

**Recherche zur Marktverfügbarkeit von
Bergbaumaschinen mit speziellen Eigen-
schaften (Strahlenschutz, Fernbedienung,
Elektroantrieb) zur Rückholung der radio-
aktiven Abfälle aus der Asse
(AP-A14)**

Darmstadt 12.07.2010

Im Auftrag des BMU

Vorhaben UM09A03205

**Unterstützung des BMU bei der Aufsicht über Betrieb
und Stilllegung der Asse**

Öko-Institut e.V.
Büro Darmstadt
Rheinstraße 95
D-64295 Darmstadt
Telefon +49 (0) 6151 - 8191 - 0
Fax +49 (0) 6151 - 8191 - 33

Geschäftsstelle Freiburg

Postfach 17 71
D-79017 Freiburg

Hausadresse

Merzhauser Straße 173
D-79100 Freiburg
Telefon +49 (0) 7 61 - 4 52 95-0
Fax +49 (0) 7 61 - 452 95-88

Büro Berlin

Novalisstraße 10
D-10115 Berlin
Telefon +49 (0) 30 - 28 04 86-80
Fax +49 (0) 30 - 28 04 86-88

**Recherche zur Marktverfügbarkeit von
Bergbaumaschinen mit speziellen Eigen-
schaften (Strahlenschutz, Fernbedienung,
Elektroantrieb) zur Rückholung der radio-
aktiven Abfälle aus der Asse
(AP-A14)**

Autoren:

Dipl.-Biol. (t. o.) Angelika Spieth-Achtnich

Dipl.-Geol. Stefan Alt

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der Meinung des Auftraggebers (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) übereinstimmen.

Inhaltsverzeichnis

1	Anlass	1
2	Vorgehensweise	2
3	Rechercheergebnisse	4
3.1	Gewinnung im Gangerz und Kammerpfeilerbau.....	4
3.2	Streckenförderung und Transport unter Tage	7
3.3	Gleislose Sonderfahrzeuge unter Tage	9
3.4	Stetigförderer und Komponenten	10
3.5	Aufgeber und Entnahmeeinrichtungen	11
3.6	Steuer- und Regelungstechnik	11
3.7	Kommunikation, Navigation.....	11
4	Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse und offene Fragen	12
5	Literaturverzeichnis.....	14

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 :	Firmen, die Bergbaumaschinen für die Gewinnung im Gangerz und Kammerpfeilerbau mit Strahlenschutzkabine, Fernsteuerung und/oder Elektroantrieb anbieten	4
Tabelle 2:	Firmen, die Bergbaumaschinen für die Streckenförderung und Transport unter Tage mit Strahlenschutzkabine, Fernsteuerung und/oder Elektroantrieb anbieten	8
Tabelle 3:	Firmen, die gleislose Sonderfahrzeuge für unter Tage mit Strahlenschutzkabine, Fernsteuerung und/oder Elektroantrieb anbieten.....	9

1 Anlass

Das Öko-Institut unterstützt das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) im Rahmen des Vorhabens UM09A03205 bei der Aufsicht über Betrieb und Stilllegung der Schachanlage Asse II. Gegenstand der Unterstützung sind dabei die Prüfung von und Stellungnahme zu Unterlagen, Sachverhalten oder Fragestellungen, die im Zusammenhang mit Betrieb und Stilllegung der Asse von BMU oder Dritten in das Verfahren eingebracht werden. Die jeweils zu bearbeitenden Aspekte werden in Arbeitspaketen definiert.

Als Ergebnis des Vergleichs verschiedener Optionen zur Stilllegung der Asse (Optionenvergleich) wurde vom Bundesamt für Strahlenschutz die Rückholung der eingelagerten radioaktiven Abfälle als derzeit bevorzugte Stilllegungsoption identifiziert /BfS 2010/. Ein wesentlicher Aspekt dieser Rückholoption ist die sichere Durchführung unter Tage, wobei dem Strahlenschutz der Beschäftigten bei Bergung, Handhabung und Transport von Abfallgebinden oder als Schüttgut gewonnen Abfallfraktionen eine besondere Bedeutung zukommt. Hierzu sollen entsprechend der zugrunde gelegten Machbarkeitsstudie /DMT 2009/ wesentliche Arbeitsschritte fernbedient durchgeführt werden. Wo dies nicht möglich ist, sind Arbeiten unter Strahlenschutz erforderlich, wofür die eingesetzten Maschinen entsprechend mit Strahlenschutzkabinen auszurüsten sind.

Aus der Bewetterungs-Situation der Asse ergeben sich Einschränkungen für die Antriebstechnik der benötigten Fahrzeuge. Laut der Machbarkeitsstudie zur Rückholung /DMT 09/ ist auf Grund der Gesamtwettermenge und der Aufnahmefähigkeit der Abwetterwege der Einsatz von Dieselfahrzeugen stark eingeschränkt. Es müssen stattdessen vornehmlich Elektrofahrzeuge für die Rückholung eingesetzt werden.

Die Verfügbarkeit entsprechender Bergbaumaschinen wird in /DMT 2009/ als gegeben angesehen. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit hat das Öko-Institut im Rahmen der Unterstützung der Bundesaufsicht über Betrieb und Stilllegung der Asse daher mit einer Prüfung beauftragt, die die Marktverfügbarkeit von Bergbaumaschinen mit Elektroantrieb und wahlweise Fernbedienung oder Strahlenschutzkabinen aufzeigen soll. Die Ergebnisse dieser Prüfung werden sind Gegenstand der vorliegenden Ausarbeitung.

