacht Konrad

Die Ergebnisse der Phase 1 liegen seit Beginn 2020 öffentlich vor. Es wird deutlich, dass eine tatsächliche Überprüfung des Projektes Konrad nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik in der ÜsiKo nicht stattfindet. Für eine solche Überprüfung muss das Projekt an den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen bei der Endlagersuche gemessen werden. Grundlegende Projektfehler, die bei einer aktuellen Standortsuche zu einem Ausschluss des alten Eisenerzbergwerks Konrad führen würden, wurden ignoriert. Es wurden weder neue Daten erhoben noch neue Berechnungen durchgeführt.

Bedingungen einer modernen Standortsuche werden vom Projekt Konrad nicht erfüllt: Prüfung von Alternativen, Rückholbarkeit bzw. Bergbarkeit, keine Nachnutzung eines alten Bergwerks, keine Lagerung in Rohstoffvorkommen. Diese schwerwiegenden Mängel bleiben in der ÜsiKo unberücksichtigt. Die Datenlage über die Geologie von Schacht Konrad ist zudem mangelhaft. Sie stammt aus den 1930er und den 1980er Jahren. Eine 3-D-seismische Messung, die genaueren Aufschluss über die tatsächlichen geologischen Schichten und Störungen bringen kann, wurde nicht durchgeführt.

Die Gutachter stellen grundlegende Abweichungen zum heutigen Vorgehen beim Langzeitsicherheitsnachweis fest, wie fehlende probabilistische Sicherheitsuntersuchungen, mangelnde Berücksichtigung der Austrittsmöglichkeiten der Radionuklide über die alten Bohrungen und den Schachtverschluss. Diese Abweichungen werden aber aufgrund der „Experteneinschätzung“ der Gutachter als nicht sicherheitsrelevant eingestuft und somit in Phase 2 nicht weiter betrachtet.

Besonders zu kritisieren ist, dass der aktuell gültige Maximalwert für die Langzeitsicherheit um mehr als den Faktor 10 überschritten wird. Einzelpersonen der Bevölkerung können so einer mehr als zehnfach höheren effektiven Dosis als aus einem künftigen Lager für hochradioaktive Abfälle ausgesetzt werden. Dies entspricht nicht dem Stand von Wissenschaft und Technik. Zudem werden neuere Erkenntnisse bezüglich der schädlichen Wirkung von Radon nicht berücksichtigt. Als weitere Kritikpunkte werden die mangelnde Transparenz der Begutachtung benannt sowie die ungeprüfte Übernahme von Aussagen alter Dokumente. Im Gutachten der ÜsiKo werden zwar deutlich Zweifel an den Brandbekämpfungsmöglichkeiten geäußert, dies aber nicht als sicherheitsrelevantes Delta ausgewiesen. Flugzeugabstürze werden dem Restrisiko zugeordnet und terroristische Angriffe werden nicht betrachtet.

Das Bündnis gegen Schacht KONRAD beauftragte die beiden Experten, den Geologen Jürgen Kreuzsch und den Physiker Wolfgang Neumann, die 2020 veröffentlichten Ergebnisse der Phase 1 der ÜsiKo zu bewerten. Wolfgang Neumann erklärt: "Das Atomgesetz schreibt die Anwendung des Standes von Wissenschaft und Technik vor und das Bundesverfassungsgericht hat definiert, was der Stand von Wissenschaft und Technik ist. Dazu gehören die aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse und Veröffentlichungen, auch wenn sie noch nicht in Gesetze oder Verordnungen gegossen sind, sowie ein breites Spektrum vertretbarer wissenschaftlicher Meinungen. Die Gutachter der BGE stützen ihre Bewertungen jedoch wesentlich auf die zum Zeitpunkt der Begutachtung gültigen Gesetze und

Verordnungen sowie die längst überholten Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle von 1983. Dadurch werden die Ergebnisberichte zur ÜSiKo Phase 1 dem selbst gestellten Anspruch eines Vergleichs mit dem heutigen Stand von Wissenschaft und Technik nicht gerecht und gehen am Thema vorbei. Kreuzsch kritisiert insbesondere, dass im ÜSiKo-Gutachten am Bewertungsmaßstab von 0,3 mSv/a aus 1983 festgehalten wird, anstatt den neuen Maßstab des Bundesumweltministeriums von 0,01 mSv/a für wahrscheinliche und 0,1 mSv/a für weniger wahrscheinliche Entwicklungen des Endlagersystems (Szenarienanalyse) zugrunde zu legen. Beim Endlager Konrad wurde beispielsweise eine Strahlenexposition (effektive Dosis) für einen Säugling von maximal 0,26 mSv/a berechnet, insofern wäre Konrad bei einem Grenzwert von 0,01 bzw. 0,1 mSv/a nicht genehmigungsfähig.⁴⁹

8 Risiko eines Unfalls und die potenziellen radiologischen Folgen

In diesem Kapitel wird sehr knapp die Untersuchung zum Stresstest, der auch für Zwischenlager nach dem Unfall in Fukushima von der ESK durchgeführt wurde, sowie zwei bekannte Folgeuntersuchungen der jeweiligen Aufsichtsbehörden dargestellt. Zusätzlich werden die Untersuchungen zum Flugzeugabsturz auf das Abfalllager in Gorleben skizziert.

8.1 ESK-Stresstest

Die Entsorgungskommission (ESK) hat nach dem Unfall im japanischen AKW Fukushima-Daiichi auch einen Stresstest für Anlagen der Ver- und Entsorgung in Deutschland durchgeführt. Die Ergebnisse wurden 2013 in einer Stellungnahme veröffentlicht. (ESK 2013b)

Die maximal möglichen Auswirkungen in der Umgebung sind abhängig von dem vorhandenen radioaktiven Inventar, dem maximal pro Gebinde gelagerten Inventar, der Anzahl der bei einem Störfall betroffenen Gebinde und den Freisetzungsszenarien. Die ESK unterscheidet zwei Gruppen: Zur Gruppe I gehören Zwischenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle aus Betrieb, Stilllegung und Rückbau von Atomkraftwerken und Forschungsreaktoren und zur Gruppe II die Landessammelstellen und Zwischenlager für Abfälle aus der Isotopenproduktion.

Für die Zwischenlager der Gruppe I wird von einer Freisetzung aus Betonbehältern ausgegangen. Um abdeckend zu sein, wird die Gesamtaktivität von Gebinden zu 70% als Co-60 und zu 30% als Cs-137 angenommen.

Für Anlagen und Einrichtungen der Gruppe II wird wegen der gegenüber widerstandsfähigeren Gebindearten höheren Freisetzungsszenarien von einer Einwirkung auf 200-l-Fässer ausgegangen.⁵⁰ Als abdeckender Nuklidvektor dieser Fässer wird als Gammastrahler Co-60 (90%) und als Alphastrahler Ra-226 (10%) unterstellt.

Die Bewertung der ESK erfolgte anhand von typisierten Schadensbildern für fünf Unfallszenarien mit folgenden Annahmen:

- thermische Einwirkungen durch einen länger andauernden Brand: Modellannahme: Abbrand des Treibstoffs eines Militärflugzeugs (5.000 kg), Branddauer von einer Stunde bei einer Temperatur von 600 °C;

⁴⁹ Die Gutachten der Experten sind unter <https://www.salzgitter.de/baustopp-konrad> einzusehen.

⁵⁰ In den Konditionierungseinrichtungen werden die Abfälle in einen für eine längere Zwischenlagerung oder für die Endlagerung geeigneten Zustand gebracht. Dazu angewandte Verfahren sind beispielsweise Zerkleinern, Trocknen, Verbrennen und Weiterbehandlung der Verbrennungsrückstände, Hochdruckverpressen oder Betonieren. Einzelne Behälter bzw. deren Inventar befinden sich jeweils in der Bearbeitung. Während der Bearbeitung liegen die radioaktiven Abfälle in der Regel als offene radioaktive Stoffe vor.

- Gruppe I: Freisetzung aus 22 Betonbehältern (VBA II) mit einem Aktivitätsinventar von 1 E12 Bq; Freisetzungsquellterme: Cobalt-60 (Co-60) 7,7 E12 Bq; (Cäsium-137 (Cs-137) 3,3 E12 Bq
- Gruppe II: Freisetzung aus 500 der 200-l-Fässer mit brennbaren Rohabfällen, davon 25 Fässer mit hohem (4 E11 Bq) und 475 Fässer mit mittlerem Aktivitätsinventar (1 E8 Bq), Freisetzungsquellterme: Co-60 4,52 E12 Bq, (Radium-226 (Ra-226) 5 E11 Bq
- punktförmige mechanische Einwirkungen auf Abfallgebinde: Modellannahme: Treffer einer Triebwerkswelle von 1,7 Mg mit einer Geschwindigkeit von 215 m/s;
 - Gruppe I: Freisetzung aus 8 Betonbehältern (VBA II), Freisetzungsquellterme: Co-60 8,4 E11 Bq, Cs-137 3,6 E11 Bq, davon jeweils 50% als lungengängige Aerosole
 - Gruppe II: Freisetzung aus 250 der 200-l-Fässer, davon 25 Fässer mit hohem Aktivitätsinventar, Freisetzungsquellterme: Co-60 1,35 E12 Bq, Ra-226 1,5 E11 Bq; davon jeweils 50% als lungengängige Aerosole
- großflächige mechanische Einwirkung auf Abfallgebinde: Modellannahme Absturz eines Dachbinders von 20 Mg aus 10 m Höhe;
 - Gruppe I: Freisetzung aus 20 Betonbehältern (VBA II) Freisetzungsquellterme: Co-60 1,4 E11 Bq; Cs-137 6 E10 Bq, davon jeweils 50% als lungengängige Aerosole
 - Gruppe II: Freisetzung aus insgesamt 84 der 200-l-Fässer mit Rohabfällen, davon 25 Fässer mit hohem Aktivitätsinventar; Co-60 9 E10 Bq, Ra-226 1 E10 Bq; davon 50% als lungengängige Aerosole
- länger andauerndes Hochwasser: Modellannahme: Überflutung der Einrichtung bis zu 2 m Höhe für zehn Tage
- Flutwelle: Modellannahme: Austragung von Gebinden aus den Einrichtungen in die Umgebung.

Die radiologischen Folgen wurden auf der Basis von typisierten Behälterinventaren und typisierten Nuklidvektoren abgeschätzt.⁵¹

Als Maßstab für die Bewertung der radiologischen Folgen galt, dass am Ort der nächstgelegenen Wohnbebauung der Eingreifrichtwert des Katastrophenschutzes für eine Evakuierung unterschritten sein soll (ESK 2013b). Dieser Wert entspricht einer effektiven Dosis in 7 Tagen durch äußere Bestrahlung sowie der effektiven Folgedosis durch in diesem Zeitraum eingeatmete Radionuklide von 100 mSv.

Das Ergebnis der ESK war folgendermaßen:

- Bei thermischen Einwirkungen wird der Eingreifrichtwert für die Evakuierung bis in eine Distanz von 100 m überschritten.
- Bei punktförmigen mechanischen Einwirkungen wird der Eingreifrichtwert für die Evakuierung für Anlagen und Einrichtungen der Gruppe I bis in eine Distanz von 100 m und der Gruppe II bis in eine Distanz von 350 m überschritten.
- Bei großflächigen mechanischen Einwirkungen wird der Eingreifrichtwert für die Evakuierung bis in eine Distanz von 20 m überschritten.

Die ESK weist in ihrer Schlussfolgerung ausdrücklich darauf hin, dass die Auswirkungen auf der Basis generischer Modellannahmen abgeleitet wurden. Nur solange im Einzelfall bei den zu betrachteten Anlagen und Einrichtungen die Modellannahmen für die tatsächlichen Verhältnisse abdeckend sind, sind auch die hier ermittelten radiologischen Konsequenzen abdeckend. Sofern im Einzelfall

⁵¹ Länger andauerndes Hochwasser und Flutwelle, d.h. bei Überflutungen ist laut ESK die effektive Dosis so gering, dass diese für den Stresstest nicht weiter betrachtet werden.

beispielsweise höhere Brandlasten oder höhere Inventare dosisrelevanter Radionuklide vorliegen, so wären auch höhere Freisetzungen radioaktiver Stoffe möglich.

Die ESK hat den zuständigen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden empfohlen, für die in ihre Zuständigkeit fallenden Anlagen und Einrichtungen folgendes zu überprüfen:

- Bei den durchgeführten Betrachtungen ist die ESK von möglichst abdeckenden Erfahrungswerten in Bezug auf die jeweiligen Behälterinventare ausgegangen. Bei einigen Anlagen und Einrichtungen lässt die Genehmigungssituation jedoch höhere spezifische Inventare oder Gesamtinventare an radioaktiven Stoffen zu.
- Aus den durchgeführten Betrachtungen der ESK ergeben sich Mindestabstände von Lagerbereichen zur nächsten Wohnbebauung von 100 m bzw. 350 m. Die ESK fordert, sofern die konkreten Verhältnisse bei einer Anlage oder Einrichtung geringere Mindestabstände aufweisen, die Untersuchung durch anlagenspezifische Modellierungen zu vertiefen.
- Weiterhin sollte überprüft werden, ob in der jeweiligen Anlage oder Einrichtung massivere großflächige mechanische Einwirkungen, als im Stresstest unterstellt, möglich sind.

Die ESK weist auch darauf hin, dass für den Standort Braunschweig lediglich die Konditionierungsanlagen der Eckert & Ziegler Nuclitec GmbH betrachtet wurden. Am gleichen Standort werden jedoch durch die GE Healthcare Buchler GmbH & Co. KG in einer nicht in den Stresstest einbezogenen Einrichtung Radiopharmaka hergestellt. Die Möglichkeit des Zusammenwirkens von Freisetzungen radioaktiver Stoffe aus diesen Anlagen war von der ESK nicht zu untersuchen, sollte aber durch die zuständige Behörde betrachtet werden.

