

**Forschungsarbeiten zur  
Analyse von  
Rückbauerschwernissen  
bei Stilllegungsvorhaben  
infolge von  
Vorkommnissen**

**Forschungsarbeiten zur  
Analyse von  
Rückbauerschwerpunkten  
bei Stilllegungsvorhaben  
infolge von  
Vorkommnissen**

**Robert Arians  
Axel Breest  
Matthias Dewald  
Björn-A. Dittmann-Schnabel  
Marc Foldenauer  
Christian Korn  
Oliver Mildenberger  
Dagmar Sommer**

März 2021

**Anmerkung:**

Das diesem Bericht zugrunde liegende Forschungsvorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) unter dem Förderkennzeichen 4718R01323 durchgeführt.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der GRS.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung der GRS wieder und muss nicht mit der Meinung des BMU übereinstimmen.

## **Deskriptoren**

Erschwernis, Kernkraftwerk, Rückbau, Rückbauerschwernis

## **Kurzfassung**

Die Kernkraftwerke in Deutschland wurden bzw. werden bis 2022 schrittweise abgeschaltet und anschließend rückgebaut. Beim Rückbau können unerwartete Problemstellungen auftreten, die zu Erschwernissen bei der Durchführung der Rückbaumaßnahmen führen können. Ursachen für diese Problemstellungen können beispielsweise Ereignisse aus der Zeit des Leistungsbetriebs sein. Verzögerungen beim Rückbau aufgrund von Kontaminationen durch Leckagen aus der Betriebszeit sind z. B. bereits aufgetreten. In diesem Vorhaben wurden bereits beobachtete Probleme beim Rückbau von Kernkraftwerken ermittelt. Außerdem wurde die nationale und internationale Betriebserfahrung von Kernkraftwerken umfassend und systematisch ausgewertet, um Ereignisse zu identifizieren, die gegebenenfalls Auswirkungen auf den Rückbau haben können. Aus den bereits aufgetretenen Problemstellungen beim Rückbau sowie den Ereignissen, die Auswirkungen auf den Rückbau haben können, wurden generische Rückbauerschwernisse abgeleitet und erläutert. Zudem wurde die Übertragbarkeit der abgeleiteten Rückbauerschwernisse auf andere Anlagen untersucht.



## **Abstract**

The nuclear power plants in Germany have been or will be shut down until 2022 and will then be dismantled. During the dismantling process, unexpected problems may arise that can lead to difficulties in the implementation of the dismantling measures. Causes for these problems can be found in events from the time of power operation. For example, delays in dismantling due to contamination caused by leakages from the operating time have already occurred. In this project, problems that have already been observed during the dismantling of nuclear power plants were identified. In addition, the national and international operating experience of nuclear power plants was comprehensively and systematically evaluated to identify events that may have an impact on dismantling. Dismantling difficulties were derived from the problems that have already been observed during dismantling and the events from operating experience that could have an impact on dismantling. In addition, the transferability of the derived dismantling difficulties to other plants was examined.



# Inhaltsverzeichnis

	<b>Kurzfassung .....</b>	<b>I</b>
	<b>Abstract.....</b>	<b>III</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung, Aufgabenstellung und Zielsetzung .....</b>	<b>1</b>
1.1	Arbeitspaket 1: Aufbereitung des für das Vorhaben relevanten Standes von Wissenschaft und Technik und Ermittlung aufgetretener Rückbauerschwernisse .....	2
1.2	Arbeitspaket 2: Auswertung anlagenspezifischer Betriebserfahrung hinsichtlich Rückbauerschwernissen .....	2
1.3	Arbeitspaket 3: Untersuchung der Rückbauerschwernisse.....	3
<b>2</b>	<b>Stand von Wissenschaft und Technik und Ermittlung aufgetretener Rückbauerschwernisse .....</b>	<b>5</b>
2.1	Definition des Begriffs „Rückbauerschwernis“ .....	5
2.2	Beobachtete Problemstellungen beim Rückbau von Kernkraftwerken .....	5
2.3	Erkenntnisse aus anderen Arbeiten zum Rückbau von Kernkraftwerken .....	14
2.3.1	IAEA-Projekt DeSa.....	15
2.3.2	IAEA-Projekt FaSa .....	23
2.3.3	IAEA-Projekt DRiMa.....	26
2.3.4	IAEA-Projekt CIDER .....	38
2.3.5	IAEA-Dokument „Managing the Unexpected in Decommissioning“ .....	39
2.3.6	OECD/NEA „Preparing for Decommissioning During Operation and After Final Shutdown“.....	44
2.4	Kapitelzusammenfassung .....	46
<b>3</b>	<b>Auswertung anlagenspezifischer Betriebserfahrung hinsichtlich Rückbauerschwernissen .....</b>	<b>49</b>
3.1	Auswertung der nationalen Betriebserfahrung .....	49
3.2	Auswertung der internationalen Betriebserfahrung .....	51
3.3	Vertiefte Auswertung der relevanten Ereignisse .....	54

<b>4</b>	<b>Untersuchung der Rückbauerschwernisse .....</b>	<b>55</b>
4.1	Kontamination innerhalb und außerhalb der Anlage .....	55
4.2	Auftreten von Schadstoffen innerhalb der Anlage.....	58
4.3	Probleme mit technischen Einrichtungen .....	61
4.4	Auftreten gebäudespezifischer Probleme .....	66
4.5	Probleme im Zusammenhang mit der Behandlung von radiologischem Abfall .....	69
4.6	Probleme bei im Rahmen von Rückbaumaßnahmen zu erwartenden Arbeiten .....	73
4.7	Weitere Rückbauerschwernisse.....	75
4.7.1	Ausfall von Messstellen zur radiologischen Überwachung .....	75
4.7.2	Defekte Brennelemente .....	76
4.8	Anlagenspezifische Rückbauerschwernisse .....	77
4.8.1	Beschädigung der Kondensationskammer.....	77
4.8.2	Nutzung trockener Verfahren zur Zerlegung des Reaktordruckbehälters .....	79
4.8.3	Probleme in Verglasungseinrichtungen .....	80
4.9	Rückbauerschwernisse basierend auf organisatorischen Mängeln .....	80
4.9.1	Ungenügende Berücksichtigung von bzw. mangelhafte Betriebsanweisungen sowie Missachtung von Sicherheitsbestimmungen.....	81
4.9.2	Mangelhafte Anwendung geänderter Freigabewerte .....	82
4.9.3	Unzureichende Beurteilung der potenziellen Gefährdung durch den Einsatz neuer Verfahren .....	83
4.9.4	Nichtbeachtung von Spezifikationen bei der Beladung des Brennelement-Lagerbeckens .....	84
4.9.5	Fehlerhaftes menschliches Verhalten .....	85
4.9.6	Schwächen beim Umgang mit aktivierten Komponenten.....	85
4.9.7	Konstruktive Mängel von Behältern zum Verpacken von aktiviertem Material .....	87
4.9.8	Fehlende Genehmigungen bzw. Freigaben .....	88
4.9.9	Mangelhafte Koordination bzw. unvollständige Ausführung von Arbeitsschritten .....	89

4.9.10	Fehlendes bzw. nicht qualifiziertes Personal .....	90
4.9.11	Engpässe bei Lagerkapazitäten für Abfälle.....	92
4.9.12	Nichtannahme freigemessener Rückbaumassen in Mülldeponien .....	93
4.10	Kapitelzusammenfassung .....	94
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>97</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>101</b>
	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>103</b>



# 1 Einleitung, Aufgabenstellung und Zielsetzung

Mit dem Beschluss der Bundesregierung zum Ausstieg aus der wirtschaftlichen Nutzung der Kernenergie im Jahr 2011 haben acht Kernkraftwerke die Berechtigung zum Leistungsbetrieb sofort verloren, die weiteren Kernkraftwerke in Deutschland wurden bzw. werden bis 2022 schrittweise abgeschaltet und anschließend rückgebaut. In Deutschland sind in den letzten Jahren bereits Erfahrungen beim Rückbau von Leistungsreaktoren gesammelt worden. Dabei hat sich gezeigt, dass unerwartete Problemstellungen auftreten können, die zu Erschwernissen oder Verzögerungen bei der Durchführung der Rückbaumaßnahmen führen können. Diese Problemstellungen können unterschiedliche Ursachen haben. Zum Teil sind sie in Ereignissen aus der Zeit des Leistungsbetriebs begründet, sie können aber auch in Ereignissen aus der Zeit der Errichtung, der Inbetriebsetzung oder des Nachbetriebs begründet sein.

Solche Problemstellungen sind aus mehreren deutschen Kernkraftwerken, welche sich im Rückbau befinden, bekannt. Beispielsweise kam es bei radiologischen Kontrollmessungen im Zusammenhang mit dem Rückbau eines Kernkraftwerks zum Auffinden erhöhter Kontamination in mehreren Gebäudebereichen. In einem weiteren deutschen Kernkraftwerk kam es aufgrund von Kontamination mit Primärkreiswasser während des Betriebs zu Verzögerungen beim Rückbau. Das Primärkreiswasser war tief in die Bodenkalotte des Sicherheitsbehälters eingedrungen und hat somit zur Kontamination geführt. Aufgrund dessen kam es zu erhöhten Aktivitätskonzentrationen am Sockel des Reaktorgebäudes, wodurch der Rückbau erschwert und um Jahre verzögert wurde. Als weitere mögliche Problemstellungen sind Belastungen mit Schadstoffen wie Asbest, polychlorierten Biphenylen (PCB) oder Säure zu nennen.

Die genannten Beispiele zeigen, dass es aufgrund von Ereignissen während des Anlagenbetriebs zu unerwarteten Kontaminationen mit radioaktiven Stoffen oder mit anderen Stoffen wie beispielsweise Asbest, PCB oder Säure kommen kann, was zu Erschwernissen (z. B. Verzögerungen) während des Rückbaus der Anlagen führen kann. Die Zielsetzung des Vorhabens ist es, Rückbauerschwernisse bei Leistungsreaktoren zu identifizieren und zu analysieren. Dazu werden Vorkommnisse sowohl aus der Betriebszeit aber auch aus der Zeit der Errichtung, der Inbetriebsetzung oder des Nachbetriebs betrachtet. Um mögliche Rückbauerschwernisse zu identifizieren werden nationale und internationale Informationsquellen hinsichtlich bereits beobachteter Problemstellungen beim Rückbau von Kernkraftwerken ausgewertet.

Außerdem wird die nationale und internationale Betriebserfahrung untersucht, um Ereignisse zu identifizieren, die möglicherweise zu Rückbauerschwerwernissen führen können. Aufbauend auf diesen Untersuchungen werden Rückbauerschwerwernisse ermittelt, welche als Bewertungsgrundlage für Rückbauvorbereitungen dienen können.

Im Rahmen des Vorhabens wurden neben dem Projektmanagement und Projektcontrolling drei Arbeitspakete aufgestellt, die von der GRS bearbeitet wurden. Diese sind in den folgenden Abschnitten kurz beschrieben.

### **1.1           Arbeitspaket 1: Aufbereitung des für das Vorhaben relevanten Standes von Wissenschaft und Technik und Ermittlung aufgetretener Rückbauerschwerwernisse**

Der für die Bearbeitung des Vorhabens relevante Stand von Wissenschaft und Technik wurde in diesem Arbeitspaket erfasst und aufbereitet. Dazu wurde durch eine Literaturrecherche ermittelt, welche Problemstellungen beim Rückbau in- und ausländischer Kernkraftwerke bereits beobachtet wurden. Dabei wurden Problemstellungen betrachtet, die in der Betriebszeit der Anlagen aber auch in der Zeit der Errichtung, der Inbetriebsetzung oder des Nachbetriebs begründet sein können. Im Rahmen der Ermittlung des Standes von Wissenschaft und Technik und der Ermittlung bereits aufgetretener Rückbauerschwerwernisse wurden beispielsweise Erkenntnisse aus laufenden Arbeiten der GRS, Erkenntnisse aus dem Besuch von Fachkonferenzen und Erkenntnisse aus Dokumenten der Internationalen Atomenergie-Organisation (International Atomic Energy Agency, IAEA) oder der Nuclear Energy Agency (NEA) der OECD (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung) zum Rückbau von Kernkraftwerken genutzt.

### **1.2           Arbeitspaket 2: Auswertung anlagenspezifischer Betriebserfahrung hinsichtlich Rückbauerschwerwernissen**

Dieses Arbeitspaket umfasst die Auswertung der nationalen und internationalen Betriebserfahrung von Kernkraftwerken zur Identifikation von Ereignissen, die gegebenenfalls Auswirkungen auf den Rückbau haben können.

Dazu wurden die in der Datenbank VERA der GRS gesammelten meldepflichtigen Ereignisse aus deutschen Anlagen und die in der Datenbank IRS der IAEA gesammelten Ereignisse aus internationalen Kernkraftwerken auf ihre Relevanz hinsichtlich möglicher Auswirkungen auf den Rückbau untersucht. Die als relevant für dieses Vorhaben klassifizierten Ereignisse wurden vertieft untersucht, um detaillierte Informationen zu diesen Ereignissen zu ermitteln.

### **1.3           Arbeitspaket 3:                   Untersuchung der Rückbauerschwernisse**

In diesem Arbeitspaket wurden die in Arbeitspaket 1 ermittelten, bereits aufgetretenen Problemstellungen beim Rückbau von Leistungsreaktoren sowie die in Arbeitspaket 2 hinsichtlich möglicher Rückbauerschwernisse als relevant ermittelten Ereignisse zusammenfassend dargestellt. Dabei wurden generische Rückbauerschwernisse abgeleitet und erläutert. Die ermittelten Rückbauerschwernisse wurden außerdem hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit auf andere Anlagen untersucht und bewertet. Diese Zusammenfassung der generischen Rückbauerschwernisse kann zukünftig als Grundlage für die Bewertung von Rückbauvorbereitungen hinsichtlich der Berücksichtigung von Rückbauerschwernissen aus der Zeit des Anlagenbetriebs, aber auch aus der Zeit der Errichtung, der Inbetriebsetzung oder des Nachbetriebs dienen.



## **2 Stand von Wissenschaft und Technik und Ermittlung aufgetretener Rückbauerschwernisse**

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Arbeiten zu Arbeitspaket 1 „Aufbereitung des für das Vorhaben relevanten Standes von Wissenschaft und Technik und Ermittlung aufgetretener Rückbauerschwernisse“ dargestellt. In Abschnitt 2.1 wird zunächst der Begriff „Rückbauerschwernis“ für dieses Vorhaben definiert. Die ermittelten Problemstellungen, die beim Rückbau von Kernkraftwerken bereits beobachtet wurden, werden in Abschnitt 2.2 dargestellt. Die Erkenntnisse aus anderen Arbeiten zum Rückbau von Kernkraftwerken werden in Abschnitt 2.3 zusammengefasst.

Das Ziel der Arbeiten in diesem Arbeitspaket ist die Erfassung bereits aufgetretener Problemstellungen beim Rückbau von Kernkraftwerken, damit diese in Arbeitspaket 3 in die Ableitung der generischen Rückbauerschwernisse einfließen können.

### **2.1 Definition des Begriffs „Rückbauerschwernis“**

Im Allgemeinen bezeichnet man etwas als Erschwernis, das etwas anderes erschwert, also Schwierigkeiten bereitet. Erschwernisse sind somit Ereignisse oder Maßnahmen, die zu einem höheren Aufwand an Zeit, Geld, Personal oder anderen Ressourcen als ursprünglich geplant führen, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen.

Der Begriff „Rückbauerschwernis“ beschreibt Erschwernisse, die in direktem Zusammenhang mit dem Rückbau von kerntechnischen Anlagen stehen.

Keine Erschwernisse zum Zeitpunkt der Beurteilung sind Ereignisse, deren Auswirkungen zum Zeitpunkt der Beurteilung derart behoben wurden, dass kein zusätzlicher Aufwand zum Zustand vor dem Ereignis besteht.

### **2.2 Beobachtete Problemstellungen beim Rückbau von Kernkraftwerken**

In diesem Abschnitt werden bereits beobachtete Problemstellungen vorgestellt, die in laufenden und abgeschlossenen Stilllegungsprojekten zu Erschwernissen geführt haben. Informationen zu aufgetretenen Erschwernissen im Rahmen des Rückbaus kerntechnischer Anlagen sind in der Regel nicht öffentlich zugänglich.

Zur Informationsbeschaffung erfolgte insbesondere eine systematische und detaillierte Recherche von Beiträgen auf besuchten Fachveranstaltungen (Konferenzen, Tagungen, Symposien, Workshops, usw.) aus den Jahren 2011 bis 2020 mit entsprechender thematischer Ausrichtung hinsichtlich relevanter Informationen. Außerdem wurden Erkenntnisse aus Jahres- und Monatsberichten der Betreiber, aus Arbeiten der GRS sowie im Rahmen von Fachgesprächen mit Anlagenbetreibern erhaltene Informationen genutzt. Die Art der vorgestellten Erschwernisse sowie deren Ursachen sind sehr vielseitig und in vielen Fällen nicht auf einzelne meldepflichtige Ereignisse zurückzuführen. Um einen breiteren Überblick über mögliche Erschwernisse bei der Stilllegung zu geben, wurden nicht nur Kernkraftwerke in Stilllegung, sondern auch Forschungsreaktoren und Anlagen der nuklearen Ver- und Entsorgung betrachtet.

### **Kontaminationsfunde im Überwachungsbereich eines Kernkraftwerks**

Im Maschinenhaus eines Kernkraftwerks wurde im Rahmen der Rückbauarbeiten nach der Demontage der dort vorhandenen Anlagen eine erhöhte lokale Oberflächenkontamination festgestellt. Der kontaminierte Estrich wurde abgetragen. Im Bereich der festgestellten Kontamination befand sich in der Vergangenheit eine Stickstoffleitung zum Druckhalter. Während der Betriebszeit der Anlage war diese Leitung einmal unplanmäßig mit kontaminiertem Wasser beaufschlagt worden. Vermutlich kam es in der Vergangenheit zum Austritt von noch vorhandenem Restwasser aus dieser Leitung, wodurch die Kontamination verursacht wurde.

In einem Kernkraftwerk wurde im Bereich der ehemaligen, im Zuge des Rückbaus mittlerweile demontierten Frischdampfleitungen eine erhöhte Kontamination festgestellt. Der betroffene Bereich wurde dekontaminiert. Als Kontaminationsquelle werden Leckagen an der Frischdampfleitung während des vorangegangenen Betriebs vermutet. Das Frischdampfsystem wurde aufgrund von Dampferzeugerschäden zeitweise mit kontaminationsbehafteten Medien beaufschlagt. Durch Leckagen an den Frischdampfleitungen kam es vermutlich zu einer Beaufschlagung des betroffenen Bereichs mit kontaminierten Medien.

In einem Kernkraftwerk wurde bei radiologischen Kontrollmessungen im Rahmen der Rückbauarbeiten am Rohrleitungskanal zu den Behältern für sauberes Kondensat eine erhöhte Kontamination im Erdreich festgestellt. Das kontaminierte Erdreich wurde abgetragen. Als Ursache für die Kontamination wird ein Ereignis aus der Betriebszeit der Anlage vermutet.

Bei diesem Ereignis gelangte Flüssigkeit aus einer Verdampferanlage bis zum Bereich der Dehnungsfuge an der Wanddurchführung, an welcher die Kontamination festgestellt wurde. Die Wanddurchführung besitzt keine Flüssigkeitsbarriere und unterliegt zusätzlich Alterungsprozessen. Aus diesem Grund gelangte die kontaminierte Flüssigkeit vermutlich über die Dehnungsfuge ins Erdreich.

### **Kontamination von Betonstrukturen in einem Kernkraftwerk**

In einem Kernkraftwerk wurde im Rahmen des Rückbaus radioaktive Kondensnässe an der Bodenkalotte des Containments nachgewiesen, die auf während des Leistungsbedriebs ausgetretenes Primärkreiswasser, welches in Arbeitsfugen im Beton eindrang, zurückzuführen ist. Diese Arbeitsfugen stammen aus der Errichtungsphase der Anlage und entstanden im sonst wasserdichten Beton aufgrund von Wartezeiten zwischen den einzelnen Güssen, wobei der Beton einer Schüttung bereits beginnt abzubinden und die neue Schüttung nicht mehr ganz nahtlos anschließt. Aufgrund dieser Kontaminationsfunde verzögert sich der Rückbau um mehrere Jahre, unter anderem weil es aufgrund des notwendigen Abtrags der betroffenen Gebäudestrukturen zu Änderungen der statischen Gegebenheiten kommt, die durch entsprechende Maßnahmen abgefangen werden müssen. Zum Abtrag der betroffenen Gebäudestrukturen musste außerdem ein neuer Kran in den Sicherheitsbehälter eingebracht werden.

### **Austritt von Aktivität in einem Abfalllager für feste radioaktive Abfälle**

Im Verlauf des Betriebes eines Abfalllagers für feste radioaktive Abfälle ist es zu einem Austrag von Aktivität mit nachfolgender Kontamination des Erdreiches im Bereich des Baukörpers und der Betonstrukturen gekommen. Während der Betriebszeit war nur ein Teil der Kammern mit festen radioaktiven Mischabfällen befüllt worden und damit kontaminiert. Bei den ungenutzten Kammern war eine Kontaminationsfreiheit der Wände erwartet worden. Im unteren Wandbereich einer Kammer wurde jedoch eine Oberflächenkontamination festgestellt. Infolge einer zum Zeitpunkt der Rückbauplanung nicht bekannten Öffnung zwischen einer genutzten Kammer und der betroffenen, ungenutzten Kammer in Bodennähe war es zum Kontaminationseintrag durch Wasser gekommen. Diese Kontamination hat zu einem erheblichen Mehraufwand bei der Stilllegung des Abfalllagers geführt und schlägt sich in der Projektlaufzeit und in den Kosten nieder.

## **Sr-90 Kontamination in einem Versuchsreaktor**

In einem Versuchsreaktor kam es aufgrund eines länger zurückliegenden Ereignisses (Leck im Dampferzeuger) zu einem Wassereintritt in den Reaktorkern, welcher gasgekühlt war. Das Wasser hat Spaltprodukte aus dem Reaktor ausgewaschen und ist in die unteren Strukturen des Reaktors geflossen. Aufgrund dieses Ereignisses kam es zu einem Eintrag einer Sr-90 Kontamination in den unteren Strukturen des Gebäudes. Derzeit geht man davon aus, dass auch das Erdreich betroffen ist. Dieser Umstand wirkt sich erschwerend auf die Freigabe des Anlagengeländes aus. Insbesondere die Freigabe der tieferliegenden Gebäudestrukturen und des Erdreiches gestalten sich aufgrund des besonderen Nuklidvektors als schwierig, da sich geringe Mengen an Sr-90 nicht durch herkömmliche in-situ Messverfahren hinreichend identifizieren lassen. Dies erfordert besondere Konzepte zur Freigabe und einen deutlich erhöhten Messaufwand. Das tatsächliche Ausmaß der Kontamination ist derzeit nicht genau bekannt, sodass Verdachtsflächen kleinteilig untersucht werden müssen.

## **Gebäudefreigabe in einem Kernkraftwerk**

Die Erfahrungen in einem Kernkraftwerk beim Rückbau zeigen, dass radiologische Kontaminationen oftmals tief in Betonstrukturen eingedrungen sind. Um diese Kontaminationen zu entfernen, wird mehrfach signifikant in die Gebäudestatik eingegriffen.

Zusätzlich hat sich bei den Planungen zur Freigabe des Reaktorgebäudes des Kernkraftwerks eine grundsätzliche Konstruktionsweise als Erschwernis herausgestellt. Aufgrund von in den Wänden und Decken einbetonierter Systeme, wie Lüftungsschächte und Versorgungsleitungen, lassen sich diese Systeme im Zuge der Stilllegung nicht von der Gebäudestruktur trennen. Eine Demontage aller Systeme und Komponenten mit anschließender Freimessung des leeren Gebäudes an der stehenden Struktur ist somit nicht möglich. Ferner kann eine Kontaminationsfreiheit im Innern der fest verbauten Systeme, die die Gebäudestruktur durchziehen, nicht nachgewiesen werden. Ein vollständiges Entfernen der Systeme in den Wänden ist aus statischen Gründen nicht ohne weitere Maßnahmen zur Stabilisierung des Gebäudes möglich. Dies führt dazu, dass das Gebäude nicht konventionell nach erfolgter Freigabe abgebrochen werden kann, sondern unter Kontrollbereichsbedingungen schrittweise abgebaut werden muss. Der resultierende Bauschutt muss bei diesem Vorgang dann chargenweise freigemessen werden. Diese Vorgehensweise führt zu einem erheblichen Mehraufwand bei der Stilllegung.

Um für den Abbruch der inneren Gebäudestrukturen eine abgeschlossene Gebäudehülle als Kontrollbereichsabschluss nutzen zu können, sollen die Außenwände erst zum Schluss entfernt werden, nachdem alle inneren Strukturen beseitigt sind. Um die Statik der freistehenden Außenhülle des Gebäudes zu ertüchtigen, wird eine massive Metallkonstruktion benötigt, die vergleichbar mit einem Gürtel von außen um das Gebäude gelegt wird. Zum Schluss werden die Außenwände von oben nach unten unter Verwendung einer mobilen Dachkonstruktion blockweise abgebaut.

### **Aktivierung von Edelstahlbandagen in einem Forschungsreaktor**

Im Rahmen der Planung zum Rückbau des Reaktorblocks wurden Aktivierungsrechnungen mittels MCNP-Simulation (MCNP = Monte-Carlo N-Particle Transport Code) durchgeführt, die auch wichtige Ausgangsdaten zur Erfassung und Bewertung der radiologischen Situation im Reaktoraluminiumtank (RAT) lieferten und das Rückbaukonzept sowie die notwendigen Schutzmaßnahmen maßgeblich bestimmen. Zur Absicherung der MCNP-Ergebnisse wurden später am Reaktorblock Proben genommen, die die Rechenergebnisse weitgehend bestätigten. Nach dem Ausbau des letzten Experimentiereinschubs aus dem Reaktorblock und der damit verbundenen deutlichen Reduzierung des Aktivitätsinventars innerhalb des Reaktoraluminiumtanks sowie dem Abschluss der Rückbauarbeiten im D2O-Raum unterhalb des RAT konnte das zu Abschirmzwecken im RAT vorgehaltene Wasser reduziert und Dosisleistungsmessungen im RAT durchgeführt werden. Die Dosisleistungsmessungen haben gezeigt, dass sich im RAT offensichtlich bisher nicht berücksichtigte Strahlenquellen befinden, die erst beim sukzessiven Absenken des Wasserstandes im RAT erkennbar wurden. Nach aufwendigen Recherchen konnten die aus den Dosisleistungsmessungen resultierenden Dosisleistungsverläufe auf vier Edelstahlbandagen zurückgeführt werden, welche im Jahr 1972 nachträglich im Rahmen einer Leistungserhöhung zusammen mit den Erhöhungen der Kühlmittel-Rücklaufrohre eingebaut wurden. Diese wurden offensichtlich beim verwendeten MCNP-Rechenmodell zur Abschätzung der während des Reaktorbetriebs stattgefundenen Aktivierung der Strukturmaterialien im Reaktorblock nicht modelliert bzw. nicht berücksichtigt.

In diesem Fall wurde das Erschwernis folglich aufgrund nicht berücksichtigter Dokumentation über die Anlage und ihrer Historie nicht rechtzeitig erkannt und eingeplant. Der Fund der Edelstahlbandagen erforderte eine zusätzliche Abbaumaßnahme zum Entfernen der Bandagen, damit im Anschluss an die ursprüngliche Stilllegungsplanung angeknüpft werden kann. In der Folge dieses Sachverhaltes ist durch die zusätzliche Maßnahme von einer Zeitverzögerung im Projektverlauf sowie von einer Kostensteigerung auszugehen.

### **Unverfügbarkeit von technischen Einrichtungen**

In einem Anfang der 60-er Jahre errichteten Forschungsreaktor ist auch das installierte technische Equipment in dieser Zeit installiert worden. Vieles wurde zwar im Laufe der Jahre erneuert, es gibt aber durchaus noch Einrichtungen, die aus der Errichtungszeit stammen, wie beispielsweise die Krananlage. Diese wird während des Rückbaus vielfältig genutzt und ist eine wesentliche Voraussetzung, um Dinge aus der Anlage ins Abfalllager zu transportieren. Aufgrund von Defekten der Krananlage kam es zu notwendigen Reparaturen, wobei die Lieferung der Ersatzteile aufgrund des Baujahres der Kräne längere Zeit in Anspruch nahm. Dadurch wurden die Rückbauarbeiten teilweise unterbrochen oder zumindest deutlich verlangsamt. Aus diesem Grund wurde der Rückbaufortschritt maßgeblich beeinflusst.

