Der Atomausstieg in der Praxis!

Eine kerntechnische Anlage zurückzubauen, gehört wohl zu den komplexesten Vorhaben, denen sich ein Unternehmen stellen kann. In Jülich ist schon seit einigen Jahren zu beobachten, wie komplex.

Bild: Michael Bergmann

René Xyländer kommt der STM-Redaktion entgegen. René Xyländer ist Projektleiter bei Mammoet und hat die Redaktion eingeladen, eines – wie er später sagt – der größten Projekte, die Mammoet Deutschland je durchgeführt hat, zu begleiten. Und er betont: Mammoet in Deutschland, Mammoet selbst hat natürlich schon viel größere Projekte realisiert, aber eben nicht in Deutschland.

Nichts an diesem Ort wird dem Zufall überlassen.

Es geht irgendwie um die Energiewende, es geht um den Atomausstieg, vor allem geht es darum, wie sich dieser praktisch vollzieht. Dabei vollzieht sich im Forschungszentrum Jülich seit einigen Jahren eine Weltpremiere, denn noch nie wurde ein Reaktor dieses Typs zurückgebaut.

Eigentümer des Reaktors ist die Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor GmbH (AVR), die 1959 durch 15 kommunale Energieversorgungsunternehmen gegründet wurde. Ziel der Gesellschaft war es, „die Machbarkeit und Funktionsfähigkeit eines gasgekühlten, graphitmoderierten Hochtemperaturreaktors nachzuweisen“ (Information des Betreibers), der nach seinem Erfinder Prof. Dr. Rudolf Schulten, auch „Schultenreaktor oder nach der Form seiner Brennelemente „Kugelhaufenreaktor“ genannt wird.

Seit seiner Inbetriebnahme 1967 bis zu der Stilllegung im Jahr 1988 lieferte der Versuchsreaktor 1,67 TWh Strom ins öffentliche Netz. Nach der Stilllegung wurde zunächst das Konzept des „sicheren Einschlusses“ verfolgt, bei dem der Reaktor praktisch an Ort und Stelle „konserviert“ werden sollte. Nachdem dafür 1994 eine Genehmigung erteilt worden war, wurde mit dem Abbau nicht mehr benötigter Anlagenteile begonnen. So wurden, wie es auf der Website des Betreibers heißt, unter anderem die Kühltürme sowie der Sekundär- und Kühlwasserkreislauf innerhalb und außerhalb des Maschinenhauses abgebaut. Parallel dazu wurde die Entnahme der Brennelemente vorgenommen.

Zu einem Strategiewechsel bei der Entsorgung kam es ab 1999, nachdem bei Messungen Kontaminationen in einem unterirdischen Regenwassersammler (Betonwasserkammer) festgestellt worden waren. Auch im Boden und im Grundwasser wurden Kontaminationen gemessen. Diese waren Folge eines Störfalls aus dem Jahr 1978, bei dem nach einer Dampferzeugerleckage 27 m³ Wasser in den Reaktor eingetreten waren.

Um die aufgetretenen Kontaminationen zuverlässig zu beseitigen, wurde 2003 – inzwischen hatte die bundeseigene EWN GmbH die Betreibergesellschaft AVR übernommen – der vollständige Rückbau bis zur „grünen Wiese“ beschlossen.

Das ist ohne Zweifel ein aufwendiges Unterfangen. Wie aufwendig, das lässt sich erahnen, wenn man vor dem ehemaligen Reaktorgebäude steht. An dieses schmiegt sich ein moderner Industriebau, der ein wenig an ein Hochregallager erinnert. Er überragt den alten Reaktor und ist auch deutlich größer als dieser. In diesem Gebäude wird ein beständiger Unterdruck erzeugt, sodass zwar Luft hereinkommt, aber keine Luft nach außen entweichen kann, jedenfalls nicht, bevor diese nicht durch die beständig laufende Filteranlage gereinigt worden ist.

