

Kavernen Kernkraftwerk Brunsbüttel – Chronologie der Ereignisse

Ausgangssituation

Im Rahmen einer Konditionierungskampagne zur Herstellung endlagergerechter schwach- und mittelradioaktiver Abfallgebinde hatte die Betreibergesellschaft des Kernkraftwerks Brunsbüttel (KKB) Ende des Jahres 2011 Filterharze aus 200-Liter-Fässern, die in den Kavernen des Kernkraftwerk Brunsbüttel (KKB) gelagert waren, in sogenannte „Konrad Typ 6-Container“ (Gusscontainer) umgesaugt. In den Kavernen befanden sich zu dieser Zeit 632 Fässer, überwiegend mit Filter- und Verdampferkonzentraten.

Befund

Bei einer der üblichen begleitenden Kontrollen, die bei solchen Abfallkampagnen durch die von der Atomaufsichtsbehörde nach dem Atomgesetz hinzugezogenen Sachverständigen durchgeführt werden, fiel am 10. Januar 2012 einer Sachverständigen eine außergewöhnlich lange Umsaugzeit an einem Fass aus der Kaverne 4 auf, sodass die Sachverständige die Atomaufsichtsbehörde unterrichtete.

Weitere Untersuchungen der Sachverständigen ergaben, dass der nach der Umsaugung leere Fassmantel erhebliche Zerstörungen aufwies. Erste Beurteilungen ergaben, dass starke Korrosion für die Zerstörungen maßgeblich war.

Noch im Januar 2012 forderte die Atomaufsichtsbehörde die Betreibergesellschaft auf, die laufende Abfallkampagne abzubrechen, die Kaverne 4 wieder zu verschließen, alle Kavernen abzudecken und abzukleben sowie ein Konzept für eine visuelle Kamerainspektion und Vorschläge für modifizierte Handhabungseinrichtungen für korrodierte Fässer vorzulegen.



Blick in die Kaverne 4, aus der das zuerst auffällig gewordene Fass stammte (© KKB)

Bedingt durch die radioaktive Strahlung innerhalb der Kavernen waren konventionelle Kamerasysteme für eine fernbediente Inspektion der Fässer und Kavernen nicht geeignet. Es wurde eigens ein Kamerasystem entwickelt, das sowohl der Strahlung standhielt als auch klein genug war, um in den Ecken eines jeden Gevierts der Kaverneneinbauten bis auf den Boden der Kavernen hinabgelassen werden zu können. Die Kamera war zudem mit einer „Scheinwerferbatterie“ versehen, da die Kavernen eine Tiefe von rund 7 Metern aufweisen.

Inspektion

Mitte Juni 2012 legte die Betreibergesellschaft des KKB den Konzeptbericht für die visuelle Inspektion von Konzentratfässern in den Kavernen vor. Erstmals wurde die neu beschaffte Kameraeinrichtung vorgestellt. Nach Prüfung und Zustimmung durch die Atomaufsichtsbehörde begann auf dieser Grundlage die Inspektion.

Die Kamerainspektion in der Kaverne 4 lieferte wertvolle Bilder vom Zustand der Fässer, die daraufhin in Kategorien von 1 (Fass in sehr gutem Zustand) bis 5 (sehr schlechter Zustand, stark beschädigt) eingeordnet werden konnten. Im Ergebnis war festzustellen, dass rund 20 Prozent der Fässer stark beschädigt waren und die Tragfähigkeit der Fässer in mindestens 25 Prozent aller Fälle zweifelhaft war.

Als nächstes erfolgte die Inspektion der Kaverne 2 im August 2014. Die ersten Inspektionsfahrten mit der Kamera zeigten, dass der Boden der Kaverne 2 mit einer schwarzen Folie ausgelegt und mit Ablagerungen, bestehend aus ausgetretenen Fassinhalten, abgeblättertem Lack und Rost bedeckt war.