Ein weiteres Problem war, dass Manipulatoren aufgrund des Hebens einer Vielzahl von schweren und großvolumigen Komponenten oftmals an ihre Leistungsgrenze kamen. Dadurch wurden zusätzliche Reparaturen der Manipulatoren erforderlich, welche ebenfalls zu Verzögerungen beim Rückbau geführt haben.

### **Asbest**

Asbest wurde in früheren Jahren aufgrund seiner großen Festigkeit und seiner Hitze- und Säurebeständigkeit häufig u. a. zur Wärmedämmung, auch in Kernkraftwerken, eingesetzt. Aufgrund seiner in der Zwischenzeit festgestellten Gesundheitsgefahren ist der Einsatz heute verboten. Insbesondere die Entsorgung von Asbest in Gebäuden gestaltet sich als aufwändig, da es bei zufälliger oder unsachgemäßer Bearbeitung zu nennenswerten Faserfreisetzungen kommen kann, die gesundheitsgefährdend sein können. In diversen Anlagenteilen von Kernkraftwerken wurde Asbest verbaut.

Als Beispiele zu nennen sind hier Kühltürme, Dampferzeuger und diverse Brandschutzeinrichtungen (z. B. Rohrschottungen, Gebäudefugenabdichtungen, Brandschutzklappen oder Brandschutzverkleidungen an Lüftungskanälen).

Beim Rückbau einer kerntechnischen Anlage wurde unerwartet Asbest bei der Durchtrennung von Rohrdurchführungen entdeckt, welches in Form von Stopfbuchsen als Umwicklung von Rohren zum Auffangen von Wärmeausdehnungen genutzt wurde. Es kam zur Freisetzung erheblicher Mengen von Asbestfasern, dem die Arbeiter unzulässig ausgesetzt waren. Der Rückbau der Anlage wurde um Jahre verzögert.

### **Schadstoffsanierung im Zuge der Stilllegung eines Kernkraftwerks**

In einem Kernkraftwerk wurde der Rück- und Umbau der Lüftungsanlage zwar planungsgemäß durchgeführt, jedoch wurde nicht berücksichtigt, dass für die Asbestsanierung gesonderte Anforderungen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit an Lüftungssysteme gestellt werden. Für diese Anforderungen war das neue Lüftungssystem nicht ausgelegt. Aus diesem Grund musste eine Ersatzanlage mit einem für die Asbestsanierung deutlich höheren Volumenstrom installiert werden. In diesem Fall war die Rückbauplanung vor dem Abbau der Lüftungsanlage nicht optimal, der Abbau der Lüftungsanlage erfolgte zu früh. Der Neubau der Lüftungsanlage war mit einem Mehraufwand sowohl in der Projektlaufzeit als auch in den Kosten verbunden.

### **Zerlegung des Reaktordruckbehälters in einem Kernkraftwerk**

In einem Kernkraftwerk wurde von einem potenziellen Rückbauerschwernis berichtet. Da die Anlage den Status „wasserfrei“ hat, kann der Reaktordruckbehälter nur mit trockenen Verfahren an Ort und Stelle zerlegt werden. Üblicherweise werden solche Komponenten sonst mittels Unterwassertechniken im Abklingbecken zerlegt. Im Abklingbecken stehen zudem Konrad-Container mit eingekürzten Dampferzeugerheizrohren aus der Zerlegung der Dampferzeuger. Da es zurzeit keine Möglichkeit zur externen Zwischenlagerung gibt, werden die Container aus platz- und strahlenschutztechnischen Gründen im trockenen Abklingbecken gelagert. Der Reaktordruckbehälter kann deswegen nur mit zusätzlichem Aufwand zerlegt werden.

## **Zerlegung der Dampferzeuger in einem Kernkraftwerk**

In einem Kernkraftwerk kam es zu Schwierigkeiten bei der Zerlegung der Dampferzeuger, aufgrund derer die Zerlegearbeiten unterbrochen wurde. Ursprünglich war geplant, die Heizrohre der Dampferzeuger zu ziehen und getrennt zu behandeln. Aufgrund des Betriebs der Dampferzeuger haben sich die Materialeigenschaften geändert und es kam zu einem Verbacken der Heizrohre. Somit war der Zeitaufwand für das Ziehen der Heizrohre deutlich länger als geplant. Die geplante Zerlegung der Dampferzeuger ließ sich auch im Hinblick auf die Strahlenexposition des Personals nicht wie geplant durchführen. Aufgrund dessen ist jetzt die großteilige Zerlegung der Dampferzeuger inklusive der darin befindlichen Heizrohre vorgesehen.

## **Auffinden einer nicht eingeplanten Stahlrahmenkonstruktion**

In einem Forschungsreaktor wurde in den Wänden der Heißen Kammern während des Rückbaus des Forschungsreaktors eine nicht eingeplante Stahlrahmenkonstruktion sowie massive Gussteile gefunden, welche den Rückbau erschwerten. Aufgrund des Vorhandenseins sehr starker Kontaminationen in den Heißen Kammern gestalteten sich die Arbeiten als schwierig und mussten aus arbeits- und strahlenschutztechnischen Gründen mit fremdbelüfteten Vollschutzanzügen durchgeführt werden.

## **Abtrennung von Cäsium und Technetium aus Spaltabfällen der Wiederaufbereitung**

Im Zuge der Stilllegung einer kerntechnischen Anlage wurde eine Verglasungseinrichtung zur Konditionierung hochradioaktiver Abfälle (HAWC) in Betrieb genommen. Seitdem die Konditionierung dieser Abfälle abgeschlossen ist, befindet sich auch die Verglasungseinrichtung wieder in Stilllegung. Während der Vitrifikation kam es zu einer Resublimation von Cäsiumpertechnetat ( $\text{CsTcO}_4$ ) im Abgassystem der Verglasungseinrichtung. Die notwendige Entfernung größerer Mengen  $\text{CsTcO}_4$  aus dem Schmelzofen und dem sich daran anschließenden Abgassystem kann als Erschwernis bei der Stilllegung gesehen werden, da dies den Einsatz angepasster und z. T. fernhantierter Dekontaminationsverfahren (z. B. Saugstrahlverfahren) erfordert. Derzeit laufen Entwicklungen, um das  $\text{CsTcO}_4$  zu entfernen und so zu konditionieren, dass es entweder wiederverwendet oder entsorgt werden kann. Es ist davon auszugehen, dass es bei anderen Verglasungseinrichtungen zu ähnlichen Effekten kommt, die sich erschwerend auf die Stilllegung solcher Anlagen auswirken können.

## **Personal**

Hinsichtlich des von externen Dienstleistern bereitgestellten Personals wird bemängelt, dass dieses relativ häufig wechselt, da aufgrund der Dreimonatsfrist bei Einsatzwechselfähigkeiten andernfalls der Verpflegungsmehraufwand steuerlich nicht geltend gemacht werden kann. Dies führt in der Konsequenz dazu, dass regelmäßig neues externes Personal akquiriert und mit den Anlagegegebenheiten neu vertraut gemacht werden muss. Zudem können so beim externen Personal nur schwer längerfristige Erfahrungen bei den Rückbautätigkeiten gesammelt und genutzt werden.

Hinsichtlich des Eigenpersonals wird es als Herausforderung gesehen, dass der Altersdurchschnitt relativ hoch ist und entsprechend neues Personal eingestellt werden muss, welches zum Teil aus dem nicht-nuklearen Bereich kommt und keine Erfahrungen im nuklearen Bereich hat. Durch die benötigte Einarbeitungszeit kann es somit zu Verzögerungen beim Rückbau kommen.

## **Verfügbarkeit externer Dienstleister**

Die Verfügbarkeit externer Dienstleister mit Schwerpunkt kerntechnischer Rückbau und Reaktortechnik ist in Deutschland stark begrenzt. Die Nachfrage ist jedoch aufgrund der steigenden Zahl an Stilllegungsprojekten steigend. Betreiber versuchen demnach so früh wie möglich externe Dienstleister zu akquirieren und vertraglich an sich zu binden, damit die Rückbauprojekte nicht ins Stocken geraten.

## **Engpässe bei Lagerkapazitäten**

Da bei der Stilllegung kerntechnischer Anlagen große Mengen an Reststoffen anfallen, die unterschiedlichen Entsorgungswegen zugeführt werden müssen, reichen die Lagerkapazitäten aus der Betriebsphase in der Regel nicht aus. Konditionierungseinrichtungen, die für die Bewältigung der Abfallströme benötigt werden, können schnell zum Flaschenhals werden und einen Projektverlauf verzögern. Um dies zu vermeiden sind großzügige Pufferflächen in einem Reststoffkonzept einzuplanen. In der Vergangenheit hat dies in einigen Fällen zu Erschwernissen bei der Stilllegung geführt.

In diesem Zusammenhang ist auch die Verfügbarkeit eines Endlagers für schwachradioaktive Abfälle eine wichtige Planungsgröße. Wurde anfangs noch geplant, dass konditionierte Abfallgebinde an ein Endlager abgegeben werden können und nicht länger auf dem Anlagengelände gelagert werden müssen, sind inzwischen viele Projekte dazu übergegangen, neue Lagerkapazitäten durch Neubauten am Standort zu schaffen. Hierdurch wird sichergestellt, alle Stilllegungsabfälle lagern zu können, bis sie an ein Endlager abgegeben werden können.

### **Nichtannahme von freigemessenen Rückbaumassen in Mülldeponien**

Rechtlich gesehen gehen Materialien aus kerntechnischen Anlagen, die nach atomrechtlicher Verordnung behandelt wurden, nach ihrer Freimessung in den konventionellen Stoffkreislauf über. Diese Rückbaumassen aus kerntechnischen Anlagen werden aber trotz ihrer Freimessung häufig nicht von Mülldeponien angenommen. Da durch den Rückbau von Kernkraftwerken erhebliche Mengen solcher Abfälle abfallen, kann dies zu einem Rückbauerschwernis führen.

### **2.3 Erkenntnisse aus anderen Arbeiten zum Rückbau von Kernkraftwerken**

Zur Erfassung des Standes von Wissenschaft und Technik wurden Erkenntnisse aus Arbeiten der IAEA und der OECD/NEA zur Thematik des Rückbaus von Kernkraftwerken und kerntechnischen Einrichtungen hinsichtlich möglicher Rückbauerschwernisse ausgewertet. Dabei wurden folgende Arbeiten betrachtet:

- IAEA-Projekt DeSa (Evaluation and Demonstration of Safety of Decommissioning of Nuclear Facilities) /IAE 13/
- IAEA-Projekt FaSa (Use of Safety Assessment in the Planning and Implementation of Decommissioning of Facilities using Radioactive Material) /IAE 11/
- IAEA-Projekt DRiMa (International Project on Decommissioning Risk Management) /IAE 17/
- IAEA-Projekt CIDER (Constraints to Implementing Decommissioning and Environmental Remediation) /IAE 16a/
- IAEA NW-T-2.8 "Managing the Unexpected in Decommissioning" /IAE 16b/

- OECD/NEA “Preparing for Decommissioning During Operation and After Final Shutdown” /NEA 18/

Nachfolgend werden die Inhalte dieser Arbeiten, sofern sie für dieses Vorhaben relevant sind, zusammengefasst.

### **2.3.1 IAEA-Projekt DeSa**

Das IAEA-Projekt DeSa (Evaluation and Demonstration of Safety of Decommissioning of Nuclear Facilities) wurde in den Jahren 2004 bis 2007 bearbeitet und gibt im Abschlussbericht /IAE 13/ Empfehlungen zur Methodik der Sicherheitsbewertung beim Rückbau mit Beispielfällen zur Veranschaulichung. Appendix IX des DeSa-Abschlussberichtes /IAE 13/ enthält eine Liste mit Beispielen von Risiken bei Rückbauarbeiten. In den nachfolgenden Tabellen werden diese möglichen Risiken bei Rückbauarbeiten dargestellt, wobei immer die Gefährdung, das Risiko bzw. der Wirkungspfad und Möglichkeiten zur Kontrolle der Gefährdung genannt werden. In Tab. 2.1 wird dabei auf mögliche Risiken durch flüssige oder trockene Dekontaminationsarbeiten, in Tab. 2.2 auf mögliche Risiken durch das Zerschneiden und Zerlegen von sowie dem Umgang mit großen Bauteilen und in Tab. 2.3 auf mögliche Risiken durch den Umgang mit radioaktiven Stoffen eingegangen.

**Tab. 2.1** Beispiele von Risiken bei Rückbauarbeiten im Zusammenhang mit flüssiger/trockener Dekontamination /IAE 13/

Gefährdung	Risiko/Wirkungspfad	Kontrolle
verwendete, radioaktive Dekontaminationslösungen und freie radioaktive Flüssigkeiten	externe Strahleneinwirkung auf Arbeiter; routinemäßige atmosphärische und flüssige Freisetzung; Inkorporation bei Arbeitern	Arbeitsvorbereitung; Verwendung strahlungssicherer Abschirmung; Überwachung des Kamins und des Abwassers; angemessene Masken und Schutzkleidung
gesammelte, kontaminierte Staubpartikel in Staubabsaugfiltern	externe Strahleneinwirkung auf Arbeiter; Inkorporation bei Arbeitern	Arbeitsvorbereitung; Verwendung strahlungssicherer Abschirmung; angemessene Masken und Schutzkleidung
in der Luft befindliche Aerosole, welche z. B. von Flüssigkeiten und Schäumen am Arbeitsplatz freigesetzt wurden	Inkorporation bei Arbeitern durch Inhalation; routinemäßige atmosphärische Freisetzung	Gebrauch von Schutzmasken; Überwachung des Kamins mit jährlichen Genehmigungswerten
Dekontaminationslösungen, Schäume	chemische Toxizität für Lungen und Haut von Arbeitern	Atemschutz (Masken) und Schutz der Haut (Schutzhandschuhe und -kleidung)
Austritt von Dekontaminationsflüssigkeit	externe und interne Exposition von Arbeitern, welche Gegenmaßnahmen durchführen	Arbeitsvorbereitung; Verwendung strahlungssicherer Abschirmung; angemessene Masken und Schutzkleidung, um Arbeiter gegen chemische Gefahren zu schützen
Brand, Verteilung von Dämpfen und Aerosolen von radioaktiven Materialien, Lösungen und Chemikalien	Unfallbedingte radioaktive und chemische Freisetzung über die Luft; Inhalation radioaktiver und toxischer Substanzen durch Arbeiter; externe Einwirkung radioaktiver Strahlung auf Arbeiter	aktive Belüftung; Verwendung angemessener Masken zum Schutz der Arbeiter vor radioaktiven und chemischen Gefahren
Versagen des Lüftungssystems	Inhalation radioaktiver Substanzen durch Arbeiter	Überwachung der Leistungsfähigkeit der Lüftungsanlage; Verwendung geeigneter Masken
Überschwemmung durch radioaktive Lösungen	flüssige Freisetzung ins Oberflächen- und ins Grundwasser; externe und interne Exposition von Arbeitern, welche Gegenmaßnahmen durchführen	Überflutungs-Kontrollmessungen; Test der Grundwasserkontamination; Strahlungsüberwachung

Gefährdung	Risiko/Wirkungspfad	Kontrolle
Herabfallen radioaktiver Teile oder von radioaktivem Equipment	Externe Strahleneinwirkung auf Arbeiter	Strahlungsüberwachung; Schutzkleidung; Verwendung strahlungssicherer Abschirmung
Leckage an Sammelbehältern für radioaktive Abwässer	Freisetzung ins Grundwasser und in die Umgebung; externe und interne Exposition von Arbeitern	(periodische) Integritäts- und Materialkontrollen; Test von Grundwasser auf radioaktive Kontamination; Verwendung strahlungssicherer Abschirmung und von angemessener Kleidung und Masken

**Tab. 2.2** Beispiele von Risiken bei Rückbauarbeiten im Zusammenhang mit dem Zerlegen, Zerschneiden von und Umgang mit großen Bauteilen /IAE 13/

Gefährdung	Risiko/Wirkungspfad	Kontrolle
radioaktive Teile von zerlegtem Equipment	externe Strahleneinwirkung auf Arbeiter	Arbeitsvorbereitung; Verwendung strahlungssicherer Abschirmung
Zerlegung von Bauteilen mit internen Spuren von Ölrückständen	Brand	geeigneter Ablauf und Verfügbarkeit von lokalen Feuerlöschern
in der Luft befindliche Aerosole und Gase, freigesetzt an Arbeitsplätzen	interne Exposition von Arbeitern durch Inhalation; routinemäßige atmosphärische Freisetzung	Atemschutz, Masken; Überwachung des Kamins mit jährlichen Genehmigungswerten
Gesammelte, aktivierte oder kontaminierte Staubpartikel in Staubabsaugfiltern	externe Strahleneinwirkung auf Arbeiter; interne Kontamination von Arbeitern	Arbeitsvorbereitung; Verwendung strahlungssicherer Abschirmung; angemessene Masken und Schutzkleidung
schwach kontaminierte Materialien, dekontaminiert und zerlegt	externe Strahleneinwirkung auf und interne Kontamination von Arbeitern; Exposition der Öffentlichkeit durch offene Freisetzung	Arbeitsvorbereitung; Verwendung strahlungssicherer Abschirmung; Messungen offener Freisetzung
körperliche Verletzungen von Arbeitern	Herunterfallen von Leitern oder Baugerüsten/Bühnen; von herabfallenden Objekten getroffen werden; Verletzung des Kopfes während Arbeiten in niedrigen Abteilungen; Verletzungen der Hände; Stolpern über Objekte auf dem Boden	Verwendung von zertifiziertem Equipment und die Befolgung von Arbeitssicherheitsvorschriften; Verwendung von Helmen und Sicherheitsschuhen; Gebrauch von Handschuhen; Arbeitsplatz aufräumen
Arbeiter erleiden Stromschlag	Zerschneiden oder Zerlegen von Kabeln, die nicht vom Stromkreis getrennt wurden	Sicherstellung der Trennung der elektrischen Versorgung vom zu zerlegendem System

**Tab. 2.3** Beispiele von Risiken bei Rückbauarbeiten im Zusammenhang mit der Handhabung radioaktiver Stoffe /IAE 13/

Gefährdung	Risiko/Wirkungspfad	Kontrolle
Behandlung von flüssigem, staubförmigem und festem radioaktivem Abfall	Exposition und Kontamination von Arbeitern und der Umgebung über komplexe Wirkungspfade	Arbeitsvorbereitung; Verwendung von strahlungssicherer Abschirmung, Masken und Schutzkleidung; Überwachung des Kamins und von Abladungen
Anfall von neuem, verfestigtem radioaktivem Abfall, Transport und Handhabung	externe Strahleneinwirkung auf Arbeiter	Arbeitsvorbereitung, Verwendung von strahlungssicherer Abschirmung

Abschnitt 3.2.3 des Abschlussberichtes zum Projekt DeSa /IAE 13/ enthält Hinweise zur Beschreibung des radioaktiven Inventars einer Anlage vor Rückbaumaßnahmen. Laut /IAE 13/ muss basierend auf den Informationen in den Betriebsaufzeichnungen und von Felduntersuchungen eine detaillierte Beschreibung von existierenden und erwarteten radioaktiven und anderen gefährlichen Stoffen erfolgen. Diese Beschreibung muss die Verteilung der Stoffe innerhalb der Anlage enthalten sowie deren Menge und Charakteristik. Dazu gehören auch alle radioaktiven Abfälle, die noch nicht aus der Anlage entfernt wurden. Die Methodik der Messungen (Alpha-, Beta- und Gamma-Strahlung), die verwendeten Instrumente und die Techniken zur Probeentnahme müssen beschrieben werden.

Mit einzubeziehen sind laut /IAE 13/ Prozessänderungen und Vorfälle, die zu einer Kontamination von zuvor dekontaminierten Bereichen geführt haben, so dass diese Bereiche nun nicht mehr mit den gewünschten Anforderungen für den Endzustand der Anlage übereinstimmen. Die Beschreibung sollte auch die Charakteristiken von Oberflächen- und Untergrundkontaminationen des Erdbodens und des Grundwassers sowie von allen radioaktiven oder anderweitig gefährlichen Materialien, die auf dem Kraftwerksgelände vergraben wurden, beinhalten.

Wenn trotz aller Maßnahmen für bestimmte Anlagenbereiche nur Annahmen über die dortige Kontamination vorliegen, so müssen laut /IAE 13/ entsprechende Unsicherheiten in den Modellrechnungen berücksichtigt werden. Dabei müssen die Größe und die Art der Unsicherheiten angegeben werden.

Die Angaben über das radioaktive Inventar müssen während des Rückbaus der Anlage periodisch aktualisiert werden. Wenn neues radioaktives Inventar hinzukommt, welches sich deutlich von den vorherigen Annahmen unterscheidet, muss eine entsprechende Aktualisierung der Beurteilung erfolgen.

Abschnitt 3.2.4 des Abschlussberichtes zum Projekt DeSa /IAE 13/ enthält den Hinweis, dass auch die Betriebshistorie der Anlage für die Rückbauplanung berücksichtigt werden muss, um die Sicherheit beim Rückbau der Anlage ausreichend bewerten zu können. Die Betriebshistorie beinhaltet Informationen zum Zustand der Strukturen, Systeme und des Equipments sowie von Modifikationen des Designs.

Die Informationen können aus Betriebsberichten und anderen relevanten Dokumenten ermittelt werden, welche die Aufzeichnungen von Anlagenänderungen beinhalten und so die Identifizierung von modifiziertem Equipment ermöglichen, welches relevant für die Sicherheit beim Rückbau der Anlage ist. Dazu gehören Aufzeichnungen von Vorfällen und Unfällen und den damit verbundenen korrektiven Maßnahmen (auch von anderen, vergleichbaren Anlagen), welche auch Aufschluss über die zu erwartenden radioaktiven Kontaminationen von Anlagenbereichen geben können. Darüber hinaus sind relevant: Betriebliche Dokumentationen der Gefahren innerhalb der Anlage, Daten zur radiologischen Untersuchung der Anlage nach deren Abschaltung und die Befragung ehemaliger und aktueller Angestellter (insofern dies für die Informierung über vergangene Betriebszustände, welche Unfälle und Vorfälle beinhalten, relevant ist).

Zur Untersuchung der existierenden Bedingungen in der Anlage und von anlagenbedingten Gefahren, ist laut /IAE 13/ eine detaillierte Begehung der Anlage erforderlich. Diese muss radiologische und toxikologische Untersuchungen beinhalten. Dazu wird ein fachübergreifendes Team benötigt, welches einen Projektmanager, Ingenieure, Gesundheits- und Schutzpersonal sowie Arbeiter umfasst. Informationslücken müssen klar identifiziert werden.

In Abschnitt 4.3 des Abschlussberichtes zum Projekt DeSa /IAE 13/ wird angegeben, dass die radiologische Charakterisierung des Anlagenareals einer der ersten Schritte im Rückbauprozess ist. Diese Charakterisierung kann laut /IAE 13/ in den folgenden Schritten durchgeführt werden.

1. Berücksichtigung der historischen Dokumente und Berichte:  
Historische Dokumente und Berichte des Anlagenbetriebs enthalten Ereignisse, die radiologische Konsequenzen hatten. Die Erfassung von in den Berichten erwähnten möglichen Kontaminationen beschleunigt die radiologische Charakterisierung des Anlagenareals. Da auf diese Weise der Umfang von Messungen verringert werden kann, spart dies Charakterisierungsaufwand.
2. Berechnung der Aktivierung:  
Bei einer erwarteten hohen Aktivierung sind entsprechende Berechnungen erforderlich, zum Beispiel bei Neutronen-induzierter Aktivität im Reaktorkern und den ihn umgebenden Strukturen. Für große Leistungsreaktoren müssen ausreichend komplexe Rechenmodelle entwickelt werden. Bei kleineren Forschungsreaktoren können dagegen vereinfachte Modelle Anwendung finden, welche durch Probenahmen,

lokale Messungen und durch den Vergleich mit ähnlichen Reaktoren zu untermauern sind.

3. Vorbereitung eines Plans zur Probennahme sowie für Messungen und deren Analyse:

Zunächst muss der erforderliche Umfang der Analyse bestimmt werden. Zur Minimierung des Aufwands sollten nur Nuklide gemessen werden, die aus radiologischer Sicht von Interesse sind. Um den Umfang aufwendiger Messungen von nur schwer detektierbaren Nukliden zu verringern, können Methoden herangezogen werden, welche auf Korrelationen und Skalierungsfaktoren beruhen. Für die Probenahmen muss eine sinnvolle Verteilung auf dem Kraftwerksgelände geplant werden.

4. Durchführung von direkten Messungen, Probenahmen und Laboranalysen:

Für hoch aktivierte Komponenten sind Messungen mit größeren Schwierigkeiten verbunden, da ein ausreichender Schutz des Personals gegen Exposition sichergestellt werden muss. Bei schwer zu messender Strahlung (z. B. Alpha-Strahlung) ist ein erhöhter Aufwand erforderlich. Die Messungen und Probenahmen erfolgen in der Regel nach einem zuvor festgelegten Gitternetz. Dessen Maschengröße kann für Gebiete mit geringem Kontaminationspotential erhöht werden.

Weitere Informationen zur radiologischen Charakterisierung finden sich in /NEA 17/. Dieses Dokument wurde im Rahmen dieses Vorhabens nicht näher betrachtet.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Abschlussbericht zum IAEA-Projekt DeSa /IAE 13/ eher übergeordnete Informationen zum Rückbau und zu Rückbauvorbereitungen enthält. Eine Hauptaussage in /IAE 13/ ist, dass die Betriebshistorie der jeweiligen Anlage für die Rückbauplanung berücksichtigt werden muss, um die Sicherheit beim Rückbau ausreichend beurteilen zu können. Dies bedeutet unter anderem, dass auch Ereignisse aus der Laufzeit der Anlagen, welche eventuell Einflüsse auf den Rückbau haben können, bei den Rückbauplanungen berücksichtigt werden sollen. Des Weiteren muss laut /IAE 13/ basierend auf den Informationen in den Betriebsaufzeichnungen und von Felduntersuchungen eine detaillierte Beschreibung von existierenden und erwarteten radioaktiven und anderen gefährlichen Stoffen vor Rückbaumaßnahmen erfolgen. Die radiologische Charakterisierung des Anlagenareals ist dabei einer der ersten Schritte im Rückbauprozess.

Auf konkrete Ereignisse, die zu Rückbauerschwerenissen geführt haben, wurde im Rahmen des DeSa-Projektes nicht eingegangen, /IAE 13/ enthält aber eine Liste mit Beispielen von Risiken, die im Laufe von Rückbauarbeiten auftreten können.

### 2.3.2 IAEA-Projekt FaSa

Das IAEA-Projekt FaSa (Use of Safety Assessment in the Planning and Implementation of Decommissioning of Facilities using Radioactive Material) wurde in den Jahren 2008 bis 2011 bearbeitet und gibt im Abschlussbericht /IAE 11/ Empfehlungen zur Verwendung der Ergebnisse der Sicherheitsbewertung für die Rückbauplanung und -durchführung mit Beispielfällen zur Veranschaulichung.

Annex 1 des FaSa-Abschlussberichtes /IAE 11/ enthält Informationen aus Erkenntnissen, die beim Rückbau des Kernkraftwerks Rheinsberg gewonnen wurden, wobei aber keine konkreten Ereignisse, die zu Rückbauerschwerenissen geführt haben, dargestellt wurden.

Der Rückbau des Kernkraftwerks Rheinsberg wurde laut /IAE 11/ in sechs Phasen aufgeteilt, wobei jede Phase eine Genehmigung benötigt.

- **Phase G01:** Vorbereitung des Rückbaus und der Demontage von Systemen außerhalb des Kontrollbereichs: Am Ende dieser Phase sind die meisten nicht kontaminierten und die kontaminierten Systeme, die nicht mehr zur Unterstützung des Rückbauprozesses benötigt werden, demontiert. Das Material ist nach Möglichkeit dekontaminiert und von der radiologischen Kontrolle freigegeben oder als radioaktiver Abfall konditioniert worden.
- **Phase G02:** Demontage der Komponenten des Primärkreises, darunter Dampferzeuger, Hauptkühlmittelpumpen und Rohre: Am Ende dieser Phase sind die kontaminierten Hauptkomponenten des Primärkreises demontiert. Das Material ist so weit wie möglich dekontaminiert und von der radiologischen Kontrolle freigegeben oder als radioaktiver Abfall konditioniert worden.