Der Schutz von Mensch und Umwelt genießt oberste Priori-

Anheben des Reaktorbehälters, damit das Traggestell freikommt. STM-Bild

Auf einem Verschubsystem wird das Traggestell aus der Materialschleuse befördert. STM-Bild

Noch eine kurze Besprechung vor der Abfahrt. *Michael Bergmann*

Vorbeifahrt am alten Reaktorgebäude. *STM-Bild*

tät. Nichts an diesem Ort wird dem Zufall überlassen, kein Arbeitsschritt, der nicht schon im Vorfeld von Sicherheitsingenieuren des Betreibers und durch des TÜV Arbeitsgemeinschaft Kerntechnik West e.V. geprüft und abgesegnet worden wäre. Abweichungen bei den einzelnen Arbeitsschritten durchlaufen die gleiche Prozedur. Und so kommt es, dass das gesamte Projekt alleine im Büro von Mammoet einige Dutzend Ordner füllt.

Das Rückbaukonzept kam von EWN, der AVR-Muttergesellschaft, selber. Dieses sah vor, dass, nachdem das Schutzgebäude, das als Materialschleuse dient, ab 2007 fertiggestellt worden war, das Dach des Reaktorgebäudes geöffnet wurde. Von oben wurde der Reaktorbehälter dann „freigestellt“.

Danach wurde dann das Reaktorgebäude seitlich geöffnet, um den 26 m hohen, 7,6 m im Durchmesser breiten und – nachdem er mit etwa 500 m³ Porenleichtbeton verfüllt worden war – etwa 2.100 t schweren Reaktorbehälter in die Materialschleuse verbringen zu können.

Von dort aus sollte es dann auf einem Luftkissensystem ins 620 m entfernte Zwischenlager gehen, das zwischen 2009 und 2011 errichtet worden war und in dem der Reaktorbehälter bis zu 70 Jahre lagern soll. Die Luftkissenlösung aber erwies sich als schwierig umsetzbar, vor allem aber hätte der Transport deutlich länger benötigt als auf SPMTs – nämlich 9 Tage.

Das zentrale Transportsystem im Innern der Materialschleuse ist ein Verschub-Hub-System.

Genau an dieser Stelle kommt Mammoet Deutschland ins Spiel. Im Jahr 2008 übernahm das Unternehmen den Auftrag, für den Transport des Reaktorbehälters aus dem Reaktorgebäude heraus in die Materialschleuse und von dort aus weiter ins Zwischenlager zu sorgen – inklusive der Re-

alisierung der dafür benötigten Transportmittel.