(© KKB)

Eine Probenahme am Boden der Kaverne ergab eine braune, zähfließende, „honigartige“ Flüssigkeit, die sich vollständig in wenig Wasser lösen ließ. Ein sogenanntes IR- Spektrum ergab eine gute Übereinstimmung mit damals üblichen Waschmitteln z.B. Ibell-Ex. Ibell-Ex ist ein hochwirksames alkalisches, wässriges Dekontaminationsmittel (Natronlauge mit Tensidanteilen) zur Dekontamination von radioaktivem Material. Damit wiesen die Untersuchungsergebnisse auf Verdampferkonzentrate hin. Proben, die an Fasswandungen genommen wurden, zeigten, wie in diesem Fall zu erwarten gewesen war, die Nuklide Co 60 und Cs 137.

Die Kaverne 1 wurde im September 2014 geöffnet und hatte ebenfalls eine Folie auf dem Boden. Die vorgefundenen Ablagerungen glichen denen der Kaverne 2. In einem Fassstapel hatte das Gewicht von fünf darüberstehenden Fässern die Fasswandung verformt und damit das Fass rund 20 Zentimeter kürzer werden lassen.



Das verformte Fass in der Kaverne 1 (© KKB)

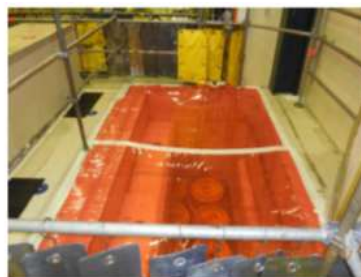


Schwer erkennbarer Übergang zweier Fässer (© KKB)

Bedingt durch die relativ hohen Luftfeuchtwerte in den Kavernen 2 und 4 wurde in beiden Fällen eine Trocknungseinrichtung eingesetzt. Im Verlaufe der Inspektion wurden beide Kavernen teilweise mit den Betonriegeln abgedeckt und mit einer Folie verschlossen.



Trocknungsanlage (© KKB)



Kavernen mit Folienabdichtung (© KKB)



Schlauchverbindung (© KKB)

Die Inspektionen der Kavernen 1 und 3 verliefen analog der Kavernen 2 und 4. Die relative Luftfeuchte war so wie im übrigen Feststofflager, daher war ein Trocknungsverfahren hier entbehrlich. Der prozentuale Anteil „gut bzw. schlecht erhaltener Fässer“ verhielt sich ebenfalls wie bei den Kavernen 2 und 4.

Mitte Mai 2015 legte die Betreibergesellschaft des KKB ein Inspektionskonzept für die Kaverne 5 vor. Diese Kaverne enthält keine Fässer mit Filter- oder Verdampferkonzentraten und wird daher in dieser Chronologie nicht weiter betrachtet.

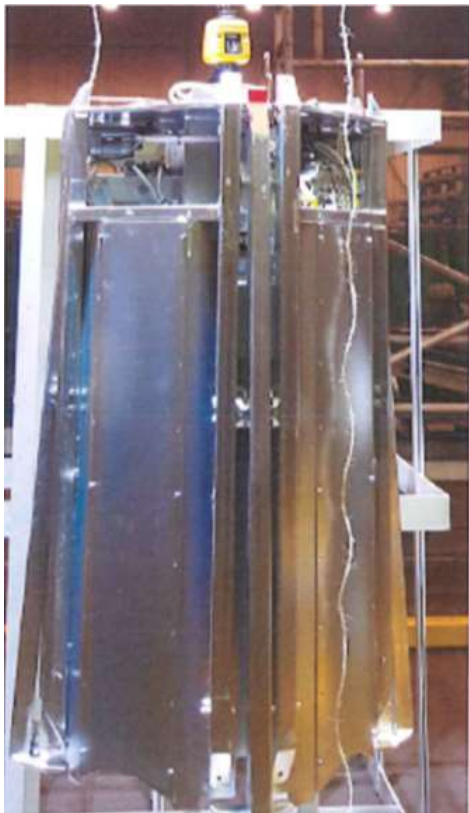
Die Kaverne 6 wurde ebenfalls inspiziert, dort waren die Fässer aber nur teilweise einsehbar, da sie sich zu einem erheblichen Teil in übereinander gestapelten sogenannten Mulden (nach oben offene Container) befanden.