2 Vorgehensweise

Das BfS plant derzeit im Rahmen der in /BfS 2010/ angekündigten Faktenerhebung, durch die Öffnung von zwei Einlagerungskammern genauere Informationen über den Zustand der Abfälle und der Kammern zu erhalten sowie Handhabungsversuche zur Abfallbergung durchzuführen. Festlegungen zur Vorgehensweise sind daher noch nicht getroffen worden. Die ESK hat diesbezüglich in einer Stellungnahme /ESK 2010/ gefordert, dass für die Abfallbergung besondere Bergungsbehälter eingesetzt werden, die je nach Abfallart einer zusätzlichen Abschirmung bedürfen. Eine genauere Beschreibung der Abfallbehälter liegt derzeit nicht vor.

Für die Recherchen bezüglich der Verfügbarkeit von geeignet ausgerüsteten Bergbaumaschinen für die Rückholung der Abfälle aus der Schachanlage Asse wurde daher von folgenden Arbeitsschritten unter Tage ausgegangen:

- Auffahren und Sicherung der Einlagerungskammern
- Bergung von Abfallgebinden, Abfallschüttgut und ggf. kontaminiertem Salz
- Laden der Abfallgebinde und loser Abfälle in Bergungs- und Transportbehälter
- Transport der Bergungs- und Transportbehälter zur untertägigen Konditionierungsanlage (UTK) oder zur Schachtförderanlage
- Übergabe an die untertägige Konditionierungsanlage oder an die Schachtförderanlage

Zur Sicherung müssen die Kammerfirse und Stöße nach und nach beraubt werden. Dies geschieht normalerweise mit Beraubemaschinen oder Firstfräsen. Unter Umständen müssen die Kammern auch mittels Ankern gesichert werden, wofür Ankergeräte zum Einsatz kommen. Die Bergung der Abfälle findet je nach vorgefundenem Zustand mit Baggern, Teleskopladern oder Staplern statt. Noch ist unklar, ob die geborgenen Abfallfässer - zumindest wenn sie beschädigt sind - und eventuell auch durch beschädigte Fässer kontaminiertes Salz direkt in Bergungsbehälter verpackt werden.

Die Abfallgebinde/Bergungsbehälter werden dann zur UTK bzw. zur Schachanlage transportiert. Dies kann grundsätzlich mit Gleislosfahrzeugen, Gleisfahrzeugen oder auch mit geeigneten Stetigförderbändern erfolgen.

Da bei der Handhabung mit den Abfällen mit radioaktiven Stäuben bzw. mit Direktstrahlung zu rechnen ist, müssen die eingesetzten Bergbaumaschinen entweder fern bedient sein oder eine Strahlenschutzkabine besitzen. Als weitere Randbedingung wurde aufgrund der Bewitterungsproblematik nach Maschinen mit Elektroantrieb gesucht.

Als Grundlage für die Recherche wurde das Branchenverzeichnis der „Buyer’s Guide Mining Equipment“ des Fachverbandes Bergbaumaschinen im Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau /VDMA 2010/ verwendet. In /VDMA 2010/ werden 106 deutsche oder in Deutschland vertretene Hersteller für Bergbaumaschinen und Bergbauausrüstungen gelistet. Der Buyer’s Guide enthält eine Tabelle mit 38 Spalten verschiedener im Bergbau angewandter Techniken/Maschinen wie

Schachtabteufen, Bohranlagen, Streckenvortrieb, Schacht- und Streckenausbau und viele andere. Die einzelnen Anbieter sind dort diesen Rubriken zugeordnet.

Für die Recherche wurden zunächst diejenigen Rubriken ausgewählt, die für die Schachtanlage Asse relevant erschienen:

- Gewinnung im Gangerz und Kammerpfeilerbau
- Streckenförderung und Transport unter Tage
- Gleislose Sonderfahrzeuge unter Tage
- Stetigförderer und Komponenten
- Aufgeber- und Entnahmeeinrichtungen
- Steuer- und Regelungstechnik
- Kommunikation, Navigation

Bei den unter diesen Rubriken genannten Herstellern wurde per Internetrecherche untersucht und ausgewertet, in wie weit dort Maschinen mit den speziellen Eigenschaften (Elektroantrieb, Fernsteuerung (Handgeräte oder Kontrollraum) bzw. Strahlenschutzrüstung) für den oben genannten Einsatz angeboten werden. Einzelnen Firmen wurden im Bedarfsfall direkt kontaktiert, um weitere Informationen über die entsprechenden Maschinen anzufordern.

In der vorliegenden Recherche wurde nicht betrachtet, ob die Fahrzeuge/Maschinen auf Grund ihrer technischen und mechanischen Spezifikationen für den Einsatz unter den speziellen örtlichen Gegebenheiten in der Schachtanlage Asse (d.h. Streckendimensionierung, Fahrbahnbreiten, Steigungen, Kurvenradien, Schachtdurchmesser, Salzstaub usw.) geeignet sind.

Es wurden ausschließlich Maschinen/Anlagen für den Einsatz für unter Tage betrachtet. Bergbaumaschinenhersteller, die weder ferngesteuerte, automatisierte oder mit Strahlenschutzkabinen ausgestatte Geräte anbieten, werden in der vorliegenden Arbeit nicht genannt.

Laut der Machbarkeitsstudie zur Rückholung /DMT 09/ sollen die Fahrerkabinen der Fahrzeuge mit geeigneten Filtern ausgestattet werden, so dass die Innenluft der Fahrzeuge weitgehend frei von kontaminierten Schwebstoffen ist. Entsprechende Filterausrüstungen gegen Stäube können als Stand der Technik angesehen werden. In wie weit eine solche Methode in Strahlenschutzkabinen integriert werden kann, bzw. ob diese Maßnahme unter Berücksichtigung von Direktstrahlung und gasförmig auftretenden Radionukliden (i. W. Tritium, ^{14}C) ausreichend ist, muss im Rahmen der Planung des Antragsstellers geklärt werden und ist nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit.