8.1.1 Freisetzungsanteile aus verschiedenen Behältertypen

In den beiden folgenden Tabellen sind die möglichen Freisetzungsanteile bei einer thermischen Einwirkung, bzw. einer punktförmigen oder großflächigen mechanischen Einwirkung dargestellt. Die dafür angenommenen Einwirkungen sind im Rahmen eines Stresstests von der ESK zugrundegelegt (Tabelle 5). Es zeigt sich zum einen, dass von Rohabfällen ein deutlich größeres Freisetzungsrisiko ausgeht als von konditionierten Abfällen. Zudem zeigt sich, dass von Gussbehältern die deutlich geringste Gefahr für eine Freisetzung im Störfall ausgeht.

Tabelle 5: Freisetzungsanteile bei thermischer Einwirkung

Behälter	Thermische Einwirkung		
	Brennbare Rohabfälle	Brennbare konditionierte Abfälle	Nicht brennbare Abfälle
Gussbehälter	0,002 %	0,002 %	0,002 %
Betonbehälter	50 %	0,4 %	0,05 %
Konrad IV-Behälter	50 %	0,4 %	0,05 %
20'-Container	50 %	0,4 %	0,5 %
200-l-Fass	50 %	0,4 %	0,5 %

Tabelle 6: Freisetzungsanteile nach mechanischer Einwirkung

Behälter	Großflächige mechanische Einwirkung		Punktförmige mechanische Einwirkung	
	Rohabfälle, davon 50% lungengängig	Konditionierte Abfälle, davon 10% lungengängig	Rohabfälle, davon 50% lungengängig	Konditionierte Abfälle, davon 10% lungengängig

Gussbehälter	0	0	0	0
Betonbehälter	1 %	0,04 %	15 %	0,6 %
Konrad IV-Behälter	1 %	0,04 %	15 %	0,6 %
20'-Container	1 %	0,04 %	15 %	0,6 %
200-l-Fass	1 %	0,04 %	15 %	0,6 %

8.1.2 Kritik an den Ermittlungen der ESK

Für die Ermittlung der thermischen und mechanischen Einwirkungen wurde von der ESK der Absturz einer schnellfliegenden Militärmaschine betrachtet. Allerdings wurden die Lasteinträge getrennt betrachtet und nicht als kombiniertes Ereignis. Aber gerade die kombinierte Einwirkung mechanischer und thermischer Einwirkungen durch einen Flugzeugabsturz verursacht hohe Freisetzungen. Wenn durch mechanische Belastung in ihrer Dichtheit stark beeinträchtigte Fässer/Abfallgebände einer länger andauernden thermischen Belastung ausgesetzt sind, führt das zu einer erhöhten Freisetzungsrate.

Zudem wurde der Absturz eines Militärflugzeugs betrachtet. Der Absturz eines Verkehrsflugzeugs hätte erheblich höhere Auswirkungen. Aufgrund der deutlich höheren Kerosinmenge ist im Falle eines Absturzes eines Verkehrsflugzeuges von längeren Branddauern und von höheren Temperaturen, und dadurch von einer erheblich höheren Anzahl der von einem Brand betroffenen Behälter und radioaktiven Inventare auszugehen. Insofern wären erheblich höhere Freisetzungen zu erwarten.

8.1.3 Beispiel Standort Braunschweig-Thune

Die ESK hat die Situation am Standort Braunschweig-Thune als durch die zuständige Behörde weiter zu überprüfend eingestuft. Der aufgrund der Berechnungen der ESK geforderte Mindestabstand zu Wohngebieten von 350 m wird für diesen Standort nicht eingehalten. Sogar in drei Richtungen reicht das Betriebsgelände deutlich näher an Wohnbebauungen heran, der Abstand liegt zwischen 40 - 90 m.

Für die verschiedenen Schadensszenarien wurden von der ESK unabhängig von der Anzahl der betroffenen 200-l-Fässer angenommen, dass jeweils nur 25 Fässer mit hohem Aktivitätsinventar (1 E11 Bq) und ansonsten Fässer mit geringerem Aktivitätsinventar (1 E8 Bq) betroffen wären. Aufgrund des um einen Faktor 1.000 höheren Inventars sind die 25 Fässer mit hohem Aktivitätsinventar für die radiologischen Folgen ausschlaggebend. Bei höheren Inventaren einzelner betroffener Fässer wären auch höhere Strahlenbelastungen möglich.

Die von der ESK geforderte Berücksichtigung der Anlagen des Unternehmens GE erhöht die radioaktiven Inventare und die Brandlasten am Standort und so die möglichen radiologischen Folgen eines Brandes.

Bewertung der potenziellen radiologischen Folgen

Nach den Ergebnissen des ESK-Stresstests könnte der Eingreifrichtwert für die Evakuierung an der nächsten Wohnbebauung etwa um einen Faktor 6 überschritten werden; in einer Entfernung von 50 m ermittelt sich eine Strahlendosis von rund 600 mSv.

Auch wenn für die Ermittlung dieses Wertes ein Zeitraum von 7 Tagen zu Grunde gelegt wird, ist davon auszugehen, dass Personen den größten Anteil dieser Strahlendosis bereits kurz nach der Freisetzung durch die Inhalation der radioaktiven Stoffe erhalten. Es ist bei den betrachteten Unfallszenarien zu erwarten, dass die Freisetzung bereits kurze Zeit nach Unfallbeginn erfolgt.

Im Katastrophenschutz für Atomanlagen wird davon ausgegangen, dass eine Evakuierung in der sogenannten Vorfreisetzungsphase erfolgt, also vor einer unfallbedingten Freisetzung von radioaktiven Stoffen. Für die Unfallszenarien in einem Atomkraftwerk beträgt diese Phase mehrere Stunden oder Tage. Für einen auslegungüberschreitenden Unfall in den Einrichtungen zur Konditionierung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle, zu denen auch die Anlagen von EZN gehören, ist die

Vorfreisetzungsphase deutlich kürzer, vermutlich nur Minuten. Daher empfiehlt die ESK, zu gewährleisten, dass eine Evakuierung der Bevölkerung nicht erforderlich wird.

Laut der Ergebnisse der ESK ist dieses für den Standort Braunschweig-Thune nicht gewährleistet. Insofern muss anhand der vorliegenden Untersuchungen insgesamt davon ausgegangen werden, dass die nächsten Anwohnerinnen und Anwohner eine Dosis von fast 600 mSv kurz nach Unfallbeginn erhalten könnten.⁵²

Bei der Bewertung des bestehenden Risikos ist auch zu berücksichtigen, dass sich im unmittelbaren Nahbereich Wohnsiedlungen, Kindertagesstätten und Schulen mit über 1.000 Schülerinnen und Schüler befinden. Da gegenwärtig keine speziellen Pläne für das Verhalten bei Stör- und Unfällen auf dem Betriebsgelände vorliegen, würden sich in einem solchen Fall vermutlich, wie bei einem Feueralarm, alle (Schul-)Kinder im Freien sammeln. Sie wären dann ungeschützt den potenziell freigesetzten radioaktiven oder chemischen Stoffen ausgesetzt.

Störfallanalyse für die Anlagen von EZN

Das NMU erklärte 2017, dass eine Störfallanalyse für die Anlagen von EZN durchgeführt wurde, die für die im ESK Stresstest geforderte anlagenspezifische Untersuchung herangezogen wird. In der Störfallanalyse wird der Absturz eines zivilen Flugzeuges als abdeckendes auslegungsüberschreitendes Ereignis eingestuft. Es wird von einem dem Absturz folgenden Kerosinbrand ausgegangen, wobei durch den Brand die betroffenen Jod-Aktivitäten in elementarer Form und die gasförmigen Aktivitäten jeweils vollständig freigesetzt werden.

Laut NMU wurden bei der Ermittlung der Emissionen physikalisch bzw. technisch begründete Rückhaltemechanismen und Sicherheitseinrichtungen entsprechend dem Stand von Wissenschaft und Technik berücksichtigt. In diesem Zusammenhang sei von Bedeutung, dass in der Betriebsstätte der Firma Eckert & Ziegler Nuclitec GmbH ein Großteil der radioaktiven Stoffe in einem besonders gesicherten Bereich und in metallisch umschlossener Form bzw. in zugelassenen Transportbehältern gelagert wird. (NMU 2017)

Es wird offenbar in der Störfallanalyse davon ausgegangen, dass es Sicherheits- und Rückhaltemechanismen, wie z. B. Filteranlagen, gibt und dass diese störungsfrei arbeiten. Laut ESK sollte in einem Stresstest das Versagen derartiger Einrichtungen unterstellt werden, weil diese von einer Stromversorgung abhängig sind. (ESK 2013b) Die B(U)-Behälter müssen einem Brand von 800°C für eine Dauer von mindestens 30 Minuten standhalten. Es fehlt ein Beweis für die Aussage des NMU, dass längere Branddauern oder/und Brände bei höheren Temperaturen ausgeschlossen werden können.

Die Bürgerinitiative Strahlenschutz Braunschweig BISS kritisiert zu Recht, dass in der durchgeführten Störfallanalyse nicht das Gesamtinventar aus der Umgangsgenehmigung, sondern nur ein Gesamtinventar von 1,86 E10 Freigrenzen (FG) verwendet wurde. Es wird nicht nachvollziehbar begründet, warum in der Störfallanalyse von diesem Inventar ausgegangen wird. Es ist zudem nicht plausibel, dass davon nur eine geringe Menge freigesetzt werden kann. Für EZN ist der Umgang mit 1 E13 FG umschlossener radioaktiver Stoffe genehmigt. Für EZN ist zudem der Umgang mit 1 E11 FG offener radioaktiver Stoffe genehmigt, die besonders leicht freigesetzt werden können.

Für den Standort Braunschweig-Thune ist aufgrund der bestehenden Umgangsgenehmigung, die ein hohes Gesamtinventar ermöglicht, nicht auszuschließen, dass Fässer mit höherem Aktivitätsinventar und/oder mehr Fässer mit hohem Aktivitätsinventar an einem Unfall beteiligt sein könnten als im ESK Stresstest angenommen wurde. Welche maximale Freisetzungsmenge in einem Brand möglich ist, kann ohne Detailinformationen über die gelagerten radioaktiven Stoffe nicht beurteilt werden. Allerdings ist

⁵² Eine Strahlenexposition mit einer Dosis ab 500 mSv verursacht bei Menschen in kurzer Zeit akute Strahlenschäden (deterministische Strahlenwirkung: Veränderungen des Blutbilds, Hautrötungen, vereinzelt Übelkeit, Erbrechen). Bleibt die Strahlendosis unter einer Schwellendosis von ca. 500 mSv, tritt zwar kein akuter Fröhschaden auf, eine spätere tödliche Leukämie- oder Krebserkrankung (stochastische Strahlenwirkung) ist jedoch nicht ausgeschlossen.

die Forderung der BISS, angesichts der räumlichen Nähe der Bevölkerung keinen Kredit von den Brandschutzeinrichtungen zu nehmen, nachvollziehbar und wird auch von der ESK so gefordert.

Entscheidend für die Freisetzungsmenge ist im Allgemeinen weniger die Gesamtmenge an radioaktivem Material am Standort als die Anzahl der betroffenen Behälter bzw. die betroffene Menge der offen gelagerten radioaktiven Stoffe. Dieses gilt hinsichtlich der Freisetzungsmenge im Schadenstyp punktförmige mechanische Einwirkung. Anders ist es für den Fall einer thermischen Einwirkung: Aufgrund der höheren Brandlast am Standort Braunschweig-Thune ist von einer längeren Branddauer und einem größeren von einem Brand betroffenen Bereich und so von einem höheren Anteil der von einem Brand betroffenen Fässer bzw. radioaktiven Inventare und folglich von höheren Freisetzungsmengen auszugehen als im ESK-Stresstest angenommen wurde.

Welche potenzielle Gefahr von dort ausgeht, zeigte ein Störfall am 22. November 2017. Durch einen Handhabungsfehler wurde die Abgabe von Jod-131 verursacht. Eine vollständige Rückhaltung der radioaktiven Stoffe ist in einem solchen Fall nicht möglich. Die Raumluft des Produktionsbereiches wird über einen Kamin abgeleitet, der über einen Schwebstofffilter verfügt. Die Luft der Produktionsboxen wird über einen Kamin mit Aktivkohlefilterung geleitet.

Die Betreiberin ermittelte aus den Messungen der Dosisleistung eine verschüttete Aktivitätsmenge von 341 GBq und durch Messung eine freigesetzte Aktivität von 21,7 MBq. Ein Abfallbehälter wurde durch die Tür des Transportwagens gequetscht. Ein speziell geformtes Tablett, das für eine sichere Positionierung des Abfallbehälters während des Transportvorgangs sorgen soll, wurde nicht verwendet.

Als Sofortmaßnahme werden zukünftig die Lösungen nicht mehr direkt in den Abfallbehälter gegeben. Radioaktive Lösungen werden in dicht verschlossenen Gefäßen in den Abfallbehälter überführt, sodass eine zweite Barriere besteht. Zudem ist das Transporttablett gemäß einer Betriebsanweisung zwingend zu verwenden und die Verwendung zu dokumentieren.⁵³ (NDSL 2018a)

8.1.4 Stresstests für die ZRA

Die Zentralstelle für radioaktiven Abfall (ZRA) des Landes Berlin befindet sich auf dem Betriebsgelände des HZB, welches auch den Forschungsreaktor BER-II betreibt. Auf der Grundlage der Ergebnisse und Empfehlungen der ESK erfolgt auf Anforderung der Aufsichtsbehörde eine Prüfung der radiologischen Auswirkungen bei den von der ESK beschriebenen auslegungüberschreitenden Ereignissen unter Berücksichtigung der speziellen anlagenspezifischen Gegebenheiten der ZRA. (BAH 2015a)

Unter dem Titel „Ermittlung der potenziellen Strahlenexposition bei auslegungüberschreitenden Ereignissen in der Zentralstelle für radioaktiven Abfall (ZRA) des Landes Berlin“ hat die Brenk Systemplanung GmbH im Auftrag der HZB eine Studie 2015 erstellt, die die auslegungüberschreitenden Ereignisse Flutwelle, langfristige Überflutung, punktförmige mechanische Einwirkung, großflächige mechanische Einwirkung und Brand betrachtet. Die Schadensbilder werden analog zum ESK Stresstest erstellt.⁵⁴ Die Studie kommt zu dem Erkenntnis, dass bei beiden Schadensfällen eine Überschreitung des Eingreifrichtwertes für eine Evakuierung nicht zu erwarten ist. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde festgestellt, dass an keinem Punkt außerhalb des Anlagenzaunes eine Überschreitung der Eingreifrichtwerte für die Evakuierung zu erwarten ist. Somit auch nicht an dem in 182 m Entfernung gelegenen Wohnhaus. Die Studie wurde der Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Forschung mit Schreiben vom 14.07.2015 vorgelegt.