- **Phase G03:** Demontage der Hilfssysteme des Primärkreises: Am Ende dieser Phase sind die Hilfssysteme des Primärkreises demontiert. Das Material ist so weit wie möglich dekontaminiert und von der radiologischen Kontrolle freigegeben oder als radioaktiver Abfall konditioniert worden. Der Großteil der Räumlichkeiten im Reaktorgebäude bis auf die Reaktorhalle ist leergeräumt (außer Systemen, die noch zur Demontage benötigt werden).
- **Phase G04:** Demontage der Anlage zur Behandlung radioaktiver Abwässer: Am Ende dieser Phase ist das System zur Behandlung radioaktiver Abwässer vollständig entfernt und die Räume sind für die abschließende Dekontamination (Teil von Phase G06) vorbereitet worden.
- **Phase G05:** Demontage von aktivierten und kontaminierten Komponenten, darunter der Reaktor, die Reaktorperipherie und die heiße Zelle: Am Ende dieser Phase sind der Rest des Primärkreises und alle aktivierten Teile entfernt worden. Der Reaktor-druckbehälter wird in einem Stück entfernt und zu einer externen Lagereinrichtung transportiert, wo er nach einer Abklingzeit von mehreren Jahrzehnten eventuell zerlegt wird. Die Reaktoreinbauten werden mit fernbedienten Techniken zerlegt und als radioaktiver Abfall konditioniert. Die Räume des Reaktorgebäudes sind zur abschließenden Dekontamination (Teil von Phase G06) vorbereitet worden.
- **Phase G06:** Demontage von kontaminierten und aktivierten Gebäudestrukturen: Die Räume in diversen Gebäuden, die zum Kontrollbereich gehören, werden radiologisch charakterisiert, um zu bestimmen in welchem Umfang Dekontaminationen durchgeführt werden müssen. Nach der Dekontamination, Entfernung von oberhalb der Freigabewerte aktivierter Teile und Freigabemessungen, werden die Gebäude abgerissen und das verbliebene Areal wird freigegeben. Eine Flächensanierung der Umgebung könnte in begrenztem Umfang in der Nähe von Lagerplätzen von Transportbehältern sowie bei in den Boden eingelassenen Rohren usw. erforderlich sein.

Die Demontage von Systemen hat laut /IAE 11/ immer in Richtung zunehmender Kontamination oder Aktivierung zu erfolgen. Die Rückbaumethoden umfassen im Wesentlichen Methoden der Zerlegung und der Dekontamination von Komponenten. Alle Zerlegungsarbeiten müssen in radiologisch kontrollierten Bereichen durchgeführt werden und die anfallenden Materialien werden an speziellen Zerlege- und Dekontaminationsstationen behandelt und verpackt. Nicht oder nur leicht kontaminierte Komponenten sind, wenn möglich manuell zu zerlegen.

Stark kontaminierte oder aktivierte Teile sollten dagegen mit fernbedienten Techniken zerlegt werden. Die technischen Methoden zur Zerlegung von Komponenten müssen so ausgelegt werden, dass die Erzeugung und Verteilung von Kontaminationen so gering wie möglich gehalten werden (Erzeugung geringer Mengen an Gasen und Aerosolen, Minimierung von zu lagerndem und sekundärem Abfall, hohe Arbeitsgeschwindigkeit). Nur etablierte Vorgehensweisen dürfen bei der Zerlegung und Dekontamination Anwendung finden. Wenn abgewandelte oder neue Techniken erforderlich sind, müssen diese zuerst getestet werden. Anfallende Aerosole müssen, falls nötig, durch zusätzliche Belüftung entfernt werden.

Die Freigabe des Materials aus dem radiologischen Kontrollbereich umfasst die Zerlegung, Dekontamination und Freigabemessungen. Danach kann das Material laut /IAE 11/ direkt wiederverwendet, recycelt oder als konventioneller Abfall entsorgt werden. Beim Recyclen ist darauf zu achten, dass Metallschrott nicht direkt wiederverwendet, sondern zuvor eingeschmolzen wird. Dabei müssen entsprechende Freigabestufen für das Einschmelzen in einer konventionellen Gießerei eingehalten werden. Die Entsorgung von konventionellem Abfall erfolgt auf Deponien oder in einer Müllverbrennungsanlage.

Die Schritte der Behandlung radioaktiven Abfalls umfassen laut /IAE 11/ das Sammeln, Sortieren, Zerlegen, Verdichten, die Dekontamination, Trocknung und Verpackung. Die entsprechenden Techniken sind bis zu einem gewissen Grad im Kernkraftwerk vorhanden und werden in einer externen, vorübergehenden Lagereinrichtung fortgesetzt, zu der der Abfall transferiert wird.

Im Endzustand soll das Kraftwerksareal als freie Fläche zurückbleiben. Es wird abschließend überprüft, ob das Areal die Freigabewerte erfüllt. Überschreiten Gebiete die Freigabewerte, so müssen diese dekontaminiert werden, indem der Erdboden um einige 10 cm bis zu einer Tiefe abgetragen wird, in der die Aktivität unterhalb der Genehmigungswerte liegt.

Für die Identifikation von Gefahren wird laut /IAE 11/ eine generische Vorgehensweise verwendet. Das bedeutet, dass allgemeine Bedingungen und auslösende Ereignisse, die zu einer möglichen Gefährdung gehören, identifiziert und entsprechende Szenarien für diese entwickelt werden. Zusätzlich werden entsprechende Checklisten zur Gefahrenidentifikation verwendet. Unsicherheiten sind derart zu berücksichtigen, dass die Risiken entsprechend konservativ eingeschätzt werden.

Mögliche Risiken sind:

- Radiologische Risiken: Kritikalität; direkte Exposition; interne Exposition; flüssige und gasförmige, radioaktive Leckagen; fehlerhafte Freigabe von Materialien; andere Risiken, wie z. B. mechanische Defekte von Gehäusen, Lastabstürze, Brände usw.
- Nicht-radiologische Risiken: fehlerhafte Arbeitsabläufe mit Verletzungsgefahren für Arbeiter oder dem Risiko von Beschädigungen des Equipments ohne eine potenzielle Freisetzung von Radioaktivität; Erdbeben; externe Brände; Überflutungen; Wind; Explosionen

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Abschlussbericht zum IAEA-Projekt FaSa /IAE 11/ eher übergeordnete Informationen enthält. Im Abschlussbericht werden Informationen aus Erkenntnissen, die beim Rückbau des Kernkraftwerks Rheinsberg gewonnen wurden, dargestellt, aber es wird nicht auf konkrete Ereignisse, die zu Rückbauerschwernissen geführt haben, eingegangen.

### **2.3.3 IAEA-Projekt DRiMa**

Das IAEA-Projekt DRiMa (International Project on Decommissioning Risk Management) wurde in den Jahren 2012 bis 2015 bearbeitet. Im Abschlussbericht /IAE 17/ wird auf Risiken eingegangen, die den Fortschritt eines Rückbauprojekts beeinflussen können (sicherheitstechnisch, finanziell, politisch, regulatorisch, usw.). Außerdem wird das Risikomanagement auf strategischer und politischer Ebene betrachtet.

In Tabelle 8 des DRiMa-Abschlussberichtes /IAE 17/ werden Beispiele für Risiken bei einem Rückbauprojekt und ihre Behandlung aufgezeigt. Die nachfolgende Tab. 2.4 fasst die Inhalte zusammen.

**Tab. 2.4** Beispiele für Risiken und ihre Behandlung /IAE 17/

Gefährdung	Gefährdungsfamilie	Handhabung	Maßnahmen
Höhere Niveaus an Kontaminationen als ursprünglich erwartet während Zerlegungen	Radiologische Sicherheit	Vermeidung	Änderung der Zerletechnik zur Verhinderung von luftgetragenen Kontaminationen
Schlechte Straßenverhältnisse während regnerischer Jahresabschnitte verzögern den Transport von Projektmaterial und Abfall	Standorteigenschaften	Vermeidung	Zeitliche Verlegung von Transferaktionen in trockene Jahresabschnitte
Ablehnung der vorgeschlagenen Technologie für die Handhabung von Brennelementen aus Sicherheitsgründen, da ein Risiko für die zusätzliche Beschädigung von Brennelementen besteht	Technologie	Vermeidung	Änderung der Technologie, so dass keine zusätzliche Belastung für die Brennelemente besteht
Die Menge an Abfall ist größer als erwartet	Abfalleinschätzung und -charakterisierung	Verringerung	Durchführung einer zusätzlichen Charakterisierung, um genauere Informationen über die Abfälle zu erhalten und die Effektivität der Mülltrennung zu verbessern
Die Verwendung neuer Technologie erhöht die Häufigkeit von Verzögerungen, Unfällen usw.	Technologie	Verringerung	Durchführung von Übungen, um das Personal zu schulen und um die Sicherheit zu erhöhen
Die Verfügbarkeit von qualifizierten Arbeitern ist geringer als erwartet	Personelle Ressourcen	Verringerung	Durchführung von Schulungen vor Beginn des Projekts, um sicherzustellen, dass die benötigte Anzahl an qualifizierten Arbeitern verfügbar ist
Aufgrund der Unverfügbarkeit von elektrischer Energieversorgung durch die Standortinfrastruktur, treten ungeplante Verzögerungen auf	Standorteigenschaften	Vermeidung	Beschaffung und Installation von geeigneten Generatoren
Internes Personal verfügt über unzureichende Kenntnisse und Schulungen, um das Zerlegen von Reaktoreinbauten auf eine zeitgerechte Weise durchzuführen	Personelle Ressourcen	Risikotransfer	Übertragung der Verantwortlichkeit für die Demontage von Reaktoreinbauten auf einen erfahrenen Auftragnehmer

<b>Gefährdung</b>	<b>Gefährdungsfamilie</b>	<b>Handhabung</b>	<b>Maßnahmen</b>
In regulatorischen Anforderungen treten unvorhergesehene Änderungen auf	Regelungen und Gesetze	Akzeptanz	Keine Aktionen durchgeführt; Risiko kann mit existierenden Ressourcen gemanagt werden
Geringfügige Kontaminationsereignisse können nicht vermieden werden	Radiologische Sicherheit	Akzeptanz	Keine Aktionen durchgeführt; Der Aufwand, der benötigt wird, um ein Kontaminationsereignis zu vermeiden, kostet mehr als die Aufräumarbeiten bei geringfügigen Ereignissen
Es kommt zu unerwarteten Aktionen von Arbeitskräften (z.B. Streiks)	Personelle Ressourcen	Akzeptanz	Keine Aktionen durchgeführt; Andere Ressourcen sind verfügbar

In Abschnitt 4.4 von /IAE 17/ werden Schlussfolgerungen und „good practices“ gegeben, welche das Risikomanagement betreffen. Die prinzipielle Aussage ist, dass eine Risikodatenbank geführt werden soll, um bei weiteren Rückbauprojekten auf diese zugreifen zu können. Die Schlussfolgerungen aus Abschnitt 4.4 von /IAE 17/ sind nachfolgend zusammengefasst:

- Einbeziehung aller Empfehlungen, Schlussfolgerungen und der gewonnenen Erkenntnisse aus Abschluss- oder Jahresberichten, zugeschnitten auf den Risikomanagementprozess
- Erstellen und Füllen einer Risikodatenbank, welche andere oder frühere Risiko-Verzeichnisse beinhaltet oder verwendet, als ein Hilfsmittel, um Risiko-Verzeichnisse für andere Projekte aufzustellen
- Es ist in Betracht zu ziehen, dass Projektmanager aus verschiedenen Organisationsbereichen sich über ihre Risiko-Verzeichnisse austauschen und diese diskutieren und dass Projektmanager von unterschiedlichen Projekten an Workshops zur Risiko-Identifikation teilnehmen
- Bei der Arbeit mit Auftragnehmern sollte ein gemeinsames Risiko-Verzeichnis erstellt werden, um sicherzustellen, dass beide Parteien die Risiken und den entsprechenden Umgang mit diesen verstehen; diese Vorgehensweise würde auch dazu führen, dass Auftragnehmer über eine angemessene Gelegenheit verfügen, einen bedeutenden Beitrag zum Risikomanagement zu leisten
- Projektleiter sollten regelmäßig über den Stand von Risiken und Aktionen berichten, zum Beispiel in Projektmeetings und -berichten
- Es ist sicherzustellen, dass das Risiko-Verzeichnis aktualisiert und als Teil des Entscheidungsfindungsprozesses an wichtigen Stellen des Projekts verwendet wird, zum Beispiel an Haltepunkten
- Projektrisiken und ihr Status müssen in Projektberichten enthalten sein, zum Beispiel im Jahresbericht des Projekts
- Als Teil einer allgemeinen Strategie zur Reduzierung der Auswirkungen von Risiken könnte es von Nutzen sein, einen generischen Projektplan zu erstellen, bei dem der Ablaufplan auf der vorherigen Durchführung vergleichbarer Projekte innerhalb der Organisation beruht; dieser Ansatz kann auch bei der Identifikation und Handhabung von Risiken verfolgt werden

- Im Allgemeinen ist die Identifikation von Risiken effektiver, wenn diese im Rahmen eines Workshops erfolgt, als wenn sie nur von einer einzelnen Person, wie zum Beispiel dem Projektmanager, durchgeführt wird; je breiter der Umfang an Erfahrungen und Kompetenzen durch das an einem Risiko-Identifikations-Workshop teilnehmende Personal ist, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass das Risiko-Verzeichnis ausreichend umfangreich wird
- Es ist sicherzustellen, dass für die Teilnehmer am aktuellen Risiko-Workshop Quellenmaterial zur Verfügung steht, um die Identifikation von Risiken zu erleichtern
- Der Gebrauch von Risiko-Verzeichnissen hat gezeigt, dass es sich dabei um ein wertvolles, flexibles und einfach anzuwendendes Werkzeug handelt, um Projektrisiken zu identifizieren, zu überwachen und zu kontrollieren
- Das Risikomanagement auf strategischer Ebene betrifft in erster Linie den Planungsprozess zur Bewältigung der Risiken; dagegen behandelt das Risikomanagement auf Betriebsebene in erster Linie die Bewältigung von Risiken, welche mit der Projektimplementierung und dem Ausführungsprozess verbunden sind; allerdings können Aspekte beider Ansätze häufig in Übereinstimmung verwendet werden

Im DRiMa-Abschlussbericht /IAE 17/ werden in Anhang III-2 am Beispiel des Sofia-Forschungsreaktors die bei einem Workshop identifizierten möglichen Risiken für den Rückbau dargestellt. Nachfolgend sind diese zusammengefasst dargestellt.

- Abfallmanagement
  - Der Abfall wird von der Deponie nicht akzeptiert
  - Mangel an akzeptierten oder zugelassenen Freigabekriterien
  - Die Daten zur Charakterisierung des Abfalls sind ungenau oder fehlerhaft
  - Die Menge an erzeugtem Abfall ist größer als geplant
  - Die Transport- und Verfrachtungsanforderungen für Abfall können nicht erfüllt werden
  - Eine ungeplante Behandlung von Abfall ist erforderlich, bevor dieser vom Gelände abtransportiert werden kann
  - Abfallbehälter sind nicht verfügbar, wenn diese benötigt werden

- Technik und Technologie
  - Konventionelle Zerletechniken sind nicht geeignet, z. B. zu langsam
  - Versagen von existierendem, eingebautem Equipment, z. B. Lüftungssystem
  - Neue Anforderungen (z. B. elektrische Vorschriften oder Bauvorschriften) werden für das vorhandene Equipment wirksam
  - Zusätzliche Schulungsmaßnahmen werden benötigt
  - Die Tragfähigkeit des Krans ist für die Entfernung von Abfall nicht ausreichend
  - Die Kapazität des Lüftungssystems ist für die geplante Arbeit nicht ausreichend
  - Abstellflächen für die Lagerung von Behältern oder für neues Equipment erweisen sich als ungeeignet
- Auftragnehmer
  - Die Fähigkeiten oder die Tauglichkeit der Arbeiter des Auftraggebers erweisen sich als unzureichend
  - Die Verfügbarkeit von Auftragnehmern ist geringer als in der Projektplanung angenommen wurde
  - Auftragnehmer verfügen über keine ausreichende kerntechnische Erfahrung
  - Die Verantwortlichkeiten des Auftragnehmers sind nicht eindeutig
  - Der Auftragnehmer befolgt den Arbeitsplan nicht
- Kenntnisse/Personelle Ressourcen
  - Die Informationen zum Kraftwerk sind unzutreffend oder unvollständig
  - Risiken tauchen auf, die während des Risikomanagementprozesses nicht identifiziert wurden
  - Untersuchungen, um zu bestimmen auf welche Art und Weise die ursprünglichen Gebäudesysteme isoliert wurden, sind nicht erfolgreich
  - Schlüsselpersonal verlässt während des Projekts die Anlage, daher Verlust an betrieblichen Kenntnissen

- Als Folge von unerfahrenem Projektpersonal tauchen unerwartete Schwierigkeiten auf
- Die Anforderungen an den Endzustand ändern sich relativ zu denen, die in den Projektplanungen verwendet wurden
- Schwierigkeiten bei der Übermittlung von Kenntnissen an den Auftragnehmer
- Anlagenbedingungen/Gegebenheiten des Geländes
  - Die Infrastruktur des Geländes (z. B. Straßen) erweist sich für die erforderlichen Arbeiten als ungeeignet
  - Ungeplante Wartungsarbeiten an existierendem Equipment beeinflussen den Projektplan auf ungünstige Weise
  - Unerwartete Knappheit von HEPA-Filtern
  - Die Verfügbarkeit des Strahlenschutz-Überwachungsequipment, welches benötigt wird, um die Rückbauarbeiten zu unterstützen, ist geringer als bei der Projektplanung angenommen wurde
  - Unerwarteter Mangel von persönlichem Strahlenschutz-Equipment
- Interessenvertreter (Interne/Externe)
  - Änderungen in der Regierungspolitik machen Schlüsselannahmen, welche in der Projektplanung aufgestellt wurden, ungültig
  - Eine neue Gesetzgebung bezüglich der Kriterien für die Erlaubnis der Abfalllagerung, Sicherheit usw. macht in der Projektplanung aufgestellte Annahmen ungültig
  - Änderungen im Regelwerk führen zu einem längeren Prozess der Erteilung von Genehmigungen, als bei der Projektplanung angenommen wurde
  - Der Umfang, in dem Anforderungen von der Aufsichtsbehörde für Rückbaugenehmigungen vorgegeben werden, ist geringer als erwartet
  - Durch eine stärkere Einbeziehung von Interessenvertretern als ursprünglich erwartet, kommt es zu längeren Verzögerungen bei der Erteilung von Genehmigungen

- Durch den Kunden wird eine unerwartete Änderung von Prioritäten vorgenommen
- Die benötigte Zeit zur Genehmigung der Umweltprüfungen durch die Aufsichtsbehörde überschreitet die im Projektplan eingeplanten Zeiträume
- Sicherheit
  - Ein Unfall stoppt das Projekt
  - Die Vereinbarungen und Prozeduren für die Notfallvorbereitung sind ungenügend
  - Die Verfügbarkeit von kalibriertem Equipment ist geringer als erwartet, zum Beispiel aufgrund von mangelhafter Wartung
  - Es entsteht ein Brand durch Zerlegearbeiten
  - Durch ungeeignete Aufhängungs- und Hubmethoden herabgefallene Lasten führen zu einem Kontaminationsereignis oder zur Verletzung von Personal
  - Unerwartete Kontamination des Personals aufgrund ungeeigneter Handhabungsmethoden, Zerlegetätigkeiten usw.
  - Unerwartete Verbreitung von Kontamination durch Zerlegetätigkeiten aufgrund ungeeigneter Strahlenschutzmaßnahmen, Belüftung oder defekten Zelten
  - Inhalation von Dämpfen, hervorgerufen durch Plasma-Schneideoperationen trotz umfangreicher Vorkehrungen
  - Die Dosisrate ist höher als erwartet aufgrund der schlechten Datenlage zur radiologischen Charakterisierung
  - Ungeplanter Ausfall von sicherheitsrelevanten Systemen
- Finanzen und Budget
  - Defizite in der Finanzierung
  - Reduzierung des Budgets
  - Projektkosten und Planungskontingente sind unzureichend
  - Kostenüberschreitung durch den Auftragnehmer

In Anhang III-2 aus /IAE 17/ werden folgende Möglichkeiten genannt, die Risiken für den Rückbau zu minimieren:

- Es ist eine Genehmigung von Freigabekriterien zur Bergung und zum Recyclen von Material sicherzustellen
- Es sollte bevorzugt internes Personal anstatt externem Personal von Auftragnehmern eingesetzt werden
- Es sollten soweit möglich, Werkzeuge und Equipment für den Fernzugriff bei Zerlegearbeiten eingesetzt werden, um die Strahlendosis zu reduzieren
- Zum besseren Umgang mit Strahlendosen ist die radiologische Planung zu verbessern

Zudem enthält der DRiMa-Abschlussbericht /IAE 17/ in Tabelle II.4 Beispiele für Schlüsselannahmen, die für den Rückbauprozess gelten sollen sowie mit den Schlüsselannahmen verbundene Risiken, die dazu führen können, dass die Schlüsselannahmen nicht eingehalten werden können. In der nachfolgenden Tab. 2.5 sind diese Schlüsselannahmen und die damit verbundenen möglichen Risiken dargestellt.

**Tab. 2.5** Schlüsselannahmen und mit diesen verbundene, mögliche Risiken /IAE 17/

Schlüsselannahme	Mögliche Risiken
Die Einrichtung arbeitet seit 60 Jahren ohne schwerwiegende Unfälle oder Zwischenfälle	Ein Unfall erzwingt eine frühzeitige Abschaltung der Anlage
Die Rückbaustrategie ist der schnelle Rückbau	Zwischenfälle und ungeplante Ereignisse beeinflussen die geplante Rückbaustrategie (dadurch wird z. B. der schnelle Rückbau undurchführbar) Unterstützende Infrastruktur nicht verfügbar Finanzierung nicht verfügbar
Die Infrastruktur, welche für das Rückbauprojekt benötigt wird (z. B. Lagerungs-, Bearbeitungs- und Entsorgungseinrichtungen), erfüllt die Projektanforderungen bezüglich der Zeiteinteilung und Kapazitäten	Verzögerungen in der Verfügbarkeit von Infrastrukturen Die Höhe des Abfalls überschreitet die Kapazitäten der Einrichtung Unerwartete Arten von Abfall können durch die Einrichtung nicht angenommen werden
Die Finanzierung ist verfügbar und genügt den Projektanforderungen bezüglich Höhe und Zeiteinteilung	Verzögerungen in der Sicherstellung der Finanzierung Unzureichende Finanzierung Projektkosten überschreiten verfügbare Finanzierung
Alle für den Rückbau erforderlichen Technologien sind verfügbar und funktionieren wie gewünscht	Verzögerung in der Entwicklung der benötigten Technologien (z. B. Verzögerungen in Forschung und Entwicklung) Technologien funktionieren nicht wie geplant Unerwartete Bedingungen innerhalb der Einrichtung können mit den verfügbaren Technologien nicht bewältigt werden
Der Rückbau wird von externen Auftragnehmern durchgeführt	Qualifizierte Auftragnehmer nicht verfügbar Der Ausschreibungsprozess für die Beschaffung der benötigten personellen Ressourcen ist nicht effizient
Die aktuellen Spezifikationen zur Abfallklassifizierung und Freigabeebenen sind beim Start des Rückbauprojekts noch immer in Kraft und bleiben während des Projekts gültig	Freigabeebenen werden stärker eingeschränkt Änderungen der Abfallklassifizierungen entkräften die in der Projektplanung verwendeten Abfallmengen

Schlüsselannahme	Mögliche Risiken
Ein definiertes Regelwerk mit klaren Anforderungen, welche die Genehmigungsprozesse einschließen, ist beim Projektstart verfügbar und bleibt während des Projekts unverändert	<p>Neue Regelungen werden eingeführt, die nicht zu den Annahmen während der Projektplanung passen</p> <p>Die Aufsichtsbehörde unterliegt organisatorischen Änderungen, welche den Genehmigungsprozess beeinflussen</p>
Die organisatorische Einheit, welche für den Betrieb der Einrichtung verantwortlich ist, betreibt die Einrichtung auf eine Art und Weise (inklusive einer angemessenen Aufrechterhaltung von Aufzeichnungen), die nachfolgende Rückbauaktivitäten optimiert	<p>Einrichtung wird mit einer geringen oder keinerlei Beachtung nachfolgender Rückbauanforderungen betrieben</p> <p>ÜbergabeprozEDUREN für den Übergang vom Betrieb zum Rückbau werden nicht befolgt</p> <p>Betriebliche- und Rückbau-Anforderungen weichen aufgrund fehlender gemeinsamer Planung und Kommunikation voneinander ab</p> <p>Schlechte Aufzeichnungen von Unfällen, ungeplanten Ereignissen und ungünstigen Betriebsbedingungen</p> <p>Rückbauorganisation wird während der betrieblichen Phase nicht in das Berichtssystem von Ereignissen einbezogen</p> <p>Lange Betriebsdauer führt zum Verlust der Schlüsselbelegschaft, welche über wichtige Kenntnisse für nachfolgende Rückbauaktivitäten verfügt</p>
Vorkehrungen zur Entfernung der Brennelemente erfüllen die Projektanforderungen	Verzögerungen bei der Entfernung der Brennelemente haben bedeutenden Einfluss auf das Projekt hinsichtlich der Kosten und des Programmablaufs
Die Inflationsrate stimmt mit den Prognosen der Projektplanung überein	Inflationsrate ist größer als erwartet
Informationen, welche für den Rückbau benötigt werden, werden bei der Übergabe nach dem Betrieb verfügbar sein	<p>Qualität, Menge und Brauchbarkeit der Informationen sind geringer als erwartet</p> <p>Benötigte Informationen oder Berichte sind verloren gegangen oder zerstört worden</p>
Rückbau-Überlegungen und Anforderungen wurden während dem Design und der Konstruktion der Einrichtung angemessen berücksichtigt	<p>Design und Konstruktion der Einrichtung unter geringer oder keiner Berücksichtigung von Rückbauüberlegungen</p> <p>Signifikante Abweichung vom Design während des Konstruktionsprozesses und keine angemessene Aktualisierung von Plänen, um den Ist-Zustand der Einrichtung festzuhalten</p> <p>Rückbauorganisation wird bei der Überprüfung des Einrichtungs-Designs nicht miteinbezogen</p>

Schlüsselannahme	Mögliche Risiken
Keine wesentlichen Modifikationen der Einrichtung während des Betriebs	<p>Deutliche Modifikationen</p> <p>Schlecht dokumentierte Modifikationen</p> <p>Auswirkungen von Modifikationen auf den Rückbau wurden während des Designs und der Konstruktion nicht berücksichtigt</p> <p>Rückbauorganisation wird bei Design von vorgeschlagenen Modifikationen nicht miteinbezogen</p> <p>Schlechte Ausführung des Konfigurationsmanagements</p>
Rückbau wird in x Jahren nach dem Betriebsende fertiggestellt	<p>Aufgrund verschiedener unerwarteter Gründe dauert der Rückbau länger als erwartet</p> <p>Der Rückbau beginnt früher als geplant, was die Erwartungen bezüglich Verzögerungen und Zerfallseffekten (Quellterm-Berechnungen) beeinflusst</p>
Der in Phasen durchgeführte Ansatz, welcher im Plan zum Rückbauprojekt bestimmt wurde, wird befolgt werden	<p>Es werden zusätzliche Phasen benötigt</p> <p>Bestimmte Phasen erweisen sich in der Praxis als unpassend</p>
Der Endzustand des Projekts ist unverändert die industrielle Wiederverwendung, die aktuellen Freigabekriterien bleiben unverändert	<p>Die Freigabekriterien werden stärker eingeschränkt</p> <p>Die beabsichtigte, zukünftige Nutzung des Geländes wird geändert</p>
Umliegende Einrichtungen haben keinen Einfluss auf die Rückbaustrategie	<p>Ereignisse und Entwicklungen in umliegenden Einrichtungen machen die geplanten Rückbaustrategien ungültig</p> <p>Der Prozess der Umweltprüfung hebt die Bedeutung der Einflüsse der umliegenden Einrichtungen hervor</p>
Das öffentliche Interesse unterstützt weiterhin die Endverwendung, den Endzustand und die Freigabekriterien, wie sie im Projektplan bestimmt wurden	<p>Deutliche Verschiebung der öffentlichen Meinung im Widerspruch zum Projektplan</p>

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass im Abschlussbericht zum IAEA-Projekt DRiMa /IAE 17/ eine eher übergeordnete Vorgehensweise beschrieben wird. Konkrete Beispiele für Rückbauerschwerpunkte werden nicht genannt, es werden eher Risiken genannt, die beschreiben, was man während des Rückbaus an möglichen Problemstellungen erwarten kann. Eine Aussage ist aber auch hier, dass das Wissen über Vorkommnisse während der Betriebszeit der Anlage als relevant für eine optimale Rückbauplanung und -durchführung angesehen wird.

#### **2.3.4 IAEA-Projekt CIDER**

Das IAEA-Projekt CIDER (Constraints to Implementing Decommissioning and Environmental Remediation), dessen Ergebnisse im Abschlussbericht /IAE 16a/ dokumentiert sind, befasst sich mit der Analyse der Faktoren, die den Fortschritt bei der Implementierung von Programmen zum Rückbau und zur Umweltsanierung behindern. Dabei werden tatsächliche Erfahrungen und mögliche Lösungen, um solche Einschränkungen überwinden zu können, dokumentiert.