In den folgenden Kapiteln werden die Rechercheergebnisse der einzelnen Rubriken dargestellt.

3 Rechercheergebnisse

3.1 Gewinnung im Gangerz und Kammerfeilerbau

Die Anbieter von Bergbaumaschinen in dieser Rubrik wurden untersucht, da die Kammern geöffnet werden müssen, um an die Abfälle zu gelangen. Es wurde nach Maschinen wie z.B. Bohrern, Radladern oder Fräsen gesucht, um die Kammern zu öffnen, zu sichern und Abfälle/Schüttgut zu laden.

In /VDMA 2010/ werden hier 14 Firmen gelistet. Bei der Internetrecherche fanden sich bei 8 Firmen keine Bergbaumaschinen mit den geforderten Techniken. Im Folgenden werden die Firmen in einer Tabelle aufgeführt, die fern bediente, elektrogetriebene und/oder ferngesteuerte Maschinen für unter Tage serienmäßig anbieten.

Tabelle 1 : Firmen, die Bergbaumaschinen für die Gewinnung im Gangerz und Kammerfeilerbau mit Strahlenschutzkabine, Fernsteuerung und/oder Elektroantrieb anbieten

Firma Homepage	Strahlenschutz- kabinen	Fernsteuerung	Elektroantrieb
Atlas Copco MCT GmbH www.atlascopco.com	keine Hinweise auf Strahlenschutz- / Atemschutzkabinen	Scooptram LDHs: Gesamtsystem (Laden-Befördern-Entladen): Fernbedienung erfolgt von einem Kontrollraum aus; Signalübertragung über Relaisstationen, Fahrzeuge mit Kameras und Sensoren ausgestattet. Außerdem für Scooptram LDHs: Funkfernbedienung mit 60 m Reichweite für Lader	Scooptram LHDs ¹ mit elektrischen Antrieb (Scooptram) und Fernbedienung
Bucyrus DBT Europe GmbH www.bucyrus.com	keine Hinweise auf Strahlenschutz- / Atemschutzkabinen	Flözabbau-Fräsen mit Nahbereichs-Funkfernbedienung, Jumbo Drills mit Fernbedienung und Elektroantrieb	Loader und Hauler mit Elektroantrieb, kabellos, ohne Fernbedienung Jumbo Drills mit Fernbedienung und Elektroantrieb
Deilmann-Haniel Mining Systems GmbH www.dh-ms.com	keine Hinweise auf Strahlenschutz- / Atemschutzkabinen	Funkfernsteuerungen, drahtlose Steuerung von Ladern, Bohrgeräten und anderen Maschinen (auch Spezialmaschinen), werden als Tragegeräte angeboten, kein Hinweis auf die Reichweite	Lader, Bohrer, Fräse (Kombigeräte) mit elektrohydraulischen Antrieben, Funkfernsteuerung möglich

¹ LDHs: Load-Haul-Dump-Radlader, die das Material laden, befördern und entladen

Firma Homepage	Strahlenschutz- kabinen	Fernsteuerung	Elektroantrieb
GHH Fahrzeuge GmbH www.ggh-fahrzeuge.de	keine Hinweise auf Strahlenschutz- / Atemschutzkabinen	Automatisierte Fahrer, keine Angaben zum Antrieb	Elektrofahrer, keine Angaben zu Fernsteuerung
Herbst Spezialfahrzeugbau und Bergwerksmaschinen GmbH www.hfh-herbst.de	Strahlenschutzkabinen möglich, alle Maschinen haben Dieselantrieb Trägerschleppfahrzeug Taurus zum Transport von Fässern mit radioaktiven Abfallstoffen mit 10 t Tragkraft und Strahlenschutzkabine Knickgelenkter Gabelstapler Antares mit Strahlenschutzkabine. Tragkraft 20 t für die Einlagerung radioaktiver Abfallstoffe, Geländeallradgabelstapler Arktur II 40/60 KN mit Strahlenschutzkabine zum Einstapeln von radioaktiven Abfallstoffen. Knickgelenkter Transportkran Sirius für 10 t radioaktive Abfallstoffe im Abschirmbehälter Stossdämpfer für Transport radioaktiver Abfälle	Nach Angabe des Herstellers grundsätzlich möglich	nach Aussage des Herstellers ist die Umrüstung von Dieselantrieb auf Elektroantrieb schwierig.
Sandvik Mining & Construction Central Europe GmbH www.smc.sandvik.com	keine Hinweise auf Strahlenschutz- / Atemschutzkabinen	AutoMine™ system für Lader/Hauler (Elektroantrieb möglich) und Trucks. Gesamtsystem mit Kontrollraum, Relaisstationen und Sensor/Kameraausstattung der Fahrzeuge Ferngesteuerter Reef Dozer mit onboard video system (Dieselantrieb)	verschiedene elektrisch (mit Kabel) angetriebene Loader (Fernsteuerung möglich), Shuttle car mit Fernbedienung

Atlas Copco bietet das System LDH mit Fernbedienung und elektrischem Antrieb an. Die Fernbedienung erfolgt von einem Kontrollraum aus. Zusätzlich werden auch Funkfernbedienungen für LDHs mit einer Reichweite von 60m angeboten.

Die Firma Bucyrus bietet Flözabbaufräsen mit Nahbereichs-Funkfernbedienung an, ein Hinweis auf die Antriebsart findet sich nicht. Ob derartige Fräsen bei der Fragestellung der Asse einsetzbar sind, wurde nicht geklärt. Außerdem werden Bohrer mit Fernbedienung und Elektroantrieb angeboten. Für die angebotenen Loader und

Hauler mit Elektroantrieb findet sich kein Hinweis auf die Möglichkeit einer Fernbedienung.

