

Kurzstellungnahme zum Stand der

**„Studie zur Eignungsfähigkeit und zum
Entwicklungsbedarf von Gerätschaften /
Werkzeugen für den Einsatz in der
Schachtanlage Asse II -
Arbeitspakete 1 bis 3a“
Karlsruher Institut für Technologie,
Februar 2012 bis 13.05.2015**

Arbeitsgruppe Optionen – Rückholung (AGO)

**Projektträger Karlsruhe – Wassertechnologie und Entsorgung (PTKA-WTE)
Stacheder, M.; Stumpf, S.**

Sachverständige der Begleitgruppe Asse-II des Landkreises Wolfenbüttel

**Bertram, R.
Hoffmann, F.
Kreusch, J.
Krupp, R.
Neumann, W.**

Abgestimmte Endfassung: 30.06.2016

Inhalt

0 Veranlassung und Vorgehensweise	3
0.1 Veranlassung	3
0.2 Vorgehensweise	3
0.3 Von der AGO berücksichtigte Unterlagen und Informationen.....	3
1. Aufgabenstellung der Studie.....	4
2. - 1. Zwischenbericht - Marktrecherche möglicher Bergungstechnologien	4
2.1 Sachstand	4
2.2 Kommentar AGO	5
3. - 2. Zwischenbericht - Vorversuche mit Versatzmaterial und Versuchsreihen zum Lösen und Freilegen von Gebinden	5
3.1 Kap. 2 - Voruntersuchungen mit Steinsalz	5
3.2 Kap. 3 - Versuche zum Freilegen und Lösen von Gebinden	5
3.3 Kap. 4 - Zugversuche mit Gebinden	7
3.4 Kap. 6 - Ausblick und weiteres Vorgehen	8
4. - 3. Zwischenbericht - Eignungsfähigkeit	8
4.1 Sachstand	8
4.2 Kommentar der AGO	10
5. - 4. Zwischenbericht - Schildvortrieb.....	11
5.1 Kap. 1 - Einleitung	11
5.2 Kap. 2 - Grundlagen und Rahmenbedingungen.....	12
5.3 Kap. 3 - Beschreibung bestehender maschineller Vortriebs- und Abteufverfahren.....	14
5.4 Kap. 4 - Untersuchung und Bewertung von Vortriebs-/Abteufvarianten	15
5.5 Kap. 5 - Entwurf eines Rückholkonzeptes durch Schildvortriebe mit Teilflächenabbau	16
5.6 Kap. 6 - Infrastruktur für einen Schildvortrieb	20
5.7 Kap. 7 - Zusammenfassung.....	21
6. Fazit der AGO zum aktuellen Stand der Untersuchungen zur Bergetechnik	21
Literatur	22
Anhang 1	23
Anhang 2.....	24
Anhang 3.....	26

0 Veranlassung und Vorgehensweise

0.1 Veranlassung

Am 18.02.2013 veröffentlichte die AGO eine Kurzstellungnahme (AGO 2013) zum Entwurf der „Studie zur Eignungsfähigkeit und zum Entwicklungsbedarf von Gerätschaften/Werkzeugen für den Einsatz in der Schachanlage Asse II - 1. Zwischenbericht - Marktrecherche möglicher Bergungstechnologien (Arbeitspaket 2)“ (KIT 2012).

In der Folgezeit gingen der AGO drei weitere Berichte aus dem Programm der Studie zu:

Arbeitspaket 2a:

2. Zwischenbericht - Vorversuche mit Versatzmaterial und Versuchsreihen zum Freilegen und Lösen von Gebinden, Stand: 09.09.2013 (KIT 2013).

Arbeitspaket 3:

3. Zwischenbericht – Eignungsfähigkeit vorhandener Techniken, Stand: 30.10.2014 (KIT 2014).

Arbeitspaket 3a:

4. Zwischenbericht – Machbarkeitsstudie für die Methode „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“, Stand: 13.05.2015 (KIT 2015).

Mit Schreiben vom 19.11.2015 ging der 4. Zwischenbericht den Mitgliedern der AGO vom BfS per E-Mail zu. In der folgenden AGO-Sitzung 01/2016 am 21.01.2016 verständigte sich die AGO darauf, zum aktuellen Stand der Studie unter Einbeziehung der bisher veröffentlichten Zwischenberichte eine Kurzstellungnahme zu erarbeiten.

0.2 Vorgehensweise

Diese Kurzstellungnahme der AGO befasst sich im Wesentlichen mit der Bewertung der Inhalte der vorliegenden Zwischenberichte 2., 3. und 4. hinsichtlich des Erkenntniszuwachses für die Rückholung. Wie schon in der Kurzstellungnahme AGO (2013) erfolgt auch hier seitens der AGO keine Bewertung der einzelnen dargestellten Techniken. Die AGO hat über einen Entwurf der Stellungnahme auf ihren Sitzungen 04/2016 am 14.04.2016, 05/2016 am 11.05.2016 und 06/2016 am 23.06.2016 beraten. Im Nachgang zur letzten Sitzung wurde die Stellungnahme per Email am 30.06.2016 abgestimmt.