Interministerielle Arbeitsgruppe

Parallel zu den Aktivitäten im KKB bildete sich auf Veranlassung des damaligen Ministers Robert Habeck bei der schleswig-Holsteinischen Atomaufsichtsbehörde die Arbeitsgruppe „Vermeidung von Schäden bei der Lagerung von Atomabfällen“. Diese Arbeitsgruppe bezog auch externen Sachverstand ein und erstellte den Bericht „Vermeidung von Korrosionsschäden an Fässern für nicht Wärme entwickelnde radioaktive Abfallstoffe in Schles-



Der Unterschwenkgreifer (auch Deckel – Boden – Greifer genannt) (© KKB)



Der Umfanggreifer (kann stark beschädigte Fässer umschließen) ebenfalls mit Bodenklauen (© KKB)



Der Portalkran innerhalb der Einhausung (© KKB)

Bergung

Im Februar 2015 stimmte die Atomaufsichtsbehörde dem Bergungskonzept für die Fässer in den Kavernen zu. Nach umfangreichen technischen und organisatorischen Vorbereitungsmaßnahmen konnte noch im selben Monat das erste Fass aus der Kaverne 2 geborgen werden.

Jedes Fass der Kategorie 5 wurde erst im Anschluss an eine umfangreiche Einzelfallbetrachtung von der Atomaufsichtsbehörde zur Handhabung freigegeben. Nach anfänglich erfolgreicher Bergung der Konzentratfässer traten nach kurzer Zeit die erwarteten Schwierigkeiten auf. Bei mehreren Fässern hielt der rostige Fassmantel der Belastung nicht stand und der Deckel oder der Fassmantel rissen ab. Dennoch konnten aufgrund der Vorkehrungen im Bergungskonzept auch solche Fässer ohne Freisetzung radioaktiver Stoffe sicher in das Feststofflager verbracht werden. Innerhalb der Lüftungstechnischen Einhausung und auch im Feststofflager überwachten permanent Aerosolmonitore die Luft auf Aktivität.

Klebende Deckeldichtungen erschwerten vorübergehend die Arbeiten des KKB-Personals beim Umdeckeln der Fässer nach der Trocknung in der Trocknungsanlage vom Typ FAVORIT. Nach dem Einsatz von Dichtungen mit höherer Temperaturstabilität war dieses Problem beseitigt. Zu keinem Zeitpunkt konnten Freisetzungen in die Luft festgestellt werden.

Ende Juli 2016 wurde die Kaverne 4 geleert und Mitte September 2016 das letzte Fass aus der Kaverne 2 gehoben. Alle 188 Fässer wurden geborgen, die Kavernengitter entfernt, Kavernenwände und Kavernenboden gereinigt, und Wände sowie Boden wurden ei-

ner Bauwerksprüfung durch Bausachverständige unterzogen. Vermutete Risse beschränken sich auf die Oberfläche in der Dekontbeschichtung. Zusammenfassend lagen keine Befunde vor, die die Integrität der Kavernen 2 und 4 in Frage stellten.



Endlager-Container Typ IV (© KKB)



Geleerte und gereinigte Kaverne 2I (© KKB)

97 Fässer mit Filterharzen wurden zur Pulverharz-Umsaug-Anlage gebracht, wo ihr Inhalt in endlagerfähige Container umgesaugt wurde. 91 Fässer mit Verdampferkonzentrat wurden in Überfässer eingestellt, nachgetrocknet und anschließend temporär ins Fasslager oder direkt in endlagerfähige Container eingestellt.

Anfang Oktober 2016 wurden die Kavernen 2 und 4 verschlossen und versiegelt. Lüftungstechnische Einhausung mit Portalkran, Abschirmung und Umsetzstation, die Pulverharz-Umsaug-Anlage sowie der Zugang zu den Kavernen wurden umgestellt bzw. umgebaut, damit gemäß Bergungskonzept die Kavernen 1 und 3 geöffnet werden konnten. Die Erfahrungen und daraus resultierende Verbesserungen aus der Leerung der Kavernen 2 und 4 flossen in die Fortschreibung des Bergungskonzepts ein. Dem überarbeiteten Bergungskonzept für die Kaverne 1 und 3 stimmte die Atomaufsichtsbehörde Mitte November 2016 zu.