⁵³ Es wurden die folgenden zusätzlichen Maßnahmen vorgesehen: Um die Position des Abfallbehälters visuell zu überprüfen wird ein Spiegel in die Schleuse eingebaut. Das Tablett zur sicheren Positionierung wird mit einer umlaufenden Sicke versehen und wird weiterhin mit einem saugfähigen Flies versehen.

⁵⁴ Bereits in der ESK-Stellungnahme findet sich die Aussage, dass durch Überflutung oder Flutwelle keine radiologischen Auswirkungen außerhalb der betrachteten Anlagen zu erwarten sind, bei denen der Eingreifrichtwert für die Evakuierung überschritten wird. Diese Schadensbilder werden daher in der Untersuchung zur ZRA nicht weiter betrachtet.

8.2 Untersuchung zum Flugzeugabsturz für das ALG

Der Umgang mit sonstigen radioaktiven Stoffen, der sogenannte Betrieb des Abfalllagers Gorleben (ALG), wurde im Jahr 1983 erstmals genehmigt. Im Jahr 1995 erfolgte ein umfassender Nachtrag zu dieser Genehmigung aufgrund einer beantragten Nutzungserweiterung. Im Rahmen dieser beiden Genehmigungsverfahren wurde u. a. auch das Ereignis „Flugzeugabsturz“ untersucht. Als Szenario wurde hierbei der zufällige Absturz eines Militärflugzeugs angesetzt. Die den beiden Genehmigungsverfahren zugrunde liegenden Untersuchungen stammen aus den Jahren 1980/1981 sowie 1990 bis 1992.

In der ersten Untersuchung aus dem Jahr 1980/1981 wurden als betroffene Behältertypen 200-l-Fässer mit gepressten bzw. zementierten Abfällen zugrunde gelegt. Darüber hinaus wurden die Aktivitätsinventare ermittelt, die zu der maximal zulässigen Dosisleistung von 2 mSv/h an der Oberfläche der Abfallgebinde führen. Weiterhin wurde ein modellmäßig angenommenes Nuklidspektrum mit hohen Anteilen an radiologisch bedeutsamen Radionukliden herangezogen.

In der zweiten Untersuchung aus den Jahren 1990 bis 1992 wurden als betroffene Behältertypen 200-l- bzw. 400-l-Fässer, zylindrische Beton- bzw. Gussbehälter sowie Container aus Stahlblech, Beton oder Gusseisen zugrunde gelegt. Es wurde von den spezifischen Aktivitätskonzentrationen für die verschiedenen Abfallgebinde, welche im Rahmen der Nutzungserweiterung beantragt waren, ausgegangen und ein abdeckendes Spektrum der nuklidspezifischen Aktivitätsfreisetzungen abgeleitet. Zur Ermittlung der potenziellen Strahlenexpositionen wurde die Störfallberechnungsgrundlage herangezogen sowie Änderungen einiger Modellparameter, die sich aus der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift ergaben. Die damalige Bewertung hat ergeben, dass im Falle eines Flugzeugabsturzes keine katastrophenartigen Auswirkungen auf die Umgebung zu besorgen sind.

Im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) 2016 bis 2018 wurde eine erneute Betrachtung zum Ereignis „Flugzeugabsturz“ durchgeführt. Ein zufälliger Absturz eines Militärflugzeugs wurde im Rahmen der Einwirkungen von außen als auslegungsüberschreitendes Ereignis, d. h. nicht als Auslegungsstörfall, eingeordnet. Das Szenario eines absichtlich herbeigeführten Absturzes eines Passagierflugzeugs war nicht Bestandteil der Ereignisanalyse einer derartigen sicherheitstechnischen Begutachtung. (Das ist nicht nachzuvollziehen, da derartige Szenarien in den Sicherheitsanalysen von Zwischenlagern für hochradioaktive Abfälle durchgeführt werden müssen. Insofern sollten auch für Abfallzwischenlager derartige Analysen durchgeführt werden, um Gefahren und mögliche Gegenmaßnahmen zu identifizieren.)

Die Vorgaben zur Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung aufgrund der Emission von radioaktiven Stoffen sind mehrmals modifiziert und aktualisiert worden. Spezifische Berechnungsvorgaben für das Ereignis eines zufälligen Absturzes eines Militärflugzeugs sind erst seit 2013 verfügbar. Der Reduzierung der Schadensauswirkung wird gemäß der ESK-Leitlinie Rechnung getragen, wenn die unter realistischen Randbedingungen ermittelten radiologischen Auswirkungen keine einschneidenden Maßnahmen des Katastrophenschutzes erforderlich machen.

Ergebnis der PSÜ ist, dass die vorliegenden Nachweise aus den Jahren 1980/1981 und 1990 bis 1992 nicht mehr dem heutigen Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen. Der Betreiber hat sich aus diesem Grund dazu verpflichtet, die potenziellen radiologischen Auswirkungen des Ereignisses „Flugzeugabsturz“ anlagenspezifisch für das ALG neu zu ermitteln. Das NMU wird auf eine zügige Vorlage der Ergebnisse hinwirken. (NDSL 2018c) Das Ergebnis – sofern es bereits vorliegt – ist nicht bekannt.

9 Transporte

Bei Betrieb und Stilllegung von Atomkraftwerken fällt ein breites Spektrum von flüssigen und festen radioaktiven Abfällen an. Damit die Abfälle zwischen- bzw. endlagerfähig sind, müssen sie konditioniert (z.B. zerkleinert, getrocknet, verpresst) werden. Nur ein Teil der Abfälle wird dort konditioniert, wo diese anfallen. Nach einer externen Konditionierung werden die Abfälle an den

Standort zurück oder zu einem externen, zentralen Zwischenlager transportiert. Täglich werden so Transporte mit Rohabfällen über Straßen und Schienen zur Konditionierung, zurück zum Atomkraftwerk oder in die Zwischenlager durchgeführt. Neben den Atomanlagen sind Häfen Ausgangs- und Zielorte für Transporte auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland. Laut NEUMANN (2011) erscheint die atomrechtliche Aufsicht über den Transport radioaktiver Stoffe mindestens in den meisten Bundesländern als nicht ausreichend.

Studien zu Auswirkungen von Transporten radioaktiver Stoffe wurden bisher nur bezüglich des geplanten Endlagers für „vernachlässigbar Wärme entwickelnde Abfälle“ Konrad im Auftrag des BMU durchgeführt (siehe unten). Mit dieser Studie wird kein ausreichendes und vor allem abdeckendes Bild für die Gefahr von Transporten in Deutschland gezeigt.

Anwohnerinnen und Anwohner an Transportstrecken können auch bei unfallfreien Transporten Strahlenbelastungen durch Direktstrahlung erhalten. Diese bleiben vermutlich an den meisten Orten unter den Grenzwerten der Strahlenschutzverordnung. Es ist aber nicht auszuschließen, dass in kleinen Orten mit engen Straßen und vielen Ampelkreuzungen, durch die viele Transporte führen, eine nennenswerte Dosis durch Direktstrahlung resultieren kann.

Vor allem besteht aber eine Gefahr bei Unfällen. Schwach- und mittelradioaktive Abfälle weisen teilweise hohe Konzentrationen an Alphastrahlern auf, die bei Aufnahme mit der Atemluft oder Nahrung zu gesundheitlichen Schäden führen können.

Schwach- und mittelradioaktive Abfälle werden als Rohabfall in flüssiger und fester oder als konditionierter Abfall in fester oder verfestigter Form transportiert. Deshalb ist das Freisetzungspotenzial sehr unterschiedlich. Bei verfestigten Abfällen und vor allem bei flüssigen Abfällen können nach einem Behälterversagen durch mechanische und noch mehr durch thermische Belastung Freisetzungen in größerem Umfang erfolgen.

Bei geringem oder sehr fest eingebundenem Radioaktivitätsinventar kann das Gefahrenpotenzial klein sein. Bei weniger gebundenem und/oder relativ großem Radioaktivitätsinventar besteht ein nennenswertes Gefahrenpotenzial und es können bei ungünstigen Bedingungen auch Strahlenbelastungen oberhalb der Störfallplanungswerte der Strahlenschutzverordnung (§ 49) auftreten.

Für den Transport werden drei Verpackungstypen eingesetzt: „Industrieverpackung“, „Typ-A-Verpackung“ und „Typ-B-Verpackung“. Die sicherheitstechnischen Anforderungen der IAEA an diese Verpackungen sind in stark verkürzter Form (NEUMANN 20011):

Mechanische Belastungen

- Bei Industrieverpackungen und Typ-A-Verpackungen muss die Ausbreitung des radioaktiven Inhaltstoffes bei Aufprall aus Fallhöhen zwischen 0,3 m und 1,2 m (abhängig von der Masse des beladenen Behälters) verhindert werden. Bei Typ-B-Verpackungen darf nach Aufprall aus 9 m Fallhöhe (entspricht einer Aufprallgeschwindigkeit von knapp 50 km/h) und dem Aufprall eines Stahldornes aus 1 m Höhe die Integrität nur soweit aufgehoben sein, dass die Freisetzung radioaktiver Stoffe auf ein geringes Maß beschränkt bleibt.
- Bei Industrieverpackungen und Typ-A-Verpackungen darf die Dosisleistung durch Direktstrahlung nach Aufprall aus Fallhöhen zwischen 0,3 m und 1,2 m an keiner Stelle der Behälteroberfläche um mehr als 20% zunehmen. Bei Typ-B-Verpackungen darf die Dosisleistung in 1 m Abstand von der Behälteroberfläche nach Aufprall aus 9 m Fallhöhe und Dornprüfung 10 mSv/h nicht überschreiten.
- Typ-B-Behälter müssen gegen einen äußeren Druck in 15 m Wassertiefe über 8 Stunden soweit widerstehen, dass nur geringe Freisetzungen möglich sind. Typ-B-Behälter müssen ab einem bestimmten Aktivitätsinventar einem äußeren Druck in 200 m Wassertiefe über 1 Stunde ohne Bruch widerstehen. Das bedeutet: Undichtigkeiten sind zulässig.

Thermische Belastungen

- Für Industrieverpackungen muss nur ihre normale Verwendbarkeit bei wahrscheinlich zu erwartenden Umgebungstemperaturen gewährleistet sein.
- Typ-A-Verpackungen müssen gegen Temperaturen von -40°C bis 70°C ausgelegt sein.
- Typ-B-Verpackungen müssen gegen Temperaturen von -40°C bis 70°C ausgelegt sein und dürfen bei einer thermischen Belastung von 800°C über einen Zeitraum von 30 Minuten ihre Integrität nur soweit verlieren, dass die Freisetzung radioaktiver Stoffe auf ein geringes Maß beschränkt bleibt und die Dosisleistung in 1 m Abstand 10 mSv/h nicht überschreitet.

Laut NEUMANN (2011) sind die hier dargestellten, rechtlich festgelegten Sicherheitsanforderungen für mechanische und thermische Belastungen bei sehr schweren Unfällen nicht abdeckend.

NEUMANN (2011) macht darauf aufmerksam, dass es beim Transport radioaktiver Stoffe in der Vergangenheit bereits zu einer Vielzahl von Transportvorkommnissen bis hin zu Unfällen gekommen ist. Für den Zeitraum von 1995 bis 2006 wird auf der Grundlage unvollständiger Datenbasen bei Straßen-, Eisenbahn- und Schiffstransporten in Deutschland von mehr als 80 Vorkommnissen berichtet (GRS 2008). Dabei kam es auch zu einigen Transportunfällen mit Freisetzungen radioaktiver Stoffe.

9.1 Transportstudie der GRS

Zur Untersuchung und Bewertung der mit der Abfallanlieferung zum Endlager Konrad verbundenen potenziellen radiologischen Auswirkungen und Transportunfallrisiken hat die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH 2009 eine Studie vorgelegt (GRS 2009).

Betrachtet hat die GRS den unfallfreien Transport und Transportunfälle. Die Untersuchungen konzentrieren sich dabei auf die Endlagerregion, in der aufgrund der Konzentration der angelieferten Abfalltransporte die bundesweit höchste Verkehrsdichte radioaktiver Abfallsendungen und dementsprechend auch das höchste Risiko für beförderungsbedingte radiologische Auswirkungen zu erwarten ist. Grundlage der Berechnungen bilden die zum Zeitpunkt der Studie erfassten radioaktiven Abfälle, die für die Einlagerung im Endlager Konrad vorgesehen sind. Sie weisen ein Volumen von rund 110.000 m³ auf. Dies entspricht in etwa der Menge, die innerhalb eines zehnjährigen Zeitraums angeliefert und eingelagert werden kann.

Nach den Ergebnissen der Abfalldatenerhebung werden die radioaktiven Abfälle vorwiegend in quaderförmigen Abfallcontainern Typ IV und in zylindrischen Betonbehältern Typ I angeliefert. Die **Aktivitätsinventare der Abfallgebinde** liegen laut GRS mehrheitlich in einem Wertebereich von etwa 1 E10 – 1 E13 Bq pro Behälter und können in Einzelfällen etwa 1 E14 Bq betragen. Die Höchstwerte der Dosisleistungen betragen – bei den zylindrischen Gebinden in 1 m bzw. bei quaderförmigen Gebinden in 2 m Abstand – im Mittel etwa 25 µSv/h.