Die Firma Deilmann-Haniel bietet Geräte zum laden, bohren und fräsen mit elektrohydraulischem Antrieb (mit Kabel) und möglicher Funkfernsteuerung über ein Handbedienungsgerät an.

Die GHH Fahrzeuge GmbH bietet automatisierte Fahrlader und Elektrofahrlader an. Es finden sich keine Hinweise darauf, in wie weit die Automatisierung und der Elektroantrieb kombiniert an einem Fahrzeug eingesetzt werden können.

Firma Herbst ist der einzige Anbieter, der verschiedene Maschinen mit Strahlenschutzkabinen anbietet. Laut Herstellerangaben sind diese Maschinen alle dieselbetrieben und eine Umrüstung auf elektrischen Antrieb wäre schwierig zu bewerkstelligen. Fernsteuerung ist laut Hersteller für diese Maschinen aber grundsätzlich möglich.

Sandvik bietet im Auto-Mine-Sortiment Lader und Shuttle-Cars mit Elektroantrieb (mit Kabel) und Fernsteuerung (Kontrollraum) an.

Im Folgenden werden die Aussagen der Machbarkeitsstudie über die in dieser Kategorie genannten Maschinen dahingehend überprüft, ob die voraussichtlich für die entsprechenden Rückholschritte benötigten Fahrzeuge am Markt verfügbar sind.

Für die Bergung der Abfälle, die in die Kammern abgekippt und anschließend mit Salzgrus überschüttet wurden, bieten sich gemäß der Machbarkeitsstudie zur Rückholung /DMT 09/ Hammer- oder Fräswerke bzw. die Schaufel des Baggers an. Die Bucyrus DBT Europe GmbH bietet Jumbo Drills mit Fernbedienung und Elektroantrieb, Firma Deilmann-Haniel bietet hierfür kombinierte Maschinen zum Bohren und Laden mit elektrohydraulischem Antrieb und möglicher Funkfernsteuerung an. Fahrlader werden von mehreren Firmen mit Elektroantrieb und mit Fernsteuerung angeboten. Zur Kammerentleerung soll nach /DMT 09/ ein Raupenbagger mit fernbedienbarer Schnellwechseleinrichtung zum Einsatz kommen. Die fernbedienbare Schnellwechseleinrichtung soll nach /DMT 09/ auf dem Markt erhältlich sein. Bei den Recherchen im Rahmen dieser Arbeit konnte kein Anbieter gefunden werden, der einen fernbedienbaren Raupenbagger mit Schnellwechseleinrichtung anbietet.

Nach /DMT 09/ erfolgt das Abladen der Abfälle mittels Radlader, sobald eine größere Fläche der Kammer befahrbar ist. Elektrisch betriebene ferngesteuerte Radlader werden von Atlas Copco, Deilmann-Haniel und Sandvik angeboten.

Das Verladen des gewonnenen Materials erfolgt nach /DMT 09/ zu Beginn der Kammerentleerung direkt auf die bergbauüblichen Fahrzeuge (Shuttlecar bzw. Hauler). Ein Shuttlecar mit Elektroantrieb und Fernsteuerung wird von der Firma Sandvik angeboten. Dieses Shuttlecar verfügt allerdings über ein Schleppkabel, wodurch die Reichweite begrenzt wird. Batteriebetriebene Bergbaumaschinen sind nach Aussage des Herstellers zwar verfügbar, in ihrer Leistung aber stark eingeschränkt. So seien batteriebetriebene Bergbaumaschinen deutlich langsamer als die mit Schleppkabel ausgerüsteten und das Überwinden von Geländesteigungen sei nur sehr eingeschränkt möglich. Einen kabellosen Hauler ohne Fernbedienung bietet die Firma

Bucyrus an. Atlas Copco bietet einen elektrisch betriebenen LDH mit Fernbedienung.

Nach /DMT 09/ ist anzustreben, dass der Vorgang des Gewinnens und Sicherns ferngesteuert durchgeführt wird. Dabei sei die Umrüstung auf ferngesteuerte Geräte Stand der Technik. Bei den Recherchen zu vorliegender Arbeit fand sich allerdings kein Anbieter von Automationstechniken, die in beliebige Bergbaumaschinen integriert werden können. Rückfragen bei verschiedenen Herstellern ergaben, dass das Ausstatten weiterer als der jeweils serienmäßig angebotenen ferngesteuerter Maschinen mit Entwicklungsarbeit verbunden wäre.

In wie weit eine Funkfernsteuerung der Maschinen über ein Handgerät entsprechender Reichweite bei Gewährleistung der nötigen Sicht für entsprechende Arbeiten auch einen unter Strahlenschutzaspekten nötigen Abstand (z.B. zum Schutz vor Direktstrahlung oder vor gasförmigen Radionukliden) leisten kann, ist noch zu klären. Es ist aber nicht zu erwarten, dass eine solche Fernbedienung eine persönliche Atemschutzausrüstung (Vollschutz) ersetzen kann.

Werden nicht auf dem Markt erhältliche Maschinen mit strahlenschutztechnisch geschirmter Kabine benötigt, so bieten nach /DMT 09/ Fachfirmen eine entsprechende Nachrüstung an. Firma Herbst ist nach derzeitigem Kenntnisstand die einzige Firma, die Strahlenschutzkabinen herstellt. Die Kabinen sind nach Rückfrage beim Hersteller nur bedingt bei anderen Bergbaumaschinen einsetzbar. Die Strahlenschutzkabinen werden aus Stahl und Strahlenschutzglas mit einer Dicke zwischen 60-80mm gefertigt. Diese Kabinen wiegen je nach Größe etwa 4t. Insofern müssen Bergbaumaschinen, die mit einer solchen Kabine ausgestattet werden sollen, für dieses Gewicht ausgelegt sein.