In Abschnitt 5.2 des CIDER-Abschlussberichtes /IAE 16a/ wird erwähnt, dass es beim Rückbau zu Einschränkungen durch das Fehlen von historischem Wissen (Charakterisierungsdaten, Unsicherheit oder unbekannte Risiken) kommen kann. Das gilt vor allem für lange abgeschaltete Anlagen. Dieses fehlende Wissen kann laut /IAE 16a/ zu folgenden Gefahren führen:

- Unbekannte oder nur schlecht erfasste Quellen von Kontamination und Strahlung
- Unbekannte physikalische Zustände von Strukturen und Systemen
- Belastung durch gefährliche Mengen von Radioaktivität
- Belastung durch gefährliche Materialien und Chemikalien wie Asbest und Quecksilber

Unter anderem wird in /IAE 16a/ auch der Wert der Dokumentation für den Umgang mit diesen Problemen bzw. die Entwicklung einer Lösungsstrategie hervorgehoben.

Diese Dokumente sind:

- Beschreibung der Einrichtung und des Geländes (beinhaltet technische Zeichnungen und Diagramme sowie Designänderungen)
- Betriebsaufzeichnungen (z. B. Exposition des Personals und Prüfberichte)
- Standortgenehmigung und weitere Genehmigungsunterlagen (falls verfügbar)
- Prozesskenntnisse (gesammelt in Personalbefragungen)
- Dokumentation unnormaler Ereignisse

Laut /IAE 16a/ muss in Situationen, in denen Charakterisierungsdaten entweder fehlen, oder in denen die verfügbaren Daten nicht vertrauenswürdig sind, eine detaillierte Untersuchung der Anlage durchgeführt werden. Dazu muss ein Charakterisierungsplan erstellt werden, der darlegt, welche Daten gesammelt werden und der die Messgenauigkeit sowie die schrittweise Durchführung der Datenaufnahme angibt. Es ist zu entscheiden, wie die Daten gespeichert werden und in welchem Umfang die Daten mit einer Darstellung der physikalischen Strukturen verknüpft werden (z. B. durch den Einsatz von computerunterstützten Technologien).

### **2.3.5 IAEA-Dokument „Managing the Unexpected in Decommissioning“**

Das IAEA-Dokument NW-T-2.8 „Managing the Unexpected in Decommissioning“ /IAE 16b/ beschäftigt sich mit dem Auftreten von Erschwernissen während des Rückbaus kerntechnischer Anlagen. Der Zeitpunkt eines möglichen auslösenden Ereignisses, welches zum Auftreten eines Erschwernisses während des Rückbaus von Anlagen führen kann, wurde in /IAE 16b/ dabei in die Phasen Planung, Bau und Inbetriebnahme, Betrieb sowie Stilllegung der Anlagen kategorisiert.

Abschnitt 2.1 von /IAE 16b/ beschäftigt sich mit Rückbauerschwernissen, die sich aus der Zeit der Planung der Anlagen ergeben können. Es wird erwähnt, dass während der Planung der ersten kommerziell genutzten Kernkraftwerke wenig Augenmerk auf den späteren Rückbau der Anlagen gelegt wurde. Für die Planung neuer Anlagen ist es laut /IAE 16b/ wichtig, Erkenntnisse aus Rückbauprojekten bereits in die Planung der neuen Anlagen einfließen zu lassen. Laut /IAE 16b/ können sich Rückbauerschwernisse während der Planung der Anlagen beispielsweise ergeben, wenn der tatsächliche Zustand der Anlagen nicht dem geplanten und dokumentierten Zustand entspricht.

Des Weiteren wird in /IAE 16b/ erwähnt, dass die Auswahl, der beim Bau der Anlagen genutzten Materialien einen entscheidenden Einfluss auf den späteren Rückbau der Anlagen haben kann. Bei der Auswahl der Materialien sollte darauf geachtet werden, dass diese nur in geringem Ausmaß aktiviert werden können, um die während des Rückbaus notwendigen Maßnahmen zur Dekontamination zu vereinfachen. Außerdem wird in /IAE 16b/ erwähnt, dass hinsichtlich des Standortdesigns bereits bei der Planung der Anlagen darauf zu achten sei, dass für den späteren Rückbau entsprechend Platz für den Transport und die Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle und den Zugang zum Rückbau der Anlagen eingeplant wird. Weitere Erschwernisse beim Rückbau der Anlagen können sich laut /IAE 16b/ aus der Planung der Verlegewege von Kabeln und Rohrleitungen ergeben. Insbesondere erdverlegte Rohrleitungen und Kabel können zu Problemen führen, da eine visuelle Inspektion nicht möglich ist. Des Weiteren können aus Gründen der Platzersparnis dicht nebeneinander angeordnete Kabel und Rohrleitungen beim Rückbau zu Problemen führen, da es unter Umständen nicht einfach ist, die für den Rückbau freigegebenen Komponenten sicher zu erkennen.

Abschnitt 2.2 von /IAE 16b/ beschäftigt sich mit Rückbauerschwernissen, die sich aus der Zeit des Baus und der Inbetriebnahme der Anlagen ergeben können. Insbesondere wird erwähnt, dass oftmals während des Baus der Anlagen die Auslegung geändert wird, um beispielsweise die Leistung der Anlage zu erhöhen, die Sicherheit zu verbessern oder um Auslegungsfehler zu korrigieren. Dabei wird aber laut /IAE 16b/ oftmals nicht berücksichtigt, ob diese Änderungen einen Einfluss auf den späteren Rückbau der Anlagen haben können. Vor allem als trivial eingeschätzte Änderungen würden laut /IAE 16b/ eventuell nicht dokumentiert, wodurch es beim Rückbau zu unerwarteten Ereignissen kommen kann.

In Abschnitt 2.3 von /IAE 16b/ wird auf Rückbauerschwernisse eingegangen, die sich aus Ereignissen aus dem Betrieb der Anlagen ergeben können. Der Normalbetrieb der Anlagen kann neben der durch den Betrieb verursachten Aktivierung von Anlagenteilen auch zu Rückbauerschwernissen aufgrund durchgeführter Änderungen an den Anlagen führen. Des Weiteren wird erwähnt, dass es aufgrund von Ereignissen während des Betriebs, die zur Kontamination von Anlagenteilen geführt haben, ebenfalls zu Rückbauerschwernissen kommen kann. Aus diesem Grund ist es laut /IAE 16b/ erforderlich, ein genaues Protokoll der in den Anlagen aufgetretenen Ereignisse inklusive der Auswirkungen auf die Anlagen zu führen.

Dieses Protokoll sollte dann während der Rückbauplanung genutzt werden. Dabei sind auch Ereignisse zu betrachten, die nur geringe Auswirkungen auf den Betrieb der Anlage gehabt haben, da auch diese sich erheblich auf den Rückbau auswirken können.

Abschnitt 2.4 von /IAE 16b/ befasst sich mit Rückbauerschwernissen, die sich aus dem Rückbau selbst ergeben. Damit sind alle Erschwernisse gemeint, deren Ursache sich nicht auf eine der vorher erwähnten Phasen zurückführen lässt. Meist ergeben sich diese laut /IAE 16b/ aus einer unzureichenden Planung oder aus einer Nichtberücksichtigung der Planung durch die an den Arbeiten beteiligten Personen.

In Kapitel 6 von /IAE 16b/ werden diverse Beispiele für bereits aufgetretene Problemstellungen beim Rückbau genannt, wobei in den meisten Fällen keine Leistungsreaktoren betroffen waren. Nachfolgend werden einige der in /IAE 16b/ genannten, bereits aufgetretenen Problemstellungen beim Rückbau kurz zusammengefasst.

#### **Kontamination innerhalb der Anlage:**

In einigen der in /IAE 16b/ beschriebenen Fällen kam es zu Kontaminationen innerhalb der Anlage:

- Es kam zum Auffinden kontaminierter Wände in Büroräumen. Eine frühere Verwendung dieser Räume als radiologisches Labor wurde nicht dokumentiert, weshalb nicht von einer Kontamination der Wände in diesen Räumen ausgegangen wurde.
- Ein Laborwagen, welcher bei Aufräumarbeiten benutzt worden war, wurde nach radiologischer Kontrolle wieder zur weiteren Verwendung freigegeben. Bei einer späteren Kontrolluntersuchung vor seiner nächsten Verwendung wurde der Laborwagen als kontaminiert befunden. Es konnte nicht festgestellt werden, ob die Kontamination des Laborwagens bei der ersten Kontrolluntersuchung übersehen wurde oder ob die Kontamination in der Zeit bis zur zweiten Kontrolluntersuchung erfolgte.
- Es wurde eine Kontamination in einem als nicht-radiologisch gekennzeichneten Bereich festgestellt. Dieser Bereich wurde ehemals als radiologischer Bereich ausgewiesen, wurde aber vor einiger Zeit als nicht-radiologisch gekennzeichnet. Warum es zur Kontamination kam, ist nicht eindeutig geklärt. Es besteht die Möglichkeit, dass diese bereits vor der Umklassifizierung in einen nicht-radiologischen Bereich vorhanden war und bei den Messungen übersehen wurde.

Aber auch ein Eindringen kontaminierten Materials aus einem angrenzenden radiologischen Bereich durch vorhandene Risse wird nicht ausgeschlossen.

- Es kam zum Austritt radioaktiver Flüssigkeit bei der Demontage eines Ventils. Dabei wurden ein Arbeiter und die Umgebung kontaminiert. Es wurde vor der Demontage nicht davon ausgegangen, dass das System noch Restflüssigkeit enthielt.
- Ein als kontaminationsfrei erwarteter Raum wies Kontaminationen auf. Grund hierfür waren fehlerhafte historische Aufzeichnungen zur Nutzung des Raums in der Vergangenheit.
- Es kam zum unerwarteten Auffinden von kontaminierten Komponenten während des Rückbaus. In früheren Messungen wurden diese Komponenten als kontaminationsfrei befundet. Als Grund für die festgestellte Kontaminationsfreiheit in früheren Messungen wurde metallische Farbe auf den Komponenten genannt, durch welche die Kontaminationen abgeschirmt wurden, so dass diese bei den Messungen nicht festgestellt werden konnten.
- Beim Rückbau einer Anlage wurde eine unerwartet hohe Menge radioaktiven Materials in einer heißen Zelle gefunden, wobei kein Grund hierfür genannt wurde. Es kam zur Exposition der beteiligten Personen.
- Bei der Stilllegung eines Nasslagers wurden bei Kontrolluntersuchungen vor Beginn der Abbrucharbeiten kontaminierte Kabelschutzrohre entdeckt. Es ist nicht sicher, ob die Kabelschutzrohre bereits vor einer einige Zeit vorher durchgeführten, ersten Untersuchung kontaminiert waren und diese Kontamination nicht festgestellt wurde oder ob während des Rückbaus durchgeführte Arbeiten zur Kontamination der Kabelschutzrohre geführt haben.
- Bei der Vorbereitung einiger Bereiche zu deren Demontage kam es zum Auffinden radioaktiver Gegenstände wie Kalibrierquellen, Proben oder Neutronenquellen, welche nicht inventarisiert waren. Alle Gegenstände wurden untersucht und der entsprechenden Abfallbehandlung zugeführt.

### **Kontamination des Erdbodens und des Grundwassers:**

In einigen der in /IAE 16b/ beschriebenen Fällen kam es zur Kontamination des Erdbodens und des Grundwassers:

- Es kam zur Freisetzung von mit radioaktiven Stoffen belastetem Wasser aufgrund des Versagens einer erdverlegten Abwasserleitung. Der Grund für das Versagen der Abwasserleitung war eine unzureichende Wartung der Leitung.
- Es kam zum Auffinden unerwarteter Kontamination im Boden. Der Grund für die Kontamination waren vermutlich Leckagen in einem Brennelementbehälter, der für den Nasstransport von Brennstäben verwendet wurde.

### **Einsatz von Asbest oder anderen gesundheitsgefährdenden Materialien:**

In einigen der in /IAE 16b/ beschriebenen Fällen kam es zum Einsatz von Asbest oder anderen gesundheitsgefährdenden Materialien:

- Es kam zum Auffinden von asbesthaltigen Kabeln bei der Demontage elektrischer Leitungen im Kontrollraum.
- Es kam zum Auffinden von Asbest in der Isolierung von Rohrleitungen während des Rückbaus.
- Bei Rückbauarbeiten wurde festgestellt, dass Rohrleitungen, die zur Platzierung von Proben verwendet wurden, mit Asbestmänteln umwickelt waren. Die Verwendung von Asbest war in den Unterlagen nicht dokumentiert. Nach dem Entdecken der Asbestmäntel wurden die Arbeiten unterbrochen und entsprechende Maßnahmen ergriffen, um die Asbestsanierung durchzuführen.
- Während des Rückbaus wurde Asbest an unerwarteten Stellen, wie z. B. in Dichtungen und Rohrleitungen, gefunden. Die entsprechenden Komponenten konnten nur mit entsprechenden Sicherheitsmaßnahmen zur Asbestsanierung rückgebaut werden.
- Eine beim Rückbau zu zerschneidende Tischplatte wurde nicht auf ihre Materialzusammensetzung kontrolliert. Nach dem Zerschneiden wurde festgestellt, dass die Tischplatte Asbest enthielt.
- Es kam beim Rückbau der Anlage zum Auffinden unbekannter Lagerfächer. Diese enthielten Gegenstände, die bei der vor den Arbeiten durchgeführten Sicherheitsanalyse nicht berücksichtigt worden waren. Insbesondere das Auffinden von bleihaltigen Komponenten führte zu einer Erhöhung der Bleiexposition für die betroffenen Arbeiter.

- Es kam zur Freisetzung von Uranhexafluorid und Fluorwasserstoffsäure. Aufgrund unzureichender Kenntnisse über die zu demontierenden Systeme wurden versehentlich Rohrleitungen durchtrennt, in denen diese Stoffe enthalten waren.
- Es kam zum Auffinden einer Flasche mit unbekanntem Inhalt. Der Inhalt der Flasche wurde untersucht, wobei festgestellt wurde, dass es sich um Pikrinsäure handelte. Die Herkunft der Flasche konnte nicht ermittelt werden.
- Arbeiter entdeckten beim Abriss einer Wand ein unbekanntes weißes Pulver, welches sich in einem Hohlraum in der Wand befand. Das Material wurde in einen Abfallbehälter gekehrt, ohne zu wissen, woraus es bestand. Die Reste wurden mit einem handelsüblichen Staubsauger aufgesaugt. Keiner der betroffenen Arbeiter wurde verletzt. Die Arbeiter handelten allerdings mit unbekanntem Materialien, ohne dass eine ordnungsgemäße Gefahrenanalyse durchgeführt wurde. Dies hätte bei Kontakt mit gefährlichen Materialien zu einer Gefährdung führen können.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass im IAEA-Dokument NW-T-2.8 „Managing the Unexpected in Decommissioning“ /IAE 16b/ diverse Möglichkeiten für das Auftreten von Rückbauerschwerpunkten aus den Phasen Planung, Bau und Inbetriebnahme, Betrieb sowie Stilllegung der Anlagen genannt werden. Dabei wird vor allem die Dokumentation von Änderungen genannt, damit diese Änderungen auch beim späteren Rückbau berücksichtigt werden können. Außerdem wird die Protokollierung von Ereignissen während des Anlagenbetriebs und die Einbeziehung dieses Protokolls bei der Rückbauplanung als wichtig beschrieben. In Kapitel 6 von /IAE 16b/ werden diverse konkrete Beispiele für bereits aufgetretene Problemstellungen während des Rückbaus genannt.

### **2.3.6 OECD/NEA „Preparing for Decommissioning During Operation and After Final Shutdown“**

Das OECD/NEA-Dokument „Preparing for Decommissioning During Operation and After Final Shutdown“ /NEA 18/ beschäftigt sich mit den im Vorfeld des Rückbaus von kerntechnischen Anlagen zu treffenden strategischen Entscheidungen, um das Rückbauprojekt sicher und effizient durchzuführen und Verzögerungen sowie unnötige Kosten zu vermeiden. Dazu werden in /NEA 18/ Erkenntnisse aus Rückbauprojekten und daraus abgeleitete Empfehlungen für neue Rückbauprojekte zusammengefasst.

Dabei wird unter anderem ausgesagt, dass es für die erfolgreiche Durchführung eines Rückbauprojektes wichtig ist, sowohl nationale als auch internationale Erfahrungen aus bereits erfolgten Rückbauprojekten zu sammeln, um mögliche kritische Aspekte bereits im Vorfeld erkennen zu können.

In den Anhängen A.1 bis A.10 von /NEA 18/ sind einige Beispiele für Rückbauprojekte kerntechnischer Anlagen aufgeführt, die in den Ländern Kanada, Frankreich, Schweden, Schweiz, Vereinigtes Königreich, Spanien und USA durchgeführt werden bzw. wurden. Dabei werden unter anderem in diesen Rückbauprojekten beobachtete Herausforderungen sowie gemachte „Lessons learnt“ vorgestellt. Einige der festgestellten Aspekte sind nachfolgend kurz zusammengefasst:

- Der Abbau von Betriebspersonal war eine Herausforderung.
- Unzureichende Dokumentation und die Aufbewahrung von erforderlichen Spezialwerkzeugen haben zu Kostenüberschreitungen geführt.
- Ein Beginn der Planung und Vorbereitung des Rückbaus bereits in den letzten Jahren des Betriebs ist von Vorteil.
- Während Rückbauprojekten sind einige neue Herausforderungen zu bewältigen, z. B. Personalwesen, Wissenserhalt und -transfer.
- Die radiologische Charakterisierung sowohl vor als auch während eines Rückbauprojektes ist wichtig.
- Die Anlagendokumentation ist in der Regel nicht vollständig.
- Ereignisse aus der Betriebszeit werden oftmals nicht ausreichend berücksichtigt.
- Es ist wichtig, Mitarbeiter mit umfangreichem Wissen über die Anlage auch während des Rückbaus weiter zu beschäftigen.
- Zur Erleichterung der Rückbauplanung sollte eine Datenbank über Ereignisse mit Kontaminationen während des Betriebs geführt werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass im OECD/NEA-Dokument “Preparing for Decommissioning During Operation and After Final Shutdown” /NEA 18/ einige Beispiele für „Lessons learnt“ während Rückbauprojekten vorgestellt werden. Konkrete, auf Ereignissen aus der Betriebszeit der Anlagen basierende Rückbauerschwernisse werden allerdings nicht genannt.

## 2.4 Kapitelzusammenfassung

In Abschnitt 2.1 wurde der Begriff „Rückbauerschwernis“ für dieses Vorhaben definiert.

Die Ergebnisse der Auswertung von Informationen hinsichtlich bereits beobachteter Problemstellungen, die in laufenden oder abgeschlossenen Stilllegungsprojekten in kerntechnischen Anlagen zu Erschwernissen geführt haben, wurden in Abschnitt 2.2 dargestellt. Die ermittelten Erschwernisse lassen sich nicht in allen Fällen auf konkrete Ereignisse aus dem Betrieb zurückführen. Berichtete Schwierigkeiten sind oftmals auf Aspekte wie das Anlagendesign, Umgangskonzepte mit Abfällen oder eingesetzte Baumaterialien und Werkstoffe zurückzuführen. Sofern die Schwierigkeiten im Vorfeld der Stilllegung bereits bekannt waren, sind diese in die Rückbauplanung mit eingeflossen und treten dann im Zuge des Rückbaus nicht explizit als Erschwernis hervor. Grundsätzlich ist auch davon auszugehen, dass alle Projektplanungen gewisse Puffer für unerwartete Kontaminationen oder andere unerwartete Schwierigkeiten enthalten, sodass sich viele Schwierigkeiten nicht direkt auf den Projektverlauf auswirken.

Die folgenden, bereits beobachteten Problemstellungen wurden identifiziert:

- Unerwartete Kontaminationen im Rahmen von Rückbauarbeiten
- Austritt von Aktivität in einem Abfalllager für feste radioaktive Stoffe
- Sr-90 Kontamination aufgrund eines länger zurückliegenden Ereignisses
- Eingriffe in die Gebäudestatik zur Entfernung von Kontaminationen
- Aktivierung nicht eingeplanter Reaktoreinbauten
- Unverfügbarkeit von technischen Einrichtungen
- Einsatz von Asbest und Asbestfund bei Rückbauarbeiten
- Zu früher Rückbau der Lüftungsanlage
- Problematik der Zerlegung des Reaktordruckbehälters
- Problematik der Zerlegung der Dampferzeuger
- Auffinden einer nicht eingeplanten Stahlrahmenkonstruktion
- Abtrennung von Cäsium und Technetium aus Spaltabfällen

- Verfügbarkeit von Personal
- Verfügbarkeit externer Dienstleister
- Engpässe bei Lagerkapazitäten für radioaktive Abfälle
- Nichtannahme von freigemessenen Rückbaumassen in Mülldeponien

Die ermittelten Erschwernisse sind im Rahmen von Arbeitspaket 3 in die Ableitung der generischen Rückbauerschwernisse eingeflossen.

In Abschnitt 2.3 wurden die Erkenntnisse aus den IAEA-Projekten DeSa (Evaluation and Demonstration of Safety of Decommissioning of Nuclear Facilities), FaSa (Use of Safety Assessment in the Planning and Implementation of Decommissioning of Facilities using Radioactive Material), DRiMa (International Project on Decommissioning Risk Management) und CIDER (Constraints to Implementing Decommissioning and Environmental Remediation), dem IAEA-Dokument NW-T-2.8 „Managing the Unexpected in Decommissioning“ /IAE 16b/ sowie dem OECD/NEA-Dokument „Preparing for Decommissioning During Operation and After Final Shutdown“ /NEA 18/ zusammengefasst, sofern sie für das Vorhaben relevant sind. Insgesamt lässt sich zu den IAEA-Projekten DeSa, FaSa, DRiMa und CIDER sowie zum OECD/NEA-Dokument /NEA 18/ sagen, dass eher übergeordnete Aussagen zu möglichen Problemstellungen beim Rückbau getroffen werden. Es werden keine konkreten Ereignisse genannt, sondern eher mögliche Risiken, die im Laufe eines Rückbauprojektes auftreten können, dargestellt. Eine wichtige Kernaussage ist jedoch, dass die Betriebshistorie bei der Rückbauplanung berücksichtigt werden muss. Im IAEA-Dokument NW-T-2.8 „Managing the Unexpected in Decommissioning“ /IAE 16b/ werden diverse mögliche Rückbauerschwernisse in verschiedenen Betriebsphasen dargestellt. Außerdem werden diverse Beispiele für bereits aufgetretene Problemstellungen beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen beschrieben. Diese bereits aufgetretenen Problemstellungen sind im Rahmen von Arbeitspaket 3 in die Ableitung der generischen Rückbauerschwernisse eingeflossen.



### **3 Auswertung anlagenspezifischer Betriebserfahrung hinsichtlich Rückbauerschwerpunkten**

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Arbeiten zu Arbeitspaket 2 „Auswertung anlagenspezifischer Betriebserfahrung hinsichtlich Rückbauerschwerpunkten“ dargestellt. In Abschnitt 3.1 wird auf die Auswertung der nationalen Betriebserfahrung eingegangen. Abschnitt 3.2 befasst sich mit der Auswertung der internationalen Betriebserfahrung. Die vertiefte Auswertung der für dieses Vorhaben relevanten Ereignisse wird in Abschnitt 3.3 behandelt.

Das Ziel der Arbeiten in diesem Arbeitspaket ist die Auswertung der nationalen und internationalen Betriebserfahrung von Kernkraftwerken. Dies dient zur Identifikation von Ereignissen, die gegebenenfalls Auswirkungen auf den Rückbau haben können. Die als relevant klassifizierten Ereignisse werden vertieft untersucht, um detaillierte Informationen zu diesen Ereignissen zu ermitteln.

#### **3.1 Auswertung der nationalen Betriebserfahrung**

Zur Auswertung der nationalen Betriebserfahrung wurde untersucht, ob es in deutschen Kernkraftwerken zu Ereignissen gekommen ist, die möglicherweise Auswirkungen auf den Rückbau der Anlagen haben können. Hinsichtlich der Auswertung der Betriebserfahrung steht der GRS die VERA-Datenbank zur Verfügung, in der alle meldepflichtigen Ereignisse, die in deutschen kerntechnischen Anlagen aufgetreten sind, gesammelt werden. Die in der VERA-Datenbank gesammelten meldepflichtigen Ereignisse wurden daraufhin untersucht, ob diese möglicherweise Folgen für den späteren Rückbau der Anlagen haben können. Da der GRS keine Informationen zu Ereignissen vorliegen, die nicht meldepflichtig sind, wurden diese im Rahmen dieses Vorhabens nicht ausgewertet, auch wenn sie möglicherweise ebenfalls Einfluss auf den Rückbau der Kernkraftwerke haben können.

Zur Auswertung der nationalen Betriebserfahrung wurden alle Ereignisse aus der VERA-Datenbank bis August 2019 berücksichtigt, wodurch sich eine Anzahl von 6987 auszuwertenden Ereignissen ergeben hat. Da die Ereignisse aufgrund der Datenbankstruktur relativ komfortabel anzuwählen sind und der beschreibende Text in den meisten Fällen relativ kurzgefasst ist, wurde entschieden, alle Ereignisse durchzusehen und bei der Durchsicht zu bewerten, ob diese potenziell relevant sind oder nicht.

Die nicht relevanten Ereignisse wurden dann nicht mehr weiter berücksichtigt, die relevanten Ereignisse sollten in einem nächsten Schritt vertieft ausgewertet werden. Bei diesem Erstscreening der 6987 Ereignisse aus der VERA-Datenbank wurden 912 Ereignisse als potenziell relevant eingeschätzt. Da eine solch hohe Anzahl an Ereignissen im Rahmen dieses Vorhabens nicht vertieft untersucht werden konnte, war eine weitere Reduktion der Ereignisse zur vertieften Untersuchung notwendig.

Zur Reduktion der als potenziell relevant eingeschätzten Ereignisse wurden die Ereignisse aus der VERA-Datenbank, die nicht in Leistungsreaktoren aufgetreten sind, auf die Frage hin überprüft, ob sie auch für Leistungsreaktoren von Interesse sind. War dies der Fall, wurden diese Ereignisse weiterhin berücksichtigt, war dies nicht der Fall, wurden sie nicht weiter berücksichtigt. Des Weiteren wurden Ereignisse mit Kleinst- und Tropfleckagen, die in dem Erstscreening noch als potenziell relevant eingeschätzt wurden, nicht weiter berücksichtigt, da es durch die relativ kleinen Leckagen zu keinen besonders großen Verunreinigungen/Kontaminationen gekommen ist und diese Ereignisse somit für den Rückbau eher keine Erschwernisse hervorrufen. Des Weiteren wurden diverse Ereignisse zu einem generischen Überbegriff für dieses Ereignis zusammengefasst, wenn durch die Einzelereignisse keine neuen Erkenntnisse für dieses Vorhaben gewonnen werden können (z. B. wurde nicht jeder Ausfall von Lüftungsanlagen einzeln betrachtet, sondern zusammengefasst zu dem Oberbegriff „Ausfall Lüftungsanlage“). Nach diesen Schritten konnte die Anzahl der vertieft auszuwertenden Ereignisse bzw. Ereigniszusammenfassungen von 912 auf 293 reduziert werden, was aber für die vertiefte Auswertung im Rahmen dieses Vorhabens eine immer noch zu hohe Anzahl ist.

Zur weiteren Reduktion der Anzahl der vertieft auszuwertenden Ereignisse wurde die freigesetzte Aktivität, sowohl innerhalb der Anlage als auch nach außen, betrachtet, da insbesondere eine Kontamination durch freigesetzte Aktivität zu einem Rückbauer-schwernis führen kann. Dazu wurde für dieses Vorhaben ein Abschneidekriterium für die freigesetzte Aktivität festgelegt, wobei Ereignisse mit einer Freisetzung unterhalb dieses Abschneidekriteriums nicht weiter berücksichtigt wurden und Ereignisse mit einer Freisetzung oberhalb dieses Abschneidekriteriums vertieft betrachtet wurden. Um ein geeignetes Abschneidekriterium festzulegen, wurden diverse Betriebshandbücher von Kernkraftwerken hinsichtlich Genehmigungswerten für zulässige Ableitungen untersucht, wobei die Genehmigungswerte von Anlage zu Anlage und je nach Ort und Art der Ableitung unterschiedlich sind.

Unter Berücksichtigung der Genehmigungswerte aus den Betriebshandbüchern wurden für dieses Vorhaben Ereignisse mit einer Aktivitätsfreisetzung  $> 1,0 \text{ E}08 \text{ Bq/m}^3$  bzw. einer Freisetzung von Edelgasen  $> 1,0 \text{ E}12 \text{ Bq/m}^3$  weiter berücksichtigt. Durch diesen Schritt konnte die Anzahl der vertieft auszuwertenden Ereignisse bzw. Ereigniszusammenfassungen auf 82 reduziert werden. Diese 82 Ereignisse bzw. Ereigniszusammenfassungen wurden im Rahmen des Vorhabens vertieft ausgewertet.