0.3 Von der AGO berücksichtigte Unterlagen und Informationen

Die vorliegende Kurzstellungnahme der AGO bezieht sich auf die Zwischenberichte 2., 3. und 4. des BfS. Dabei wird die Kurzstellungnahme AGO (2013) zum 1. Zwischenbericht (KIT 2012) berücksichtigt.

1. Aufgabenstellung der Studie

Die Zwischenergebnisse aus den bereits bearbeiteten Arbeitspaketen der „Studie zur Eignungsfähigkeit und zum Entwicklungsbedarf von Gerätschaften/Werkzeugen für den Einsatz in der Schachanlage Asse II“ wurden auf der Grundlage der verfügbaren Erkenntnisse aus dem Zustand des Gebirges um und im Schacht Asse II sowie der darin eingelagerten radioaktiven Abfälle durchgeführt.

Der Auftragnehmer des BfS, das Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT), entnahm die Vorstellungen über die Rückholung dazu den Machbarkeitsstudien DMT & TÜV NORD (2009) und EWN & TÜV NORD (2008).

Gemäß der Aufgabenstellung in der Leistungsbeschreibung (BfS 2011) wurden Arbeitspakete festgelegt, die in mehreren Schritten zu einer Entwicklung von Rückholungstechniken führen sollen:

- Arbeitspaket 1: Feststellung der am Markt vorhandenen Rückbau-/Rückholtechniken
- Arbeitspaket 2: Erstellung und Vorstellung eines Zwischenberichts
- Arbeitspaket 2a: Vorversuche mit Versatzmaterial und Versuchsreihen zum Lösen und Freilegen von Gebinden
- Arbeitspaket 3: Prüfung, welche der vorhandenen Techniken für die Rückholung der Abfälle aus der Asse geeignet sind
- Arbeitspaket 3a: Schildvortrieb
- Arbeitspaket 4: Erstellung und Vorstellung eines Zwischenberichts
- Arbeitspaket 5: Identifizierung notwendiger Entwicklungsbedarfe
- Arbeitspaket 6: Erstellung und Vorstellung eines Abschlussberichts
- Arbeitspaket 7: Technikumsversuche mit am Markt vorhandenen Rückbau-/Rückholtechniken
(optional)
- Arbeitspaket 8: Berichtserstellung inklusive Versuchsdokumentation

2. - 1. Zwischenbericht - Marktrecherche möglicher Bergungstechnologien

2.1 Sachstand

Der 1. Zwischenbericht (Arbeitspaket 2) (KIT 2012) befasst sich mit der Feststellung der am Markt vorhandenen Rückbau-/Rückholtechniken (Arbeitspaket 1).

Im Arbeitspaket 1 wurden ausschließlich Literatur- und Internetrecherchen zu national und international vorhandenen Techniken für die Teilprozesse der Rückholung „Freilegen und Lösen“, „Greifen und Anheben“, „Verladen“ und „Transportieren“ durchgeführt. Die Untersuchung bezieht sich dabei auf die Industriebereiche Tunnelbau, Bergbau und allgemeine Baumaschinen. Darüber hinaus wurde ein System zur systematischen Bewertung der gefundenen Technik erstellt und beschrieben.

2.2 Kommentar AGO

In ihrer Kurzstellungnahme (AGO 2013) vom 18.02.2013 zum Entwurf der „Studie zur Eignungsfähigkeit und zum Entwicklungsbedarf von Gerätschaften/Werkzeugen für den Einsatz in der Schachanlage Asse II - 1. Zwischenbericht - Marktrecherche möglicher Bergungstechnologien (Arbeitspaket 2)“ hat die AGO die Ergebnisse und den Entwurf zu einem Beurteilungssystem bewertet und Hinweise für das weitere Vorgehen in dieser Studie gegeben.

3. - 2. Zwischenbericht - Vorversuche mit Versatzmaterial und Versuchsreihen zum Lösen und Freilegen von Gebinden

Im 2. Zwischenbericht werden die Versuchsreihen aus Arbeitspaket 2a zur Untersuchung des die Gebinde umschließenden Salzes und zum Werkzeugeinsatz beim Lösen und Freilegen von Gebinden beschrieben.

3.1 Kap. 2 - Voruntersuchungen mit Steinsalz

3.1.1 Sachstand

In Kap. 2 werden die Erhärtungsuntersuchungen an Steinsalz aus dem Salzbergwerk Heilbronn durchgeführt mit dem Ziel, den Einfluss des Wassergehaltes, der Mahlfeinheit und der Wärmezufuhr auf das Erhärtungsverhalten zu untersuchen. Die Ergebnisse zeigen, dass reines Steinsalz für die geplanten Technikumsversuche nicht geeignet ist, weil in einem sinnvollen Zeitrahmen die notwendigen Festigkeiten, wie sie in der Schachanlage Asse II zu erwarten sind, nicht erreichbar sind.

Aus diesem Grund wurde für eine beschleunigte Verfestigung dem Steinsalz Zement beigemischt, um einen Steinsalzbeton zu erzeugen, der ähnliche Eigenschaften aufweisen sollte wie das die Gebinde umschließende Salz in den Einlagerungskammern. Die Zielfestigkeit wurde mit 15 MPa von KIT festgelegt und liegt damit über den in der Asse mit Versatzmaterial gemessenen Werten von 5 bis 10 MPa.