3.2 Streckenförderung und Transport unter Tage

Die Anbieter von Bergbaumaschinen in dieser Rubrik wurden untersucht, da die Abfälle in der Asse, nachdem sie aus den Kammern geborgen wurden, entweder zu einer untertägigen Konditionierungsanlage oder zur Schachtanlage transportiert werden müssen. Es wurde nach Maschinen gesucht, die einen /mehrere Abfall- bzw. Bergungsbehälter transportieren können.

Unter dieser Kategorie werden in /VDMA 2010/ 14 Firmen gelistet. Bei der Internetrecherche fanden sich bei 10 Firmen keine entsprechenden Bergbaumaschinen mit den hier geforderten Techniken. Im Folgenden werden die Firmen in einer Tabelle aufgeführt, die elektrobetriebene und/oder ferngesteuerte Maschinen bzw. Maschinen mit Strahlenschutzkabinen für unter Tage anbieten.

Tabelle 2: Firmen, die Bergbaumaschinen für die Streckenförderung und Transport unter Tage mit Strahlenschutzkabine, Fernsteuerung und/oder Elektroantrieb anbieten

Firma Homepage	Strahlenschutz- kabinen	Fernsteuerung	Elektroantrieb
Becker Mining Sys- tems AG www.becker-mining.com	keine Angaben	Seilgetriebene Schie- nenflurbahn, mannloser Betrieb	Schienenflurbahnen mit elektrischem Antrieb und Schleppkabel oder elektrohydraulischem Antrieb und Schleppkabel, keine Angaben zu Fern- steuerung
Herbst Spezialfahr- zeugbau und Berg- werksmaschinen GmbH www.hfh-herbst.de	Strahlenschutzkabinen möglich, alle Maschinen haben Dieselantrieb Trägerschleppfahrzeug Taurus zum Transport von Fässern mit radio- aktiven Abfallstoffen mit 10 t Tragkraft und Strahlenschutzkabine Knickgelenkter Gabel- stapler Antares mit Strahlenschutzkabine. Tragkraft 20 t für die Einlagerung radioakti- ver Abfallstoffe, Geländeallradgabel- stapler Arktur II 40/60 KN mit Strahlenschutz- kabine zum Einstapeln von radioaktiven Abfall- stoffen. Knickgelenkter Trans- portkran Sirius für 10 t radioaktive Abfallstoffe im Abschirmbehälter Stossdämpfer für Transport radioaktiver Abfälle	grundsätzlich möglich	laut Hersteller ist die Umrüstung auf Elektroan- trieb schwierig
Putzmeister Con- crete Pumps GmbH www.putzmeister.de	Sanierung des Reaktors Tschernobyl: Beton- pumpen mit Strahlen- schutz	keine Angaben	keine Angaben
Schalkers Eisenhütte Maschinenfabrik GmbH www.schalkers- eisenhuetten.de	keine Angaben	Mannloser Betrieb von Bergbaulokomotiven, automatischer Gü- terumschlag. Steuerung über WLAN-basiertes Kommunikationssys- tem. Vollautomatische Be- und Entladung von Transportbehältern auf Schienenfahrzeuge.	elektrisch betriebene Bergbaulokomotive

Die Becker Mining Systems AG bietet seilbetriebene Schienenflurbahnen, die mannlos betrieben werden können, an. Es gibt auch Schienenflurbahnen mit elektrischem bzw. elektrohydraulischem Antrieb und Schleppkabel, über eine Fernsteuerung liegen hier keine Informationen vor. Die Firma Herbst bietet verschiedene dieselmotortriebene Maschinen mit Strahlenschutzkabinen an, die nach Angaben des

Herstellers mit Fernbedienung ausgestattet werden können. Die Schalker Eisenhütte Maschinenfabrik GmbH vertreibt elektrisch betriebene Bergbaulokomotiven und bietet die Automatisierung (Fernbetrieb) dafür an. Fa. Putzmeister entwickelte für die Sicherung des Reaktors in Tschernobyl eine mit speziellem Strahlenschutz ausgestattete Betonpumpe.

Gleislosfahrzeuge sind nach der Machbarkeitsstudie /DMT 09/ wegen ihrer höheren Flexibilität und ihrer Fähigkeit, auch Steigungen zu überwinden, einem gleisgebundenen Transport vorzuziehen. In wie weit diese Aussage bereits abgesichert ist, ist nicht Gegenstand dieser Arbeit. Es gilt allerdings zu bedenken, dass, wie bereits an anderer Stelle erwähnt, elektrisch betriebene Gleislosfahrzeuge meist mit Schleppkabel versehen sind und somit eine geringe Reichweite haben. Werden sie mit Batterien betrieben, so sind Einbußen in der Geschwindigkeit und in der Überwindung von Steigungen zu erwarten.

3.3 Gleislose Sonderfahrzeuge unter Tage

Die Anbieter von Bergbaumaschinen in dieser Rubrik wurden untersucht, da der Umgang mit radioaktiven Stoffen in den meisten Fällen Spezialfahrzeuge erfordert. Es wurde hier nach Fahrzeugen für jede der genannten Schritte der Rückholung gesucht.

Unter dieser Kategorie werden in /VDMA 2010/ 6 Firmen gelistet. Bei der Internetrecherche fanden sich bei 4 Firmen keine entsprechenden Bergbaumaschinen mit den geforderten Techniken. Im Folgenden werden die Firmen in einer Tabelle aufgeführt, die elektrobetriebene und/oder ferngesteuerte Maschinen bzw. Maschinen mit Strahlenschutzkabinen für unter Tage anbieten.