Nach den von den Ablieferungspflichtigen verfolgten Anlieferungspräferenzen wird in der GRS-Transportstudie davon ausgegangen, dass die Abfälle mit einem Anteil von etwa 80% auf dem Schienenweg angeliefert werden und der Straßenbeförderungsanteil etwa 20% beträgt. Das zu erwartende Verkehrsaufkommen in der Endlagerregion beläuft sich für dieses **80/20-Szenarium** abhängig von den sonstigen Randbedingungen auf wöchentlich etwa acht Schienentransporte in Form von kleineren Wagenverbänden (2 - 3 Wagen pro Zug) und auf maximal 10 LKW-Transporte pro Woche.⁵⁵

Unfallfreier Transport

⁵⁵ Die Aufteilung 80/20 ist allerdings nach gegenwärtigen Erfahrungen eher nicht realistisch. Zum Beispiel zeigen Abfalltransporte von und zu bestimmten Anlagenstandorten in Deutschland einen höheren Anteil der LKW-Transporte. Mit einer entsprechenden Änderung des realistischen Anlieferungsszenarios würde sich das von der GRS für dieses Szenario ermittelte Transportunfallrisiko erhöhen. (NEUMANN 2012)

Personen, die sich als Arbeitskräfte oder Anwohner der Anlieferungsstrecken funktionsbedingt oder zufällig im Nahbereich der Abfalltransportbehälter oder Transportmittel aufhalten, sind der von den Abfallbehältern ausgehenden Direktstrahlung ausgesetzt und können eine Strahlenexposition erfahren. Die diesbezüglichen Expositionsanalysen für die sogenannten „repräsentativen Personen“ haben ergeben, dass die beförderungsbedingt zu erwartenden Strahlenexpositionen in der Endlagerstandortregion mit Werten bis zu etwa 0,02 mSv/a (effektive Dosis) für das 80/20-Szenarium deutlich unter dem Grenzwert für die Bevölkerung von 1 mSv/a liegen. Für die beförderungsbedingt zu erwartenden Strahlenexpositionen der unmittelbar mit der Transportabwicklung befassten Arbeitskräfte wie Rangierer, Lokführer, LKW-Fahrer etc. wurden Werte von etwa 0,1 - 0,6 mSv/a ermittelt. (GRS 2009)

Transportunfälle

Zur Ermittlung des mit Transportunfällen verbundenen Risikos wurde für die Endlagerregion eine probabilistische Transportunfallrisikoanalyse durchgeführt. Hierzu wurden Unfallstatistiken des Güterzugverkehrs und des LKW-Verkehrs in Hinblick auf die Häufigkeit und Schwere von Unfällen (Unfallgeschwindigkeit und ggf. Brandeinwirkung) ausgewertet.

Die Strahlenexposition wurde in Form der effektiven Dosis bzw. effektiven Folgedosis für eine erwachsene Referenzperson in Ausbreitungsrichtung über eine Integrationszeit von 50 Jahren durch Ausbreitungs- und Dosismodelle ermittelt. Dabei wurden für jede Freisetzung jeweils entfernungsabhängig die ungünstigsten Aufpunkte betrachtet. Berechnungen von potenziellen Strahlenexpositionen wurden für Entfernungen ab 150 m vom Unfallort durchgeführt.

Die wesentlichen Ergebnisse der probabilistischen Transportrisikoanalyse für das als realistisch erachtete 80/20 Transportzenarium werden folgendermaßen zusammengefasst:

- Die erwartete Unfallhäufigkeit von Güterzügen oder LKW mit radioaktiven Abfällen im 25 km Umkreis beträgt etwa 0,01 pro Jahr, was im Mittel einem Transportunfall in 100 Jahren entspricht. Die erwartete Häufigkeit, dass es zu einem Transportunfall in der Endlagerregion mit einer Freisetzung kommt, ist mit etwa 0,0039 pro Jahr noch niedriger (im Mittel alle 260 Jahre).
- Überwiegend sind mit Transportunfällen so geringe Freisetzungen verbunden, dass potenzielle Strahlenexpositionen auch ohne Annahme von Gegenmaßnahmen deutlich unterhalb der natürlichen Strahlenexposition eines Jahres liegen. So würden in 150 m Entfernung in 9 von 10 Transportunfällen mit einer Freisetzung radioaktiver Stoffe die berechneten Werte der effektiven Dosis unterhalb von 0,02 mSv bleiben und in 99 von 100 solchen Ereignissen unterhalb von 0,3 mSv.
- Die maximale effektive Dosis für eine erwartete Häufigkeit von 1 zu 10.000.000 pro Jahr beträgt etwa 8 mSv im Abstand von 150 m vom Unfallort und nimmt für größere Entfernungen bis 1 km auf etwa 5 mSv ab.

9.2 Bewertung der GRS-Transportstudie

Die in der GRS-Transportstudie unterstellten Szenarien können im Rahmen dieser Studie nicht bewertet werden. Es ist allerdings festzustellen, dass sich die Ergebnisse vor allem auf die geringe Häufigkeit der Unfälle berufen und nicht auf die geringen Auswirkungen. Zudem wird mit dieser Studie kein ausreichendes und vor allem abdeckendes Bild für die Gefahr von Transporten in Deutschland gezeigt.

Eine fachliche Bewertung der GRS-Transportstudie wurde 2012 von der INTAC GmbH veröffentlicht, diese wurde in Auftrag der Stadt Salzgitter erstellt. (NEUMANN 2012) Die Transporte sind für die Stadt Salzgitter vorrangig im Hinblick auf die mögliche Betroffenheit kommunaler Einrichtungen an Transportstrecken, Daseinsvorsorge für die Bevölkerung, Nutzungsplanungen im Bereich der Transportstrecken sowie Ausstattung und Vorbereitung von Feuerwehr und Katastrophenschutz von Bedeutung.

Die Transporte der radioaktiven Abfälle zum Schacht Konrad haben im Planfeststellungsverfahren eine wichtige Rolle gespielt. Die Stadt Salzgitter hatte bereits in einem frühen Verfahrensstadium die Einbeziehung der Transporte gefordert. Die Notwendigkeit der Betrachtung von Transporten im Rahmen der Planfeststellung wurde vor allem in Bezug auf folgende Punkte festgestellt:

- Auswirkungen verkehrs-/gefahrrechtlicher Vorschriften auf das Endlager,
- Eignung des Standortes unter Verkehrsgesichtspunkten bzw. erforderliche Maßnahmen in der Standortregion,
- Wahl der Verkehrsträger für die Transporte⁵⁶,
- Rückwirkungen von Einlagerungsstörungen auf Antransporte radioaktiver Abfälle,
- Einwirkungen Dritter.

Zusammenfassend wird in NEUMANN (2012) festgestellt, dass auf Grundlage der GRS-Transportstudie keine ausreichende Bewertung der Auswirkungen der Abfalltransporte zum geplanten Endlager Konrad möglich ist. Dies liegt vor allem an der angewendeten Methodik und der zum Teil damit zusammenhängenden unzureichenden Konservativität bestimmter Annahmen und Randbedingungen.

Für die Ermittlung möglicher Auswirkungen von bestimmungsgemäßem Transport und Transportunfällen hat die GRS eine Erhebung zum aktuellen Abfallgebinderzustand bei den Abfallerzeugern bzw. Abfallablieferern durchgeführt. Auf den erhaltenen Angaben baut die GRS die radiologische Charakterisierung der zu transportierenden Abfallgebinde auf. Aufgrund der Kostenoptimierungsbestrebungen der Abfallerzeuger ändert sich aber die radiologische Charakterisierung der Abfallgebinde durch neue Konditionierungs- bzw. Verpackungsmethoden ständig in Richtung Ausschöpfung der zulässigen Werte für Radioaktivitätsinventar in und Ortsdosisleistung an den Abfallgebinden. Deshalb ist für diese wichtige Grundlage der Bewertung der Transportsicherheit nur die Orientierung an den zulässigen Werten zielführend.

Würden Dosisleistungen für die zu transportierenden Abfallgebinde unterstellt, die sich eher an den zulässigen Werten orientieren, wird der Grenzwert in größerem Maße ausgeschöpft. Die Strahlendosen können insgesamt deutlich oberhalb der von der GRS ermittelten Werte liegen.

Die von der GRS für den Straßentransport unterstellten Randbedingungen und deren Auswirkungen auf die Ergebnisse sind nicht alle plausibel. So ist die GRS-Annahme, dass nur 5% der Straßentransporte von verkehrsbedingten Haltezeiten an Ampeln betroffen sind, nicht nachvollziehbar. Erfahrungsgemäß ist der Prozentsatz von LKW, die auf eine rote Ampel treffen, wesentlich höher. In der GRS-Transportstudie werden außerdem keine Strahlenbelastungen für Personen aus der Bevölkerung betrachtet, die durch unplanmäßige längere Aufenthalte wie Staus, Streckensperrungen oder Blockaden verursacht werden.

In der GRS-Transportstudie wird zudem von einem Einschichtbetrieb bei der Einlagerung in das Endlager ausgegangen. Der Planfeststellungsbeschluss gilt jedoch auch für einen Zweischichtbetrieb. Die ermittelten Strahlenbelastungen könnten sich im Falle eines Zweischichtbetriebes verdoppeln.

Eine Untersuchung in NEUMANN (2012) legt nahe, dass die Abfalltransporte zum Endlager in erheblich größeren Umfang über die Straße stattfinden könnten als es in der GRS-Transportstudie unterstellt ist. Dies hat Auswirkungen auf die Gesamtunfallwahrscheinlichkeit bzw. auf das von der GRS als Ergebnis ermittelte Gesamtrisiko für das „realistische“ Anlieferungsszenario 80/20.

⁵⁶ Aus den Ergebnissen der GRS-Transportstudie kann zum Beispiel entnommen werden, dass die Unfallwahrscheinlichkeit für den Straßentransport höher ist als für den Schienentransport. Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens hätte sich daher angeboten, den Abfallablieferern soweit möglich den Schienentransport vorzugeben.

Für die Bewertung der Strahlenbelastungen nach Transportunfällen hat die GRS den Ansatz der probabilistischen – also wahrscheinlichkeitsbasierten – Risikoanalyse gewählt. Dieser Ansatz führt nicht zu einem abdeckenden Bild für maximal plausible Strahlenbelastungen. Eine probabilistische Risikoanalyse bedingt die Aufteilung der Unfallabläufe in mehrere Schritte mit Wahrscheinlichkeitsangaben für den Eintritt bestimmter Ereignisse. Um die komplexen Datensätze handhabbar zu halten, müssen die Daten durch Zusammenfassung in Gruppen auf ein überschaubares Maß reduziert und auch Abschneidekriterien festgelegt werden. Durch die jeweilige Mittelwertbildung für die weitere Verarbeitung und die Abschneidekriterien besteht die Gefahr, seltene – aber mögliche – Ereignisse auszublenden.

Zielführend für eine Bewertung möglicher Strahlenbelastungen nach Unfällen wäre die Anwendung der Methodik des „Maximal Credible Accident (MCA)“ (maximal plausibler Unfall). Mit dieser Methode können, unabhängig von der Eintrittswahrscheinlichkeit, abdeckende Auswirkungen von Transportunfällen ermittelt werden. Dabei werden zunächst Gefahrenpunkte für die Transportstrecke identifiziert. Für diese Gefahrenpunkte werden dann die grundsätzlich physikalisch möglichen Belastungs- und Freisetzungsszenarien analysiert und, soweit für den Unfallablauf plausibel darstellbar, berücksichtigt. Die durch die freigesetzten radioaktiven Stoffe möglichen Strahlenbelastungen und Kontaminationen werden dann mit im Strahlenschutz üblichen Berechnungsverfahren ermittelt. Auf Grundlage dieser abdeckenden Ergebnisse lassen sich alle notwendigen Vorsorgemaßnahmen ableiten.

In einer Studie wurden nach dieser Methodik die möglichen Strahlenbelastungen nach einem Unfall berechnet. (INTAC 1997) Es wurden für einen Unfall mit mechanischer und anschließender thermischer Belastung Freisetzungssanteile von $4 \cdot 10^{-2}$ für Cäsium (Cs) bzw. von $2 \cdot 10^{-2}$ für Plutonium (Pu) unterstellt. Die Annahmen stützten sich auf veröffentlichte Ergebnisse von experimentellen Untersuchungen. Zwischen diesen Freisetzungssanteilen und den in der GRS-Transportstudie für vergleichbare Abfallarten angegebenen Freisetzungssanteilen liegt etwa der Faktor 10. Als radiologische Folgen wurde für das Cs-Inventar eine Überschreitung des Störfallplanungswertes für die Effektive Dosis (50 mSv) bis in 400 m Entfernung vom Unfallort und für das Pu-Inventar eine Überschreitung des Störfallplanungswertes nach StrlSchV für die Knochenoberfläche (300 mSv) bis in 200 m Entfernung vom Unfallort ermittelt.

Die Annahmen der GRS zu möglicherweise auftretenden Behälterbelastungen⁵⁷, zur Festlegung der Radioaktivitätsinventare und zu Freisetzungssanteilen sind nicht durchgängig konservativ. Deshalb, und wegen der oben erörterten methodisch bedingten Ausblendung sehr schwerer Unfälle, werden die möglichen Strahlenbelastungen nach Transportunfällen durch die GRS-Transportstudie nicht konservativ ermittelt. Sie ist deshalb beispielsweise für von der Stadt Salzgitter zu treffenden Entscheidungen zur Notfallschutzvorsorge nicht ausreichend geeignet.