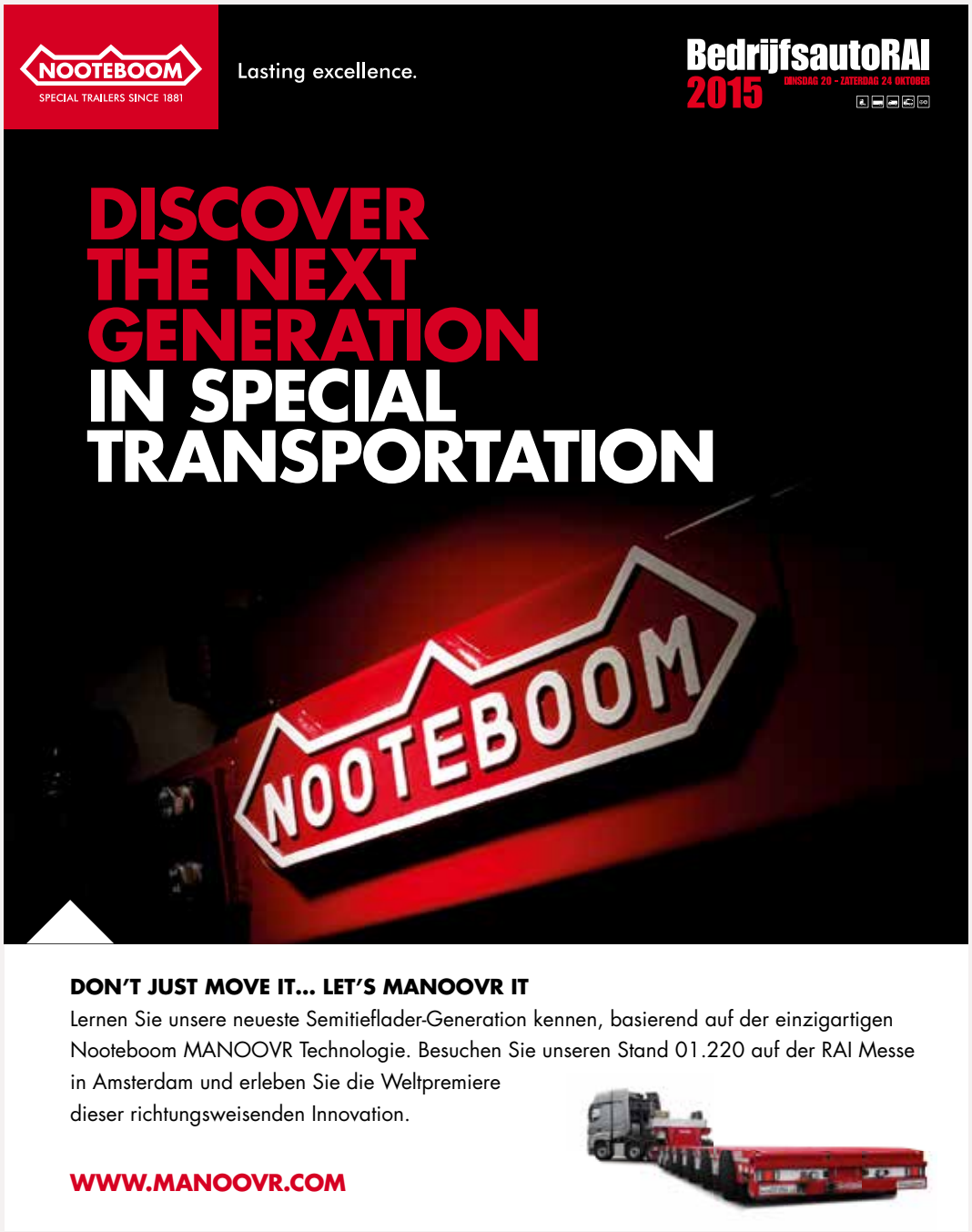
Das zentrale Transportsystem im Innern der Materialschleuse ist ein Verschub-Hub-System bestehend aus den Verschubbahnen und dem Verschubschlitten, eine Art Brückenkran, bei dem zum Ausheben des Reaktorbehälters vier Litzenheber mit einer Tragfähigkeit von jeweils 900 t zum Einsatz kamen. Dabei wurde das gesamte in diesem Bereich eingesetzte Equipment für dieses Projekt neu angeschafft, um den hohen Sicherheitsansprüchen gerecht zu werden.

Im November wurde mit diesem Verschubsystem, das die Claus Queck GmbH ebenfalls extra für dieses Projekt realisiert hatte, der Reaktorbehälter im Reaktorgebäude zunächst einige Meter angehoben und anschließend aus dem Reaktorgebäude heraus bis zu einem Traggestell verschoben, in das der der zu diesem Zeitpunkt rund 2.000 t schwere Behälter für weitere vorbereitende Arbeiten senkrecht stehend abgesetzt wurde.

Am 11.11.2014 war dieser erste Transportschritt abgeschlossen. Im Mai 2015 dann startete die „heiße Phase“ für den „Rollout“ und den Transport ins Zwischenlager. Nachdem im März die vorbereitenden Arbeiten für diese Phase begonnen hatten, wurde am Freitag, den 8. Mai mittels eines AC 120 das 11 t schwere Tor der Materialschleuse ausgehoben, um das etwa 50 t wiegende Traggestell mit einem weiteren Verschubsystem aus dem Gebäude heraus verschieben zu können, nachdem die Litzenheber den Reaktorbehälter aus dem Gestell in 400 mm-Schritten auf 8 m Höhe befördert hatten.