Tabelle 3: Firmen, die gleislose Sonderfahrzeuge für unter Tage mit Strahlenschutzkabine, Fernsteuerung und/oder Elektroantrieb anbieten

Firma Homepage	Strahlenschutz- kabinen	Fernsteuerung	Elektroantrieb
ABB Automation GmbH www.abb.com/mining			elektrisch betriebene Trucks, kein Hinweis auf Fernsteuerung
Herbst Spezialfahr- zeugbau und Berg- werksmaschinen GmbH www.hfh-herbst.de	Strahlenschutzkabinen für verschiedene Spezi- alfahrzeuge, Einsatz in Asse und Morsleben Stossdämpfer für Transport radioaktiver Abfälle	Einlagerungsmaschine für abgebrannte Brenn- elemente für Schwe- den, ferngesteuert	Umstellung auf Elektroan- trieb schwierig

Die Firma ABB Automation GmbH vertreibt elektrisch betriebene Trucks. Es findet sich hier kein Hinweis auf die Möglichkeit der Fernsteuerung. Firma Herbst vertreibt verschiedene Maschinen mit Strahlenschutzkabinen. Die einzelnen Maschinen werden in Tabelle 1 und Tabelle 2 benannt. Außerdem bietet Firma Herbst eine fernege-

steuerte Einlagerungsmaschine für abgebrannte Brennelemente an. Für den Transport von Abfällen werden außerdem spezielle Stoßdämpfer angeboten.

Im Folgenden werden die Aussagen der Machbarkeitsstudie über die in dieser Kategorie genannten Maschinen dahingehend überprüft, ob die voraussichtlich für die entsprechenden Rückhol Schritte benötigten Fahrzeuge am Markt verfügbar sind.

Für den Transport der Abfälle zur UTK bzw. zur Schachtanlage empfiehlt /DMT 09/ Kettenfahrzeuge, die für den Tunnelbau optimiert sind. Kettenfahrzeuge mit Elektroantrieb und Fernbedienung bzw. Strahlenschutzkabine konnten im Rahmen dieser Recherche nicht gefunden werden.

Für schwerere Behälter (bis 5t) empfiehlt /DMT 09/ Teleskoplader. Hier bietet die Firma Herbst Gabelstapler mit Strahlenschutzkabinen an. Diese sind allerdings dieselbetrieben und eine Umrüstung ist laut Herstellerangabe schwierig.

Nach /DMT 09/ müssen in der Frühphase der Leerung die Vorgänge des Lösens, Sicherns und Greifens bzw. Aufnehmens der Gebinde aus Platzgründen nacheinander erfolgen. Hierzu sollte nach /DMT 09/ ein Arbeitsgerät mit Multifunktionalität eingesetzt werden, die in ausreichend großer Auswahl am Markt verfügbar seien. Solche Geräte, die elektrisch betrieben und fernsteuerbar sind bzw. eine Strahlenschutzkabine haben, konnten im Rahmen dieser Arbeit nicht ausgemacht werden. Lediglich Firma Deilmann-Haniel bietet ein Kombigerät zum Laden, Bohren und Fräsen mit Funkfernbedienung (Handgerät) an. In wie weit diese Maschine hier zum Einsatz kommen könnte, müsste im Rahmen der Planung geklärt werden.

3.4 Stetigförderer und Komponenten

Die Anbieter von Bergbaumaschinen in dieser Rubrik wurden untersucht, da die Abfälle in der Asse, nachdem sie aus den Kammern geborgen wurden, entweder zu einer untertägigen Konditionierungsanlage oder zur Schachtanlage transportiert werden müssen. Es wurde nach Vorrichtungen gesucht, auf denen die Abfall- bzw. Bergungsbehälter auf einer Förderanlage mit Rollen, Gurten o. ä. zur untertägigen Konditionierungsanlage bzw. zur Schachtanlage transportiert werden können.

Unter dieser Kategorie werden in /VDMA 2010/ 26 Firmen gelistet. Bei der Internetrecherche fanden sich zahlreiche Produkte für den Transport von verschiedenen Schüttgütern.

Es wurde von der Annahme ausgegangen, dass der Transport des Verfüllmaterials der Kammern aus der Schachtanlage Asse nicht als Schüttgut über einen Stetigförderer transportiert werden können, da, selbst, wenn die Anlage staubdicht verschlossen wäre, eine Kontamination der Anlage nicht ausgeschlossen werden kann. Vielmehr sind für den Transport spezielle Bergungs- oder Transportbehälter erforderlich (s. a. /ESK 2010/).

Ob Bergungsbehälter auch auf einem für Schüttgut ausgelegten Stetigförderer transportiert werden können, wurde nicht untersucht. Ebenso wenig wurde untersucht, in wieweit Förderanlagen für den übertägigen Einsatz für den Einsatz in der

Schachtanlage Asse geeignet sind. Stetigförderer für den Einsatz unter Tage, die für den Transport von Behältern bzw. Containern ausgelegt sind, fanden sich nicht.

3.5 Aufgeber und Entnahmeeinrichtungen

Die Anbieter von Bergbaumaschinen in dieser Rubrik wurden untersucht, um Maschinen/Anlagen/Geräte zu finden, die die Bergungsbehälter auf eine Stetigförderanlage aufgibt bzw. diese herunternimmt.

Unter dieser Kategorie werden in /VDMA 2010/ 16 Firmen gelistet. Bei der Internetrecherche fanden sich ausschließlich Maschinen/Anlagen/Geräte für das Handling von Schüttgut. Da in der Schachtanlage Asse voraussichtlich Bergungsbehälter für den Transport zum Einsatz kommen, werden die angebotenen Anlagen hier nicht weiter ausgeführt.

Maschinenfabrik Hese GmbH (www.hese.de) bietet Schachtbeschickungseinrichtungen mit elektrischen oder pneumatischen Antrieben an. In wieweit diese für Behälter genutzt werden kann, wäre ggf. im Bedarfsfall zu prüfen.