3.1.2 Kommentar AGO

Grundsätzlich ist das Vorgehen nachvollziehbar und sinnvoll. Ob die vorgegebene Zielfestigkeit von 15 MPa mit den Verhältnissen in den Einlagerungskammern übereinstimmt, lässt sich derzeit nicht beurteilen.

Die AGO geht davon aus, dass weitere Stoffuntersuchungen an verbackenem Salzgrus aus der Schachanlage Asse II durchgeführt werden, um ein genaueres Bild über die Eigenschaften des die Gebinde umschließenden Salzes zu gewinnen.

3.2 Kap. 3 - Versuche zum Freilegen und Lösen von Gebinden

3.2.1 Sachstand

In Kap. 3 werden der Versuchsaufbau und die Durchführung von Versuchen beschrieben, in denen das Salz mechanisch von den Gebinden getrennt wird.

Die Versuchsanordnung besteht aus einem Container, in dem Rollfässer zur Hälfte horizontal und zur Hälfte vertikal so aufgeständert sind, dass der Salzbeton die Fässer vollständig umschließen kann. Eine Berührung ist nicht möglich.

Die Versuche wurden mit Werkzeugen durchgeführt, die auf einem Trägergerät (Bagger) montiert waren. Über verschiedene Messsensoren für Druck und Durchflussmenge der Hydraulikflüssigkeit und den Einsatz von Drehwinkelpotentiometern wurden die Arbeitsleistung der eingesetzten Werkzeuge und die Kraft auf die Salzbetonunterlage gemessen bzw. berechnet.

Im Einzelnen kamen folgende auf dem Trägergerät montierte Werkzeuge zum Einsatz:

- Baggerlöffel
- Reißzahn
- Hydraulikfräse
- Hydraulikmeißel

Darüber hinaus wurden ein handgeführtes Spaltgerät zum Aufbrechen der Salzbetonstruktur und ein Nukleargreifer zum Greifen von 200l-Fässern untersucht.

Zu Baggerlöffel und Reißzahn wurden Schürf- und Scherversuche (Drücken, Schlagen) durchgeführt. Die Eindringtiefe und Kraftverlauf wurden ermittelt. Das Ergebnis der durchgeführten Versuche hat gezeigt, dass die Eindringtiefe gering war.

Mit der Hydraulikfräse wurden Fräsversuche an Beton sowohl aus Referenzgründen zu vergleichbaren Versuchen als auch zur Prüfung der Messtechnik und anschließend an Steinsalzbeton durchgeführt. Es zeigten sich gute Abträge bei einer größeren Staubentwicklung. Gebinde konnten so freigelegt werden.

Die Bearbeitung eines Betonblocks als Referenzversuch mit dem Hydraulikmeißel zeigte sowohl beim Spitzmeißel als auch beim Flachmeißel keine signifikante Rissbildung. Anders war das Ergebnis der Bearbeitung von Steinsalzbeton. Hier war besonders der Flachmeißel erfolgreich, mit dem auch recht genau gearbeitet werden konnte.

Das handgeführte Spaltgerät ist ein hydraulisch betriebenes Werkzeug zum Aufbrechen von Beton und wird in vorbereitete Bohrungen eingeführt. Das Aufbrechen erfolgt fast erschütterungsfrei, die Rissbildung lässt sich jedoch kaum steuern.

Als letztes Werkzeug wurde der Nukleargreifer untersucht. Da er zum Greifen eines Fasses eine annähernd freie Wandfläche mit nur geringen Anhaftungen benötigt, ist sein Einsatz bei verstürzten Gebinden mit Salzversatz wohl kaum sinnvoll.

3.2.2 Kommentar AGO

Die AGO hat auf Sitzungen der Asse II Begleitgruppe schon im Jahr 2010 angeregt, dass Versuche zum Herauslösen und Greifen von Gebinden aus der Versatzmatrix von Einlagerungskammern im Maßstab 1:1 durchgeführt werden sollten. Darum begrüßt sie auch grundsätzlich diese Versuche.

Die Versuchsanordnung in Kap. 3.1 entspricht aus folgenden Gründen jedoch kaum den vorhandenen Bedingungen:

- Die verwendeten Fässer haben eine glatte und frisch beschichtete Oberfläche. Sie sind weder eingebeult, beschädigt oder korrodiert.
- Die Anordnung der Fässer im Container gewährleistet eine vollständige Umschließung mit Salzbeton. Dieser Zustand dürfte in der Realität nur selten anzutreffen sein. Vielmehr werden die verstürzten Gebinde in Punkt- oder Linienberührung aneinander liegen.
- Der in Lagen über die Gebinde geschobene Salzgrus wird nicht wie der Salzbeton eine einheitliche, sondern eine sehr heterogene Struktur aufweisen.

- Wie aus den Bohrungen an ELK 7/750 vermutet werden kann, unterliegen die Gebinde teilweise größeren Einspannungskräften durch Konvergenz, deren Wirkung auf die Gebinde sicher nur teilweise durch Deformation oder Verdichtung ausgeglichen wurde.

Die AGO empfiehlt daher, dass zu diesen Fragestellungen weitere Untersuchungen zum Lösen und Greifen möglichst realitätsnah durchgeführt werden, damit deren Ergebnisse bei der weiteren Suche nach Funktionen für die Bergungstechnik Berücksichtigung finden.