Freitag, 8. Mai: Mit dem Umsetzen des Traggestells durch einen LTM 1500-8.1 und dem Einheben des Tors endete die Arbeitswoche für das Mammoet-Team. Zum ersten Mal überhaupt war in dieser Form zu sehen, was im Innern der Materialschleuse vor sich geht. Das Ein- und Ausheben des Tors sollte danach aber bis zum 23.5. zu einer sich wiederholenden Routine werden. Zunächst aber wurde der Transport des im Zwischenlager

Eine der engsten Transportpassagen wird gemeistert. Gleich danach folgt eine Linkskurve. STM-Bild



Die Barken dienen als Anlenkpunkte. Besonders wichtig war die Kommunikation zwischen Fahrzeugbediener und Einweisern. *Bild: Michael Bergmann*

vormontierten Transportgestells zur Materialschleuse am Montag zu einer Probefahrt genutzt, bei der unter anderem der Nachweis geführt wurde, das sich mit den Selbstfahrern eine Transportgeschwindigkeit von gerade einmal 0,5 km/h darstellen lässt, denn diese Geschwindigkeit hatten die Sicherheitsingenieure als Höchstgeschwindigkeit festgelegt.

Montag, 11.5.: Während auf dem vorbereiteten Vorplatz der 500-Tonner im Zusammenspiel mit den SPMTs das Transport- und das Lagergestell zu einer Einheit montiert, wird in der Materialschleuse der Reaktorbehälter in die Waagerechte gekippt. Dabei kommen neben den vier Hublitzenhebern des Verschubschlittens noch drei weitere Drehlagerlitzenheber zum Einsatz. Durch heben, senken und verschieben wird der Reaktorbehälter in eine horizontale Position gebracht. Unter anderem für diesen Vorgang – aber auch für alle anderen Transportvorgänge – wurde der Reaktorbehälter mit dem bereits erwähnten Porenleichtbeton verfüllt. Dadurch sollte unter anderem verhindert werden, dass lose oder sich lösende Anbauteile im Inneren des Reaktorbehälters Beschädigungen verursachen, indem diese durch die Verfüllung dauerhaft fixiert wurden.

Im Mai 2015 dann startete die „heiße Phase" für den „Roll-out" und den Transport ins Zwischenlager.

Donnerstag, 14.5.: Tor 12 der Materialschleuse wird ein zweites Mal ausgehoben, diesmal damit die SPMT das Transport- und Lagergestell in die Materialschleuse einfahren und absetzen können. Dann wird der Reaktorbehälter abgesenkt und die Selbstfahrer fahren wieder aus der Schleuse heraus.

Montag, 18.5.: Nach dem langen Wochenende beginnen die konkreten Transportvorbereitungen, der Countdown läuft.

Doch wie so oft, wenn es auf das Finale zugeht, kommt etwas dazwischen. In diesem Falle zu hohe Windgeschwindigkeiten, aufgrund derer die für Dienstag, den 19. 5., geplanten Arbeiten auf Freitag, den 22.05., verschoben werden müssen. Dieser Freitag war schon im Vorfeld als freier Puffertag in die Ablaufplanung aufgenommen werden, um Verzögerungen wie diese auffangen zu können.

Der größte Teil der Strecke ist zurückgelegt, doch jetzt ist nochmals volle Konzentration gefragt bei der passgenauen Einfahrt ins Zwischenlager. *Bild: Michael Bergmann*

Freitag, 22.5.: Tor 12 wird ein drittes Mal aus- und eingehoben, um den Reaktorbehälter zu „repositionieren". Da die Halle in ihren Dimensionen auf den Reaktorbehälter-Transport mit einem Luftkissensystem ausgelegt ist und zugleich die technisch mögliche Achslast aus Sicherheitsgründen nicht ausgereizt werden soll, wird dieses Manöver notwendig. Dabei entlasten die Hublitzenheber die Transporteinheit, die daraufhin das Transportgut in die erforderliche Position manövrieren kann, in der die Achslasten eingehalten werden können.