Anfang Oktober 2016 wurden die Kavernen 1 und 3 geöffnet. Im Anschluss an alle erforderlichen Vorbereitungen konnten Mitte November 2016 die ersten Fässer aus der Kaverne 3 geborgen werden. Die Verbesserungen im Bergungskonzept, insbesondere beim Umgang mit den stark beschädigten Fässern, bewährten sich. Einige Fässer in den Kavernen 1 und 3 wiesen die ausgeprägtesten Schadensbilder aller bis dahin geborgenen Fässer auf.

Beispiel Fass aus der Kaverne 1:



Oberes abgerissenes Fassdrittel Fass V156 (© beide Fotos: KKB)



Ansicht oberes Fassdrittel mittels Inspektionskamera

Als Beispiel ist etwa ein abgerissener Fassteil zu nennen. Auf Grundlage des fortentwickelten Bergungskonzepts konnte auch der Fassrest mit dem Umfanggreifer sicher geborgen und in ein Überfass abgestellt werden.

Anfang September 2017 wurde das letzte Verdampferkonzentrat-Fass, welches zugleich ein solches „Problemfass“ war, aus der Kaverne 1 geborgen. Damit waren auch die Kavernen 1 und 3 geleert.



Unteren Reste des letzten Fasses aus Kaverne 1Zuvor abgerissenes obere Teil des Fasses
(© beide Fotos: KKB)

Wie schon bei den Kavernen 2 und 4 wurden auch in den Kavernen 1 und 3 nach der Leerung die Kavernengitter entfernt. Aufgrund der relativ hohen Dosisleistung am Boden der Kavernen 1 und 3 wurden diese im Interesse des Strahlenschutzes des KKB-Personals nicht gereinigt. Ende September 2017 fand durch Bausachverständige eine Inspektion der Kavernen 1 und 3 statt. Im Ergebnis war festzuhalten, dass die schon bei der Kamerainspektion festgestellten Auffälligkeiten keinen Einfluss auf Standsicherheit, Dichtigkeit und Gebrauchstauglichkeit der Kavernen 1 und 3 hatten.

Die Kavernen 1 und 3 wurden mit schweren Betonriegeln verschlossen und versiegelt.

Trotz der nur oberflächlichen Rissbildungen an den Wänden der Kavernen 1 bis 4 verfügte die Atomaufsichtsbehörde Wiederkehrende Prüfungen der Baustrukturen der Kavernen 1 bis 4 mit einem längstens fünfjährigen Prüfintervall.

Unter den insgesamt 194 geborgenen Fässern aus den geräumten Kavernen 1 und 3 waren 159 Verdampferkonzentratfässer und 32 Filterkonzentratfässer. Bei drei Fässern fehlte eine Deklaration/Inhaltsbeschreibung. Nach Bergung und Öffnung ergab sich, dass es sich um sogenannte brennbaren Mischabfall (Putzlappen, Handschuhe, Überschuhe, Overalls usw.) handelte, der jetzt vorschriftsmäßig gesondert entsorgt wurde.

Die atomrechtliche Aufsichtsbehörde prüfte bis Dezember 2017 das Bergungskonzept für Kaverne 6, die größte und zu diesem Zeitpunkt einzige noch mit Konzentratfässern gefüllte Kaverne. Bei der Kaverne 6 handelte es sich um die letzte im Zuge der Bergungskampagne zu leerende Kaverne. Ein Teil der Fässer war in übereinander gestapelte, nach oben offene Container (sogenannte Mulden) eingebracht.