Die Versuche zum Einsatz von Werkzeugen in Kap 3.2 sind zum Teil zu hinterfragen. So ist nicht verständlich, warum Werkzeuge wie der Baggerlöffel und der Reißzahn auf ihre Lösefähigkeit (Schürf- und Scherversuche) untersucht wurden. Sie sind definitiv keine Lösewerkzeuge für fest eingebundene Gebinde.

Die Versuche mit Hydraulikfräse und Hydraulikmeißel sollten für feste Strukturen weiter verfolgt werden, der Reißzahn ist für lockere Strukturen eventuell geeignet und der Baggerlöffel zur Aufnahme der gelösten Stücke.

Die Versuche mit dem Spaltgerät sind nach Auffassung der AGO zum Lösen der Gebinde ungeeignet, weil die erforderlichen Bohrungen Gebinde zusätzlich verletzen können. Diese Technik sollte in unmittelbarer Umgebung der Gebinde nicht zum Einsatz kommen.

Der Nukleargreifer ist ein Werkzeug, das für unversetzte Kammern geeignet sein kann.

3.3 Kap. 4 - Zugversuche mit Gebinden

3.3.1 Sachstand

In Kap. 3.3 werden der Versuchsaufbau und die Durchführung von Versuchen beschrieben, in denen Gebinde aus dem sie umschließenden Salz mechanisch durch Zug geborgen werden. Ziel der Versuche ist zu prüfen, inwieweit und mit welcher Kraft Gebinde sich aus dem Salzversatz herausziehen lassen.

Die Versuchsanordnung besteht ebenfalls aus einem in Kammern unterteilten Container, in die Rollfässer horizontal und vertikal so eingebracht sind, dass der Salzbeton auch hier wie bei den Versuchen in Kap. 3.2 die Fässer umschließen kann. Jedoch werden hier bei vertikaler Lage der Deckel und bei horizontaler Lage ein Stück des Mantelbereichs freigelassen. Die Fässer sind mit Zugschlaufen versehen, um definierte Ansatzpunkte für die Zugeinrichtungen zu gewährleisten.

Die Zugkraft wurde während der Zugversuche über einen Flaschenzug, der an einem über dem Container befindlichen Joch befestigt war, aufgebracht und über eine Scherkraftwägezelle gemessen.

Weiterhin wurden Versuche mit einem Vakuumheber durchgeführt. Hier hat sich gezeigt, dass ein Ziehen des horizontalen Gebindes möglich war. Bei vertikalen Gebinden war die Ansatzfläche zu klein.

Die Versuchsergebnisse sind in Diagrammen dargestellt, die die aufzubringende Zugkraft in Abhängigkeit von Messzeit und Zugweg zeigen. Die Eigenschaften des Salzbetons wurden versuchsbegleitend untersucht und sind sowohl tabellarisch als auch in Diagrammen zusammengestellt.

3.3.2 Kommentar AGO

Die AGO kann in den Zielen und in den Ergebnissen der Zugversuche keine Verbesserung der Kenntnislage für die Bergetechnik und damit für die Rückholung erkennen.

Die Gebinde im Schacht Asse II, für die diese Untersuchungen gemacht wurden, bestehen in der Umverpackung aus Rollfässern, die ausschließlich zum Transport, aber nicht für weitere Belastungen gedacht waren. Sie wurden überwiegend nicht nur verstürzt, sondern auch durch Überfahren mit Radladern zusätzlich belastet. Die daraus resultierenden Beschädigungen und Korrosion dürften die Integrität der Gebinde über die Jahre so beeinträchtigt haben, dass ein Ziehen aus der Salzmatrix nicht zu empfehlen ist.

3.4 Kap. 6 - Ausblick und weiteres Vorgehen

3.4.1 Sachstand

Der Bericht geht davon aus, dass die darin abgeleiteten Erkenntnisse eine Grundlage für die weitere Bewertung von Einsatzmöglichkeiten vorhandener Werkzeuge darstellen. Auf diesen Erkenntnissen aufbauend kann der notwendige Entwicklungsbedarf für Geräte und Werkzeuge abgeleitet werden. Ziel ist es, ein umfangreiches Gesamtkonzept für die Bergetechnik zu entwickeln.

Dazu sollen weitere Untersuchungen durchgeführt werden zu den Themen:

- Staubentwicklung
- Erschütterungen
- Verhinderung von Gebindebeschädigungen im Kontakt mit Werkzeugen
- Erkennen von Lage und Zustand der Gebinde
- Bergung von ungeordnet gelagerten Gebinden im Versatz.

3.4.2 Kommentar AGO

Die AGO hält die bisher vorliegenden Erkenntnisse für nicht ausreichend, um einen notwendigen Entwicklungsbedarf daraus ableiten zu können. Sie hat erwartet, dass die Vorversuche sich viel stärker an den Gegebenheiten in der Schachanlage Asse II orientieren. Dazu ist es erforderlich, intensive Untersuchungen zur Bergung von ungeordnet gelagerten Gebinden im Versatz durchzuführen. Diese Untersuchungen müssen umgehend möglichst praxisnah erfolgen. Dazu gehört auch die Untersuchung der Bergung unter Berücksichtigung von äußeren Zwangskräften (in der Asse z. B. entstanden durch Konvergenz oder Einsturz).