Zu kritisieren ist außerdem, dass die GRS-Transportstudie keine Freisetzung aufgrund einer terroristisch motivierten Tat betrachtet. Dies ist vor dem Hintergrund der Tätigkeiten von Terrorgruppen in Europa und der Bedrohungssituation auch für Deutschland ein Versäumnis. Angriffe dieser Art sind aber durchaus möglich. Die Auswirkungen können größer sein als nach schweren Unfällen.

10 Zusammenfassung und Fazit

Die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle werden zurzeit in vielen unterschiedlichen Einrichtungen aufbewahrt bzw. zwischengelagert. Die überwiegende Menge an Abfällen kann folgenden Abfallarten zugeordnet werden: Verdampfer- und Filterkonzentrat, Metallschrott, Bauschutt und Mischabfällen.

⁵⁷ Die Behauptung, dass die möglichen thermischen Unfallbelastungen durch die GRS-Annahme von 800°C über eine Stunde abgedeckt sind, kann nicht bewiesen werden. In anderen Studien sind in der Vergangenheit auch Branddauern von mehr als eine Stunde festgestellt und Brandtemperaturen von 1.000°C unterstellt worden.

Radioaktive Rohabfälle haben ein großes Freisetzungspotenzial in Störfällen. Eine Konditionierung (Abfallbehandlung und Verpackung) soll dazu dienen, eine chemische und physikalische Stabilität der Abfälle zu gewährleisten und biologische Prozesse (Faulen und Gären) bzw. chemische Prozesse (Rost) zu reduzieren, sodass die Abfallqualität über die Dauer der Lagerung erhalten bleibt bzw. nicht über ein tolerierbares Maß hinaus abnimmt.

In Deutschland gibt es insgesamt ca. 50 Lagereinrichtungen für die Zwischenlagerung von derartigen Abfällen. Dabei sind Zwischenlager nur Lagergebäude, die eigens zum Zweck der längerfristigen Zwischenlagerung von konditionierten Abfällen errichtet wurden. Sehr viele Abfälle werden in **Pufferlagern** oder auf **Pufferlagerflächen** aufbewahrt, das sind betriebliche Lagerbereiche, in denen vorkonditionierte oder verpackte Abfälle gelagert werden. Die Pufferlagerung erfolgt auf Basis der Betriebsgenehmigung. Der vermeintlich relativ kurzen Phase der Aufbewahrung von radioaktiven Abfällen vor der Konditionierung wurde früher kaum Beachtung geschenkt.

Auch Transportbereitstellungshallen (Lagergebäude, die für eine Lagerung von Abfällen bis zum Abtransport zur Konditionierung oder ins Endlager eingerichtet wurden) fungieren 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. Die Planungen orientierten sich daran, dass jeweils in absehbarer Zeit (d.h. in Jahren, nicht erst in Jahrzehnten oder einem halben Jahrhundert) ein Endlager hätte zur Verfügung stehen sollen.

Noch in den 1990er Jahren wurde von einer Lagerungsdauer von wenigen Jahren ausgegangen. Weil die mehrfachen Verschiebungen der Inbetriebnahme des Endlagers Schacht Konrad sukzessive, in Zeiträumen von jeweils nur einigen Jahren, auftraten, fehlte die Veranlassung für eine Neubewertung der Aufbewahrung von radioaktiven Abfällen. Insgesamt wurde damit die **Bedeutung der Zwischenlagerung über Jahrzehnte unterschätzt**.

Bereits ab 1976 wurde die bis dahin zur Eisenerzförderung genutzte Schachanlage Konrad auf ihre Eignung als mögliches Endlager hin untersucht. Nach Abschluss der Erkundung wurde 1982 das Planfeststellungsverfahren eingeleitet. Zunächst war beabsichtigt, das Lager 1986 in Betrieb zu nehmen. Nach einer Reihe von Verschiebungen wird zurzeit eine Inbetriebnahme für 2027 für möglich gehalten. Das geplante Endlager im Schacht Konrad entspricht nicht dem heutigen Stand von Wissenschaft und Technik und wäre so folglich heute nicht mehr genehmigungsfähig.

In Deutschland gibt es bereits zwei komplett gescheiterte Endlagerprojekte für schwach- und mittelradioaktive Abfälle:

Die Schachanlage Asse II wurde bis 1978 als Endlager genutzt. Da dort Wasser eindringt und die Standsicherheit gefährdet ist, sieht § 57b des Atomgesetzes (AtG) vor, die Anlage stillzulegen. Die Stilllegung soll nach Rückholung der radioaktiven Abfälle erfolgen. Die radioaktiven Abfälle müssen bis zur endgültigen Endlagerung zwischengelagert werden (ca. 175.000 bis 220.000 m³ konditionierte Abfälle). Ein Standort für das Zwischenlager wird noch gesucht.

Das in Sachsen-Anhalt gelegene Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle **Morsleben** (ERAM) wurde bis 1998 genutzt. Die nun erforderliche Stilllegung ist ein komplexer Prozess, in dem viele Probleme gelöst werden müssen. Die überarbeiteten Stilllegungsplanungen werden voraussichtlich im Jahr 2026 bei der zuständigen Genehmigungsbehörde eingereicht.

Bisher sind noch nicht ganz 40% der prognostizierten 300.000 m³ schwach- und mittelradioaktiven Abfälle, die in das geplante Endlager Schacht Konrad eingelagert werden sollen, angefallen und werden zwischengelagert. Insofern kann für die noch zu erwartenden Abfälle eine ausreichende Vorsorge durch die Konditionierung für die erforderliche Zwischenlagerung getroffen werden. Zudem muss das schnellstmöglich für die bereits vorhandenen Abfälle gelten.

Ziel muss sein, nur nach den aktuellen Sicherheitsanforderungen konditionierte Abfälle in den Zwischenlagern zu lagern. Für Rohabfälle und nur teilweise konditionierte Abfälle muss die maximale Lagerzeit begrenzt werden. Alle Abfallgebinde sind in regelmäßigen Intervallen Überprüfungen zu

unterziehen. Die Kontrolle muss von den Aufsichtsbehörden und externen Sachverständigen überwacht werden. Die Ergebnisse und ihre Bewertung sollten veröffentlicht werden.

Ein möglichst hohes Sicherheitsniveau bei der Lagerung radioaktiver Abfälle darf nicht mit der Behauptung verhindert werden, die Zeitspanne bis zur Einlagerung der Behälter in ein tiefegeologisches Lager wäre nur noch kurz. Stattdessen sollte der Äußerung der niedersächsischen Aufsichtsbehörde gefolgt werden: „**Niedersachsen muss vorbeugen und kann sich nicht auf das angekündigte Fertigstellungsdatum für Konrad verlassen. Eine für die Bevölkerung und das Betriebspersonal sichere Zwischenlagerung steht im Vordergrund und muss bis zur tatsächlichen Abgabe an das Endlager gewährleistet sein.**“

Nationales Entsorgungsprogramm (NaPro)

Die Richtlinie 2011/70/Euratom vom 19. Juli 2011 legt einen Gemeinschaftsrahmen für die verantwortungsvolle und sichere Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle fest. Sie verpflichtete die Mitgliedstaaten der Europäischen Union (EU), erstmals bis zum 23. August 2015, einen Bericht über die Durchführung dieser Richtlinie vorzulegen und alle drei Jahre zu aktualisieren. Der zweite Durchführungsbericht wurde vom BMU im August 2018 vorgelegt.

Ende des Jahres 2019 wurde eine internationale Überprüfung durch die IAEO im Rahmen einer ARTEMIS-Mission zur Erfüllung der Anforderungen aus der Richtlinie durchgeführt. Das IAEO-Team kritisierte, dass der gegenwärtige Ansatz in Deutschland nur langfristige Meilensteine setzt. Dadurch werden die zugrundeliegenden Pläne nicht transparent. Um eine wirksame Durchführung des Nationalen Programms zu gewährleisten, sei jedoch eine regelmäßige Überwachung, einschließlich der Zielerreichung, wichtig.

Das *Verzeichnis radioaktiver Abfälle* stellt laut BMU eine der Grundlagen für die Entsorgungsplanung einschließlich des Nationalen Entsorgungsprogramms dar. Laut BMU ist mit der Zuordnung der radioaktiven Abfälle zu ihren Standorten die geforderte Berichterstattung gegenüber der EU-Kommission erfolgt. Das IAEO-Team kritisierte jedoch, dass sich der Detaillierungsgrad des Verzeichnisses auf Anzahl und Volumen der konditionierten Abfallgebände und das Gewicht der unkonditionierten Abfälle beschränkt. Es gibt keine Angaben über die Aktivitäten oder die Nuklidzusammensetzung. Mit dem Verzeichnis bleiben Probleme, die für die Erstellung eines Entsorgungskonzeptes elementar sind, unsichtbar. Insofern fehlt die Grundlage für die Entsorgungsplanung.

Es bleibt abzuwarten, ob das BMU die Empfehlungen der IAEO ARTEMIS-Mission nutzt und die Erstellung des Nationalen Entsorgungsprogramms nicht nur als Pflichtübung gegenüber der EU betrachtet, sondern als Chance, die Entsorgungsplanung zu verbessern. Dies ist dringend erforderlich.

Standorte der Zwischenlager

Laut Gesetz zur Neuordnung der Verantwortung in der kerntechnischen Entsorgung werden seit 1. Januar 2020 die Zwischenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle aus dem Betrieb und dem Abbau der Leistungsreaktoren von der in Bundeseigentum befindlichen Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH (BGZ) verantwortet. Von diesem Gesetz nicht erfasst sind radioaktive Abfälle der öffentlichen Hand (z. B. der AKWs der ehemaligen DDR, in Forschungseinrichtungen oder Landessammelstellen), der Nuklearmedizin sowie der kerntechnischen Industrie.

Gegenwärtig stehen an den AKW-Standorten zehn Abfallzwischenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle. Weiterhin werden fünf zentrale Zwischenlager betrieben, davon zwei von der BGZ (in Ahaus und Gorleben). Die Bundeswehr betreibt in Münster ein zentrales Zwischenlager. Es werden jeweils fünf Zwischenlager von Forschungseinrichtungen und der Industrie betrieben. Die Abfallerzeuger aus den Bereichen Medizin, Forschung, Industrie und Gewerbe sind zur Abgabe ihrer Abfälle an eine Landessammelstelle verpflichtet, die sich bis auf drei eigenständige

Landessammelstellen an Zwischenlagerstandorten von Atomanlagen befinden. (Auf die Landessammelstellen entfallen bis zum Jahr 2080 nur etwa 3,5% der radioaktiven Abfälle.)

Die folgenden Zwischenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle stehen in den einzelnen Bundesländern:

- In **Baden-Württemberg** befinden sich vier Zwischenlager: in Karlsruhe das größte Zwischenlager für LAW/MAW in Deutschland inklusive Landessammelstelle (Betreiber Kerntechnische Entsorgung Karlsruhe GmbH (KTE)) sowie an den drei AKW-Standorten Obrigheim, Neckarwestheim und Philippsburg je ein Zwischenlager.
- In **Bayern** werden an drei Standorten Zwischenlager betrieben: in Mitterteich das zentrale Zwischenlager mit Landessammelstelle, am AKW-Standort Grafenrheinfeld ein neues Zwischenlager und am Standort Karlstein ein Zwischenlager der kerntechnischen Industrie (Siemens). An den AKW-Standorten Isar und Gundremmingen sowie am Forschungsreaktor München werden schwach- und mittelradioaktive Abfälle gelagert, aber bisher keine Zwischenlager dafür betrieben.
- In **Berlin** befindet sich ein Zwischenlager mit Landessammelstelle auf dem Gelände Helmholtz-Zentrum (ZRA).
- In **Brandenburg** werden LAW/MAW am ehemaligen AKW Rheinsberg gelagert.
- In **Hessen** befinden sich an drei Standorten Zwischenlager für LAW/MAW: am AKW-Standort Biblis zwei Abfallzwischenlager, in Ebsdorfergrund-Roßberg die Landessammelstelle und in Hanau ein Zwischenlager der kerntechnischen Industrie.
- In **Mecklenburg-Vorpommern** befindet sich am Standort Rubenow ein großes Zwischenlager, das gleichzeitig Landessammelstelle ist. Am AKW Standort Greifswald lagern ebenfalls Abfälle.
- In **Niedersachsen** werden an sieben Standorten Zwischenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle betrieben. Die BGZ betreibt das zentrale Zwischenlager in Gorleben sowie Zwischenlager an den AKW-Standorten Stade und Unterweser. Weitere Zwischenlager werden in Braunschweig von einer Forschungseinrichtung, in Lingen von der Kerntechnischen Industrie und in Leese von der Industrie betrieben. Weiterhin befindet sich die zentrale Sammelstelle der Bundeswehr in Munster. Zusätzlich werden an einer Konditionierungsanlage in Braunschweig und an den AKW-Standorten Emsland, Grohnde und Lingen radioaktive Abfälle gelagert. Ein sehr großes Zwischenlager ist für die aus der Asse rückzuholenden Abfälle geplant, über den Standort ist noch nicht entschieden.
- In **Nordrhein-Westfalen** befinden sich an vier Standorten Zwischenlager für LAW/MAW: in Ahaus ein zentrales Zwischenlager, am ehemaligen AKW Würgassen eine Zwischenlagereinrichtung, am Forschungszentrum Jülich ein Zwischenlager inklusive Landessammelstelle und in Gronau ein Zwischenlager der kerntechnischen Industrie (Urenco).
- In **Rheinland-Pfalz und dem Saarland** befinden sich jeweils eine Landessammelstelle. Am AKW-Standort Mülheim-Kärlich lagern Rohabfälle und vorbehandelte Abfälle ohne Zwischenlager.
- In **Sachsen** befinden sich am Standort Dresden-Rossendorf ein Zwischenlager und die Landessammelstelle für Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen.
- In **Schleswig-Holstein** gibt es an einem Standort (Geesthacht) ein Zwischenlager, dort befindet sich auch die Landessammelstelle. An den AKW-Standorten werden ebenfalls radioaktive Abfälle gelagert, aber bisher keine Zwischenlager betrieben. Neue Zwischenlager sollen in Brunsbüttel und in Krümmel errichtet werden.