Freitag, 22.5, 18.00 Uhr: Der Reaktor wird aus der Materialschleuse gefahren und steht somit für den Transport ins Zwischenlager am Samstag bereit.

Samstag, 23.5.: Es ist 7:30 Uhr. Das Transportteam findet sich zu einer abschließenden Besprechung zusammen. Noch einmal werden die einzelnen Manöver und deren Abfolge durchgesprochen. Die Anspannung und die Konzentration sind beinahe greifbar. Nun soll also beendet werden, worauf seit Monaten und Jahren hingearbeitet wurde.

Es ist vielleicht nicht einmal der schwierigste Transport, den das Mammoet-Team hier und heute durchführen wird. Wahrscheinlich hat es bei diesem Projekt auch schon schwierigere Projektschritte zu bewältigen gegeben. Doch kein Projekt und kein Projektschritt stand so unter der kritischen Beobachtung der Öffentlichkeit wie dieser Transport.

Abbiegen ins Zwischenlager. *STM-Bild*

Ein unvorhergesehenes Ereignis, gar ein Unfall wird zwar nicht zu einer Katastrophe führen, das ist allen Beteiligten klar. Allerdings kämen die Reaktionen der Presse einer Katastrophe nahe. Hier, unter freiem Himmel würde jede noch so kleine Panne gleich zu einem GAU-Ereignis hochgeschrieben. Entsprechend umsichtig wurde geplant und entsprechend umsichtig wird jetzt jeder einzelne Meter der 620 m langen Transportstrecke exakt nach Plan „abgearbeitet".

Doch wie so oft, wenn es auf das Finale zugeht, kommt etwas dazwischen. In diesem Falle zu hohe Windgeschwindigkeiten.

36,4 m lang, 10,09 m breit, 11,707 m hoch und 2.420 t schwer – das sind die beeindruckenden Eckdaten dieses Transports. Doch so richtig fassbar werden diese Dimensionen erst, wenn man direkt danebensteht. Auf 78 Achslinien, die zu einer 3-file-Kombination mit Spacern zusammengestellt wurden, ruht die Last.

Schon hier sind Sicherheitsreserven eingeplant. Technisch hätten auch weniger Achslinien die Gesamtlast tragen können, doch die Frage war, ob auch der Boden trägt? Also entschieden die Sicherheitsingenieure, dass die Achslasten minimiert und die kritischen Stellen auf der Transportstrecke großzügig mit Stahlplatten überbaut werden sollen.

So sehen Teile der Transportstrecke wie ein gigantisches zusammengelegtes Puzzle aus. Etliche Quadratmeter wurden feinsäuberlich, Stoß an Stoß mit Stahl überbaut. Wohl selten wurde eine Transportstrecke dermaßen akribisch vorbereitet. Nichts, aber auch wirklich gar nichts steht hier einfach nur so rum oder wurde vergessen wegzuräumen. Was hier die Transportstrecke säumt, markiert die

Nachdem das Transportgestell mit dem Reaktorbehälter abgesetzt worden ist, können die SPMT ausfahren. *Bild: Michael Bergmann*

Fragen und Antworten der AVR GmbH zum Hochtemperaturreaktor in Jülich und dessen Rückbau!

1. Was geschieht künftig mit dem Reaktor und dem Reaktorbehälter?

Der Reaktorbehälter verbleit zunächst für eine Abklingzeit von bis zu 70 Jahren im Zwischenlager. Wenn es ein geeignetes Endlager in Deutschland gibt, soll er zerlegt und verpackt („konditioniert") werden. Auch andere Einbauten und Bereiche sind durch den Betrieb kontaminiert bzw. aktiviert. Sie werden – soweit möglich – gereinigt („dekontaminiert"). Alle radioaktiven Stoffe müssen für die spätere Endlagerung fachgerecht konditioniert werden. Für schwach und mittel aktive Abfälle ist die Schachtanlage Konrad vorgesehen, die zwar genehmigt, aber noch nicht annahmebereit ist.

