

Behandlung und Entsorgung von Großkomponenten und radioaktiven Reststoffen

L. Valencia, HDB

Einleitung

Bei der Stilllegung kerntechnischer Einrichtungen fallen radioaktive Reststoffe und Abfälle an, die sich stark von Betriebsabfällen unterscheiden. Deren schadlose Verwertung oder geordnete Entsorgung erfordert spezielle Verfahren und Einrichtungen.

Stilllegungsabfälle unterscheiden sich vor allem in ihrer Art, Größe und Aktivität von den Betriebsabfällen. Die klassischen Betriebsabfälle sind brennbare bzw. pressbare Mischabfälle, die über Verbrennung und Hochdruckkompaktierung zu radioaktiven Abfallprodukten behandelt werden. Bei der Stilllegung fallen neben diesen Mischabfällen auch Großkomponenten, Reaktoreinbauteile und kontaminierte Betonstrukturen an, die ebenfalls fachgerecht entsorgt werden müssen.

Die HDB hat seit Beginn der Rückbautätigkeiten des Forschungszentrums eine Vielzahl von Stilllegungsabfällen angenommen und bearbeitet. Dazu gehören insbesondere auch ausgebaute Großkomponenten, wie z. B. die Dampferzeuger und die Kerneinbauteile des Mehrzweckforschungsreaktors bzw. der Natrium-Abblasstank und der Drehdeckel der Kompak-

ten Natriumgekühlten Kernanlage oder kontaminierte Betonstrukturen aus dem Rückbau des heißen Zellenkomplexes der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe.

Besonderheiten bei der Bearbeitung von Rückbauabfällen

Stilllegungsabfall unterscheidet sich von Betriebsabfällen im Wesentlichen durch seine Abmessungen, seine Masse und seine Radiologie. Die Verarbeitungsanlagen müssen dafür ausgelegt sein, große Komponenten bis zu einer Masse von 200 Mg und einer Länge von 15 m handhaben und verarbeiten zu können. Dies setzt eine geeignete Statik bei der Lagerung und Bearbeitung voraus, zum anderen müssen auch die Werkzeuge wie z. B. Sägen und Schneidwerkzeuge den Dimensionen angepasst werden. Auch die von den Betriebsabfällen unterschiedliche Radiologie der Stilllegungsabfälle beeinflusst deren Bearbeitung. Da die beim Rückbau einer kerntechnischen Anlage anfallenden Komponenten meist in Bereichen mit höherem Kontaminationsniveau bzw. Neutronenfluss eingesetzt waren, treten Dosisleitungen bis zu 200 mSv/h auf. Daher muss bei

der Zerlegearbeit abgeschirmt und fernhantiert vorgegangen werden.

Beim Rückbau z. B. von Forschungsreaktoren wird man überdies oft noch mit konventionellen Gefahrstoffen und Chemikalien konfrontiert etwa mit Asbest oder beim schnellen Brüterprototyps KNK mit Natrium.

Bearbeitung der Rückbaukomponenten des Mehrzweckforschungsreaktors (MZFR)

Im Rahmen der einzelnen Rückbauschnitte des MZFRs sind verschiedene Großkomponenten wie z. B. zwei Dampferzeuger, zwei Moderator Kühler, Lademaschine und Schwenkkammer sowie sämtliche Trenn- und Führungsrohre zur weiteren Verarbeitung an die HDB abgegeben worden. Die Verarbeitung dieser Komponenten wird im Folgenden beispielhaft näher erläutert.

Bearbeitung der Dampferzeuger

Der MZFR verfügte über zwei Dampferzeuger mit einer Masse von jeweils 55 Mg und einer Länge von 10 m bei einer maximalen Breite von 2,5 m, die nacheinander zur HDB geliefert und dort weiterverarbeitet wurden (Abb. 1). Um die



Abb.1: Antransport und Verarbeitung der Dampferzeuger des MZFR.

Dosisexposition des Personals bei der Verarbeitung und das Kontaminationsniveau insbesondere im Primärsystem so weit wie möglich zu reduzieren, wurde das Rohrbündel im Vorfeld über einen Säurekreislauf dekontaminiert. Dabei wurde ein durchschnittlicher Dekontaminationsfaktor von drei erreicht. Für die eigentliche Zerlegung des Dampferzeugers wurde dieser in ein Abschirmgerüst eingehängt. Nach dem der Dampferzeugermantel entfernt war, begann die fernhantierte Zerlegung des Rohrbündels im Primärsystem. Die Rohre wurden weitgehend automatisiert entlang der Rohrführungsbleche abgeschnitten. Nachdem die Röhre und Rohrdurchführungsbleche komplett entfernt und für die weitere Verarbeitung in Abschirmkisten verpackt waren, konnten die verbleibenden Dampferzeugerteile thermisch zerlegt werden.