Vorfall im AKW Brunsbüttel und Schlussfolgerungen für die Zwischenlagerung

Anfang 2012 wurde im AKW Brunsbüttel die Wandung eines Fasses mit radioaktiven Abfällen, das Korrosionsschäden hatte, bei einer Umlagerung nahezu völlig zerstört. Bei der im Anschluss von der schleswig-holsteinischen Atomaufsicht angeordneten Inspektion der Kavernen, aus denen das Fass stammte, fanden sich bis zum Ende 2014 eine Vielzahl weiterer Fässer mit starken Schäden bis hin zum Integritätsverlust. Eine besondere Bedeutung im Hinblick auf Sicherheitsbelange erlangt dieser Vorgang dadurch, dass er als Indikator für die nicht vorhandene Sicherheitskultur anzusehen ist.

Die Bergung der Fässer sowie die Beseitigung der Kontamination sind mit einer zusätzlichen Strahlenexposition des Personals verbunden. Die Arbeitsgruppe zur Aufarbeitung der Ursache für die korrodierten Fässer im AKW Brunsbüttel identifizierten mehrere Ursachen für die lange unbemerkte Korrosion in den Fasslagern. Neben den spezifischen Ursachen (keine „harten“ Vorgaben für Filter- und Verdampferkonzentrate und der Einsatz von unzureichenden Trocknungsmethoden) wurden auch generische Ursachen gefunden:

- Eine realitätsferne „hoffnungsvolle“ Aussicht auf ein baldiges Endlager, die sich monats- bzw. jahresweise nach hinten verschoben hat – und dieses für mehr als 40 Jahre, und
- die unterbliebenen Reaktionen auf Erkenntnisse. Probleme bei der langfristigen Zwischenlagerung dieser Abfälle waren seit Jahren bekannt – ihnen wurde jedoch nicht in ausreichendem Maße nachgegangen.

Die o.g. Arbeitsgruppe gab eine Vielzahl von Handlungsempfehlungen. Da in allen betrachteten Korrosionsfällen die Ursachen im Wesentlichen in der Betreibersphäre lagen, sind engmaschigere und spezifischere Vorgaben für die Behandlung und Lagerung radioaktiver Abfälle erforderlich. Die aufgeführten Empfehlungen können im **Aufsichtsverfahren** in Abstimmung mit dem jeweiligen Betreiber umgesetzt werden, oder auch zum Gegenstand einer rechtsverbindlichen **nachträglichen Auflage** gemacht werden:

- Es ist eine regelmäßige Untersuchung durchzuführen, ob der Stand von Wissenschaft und Technik durch das Reststoff- und Abfallregime eingehalten wird.
- Um zukünftig Korrosionsprobleme bestmöglich vorbeugen zu können, muss ein Alterungsmanagement gemäß ESK-Leitlinien etabliert werden.
- Es ist ein softwarebasiertes Reststoff- und Abfallverfolgungs- und -kontrollsystem festzuschreiben, in dem auch Rohabfälle und die zugehörigen Parameter wie Zustand, Verpackung und Lagerort erfasst werden.
- Über die am Standort eingerichteten Lagerflächen ist ein Verzeichnis zu erstellen, das in regelmäßigen Abständen – z.B. jährlich – der Aufsichtsbehörde vorzulegen ist.
- Für alle Lagerstätten sind regelmäßige Inspektionen vorzuschreiben, deren Einhaltung von der Atomaufsicht überwacht wird.
- Für alle Kombinationen aus Rohabfall bzw. teilkonditioniertem Abfall, Zustand, Verpackung und Lagerort sind maximale Lagerdauern festzuschreiben.

Aus Sicht der Arbeitsgruppe wäre vertieft und systematisch zu untersuchen, ob für eine längerfristige Zwischenlagerung zusätzliche Kriterien und Aspekte in das Konditionierungsverfahren aufgenommen werden müssten („bundesweite Zwischenlagerbedingungen“).

Fernziel sollte es laut Arbeitsgruppe 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.

Zur Schaffung dieser zusätzlichen Kontrollebene und um der zunehmenden Bedeutung insbesondere der Langzeitstabilität von Abfallgebinden angesichts der noch für Jahrzehnte notwendigen Zwischenlagerung Rechnung zu tragen, sollte die Atomaufsicht im Entsorgungsbereich verstärkt werden. Auch mit einer Verstärkung der Atomaufsicht bedarf es zusätzlich einer weiteren Stärkung auch der Rolle der Sachverständigen.

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 Abfälle zu informieren. Im Rahmen der nächsten Überarbeitung sollten darüber hinaus die ESK-Leitlinien für die Zwischenlagerung im Detail ergänzt und weiter präzisiert werden und Interpretationsspielräume so geschlossen werden. Dies ist bisher nicht erfolgt.

ESK-Abfrage zur Lagerung der radioaktiven Abfälle in 2017

Die ESK-Länderabfrage 2017 gibt einen umfangreichen Überblick über die bestehenden Lager für radioaktive Abfälle. Entsprechend dem Anwendungsbereich der ESK-Leitlinien erfasst sie Lagerräume in zentralen Zwischenlagern, dezentrale Lager an den Standorten der Atomanlagen oder in diesen Anlagen sowie Sammelstellen. Die Umfrage deckt 52 Anlagen bzw. Einrichtungen mit 168 Lagerräumen und insgesamt 150.631 Abfalleinheiten ab. Davon sind 64% ab 2002 entstanden, 23% zwischen 1989 und 2001 und 13% aus der Zeit vor 1989.

Insgesamt wurden in der Länderumfrage 7.608 Abfalleinheiten mit Befunden gemeldet. Davon sind 2.909 Befunde auf Handhabungsursachen zurückzuführen. Der größte Anteil (96,6%), der nicht handhabungsbedingten Befunde ist auf eine Korrosion von innen zurückzuführen; lediglich 1,2% der Befunde resultieren aus einer Korrosion, die durch äußere Einflüsse initiiert wurde. Bei den Befunden, die auf Korrosion von innen zurückzuführen sind, sind vor allem Fässer mit zementierten und betonierten Abfällen, teilweise aber auch mit verpressten Abfällen betroffen, die den Altersklassen A (vor 1989) und B (1989 bis 2001) angehören. Auch Container mit verfülltem Bauschutt aus diesen Altersklassen zeigten Korrosionsbefunde. Ursache können Beschädigungen in der Beschichtung beim Befüllen der Behälter sein. Es zeigte sich zudem, dass von den insgesamt 4.699 Befunden (weniger als 0,5%) auf den Herstellungszeitraum C ab 2002 entfallen.

Ab dem Jahr 2002 wurde bei der Qualifizierung von Konditionierungsverfahren auch auf die Randbedingungen einer längerfristigen Zwischenlagerung geachtet, so z. B. auf die Behältereigenschaften (bezüglich der Innenbeschichtung) und die Produkteigenschaften (des verwendeten Zements).

Die Umfrage zeigte auch, dass bei etwa einem Drittel der Lagerräume keine regelmäßigen Inspektionen durchgeführt werden, darunter finden sich sowohl Lagerräume in Anlagen als auch eigenständige Zwischenlager.

Als Ergebnis der Überprüfung hält es die ESK daher für erforderlich, Überwachungs- und Inspektionskonzepte zu erstellen und umzusetzen. Dabei sollten Abfälle, die bis 2001 hergestellt wurden und bei denen „wässrige“ Verfahren (Vergießen, Verrühren oder Verfüllen mit Zementmörtel) angewendet worden sind, prioritär berücksichtigt werden. Bei Abfalleinheiten aus dem Zeitraum C (ab 2002) sollte durch verifizierende Maßnahmen sichergestellt werden, dass systematische Beeinträchtigungen auch über längere Zeiträume auszuschließen sind. **Für alle Abfälle sind Qualifizierungskonzepte zu erstellen, verbindlich zu dokumentieren und umzusetzen. Seitens der Aufsichtsbehörden sollten Qualifizierungskonzepte für alle Abfallströme eingefordert werden.**

Außerdem sollte, wie von der ESK gefordert, die Meldepflicht von Ereignissen verbessert werden. Zudem sollten auch Vorkommnisse unterhalb der bisherigen Meldeschwelle ausgewertet werden, um einen störungsfreien Umgang mit radioaktiven Abfällen bei der Konditionierung und Lagerung zu gewährleisten.

Planungen für das Bereitstellungslager Konrad

Das Bundesumweltministerium (BMU) beauftragte die Gesellschaft für Zwischenlagerung (BGZ), ein großes Zwischenlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle als Bereitstellungslager Konrad zu planen und zu errichten. 28 Standorte wurden im Umkreis von 200 Kilometern vom Endlager Konrad untersucht. Die BGZ betrachtete die Kriterien „Abstand zum nächsten Gleisverlauf“ sowie „Transportweg Straße zu Schacht Konrad“ als maßgeblich entscheidungsrelevant. Laut BGZ ist der Standort des ehemaligen AKW Würgassen der geeignetste Standort für dieses zentrale Zwischenlager.

Kritik an dem gewählten Standort und an dem intransparenten Auswahlverfahren wird vielfältig geäußert und auch juristisch vorgetragen. In einer Zeit, in der sich die Bundesregierung bei dem sogenannten Neustart der Standortauswahl für ein Endlager für die hochradioaktiven Abfälle das Vertrauen der Bevölkerung zurückgewinnen will und muss, war das intransparente Vorgehen ohne Beteiligung der Bevölkerung strategisch vollkommen ungeeignet.

Bis 2027 soll nun ein ca. 324 Meter langes, 125 Meter breites und 16,50 Meter hohes Zwischenlager mit einer Lagerkapazität von 60.000 m³ gebaut werden. Die BGZ bezeichnet das Lager als Logistikzentrum für das Endlager Konrad (LoK). Dort sollen optimierte Einlagerungschargen für Konrad zusammengestellt werden, um die vollständige Einhaltung der Endlagerungsbedingungen sicherzustellen.

Unterschiedliche Gründe führen inzwischen dazu, dass (mindestens) bis an die genehmigten Aktivitäts- und Temperaturgrenzen in das zurzeit geplante Endlager (Schacht Konrad) eingelagert werden müsste. Deshalb sollen die Abfallanlieferer einen Ausgleich der Aktivitätskontingente vereinbaren. Ein solcher Ausgleich wird aber durch die unterschiedlichen Qualitäten der Datenerfassung und die nicht abgestimmten Datenbanken erschwert.

Ein grundsätzliches Problem in Deutschland ist, dass es keinen umfassenden Überblick über den gesamten deutschen Abfallbestand gibt. Es sollte daher eine bundesweite Datenbank erstellt werden, um eine Zusammenstellung von Einlagerungschargen durchführen zu können. Es ist wenig nachvollziehbar, dass dazu alle Container an einem Ort stehen müssen. Fraglich ist also, ob ein derartiges Lager tatsächlich erforderlich ist. Für die Errichtung des Zwischenlagers ist eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) vorzunehmen. In diesem Rahmen wird auch zu überprüfen sein, ob die Errichtung des Lagers und die damit zusammenhängenden Transporte erforderlich sind.

Zudem besteht das größte Problem in dem wenig zur Endlagerung geeigneten Schacht Konrad selbst. Nur aufgrund der schlechten Eignung ist die logistisch komplizierte Einlagerung erforderlich. An dieser Problematik wird das geplante Zwischenlager in Würgassen nichts ändern. Das „Ziel“, das genehmigte Radionuklidinventar für das Endlager möglichst vollständig auszunutzen, ist sicherheitstechnisch fragwürdig. Insgesamt wird von offizieller Seite versucht, die sicherheitstechnischen Probleme der Zwischen- und Endlagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle auf ein Logistik-Problem zu reduzieren.

Aufgrund begründeter Forderungen der Bevölkerung und der Intervention der Niedersächsischen Landesregierung wurde 2016 das Projekt „Überprüfung der sicherheitstechnischen Anforderungen des Endlagers Konrad nach dem Stand von Wissenschaft und Technik (ÜsiKo)“ gestartet. Eine tatsächliche Überprüfung nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik fand jedoch nicht statt. Besonders zu kritisieren ist, dass Personen eine um mehr als zehnfach höhere effektive Dosis als aus einem künftigen Lager für hochradioaktive Abfälle erhalten können.

Der ESK Stresstest und das Risiko eines schweren Unfalls

Die Entsorgungskommission (ESK) hat nach dem Unfall im AKW Fukushima-Daiichi einen Stresstest für Anlagen der Ver- und Entsorgung in Deutschland durchgeführt. Die Ergebnisse wurden 2013 veröffentlicht.

Die Bewertung der ESK erfolgte anhand von typisierten Schadensbildern für fünf Unfallszenarien. Als Maßstab für die Bewertung der radiologischen Folgen galt, dass am Ort der nächstgelegenen

Wohnbebauung der Eingreifrichtwert des Katastrophenschutzes für eine Evakuierung unterschritten sein soll. Da die Freisetzungen bei einem Unfall rasch erfolgen, ist eine Evakuierung vor der möglichen Strahlenbelastung nicht möglich. Das Ergebnis der ESK zeigte, dass der Eingreifrichtwert für die Evakuierung bis in eine Distanz von 350 m überschritten werden kann. Insofern sollten Abfälle in einer entsprechenden Entfernung von Wohnbebauung gelagert werden.

Die Berechnungen zeigten auch, dass von Rohabfällen ein deutlich größeres Freisetzungsrisko als von konditionierten Abfällen ausgeht. Aus Gussbehältern würde am wenigsten freigesetzt.