Ein wesentliches weiteres Untersuchungsfeld fehlt vollkommen:

Die Sicherung der ELK einschließlich der Bergetechnik gegen einstürzende Teile aus der Umgebung während der Bergung. Aus Sicht der AGO ist dazu eine überzeugende Lösung erforderlich, um die hier betrachteten Gerätschaften überhaupt einsetzen zu können.

4. - 3. Zwischenbericht - Eignungsfähigkeit

4.1 Sachstand

Der vorliegende 3. Zwischenbericht, Arbeitspaket 4, beschreibt die Ergebnisse des Arbeitspaketes 3. Er fußt auf den Ergebnissen des Arbeitspaketes 1, in dem ausschließlich Literatur- und Internetrecherchen zu national und international vorhandenen Techniken für die Verfahrensschritte der Rückholung „Freilegen und Lösen“, „Greifen und Anheben“, „Verladen“ und „Transportieren“ durchgeführt wurden. Die Untersuchung bezieht sich dabei auf die Industriebereiche Tunnelbau, Bergbau und allgemeine Baumaschinen.

Die gefundenen Geräte und Werkzeuge wurden in einer Geräteliste zusammengestellt. Eine Systematisierung zur Auswahl der gefundenen Techniken erfolgte durch eine Aktions- sowie eine Gerätematrix. Basierend auf den unterschiedlichen Verfahrensschritten sowie unter Berücksichtigung der verschiedenen Zustände und denkbaren Umgebungssituationen von Gebinden wurde die Aktionsmatrix entwickelt, die als Entscheidungsgrundlage für die Auswahl geeigneter technischer Funktionen diente. Die Gerätematrix ist ähnlich aufgebaut und ordnet den Funktionen bestimmte Geräte aus der Geräteliste zu.

Im Arbeitspaket 3 wurden diese Ergebnisse erweitert, indem die Erfahrungen aus dem Arbeitspaket 2a - Vorversuche - weitere Fachgespräche mit Geräteherstellern und Ergänzungen aus branchenspezifischen Informationen hinzugefügt wurden. Mit diesen Kenntnissen wurde ein Bewertungssystem zur Bewertung und Einordnung der Eignung der handelsüblichen Gerätetechnik für die Rückholung erstellt und auf die bekannten Geräte angewendet. Die Ergebnisse dieser Arbeit sind im 3. Zwischenbericht (Arbeitspaket 4) dargestellt.

In den Kapiteln 2. bis 6. wird die Bewertungsmethode beschrieben, die zur Bewertung der Eignung der im Markt verfügbaren Maschinenteknik für die Rückholung verwendet werden soll. Dazu werden in Kap. 2. insgesamt 23 Anforderungen beschrieben, die zwischen KIT und BfS abgestimmt wurden.

Auf dieser Grundlage werden in Kap. 3 für jede Anforderung Bewertungskriterien abgeleitet und tabellarisch dargestellt. Zur besseren Übersicht werden daraus Beurteilungsfelder definiert, denen jeweils Bewertungskriterien zugewiesen werden.

In Kap. 4 werden Fallkombinationen definiert, die sich aus Verfahrensschritt, Gebindegewicht, Gebindezustand und Einlagerungssituation ergeben. Dazu werden für jeden Fall eine Fall-Nr. und eine Kurzbezeichnung vergeben. Diese Fallkombinationen dienen der Einordnung der Maschinenteknik in die jeweiligen funktionellen Anforderungen der einzelnen Verfahrensschritte innerhalb der Prozessfolge der Rückholung.

Kap. 5 ergänzt die Bewertungskriterien je Beurteilungsfeld um Bewertungsmerkmale, die jedes Bewertungskriterium genauer definieren sollen. Hier werden auch die Ausschlusskriterien Frischwetterbedarf, Raumbedarf und Hubkraft/Tragkraft festgelegt. Die Bewertungsmerkmale werden in den Unterkapiteln 5.1 bis 5.6 detailliert erläutert.

Kap. 6 beschreibt das Bewertungsverfahren, bestehend aus Schritt 1 - Vorauswahl -, Schritt 2 - Fallzuordnung - und Schritt 3 - Technische Bewertung -.

In Schritt 1 wird das Gerät auf die Ausschlusskriterien Frischwetterbedarf, Raumbedarf und Hubkraft/Tragkraft (siehe Kap. 5) geprüft.

In Schritt 2 wird geprüft, welchen Fallkombinationen (siehe Kap. 4) die jeweilige Gerätekombination sinnvoll zuzuordnen ist.

In Schritt 3 werden die jeweiligen Gerätekombinationen mit Hilfe der Bewertungskriterien der einzelnen Beurteilungsfelder geprüft und in der Regel in die nachfolgenden Bewertungsmaßstäbe eingeordnet:

- [-] : geringe Eignung
- [o] : bedingte Eignung
- [+] : gute Eignung

Die Ergebnisse werden einmal tabellarisch mit Erklärungen erfasst und zum anderen in Form von Diagrammen, aus denen für die relevanten Beurteilungsfelder die jeweiligen Bewertungen unmittelbar ablesbar werden.

In Kapitel 7 wird für alle Verfahrensschritte aufgezeigt, wie handelsübliche Gerätekombinationen, bestehend aus Trägersystem und Werkzeug nach den oben beschriebenen Bewertungsmaßstäben eingeordnet und bewertet werden.