### **3.2 Auswertung der internationalen Betriebserfahrung**

Zur Auswertung der internationalen Betriebserfahrung wurde untersucht, ob es in Kernkraftwerken außerhalb Deutschlands zu Ereignissen gekommen ist, die möglicherweise Auswirkungen auf den Rückbau haben können. Dazu wurde die IRS-Datenbank der internationalen Atomenergieorganisation IAEA durchsucht. In der IRS-Datenbank werden Ereignisse aus Kernkraftwerken, die von Mitgliedsstaaten der IAEA gemeldet wurden, gesammelt.

Zur Auswertung der internationalen Betriebserfahrung wurden alle Ereignisse aus der IRS-Datenbank bis Mai 2019 berücksichtigt, wodurch sich eine Anzahl von 4350 auszuwertenden Ereignissen ergeben hat. Da die Ereignisse in der IRS-Datenbank aufgrund der relativ unkomfortablen Datenbankstruktur nicht einfach anzuwählen sind, die Beschreibung in englischer Sprache mit teilweise schlechter Sprachqualität erfolgt und die Beschreibungen vielfach mehrere Seiten lang sind, wurde aufgrund des deutlich höheren Aufwands für das Ereignisscreening beschlossen, nicht alle Ereignisse durchzusehen. Stattdessen wurde durch die Auswahl geeigneter Schwerpunkte (durch die Suche nach Guidewords in der IRS-Datenbank) eine möglichst abdeckende Vorauswahl der Ereignisse für das Erstscreening getroffen.

Um IRS-Ereignisse zu berücksichtigen, bei denen es zu Erschwernissen aus dem Bau bzw. während des Rückbaus von Anlagen gekommen ist, wurden folgende Guidewords für die Suche verwendet:

- Deficiencies in commissioning
- Post-operational
- Decommissioning

Zur Berücksichtigung von IRS-Ereignissen aus dem Anlagenbetrieb, die möglicherweise Auswirkungen auf den Rückbau der Anlagen haben, wurden insbesondere Guidewords genutzt, die Ereignisse mit der Verletzung/Schwächung der Schutzziele identifizieren. Dazu wurden Guidewords aus folgenden Bereichen gewählt:

- Aktivitätsrückhaltung, wie z. B.
  - Unanticipated release of radioactive material or exposure to radiation
  - Degradation of barriers and safety related systems
  - Degradation of the primary coolant pressure boundary, main steam or feedwater line or other high energy systems
  - Degradation of containment function or integrity
- BE-Integrität, wie z. B.
  - Fuel cladding failure
  - Degraded fuel
- BE-Becken, wie z. B.
  - Degradation of systems required to assure primary coolant inventory and core cooling
  - Failure or significant reduction of heat removal capability
- Reaktivitätskontrolle, wie z. B.
  - Degradation of systems required to control reactivity
  - Failure or significant reduction of reactivity control

Weitere Guidewords, die nicht direkt die oben genannten Schutzziele betreffen, aber mit denen Ereignisse gefunden werden können, die zu potenziellen Erschwernissen während des Rückbaus führen können, wurden ebenfalls berücksichtigt. Dies sind z. B.:

- Events of potential safety significance
- Personnel or public injuries
- Fuel handling event
- Radwaste event

Durch Verwendung der oben genannten Guidewords konnte die Anzahl der auszuwertenden Ereignisse aus der IRS-Datenbank auf 610 Ereignisse reduziert werden. Diese 610 Ereignisse wurden dann einem Erstscreening unterzogen, um deren tatsächliche Relevanz für das Vorhaben zu ermitteln. Bei diesem Erstscreening wurden 171 Ereignisse als potenziell relevant eingeschätzt. Da diese Anzahl an Ereignissen im Rahmen dieses Vorhabens aufgrund des hierfür notwendigen Aufwands nicht vertieft untersucht werden konnte, war eine weitere Reduktion der Ereignisanzahl zur vertieften Untersuchung notwendig.

Zur Reduktion der IRS-Ereignisanzahl wurden identisch zur Vorgehensweise bei den Ereignissen aus der VERA-Datenbank Ereignisse mit Kleinst- oder Tropfleckagen nicht weiter berücksichtigt. Außerdem wurde berücksichtigt, ob die Art der Anlage auch in Deutschland vorkommt. Durch diese Vorgehensweise konnte die Ereignisanzahl aus den IRS-Meldungen auf 22 Ereignisse reduziert werden, die vertieft ausgewertet wurden.

Aufgrund der hohen Zahl an potenziell relevanten Ereignissen war zunächst geplant, Ereignisse, die aufgrund organisatorischer Mängel gemeldet wurden, nicht für die vertiefte Auswertung zu berücksichtigen. Entgegen dieser ersten Planung wurden aber auch aufgrund organisatorischer Mängel gemeldete Ereignisse zumindest in Teilen vertieft ausgewertet, um diesen Aspekt bei der Betrachtung von Rückbauerschwerpunkten ebenfalls zu berücksichtigen. Durch die Einbeziehung dieser Ereignisse sollen neben den Ereignissen aus dem Betrieb (meist aufgrund technischer Mängel wie z. B. Leckagen) auch Ereignisse aufgrund organisatorischer Mängel berücksichtigt werden. Diese Ereignisse sind von Interesse, da sich aus den festgestellten organisatorischen Mängeln ebenfalls Verzögerungen beim Rückbau ergeben können, auch wenn das Ereignis selbst keinen Einfluss auf den Rückbau hat. Es wurden 17 IRS-Ereignisse, die sich aus organisatorischen Mängeln ergeben haben, in diesem Vorhaben vertieft ausgewertet.

### **3.3 Vertiefte Auswertung der relevanten Ereignisse**

Das Screening der nationalen Ereignisse aus der VERA-Datenbank hat 82 Ereignisse bzw. Ereigniszusammenfassungen ergeben, die vertieft ausgewertet wurden (siehe Abschnitt 3.1). Aus der IRS-Datenbank wurden beim Screening der internationalen Ereignisse insgesamt 39 Ereignisse ermittelt (22 Ereignisse aufgrund technischer Fehler, 17 Ereignisse aufgrund organisatorischer Mängel), die für das Vorhaben relevant sind und vertieft ausgewertet wurden (siehe Abschnitt 3.2).

Die vertiefte Auswertung dieser Ereignisse erfolgte, um detaillierte Informationen zu diesen Ereignissen zu ermitteln und Hinweise auf potenzielle Rückbauerschwernisse zu sammeln. Bei der vertieften Auswertung wurden Informationen zu Aspekten wie Reaktortyp, betroffene Komponenten, betroffene Systeme, betroffene Räume und Gebäude sowie das potenzielle Erschwernis ermittelt. Außerdem wurde eine kurze, stichpunktartige Beschreibung des Ereignisses verfasst sowie Informationen zur Ursache des jeweiligen Erschwernisses ermittelt. Die Ergebnisse der vertieften Auswertungen enthalten Informationen, die nicht zur Veröffentlichung freigegeben sind und werden daher im Rahmen dieses Berichtes nicht gezeigt. Die Informationen aus der vertieften Auswertung der als relevant identifizierten Ereignisse dienen in Arbeitspaket 3 zur Ableitung der generischen Rückbauerschwernisse.

## **4            Untersuchung der Rückbauerschwernisse**

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Arbeiten zu Arbeitspaket 3 „Untersuchung der Rückbauerschwernisse“ dargestellt. In den Abschnitten 4.1 bis 4.8 werden generische Rückbauerschwernisse dargestellt, die sich aufgrund von Ereignissen ergeben haben, die wegen technischer Mängel gemeldet wurden. Des Weiteren wurden bereits beim Rückbau beobachtete Problemstellungen aufgrund technischer Mängel berücksichtigt. In Abschnitt 4.9 werden generische Rückbauerschwernisse dargestellt, die sich aufgrund von Ereignissen ergeben haben, die wegen organisatorischer Mängel gemeldet wurden. Es wurden auch bereits beobachtete Problemstellungen aufgrund organisatorischer Mängel berücksichtigt.

Das Ziel der Arbeiten in diesem Arbeitspaket ist es, anhand der in Arbeitspaket 1 ermittelten, bereits beobachteten Problemstellungen (siehe Abschnitt 2.2) und anhand der in Arbeitspaket 2 vertieft untersuchten Ereignisse zur Ermittlung weiterer Rückbauerschwernisse eine Liste generischer Rückbauerschwernisse abzuleiten. Dazu wurden die in den Arbeitspaketen 1 und 2 ermittelten Erkenntnisse thematisch sortiert und zusammengefasst und daran anschließend miteinander verglichen und kombiniert. Aus diesen Vergleichen und Analysen wurden dann generische Rückbauerschwernisse abgeleitet, die in den folgenden Abschnitten vorgestellt werden.

### **4.1            Kontamination innerhalb und außerhalb der Anlage**

#### **Hintergrund des Rückbauerschwernisses:**

In diversen der untersuchten Ereignisse kam es zu Kontaminationen innerhalb und außerhalb der Anlage. Dabei können verschiedene Rückbauerschwernisse unter dem Begriff „Kontamination innerhalb und außerhalb der Anlage“ zusammengefasst werden:

- Kontamination innerhalb der Anlage
- Kontamination des Erdbodens und des Grundwassers
- Kontamination des Kamins und der dorthin führenden Rohrleitungen

### **Kontamination innerhalb der Anlage:**

In diversen der vertieft untersuchten Ereignisse kam es zu Freisetzungen von radioaktiven Stoffen (Wasser, Dampf, Brand von Abfällen) innerhalb der Anlage und damit zur Kontamination von Räumen/Anlagenteilen. Als Gründe sind beispielsweise Leckagen/Brüche von Rohrleitungen/Flanschen, defekte oder fehlerhaft geöffnete Ventile oder das Versagen von Dichtungen zu nennen. Zur Kontamination innerhalb der Anlage kam es auch in den in Arbeitspaket 1 dieses Vorhabens ermittelten, bereits aufgetretenen Rückbauerschwerissen (siehe Abschnitt 2.2) sowie in einigen der in /IAE 16b/ beschriebenen Fälle (siehe Abschnitt 2.3.5). Es wurde beispielsweise in ungenutzten Kammern eines Abfalllagers, in denen Kontaminationsfreiheit erwartet worden war, eine Kontamination festgestellt. Des Weiteren kam es aufgrund eines Lecks zu einem Wassereintritt in den gasgekühlten Reaktorkern wobei Spaltprodukte ausgewaschen wurden und in die unteren Gebäudestrukturen eingedrungen sind. Außerdem kam es zu mehreren Kontaminationsfunden in Kernkraftwerken während Rückbauarbeiten die auf Leckagen diverser, mit kontaminierten Medien beaufschlagten Leitungen zurückzuführen waren.

Durch die Freisetzung radioaktiver Stoffe innerhalb der Anlage kommt es zur Kontamination der betroffenen Anlagenteile/Räume. Somit kann es in den betroffenen Anlagenteilen/Räumen zu einer höheren Kontamination als durch den Betrieb zu erwarten kommen. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass die ausgetretenen Stoffe, insbesondere mit radioaktiven Stoffen belastetes Wasser, durch nicht ausreichend abgedichtete Dehnungs-/Arbeitsfugen im Beton oder Risse im Boden in Betonstrukturen einziehen und dort zu nicht erwarteten Kontaminationen führen. Diese Kontamination kann beim Rückbau aufgrund des Mehraufwands für die Dekontamination der betroffenen Gebiete wegen nicht erwarteter oder höher als erwarteter Kontamination zu einem Rückbauerschweris führen, sofern dies nicht bereits in der Rückbauvorbereitung berücksichtigt worden ist.

### **Kontamination des Erdbodens und des Grundwassers:**

Zur Freisetzung von mit radioaktiven Stoffen belastetem Wasser in die Umgebung und damit zur Kontamination des Erdbodens und des Grundwassers kam es beispielsweise aufgrund von Leckagen innerhalb der Anlage mit anschließendem Austritt des mit radioaktiven Stoffen belasteten Wassers durch Regenwasserkanäle oder durch Risse in der Gebäudeauskleidung, Leckagen an erdverlegten Leitungen für nukleare Abwässer,

Überfüllung von Lagertanks für radioaktive Abfälle oder die Nutzung falscher Transportbehälter mit Wasseraustritt während des Transports. Zur Kontamination des Erdbodens und des Grundwassers kam es auch in den in Arbeitspaket 1 dieses Vorhabens ermittelten, bereits aufgetretenen Rückbauerschwernissen (siehe Abschnitt 2.2) sowie in einigen der in IAEA 16b/ beschriebenen Fälle (siehe Abschnitt 2.3.5). In einem Abfalllager kam es zu einem Austrag von Aktivität mit nachfolgender Kontamination des Erdreiches. In einer weiteren Anlage kam es während Rückbauarbeiten zum Auffinden erhöhter Kontamination im Erdreich. Es wird angenommen, dass kontaminierte Flüssigkeit während des Betriebs der Anlage über eine Dehnungsfuge an der Wanddurchführung, die keine Flüssigkeitsbarriere besitzt, ins Erdreich gelangen konnte.

Durch die Freisetzung des mit radioaktiven Stoffen belastetem Wasser in die Umgebung kommt es zur Kontamination des Erdbodens und evtl. auch des Grundwassers. Diese Kontamination kann beim Rückbau aufgrund des Mehraufwands für den Abtrag und die Dekontamination des betroffenen Erdreichs zu einem Rückbauerschwernis führen, sofern diese nicht bereits in der Rückbauvorbereitung berücksichtigt worden ist.

#### **Kontamination des Kamins und der dorthin führenden Rohrleitungen:**

In diversen der vertieft untersuchten Ereignisse kam es zur Freisetzung von an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffen an die Atmosphäre oberhalb der Genehmigungswerte, also zur Freisetzung von Radioaktivität an die Umgebung. Die Gründe für die Freisetzung von an Schwebstoffen gebundene radioaktive Stoffe sind von Ereignis zu Ereignis unterschiedlich und sollen hier nicht im Detail betrachtet werden. Als Gründe sind beispielsweise Leckagen aufgrund diverser Ursache, das Ansprechen von Sicherheitsventilen, eine fehlerhaft arbeitende Gasreinigungsanlage oder defekte Brennelemente zu nennen.

Durch die Freisetzung der an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffe an die Atmosphäre kam es zur Kontamination des Abluftkamins und der dorthin führenden Rohrleitungen. Diese Kontamination kann beim Rückbau des Kamins und der betroffenen Rohrleitungen zu einem Rückbauerschwernis führen, sofern diese nicht bereits in der Rückbauvorbereitung berücksichtigt worden ist. Grund ist der Mehraufwand beim Abbruch des Abluftkamins und der dorthin führenden Rohrleitungen aufgrund der höheren Kontamination als der durch den Betrieb zu erwartenden.

## **Übertragbarkeit auf andere Anlagen:**

In nahezu allen deutschen Kernkraftwerken ist es zur Freisetzung radioaktiver Stoffe innerhalb der Anlage und damit zur Kontamination von Räumen/Anlagenteilen gekommen. In einigen Fällen kam es dabei auch zum Austritt des mit radioaktiven Stoffen belasteten Wassers in die Umgebung und infolge dessen zur Kontamination des Bodens und evtl. des Grundwassers.

In allen Anlagen kommt es während des Betriebs zur Freisetzung von an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffen über den Kamin, in den meisten Fällen allerdings innerhalb der Genehmigungswerte. Somit ist generell von einer Kontamination des Abluftkamins und der zugehörigen Rohrleitungen auszugehen. In einigen Ereignissen kam es zu einer Freisetzung von an Schwebstoffen gebundenen radioaktiven Stoffen oberhalb der Genehmigungswerte, was zu einer höheren Kontamination des Kamins und der zugehörigen Rohrleitungen als erwartet geführt haben kann.

Kontaminationen innerhalb und außerhalb der Anlage sind somit auf alle Anlagen übertragbar, wobei die tatsächliche Stärke der Kontamination von den Vorfällen in den einzelnen Anlagen abhängt. Ob entsprechende Ereignisse aufgetreten sind, die zu einer Kontamination innerhalb der Anlage, zu einer Kontamination des Erdbodens oder zu einer Kontamination des Abluftkamins und der dorthin führenden Rohrleitungen, die höher ist als erwartet, geführt haben, ist vor dem Rückbau zu prüfen.

## **4.2 Auftreten von Schadstoffen innerhalb der Anlage**

### **Hintergrund des Rückbauerschwerpunktes:**

In diversen der untersuchten Ereignisse kam es zum Auftreten von Schadstoffen innerhalb der Anlage. Dabei können verschiedene Rückbauerschwerpunkte unter dem Begriff „Auftreten von Schadstoffen innerhalb der Anlage“ zusammengefasst werden:

- Austritt von Schwefelsäure innerhalb der Anlage
- Einsatz von Asbest oder anderen gesundheitsgefährdenden Materialien

### **Austritt von Schwefelsäure innerhalb der Anlage:**

In einigen der vertieft untersuchten Ereignisse kam es zum Austritt von Schwefelsäure innerhalb der Anlage. Als Gründe sind beispielsweise Schäden an Batterien mit ausgelaufener Batteriesäure, Eintrag von Schwefelsäure über undichte Armaturen in den Sekundärkreis oder Leckagen am Säuredosierstutzen im System zur Lagerung und Behandlung radioaktiver Abwässer zu nennen.

Durch den Austritt von Schwefelsäure kann es zur Kontamination von Anlagenteilen/Räumen mit stark ätzender Schwefelsäure kommen. Diese Kontaminationen können beim Rückbau aufgrund des Mehraufwandes zur Beseitigung der Schwefelsäure zu einem Rückbauerschwernis führen.

### **Einsatz von Asbest oder anderen gesundheitsgefährdenden Materialien:**

Asbest wurde in Kernkraftwerken aufgrund seiner großen Festigkeit und seiner Hitze- und Säurebeständigkeit häufig eingesetzt. In mehreren Ereignissen wurde der Einsatz von Asbest in Spiraldichtungen in Sicherheitsventilen im Volumenregelsystem, in diversen Armaturen, in Stopfbuchspackungen von Schnellschlussventilen an der Umföhrung der HD-Vorwärmer sowie in Schleifringdichtungen an Brandschutzklappen erwähnt. Der Einsatz von Asbest findet sich auch in den in Arbeitspaket 1 dieses Vorhabens ermittelten, bereits aufgetretenen Rückbauerschwernissen (siehe Abschnitt 2.2) sowie in einigen der in /IAE 16b/ beschriebenen Fälle (siehe Abschnitt 2.3.5). Asbest wurde beispielsweise in Kühltürmen, Dampferzeugern und diversen Brandschutzeinrichtungen (z. B. Rohrschottungen, Gebäudefugenabdichtungen, Brandschutzklappen oder Brandschutzverkleidungen) verbaut. In einer kerntechnischen Anlage wurde während des Rückbaus bei der Durchtrennung von Rohrdurchführungen unerwartet Asbest entdeckt. Dies führte zur Freisetzung erheblicher Mengen von Asbestfasern und einer Verzögerung des Rückbaus um mehrere Jahre. Beim Rück- und Umbau der Lüftungsanlage in einem weiteren Kernkraftwerk wurde nicht berücksichtigt, dass für die Asbestsanierung gesonderte Anforderungen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit an Lüftungssysteme gestellt werden, für welche das neue Lüftungssystem nicht ausgelegt war. Daher musste eine Ersatz-Lüftungsanlage zur Asbestsanierung installiert werden. Weitere in kerntechnischen Anlagen verwendete gesundheitsgefährdende Materialien, die in einigen der in /IAE 16b/ beschriebenen Fälle genannt wurden, sind beispielsweise PCB, Blei, Uranhexafluorid, Fluorwasserstoffsäure und Pikrinsäure.

Durch den Einsatz von Asbest oder anderen gesundheitsgefährdenden Materialien kann es zu Rückbauerschwerenissen kommen. Mittlerweile ist der Einsatz von Asbest aufgrund der festgestellten Gesundheitsgefahren, insbesondere durch Asbestfasern, verboten. Die Entsorgung von Asbest in Gebäuden und Komponenten ist aufwändig, da es bei der Bearbeitung nicht zu ungewünschten Faserfreisetzungen kommen darf. Insbesondere bei zufälliger oder unsachgemäßer Bearbeitung von Asbest kann es zu nennenswerten Faserfreisetzungen kommen, die gesundheitsgefährdend sein können. Solche Fälle können zu erheblichen Verzögerungen während des Rückbaus führen. Die Entsorgung anderer gesundheitsgefährdender Materialien (z. B. PCB, Blei, Säure, usw.) ist ebenfalls aufwändig, da entsprechende Vorkehrungen getroffen werden müssen, damit eine Gesundheitsgefährdung ausgeschlossen werden kann.

### **Übertragbarkeit auf andere Anlagen:**

In einigen der vertieft untersuchten Ereignisse kam es zum Austritt von Schwefelsäure innerhalb der Anlage. Es wurden allerdings im Rahmen des Vorhabens nicht alle Ereignisse mit dem Austritt von Schwefelsäure vertieft ausgewertet.

Die Herstellung und Verwendung von Asbest wurde in Deutschland erst Anfang des Jahres 1993 verboten. Daher ist davon auszugehen, dass Asbest zum Zeitpunkt der Errichtung der Anlagen verwendet wurde. Der Einsatz anderer gesundheitsgefährdender Materialien kann ebenfalls nicht ausgeschlossen werden.

Das Auftreten von Schadstoffen innerhalb der Anlage ist auf alle Anlagen übertragbar. Ob Ereignisse aufgetreten sind, die zum Austritt von Schwefelsäure in der Anlage geführt haben und inwiefern und an welchen Stellen tatsächlich Asbest oder andere gesundheitsgefährdende Materialien verwendet wurde, ist vor dem Rückbau zu prüfen.

### **4.3 Probleme mit technischen Einrichtungen**

#### **Hintergrund des Rückbauerschwernisses:**

In diversen der untersuchten Ereignisse kam es zu Problemen mit technischen Einrichtungen. Dabei können verschiedene Rückbauerschwernisse unter dem Begriff „Probleme mit technischen Einrichtungen“ zusammengefasst werden:

- Unverfügbarkeit oder Ausfall von Lüftungsanlagen
- Probleme mit der Materialschleuse
- Ausfall von Hebezeugen
- Probleme bei der Nutzung der Brennelement-Lademaschine
- Ausfall einer Zerlegevorrichtung für Kerneinbauten
- Unverfügbarkeit weiterer technischer Einrichtungen

#### **Unverfügbarkeit oder Ausfall von Lüftungsanlagen:**

In mehreren Ereignissen kam es zum Ausfall von Lüftungsanlagen. Unter dem Ausfall von Lüftungsanlagen sind beispielsweise Ausfälle oder Teilausfälle der Umluft-, Zuluft- oder Abluftanlagen zu verstehen. Der Ausfall von Lüftungsanlagen findet sich auch in den in Arbeitspaket 1 dieses Vorhabens ermittelten, bereits aufgetretenen Rückbauerschwernissen (siehe Abschnitt 2.2). Beim Rück- und Umbau der Lüftungsanlage eines Kernkraftwerks wurde nicht berücksichtigt, dass für die Asbestsanierung gesonderte Anforderungen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit an Lüftungssysteme gestellt werden, für welche das neue Lüftungssystem nicht ausgelegt war. Daher musste eine Ersatz-Lüftungsanlage zur Asbestsanierung installiert werden.

Durch den Ausfall bzw. den zu frühen Rückbau der Lüftungsanlagen kann es zu Rückbauerschwernissen kommen. Beispielsweise kann es durch den Ausfall von Lüftungsanlagen dazu kommen, dass Arbeiten in bestimmten Bereichen nicht mehr durchgeführt werden können, da die erforderliche Belüftung nicht mehr gewährleistet ist. Außerdem ist durch den Ausfall von Lüftungsanlagen möglicherweise eine gerichtete Luftströmung nicht mehr gegeben. In Abhängigkeit davon, wie lange die Reparaturarbeiten dauern, kann es zu erheblichen Verzögerungen während des Rückbaus kommen.

Auch zu erwähnen ist der zu frühe Rückbau von Lüftungsanlagen, was dazu führen kann, dass die für Arbeiten notwendige Luftzufuhr nicht mehr gegeben ist. In einem solchen Fall wären die Arbeiten bis zum Aufbau einer neuen Lüftungsanlage unterbrochen.

### **Probleme mit der Materialschleuse:**

In einigen Ereignissen kam es zu Problemen mit der Materialschleuse aufgrund verschiedener Ursachen. Die Materialschleuse dient dem Ein- und Ausschleusen von Materialien in den und aus dem Sicherheitsbehälter. Neben dieser Funktion dient die Materialschleuse auch als spannungsfrei bewegliche Abdichtung des Sicherheitsbehälters zum Reaktorgebäude.

Durch Probleme mit der Materialschleuse kann es zu mehreren Rückbauerschwernissen kommen. Die Materialschleuse stellt den Einschluss im Sicherheitsbehälter befindlicher radioaktiver Stoffe sicher. Außerdem wird die Materialschleuse während des Rückbaus verstärkt benötigt, z. B. zum Ausschleusen von CASTOR-Behältern aus dem Sicherheitsbehälter oder zum Ausschleusen von während dem Rückbau demontierten Einbauten. Kommt es zu Problemen mit der Materialschleuse, ist diese Abdichtung unter Umständen nicht mehr gegeben und somit die Dichtheit des Containments möglicherweise beeinträchtigt. Bei Problemen mit den Transporteinrichtungen in der Materialschleuse kann es zum Absturz von Lasten und zur Beschädigung der Lasten oder der Materialschleuse selbst kommen. Diese Probleme können zum Austritt radioaktiver Materialien und zu Verzögerungen aufgrund des Aufwandes für die Dekontamination der betroffenen Anlagenteile/Räume sowie aufgrund des Aufwandes für die Bergung der abgestürzten Lasten und der Reparatur der Schleuse führen.

### **Ausfall von Hebezeugen:**

Bei mehreren Ereignissen kam es zum Ausfall diverser Hebezeuge aufgrund verschiedener Ursachen. Unter Hebezeugen sind beispielsweise Reaktorgebäudekräne, Halbportalkräne im Außenbereich, Hebezeuge zum Einsatz bei der Behandlung radioaktiver Abfälle oder Kräne im Zwischenlager zu verstehen. Zum Ausfall von Hebezeugen kam es auch in den in Arbeitspaket 1 dieses Vorhabens ermittelten, bereits aufgetretenen Rückbauerschwernissen (siehe Abschnitt 2.2). Aus einer kerntechnischen Anlage wird berichtet, dass die Krananlage während des Rückbaus vielfältig genutzt wird. Aufgrund des Alters der Anlage dauert es bei Defekten unter Umständen sehr lange, bis ein Ersatzteil geliefert werden kann, was zu Unterbrechungen der Rückbauarbeiten führt.

Durch den Ausfall von Hebezeugen kann es zu mehreren Rückbauerschwernissen kommen. Falls das Hebezeug im Rahmen des Rückbaus benötigt wird und aufgrund seines Ausfalls nicht benutzt werden kann, kommt es zu Verzögerungen bis das entsprechende Hebezeug instandgesetzt wurde. Des Weiteren kann es durch den Absturz von Lasten aufgrund defekter Hebezeuge ebenfalls zu Verzögerungen kommen. Durch den Lastabsturz können beispielsweise für den Rückbau notwendige Gerätschaften beschädigt worden sein, die instandgesetzt werden müssen. Es können aber auch Transportbehälter mit radioaktivem Abfall durch einen Absturz beschädigt werden, wodurch es aufgrund der nachfolgend notwendigen Dekontaminationsarbeiten zu Verzögerungen im Rückbau kommen kann.

### **Probleme bei der Nutzung der Brennelement-Lademaschine:**

In einigen der vertieft untersuchten Ereignisse kam es zu Problemen bei der Nutzung der Brennelement-Lademaschine. Die Brennelement-Lademaschine befindet sich auf der Brennelement-Bühne bzw. dem Bedienflur im Sicherheitsbehälter im Reaktorgebäude und fährt über das Brennelement-Lagerbecken und den Reaktordruckbehälter. Typische Lasten für die Brennelement-Lademaschine sind beispielsweise Brennelemente, Steuerelemente oder kleinere Abfallbehälter. Bei einem der vertieft untersuchten Ereignisse kam es während des Transports eines Gestells aufgrund von Turbulenzen im Wasser zur Kollision des Gestells mit der Struktur dessen Sonderabstellposition und daraufhin zur Beschädigung. Bei einem anderen vertieft untersuchten Ereignis verfuhr die Brennelement-Wechselbühne aufgrund einer fehlerhaften Programmierung der Anwendersoftware sporadisch entgegen der vorgegebenen Fahrtrichtung.