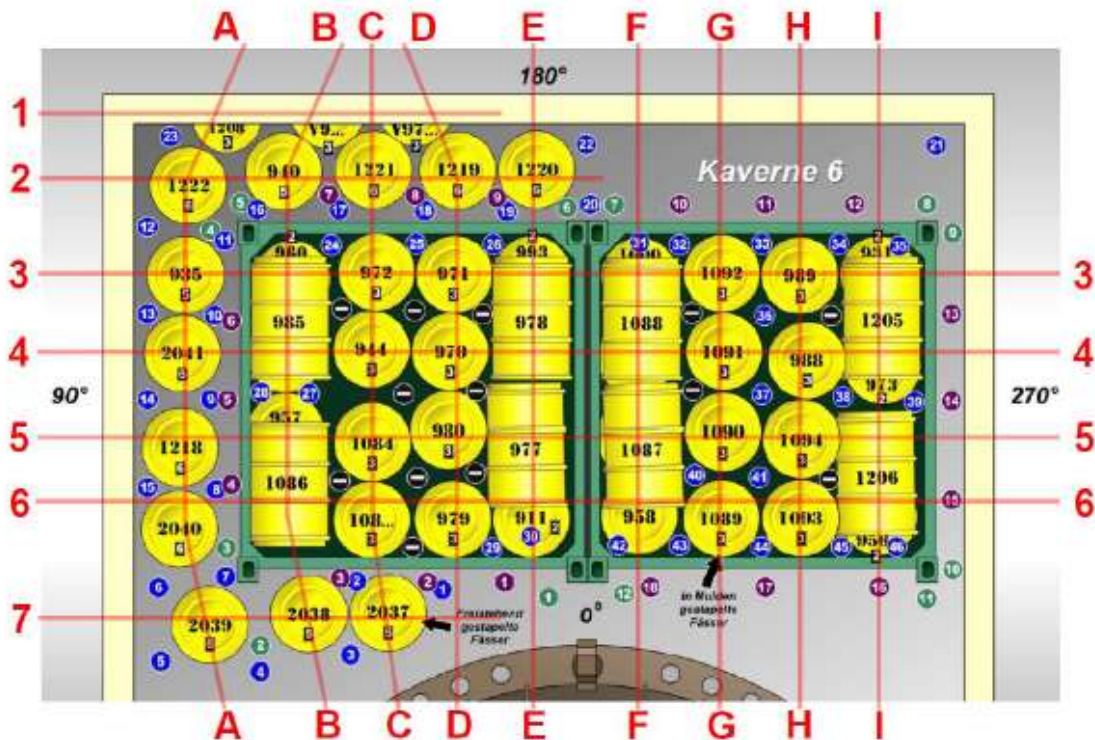


Ansicht der Fässer, Container und des Wasser-Dampf-Abscheiders in der geöffneten Kaverne 6 (© KKB)



Blick auf die Fässer in den Containern in der Kaverne 6 (© KKB)

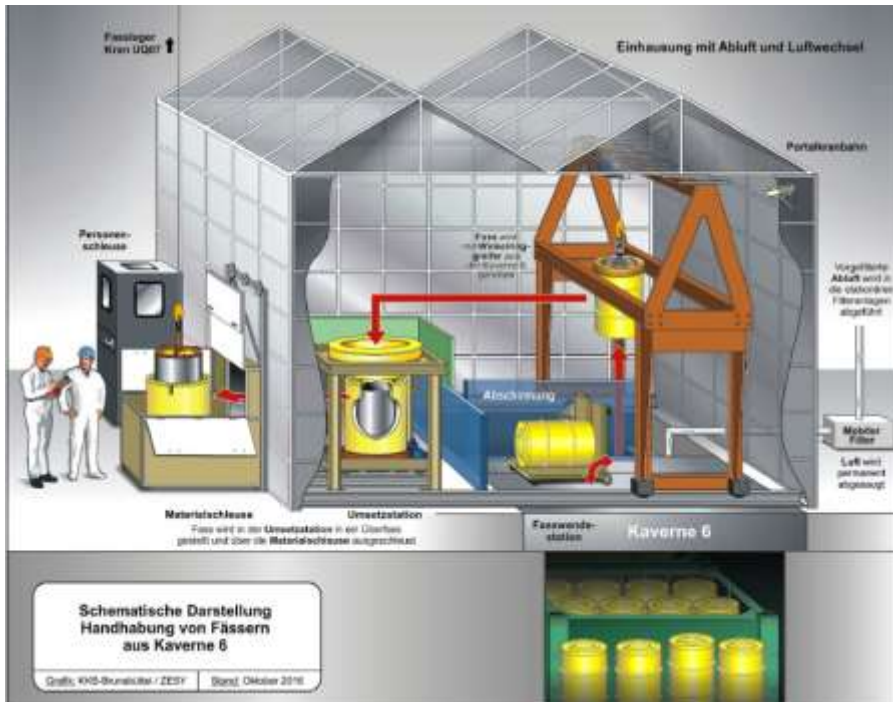
Erschwerend kam hinzu, dass jeweils zwei nebeneinanderstehende Container horizontal miteinander verschraubt waren. Die vor vielen Jahren auf den Fässern abgelegten Stahlseile und Tampen, mit denen die Container in die Kaverne eingestellt worden bzw. gesichert worden waren, stellten ein weiteres Hindernis dar. Ein zusätzliches Problem bildeten die Fässer, die unter dem Überhang auf der 180-Grad-Seite der Kaverne 6 standen. Die liegenden Fässer waren teilweise mit den Rollreifen ineinander verhakt und mussten vor der Bergung erst zugänglich gemacht werden. Von den 244 Fässern in der Kaverne 6, 221 mit Konzentraten und 23 mit sonstigen Abfällen, hatten bei der im Jahr 2014 durchgeführten Kamerainspektion die in den unteren Containern lagernden Fässer nicht eingesehen werden können.