4.2 Kommentar der AGO

Die AGO befürwortet grundsätzlich ein systematisches Auswahlverfahren für Technologien, die für die Rückholung zum Einsatz kommen sollen.

Das vorliegende Bewertungssystem ist grundsätzlich nachvollziehbar und stellt somit einen brauchbaren Ansatz für die spätere Auswahl dar. Nähere Ausführungen dazu befinden sich im Anhang 2.

Bei der Anwendung auf konkrete Gerätekombinationen wurde jedoch sehr formal und theoretisch vorgegangen. Eine stärkere Berücksichtigung der heute schon bekannten realen Rahmenbedingungen aus der Konzeptplanung Variantenvergleich (BfS 2014) und der unterschiedlichen Strahlenschutzbereiche „Sperrbereich - Kontrollbereich - Überwachungsbereich“ wäre sinnvoll und wünschenswert gewesen.

Die Anwendung des Bewertungssystems in Kap. 7 macht diesen Einwand deutlich wie nachfolgend exemplarisch dargestellt:

- Alle Verfahrensschritte betreffend
 - Bewertungskriterium Energieversorgung:
Der Einsatz von e-Motoren wird ausschließlich mit den Alternativen Kabel und Akkumulator beschrieben. Eine Kombination aus beiden, die die Mobilität kabelgebundener Geräte erhöhen würde, fehlt.
 - Bewertungskriterium Steigfähigkeit:
Die Steigfähigkeit sollte sich an den Notwendigkeiten der Rückholung und der dabei zu überwindenden Steigungen orientieren. Steigfähigkeiten von 55 bis 60 % zu differenzieren ist nicht zielführend.
 - Bewertungskriterium Fernhantierbarkeit:
Gerätekombinationen ohne vorhandene oder nachrüstbare Fernhantierungsmöglichkeit sollten für den Sperrbereich ausgeschlossen werden.
 - Erfahrungen im Salzbergbau können helfen, sind aber kein wichtiges Kriterium.

- Verfahrensschritt 1 – Freilegen und Lösen
 - Der Vergleich verschiedener Abbruchwerkzeuge ist z. T. nicht nachvollziehbar, weil z. B. Fräsen durcheinander angeordnete Gebinde nicht unbedingt aus der Matrix lösen können. Hier müssen trennende Werkzeuge (z. B. Hydraulikmeißel) zum Einsatz kommen.
 - Das Freilegen der Gebinde wird nach Ansicht der AGO immer mit variablen Werkzeugpositionen verbunden sein. Das Nutzen mehrerer Freiheitsgrade ist normal, es sei denn, die Einlagerungskammern werden mit Räumgerät ohne Rücksicht auf Einzelgebinde geräumt.
 - Bewertungskriterium Komplexität der Fernhantierung:
Es ist nicht nachvollziehbar, warum Werkzeuge zum Freilegen und Lösen, die mehrere Freiheitsgrade benötigen unter „Komplexität der Fernhantierung“ mit ‚[-]‘ beurteilt werden. Im Verfahrensschritt 1 sind nach Auffassung der AGO stets mehrere Freiheitsgrade erforderlich. Die schlechte Sicht auf zu bergende Gebinde ist bei einigen Werkzeugen jedoch ein realer Negativpunkt für die Fernhantierung überhaupt.
 - Bewertungskriterium Staubemission:
Die Bewertung von Staubemissionen sollte sich an Beeinträchtigungen an der Maschinenteknik, der Geräte für die Fernhantierung und der Belastung von Filtern orientieren. Dass bereits „geringfügige Staubemission“ mit ‚[o]‘

bewertet wird (siehe Fallkombination 2a – Löffel/Schaufel) zeigt, dass hier formal und nicht praxisorientiert bewertet wird.

- Verfahrensschritt 2 – Greifen, Anheben und Ablegen
 - Für VS 2 müssen aus platz- und betriebstechnischen Gründen die gleichen Trägerfahrzeuge einsetzbar sein wie für VS 1. Weitere Fahrzeuge zu bewerten ist nicht zielführend.
 - Trägerfahrzeuge ohne vorhandene oder nachrüstbare Fernhantierung sollten nicht berücksichtigt werden.
 - Es ist nicht sinnvoll einmal bewertete Werkzeuge in weiteren Fallkombinationen immer wieder detailliert darzustellen (siehe z. B. Verfahrensschritt 2, Fallkombinationen 2 bis 14). Das macht die Darstellung unübersichtlich.
 - Die Darstellung der Gerätekombinationen für VS 2 und 3 leidet unter den fehlenden Vorstellungen des Gesamtablaufs für die Rückholung. Es scheint hier die Konzeptskizze zu Rückholungsvarianten (BfS 2014) nicht betrachtet worden zu sein. Es ist unklar, wo das Beladen/Verladen der Transportbehälter stattfindet: im Sperrbereich, in einer Schleuse oder im Kontrollbereich? Das wäre jedoch für die Bewertung der Technik wichtig.

- Verfahrensschritt 3 - Verladen -
 - Siehe Verfahrensschritt 2, letzter Punkt.