Durch Probleme bei der Nutzung der Brennelement-Lademaschine kann es zu mehreren Rückbauerschwernissen kommen. Die Brennelement-Lademaschine wird auch während des Rückbaus z. B. zum Transport abgebrannter Brennelemente oder zur Demontage von Kerneinbauten benötigt. Falls die Brennelement-Lademaschine aufgrund ihres Ausfalls nicht benutzt werden kann, kommt es zu Verzögerungen. Außerdem kann es durch den Absturz von Lasten oder wie im vertieft untersuchten Ereignis durch die Kollision von Lasten mit anderen Einbauten ebenfalls zu Verzögerungen kommen, wenn z. B. Brennelemente durch den Lastabsturz oder die Kollision beschädigt worden sind und es aufgrund der nachfolgend notwendigen Arbeiten zu Erschwernissen kommt.

### **Ausfall einer Zerlegevorrichtung für Kerneinbauten:**

In einem der vertieft untersuchten Ereignisse kam es zum Ausfall einer Zerlegevorrichtung für Kerneinbauten. Während der Kalterprobung der Zerlegung eines Dummys mittels CAMC-Verfahren (Contact-Arc-Metall-Cutting) kam es zu einer Verpuffung, woraufhin die Kalterprobung abgebrochen wurde. Grund für die Verpuffung war die Ansammlung von Abgasen aus der thermischen Zerlegung mit der Bildung eines zündfähigen Gemisches. Die durch das Schneidverfahren freigesetzte thermische Energie führte zu einer exothermen Reaktion.

Durch das Ereignis kann es zu mehreren Rückbauerschwernissen kommen. Es sind Auswirkungen auf das Schutzziel „sicherer Einschluss“ zumindest denkbar, wenn es zu einer größeren Ansammlung von zündfähigen Gemischen als beim Ereignis käme und die Verpuffung entsprechend größere Beschädigungen und Kontamination nach sich ziehen würde. Die anschließend notwendigen Reparatur und Dekontaminationsarbeiten würden zu einer Verzögerung führen. Außerdem besteht durch die Verpuffung eine Gefährdung des Personals, was Personalausfälle und damit ebenfalls Verzögerungen nach sich führen kann. Falls die Zerlegevorrichtung während des Rückbaus benötigt wird und durch die Verpuffung nicht mehr zu verwenden ist, ergeben sich durch die notwendige Reparatur ebenfalls Verzögerungen.

### **Unverfügbarkeit weiterer technischer Einrichtungen:**

Im Rahmen der in Arbeitspaket 1 dieses Vorhabens ermittelten, bereits aufgetretenen Rückbauerschwernisse (siehe Abschnitt 2.2) finden sich Rückbauerschwernisse bezüglich der Unverfügbarkeit weiterer technischer Einrichtungen. Ein dargestelltes Problem ist die Tatsache, dass die Anlagen bereits vor vielen Jahren errichtet wurden und das trotz fortlaufender Modernisierungen noch technisches Equipment aus der Zeit der Errichtung in den Anlagen vorhanden ist. Sollte dieses für den Rückbau benötigt werden und ausfallen, ist unter Umständen aufgrund mangelhafter Ersatzteilversorgung mit einem längeren Stillstand dieses Equipments zu rechnen. Ein weiteres beobachtetes Problem ist der verstärkte Einsatz von Equipment (z. B. Manipulatoren) nahe ihrer Leistungsgrenze während des Rückbaus. Aufgrund der dadurch bedingten erhöhten Ausfallwahrscheinlichkeit und der Notwendigkeit zusätzlicher Reparaturen ist es bereits zu Verzögerungen beim Rückbau gekommen.

Durch die Unverfügbarkeit weiterer technischer Einrichtungen, die für den Rückbau benötigt werden, kann es zu Rückbauerschwernissen kommen. Aufgrund des Alters und des während des Rückbaus zu erwartenden verstärkten Einsatzes mancher Einrichtungen kann es aufgrund zusätzlicher Reparaturen und langer Lieferzeiten für Ersatzteile zu längerfristigen Ausfällen der Einrichtungen kommen. Durch die Ausfallzeiten kann es zu Verzögerungen beim Rückbau kommen.

### **Übertragbarkeit auf andere Anlagen:**

In diversen meldepflichtigen Ereignissen kam es zum Ausfall oder Teilausfall von Umluft-, Zuluft- oder Abluftanlagen. Ein solcher Ausfall ist auch während des Rückbaus in allen Anlagen möglich. Außerdem besteht die Möglichkeit eines zu frühzeitigen Rückbaus von Lüftungsanlagen, wenn die Planungen nicht korrekt sind oder nicht berücksichtigt werden.

In einigen Fällen kam es zu Problemen mit der Materialschleuse. Materialschleusen sind in allen Kernkraftwerken im Einsatz und werden im Rückbau aufgrund der Vielzahl auszuscheidender Materialien verstärkt eingesetzt. Werden Materialschleusen während des Rückbaus benötigt und sind für längere Zeit nicht einsetzbar, kann es zu Rückbauerschwernissen kommen.

Es kam in diversen Anlagen zum Ausfall von Hebezeugen. Im Rückbau werden diverse Hebezeuge wie z. B. Reaktorgebäudekräne, Hebezeuge zum Einsatz während der Behandlung radioaktiver Abfälle oder Kräne im Zwischenlager in allen Anlagen benötigt.

In diversen Anlagen kam es zu Problemen bei der Nutzung der Brennelement-Lademaschine. Diese ist in allen Anlagen vorhanden und wird in allen Anlagen während des Rückbaus verwendet.

Thermische Zerlegeverfahren, bei denen es zu einer Zerlegung des Materials mittels einer Flamme, eines Lichtbogens, eines Laserstrahls oder eines anderen Energieübertrags an das zu zerlegende Material kommt, werden im Rückbau häufig eingesetzt. Je nach Verfahren führen der Einsatz von gasförmigen Medien und das Abschmelzen von Material und Schneideelektrode zu gas- und staubförmiger Emission.

In vielen Anlagen ist noch Equipment aus der Errichtungszeit der Anlagen vorhanden. Während des Rückbaus der Anlagen wird bestimmtes Equipment häufiger und möglicherweise nahe der Leistungsgrenze genutzt werden. Kommt es aufgrund dessen zu einem längerfristigen Ausfall des Equipments, kann dies zu Rückbauerschwernissen führen.

Das Auftreten von Problemen mit technischen Einrichtungen während des Rückbaus ist somit auf alle Anlagen übertragbar.

#### **4.4 Auftreten gebäudespezifischer Probleme**

##### **Hintergrund des Rückbauerschwernisses:**

In diversen der untersuchten Ereignisse kam es zum Auftreten gebäudespezifischer Probleme. Dabei können verschiedene Rückbauerschwernisse unter dem Begriff „Auftreten gebäudespezifischer Probleme“ zusammengefasst werden:

- Bauliche Mängel
- Beim Rückbau auftretende Probleme mit der Gebäudestatik
- Auffinden nicht eingeplanter Komponenten während des Rückbaus

##### **Bauliche Mängel:**

In einigen der vertieft untersuchten Ereignisse kam es zu baulichen Mängeln. In einem Fall kam es zu Rissen in einer Stahlbetonkonsole, durch welche die Tragsicherheit der Konsole vermindert wurde. Grund für die Risse war eine nicht korrekt ausgeführte Eisenbewehrung in der Stahlbetonkonsole. In einem anderen Fall kam es während des Rückbaus des Fortluftkamins zum Auffinden einer aufgerissenen Rohrleitung. Grund dafür waren schadhafte Rohrleitungsabstützungen und -aufhängungen.

Durch diese Ereignisse kann es zu mehreren Rückbauerschwernissen kommen. Durch die Arbeiten zum Abstützen der durch die vermindert tragfähige Stahlbetonkonsole getragenen Strukturen und die Ertüchtigung der Konsole kann es zu Erschwernissen kommen, da der dazu benötigte Aufwand (zeitlich und finanziell) möglicherweise nicht berücksichtigt wurde.

Die nicht vorhergesehenen Beschädigungen der Rohrleitung haben zu einer Unterbrechung der Abrissarbeiten des Fortluftkamins und damit ebenfalls zu Rückbauerschwer-nissen geführt.

#### **Beim Rückbau auftretende Probleme mit der Gebäudestatik:**

Im Rahmen der in Arbeitspaket 1 dieses Vorhabens ermittelten, bereits aufgetretenen Rückbauerschwer-nisse (siehe Abschnitt 2.2) finden sich Rückbauerschwer-nisse bezüglich Problemen mit der Gebäudestatik, die während des Rückbaus auftraten. Da Kontaminationen oftmals tief in Betonstrukturen eingedrungen sind, muss zum Teil signifikant in die Gebäudestatik eingegriffen werden, um diese zu entfernen. Außerdem sind Systeme wie Lüftungsschächte und Rohrleitungen teilweise in Wände und Decken einbetoniert, wodurch sich diese nicht einfach von der Gebäudestruktur trennen lassen. Ein Entfernen der Systeme zum Nachweis der Kontaminationsfreiheit des leeren Gebäudes ist ohne weitere Maßnahmen zur Stabilisierung des Gebäudes nicht einfach möglich.

Durch beim Rückbau auftretende Probleme mit der Gebäudestatik kann es zu Rückbauerschwer-nissen kommen. Durch Maßnahmen zur Stabilisierung der Gebäude aus statischen Gründen kommt es zu einem Mehraufwand beim Rückbau. Auch ein schrittweiser Rückbau der Gebäude unter Kontrollbereichsbedingungen aufgrund nicht zu entfernender, kontaminierter Systeme mit einem chargenweisen Freimessen des anfallenden Bauschutts führt zu einem erheblichen Mehraufwand beim Rückbau.

#### **Auffinden nicht eingeplanter Komponenten während des Rückbaus:**

Im Rahmen der in Arbeitspaket 1 dieses Vorhabens ermittelten, bereits aufgetretenen Rückbauerschwer-nisse (siehe Abschnitt 2.2) finden sich Rückbauerschwer-nisse bezüglich des Auffindens nicht eingeplanter Komponenten während des Rückbaus. Während des Rückbaus einer kerntechnischen Anlage wurde in den Wänden eine nicht eingeplante Stahlrahmenkonstruktion sowie massive Gussteile gefunden, durch welche sich die Rückbauarbeiten erschwert haben. In einer weiteren kerntechnischen Anlage wurden nachträglich eingebaute Edelstahlbandagen im Reaktor gefunden, die bei der Simulation der radiologischen Situation nicht berücksichtigt wurden, weswegen die Dosisleistungsmessungen höher ausfielen als nach den Simulationen erwartet. Der Fund der Edelstahlbandagen erforderte zusätzliche Abbaumaßnahmen, um diese zu entfernen.

Durch das Auffinden nicht eingeplanter Komponenten während des Rückbaus kann es zu Rückbauerschwerenissen kommen. Durch den zusätzlich benötigten Zeitaufwand zum Rückbau dieser Komponenten kommt es zu einem Mehraufwand beim Rückbau.

### **Übertragbarkeit auf andere Anlagen:**

In einigen Ereignissen kam es aufgrund baulicher Mängel zu Erschwerenissen. Inwiefern solche Ereignisse auch in anderen Anlagen aufgetreten sind, kann anhand der vorliegenden Daten nicht sicher ermittelt werden. Es besteht die Möglichkeit, dass ähnliche Ereignisse erst an für den Rückbau neu zu installierenden und momentan noch nicht bestehenden Gebäudestrukturen auftreten oder dass ähnliche bauliche Mängel erst beim Rückbau bestehender Gebäudestrukturen zu Tage treten.

In vielen Fällen kam es zu Kontaminationen innerhalb der Anlage, welche zu tief in die Betonstrukturen eingedrungenen Kontaminationen führen können, zu deren Entfernung in die Gebäudestatik eingegriffen werden muss. Es besteht auch in allen Anlagen die Möglichkeit, dass Systeme einbetoniert sind und damit nicht einfach entfernt werden können.

In vielen Fällen kam es während des Betriebs der Kernkraftwerke zu mehr oder weniger großen Änderungen in den Anlagen. Dabei besteht theoretisch immer die Möglichkeit, dass diese nicht ausreichend dokumentiert wurden oder dass die vorhandene Dokumentation über die Änderungen vor dem Rückbau nicht ausreichend berücksichtigt wird.

Das Auftreten gebäudespezifischer Probleme während des Rückbaus ist somit auf alle Anlagen übertragbar.

#### **4.5 Probleme im Zusammenhang mit der Behandlung von radiologischem Abfall**

##### **Hintergrund des Rückbauerschwernisses:**

In diversen der untersuchten Ereignisse kam es zu Problemen im Zusammenhang mit der Behandlung von radioaktivem Abfall. Dabei können verschiedene Rückbauerschwernisse unter dem Begriff „Probleme im Zusammenhang mit der Behandlung von radioaktivem Abfall“ zusammengefasst werden:

- Probleme mit Behältern zur Abfalllagerung
- Verwendung ungeeigneter Transportbehälter
- Fehlhandlungen beim Beladen von CASTOR-Behältern
- Fehlmessungen beim Umgang mit radioaktivem Abfall
- Abweichung beim Betrieb der Pulverharz-Umsauganlage

##### **Probleme mit Behältern zur Abfalllagerung:**

In einigen der vertieft untersuchten Ereignisse kam es zu Problemen mit Behältern zur Lagerung radioaktiven Abfalls mit und ohne Freisetzung. Als Gründe sind beispielsweise beschädigte Fässer in Kavernen z. T. mit Mediumaustritt, Veränderungen der Geometrie (Deckelwölbung) an endkonditionierten 200-Liter-Fässern mit radiologischen Abfällen, Gasbildung in Gussfässern mit Crud oder ein Schwelbrand von aktivierten Reststoffen in einem Abfallgebinde zu nennen.

Durch die Probleme mit Behältern zur Abfalllagerung kann es zu mehreren möglichen Rückbauerschwernissen kommen. Durch den Austritt von aktivierten Stoffen aus beschädigten Behältern kann es zu einer Kontamination von Anlagenteilen/Räumen oder auch der Umwelt und somit in den betroffenen Gebieten zu einer höheren Kontamination als erwartet kommen. Diese Kontamination kann beim Rückbau aufgrund des Mehraufwandes zur Dekontamination der betroffenen Bereiche zu einem Rückbauerschwernis führen. Des Weiteren ist durch die Beschädigung der Behälter deren Handhabung erschwert. Dies kann ebenfalls zu einem Rückbauerschwernis führen, da mehr Aufwand für die Handhabung der Behälter sowie ein eventuell notwendiges Umfüllen der Behälterinhalte in andere Behälter berücksichtigt werden muss.

### **Verwendung ungeeigneter Transportbehälter:**

Bei einem der vertieft untersuchten Ereignisse kam es zur Verwendung ungeeigneter Transportbehälter zum Transport von radioaktiven Materialien. Von einem Subunternehmer wurde ein 20-l-Kanister, der von Plastiksäcken umschlossen war, zum Transport von kontaminiertem Wasser genutzt.

Durch die fehlende Dichtheit des Kanisters gelangte Wasser während des Transports aus dem Kanister und verteilte sich aufgrund dessen, dass die Plastiksäcke undicht wurden, auf dem Boden außerhalb des Kontrollbereichs. Die Verwendung ungeeigneter Transportbehälter führte somit zur Verschleppung von radioaktiven Materialien und zur Kontamination des Bodens.

Durch das Ereignis kann es zu mehreren Rückbauerschwernissen kommen. Durch die Verwendung ungeeigneter Transportbehälter kann es zum unerwünschten Austritt der transportierten Materialien kommen. Falls radioaktive Materialien transportiert werden, kann der Aufwand für die Dekontamination der betroffenen Bereiche zu Verzögerungen führen. Außerdem sind geeignete Transportbehälter zu beschaffen oder anzufertigen, was ebenfalls zu Verzögerungen führen kann.

### **Fehlhandlungen beim Beladen von CASTOR-Behältern:**

In einem der vertieft untersuchten Ereignisse kam es zum Einsatz falscher Plombierungsschrauben am Sekundärdeckel eines CASTOR-Transport- und Lagerbehälters. Grund dafür war ein Vertauschen der Schrauben für die Schutzplatte mit den Schrauben für den Sekundärdeckel, welche eine unterschiedliche Länge haben. Dadurch standen die zu langen Schrauben auf dem Sacklochboden auf, wodurch die Schrauben und die Gewinde der Sacklöcher beschädigt wurden.

Durch dieses Ereignis ist es zu einem Rückbauerschwernis gekommen. Aufgrund der Prüfungen zur Ursache des Ereignisses und der notwendigen Reparaturen kam es zu einer mehrmonatigen Verzögerung und letztendlich zum Abbruch der laufenden Brennelement-Abtransportkampagne. Somit kam es zu einer Verzögerung der laufenden Arbeiten.

### **Fehlmessungen beim Umgang mit radioaktivem Abfall:**

In einem der vertieft untersuchten Ereignisse kam es zu Fehlmessungen beim Umgang mit radioaktivem Abfall. Beim Erreichen mehrerer Transportbehälter für radioaktiven Abfall aus der Anlage beim Endlager wurde festgestellt, dass einer der Behälter die Annahmebedingungen für das Endlager sowie die Bestimmungen für den Transport nicht einhielt. Bei den Vorbereitungen für den Transport war es zu fehlerhaften Messungen und fehlerhaften Zuweisungen von Dosisleistungen gekommen.

In der Folge kam es zur Überschreitung von Dosisgenehmigungswerten während des Transports, was erst nach dem Transport festgestellt wurde.

Durch das Ereignis kann es zu Rückbauerschwernissen kommen. Aufgrund der Fehlmessungen beim Umgang mit radioaktivem Abfall kann es zur Verschleppung von bzw. Kontamination mit radioaktivem Material kommen. Der Aufwand für die Dekontamination der betroffenen Gebiete kann zu Verzögerungen führen.

### **Abweichung beim Betrieb der Pulverharz-Umsauganlage:**

In einem der vertieft untersuchten Ereignisse kam es zu Abweichungen beim Betrieb der Pulverharz-Umsauganlage. Bei dieser Anlage handelt es sich um eine mobile Anlage, die durch eine Fremdfirma genutzt wird, um getrocknete Filterkonzentrate aus Fässern in endlagerfähige Container umzufüllen. Beim Betrieb der Anlage kam es mehrfach zu Undichtigkeiten und aus diesem Grund zu einem geringfügigen, lokal begrenzten Mediumaustritt.

Durch die Abweichung beim Betrieb der Pulverharz-Umsauganlage kann es zu mehreren möglichen Rückbauerschwernissen kommen. Durch den Austritt von radioaktiven und anderen gesundheitsgefährdenden Stoffen kann es zu einer Kontamination von Anlagenteilen/Räumen und somit in den betroffenen Gebieten zu einer höheren Kontamination als erwartet kommen. Diese Kontamination kann beim Rückbau aufgrund des Mehraufwands zur Dekontamination der betroffenen Gebiete zu einem Rückbauerschwernis führen. Des Weiteren kommt es durch den Ausfall der Pulverharz-Umsauganlage zu einer Verzögerung bei der Konditionierung von Abfällen für die Lagerung im Endlager.

## **Übertragbarkeit auf andere Anlagen:**

Im einigen Ereignissen kam es zu Problemen mit Behältern zur Abfalllagerung. Inwieweit diese beschädigten Behälter sich noch in den betroffenen Anlagen und möglicherweise auch in anderen Anlagen befinden und somit zu Rückbauerschwernissen führen können, kann anhand der vorliegenden Daten nicht sicher ermittelt werden. Es ist aber auch denkbar, dass während des Rückbaus weitere Probleme an Behältern zur Abfalllagerung auftreten, die zu einem Rückbauerschwernis führen können.

Im Rahmen des Rückbaus werden eine Vielzahl radioaktiver Materialien in Transportbehältern transportiert. Die Möglichkeit der Verwendung ungeeigneter Transportbehälter ist dabei nicht auszuschließen.

Fehler bei der Handhabung von CASTOR-Behältern können auch bei Kenntnis der korrekten Prozesse und dem Vorliegen detaillierter Arbeitsanweisungen auftreten, wobei die Fehlhandlungen im genannten Ereignis insbesondere bei der gemeinsamen Arbeit von Fremd- und Eigenpersonal am Behälter auftraten. Sowohl das Beladen von CASTOR-Behältern als auch die gemeinsame Arbeit von Fremd- und Eigenpersonal wird bei allen Anlagen im Rückbau notwendig sein.

Es ist nicht auszuschließen, dass es beim Umgang mit radioaktivem Abfall zu Fehlmessungen bzw. fehlerhaften Zuweisungen von Dosisleistungen kommt.

Bei der betroffenen Pulverharz-Umsauganlage handelte es sich um eine mobile Anlage von einer Fremdfirma. Daher besteht die Möglichkeit, dass diese auch in anderen Anlagen eingesetzt wird. Gerade im Rückbau kommen Fremdfirmen in den Anlagen zum Einsatz. Aufgrund der aufgetretenen Probleme mit Behältern zur Abfalllagerung besteht auch die Möglichkeit, dass Inhalte aus Fässern in andere Behältnisse umgefüllt werden müssen.

Das Auftreten von Problemen im Zusammenhang mit der Behandlung von radioaktivem Abfall ist somit auf alle Anlagen übertragbar. Hinsichtlich der Probleme mit Behältern zur Abfalllagerung sollte vor dem Rückbau geprüft werden, ob defekte Behälter in der Anlage vorhanden sind bzw. ob die für den Transport vorgesehen Behälter die notwendige Dichtigkeit aufweisen.

#### **4.6 Probleme bei im Rahmen von Rückbaumaßnahmen zu erwartenden Arbeiten**

##### **Hintergrund des Rückbauerschwerwisses:**

In einigen der untersuchten Ereignisse kam es zu Problemen bei im Rahmen von Rückbaumaßnahmen zu erwartenden Arbeiten. Dabei können verschiedene Rückbauerschwerwisse unter dem Begriff „Probleme bei im Rahmen von Rückbaumaßnahmen zu erwartenden Arbeiten“ zusammengefasst werden:

- Fehlerhaftes Auftrennen von Rohrleitungen
- Schäden an Komponenten infolge Primärkreisdekontamination
- Probleme bei der Zerlegung der Dampferzeuger

##### **Fehlerhaftes Auftrennen von Rohrleitungen:**

In einigen der vertieft untersuchten Ereignisse kam es zum fehlerhaften Auftrennen von Rohrleitungen. In einem Fall kam es beim Auswechseln einer Armatur zum Austritt radioaktiver Stoffe. Zum Tausch der Armatur wurde eine Rohrleitung aufgetrennt, die noch nicht komplett entleert war. Daraufhin kam es zum Austritt von Reaktorkühlmittel. In einem anderen Fall kam es während des Rückbaus einer Anlage zum fehlerhaften Abbau eines Leitungsstücks, welches noch nicht für den Rückbau freigegeben war. Grund für den Abbau des Leitungsstücks war eine fehlerhafte Kennzeichnung als Rückbaubereich.

Durch diese Ereignisse kann es zu Erschwernissen kommen. Falls eine noch nicht für den Rückbau freigegebene Leitung, die noch nicht entleert ist, im Rahmen des Rückbaus fehlerhaft abgebaut wird, kann es zum Austritt der in der Leitung befindlichen Medien kommen. Der daraus resultierende Aufwand zur Dekontamination der betroffenen Anlagenteile/Räume kann zu Verzögerungen führen.

##### **Schäden an Komponenten infolge Primärkreisdekontamination:**

In einem der vertieft untersuchten Ereignisse kam es zu Schäden an Komponenten infolge einer durchgeführten Primärkreisdekontamination. Durch die Primärkreisdekontamination kam es an diversen Komponenten zu Schäden durch zu starken Materialabtrag aufgrund der Einwirkungen von Dekontaminationschemikalien.

Durch die Schäden an Komponenten infolge der Primärkreisdekontamination kann es zu mehreren möglichen Erschwernissen kommen. Durch die Schäden an diversen Komponenten, u.a. einer Hauptkühlmittelpumpe, kann eine Dekontamination nicht mehr durchgeführt werden, da die Komponenten unter Umständen nicht mehr innerhalb ihrer Spezifikationen betrieben werden können. Dies kann zu Verzögerungen hinsichtlich durchzuführender Dekontaminationsmaßnahmen führen. Des Weiteren traten im untersuchten Ereignis auch Schäden an Komponenten des Not- und Nachkühlsystems auf.

So lange sich noch Brennelemente im Reaktordruckbehälter oder im Brennelementlagerbecken befinden, wird das Not- und Nachkühlsystem zur Abfuhr der Nachzerfallsleistung der Brennelemente benötigt. Durch Schädigungen könnte es zum Ausfall des Not- und Nachkühlsystems und potenziell zu Schäden an den Brennelementen kommen, was zu Kontaminationen führen könnte, die aufgrund des Mehraufwandes zur Dekontamination zu einem Rückbauerschwernis führen können.

#### **Probleme bei der Zerlegung der Dampferzeuger:**

Im Rahmen der in Arbeitspaket 1 dieses Vorhabens ermittelten, bereits aufgetretenen Rückbauerschwernisse (siehe Abschnitt 2.2) findet sich ein Rückbauerschwernis bezüglich Problemen bei der Zerlegung der Dampferzeuger. In einem Kernkraftwerk sollten im Rahmen der Zerlegung der Dampferzeuger die Heizrohre gezogen und nachfolgend getrennt behandelt werden. Das Ziehen der Heizrohre konnte jedoch nicht wie geplant durchgeführt werden, da diese aufgrund durch den Betrieb geänderter Materialeigenschaften verbacken waren. Aufgrund dessen ist jetzt die Zerlegung der Dampferzeuger inklusive der darin befindlichen Heizrohre vorgesehen.

Durch die Probleme bei der Zerlegung der Dampferzeuger ist es zu Rückbauerschwernissen gekommen. Die Zerlegearbeiten mussten aufgrund der Probleme unterbrochen werden und sind somit zeitlich in Verzug. Außerdem war die Zerlegung der Dampferzeuger im Hinblick auf die Strahlenexposition des Personals nicht wie geplant möglich. Durch die Änderung des Verfahrens zur Zerlegung (Zerlegung inklusive der darin befindlichen Heizrohre anstatt getrennter Behandlung der Heizrohre) muss auch die Vorgehensweise bei der Zerlegung angepasst werden, was wiederum zu Verzögerungen führt.

## **Übertragbarkeit auf andere Anlagen:**

Im Rahmen des Rückbaus werden im Laufe der Zeit alle vorhandenen Rohrleitungen abgebaut. Durch eine fehlerhafte Kennzeichnung oder andere Fehler kann es zu einem Rückbau von Leitungsteilen kommen, die noch nicht für den Rückbau freigegeben sind und unter Umständen noch nicht entleert sind.

Gerade im Rückbau bzw. vor Beginn der Rückbauarbeiten werden häufig Verfahren zur Dekontamination von Komponenten eingesetzt, um die Exposition des Personals bei den anschließenden Tätigkeiten zu minimieren.

Im Rahmen des Rückbaus werden bei allen DWR-Anlagen die Dampferzeuger zerlegt werden. Ein Verbacken der Heizrohre, welches das Ziehen der Heizrohre verhindert und die Zerlegung erschwert, ist nicht auszuschließen.

Das Auftreten von Problemen bei im Rahmen von Rückbaumaßnahmen zu erwartenden Arbeiten ist somit auf alle Anlagen übertragbar. Hinsichtlich der Zerlegung der Dampferzeuger sind nur DWR-Anlagen betroffen.

### **4.7 Weitere Rückbauerschwernisse**

In diesem Abschnitt werden aus den untersuchten Ereignissen gewonnene Rückbauerschwernisse aufgeführt, die sich nicht in die in den Abschnitten 4.1 bis 4.6 genannten Kategorien eingruppiieren lassen.

#### **4.7.1 Ausfall von Messstellen zur radiologischen Überwachung**

##### **Hintergrund des Rückbauerschwernisses:**

Bei mehreren Ereignissen kam es zum Ausfall von Messstellen zur radiologischen Überwachung in verschiedenen Bereichen der Anlagen. Diese Ereignisse wurden im Rahmen dieses Vorhabens nicht einzeln vertieft betrachtet, sondern zusammenfassend behandelt. Bei den aufgetretenen Ereignissen wurde zum Teil erwähnt, dass redundante Messstellen die Aufgaben der ausgefallenen Messstellen übernommen haben. Es kam aber auch zu Ereignissen, in denen eine Übernahme der Messungen durch redundante Messstellen nicht erwähnt wurde.