Um das Volumen zu reduzieren wurden Rohre, Rohrführungsbleche und die restlichen Dampferzeugereinbauten unter Hochdruck verpresst. Der Rest des Dampferzeugers wurde dekontaminiert und das Material mit atomrechtlicher Genehmigung entweder zum Einschmelzen oder zur schadlosen Wiederverwertung abgegeben. So konnten von den angelieferten 110 Mg ca. 40 % wiederverwertet werden, während 6 % eingeschmolzen werden konnten.

Bearbeitung von stabförmigen Komponenten

Beim Rückbau des MZFR ist eine Vielzahl von stabförmigen Komponenten (121 Trennrohre, 120 Brennelementgestänge, 17 Regel- und Absorberstäbe und 18 Führungs-

rohre) angefallen, die eine maximale Dosisleistung von ca. 5 Sv/h und eine Gesamtaktivität von $1 \text{ E}+13 \text{ Bq}$ hatten. Deren Transport erfolgte in einem speziell konstruierten Abschirmbehälter, der an die Schleuse der MAW-Verschrottung angedockt werden konnte. Die Entladung erfolgte mit Hilfe von Manipulatoren. Die massiven Kopfteile der Brennelementgestänge aus Zirkaloy wurden zunächst abgesägt und direkt in 200-l-Fässer verpackt und mit Beton vergossen. Eine Volumenreduktion durch Verpressen war hier nicht möglich. Der Rest der Brennelementgestänge und die anderen stabförmigen Komponenten wurden mit einer Hydraulikschere in kleine Stücke zerschnitten, die fernhantiert in Paketiertrommeln verpackt und mit einer Presskraft von 2.000 Mg hochdruckkompaktiert wurden. Insgesamt sind bei der Verarbeitung der 276 stabförmigen Komponenten 82 Abfallprodukte entstanden, die den Endlagerbedingungen KONRAD entsprechen.

Bearbeitung der Rückbaukomponenten der Kompakten Natriumgekühlten Kernreaktoranlage (KNK)

Zwei Großkomponenten, die beim Rückbau der KNK angefallen sind und die eine besondere Aufmerksamkeit in der Verarbeitung bedurften, waren der Natrium-Ablasstank und der Reaktordrehdeckel.

Bearbeitung des Natrium-Ablasstankes

Das Problem bei der Bearbeitung des Natrium-Ablasstankes der

KNK waren nicht seine Abmessungen (Länge 9 m, Durchmesser 2,2 m), sondern die noch im Tank befindlichen ca. 150 kg metallisches Natrium bei einem Tankvolumen von 32 m^3 . Neben dem metallischen Natrium befanden sich auch noch Spuren von Natriumoxid und Natriumhydroxid im Behälter. Durch den Betrieb des Reaktors war das Natrium radioaktiv kontaminiert, hauptsächlich mit Cs-137, Co-60 und Na-22. Somit musste vor der eigentlichen Bearbeitung des Natrium-Ablasstankes zunächst sämtliches Natrium entfernt werden. Dies erfolgte durch eine kontrollierte chemische Umsetzung von Natrium mit Wasser zu Natronlauge und Wasserstoffgas. Damit die Natronlauge den Tank verlassen kann, wurde am tiefsten Punkt des Tankes ein Stutzen angebracht. Um die Bildung eines zündfähigen Gemisches oder eines Natriumbrandes zu vermeiden, wurde durch Spülung mit Stickstoff eine inerte Atmosphäre hergestellt und der Wasserstoff kontrolliert abgeführt. Für die kontrollierte Umsetzung des Natriums mit Wasser wurden im Tank, nachdem eine Videoinspektion durchgeführt wurde, mehrere Sprühdüsen so angebracht, dass die komplette Tankinnenfläche nach und nach mit einem feinen Wasserdampfnebel besprüht wurde (Abb. 2). Während des gesamten Sprühvorganges wurde die Wasserstoffkonzentration innerhalb des Tankes kontinuierlich gemessen. Bei der Umsetzung durfte eine mittlere Wasserstoffkonzentration von 1 Vol.-% nicht überschritten werden. Ansonsten musste die Sprühbefeuchtung solange eingestellt werden, bis die Wasserstoffkonzentration wieder unter den ein-