3.6 Steuer- und Regelungstechnik

Die Anbieter von Steuer- und Regelungstechnik für Bergbaumaschinen wurden untersucht, da für die Rückholung der Abfälle aus der Schachtanlage Asse aus Strahlenschutzgründen größtenteils fern bediente Maschinen zum Einsatz kommen sollen. Es wurde untersucht, in wie weit Automatisierungssysteme zur Fernsteuerung von Bergbaumaschinen am Markt verfügbar sind, die zur Fernsteuerung beliebiger Bergbaumaschinen genutzt bzw. angepasst werden können.

Unter dieser Rubrik werden in /VDMA 2010/ 21 Firmen gelistet. Bei der Internetrecherche fanden sich bei keiner Firma Hinweise auf die gesuchten Technologien.

Nach /DMT 09/ ist das Umrüsten auf ferngesteuerte, hier benötigte Geräte Stand der Technik. Hierzu sei angemerkt, dass es zwar ferngesteuerte Bergbaumaschinen gibt und diese somit „Stand der Technik“ sind. Dennoch konnte im Rahmen dieser Recherche kein Anbieter gefunden werden, der das Umrüsten beliebiger Maschinen auf Fernsteuerungstechnik anbietet. Selbst Anbieter ferngesteuerter Maschinen gaben auf Nachfrage zu bedenken, dass sie nicht ohne Weiteres alle eigenen Maschinen ohne Entwicklungsaufwand mit ihrem Automationssystem ausrüsten können, und dass die jeweils eigenen elektronischen Systeme naturgemäß nicht auf beliebige andere Maschinen übertragbar sind.

3.7 Kommunikation, Navigation

Unter dieser Kategorie werden in /VDMA 2010/ 5 Firmen gelistet. Die Anbieter für Kommunikations- und Navigationstechnik wurden insbesondere hinsichtlich der Navigation von ferngesteuerten Maschinen unter Tage untersucht. Bei der Internetrecherche fanden sich aber bei keiner der im Byuers Guide gelisteten Firmen Hinweise auf entsprechend verfügbare Techniken zur Ausrüstung der benötigten Bergbaumaschinen.

4 Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse und offene Fragen

Die Grundlage der hier vorgelegten Recherche war vornehmlich der "Buyer's Guide Mining Equipment" des Verbandes deutscher Maschinen- und Anlagenbau /VDMA 2010/. Dieser Guide listet 106 Hersteller von Bergbaumaschinen und –zubehör nach deren Portfolio in 38 verschiedenen Rubriken. Von diesen Rubriken wurden zur Recherche diejenigen ausgewählt, die für die Rückholung der Abfälle aus der Asse relevant erschienen:

- Gewinnung im Gangerz und Kammerpfeilerbau
- Streckenförderung und Transport unter Tage
- Gleislose Sonderfahrzeuge unter Tage
- Stetigförderer und Komponenten
- Aufgeber und Entnahmeeinrichtungen
- Steuer- und Regelungstechnik
- Kommunikation, Navigation

In diesen 7 Kategorien sind insgesamt 58 Hersteller gelistet. Für diese Arbeit wurde auf den Internetseiten dieser Hersteller recherchiert, mit einigen Herstellern wurde direkt Kontakt aufgenommen.

8 Hersteller bieten Maschinen mit Fernbedienung an. Strahlenschutzkabinen werden lediglich von einer Firma angeboten, elektrisch getriebene Fahrzeuge und Maschinen bieten 8 Firmen an. Die Kombination von Maschinen mit Fernbedienung und Elektroantrieb, wie sie in der Asse benötigt werden, wird von 5 Firmen angeboten. Maschinen mit Strahlenschutzkabinen und Elektroantrieb bietet keine Firma direkt an.

Folgende Firmen bieten Geräte mit Fernbedienung und Elektroantrieb zum Bohren, Laden oder Befördern an: Atlas Copco MCT GmbH, Bucyrus DBT Europe GmbH, Deilman-Haniel Mining Systems GmbH, Sandvik Mining & Construction Central Europe GmbH und Becker Mining Systems AG. Zum Teil werden diese Geräte von einem Kontrollraum aus bedient und über Kameras überwacht, was im Hinblick auf den Strahlenschutz sicher die weitestgehende Technik darstellt. Für andere Geräte wird eine Funkfernbedienung als Tragegeräte angeboten. Hier wird die Steuerung auf Sicht durchgeführt und die Reichweite der Fernbedienung ist beschränkt. Inwiefern diese Art der Fernsteuerung Strahlenschutzaspekten genügt bzw. ein präzises Arbeiten auf Sicht zulässt, wäre im Rahmen der Planung zu prüfen.

Elektrogetriebene Fahrzeuge werde hauptsächlich über ein Schleppkabel mit Strom versorgt. Dies bedingt eine begrenzte Reichweite der Maschinen. Die Reichweite liegt normalerweise bei etwa 200-400m. Werden batteriebetriebene Maschinen eingesetzt, so hat dies nach Aussage einiger Hersteller Auswirkungen auf die Geschwindigkeit der Maschinen. Auch bei Steigungen, die von den Maschinen zu bewältigen sind, kommen diese sehr schneller an ihre Leistungsgrenze.