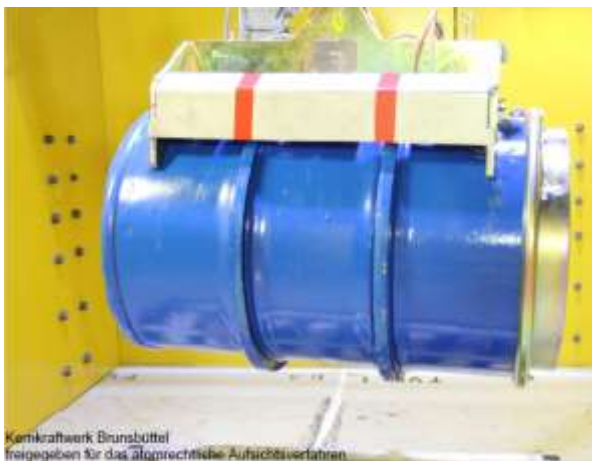
Idealisierte Darstellung der Fässer, Fassstapel, Container und Komponenten in der Kaverne 6 als Koordinatensystem, wie es auch für die Kamerainspektion verwendet wurde. (© KKB)

Bedingt durch die liegenden Fässer und die unter dem Überhang stehenden Fässer war weitere Ausrüstung erforderlich. Benötigt wurden ein „Fassliegendgreifer“, eine Fassumlegestation, mit der die mehrere 100 Kilogramm schweren Fässer von der horizontalen in eine vertikale Lage gebracht, eine Spezialtraverse, mit der die Fässer unter dem Überhang gegriffen sowie eine Spezialtraverse, mit der die miteinander verbolzten Container sicher aus der Kaverne gehoben werden konnten.

Mitte Januar 2018 stimmte die Atomaufsichtsbehörde dem von KKB eingereichten und von Sachverständigen geprüften „Handhabungskonzept für die Fässer in der Kaverne 6 des KKB“ zu. Etwa zeitgleich wurden vier der je über 20 Tonnen schweren und 1 Meter dicken Abdeckriegel über der Kaverne 6 entfernt.



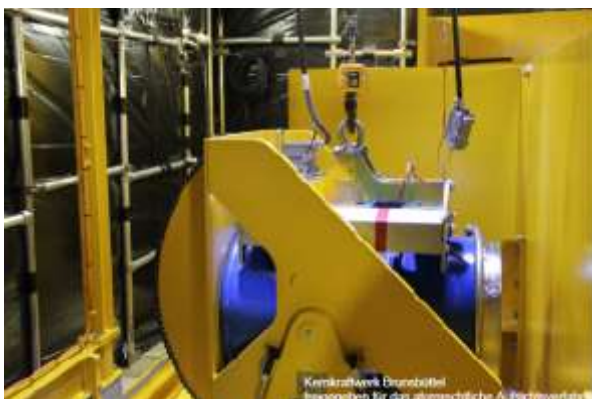
Schematische Darstellung zur möglichen Anordnung von Ausrüstung und Einrichtungen für die Entleerung der Kaverne 6. (© KKB)



Anschlagen an den Rollreifen eines horizontal gelagerten Rollreifengasses an einen Liegendgreifer (© beide Fotos: KKB)



Umsetzstation mit Transportwagen



Umlegestation mit liegendem Fass (© KKB)