gestellten Maximalwert gesunken war. Nachdem das gesamte Natrium auf diese Art zu Natronlauge umgesetzt war, war auch die Dosisleistung des Tanks soweit reduziert, dass eine Weiterverarbeitung problemlos möglich war. Der Tank wurde daraufhin thermisch in handhabbare Stücke zerlegt und dekontaminiert bzw. hochdruckverpresst.

Bearbeitung des Reaktordrehdeckels

Vor der Anlieferung des Reaktordrehdeckels vom KNK zur HDB wurde sämtliches noch anhaftendes Restnatrium vollständig entfernt, so dass dieses bei der Verarbeitung nicht zu Problemen führte. Der Drehdeckel mit einer Länge von 6 m und einem Durchmesser von 2,3 m und einer Masse von 25 Mg, bestand aus mehreren Kammern, die mit verschiedenen Materialien gefüllt waren, um eine optimale Abschirm- und Dämmwirkung zu erzielen (Abb. 3). Die Kammern waren u. a. mit Schwerstbeton, Basaltgranulat und Steinwolle gefüllt. Da der Drehdeckel Dosisleistungen bis zu 22 mSv/h aufwies, mussten die Arbeiten in einem abgeschirmten Bereich mit minimalem Personaleinsatz durchgeführt werden. Daher wurde entschieden, dass die Vorzerlegung des Drehdeckels in handhabbare Stücke und die Trennung der Materialsorten mit einer Seilsäge erfolgte (Abb. 4). Problematisch bei der Zerlegung des Drehdeckels mit Hilfe der Seilsägetechnik war, dass dieser nicht aus Vollmaterial bestand, sondern rohrförmige Einbauten hatte. Somit musste die Seilsäge so ausgelegt werden, dass das Seil während des ge-



Abb. 2: Natrium-Ablasstank während der Sprühbefeuchtung zum Umsetzen des Natriums bei kontinuierlicher Überwachung der Wasserstoffkonzentration.

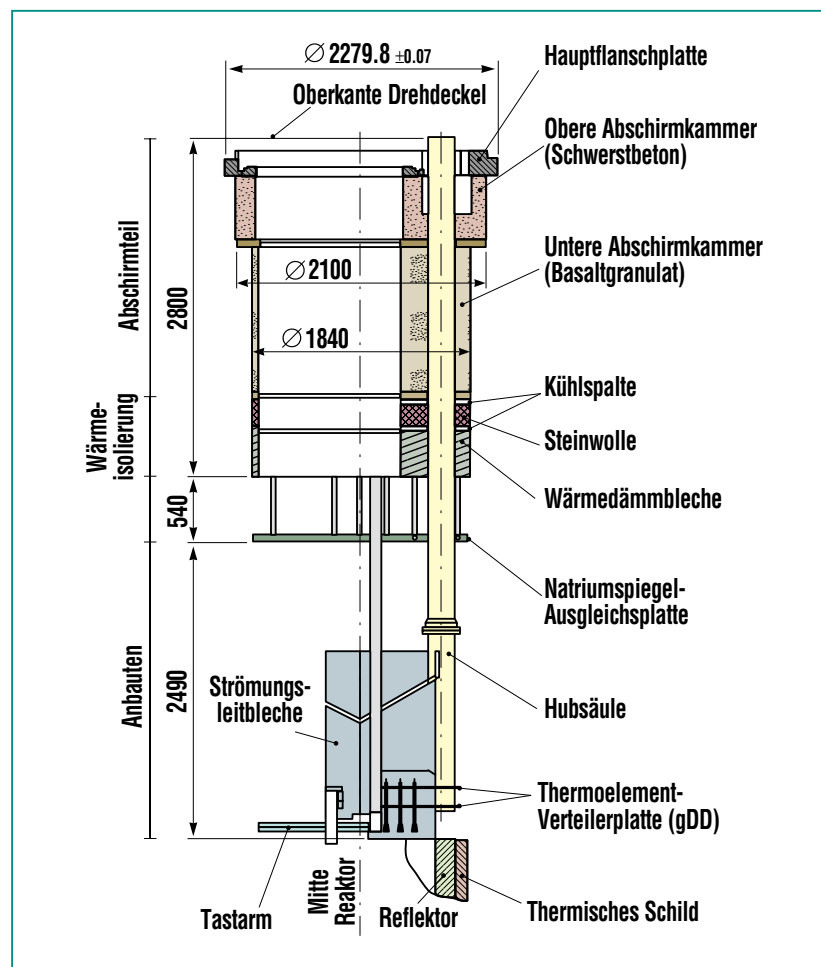


Abb. 3: Schematischer Aufbau des Reaktordrehdeckels.