Falls es während des Ausfalls von Messstellen zur radiologischen Überwachung, welche nicht durch redundante Messstellen ersetzt wurden, gleichzeitig zu einer Freisetzung radioaktiver Stoffe gekommen ist, könnte dies zu einem Rückbauerschwernis führen. Durch die dann unerwartete Kontamination aufgrund der nicht erkannten Freisetzung radioaktiver Stoffe kann es aufgrund des Aufwandes für die Dekontamination der betroffenen Anlagenteile/Räume oder der Umgebung zu Verzögerungen kommen. Ein Ausfall von Messstellen zur radiologischen Überwachung während des Rückbaus kann ebenfalls zu Verzögerungen führen, da in diesem Fall die Arbeiten in dem betroffenen Anlagenteil eingestellt werden müssten.

#### **Übertragbarkeit auf andere Anlagen:**

Im Rahmen meldepflichtiger Ereignisse kam es in diversen Anlagen zum Ausfall von Messstellen zur radiologischen Überwachung. Außerdem kann es während des Rückbaus zum Ausfall solcher Messstellen kommen. Das Rückbauerschwernis „Ausfall von Messstellen zur radiologischen Überwachung“ ist auf alle Anlagen übertragbar. Die Wahrscheinlichkeit, dass es während des Ausfalls von Messstellen zur radiologischen Überwachung gleichzeitig zu einem unerkannten Ereignis gekommen ist, bei dem es zum Austritt radioaktiver Stoffe kam, ist unwahrscheinlich. Zu einem bekannten meldepflichtigen Ereignis mit dem Austritt radioaktiver Stoffe, welches sich während des Ausfalls von Messstellen ereignet hat, ist es nicht gekommen. Der Ausfall von Messstellen zur radiologischen Überwachung während des Rückbaus ist immer möglich. Dementsprechend sollte eine ausreichende redundante Ausstattung mit Messeinrichtungen vorhanden sein, um auch bei Ausfällen von einzelnen Messeinrichtungen eventuelle Freisetzungen sicher detektieren zu können und damit die Rückbauarbeiten nicht unnötig zu verzögern.

#### **4.7.2 Defekte Brennelemente**

##### **Hintergrund des Rückbauerschwernisses:**

In mehreren Ereignissen kam es zu defekten Brennelementen, diese wurden allerdings im Rahmen dieses Vorhabens nicht einzeln vertieft betrachtet, sondern zusammenfassend behandelt.

Durch defekte Brennelemente kann es zu Rückbauerschwernissen kommen. Es kann zu einer erhöhten Freisetzung von Radioaktivität in der Anlage und bei weiteren Ausfällen auch an die Umgebung kommen. Dies ist insofern ein Rückbauerschwernis, als dass es durch die notwendige Dekontamination der betroffenen Anlagenteile/Räume zu Verzögerungen kommen kann. Außerdem sind defekte Brennelemente in ihrer Handhabung komplizierter als unbeschädigte Brennelemente, was auch zu einem erhöhten Aufwand bei deren Entnahme aus der Anlage und Beladung in endlagerfähige Behältnisse führen kann.

### **Übertragbarkeit auf andere Anlagen:**

Im Rahmen meldepflichtiger Ereignisse kam es in diversen Anlagen zu defekten Brennelementen. Das Rückbauerschwernis „defekte Brennelemente“ ist auf alle Anlagen übertragbar. Inwiefern tatsächlich defekte Brennelemente in der Anlage vorhanden sind, ist vor dem Rückbau zu prüfen.

## **4.8 Anlagenspezifische Rückbauerschwernisse**

In diesem Abschnitt werden aus den untersuchten Ereignissen gewonnene Rückbauerschwernisse aufgeführt, die anlagenspezifisch sind und sich nicht auf alle Anlagen übertragen lassen.

### **4.8.1 Beschädigung der Kondensationskammer**

#### **Hintergrund des Rückbauerschwernisses:**

In einem der vertieft untersuchten Ereignisse kam es zu einer Beschädigung der Kondensationskammer. Grund dafür war ein im Anlagenbetrieb fehlerhaft geöffnetes und offenbleibendes Sicherheits- und Entlastungsventil, wodurch Dampf in die Kondensationskammer strömte. Durch auftretende Druckpulsationen wurde die Kondensationskammer verformt und es wurden Träger herausgerissen, wodurch Schraubenlöcher freigelegt wurden und kontaminiertes Wasser in den Sicherheitsbehälter eintreten konnte. Im Anschluss an das Ereignis wurden Spannelemente zur Unterstützung des gewölbten Kondensationskammerbodens eingebaut.

Durch ein solches Ereignis kann es zu mehreren Rückbauerschwernissen kommen. Durch den Austritt radioaktiver Stoffe kam es zur Kontamination von Anlagenteilen/Räumen, was aufgrund des Mehraufwands zur Dekontamination (insbesondere für den Fall, dass kontaminiertes Wasser in Dehnungsfugen im Beton eingezogen wäre) zu einem Rückbauerschwernis führen kann. Außerdem wurden Spannelemente zur Unterstützung der Kondensationskammer eingebaut. Diese können zu einem Rückbauerschwernis führen, falls deren Einbau nicht ordnungsgemäß dokumentiert wurde bzw. die Dokumentation vor dem Rückbau nicht berücksichtigt wird und der zusätzliche Aufwand zur Demontage der Spannelemente somit zu einem Mehraufwand führt.

Außerdem kann die verformte Kondensationskammer auch zu einem Rückbauerschwernis führen, falls es durch die Verformung zu Schwierigkeiten und einem Mehraufwand bei deren Demontage kommt.

#### **Übertragbarkeit auf andere Anlagen:**

Im Rahmen des genannten Ereignisses kam es zu einer Beschädigung der Kondensationskammer und zum Einbau zusätzlicher Spannelemente zu deren Unterstützung. Weitere Ereignisse mit Beschädigungen der Kondensationskammer in dieser Dimension sind im Rahmen der für das Vorhaben ausgewerteten Ereignisse nicht aufgetreten. Das Rückbauerschwernis „Beschädigung der Kondensationskammer“ ist somit nicht direkt auf andere Anlagen übertragbar. Ob es in anderen Anlagen zur Beschädigung von weiteren Großkomponenten und im Zuge dessen zum Einbau von unterstützenden Komponenten (z. B. Spannelemente, Stahlbetonelemente, usw.) gekommen ist, konnte im Rahmen des Vorhabens nicht ermittelt werden. Um Rückbauerschwernisse, die sich aus dem Rückbau solcher nachträglich eingebauten Komponenten ergeben können, auszuschließen, sollte im Zuge der Rückbauplanung untersucht werden, ob entsprechende Komponenten eingebaut wurden und deren Demontage in der Planung berücksichtigt werden.

#### **4.8.2 Nutzung trockener Verfahren zur Zerlegung des Reaktordruckbehälters**

##### **Hintergrund des Rückbauerschwernisses:**

Im Rahmen der in Arbeitspaket 1 dieses Vorhabens ermittelten, bereits aufgetretenen Rückbauerschwernisse (siehe Abschnitt 2.2) findet sich ein Rückbauerschwernis bezüglich der Nutzung trockener Verfahren zur Zerlegung des Reaktordruckbehälters. Das betroffene Kernkraftwerk hat den Status „wasserfrei“, weswegen der Reaktordruckbehälter mittels trockener Verfahren zerlegt werden muss. Zudem stehen im trockenen Abklingbecken aus platz- und strahlenschutztechnischen Gründen Konrad-Container, da es aufgrund der fehlenden Möglichkeit zur externen Zwischenlagerung keine andere Möglichkeit zur Lagerung der Container gibt. Üblicherweise werden der Reaktordruckbehälter und weitere Reaktoreinbauten mittels Unterwassertechniken im gefluteten Abklingbecken zerlegt, da durch die Wasserüberdeckung eine Abschirmung der aktivierten Komponenten gegeben ist.

Durch die Nutzung trockener Verfahren zur Zerlegung des Reaktordruckbehälters kann es zu Rückbauerschwernissen kommen. Da üblicherweise Unterwassertechniken zur Zerlegung solcher Komponenten eingesetzt werden, ist die Anwendung trockener Verfahren nicht die etablierte Methode. Das kann zu Rückbauerschwernissen aufgrund unvorhergesehener Probleme führen, die mit der Verwendung etablierter Methoden nicht auftreten würden. Außerdem kommt es beim Einsatz trockener Zerlegetechniken zu einem erhöhten Aufwand zur Rückhaltung der bei den Arbeiten frei werdenden Materialien (z. B. durch den Einsatz von Einhausungen, Lüftung, Filter, usw.) sowie zu einer höheren Strahlenbelastung aufgrund der fehlenden Abschirmung durch das Wasser.

##### **Übertragbarkeit auf andere Anlagen:**

Das etablierte, in den meisten Anlagen zur Anwendung kommende Verfahren zur Zerlegung des Reaktordruckbehälters und weiterer Kerneinbauten ist die Zerlegung mittels Unterwassertechniken. Außerdem ist in den meisten Anlagen eine Möglichkeit zur externen Zwischenlagerung der Konrad-Container gegeben. Das Rückbauerschwernis „Nutzung trockener Verfahren zur Zerlegung des Reaktordruckbehälters“ ist somit nicht auf andere Anlagen übertragbar. Das Verfahren zur Zerlegung des Reaktordruckbehälters und weiterer Kerneinbauten sollte in der Rückbauplanung berücksichtigt werden.

### **4.8.3 Probleme in Verglasungseinrichtungen**

#### **Hintergrund des Rückbauerschwernisses:**

Im Rahmen der in Arbeitspaket 1 dieses Vorhabens ermittelten, bereits aufgetretenen Rückbauerschwernisse (siehe Abschnitt 2.2) findet sich ein Rückbauerschwernisse bezüglich der Abtrennung von Cäsium und Technetium. In einer Verglasungseinrichtung zur Konditionierung hochradioaktiver Abfälle kam es während des Vitrifikationsprozesses zur Resublimation von Cäsiumpertechnetat ( $\text{CsTcO}_4$ ) im Abgassystem. Zur Entfernung größerer Mengen  $\text{CsTcO}_4$  aus dem Schmelzofen und dem sich daran anschließenden Abgassystem mussten zusätzliche Verfahren eingeführt werden.

Die Abtrennung von Cäsium und Technetium erfordert die Einführung zusätzlicher Verfahren, wie z. B. fernhantierte Dekontaminationsverfahren, um die Materialien wieder zu entfernen. Dies führt zu einem Rückbauerschwernis aufgrund des Aufwandes für die Beschaffung und Einführung der Verfahren.

#### **Übertragbarkeit auf andere Anlagen:**

Das Ereignis fand im Zuge der Stilllegung der Anlage in einer Verglasungseinrichtung zur Konditionierung hochradioaktiver Abfälle statt. Es ist davon auszugehen, dass es auch bei anderen Verglasungseinrichtungen zu ähnlichen Effekten kommen kann, eine Übertragbarkeit auf Kernkraftwerke ist aber nicht gegeben.

### **4.9 Rückbauerschwernisse basierend auf organisatorischen Mängeln**

Im Folgenden sind die generischen Rückbauerschwernisse dargestellt, die sich aufgrund von Ereignissen oder bereits aufgetretenen Rückbauerschwernissen ergeben haben, die auf dem Auftreten organisatorischer Mängel zurückzuführen sind. Bei der Ermittlung der generischen Rückbauerschwernisse basierend auf organisatorischen Mängeln wurde insbesondere ein Augenmerk auf die aus organisatorischen Mängeln folgenden Ursachen des Ereignisses gelegt, weniger auf dessen tatsächliche Auswirkungen. Unter den nachfolgend dargestellten generischen Rückbauerschwernissen basierend auf organisatorischen Mängeln sind somit nicht unbedingt direkte Rückbauerschwernisse zu verstehen, sondern eher aufgrund organisatorischer Mängel entstehende Problematiken, die unter Umständen zu Rückbauerschwernissen führen können.

#### **4.9.1 Ungenügende Berücksichtigung von bzw. mangelhafte Betriebsanweisungen sowie Missachtung von Sicherheitsbestimmungen**

##### **Hintergrund des Rückbauerschwerpunktes:**

In einem der vertieft untersuchten Ereignisse kam es bei der Beförderung von Transportbehältern zur Verletzung eines Arbeiters, da dieser von einem der beförderten Behälter eingeklemmt wurde. Bei den Arbeiten wurden Sicherheitsanweisungen vom betroffenen Arbeiter nicht beachtet. Außerdem waren die Betriebsanweisungen mangelhaft, da aus ihnen nicht klar hervorging, dass für die Arbeiten zwei Arbeiter benötigt werden.

In einem weiteren der vertieft untersuchten Ereignisse kam es zum Transfer von Brennelementen über Transferröhren vom Reaktorgebäude zum Lagerplatz. Der Transport der Brennelemente hätte zu diesem Zeitpunkt laut Betriebsanweisungen außer Funktion gesetzt werden müssen, da zeitgleich Arbeiten innerhalb des Kanals stattfanden, in denen sich die Transferröhren befinden. Es kam zur Strahlenexposition der Arbeiter im Kanal.

In einem weiteren der vertieft untersuchten Ereignisse wurden im Rahmen von Arbeiten im Bereich der Reaktorkammer bei Routinemessungen Kontaminationen identifiziert und die Arbeiten gestoppt. Nachdem die Arbeitsbereiche mit Planen bedeckt, Belüftungen installiert und zusätzliche radiologische Überwachungsprozeduren eingeführt wurden, wurden die Arbeiten wieder aufgenommen. Die Maßnahmen erwiesen sich als nicht ausreichend, es kam zu erhöhten Expositionen einzelner Arbeiter. Ursache war ein unzureichendes anlageninternes Strahlenschutzprogramm, welches über keine ausreichenden Prozeduren für den Umgang mit Alphastrahlern verfügte.

In einem weiteren der vertieft untersuchten Ereignisse wurde während Inspektionen auf dem Anlagengelände ein kontaminierter Bereich entdeckt. Es handelte sich um Asche von verbranntem, radioaktivem Material. Wer das Material aus welchem Grund verbrannt hat, konnte nicht mehr festgestellt werden. Das Verbrennen des Materials an diesem Ort war eine massive Missachtung von Sicherheitsbestimmungen.

Durch die ungenügende Berücksichtigung von Betriebsanweisungen bzw. Mängel in den Betriebsanweisungen sowie durch Missachtung der Sicherheitsbestimmungen kann es

zu Rückbauerschwernissen kommen. In den oben genannten Ereignissen kam es beispielsweise zur Exposition und Verletzung von Personal und zu Kontamination auf dem Anlagengelände.

#### **Übertragbarkeit des Rückbauerschwernisses:**

Im Rahmen des Rückbaus werden voraussichtlich eine Vielzahl von Techniken eingesetzt, die während des Betriebs der Anlage nicht eingesetzt wurden. Für jede dieser neuen Techniken sowie auch für bereits vorhandene Techniken ist eine entsprechende Betriebsanweisung notwendig. Außerdem müssen immer die gültigen Sicherheitsbestimmungen eingehalten werden. Werden die Betriebsanweisungen nicht ausreichend berücksichtigt oder aufgrund eines mangelhaften Änderungsmanagements nicht korrekt erstellt oder werden Sicherheitsbestimmungen nicht eingehalten, sind daraus resultierende Rückbauerschwernisse denkbar. Das Rückbauerschwernis „Ungenügende Berücksichtigung von bzw. mangelhafte Betriebsanweisungen“ ist auf alle Anlagen übertragbar.

#### **4.9.2 Mangelhafte Anwendung geänderter Freigabewerte**

##### **Hintergrund des Rückbauerschwernisses:**

In einem der vertieft untersuchten Ereignisse kam es zu einer Anpassung der Nuklidvektoren für schwach radioaktive Abfälle. Die neuen Nuklidvektoren wurden nicht in die Prozesse zur Abfallentsorgung (Freigabe von Material und Abfall) übernommen, dort wurden weiterhin die alten Nuklidvektoren verwendet. Außerdem wurden Erhöhungen einzelner nuklidspezifischer Freigabewerte ebenfalls nicht umgesetzt. Grund für die mangelhafte Umsetzung der geänderten Freigabewerte waren Neustrukturierungen in der Organisation und Personalwechsel und deshalb auftretende Unklarheiten bei den Verantwortlichkeiten.

Durch die mangelhafte Anwendung geänderter Freigabewerte kann es zu Rückbauerschwernissen kommen. In dem oben genannten Ereignis hätte es potenziell zur Freigabe von nicht freigabefähigen Gebinden kommen können. Es wäre auch denkbar, dass es zu Exposition von Personal oder zu Aktivitäten auf dem Anlagengelände oberhalb von Genehmigungswerten kommt.

## **Übertragbarkeit des Rückbauerschwernisses:**

Im Rahmen des Rückbaus kommt es möglicherweise im Laufe der Zeit zu erforderlichen Anpassungen von Freigabewerten bei der Behandlung radioaktiver Materialien. Kommt es zu einer Änderung von Freigabewerten, ist eine entsprechende Anpassung in der gesamten Betriebsdokumentation notwendig. Werden diese Anpassungen nicht korrekt ausgeführt, sind daraus resultierende Rückbauerschwernisse denkbar. Das Rückbauerschwernis „Mangelhafte Anwendung geänderter Freigabewerte“ ist auf alle Anlagen übertragbar.

### **4.9.3 Unzureichende Beurteilung der potenziellen Gefährdung durch den Einsatz neuer Verfahren**

#### **Hintergrund des Rückbauerschwernisses:**

Bei einem der vertieft untersuchten Ereignisse kam es zum Einsatz eines neuen Verfahrens zur Kamerauntersuchung des Reaktorkerns. Dieses neue Verfahren führte zum Austritt von an die Decke des Reaktorgebäudes gelenkter, kollimiert austretender radioaktiver Strahlung, welche bei dem ursprünglichen Verfahren durch einen aufgesetzten Stutzen stark reduziert wurde. Durch zeitgleich stattfindende Arbeiten an der Innenseite des Dachs des Reaktorgebäudes kam es zur potenziellen Gefährdung der Arbeiter. Es erfolgte keine ausreichende Bewertung der Möglichkeit des Austritts von Strahlung bei dem neuen Verfahren, außerdem beinhaltete das Schulungsmaterial nur Informationen über Punktquellen und keine Informationen zu kollimierter Strahlung.

Bei einem weiteren vertieft untersuchten Ereignis wurden zusätzliche Rohre zur Einleitung von Wasser in den Primärkreis eingebracht. Die Rohröffnungen blieben dabei für einige Zeit unverschlossen, was zum Austritt von ionisierender Strahlung geführt hat. Die potenzielle Gefährdung durch das Nichtverschließen der Rohröffnungen wurde nicht korrekt beurteilt und es erfolgte keine Überwachung der Tritium-Konzentration. Das Personal verwendete nicht die erforderliche Schutzausrüstung.

Durch die unzureichende Beurteilung der potenziellen Gefährdung beim Einsatz neuer Verfahren kann es zu Rückbauerschwernissen kommen. In den oben genannten Ereignissen kam es beispielsweise zum Austritt ionisierender Strahlung und damit zu einer möglichen Kontamination von Räumen/Anlagenteilen. Außerdem kam es zur Exposition von Personal.

### **Übertragbarkeit des Rückbauerschwernisses:**

Im Rahmen des Rückbaus kommt es möglicherweise im Laufe der Zeit zum Einsatz verschiedener neuer Techniken und Verfahren. Dabei sind die möglichen Risiken und Gefährdungen durch diese Verfahren, auch im Hinblick auf die Exposition, entsprechend zu bewerten. Werden diese nicht korrekt bewertet, sind daraus resultierende Rückbauerschwernisse denkbar. Das Rückbauerschwernis „Unzureichende Beurteilung der potenziellen Gefährdung durch den Einsatz neuer Verfahren“ ist auf allen Anlagen übertragbar.

#### **4.9.4 Nichtbeachtung von Spezifikationen bei der Beladung des Brennelement-Lagerbeckens**

##### **Hintergrund des Rückbauerschwernisses:**

In mehreren Anlagen kam es zur Fehlbeladung des Brennelement-Lagerbeckens. Abgebrannte Brennelemente waren nicht, an ihren laut Spezifikation vorgesehenen Positionen gelagert, was zu einer asymmetrischen Wärmebelastung der Brennelement-Lagerbecken führte.

Durch die Nichtbeachtung der Spezifikationen bei der Beladung des Brennelement-Lagerbeckens kann es zu Rückbauerschwernissen kommen. Potenziell kann es durch die asymmetrische Wärmebelastung im Brennelement-Lagerbecken zu erhöhten Belastungen der Brennelemente kommen. Eine eventuelle Beschädigung der gelagerten Brennelemente kann zu Kontaminationen führen.

##### **Übertragbarkeit des Rückbauerschwernisses:**

Im Rahmen des Rückbaus der Anlagen kommt es vor allem in der Zeit nach Beendigung des Leistungsbetriebs verstärkt zur Einlagerung von Brennelementen in das Brennelement-Lagerbecken. Dabei sind die entsprechenden Spezifikationen zur Beladung der Lagerbecken zu beachten. Werden diese nicht beachtet, sind daraus resultierende Rückbauerschwernisse denkbar. Das Rückbauerschwernis „Nichtbeachtung von Spezifikationen bei der Beladung des Brennelement-Lagerbeckens“ ist auf alle Anlagen übertragbar.

#### **4.9.5 Fehlerhaftes menschliches Verhalten**

##### **Hintergrund des Rückbauerschwernisses:**

In einem der vertieft untersuchten Ereignisse kam es beim Transport eines Behälters zum Stoppen eines Hubwerks aufgrund eines Lagerschadens. Daraufhin koppelte ein Arbeiter nach eigenmächtiger Entscheidung ein weiteres Hubwerk an das defekte Hubwerk, wobei er übersah, dass ein Greifer des Hubwerks den Fahrweg einer anderen Kranbahn behinderte. Ein dort transportierter Behälter stürzte aufgrund des Anstoßens an das angekoppelte Hubwerk ab.

Durch fehlerhaftes menschliches Verhalten kann es zu Rückbauerschwernissen kommen. Im vorliegenden Fall bestand das fehlerhafte Verhalten in der eigenmächtigen Entscheidung des Arbeiters, beide Schwenkvorrichtungen zu koppeln. Durch den Lastabsturz hätte es zu Freisetzungen und den damit verbundenen möglichen Folgen kommen können. Durch menschliches Fehlverhalten sind diverse weitere Ereignisse, die zu Erschwernissen beim Rückbau führen können, denkbar.

##### **Übertragbarkeit des Rückbauerschwernisses:**

Im Rahmen des Rückbaus kann es zu diversen menschlichen Fehlhandlungen kommen, die Rückbauerschwernisse nach sich ziehen können. Das Rückbauerschwernis „Fehlerhaftes menschliches Verhalten“ ist auf alle Anlagen übertragbar.

#### **4.9.6 Schwächen beim Umgang mit aktivierten Komponenten**

##### **Hintergrund des Rückbauerschwernisses:**

In einem der vertieft untersuchten Ereignisse wurde bei Wartungsarbeiten im wassergefüllten Brennelement-Lagerbecken von einem Taucher ein Objekt entdeckt, welches der Taucher in einen Transportkorb legte. Als der Korb über die Wasseroberfläche gezogen wurde, löste die Raumdosisleistungsüberwachung Alarm aus. Durch die unzureichende radiologische Untersuchung des aufgefundenen Objektes vor dessen Bewegung kam es zum erhöhten Austritt von Radioaktivität und der Überschreitung der zulässigen Ganzkörperdosis des Tauchers.

In einem weiteren der vertieft untersuchten Ereignisse wurde eine Aktivität führende Leitung aufgetrennt, wobei es zum Austritt des aktivierten Mediums kam und das Personal erhöhten Aktivitäten ausgesetzt war. Vor dem Auftrennen der Leitung erfolgte keine ausreichende Analyse, wieviel Medium noch in dem Rohr vorhanden war. Außerdem wurden die Arbeiten nach dem Austritt des Mediums fortgesetzt, ohne Messungen der Exposition abzuwarten und es wurde keine angemessene Schutzkleidung getragen.

In einem weiteren der vertieft untersuchten Ereignisse sollten Kerneinbauten zur Inspektion aus dem Reaktor gehoben und unter Wasser auf einem Gestell abgesetzt werden. Beim Ausladen der Kerneinbauten wurde aufgrund eines zu niedrigen Wasserstands die Wasserlinie durchbrochen, was zu einer erhöhten Dosisleistung führte.

Anstatt den Vorgang abubrechen und die Einbauten wieder unter die Wasserlinie abzusenken, wurde dieser fortgesetzt. Dadurch kam es zur Gefährdung des Personals und zum Austritt von Strahlung. Grund war eine falsche Prioritätensetzung beim Umgang mit kontaminierten Komponenten, wobei das Fortsetzen der Arbeiten vor den Personenschutz gestellt wurde.

Durch Schwächen beim Umgang mit aktivierten Komponenten kann es zu Rückbauerschwernissen kommen. In den oben beschriebenen Fällen kam es beispielsweise zur Kontamination von Räumen/Anlagenteilen aufgrund des Austritts von Radioaktivität und zur Exposition von Personal.

### **Übertragbarkeit des Rückbauerschwernisses:**

Im Rahmen des Rückbaus der Anlagen kommt es verstärkt zum Umgang mit radioaktivem Material, zum Auftrennen von Rohrleitungen, zur Demontage von Komponenten, die möglicherweise kontaminiert sind, sowie zum Herausheben von Kerneinbauten. Dabei sind entsprechende radiologische Voruntersuchungen und Untersuchungen während der Arbeiten durchzuführen. Außerdem ist eine geeignete Strahlenschutzüberwachung sicherzustellen und dem Schutz des Personals ist eine höhere Priorität einzuräumen als dem Fortsetzen der Arbeiten. Werden die genannten Themen nicht oder unzureichend beachtet, sind daraus resultierende Rückbauerschwernisse denkbar. Das Rückbauerschwernis „Schwächen beim Umgang mit aktivierten Komponenten“ ist auf alle Anlagen übertragbar.

#### **4.9.7 Konstruktive Mängel von Behältern zum Verpacken von aktiviertem Material**

##### **Hintergrund des Rückbauerschwernisses:**

In einem der vertieft untersuchten Ereignisse sollten benutzte Druckröhren aus dem Reaktorkühlkreislauf in Abfallcontainer geladen werden. Dabei verklemmte sich ein Stück einer Druckröhre in der Tür des Abfallcontainers, wodurch die miteinander verkoppelten Türverschlüsse von Abfallcontainer und Transportbehälter nicht richtig verriegelt wurden. Nach dem Transport der Container fiel die erhöhte Dosisleistung in der Nähe des Containers auf und das verklemmte Stück der Druckröhre wurde von einem Arbeiter mit einem Schraubenschlüssel entfernt.

Dabei wurden zwei Arbeiter kontaminiert. Ursachen für das Ereignis waren konstruktive Mängel der gekoppelten Verriegelung der beiden Behälter.

Durch konstruktive Mängel von Behältern zum Verpacken von aktiviertem Material kann es zu Rückbauerschwernissen kommen. Im genannten Ereignis kam es beispielsweise zu einem erhöhten Austritt von Radioaktivität während des Transports des Abfallcontainers und zur Exposition von Personal.

##### **Übertragbarkeit des Rückbauerschwernisses:**

Im Rahmen des Rückbaus der Anlagen kommt es zu einer Vielzahl von Beladungen von aktiviertem Material in Abfallcontainer. Dabei sind entsprechende Arbeitsanweisungen und -einweisungen zu berücksichtigen und die Container müssen konstruktiv so gefertigt sein, dass ein unbeabsichtigter Austritt von Radioaktivität verhindert wird. Ist dies nicht der Fall, sind daraus resultierende Rückbauerschwernisse denkbar. Das Rückbauerschwernis „Konstruktive Mängel von Behältern zum Verpacken von aktiviertem Material“ ist auf alle Anlagen übertragbar.

#### **4.9.8 Fehlende Genehmigungen bzw. Freigaben**

##### **Hintergrund des Rückbauerschwernisses:**

In einem der vertieft untersuchten Ereignisse sollten Inspektionen in einem Raum durchgeführt werden, der bei laufender Anlage nur nach Ausstellung einer radiologischen Arbeitserlaubnis und nach Rücksprache mit dem Schichtleiter betreten werden darf. Nach den durchgeführten Inspektionen im abgeschalteten Block 1 der Anlage sollten diese auch in Block 2 durchgeführt werden, welcher in Betrieb war. Der radiologische Arbeitsschutzbeauftragte erteilte die Erlaubnis zum Betreten des Raums, ging aber fälschlicherweise davon aus, dass der Raum in Block 1 betreten werden sollte. Eine Erlaubnis des Schichtleiters von Block 2 wurde nicht eingeholt. Durch das Betreten des Raums im in Betrieb befindlichen Block 2 kam es zur Exposition des Inspektionspersonals. Ursache war ein Kommunikationsproblem zwischen dem Inspektionspersonal und dem radiologischen Arbeitsschutzbeauftragten sowie die Missachtung der Anweisung, die Erlaubnis zum Betreten des Raums beim Schichtleiter einzuholen. Somit kam es zum Betreten des Raums ohne entsprechende Freigabe.