Im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) 2016 bis 2018 wurde für das Abfalllager Gorleben eine erneute Betrachtung zum Ereignis „Flugzeugabsturz“ durchgeführt. Ein zufälliger Absturz eines Militärflugzeugs wurde betrachtet. Das Szenario eines absichtlich herbeigeführten Absturzes eines Passagierflugzeugs war nicht Bestandteil der Ereignisanalyse. Das ist nicht nachzuvollziehen, da die Auswirkungen dieses Absturzes in den Sicherheitsanalysen von Zwischenlagern für hochradioaktive Abfälle ermittelt werden müssen. Insofern sollten auch für Abfallzwischenlager derartige Unfälle analysiert werden, um Gefahren und mögliche Gegenmaßnahmen zu identifizieren.

Ergebnis der PSÜ war, dass die vorliegenden Nachweise aus den Jahren 1980/1981 und 1990 bis 1992 nicht mehr dem heutigen Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen. Der Betreiber hat sich aus diesem Grund dazu verpflichtet, die potenziellen radiologischen Auswirkungen des Ereignisses „Flugzeugabsturz“ anlagenspezifisch für das ALG neu zu ermitteln. Das Ergebnis – sofern es bereits vorliegt – ist nicht bekannt.

Gefahr von Transporten radioaktiver Abfälle

Bei dem Betrieb und der Stilllegung von Atomkraftwerken fällt ein breites Spektrum von flüssigen und festen radioaktiven Abfällen an. Damit die Abfälle zwischen- bzw. endlagerfähig sind, müssen sie konditioniert werden. Nur ein Teil der Abfälle wird dort konditioniert, wo sie anfallen. Nach einer externen Konditionierung werden die Abfälle an den Standort zurück oder zu einem externen, zentralen Zwischenlager transportiert. Täglich werden so Abfälle über Straßen und Schienen zur Konditionierung, zurück zur Atomanlage oder in die Zwischenlager transportiert. Neben den Atomanlagen sind Häfen Ausgangs- und Zielorte für Transporte.

Anwohnerinnen und Anwohner an Transportstrecken können auch bei unfallfreien Transporten Strahlenbelastungen durch Direktstrahlung erhalten. Diese bleiben vermutlich unter den Grenzwerten der Strahlenschutzverordnung. Vor allem besteht aber eine Gefahr bei Unfällen. Schwach- und mittelradioaktive Abfälle weisen teilweise hohe Konzentrationen an Alphastrahlern auf, die bei Aufnahme mit der Atemluft oder Nahrung zu gesundheitlichen Schäden führen können.

Schwach- und mittelradioaktive Abfälle werden als Rohabfall in flüssiger und fester oder als konditionierter Abfall in fester oder verfestigter Form transportiert. Deshalb ist das Freisetzungspotenzial sehr unterschiedlich. Bei weniger gebundenem und/oder relativ großem Radioaktivitätsinventar können bei ungünstigen Bedingungen auch Strahlenbelastungen oberhalb der Störfallplanungswerte der Strahlenschutzverordnung auftreten. Als radiologische Folgen wurde eine Überschreitung des Störfallplanungswertes für die Effektive Dosis (50 mSv) bis in 400 m Entfernung vom Unfallort ermittelt. (INTAC 1997)

Transporte radioaktiver Stoffe haben in der Vergangenheit zu einer Vielzahl von Vorkommnissen geführt. Dabei kam es auch bei einigen Transportunfällen zur Freisetzung radioaktiver Stoffe.

Studien zu Auswirkungen von Transporten radioaktiver Stoffe wurden bisher nur bezüglich des geplanten Endlagers im Auftrag des BMU durchgeführt. Zur Untersuchung und Bewertung der mit der Abfallanlieferung zum Endlager Konrad verbundenen potenziellen radiologischen Auswirkungen hat die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH 2009 eine Studie vorgelegt. Die Ergebnisse der GRS-Transportstudie beziehen sich vor allem auf die geringe Häufigkeit der Unfälle und

nicht auf die geringen Auswirkungen. Zudem wird mit dieser Studie kein ausreichendes und vor allem abdeckendes Bild für die Gefahr von allen Transporten in Deutschland gezeigt.

Eine fachliche Bewertung der GRS-Transportstudie wurde 2012 von der INTAC GmbH veröffentlicht, diese wurde im Auftrag der Stadt Salzgitter erstellt. (NEUMANN 2012) Zusammenfassend wird dort festgestellt, dass auf Grundlage der GRS-Transportstudie keine ausreichende Bewertung der Auswirkungen der Abfalltransporte zum geplanten Endlager Konrad möglich ist. Die Annahmen der GRS zu möglicherweise auftretenden Behälterbelastungen, zur Festlegung der Behälterinventare und zu Freisetzungsteilen sind nicht durchgängig konservativ. Deshalb, und wegen methodisch bedingter Ausblendung sehr schwerer Unfälle, werden die möglichen Strahlenbelastungen nach Transportunfällen nicht konservativ ermittelt. Die GRS-Transportstudie ist daher für die zu treffenden Entscheidungen zur Notfallschutzvorsorge nicht geeignet.

Zu kritisieren ist außerdem, dass die GRS-Transportstudie keine Freisetzung aufgrund einer terroristisch motivierten Tat betrachtet. Vor dem Hintergrund der Tätigkeiten von Terrorgruppen in Europa sind Angriffe dieser Art durchaus möglich. Die Auswirkungen können größer sein als nach schweren Unfällen. Insgesamt sollten unnötige Transporte unterbleiben, erforderliche Transporte sollten auf der Schiene stattfinden. Die Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle sollte an den Standorten erfolgen, an denen der Abfall anfällt. Nur bei transparent begründeten, massiven Sicherheitsbedenken kann davon abgesehen werden. Das gilt auch für die Konditionierung.

11 Literatur

A2B 2020a: Stellungnahme der Asse-2-Begleitgruppe zur Festlegung seitens BMU auf einen assenahen Zwischenlagerstandort für die Abfälle aus der Asse; 16.Jule 2020; <https://www.asse-2-begleitgruppe.de/2020/07/16/stellungnahme-der-asse-2-begleitgruppe-zur-festlegung-seitens-bmu-auf-einen-assenahen-zwischenlagerstandort-fuer-die-abfaelle-aus-der-asse/>

A2B 2020b: Bundesumweltministerium übergeht Forderung nach Standortvergleich – Begleitgruppe lässt daraufhin Begleitprozess ruhen; 12.Oktober 2020; <https://www.asse-2-begleitgruppe.de/2020/10/12/offener-brief-der-a2b-an-die-bundesumweltministerin-schulze/>

AG SCHACHT KONRAD 2020a: Bereitstellungslager KONRAD; 2020 <https://www.ag-schacht-konrad.de/konrad/bereitstellungslager-konrad/>

AG SCHACHT KONRAD 2020b: ÜSiKo Phase 1 – BGE verweigert echte Sicherheitsüberprüfung; Salzgitter, 01.12.2020

ATOMMÜLLREPORT 2020: Bereitstellungslager KONRAD; Letzte Änderung: 28.09.2020 <https://www.atommuellreport.de/themen/detail/bereitstellungslager-konrad.html>

ATOMMÜLLREPORT 2021: Daten; <https://www.atommuellreport.de/daten.html>

BACKMANN 2015: Vermeidung von Korrosionsschäden an Fässern für nicht Wärme entwickelnde radioaktive Abfallstoffe in Schleswig-Holstein einschließlich Lagerstättenkataster; Dr. Dr. Jan Backmann et al.; Bericht der Arbeitsgruppe „Vermeidung von Schäden bei der Lagerung von Atomabfällen“ bei der schleswig-holsteinischen Atomaufsicht; Backmann im Auftrag des Ministers für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Dr. Robert Habeck; Stand: 23.03.2015

BAH 2010a: Kleine Anfrage 16. Wahlperiode Kleine Anfrage des Abgeordneten Michael Braun (CDU) vom 25. Oktober 2010 (Eingang beim Abgeordnetenhaus am 26. Oktober 2010) und Antwort Radioaktiver Abfall in Wannsee Abgeordnetenhaus Berlin, Drucksache 16 / 14 852, Berlin, den 19. November 2010

BAH 2015a: Schriftliche Anfrage der Abgeordneten Daniel Buchholz (SPD) und Ina Czyborra (SPD) vom 03. März 2015 (Eingang beim Abgeordnetenhaus am 03. März 2015) und Antwort Wird Berlin ein Atommüll-Endlager und wie groß ist das Sicherheitsrisiko im Katastrophenfall bei der Zentralstelle für radioaktive Abfälle (ZRA)? Abgeordnetenhaus Berlin Drucksache 17 / 15 653; Berlin, den 17. März 2015

BAH 2015b: Schriftliche Anfrage der Abgeordneten Silke Gebel und Anja Schillhaneck (GRÜNE) vom 25. Juni 2015 (Eingang beim Abgeordnetenhaus am 08. Juli 2015) und Antwort Risiken und Gefahren bei der Lagerung von radioaktiven Abfällen in der Zentralsammelstelle (ZRA); Abgeordnetenhaus Berlin Drucksache 17 / 16 574, Berlin, den 23. Juli 2015

BGE 2021a: Bundesgesellschaft für Endlager (BGE): Asse. Die Zwischenlagerung. 2021 <https://www.bge.de/de/asse/themenschwerpunkte/themenschwerpunkt-rueckholung/die-zwischenlagerung/>

BGE 2021b: Bundesgesellschaft für Endlager (BGE): Radioaktive Abfälle für das Endlager Konrad 2021; <https://www.bge.de/de/konrad/kurzinformationen/radioaktive-abfaelle-fuer-das-endlager-konrad/>

BGZ 2019: Standortempfehlung „Zentrales Bereitstellungslager Konrad“; Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH (BGZ), 28.08.2019; https://logistikzentrum-konrad.de/sites/default/files/media/LOK_Standortempfehlung%20BGZ.pdf

BGZ 2021: Übersicht der BGZ-Zwischenlager; Gesellschaft für Zwischenlagerung mbH (BGZ); <https://zwischenlager.info/>

BMU 2018a: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit: Verzeichnis radioaktiver Abfälle (Bestand zum 31. Dezember 2017 und Prognose); August 2018

BMU 2018b: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit Zweiter Bericht zur Durchführung der Richtlinie 2011/70/Euratom (Bericht nach Artikel 14 (1) der Richtlinie 2011/70/Euratom des Rates vom 19. Juli 2011 über einen Gemeinschaftsrahmen für die verantwortungsvolle und sichere Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle), August 2018

BMU 2020b: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU): Bericht der Bundesregierung für die siebte Überprüfungskonferenz im Mai 2021 zur Erfüllung des Gemeinsamen Übereinkommens über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle; August 2020

BRLT 2015: Landtag Brandenburg: Antwort der Landesregierung auf die Kleine Anfrage Nr. 874 der Abgeordneten Benjamin Raschke und Heide Schinowsky der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNE: Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen aus Brandenburg, Drucksache 6/2305; 12.08.2015

BWLT 2014a: Landtag von Baden-Württemberg: Antrag der Abg. Ulrich Lusche u. a. CDU und Stellungnahme des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft 15. Wahlperiode, Drucksache 15 / 6163, 24. 11. 2014

BWUM 2020a: Kernenergieüberwachung und Strahlenschutz in Baden-Württemberg; Tätigkeitsbericht 2019 (Stand: Juni 2020); Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg; 2020

BYLT 2013a: Atommüll-Zwischenlager Mitterteich Inventar Nachfrage, Schriftliche Anfrage der Abgeordneten Ludwig Hartmann und Maria Scharfenberg BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN, vom 06.06.2013 Bayerischer Landtag 16. Wahlperiode Drucksache 16/18281; 0209.2013

BYLT 2014a: Abbau des Forschungsreaktors FRM I, Schriftliche Anfrage des Abgeordneten Benno Zierer FREIE WÄHLER, vom 08.05.2014; Bayrischer Landtag 17. Wahlperiode Drucksache 17/2336; 14.08.2014

DBT 1988: Deutscher Bundestag Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Dr. Daniels (Regensburg), Frau Wollny und der Fraktion DIE GRÜNEN - Drucksache 11/1828 - Aufgeblähte Atommüllfässer; 11. Wahlperiode Drucksache 11/2060 25.03.88

DBT 2012a: Deutscher Bundestag Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Sylvia Kotting-Uhl, Hans-Josef Fell, Bärbel Höhn, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 17/9126 – Atommüll – Fragen zur Lagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle und diesbezüglichen Korrosionsproblemen (verrostete Atommüllfässer) 17/9592 17. Wahlperiode 09. 05. 2012

DBT 2014a: Deutscher Bundestag: Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Sylvia Kotting-Uhl, Annalena Baerbock, Bärbel Höhn, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN: Bestand an radioaktiven Abfällen und Herausforderungen bei der Lagerung; Drucksache 18/3053 18. Wahlperiode 05.11.2014

DBT 2017a: Deutscher Bundestag Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Hubertus Zdebel, Caren Lay, Eva Bulling-Schröter, weiterer Abgeordneter und der Fraktion DIE LINKE. – Drucksache 18/13461 – Umgang mit radioaktiven Abfällen der Siemens AG und anderer (ehemaliger) nuklearer Versorgungsbetriebe 18/13601 18. Wahlperiode 18.09.2017

ESK 2013a: ESK-Leitlinien für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, Entsorgungskommission revidierte Fassung vom 10.06.2013

ESK 2013b ESK-Stresstest für Anlagen und Einrichtungen der Ver- und Entsorgung in Deutschland, Teil 2: Lager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle, stationäre Einrichtungen zur Konditionierung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle, Endlager für radioaktive Abfälle; Stellungnahme der Entsorgungskommission, revidierte Fassung vom 18.10.2013

ESK 2013c: Langzeitsicherheitsnachweis für das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM); Stellungnahme der Entsorgungskommission; 31.01.2013

ESK 2014a: Stand der Vorbereitungen hinsichtlich der Bereitstellung radioaktiver Abfallbinde für das Endlager Konrad STELLUNGNAHME der Entsorgungskommission ESK; 02.07.2014