Abb. 4: Zerlegung des Reaktordrehdeckels und seiner Einbauten mit einer Seilsäge (Mock-up).

samt den Schneidvorgang durch verschiedene Materialarten nicht reißen würde.

Bearbeitung von Betonstrukturen

Beim Rückbau von heißen Zellen werden die Decken- und Wandstrukturen oft mit Hilfe einer Seilsäge in Blöcke geschnitten. Die Blöcke werden verpackt und zur weiteren Bearbeitung zu einer externen Behandlungseinrichtung geschickt. Die HDB hat in den letzten Jahren u. a. mit der Behandlung von Betonblöcken aus dem Rückbau der heißen Zellen bei der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK) Erfahrungen gesammelt. Diese waren durch eine Alpha-Kontamination und eine hohe Dosisleistung gekennzeichnet.

Bearbeitung der Betonblöcke der WAK

Im Rahmen der Rückbauarbeiten in der WAK wurden die Wände der bereits geleerten Zellen zerlegt. Problematisch bei der Zerlegung war, dass die Wände mit verschiedenen Durchführungen bzw. Rohrleitungen durchsetzt waren. Die Durchführungen bzw. Rohrleitungen dienten zum Transport der Versorgungsmedien bzw. von HAW flüssig in die einzelnen Zellen. Die Durchführungen hatten in der Wand ein leichtes Gefälle und verfügten über Strahlungsfallen.

Die Durchführungen verliefen von der Zellenaußenseite zur Zelleninnenseite und wurden vor der Demontage abgetrennt und auf der Zellenaußenseite verschlossen. Auf der Zelleninnenseite waren die Durchführungen nur zugequetscht. Auf beiden Seiten standen die Durchführungen ca. 10 cm aus dem Beton heraus. Auf der Zelleninnenseite war der Beton mit Epoxidharz beschichtet.

Die bei der Zerlegung der Wände entstehenden Betonblöcke wurden in Container verpackt und zur HDB zur weiteren Bearbeitung transportiert. Dort erfolgte eine Nachzerlegung der Blöcke, um ei-

ne volumenoptimierte Verpackung in KONRAD-Container unter Berücksichtigung der Grenzwerte zu erreichen. Restvolumen in den Containern wurde mit losem Bauschutt aufgefüllt. Aufgrund der hohen Alpha-Kontamination der Blöcke war es nicht möglich, Teile der schadlosen Wiederverwertung zuzuführen.

Zwei der angelieferten Blöcke waren so stark Alpha-kontaminiert, dass diese aufgrund ihrer hohen Dosisleistung und ihres Aktivitätsinventars nicht direkt in KONRAD-Container eingelegt werden konnten. Sie wurden zuerst fernhandelt dekontaminiert (Abb. 5). Nach dem Ausladen der Blöcke aus der Transportabschirmkiste wurden sie in einen kameraüberwachten, abgeschirmten Verarbeitungscaisson gelegt. Dort wurde die Kontamination mit Hilfe eines Stockermeißels, der an einem ferngesteuertem Meißelbagger angebracht war, entfernt. Die Abplatzungen und der entstehende Staub wurden abgesaugt und direkt in Paketiertrommeln gesammelt, die anschließend hochdruckverpresst wurden. Nachdem ca. 10 cm der Oberfläche entfernt waren, konnten die Blöcke wie geplant direkt in KONRAD-Container verpackt und



Abb. 5: Bearbeitung der Alpha-kontaminierten Betonblöcke der WAK.

gemäß den Endlagerbedingungen KONRAD konditioniert werden.