Durch fehlende Genehmigungen bzw. Freigaben kann es zu Rückbauerschwernissen kommen. In dem oben genannten Ereignis kam es beispielsweise zur Exposition von Personal, da ein Raum ohne Freigabe betreten wurde, der nicht hätte betreten werden sollen. Auch beim Rückbau von Anlagenteilen ohne vorherige Freigabe ist es denkbar, dass es zu Kontaminationen und zur Exposition von Personal kommen kann.

##### **Übertragbarkeit des Rückbauerschwernisses:**

Im Rahmen des Rückbaus der Anlagen müssen möglicherweise auch Räume oder Anlagenteile betreten werden, die erst nach vorheriger Genehmigung betreten werden dürfen. Ähnliches gilt für den Rückbau von Anlagenteilen, die erst nach vorheriger Freigabe rückgebaut werden dürfen. Sollten Arbeiten ohne entsprechende Genehmigungen und Freigaben durchgeführt werden, sind daraus resultierende Rückbauerschwernisse denkbar. Das Rückbauerschwernis „Fehlende Genehmigungen bzw. Freigaben“ ist auf alle Anlagen übertragbar.

#### **4.9.9 Mangelhafte Koordination bzw. unvollständige Ausführung von Arbeitsschritten**

##### **Hintergrund des Rückbauerschwernisses:**

In einem der vertieft untersuchten Ereignisse kam es zur Exposition von Personal. Ein Elektriker arbeitete in einem Raum unterhalb des Reaktordruckbehälters, als zur selben Zeit ein Drucktest des Primärkreises durchgeführt wurde und Führungsrohre für Testsonden aus dem Reaktorkern gezogen wurden. Dies führte zu einem starken Anstieg der Dosisleistung im Raum, in dem der Elektriker arbeitet. Die Exposition des Elektrikers erfolgte aufgrund mangelhafter Koordination von Arbeitsschritten und einer unvollständigen Ausführung einer korrekten Strahlenschutzüberwachung. Der Elektriker hätte den Raum eigentlich nicht betreten dürfen bzw. hätte vor dem Ziehen der Führungsrohre den Raum verlassen müssen. Aufgrund falscher Einstellungen erfolgte kein Alarm des Dosimeters.

In einem weiteren der vertieft untersuchten Ereignisse kam es zur Kontamination von Personal bei Arbeiten am ungenutzten Kernüberwachungssystem. Es sollten ungenutzte Schränke, welche ehemals zur Überwachung des Graphitkerns genutzt werden sollten, entfernt werden.

Dabei kam es zur Kontamination eines Schrankens aufgrund der unvollständigen Ausführung von Arbeitsschritten. Das Kappen der Verbindungen zu Gasprobenentnahmepunkten wurde nicht vollständig umgesetzt, weshalb ein Schrank kontaminiert wurde und radioaktives Gas aus dem Schrank entwich.

In einem weiteren der vertieft untersuchten Ereignisse kam es zum Transfer von Brennelementen über Transferröhren vom Reaktorgebäude zum Lagerplatz. Die Koordination der Arbeiten war mangelhaft, da zur selben Zeit des Transports der Brennelemente auch Arbeiten innerhalb des Kanals stattfanden, in denen sich die Transferröhren befinden. Das Transfersystem hätte zu diesem Zeitpunkt außer Funktion gesetzt werden müssen. Es kam zur Exposition der Arbeiter im Kanal.

Durch die mangelhafte Koordination von Arbeitsschritten bzw. deren unvollständige Ausführung kann es zu Rückbauerschwernissen kommen. In den oben genannten Ereignissen kam es zur Exposition von Personal und zur Kontamination von Anlagenteilen.

## **Übertragbarkeit des Rückbauerschwernisses:**

Im Rahmen des Rückbaus der Anlagen werden viele Arbeitsschritte durchgeführt, die aufeinander aufbauen und bei denen zuerst Schritte durchgeführt werden müssen, bevor andere Arbeiten durchgeführt werden können (z. B. Dekontamination von Rohrleitungen bevor diese rückgebaut werden). Sollten die verschiedenen Arbeiten mangelhaft untereinander koordiniert werden und teilweise unvollständig ausgeführt werden, sind daraus resultierende Rückbauerschwernisse denkbar. Das Rückbauerschwernis „Mangelhafte Koordination bzw. unvollständige Ausführung von Arbeitsschritten“ ist auf alle Anlagen übertragbar.

### **4.9.10 Fehlendes bzw. nicht qualifiziertes Personal**

#### **Hintergrund des Rückbauerschwernisses:**

In einem der vertieft untersuchten Ereignisse sollten vor Betonlagerkammern für Brennelementrückstände befindliche Abschirmvorrichtungen getauscht werden. Aufgrund von Problemen beim Heben der Abschirmvorrichtungen kam es dabei zum Einsatz verschiedener Hebezeuge und unterstützenden hydraulischen Hubwerken. Vereinzelt kam es zu Beschädigungen, u. a. wurde die Öffnung einer Lagerkammer durch Verkanten der Einfassung der Abschirmvorrichtung beschädigt.

Potenziell war der sichere Einschluss der Brennelementrückstände in der Lagerkammer gefährdet. Grund für das Ereignis waren organisatorische Veränderungen, wodurch es zu Defiziten in der Personalplanung und einer Unterbesetzung des Projektteams sowie Unklarheiten bei den Zuständigkeiten kam. Einzelne Personen übernahmen zum Teil mehrere Funktionen (Projektleiter, Verantwortlicher für die Durchführung der Arbeiten etc.). Dies führte zur Nutzung eines geänderten Hebeverfahrens, ohne dass hierfür eine unabhängige Prüfung durchgeführt wurde.

In einem weiteren der vertieft untersuchten Ereignisse kam es zu einer Anpassung der Nuklidvektoren für schwach radioaktive Abfälle. Die neuen Nuklidvektoren wurden nicht in die Prozesse zur Abfallentsorgung (Freigabe von Material und Abfall) übernommen, dort wurden weiterhin die alten Nuklidvektoren verwendet. Außerdem wurden Erhöhungen einzelner nuklidspezifischer Freigabewerte ebenfalls nicht umgesetzt. Potenziell hätte es zur Freigabe von nicht freigabefähigen Gebinden kommen können. Aufgrund

von Neustrukturierungen und Personalwechseln waren die Zuständigkeiten bzw. Verantwortlichkeiten zur Aktualisierung der Genehmigungswerte unklar. Der zuständigen Fachkraft war aufgrund von Änderungen in der Organisation nicht bewusst, dass sie für die Aktualisierung der Genehmigungswerte verantwortlich war.

Das Rückbauerschwernis „Fehlendes bzw. nicht qualifiziertes Personal“ findet sich auch in den in Arbeitspaket 1 dieses Vorhabens ermittelten, bereits aufgetretenen Rückbauerschwernissen (siehe Abschnitt 2.2). Aus den Anlagen wird berichtet, dass die Altersstruktur beim Eigenpersonal relativ hoch ist und entsprechend Personal eingestellt werden muss, welches zumindest zu Beginn nicht qualifiziert ist. Durch die benötigte Einarbeitungszeit kann es zu Verzögerungen beim Rückbau kommen. Außerdem ist die Verfügbarkeit externer Dienstleister mit entsprechenden Qualifikationen zum Rückbau kerntechnischer Anlagen begrenzt. Aufgrund der steigenden Nachfrage nach entsprechenden Dienstleistern wird mit einem Engpass gerechnet, der ebenfalls zu Verzögerungen beim Rückbau führen kann. Zusätzlich wechselt das von externen Dienstleistern bereitgestellte Personal aufgrund steuerlicher Gründe häufig, was dazu führt, dass das Personal regelmäßig mit den Anlagengegebenheiten neu vertraut gemacht werden muss.

Durch fehlendes bzw. nicht qualifiziertes Personal kann es zu Rückbauerschwernissen kommen. In den oben genannten Ereignissen hätte es aufgrund von Unterbesetzung und Unklarheiten bei den Zuständigkeiten zu Kontaminationen kommen können.

In den bereits berichteten Problemen werden Verzögerungen aufgrund mangelnder Verfügbarkeiten von Eigen- und Fremdpersonal genannt. Der Einsatz von nicht qualifiziertem und häufig wechselndem Personal kann ebenfalls zu Rückbauerschwernissen führen.

### **Übertragbarkeit des Rückbauerschwernisses:**

Im Rahmen des Rückbaus der Anlagen können sich sowohl organisatorische als auch personelle Veränderungen ergeben, die zu Personalmangel führen und damit Auswirkungen auf den zeitlichen Ablauf des Rückbaus haben können. Des Weiteren kann es aufgrund von Personalwechseln und organisatorischen Änderungen dazu kommen, dass Zuständigkeiten unklar sind, woraus sich ebenfalls Rückbauerschwernisse erge-

ben können. Das Fehlen von Eigenpersonal sowie die begrenzte Zahl externer Dienstleister ist für alle Anlagen von Bedeutung. Das Rückbauerschwernis „Fehlendes bzw. nicht qualifiziertes Personal“ ist auf alle Anlagen übertragbar.

#### **4.9.11 Engpässe bei Lagerkapazitäten für Abfälle**

##### **Hintergrund des Rückbauerschwernisses:**

Im Rahmen der in Arbeitspaket 1 dieses Vorhabens ermittelten, bereits aufgetretenen Rückbauerschwernisse (siehe Abschnitt 2.2) finden sich Rückbauerschwernisse bezüglich Engpässen bei Lagerkapazitäten für Abfälle. Bei der Stilllegung kerntechnischer Anlagen fallen große Mengen an Reststoffen an, die entsprechend entsorgt werden müssen. Da die Menge an Reststoffen deutlich über den anfallenden Reststoffmengen aus dem Betrieb liegt, reichen die Lagerkapazitäten aus der Betriebsphase in der Regel nicht aus und Konditionierungseinrichtungen zur Abfallbehandlung können zum Flaschenhals werden. Ein weiteres Problem in diesem Zusammenhang ist die Verfügbarkeit eines Endlagers. Es muss sichergestellt werden, dass Abfälle gelagert werden können, bis sie an ein Endlager abgegeben werden können.

Durch Engpässe bei Lagerkapazitäten für Abfälle kann es zu Rückbauerschwernissen kommen. Sind keine ausreichenden Lagerflächen z. B. als Pufferflächen eingeplant, kann es zu Verzögerungen im Rückbau kommen. Auch der Neubau von Lagerkapazitäten kann zu Verzögerungen führen, sofern dieser nicht im Rückbaukonzept vorgesehen ist.

##### **Übertragbarkeit des Rückbauerschwernisses:**

In allen Anlagen wird es bei der Stilllegung und dem Rückbau der Anlagen zu einem Anfall erheblicher Mengen an Abfall kommen. Das Rückbauerschwernis „Engpässe bei Lagerkapazitäten für Abfälle“ ist auf alle Anlagen übertragbar.

#### **4.9.12 Nichtannahme freigemessener Rückbaumassen in Mülldeponien**

##### **Hintergrund des Rückbauerschwernisses:**

Im Rahmen der in Arbeitspaket 1 dieses Vorhabens ermittelten, bereits aufgetretenen Rückbauerschwernisse (siehe Abschnitt 2.2) finden sich Rückbauerschwernisse bezüglich der Nichtannahme von freigemessenen Rückbaumassen in Mülldeponien. Rechtlich gesehen gehen Materialien aus kerntechnischen Anlagen nach ihrer Freimessung in den konventionellen Stoffkreislauf über. Es kommt aber häufig vor, dass die freigemessenen Abfälle aus kerntechnischen Anlagen von Mülldeponien nicht angenommen werden.

Durch die Nichtannahme freigemessener Rückbaumassen in Mülldeponien kann es zu Rückbauerschwernissen kommen. Durch den Rückbau der Kernkraftwerke ist mit erheblichen Mengen solcher Abfälle zu rechnen. Werden diese nicht von Mülldeponien angenommen, müssen entsprechende Lagerflächen bereitgestellt werden. Sind diese nicht vorhanden, kann es zu Verzögerungen beim Rückbau kommen.

##### **Übertragbarkeit des Rückbauerschwernisses:**

In allen Anlagen wird es bei der Stilllegung und dem Rückbau der Anlagen zu einem Anfall erheblicher Mengen an Abfall kommen. Das Problem der Nichtannahme von freigemessenem Abfall ist ebenfalls für alle Anlagen vorhanden. Das Rückbauerschwernis „Nichtannahme freigemessener Rückbaumassen in Mülldeponien“ ist auf alle Anlagen übertragbar.

#### 4.10 Kapitelzusammenfassung

In den Abschnitten 4.1 bis 4.8 sind die aus den ausgewerteten Ereignissen und den bereits aufgetretenen Problemstellungen beim Rückbau ermittelten generischen Rückbauerschwernisse, die auf dem Auftreten technischer Mängel basieren, dargestellt. Dabei wurden die ermittelten generischen Rückbauerschwernisse wie in nachfolgend dargestellte Kategorien eingruppiert:

- Kontamination innerhalb und außerhalb der Anlage
  - Kontamination innerhalb der Anlage
  - Kontamination des Erdbodens und des Grundwassers
  - Kontamination des Kamins und der dorthin führenden Rohrleitungen
- Auftreten von Schadstoffen innerhalb der Anlage
  - Austritt von Schwefelsäure innerhalb der Anlage
  - Einsatz von Asbest oder anderen gesundheitsgefährdenden Materialien
- Probleme mit technischen Einrichtungen
  - Unverfügbarkeit oder Ausfall von Lüftungsanlagen
  - Probleme mit der Materialschleuse
  - Ausfall von Hebezeugen
  - Probleme bei der Nutzung der Brennelement-Lademaschine
  - Ausfall einer Zerlegevorrichtung für Kerneinbauten
  - Unverfügbarkeit weiterer technischer Einrichtungen
- Auftreten gebäudespezifischer Probleme
  - Bauliche Mängel
  - Beim Rückbau auftretende Probleme mit der Gebäudestatik
  - Auffinden nicht eingeplanter Komponenten während des Rückbaus
- Probleme im Zusammenhang mit der Behandlung von radiologischem Abfall
  - Probleme mit Behältern zur Abfalllagerung

- Verwendung ungeeigneter Transportbehälter
- Fehlhandlungen beim Beladen von CASTOR-Behältern
- Fehlmessungen beim Umgang mit radioaktivem Abfall
- Abweichung beim Betrieb der Pulverharz-Umsauganlage
- Probleme bei im Rahmen von Rückbaumaßnahmen zu erwartenden Arbeiten
  - Fehlerhaftes Auftrennen von Rohrleitungen
  - Schäden an Komponenten infolge Primärkreisdekontamination
  - Probleme bei der Zerlegung der Dampferzeuger
- Weitere Rückbauerschwerpunkte
  - Ausfall von Messstellen zur radiologischen Überwachung
  - Defekte Brennelemente
- Anlagenspezifische Rückbauerschwerpunkte
  - Beschädigung der Kondensationskammer
  - Nutzung trockener Verfahren zur Zerlegung des Reaktordruckbehälters
  - Probleme in Verglasungseinrichtungen

In Abschnitt 4.9 sind die aus den ausgewerteten Ereignissen und den bereits aufgetretenen Problemstellungen beim Rückbau ermittelten generischen Rückbauerschwerpunkte, die auf dem Auftreten organisatorischer Mängel basieren, dargestellt. Insgesamt wurden die folgenden generischen Rückbauerschwerpunkte basierend auf organisatorischen Mängeln beschrieben:

- Ungenügende Berücksichtigung von bzw. mangelhafte Betriebsanweisungen sowie Missachtung von Sicherheitsbestimmungen
- Mangelhafte Anwendung geänderter Freigabewerte
- Unzureichende Beurteilung der potenziellen Gefährdung durch den Einsatz neuer Verfahren
- Nichtbeachtung von Spezifikationen bei der Beladung des Brennelement-Lagerbeckens

- Fehlerhaftes menschliches Verhalten
- Schwächen beim Umgang mit aktivierten Komponenten
- Konstruktive Mängel von Behältern zum Verpacken von aktiviertem Material
- Fehlende Genehmigungen bzw. Freigaben
- Mangelhafte Koordination bzw. unvollständige Ausführung von Arbeitsschritten
- Fehlendes bzw. nicht qualifiziertes Personal
- Engpässe bei Lagerkapazitäten für Abfälle
- Nichtannahme freigemessener Rückbaumassen in Mülldeponien

Bei der Beschreibung der Rückbauerschwernisse wurde sowohl für die auf technischen Mängeln als auch für die auf dem Auftreten organisatorischer Mängel basierenden Rückbauerschwernisse der Hintergrund jedes Rückbauerschwernisses erläutert. Des Weiteren wurde für jedes generische Rückbauerschwernis die Übertragbarkeit auf andere Anlagen dargestellt. Hinsichtlich des Zeitpunktes, wann mit dem Eintreten eines Rückbauerschwernisses während des Rückbaus zu rechnen ist, lassen sich keine generellen Aussagen treffen. Prinzipiell lässt sich sagen, dass beim Eintreten der in den Abschnitten 4.1 bis 4.9 jeweils beschriebenen Ereignisse mit Rückbauerschwernissen zu rechnen ist. Dies muss aber nicht zwangsläufig der Fall sein, insbesondere wenn mögliche Rückbauerschwernisse bereits in der Rückbauplanung berücksichtigt worden sind bzw. die Ereignisse derart behoben wurden, dass kein zusätzlicher Aufwand verglichen zum Zeitpunkt vor dem Ereignis mehr besteht.

Die Ermittlung der generischen Rückbauerschwernisse erfolgte basierend auf den in Arbeitspaket 1 ermittelten, bereits beobachteten Problemstellungen beim Rückbau und den in Arbeitspaket 2 vertieft ausgewerteten Ereignissen aus der VERA- und der IRS-Datenbank. Von Interesse für die Ermittlung von Rückbauerschwernissen wäre auch eine Betrachtung unerwarteter Aspekte, die sich beispielsweise aus nicht dokumentierten Ereignissen oder Ereignissen unterhalb der Meldeschwelle ergeben können. Diese wurden in diesem Vorhaben nicht betrachtet, da der GRS hierzu keine detaillierten Informationen vorliegen. Während der Planung eines Rückbauprojektes sollten anlagen-spezifisch aber auch solche Ereignisse berücksichtigt werden.

## 5 Zusammenfassung

Im Rahmen des Vorhabens 4718R01323 „Forschungsarbeiten zur Analyse von Rückbauerschwerpunkten infolge von Vorkommnissen“ wurden Problemstellungen, die bereits beim Rückbau kerntechnischer Anlagen beobachtet wurden, dargestellt. Die ermittelten Problemstellungen lassen sich nicht ausschließlich auf Ereignisse aus dem Betrieb zurückführen. Berichtete Schwierigkeiten beziehen sich auch auf Aspekte wie das Anlagendesign, die Anlagenhistorie oder eingesetzte Baumaterialien und Werkstoffe. Es wurden diverse Problemstellungen wie beispielsweise Austritt von Aktivität, Probleme mit Änderungen der statischen Gegebenheiten während des Rückbaus der Anlagen, Engpässe bei Lagerkapazitäten oder Verfügbarkeit von Personal ermittelt. Diese sind in die Ableitung der generischen Rückbauerschwerpunkte eingeflossen.

Die Erkenntnisse aus den IAEA-Projekten DeSa (Evaluation and Demonstration of Safety of Decommissioning of Nuclear Facilities), FaSa (Use of Safety Assessment in the Planning and Implementation of Decommissioning of Facilities using Radioactive Material), DRiMa (International Project on Decommissioning Risk Management) und CIDER (Constraints to Implementing Decommissioning and Environmental Remediation), dem IAEA-Dokument NW-T-2.8 „Managing the Unexpected in Decommissioning“ /IAE 16b/ sowie dem OECD/NEA-Dokument „Preparing for Decommissioning During Operation and After Final Shutdown“ /NEA 18/ wurden für das Vorhaben zusammengefasst, sofern sie relevant waren. Die Erkenntnisse aus den IAEA-Projekten DeSa, FaSa, DRiMa und CIDER sowie dem OECD/NEA-Dokument /NEA 18/ sind eher übergeordnet, es werden keine konkreten Ereignisse genannt, aus denen sich Rückbauerschwerpunkte ergeben haben. Dargestellt wurden mögliche Risiken, die im Laufe eines Rückbauprojektes auftreten können. Eine Kernaussage ist, dass die Betriebshistorie bei der Rückbauplanung berücksichtigt werden muss. Im IAEA-Dokument NW-T-2.8 /IAE 16b/ werden diverse mögliche Rückbauerschwerpunkte in verschiedenen Betriebsphasen dargestellt. Außerdem werden diverse Beispiele für bereits aufgetretene Problemstellungen beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen beschrieben. Diese bereits aufgetretenen Problemstellungen sind in die Ableitung der generischen Rückbauerschwerpunkte eingeflossen.

Die nationale und internationale Betriebserfahrung wurde umfassend und systematisch ausgewertet, um Ereignisse zu identifizieren, die Auswirkungen auf den Rückbau haben können.

Zur Auswertung der nationalen Betriebserfahrung wurden alle Ereignisse aus der VERA-Datenbank bis August 2019 berücksichtigt. Aus den 6987 betrachteten Ereignissen durch nachfolgende Schritte zur Reduktion der Anzahl an Ereignissen 82 Ereignisse ermittelt, die vertieft ausgewertet wurden. Zur Auswertung der internationalen Betriebserfahrung wurden die Ereignisse aus der IRS-Datenbank bis Mai 2019 berücksichtigt. Aus den 4350 Ereignissen im Betrachtungszeitraum in der IRS-Datenbank wurden durch nachfolgende Schritte zur Reduktion der Ereignisanzahl 22 Ereignisse ermittelt, die vertieft ausgewertet wurden. Ebenfalls ausgewertet wurden Ereignisse aus der IRS-Datenbank, die aufgrund organisatorischer Mängel gemeldet wurden und möglicherweise zu Rückbauerschwernissen führen können. Dabei wurden 17 Ereignisse vertieft ausgewertet.

Bei der vertieften Auswertung der relevanten Ereignisse (82 Ereignisse aus der VERA-Datenbank, 22 Ereignisse aus der IRS-Datenbank aufgrund technischer Fehler, 17 Ereignisse aus der IRS-Datenbank aufgrund organisatorischer Mängel) wurden detaillierte Informationen zu diesen Ereignissen gesammelt. Es wurden Informationen zu Aspekten wie Reaktortyp, betroffene Komponenten und Systeme, betroffene Räume und Gebäude sowie das potenzielle Erschweris ermittelt. Außerdem wurde zu jedem Ereignis eine stichwortartige Beschreibung verfasst sowie Informationen zur Ursache des Erschwerisses ermittelt. Die Informationen aus den vertieft ausgewerteten Ereignissen wurden in der Zusammenfassung der generischen Rückbauerschwernisse verwendet.

Aus den Informationen zu bereits aufgetretenen Problemstellungen beim Rückbau und den vertieft ausgewerteten Ereignissen aus der nationalen und internationalen Betriebserfahrung wurden generische Rückbauerschwernisse abgeleitet. Dazu wurden die gesammelten Informationen thematisch sortiert und zusammengefasst und anschließend miteinander verglichen und kombiniert. Dadurch wurden generische Rückbauerschwernisse basierend auf technischen Mängeln und generische Rückbauerschwernisse basierend auf organisatorischen Mängeln ermittelt. Die Rückbauerschwernisse basierend auf technischen Mängeln wurden in die Kategorien „Kontamination innerhalb und außerhalb der Anlage“, „Auftreten von Schadstoffen innerhalb der Anlage“, „Probleme mit technischen Einrichtungen“, „Auftreten gebäudespezifischer Probleme“, „Probleme im Zusammenhang mit der Behandlung von radiologischem Abfall“, „Probleme bei im Rahmen von Rückbaumaßnahmen zu erwartenden Arbeiten“ und „Weitere Rückbauerschwernisse“ zusammengefasst. Die in diesen Kategorien eingruppierten Rückbauerschwernisse sind auf alle Anlagen übertragbar.

In Abschnitt 4.8 sind weitere Rückbauerschwernisse basierend auf technischen Mängeln genannt, die anlagenspezifisch und nicht auf andere Anlagen übertragbar sind. Des Weiteren wurden generische Rückbauerschwernisse basierend auf organisatorischen Mängeln, wie beispielsweise „Ungenügende Berücksichtigung von bzw. mangelhafte Betriebsanweisungen sowie Missachtung von Sicherheitsbestimmungen“, „Fehlerhaftes menschliches Verhalten“, „Fehlende Genehmigungen bzw. Freigaben“ oder „Fehlendes bzw. nicht qualifiziertes Personal“ ermittelt. Die Rückbauerschwernisse basierend auf organisatorischen Mängeln sind auf alle deutschen Kernkraftwerke übertragbar. Für alle generischen Rückbauerschwernisse wurde jeweils der Hintergrund erläutert und die Übertragbarkeit auf andere Anlagen untersucht.

Die Ermittlung der generischen Rückbauerschwernisse erfolgte basierend auf den in Arbeitspaket 1 ermittelten, bereits beobachteten Problemstellungen beim Rückbau und den in Arbeitspaket 2 vertieft ausgewerteten Ereignissen aus der VERA- und der IRS-Datenbank. Von Interesse für die Ermittlung von Rückbauerschwernissen wäre auch eine Betrachtung unerwarteter Aspekte, die sich beispielsweise aus nicht dokumentierten Ereignissen oder Ereignissen unterhalb der Meldeschwelle ergeben können. Diese wurden in diesem Vorhaben nicht betrachtet, da der GRS hierzu keine detaillierten Informationen vorliegen. Während der Planung eines Rückbauprojektes sollten anlagenspezifisch aber auch solche Ereignisse berücksichtigt werden.

Die ermittelten generischen Rückbauerschwernisse können als Grundlage für die Bewertung von Rückbauvorbereitungen hinsichtlich der Berücksichtigung von Rückbauerschwernissen dienen.



## Literaturverzeichnis

- /IAE 11/ IAEA, Use of Safety Assessment Results in Planning and Implementation of Decommissioning of Facilities Using Radioactive Material, Report from the International FaSa Project, Entwurf, <https://www-ns.iaea.org/downloads/rw/waste-safety/FaSa-main-project-report.pdf>
- /IAE 13/ IAEA, Safety Assessment for Decommissioning, Safety Reports Series No. 77, 2013, [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1604\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1604_web.pdf)
- /IAE 16a/ IAEA, Advancing Implementation of Decommissioning and Environmental Remediation Programmes, CIDER Project: Baseline Report, IAEA Nuclear Energy Series, No. NW-T-1.10, 2016, [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1729\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1729_web.pdf)
- /IAE 16b/ IAEA, Managing the Unexpected in Decommissioning, IAEA Nuclear Energy Series, No. NW-T-2.8, 2016
- /IAE 17/ IAEA, Management of Project Risks in Decommissioning, Entwurf vom 22.09.2017, <https://www-ns.iaea.org/downloads/rw/waste-safety/DRiMa-report-22Sep2017.pdf>
- /NEA 17/ OECD/NEA, Radiological Characterisation from a Waste and Materials End-State Perspective – Practices and Experience, NEA No. 7373, 2017
- /NEA 18/ OECD/NEA, Preparing for Decommissioning During Operation and After Final Shutdown, NEA No. 7374, 2018



## Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1	Beispiele von Risiken bei Rückbauarbeiten im Zusammenhang mit flüssiger/trockener Dekontamination /IAE 13/ .....	16
Tab. 2.2	Beispiele von Risiken bei Rückbauarbeiten im Zusammenhang mit dem Zerlegen, Zerschneiden von und Umgang mit großen Bauteilen /IAE 13/ .....	18
Tab. 2.3	Beispiele von Risiken bei Rückbauarbeiten im Zusammenhang mit der Handhabung radioaktiver Stoffe /IAE 13/.....	19
Tab. 2.4	Beispiele für Risiken und ihre Behandlung /IAE 17/.....	27
Tab. 2.5	Schlüsselannahmen und mit diesen verbundene, mögliche Risiken /IAE 17/ .....	35

**Gesellschaft für Anlagen-  
und Reaktorsicherheit  
(GRS) gGmbH**

Schwertnergasse 1  
**50667 Köln**  
Telefon +49 221 2068-0  
Telefax +49 221 2068-888

Forschungszentrum  
Boltzmannstraße 14  
**85748 Garching b. München**  
Telefon +49 89 32004-0  
Telefax +49 89 32004-300

Kurfürstendamm 200  
**10719 Berlin**  
Telefon +49 30 88589-0  
Telefax +49 30 88589-111

Theodor-Heuss-Straße 4  
**38122 Braunschweig**  
Telefon +49 531 8012-0  
Telefax +49 531 8012-200

[www.grs.de](http://www.grs.de)