ESK 2018a: Harmonisierung von Meldekriterien für Vorkommnisse mit radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung; EMPFEHLUNG der Entsorgungskommission; 01.03.2018

ESK 2018b: Meldekriterien für meldepflichtige Ereignisse in Einrichtungen mit einer Umgangsgenehmigung nach StrlSchV für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, Anhang 1 der Empfehlung der Entsorgungskommission vom 01.03.2018 siehe ESK 2018a

ESK 2018c: Informationswürdige Ereignisse, die keine oder sehr geringe sicherheitstechnische Bedeutung haben, aber relevante Betriebserfahrungen unterhalb der Meldeschwelle darstellen und einem systematischen Informationsaustausch unterliegen sollten, Anhang 2 der Empfehlung der Entsorgungskommission vom 01.03.2018 siehe ESK 2018a

ESK 2018d: Umsetzung der ESK-Leitlinien für die Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, Hier: Auswertung der Länderantworten auf den Fragenkatalog der ESK vom 16.03.2017 zur Nachverfolgung der Empfehlungen der ESK-Stellungnahme vom 07.05.2015; Stellungnahme der Entsorgungskommission vom 07.09.2018

ESK 2018e: Sicherheitstechnische und logistische Anforderungen an ein Bereitstellungslager für das Endlager Konrad; Stellungnahme der Entsorgungskommission; 26.07.2018

GNS 2021: MOSAIK®, eingesehen Februar 2021 <https://www.gns.de/language=de/21620/mosaik>

GRS 2008: Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH: „Development and application of a radioactive material transport event database in Germany: A 10-year review of incidents and accidents“; G. Schwarz und F. Sentuc in EUROSAFE-Forum, Paris, 3 & 4 November 2008

GRS 2009: Transportstudie Konrad 2009; Sicherheitsanalyse zur Beförderung radioaktiver Abfälle zum Endlager Konrad; F.-N. Sentuc; W. Brücher, U. Büttner, H.-J. Fett, F. Lange, R. Martens, B. M. Schmitz, G. Schwarz, Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS – 256, Dezember 2009 mit Corrigendum vom April 2010

HLT 2011a: Hessischer Landtag: Kleine Anfrage des Abg. Schäfer-Gümbel (SPD) vom 31.08.2011 betreffend Sicherheit der Landessammelstelle für schwachradioaktive Abfälle im Roßberger Forst, Gemeinde Ebsdorfergrund, 2. Teil und Antwort der Ministerin für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz; Drucksache 18/4416; 17. 10. 2011

HLT 2015a: Hessischer Landtag: Kleine Anfrage der Abg. Schmitt, Gremmels, Löber, Lotz, Müller (Schwalmstadt) Siebel und Warnecke (SPD) vom 20.11.2014 betreffend schadhafte Atommüllbehälter in Hessen und Antwort der Ministerin für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz; Drucksache 19/1151; 08. 01. 2015

IAEA 2019: ARTEMIS-Mission (Integrated Review Service For Radioactive Waste and Spent Fuel Management, Decommissioning and Remediation) to Germany, International Atomic Energy Agency, Cologne, 22 Sep to 4 Oct 2019

INTAC 1997: *intac* - Beratung · Konzepte · Gutachten zu Technik und Umwelt GmbH: „Auswertung von Veränderungen des fachwissenschaftlichen Standes ausgewählter Themen im Planfeststellungsverfahren zum geplanten Endlager Konrad seit Beginn des Erörterungstermins im September 1992 – Phase B“; im Auftrag von Arbeitsgemeinschaft Schacht KONRAD e.V., Hannover, Mai 1997

JEN 2020: Zwischenlagerung in Jülich; Jülicher Entsorgungsgesellschaft für Nuklearanlagen; <https://www.jen-juelich.de/projekte/zwischenlagerung/>

KTA 3604 2020a: Lagerung, Handhabung und innerbetrieblicher Transport radioaktiver Stoffe (mit Ausnahme von Brennelementen) in Kernkraftwerken; Kerntechnischer Ausschuss, Fassung 2020-12

KTA 3604 2020b: Dokumentationsunterlage zur Regeländerung KTA 3604, Lagerung, Handhabung und innerbetrieblicher Transport radioaktiver Stoffe (mit Ausnahme von Brennelementen) in Kernkraftwerken, Kerntechnischer Ausschuss, Fassung 2020-12

LOK 2021: Logistikzentrum Konrad; 2021 <https://logistikzentrum-konrad.de/auftrag>

MAINPOST 2020: Zwischenlager Grafenrheinfeld: Ab 2021 soll es in Betrieb gehen; 07.11.2020, <https://www.mainpost.de/regional/schweinfurt/kkg-grafenrheinfeld-zweites-atommuelllager-geht-2021-in-betrieb-art-10524812>

NDSLIT 2012a: Niedersächsischer Landtag: Kleine Anfrage mit Antwort Wortlaut der Kleinen Anfrage des Abgeordneten Grant Hendrik Tonne (SPD): Radioaktive Abfälle in Leese; Drucksache 16/4492; 23.02.2012

NDSLIT 2014a: Niedersächsischer Landtag: Antwort auf eine Kleine schriftliche Anfrage der Abgeordneten Dr. Hans-Joachim Deneke-Jöhrens, Martin Bäumer und Karsten Heineking (CDU): Verhindert die Landesregierung die aus Expertensicht sicherste Methode zur Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen in der Landessammelstelle? Drucksache 17/2201; 23.10.2014

NDSLIT 2017a: Niedersächsischer Landtag Kleine Anfrage zur schriftlichen Beantwortung mit Antwort der Landesregierung: Inventar der Atommülllager am Standort Esenshamm/Unterweser; 17. Wahlperiode Drucksache 17/7776; 12.04.2017

NDSLIT 2018a: Niedersächsischer Landtag Kleine Anfrage zur schriftlichen Beantwortung mit Antwort der Landesregierung Zwischenfall bei GE Healthcare in Braunschweig-Thune: Wie will die Landesregierung künftig die Öffentlichkeit informieren? Anfrage der Abgeordneten Miriam Staudte, Imke Byl und Julia Willie Hamburg (GRÜNE) – 18. Wahlperiode Drucksache 18/1215, 01.07.2018

NDSLIT 2018b: Niedersächsischer Landtag: Kleine Anfrage zur schriftlichen Beantwortung mit Antwort der Landesregierung; Anfrage der Abgeordneten Miriam Staudte (GRÜNE) Antwort des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz namens der Landesregierung: Zahlt jetzt der Steuerzahler für verschleppte Sicherheitsmaßnahmen am Fasslager Gorleben? 18. Wahlperiode Drucksache 18/734; 23.04.2018

NDSLIT 2018c: Niedersächsischer Landtag Kleine Anfrage zur schriftlichen Beantwortung gemäß § 46 Abs. 1 GO LT mit Antwort der Landesregierung; Anfrage der Abgeordneten Miriam Staudte (GRÜNE): Ist das Abfalllager Gorleben für schwach- und mittelradioaktive Abfälle gegen einen Flugzeugabsturz gesichert? Drucksache 18/2051; 07.11.2018

NDSLIT 2015b: Niedersächsischer Landtag: Kleine Anfrage zur schriftlichen Beantwortung mit Antwort der Landesregierung Überwachungs- und Alterungsmanagement im Abfallbehälterlager Gorleben Drucksache 17/4098; 20.08.2015

NEUMANN 2011: Studie zu Transporten radioaktiver Stoffe in der Bundesrepublik Deutschland; Auftraggeber: Bundestagsfraktion Bündnis 90 / Die Grünen, Auftragnehmer: Wolfgang Neumann; intac - Beratung · Konzepte · Gutachten zu Technik und Umwelt GmbH; Hannover, Februar 2011, ergänzt im September 2011

NEUMANN 2012: Fachliche Bewertung der Transportstudie Konrad 2010 von der GRS; Auftraggeber: Stadt Salzgitter; Auftragnehmer: *intac* - Beratung · Konzepte · Gutachten zu Technik und Umwelt GmbH, Hannover, November 2012

NEUMANN 2013: Stellungnahme zu ausgewählten Anforderungen bei Stilllegung und Abbau von Atomkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland; Auftraggeber: Bundestagsfraktion Bündnis 90 / Die Grünen, Auftragnehmer: Wolfgang Neumann; intac - Beratung · Konzepte · Gutachten zu Technik und Umwelt GmbH; Hannover, Oktober 2012, Aktualisierte Fassung August 2013

NEUMANN 2020: Vom Atomkraftwerk zum Atommüllfass, Probleme beim Rückbau und bei der Behandlung radioaktiver Abfälle, Unterschätzte Risiken – gefährliche Flickschusterei; Wolfgang Neumann; Fachtagung zu den Problemen schwach- und mittelradioaktiver Abfälle, Hannover, 21. Februar 2020

NMU 2017: Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz: Schreiben von Stefan Wenzel an Thomas Huk, 21.11.2017

NMU 2019a: Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz; Atomaufsicht und Strahlenschutz in Niedersachsen; Bericht für das Jahr 2019; (Stichtag der Angaben: 31.12.2019); Hannover, 30.04.2020

NMU 2020a: Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bau und Klimaschutz: Meldepflichtiges Ereignis im Zwischenlager für schwachradioaktive Altabfälle, Pressemeldung PI 119/2020; 03.10.2020

NRWLT 2012a: Landtag Nordrhein-Westfalen: Antwort der Landesregierung auf die Kleine Anfrage 1536 vom 9. Februar 2012 der Abgeordneten Hamide Akbayir, Michael Aggelidis und Rüdiger Sagel DIE LINKE: Herkunft und Verweildauer des nuklearen Abfalls im Zwischenlager Ahaus; 15. Wahlperiode Drucksache 15/4278 13.03.2012

NRWLT 2012b: Landtag Nordrhein-Westfalen: Antwort der Landesregierung auf die Kleine Anfrage 1537 vom 9. Februar 2012 der Abgeordneten Hamide Akbayir, Michael Aggelidis und Rüdiger Sagel DIE LINKE Klassifizierung des nuklearen Abfalls im Zwischenlager Ahaus; 15. Wahlperiode Drucksache 15/4279 13.03.2012

NRWLT 2018a: Landtag Nordrhein-Westfalen: Antwort der Landesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Wibke Brems BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN: Wo lagert wieviel Atommüll in NRW?; Drucksache 17/3119; 10.07.2018

NRWLT 2019a: Landtag Nordrhein-Westfalen: Antwort der Landesregierung auf die Kleine Anfrage 2183 vom 22. März 2019 der Abgeordneten Wibke Brems BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN Drucksache 17/5519: Wie haben sich die eingelagerten Mengen an Atommüll in NRW im Jahr 2018 verändert? Drucksache 17/6219; 13.05.2019

NRWLT 2019b: Landtag Nordrhein-Westfalen: Antwort der Landesregierung auf die Kleine Anfrage 2534 vom 17. Mai 2019 der Abgeordneten Wibke Brems BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN: Was tut die Landesregierung gegen rostige Atommüllfässer in Ahaus? Drucksache 17/6562; 17.06.2019

OEKOINSTITUT 2020a: Stellungnahme zur Herleitung der Standortempfehlung „Zentrales Bereitstellungslager Konrad“ der BGZ Julia Mareike Neles, Christian Küppers Manuel Claus, Öko-Institut e.V. Darmstadt, 08.01.2020

OEKOINSTITUT 2020b: Bewertung der grundsätzlichen Eignung des Standorts Würzgassen für die Errichtung und den Betrieb eines Zentralen Bereitstellungslagers Konrad (ZBL) Gutachterliche Erstbewertung aufgrund des bislang ermittelten Kenntnisstandes; Julia Mareike Neles, Christian Küppers Manuel Claus, Öko-Institut e.V. Darmstadt, 09.01.2020

SCHÖNBERGER 2014: Enttäuschender Informationsgehalt-Ausblendung von Abfallströmen-Umdefinierung von Leistungsreaktoren; Erste fachliche Bewertung des „Verzeichnisses radioaktiver Abfälle“ (BMU Oktober 2014); Ursula Schönberger; 03.11.2014

SDZ 2020 Süddeutsche Zeitung: Hanau siegt in VGH-Prozess: kein weiteres Atommülllager; 12. Februar 2020; <https://www.sueddeutsche.de/panorama/prozesse-hanau-hanau-siegt-in-vgh-prozess-kein-weiteres-atommuellager-dpa.urn-newsml-dpa-com-20090101-200212-99-887377>

SHLT 2014a: Schleswig-Holsteinischer Landtag: Kleine Anfrage des Abgeordneten Jens Christian Magnussen (CDU) und Antwort der Landesregierung – Minister für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume: Die Atommüll-Schwemme 18. Wahlperiode Drucksache 18/2520; 15.12.2014

UMWELTBUNDESAMT 2015: SUP Nationales Entsorgungsprogramm Deutschland; Fachstellungnahme; Erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft; Gabriele Mraz, Projektleitung Martin Baumann, Oda Becker, et al. Report REP-540; Wien 2015

UNIVERSITÄT HANNOVER 2005: Schlussbericht „Untersuchungen zur Sicherheit gegen Behälterkorrosion in Langzeitzwischenlagern, Institut für Werkstoffkunde, Leibnitz Universität Hannover, Autoren: Bach/Jendras

VGH 2020a: Hessischer Verwaltungsgerichtshof Kassel Presseinformation; Kassel 12. Februar 2020; <https://verwaltungsgerichtsbarkeit.hessen.de/sites/verwaltungsgerichtsbarkeit.hessen.de/files/Presseerklaerung%205.20%20Hanau-Wolfgang.pdf>

VKTA 2020: Jahresbericht 2019; VKTA - Strahlenschutz, Analytik & Entsorgung Rossendorf e. V., Dresden, 2020

WITT 2020: Juristische und planungsfachliche Beurteilung der von der BGZ durchgeführten Standortplanung zum Ausbau der Pufferkapazitäten am Endlager Konrad; Siegfried de Witt, Rechtsanwalt; Karsten Runge, 14.12.2020