- Verfahrensschritt 4 – Transportieren
 - Auch in der Betrachtung des Verfahrensschrittes 4 wird die fehlende Sicht auf die bisher vorliegenden Vorstellungen zur Rückholung deutlich.
 - In diesem Verfahrensschritt werden überwiegend Zugmaschinen zum Ziehen von Aufliegern, auf denen die Transportbehälter transportiert werden sollen, bewertet. Es sollte überlegt werden, ob Zugmaschinen mit Werkzeugen zum Hantieren mit Transportbehältern versehen werden
 - Neben diesen Gerätekombinationen werden zwei weitere Systeme bewertet: ein fahrerloses Transportsystem und ein kontinuierlicher Förderer (Rollenförderer). Beide haben in dieser Untersuchung besonders im Steigverhalten (5 – 7 % bzw. 10 %) Nachteile. Systeme, die diesen Nachteil aufwiegen, wie z. B. Rollenförderer mit Mitnahmeeinrichtung, wurden nicht betrachtet. Generell sollten Gefällestrecken auch aus anderen Gründen soweit wie möglich vermieden werden.

5. - 4. Zwischenbericht - Schildvortrieb

5.1 Kap. 1 - Einleitung

5.1.1 Sachstand

Einleitend wird der Einsatz eines Schildvortriebs als Sonderlösung für das vorliegende Programm der „Studie zur Eignungsfähigkeit und zum Entwicklungsbedarf von Gerätschaften/Werkzeugen für den Einsatz in der Schachanlage Asse II“ beschrieben. Dazu werden Zielsetzung, Gliederung, Vorgehensweise und Begrifflichkeiten für die Untersuchung einer geeigneten Lösung zur Rückholung mit Schildvortrieb dargestellt.

5.1.2 Kommentar AGO

Die Darstellung ist für die AGO nachvollziehbar.

5.2 Kap. 2 - Grundlagen und Rahmenbedingungen

5.2.1 Sachstand

In diesem Kapitel werden die für die Rückholung wichtigen Grundlagen beschrieben und bewertet. Dazu gehören:

- Lage, Eigenschaften und Zustand der Einlagerungskammern
- Gebindeart, -inhalt, -anzahl und -zustand
- Vorschriften des Strahlenschutzes und ihre Anwendung auf die Rückholung
- Planungsstand für die Rückholung
- Gesetzliche Anforderungen an einzusetzende Gerätschaften
- Geologische und hydrogeologische Bedingungen in Asse II
- Tunnelbautechnische Einschätzung der Einsatzsituation wie:
 - Gesteinseigenschaften
 - Konvergenzen
 - Spannungen
 - Lösungszutritte und deren Eigenschaften
 - Gase und deren Konzentrationen

5.2.2 Kommentar AGO

Die Grundlagen und Rahmenbedingungen werden entsprechend dem allgemeinen Kenntnisstand im Wesentlichen korrekt und prägnant zusammengefasst. Folgende Aussagen sollten jedoch überdacht oder ergänzt werden, da sie nicht (mehr) der heutigen Sichtweise entsprechen:

Zu Kapitel 2.1 Einlagerungsbereiche:

In Unterkapitel 2.1.5 (Aufzählung) schreiben die Verfasser (S. 29): *„Im Folgenden werden daher diejenigen Zustandsvariablen der ELK aufgelistet, die für die Konzepterstellung einer maschinellen Bergung als unbekannt angesehen und daher angenommen oder idealisiert werden müssen: (...). Maximalvolumen bzw. -größe und Maximalgewicht des zu bergenden Stückgutes“ (sind bekannt!).*

Hier werden Zustandsvariablen der Einlagerungskammern aufgeführt, die unbekannt sind. Der Spiegelpunkt „Strahlungsintensität“ hätte differenziert werden sollen. Für das Personal ist zwar bei ordnungsgemäßer Luftführung/Bewetterung bei der Rückholung mit Schildvortrieb hauptsächlich die „Direktstrahlung“ relevant. Im Konzept für die Bergung muss aber auch die „Radioaktivitätskonzentration in der Kammeratmosphäre“ berücksichtigt werden, die mit der Bewetterung in die Umgebung nach außen abgeleitet wird und Strahlenbelastungen der Bevölkerung verursacht.

Zu Kapitel 2.2 Abfallgebände:

Die Beschränkung der Beschreibung auf die Abfallgebände könnte so interpretiert werden, dass nur die Rückholung von diesen beabsichtigt ist. Die AGO weist daraufhin, dass auch die Bergung von durch zerstörte Abfallgebände oder durch radioaktive Lösung durchfeuchtetem, offensichtlich kontaminiertem Salzgrus erforderlich ist. Bezogen auf den Gebindeinhalt in Kap. 2.2.2 muss aus Gründen der Vollständigkeit erwähnt werden, dass auch Gebinde mit radioaktiven Flüssigkeiten verbotenerweise eingelagert wurden.

Zu Kapitel 2.3 Radioaktivität:

In Unterkapitel 2.3.2 (Strahlenschutzmaßnahmen) wird nur auf Personal Bezug genommen. Es müssen jedoch auch Strahlenschutzmaßnahmen hinsichtlich Ableitungen durch die Bewetterung in die Umgebung betrachtet werden. Diese Ableitungen müssen zur Begrenzung der Strahlenbelastung für die Bevölkerung möglichst gering gehalten werden.