Aufgerichtetes Fass mit Deckel-Boden-Greifer (© KKB)

Ende Januar 2018 wurden die Anschlagseile auf den Containermulden mit Hilfe einer Hydraulischere fernhantiert an den äußeren Containerecken durchtrennt und mit dem Feststofflagerkran aus der Kaverne 6 herausgeholt. Die auf den Fässern frei liegenden Anschlagseile und -mittel sowie die Hilfs- und Führungsleinen für die oberen Containermulden wurden ebenfalls entfernt. Die Lüftungstechnische Einhausung wurde verschlossen. Anfang Februar konnte das erste Fass aus der Kaverne 6 entnommen werden.



Die erste der beiden oberen Mulden ist geleert. (© KKB)

Nach der Leerung der zweiten oberen Mulde konnte der obere Mulden-/Containerverband problemlos aus der Kaverne 6 gehoben werden. Dafür musste die Lüftungstechnische Einhausung geöffnet und anschließend wieder verschlossen werden.



Fässer in den unteren Mulden nach dem Bergen der liegenden Fasslage aus dem vorderen Container. (© KKB)

Die Bergung der Fässer aus dem unteren Containerverband verlief problemlos. Der untere Muldenverband wurde vorzeitig aus der Kaverne gehoben, damit man an die letzten Fässer, die ineinander verhakt waren und in schief stehenden Stapeln standen, gelangen konnte. Mit den Mulden in der Kaverne hätte der Auslegerarm nicht abgesenkt werden können.

Drei Fassstapel befanden sich unter einem Überhang der Bauwerkskonstruktion. Damit diese Fässer geborgen werden konnten, wurde ein Ausleger mit Gegengewicht konstruiert und gebaut.



Der Spezialauslegerarm mit Winkelring-Deckel-Greifer bei der Kalthandhabung. Im Hintergrund die letzten 11 Fässer in der Kaverne 6 in sehr schlechtem Zustand (starker, großflächiger Rostbefall). (© KKB)

Insgesamt gesehen war der Zustand der Fässer in der Kaverne 6 besser als in den vorhergehenden Kavernen. Für 22 Fässer musste vor ihrer Bergung aufgrund ihres sehr schlechten Zustands eine Einzelfallbetrachtung durchgeführt werden. Anzunehmen ist, dass diese Fässer oder zumindest ein Teil von ihnen im gleichen Zeitraum Anfang der 80er-Jahre des vergangenen Jahrhunderts mit sehr nassem Konzentrat befüllt worden waren.

Mit Hilfe der Auslegertraverse und dem Deckelgreifer konnten die Fässer alle auf ausgelegten Fassdeckeln auf dem Boden der Kaverne 6 abgestellt werden. Das vorletzte Fass riss beim Versuch des Anhebens schon am Deckel ab.



Fass V104 mit abgerissemem Deckel nach dem Umsetzversuch und vor der Bergung mit dem Umfanggreifer (© KKB)

Bei nur zwei übereinanderstehenden Fässern konnte auch der Umfanggreifer an die Auslegertraverse angeschlagen werden und trotzdem unter den Überstand der Kaverne verbracht werden. Das Greifen des Fasses mit abgerissenem Deckel geschah über die Bodenklinken des Umfanggreifers unter dem Fassboden. Es konnte ohne weitere Probleme geborgen werden und in der Umsetzstation in ein bereitgestelltes Überfass abgelassen werden.



Das letzte Fass, V108, mit Konzentraten wird aus den Kavernen des KKB mit dem Umfanggreifer geborgen. (© KKB)

Bedingt durch den ebenfalls in Kaverne 6 eingelagerten Wasser-Dampf-Abscheider, der bei seinem vormaligen Einbau im Reaktor durch den zurückliegenden Reaktorbetrieb kontaminiert worden war, wurde aus Strahlenschutzgründen vorerst auf eine Reinigung, Dekontamination und Inspektion der Baustrukturen durch einen Bausachverständigen verzichtet. Die Kaverne 6 wird demnächst bis auf weiteres verschlossen und versiegelt.

Die gesamte Bergung wurde von der Atomaufsichtsbehörde und den von ihr hinzugezogenen Sachverständigen engmaschig überwacht.