Bergbaumaschinen mit Strahlenschutzkabinen werden ausschließlich von der Firma Herbst angeboten, die sich in der Vergangenheit auf diese Zusatzausrüstung spezialisiert hat. Die angebotenen Fahrzeuge der Fa. Herbst sind alle dieselbetrieben und eine Umrüstung auf Elektroantrieb ist nach Aussage des Herstellers schwierig. Die Probleme werden von Hersteller hauptsächlich bei der geringeren Leistungsfähigkeit von batteriebetriebenen Fahrzeugen gesehen. Die Strahlenschutzkabinen sind auf Grund ihres Gewichts (rund 4t) nur bedingt in andere Bergbaufahrzeuge zu integrieren. Da die mit Strahlenschutzkabinen ausgestatteten Fahrzeuge relativ schwer sind, ist bei Batteriebetrieb mit Einbußen in Geschwindigkeit und Steigfähigkeit zu rechnen. Grundsätzlich wäre es aber möglich, die Fahrzeuge der Fa. Herbst mit einer Fernsteuerung auszurüsten.

Bei einigen Herstellern von Bergbaumaschinen fand sich der Hinweis darauf, dass Sonderfahrzeuge mit speziellen Eigenschaften angeboten werden können. Wie lange eine solche Entwicklung, Umrüstung und entsprechende Anpassungen an die in der Asse für die Rückholung benötigten Maschinen dauern würde, lässt sich derzeit nicht abschätzen.

Bei der Recherche ergaben sich folgende offenen Fragen, die im Rahmen einer spezifischen Planung der Rückholvorgänge zu berücksichtigen wären:

- In wie weit kann das Angebot der oben genannten Hersteller den Maschinenbedarf für alle Schritte der Rückholung abdecken?
- Wie kann mit der geringen Reichweite von Maschinen mit Schleppkabeln bzw. der geringeren Leistung bei Batterieeinsatz umgegangen werden?
- Sind die verfügbaren Maschinen mit Fernsteuerung und Elektroantrieb hinsichtlich ihrer technischen und mechanischen Spezifikationen für diesen Einsatz geeignet bzw. haben sie die nötigen Zulassungen²?
- Sind Maschinen mit Funkfernbedienung und tragbaren Geräten auf Grund des Abstandes des Operators für Arbeiten, die eine gute Sicht erfordern, unter Strahlenschutzaspekten überhaupt einsetzbar?

Die Recherche bietet erste Hinweise darüber, dass die Kombination von ferngesteuerten und elektrisch betriebenen Bergbaumaschinen prinzipiell bei einigen Herstellern verfügbar ist. Am weitesten entwickelt erscheinen diese Techniken im Bezug auf Lade- und Transportvorgänge. Die Leistungsgrenzen derartiger Fahrzeuge sind aber bei der Planung der untertägigen Arbeiten zu beachten.

Da die Forderung nach Elektroantrieb und Fernbedienung/Strahlenschutz auf unterschiedliche Randbedingungen zurückgehen, könnte zumindest dem Problem des Elektroantriebs zugunsten der Strahlenschutzsicherung damit begegnet werden, dass die Wettersituation der Asse an die verstärkte Verwendung von Verbrennungsmotoren angepasst wird. Unter diesen Voraussetzungen ließen sich ggf. auch leistungsstarke, mit Verbrennungsmotoren angetriebene Maschinen mit Strahlenschutzkabinen einsetzen. Ob dies technisch in ausreichendem Maß möglich ist, ist

² Firma Sandvik wies z.B. darauf hin, dass die von ihnen angebotenen elektrischen Lader, die eigentlich im Steinkohlebergbau eingesetzt werden, bisher keine EU-Zulassung haben.

allerdings unklar und muss ggf. Gegenstand der weiteren Planungen des Antragstellers sein.

Weniger verfügbar erscheinen hingegen die Möglichkeiten zur Umrüstung bestehender oder marktverfügbarer Maschinen, sei es mit Fernsteuerungen, Strahlenschutzkabinen oder Elektroantrieben. Anbieter von Komplettsystemen für bestimmte Tätigkeiten (hier i. W. Laden und Transportieren) verneinen die Frage danach, ob die angewandte Technologie generell und ohne weiteres auch auf andere Arbeitsschritte oder Maschinen übertragbar sei. Die Verfügbarkeit einzelner technischer oder elektronischer Komponenten gewährleistet nicht ihre Einsatzfähigkeit für die vorgesehene Aufgaben (z.B. den Einsatz einer Funkfernsteuerung mit Handgerät) bzw. ihre Kompatibilität in einem anderen Gesamtsystem. Zusatzausrüstungen wie Strahlenschutzkabinen schränken aus Gewichtsgründen die Leistungsfähigkeit der so umgerüsteten Maschinen ein. Die Umrüstung dieselgetriebener Fahrzeuge und Maschinen auf Elektroantrieb ist ebenso wenig trivial und darüber hinaus bei Batterieeinsatz mit Leistungseinschränkungen verbunden. Derartige Leistungseinschränkungen sind in der Planung der Rückholung in jedem Fall zu berücksichtigen, da sie wesentlichen Einfluss auf den Ablauf der untertägigen Arbeiten haben können. Außerdem ist mit noch nicht geleistetem Entwicklungsbedarf für einzelne technische Lösungen zu rechnen.

5 Literaturverzeichnis

- | | |
|-----------|---|
| VDMA 2010 | Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.: Buyer's Guide Mining Equipment 2009/2010 |
| DMT 2009 | DMT GmbH & Co. KG, TÜV NORD SysTec GmbH & Co. KG: Beurteilung der Möglichkeit einer Rückholung der LAW-Abfälle aus der Schachanlage Asse. Stand: 25.09.2009 |
| BfS 2010 | Optionenvergleich Asse - Fachliche Bewertung der Stilllegungsoptionen für die Schachanlage ASSE II, 9A/21400000/MZA/RB/0001/00, Januar 2010 |
| ESK 2010 | Stellungnahme der Entsorgungskommission (ESK) zu Fragen des BMU zur möglichen Rückholung und Konditionierung von radioaktiven Abfällen aus der Schachanlage Asse II, 07.04.2010 |