2. Warum wird der Reaktor nicht sofort zerlegt?

Es wäre technisch möglich gewesen, den Reaktorbehälter innerhalb des Reaktorgebäudes zu zerlegen und zu verpacken. Dies wäre aber mit deutlich höherem Aufwand, höherem Risiko und höheren Kosten verbunden. Deshalb fiel die Entscheidung zugunsten der Verlegung in ein Zwischenlager.

Die Zerlegung im Zwischenlager unmittelbar nach der Einlagerung wäre ebenso möglich. Wegen des hohen C-14-Gehalts der keramischen Einbauten können diese Abfälle nach heutigen Einlagerungsbedingungen jedoch nicht in das künftige Endlager Konrad gebracht werden. Ein weiterer Vorteil einer erst in bis zu 70 Jahren stattfindenden Zerlegung ist die bis dahin abgeklungene Co-60 Aktivität. Daher ist eine sofortige Zerlegung des Reaktorbehälters nicht sinnvoll.

3. War das Forschungszentrum Jülich an dem Rückbaukonzept beteiligt?

Das jetzige Konzept stammt ausschließlich von der AVR/EWN GmbH. Das Forschungszentrum Jülich war daran nicht beteiligt.

4. Ist das Forschungszentrum am Rückbau beteiligt?

Der Rückbau des AVR-Reaktors erfolgt in Eigenregie durch den Betreiber, die AVR GmbH. Daran ist das Forschungszentrum Jülich nicht direkt beteiligt. Das Forschungszentrum Jülich unterstützt den Rückbau durch fachgerechte Behandlung und Entsorgung radioaktiver Abfälle.

5. Gibt es Erfahrungen beim Rückbau eines Hochtemperaturreaktors?

Der Jülicher AVR ist weltweit der erste Kugelhaufen-Hochtemperaturreaktor, der betrieben wurde, und er ist der Erste, der zurückgebaut wird. Es gibt daher keine einschlägigen Erfahrungen. Die Energiewerke Nord verfügen über entsprechende Kompetenzen im Rückbau kerntechnischer Anlagen. Unter ihrer Leitung werden die Kernkraftwerke Greifswald/Lubmin in Mecklenburg-Vorpommern und Rheinsberg in Brandburg zurückgebaut. Mit der Eingliederung der ehemaligen kerntechnischen Bereiche am Standort des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT, früher: Kernforschungszentrum Karlsruhe) stehen der EWN und ihren Tochterunternehmen zusätzliches Know-how und die Erfahrung im Rückbau kerntechnischer Anlagen zur Verfügung.

6. Ist das Zwischenlager sicher?

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens wurden die Folgen eines Flugzeugabsturzes und eines Erdbebens bewertet. Der Gutachter kam zu dem Ergebnis, dass die bauliche Ausführung des Zwischenlagers ausreichend ist, selbst für den Fall eines direkten Flugzeugabsturzes auf das Zwischenlager. Auch für den Fall eines Erdbebens ergab die gutachtliche Prüfung, dass die Standsicherheit des Zwischenlagers und des Transportschlittens mit dem darauf liegenden Reaktorbehälter gegeben ist.

Transportboxen im Weg? Nein Anlenk- und Orientierungspunkt! *STM-Bild*

7. Wie steht es um die Sicherheit von Mitarbeitern und der Bevölkerung während des Transports in das Zwischenlager?

Für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Forschungszentrums sowie für die Bevölkerung in der Nachbarschaft ist die Sicherheit gewährleistet. Die vom Reaktorbehälter ausgehende Strahlung ist so gering, dass der Reaktorbehälter ohne zusätzliche Umhüllung vom AVR-Gebäude zum neuen Zwischenlager transportiert werden kann. Die geringe Strahlung sorgt in Verbindung mit einer kurzen Transportzeit für eine minimale Dosisbelastung. Besondere Schutzmaßnahmen sind daher nicht erforderlich.