Behandlung eines PKWs aus dem WAK-Nachsorgefall

Im Rahmen des Entwendungsfalles von radioaktivem Material aus der WAK wurde das Fahrzeug des Täters radioaktiv kontaminiert. Es handelte sich dabei um einen BMW mit einer Alpha-Kontamination von maximal $2,5 \text{ Bq/cm}^2$ und einer Beta-Kontamination von maximal $1,4 \text{ Bq/cm}^2$. Aufgrund dieser Kontamination musste das Fahrzeug als radioaktiver Reststoff behandelt und entsorgt werden.

Die Hauptkontamination im Fahrzeug war im Bereich der vorderen Sitze (Abb. 6) zu finden. Da jedoch auch in anderen Bereichen Kontaminationen nachweisbar waren und es nicht auszuschließen war, dass sich auch Kontamination im Lüftungsbereich befand, musste das gesamte Fahrzeug demontiert werden. Zunächst wurden sämtliche Flüssigkeiten, wie z. B. Restbenzin, Kühlflüssigkeit usw. abgelassen und konnten nach Beprobung und Analyse für die schad-

lose Wiederverwertung freigegeben werden. Bei der anschließenden Demontage des Fahrzeuges wurde bereits versucht, eine Trennung von kontaminierten und nicht kontaminierten Teilen durchzuführen. In einem ersten Demontageschritt wurden die Sitze, die Innenverkleidung des Bodens, der Türen und des Himmels und die Ablagen demontiert. Aufgrund der Materialbeschaffenheit war keine Dekontamination dieser ausgebauten Teile möglich und somit musste dieses Material komplett als radioaktiver Abfall behandelt werden.

In einem nächsten Bearbeitungsschritt wurde der gesamte Motorraum demontiert. Die Lüftungskomponenten wurden dabei getrennt gesammelt und ebenfalls als radioaktiver Abfall entsorgt. Die restlichen Bestandteile des Motorraumes konnten freigemessen und der schadlosen Wiederverwertung zugeführt werden. Als letzter Schritt wurden noch sämtliche im Innenraum verbliebenen Bestandteile wie Armaturen, Scheiben und Ablagen demontiert. Die Innenverkleidung des Kofferraumes musste ebenfalls ausgebaut wer-

den. Um eine Freimessung der nun verbliebenen Karosserie des Fahrzeuges durchführen zu können,

wurden auch die Reifen und Achsen des Autos demontiert.

Im Rahmen der Demontage des Fahrzeuges (Gesamtgewicht ca. 1800 kg) konnten der Motor, die Achsen, die Karosserie, die Scheiben, die Felgen und die Flüssigkeiten (Masse ca. 980 kg) freigemessen werden, während die Teppiche, Sitzpolster, Ablagen, Türinnenverkleidungen und das Armaturenbrett als radioaktiver Abfall (Masse ca. 100 kg) verbrannt werden mussten. Die restlichen Komponenten (Masse ca. 720 kg) mussten hochdruckverpresst werden.

Zusammenfassung

Seit dem Beginn der Stilllegung von Forschungsreaktoren musste sich die HDB den neuen Aufgaben anpassen und sich auf die Verarbeitung von Stilllegungsabfällen, insbesondere auf die Behandlung von Großkomponenten, einrichten. Die Erfahrungen, die dabei im Forschungszentrum Karlsruhe gemacht wurden, zeigen, dass es für



Abb.6: Behandlung des kontaminierten Fahrzeuges aus dem WAK-Nachsorgefall.

die Rückbauprojekte vorteilhaft ist, größere Komponenten nach ihrem Ausbau nicht selbst zu zerlegen, sondern an die HDB abzugeben. Zum einen sind die Rückbauprojekte räumlich sehr beschränkt, so dass eine Zerlegung vor Ort meist nicht möglich ist, zum anderen kann nach dem Abtransport der Komponenten der Rückbau zügig fortgesetzt werden und somit die Projektabwicklung beschleunigt werden.

Um Stilllegungsabfällen technisch sinnvoll und wirtschaftlich günstig bearbeiten zu können, ist eine enge Zusammenarbeit mit den Rückbauprojekten erforderlich. Eine frühzeitige Detailplanung der jeweiligen Vorgehensweise erleichtert die Durchführung und reduziert damit die Dosisexposition des Personals und die Kosten. Oft ist es notwendig, Spezialwerkzeuge anzufertigen, die Arbeitsplätze u. a. mit speziell hergestellten Lasttra-

versen und Abschirmungen auszustatten und das Personal zu schulen. Eine flexible Anpassung der Arbeitsplätze und der Vorgehensweise sind unerlässlich.