8. Wann wird an dieser Stelle "grüne Wiese" sein?

Mit dem Abschluss aller notwendigen Arbeiten wird Ende 2022 gerechnet. Danach übergibt die AVR GmbH das Gelände wieder zur uneingeschränkten Nutzung dem Land Nordrhein-Westfalen.

9. Was kostet der Rückbau, und wer trägt die Kosten?

Im zweiten Halbjahr 2013 hat die AVR GmbH das Projekt neu bewertet. Danach läuft das Projekt bis 2022 bei einem Finanzbedarf von 360 Millionen Euro (Preisbasis September 2013). Die Kosten tragen der Bund, vertreten durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung, zu 70 % und das Land NRW, vertreten durch das Ministerium für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologie, zu 30 %. Die Kosten des Stillstandbetriebs des AVR von 1989 bis zur Projektübernahme durch EWN im Mai 2003 betrugen circa 200 Millionen Euro, die von Bund und Land im Verhältnis 90:10 getragen wurden.

In diesen Rückbaukosten nicht enthalten sind die Kosten für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle. Die Gesamtkosten dafür werden auf etwa 120 Millionen Euro geschätzt. Davon sind im Zeitraum 1994 bis 2009 bereits etwa 40 Millionen Euro angefallen.

Fast geschaft! „Einparken" im Zwischenlager. *Bild: Michael Bergmann*

Entsprechend umsichtig wurde geplant und entsprechend umsichtig wird jetzt jeder einzelne Meter der 620 m langen Transportstrecke exakt nach Plan „abgearbeitet".

Anlenkpunkte, an denen ein Lenkmanöver eingeleitet wird.

Es ist kurz vor 8:00 Uhr und der vielleicht symbolträchtigste Akt des Jülicher Atomausstiegs beginnt. Der Transport setzt sich in Bewegung. 0,5 km/h, das entspricht nicht einmal 8,5 m pro Minute. Eine der Herausforderungen für das Transportteam besteht wohl auch darin, die Konzentration bei diesem Tempo hochzuhalten, um Wegmarke für Wegmarke zu absolvieren. Langsam, aber beständig und vor allem sicher bewegt sich der Reaktorbehälter auf seiner vorerst letzten Reise auf das Zwischenlager zu.

Es ist 9:15 Uhr. Planmäßig erreicht der Transport das Zwischenlager und das Einparkmanöver hat begonnen. Nur noch wenige Meter trennen das Mammoet-Team vom erfolgreichen Abschluss des bislang größten Projekts, das unter Federführung von Mammoet Deutschland abgewickelt wurde. Und natürlich werden auch diese letzten Meter planmäßig abgearbeitet.

Der Auftrag ist erledigt – jedenfalls für das Mammoet-Team. Doch bis zum vollständigen Rückbau wird es jetzt voraussichtlich immer noch sieben Jahre dauern. Am AVR-Projekt in Jülich wird also auch deutlich, dass der Rückbau einer solchen Anlage doch erheblich länger dauert als der Aufbau. Von der Stilllegung bis zum Abschluss sämtlicher Arbeiten werden am Ende annähernd 35 Jahre vergangen sein. Und die Kosten für diesen Rückbau werden – so viel ist jetzt schon sicher – deutlich über 500 Millionen Euro liegen. Der billige Strom wird am Ende ganz schön teuer. **STM**

Ein Blick zurück auf die Transportvorbereitungen: Auf dem Weg zum Montageplatz wurde der Nachweis erbracht, dass die SPMT eine minimale Geschwindigkeit von nur 0,5 km/h einhalten können. *Bild: René Xyländer*

Insgesamt 78 Achslinien wurden bei diesem Transport eingesetzt. *Bilder: René Xyländer*