Bei der Aufzählung von Strahlenschutzmaßnahmen zur Dosisreduzierung fehlt beim Punkt „Schutz vor Direktstrahlung“ die Möglichkeit der Abschirmung.

Zu Kapitel 2.4 Planungsstand für die Rückholung:

Hier schreiben die Verfasser (S. 35): „*Vor der eigentlichen Bergung der Abfallgebinde sollte zur Stabilisierung des Grubengebäudes der Resthohlraum der ELK verfüllt werden.*“ (nicht vorgesehen. Konsequenzen für Abfallvolumen, insbesondere bei Schildvortrieb!)

In diesem Teilkapitel wird nicht auf den Planungsstand eingegangen. Vielmehr wird nur kurz umrissen, wie man sich zurzeit den Ablauf der Rückholung vorstellt. Auch hier wird nur auf Abfallgebinde eingegangen. Der kontaminierte Salzgrus wird nicht erwähnt.

Zu Kapitel 2.5 Anforderungen an Gerätschaften:

Die als Anforderung genannten KTA-Regeln (Regelwerk für kerntechnische Anlagen) können in den wenigsten Fällen direkt auf die Rückholung der Abfälle aus der Asse angewendet werden, da es sich um ein Regelwerk für Atomkraftwerke handelt. Vielmehr ist - wie in anderen kerntechnischen Anlagen auch - deren sinngemäße Anwendung zu fordern.

Zu Kapitel 2.6 Geologische und Hydrogeologische Bedingungen:

Das Unterkapitel 2.6.5 (Hydrogeologische Verhältnisse, S. 49 ff.) macht Angaben zu den erwarteten Wassermengen. Dabei wird aber dem Umstand, dass die mit den Abfällen in Kontakt tretenden und daher kontaminierten Salzwässer entsorgt werden müssen, keine Rechnung getragen. Hierzu müssten weitergehende Betrachtungen angestellt werden.

Es ist zu erwarten, dass die hydrogeologische Situation im Bereich der einzelnen zu räumenden Einlagerungskammern jeweils erst im Falle der unmittelbaren Räumung sichtbar wird. Der Hinweis auf vorhandene Berichte dürfte deshalb keine entscheidenden Erkenntnisse bringen. Aus diesem Grund geht die AGO davon aus, dass die Rückholplanung Lösungszuflüsse berücksichtigt.

Zu Kapitel 2.7 Tunnelbautechnische Einschätzung:

Das Unterkapitel 2.7.2 (Konvergenzen) gibt einen kurzen Einblick in die Erkenntnisse zu Konvergenzeffekten im Berg. Der Hinweis auf Bohrungen an der ELK 7/750 ist dazu nicht hilfreich, weil er sich auf singuläre, aber nicht auf andere Einlagerungskammern übertragbare Zustände bezieht. Allerdings geht auch die AGO davon aus, dass Konvergenzeffekte z. B. durch entsprechende Beraubungen beherrschbar sind.

Das Unterkapitel 2.7.3 (Spannungen) geht auf die Gebirgsspannungen ein, die gegebenenfalls auf der Schildvortriebsmaschine lasten können. Hier zeigt sich, dass bislang zu wenige Erkenntnisse über mögliche Spannungen und ihre Auswirkungen auf Stützsysteme bekannt sind. Die AGO ist der Meinung, dass dieser Problemkreis schnell angegangen werden muss, weil darauf sowohl die Einsatzfähigkeit eines Schildvortriebs als auch von Stützsystemen für konventionelle Rückholssysteme beruht.

Das Unterkapitel 2.7.4 (Gebirgssicherung und Hohlraumverfüllung) gibt einen kurzen Hinweis auf die positive Wirkung schon leichter Stützkräfte und weist auf Möglichkeiten zur Verbesserung der Stabilität im Bereich der Einlagerungskammern hin. Auch die AGO sieht hier Möglichkeiten zur Verbesserung der Stabilität, geht aber davon aus, dass Einlagerungskammern erst bei Räumung oder Teilräumung im geräumten Bereich verfüllt werden.

Das Unterkapitel 2.7.5 (Lösungszutritte) beschreibt kurz umrissen die Erkenntnisse um die Lösungszutritte im Bereich der Einlagerungskammern und gibt einen Hinweis zur technischen Lösung der Verhinderung von Lösungszutritten in den Kontrollbereich an der Schildmaschine vorbei durch eine Druckwand.

Die Verhinderung von Lösungszutritten in den Kontrollbereich durch eine Druckwand hält die AGO wegen des großen Umfangs der Andruckfläche und der Salzumgebung für problematisch. Hier sollten andere Lösungen gesucht werden.

Siehe hierzu auch die Anmerkungen in Anhang 1.

Das Unterkapitel 2.7.7 (Gase und Gaskonzentrationen) geht kurz auf die Erkenntnisse aus Berichten von GFS (2008) und BfS (2009) ein, die zu Gasen Stellung nehmen, die im Schacht Asse II auftreten.

Dazu merkt die AGO an, dass bereits in den vorherigen Kapiteln darauf hingewiesen wird, dass die Radioaktivitätskonzentration in der Grubenluft relevant ist. Dies gilt sowohl hinsichtlich des Personals als auch in Bezug auf die Bevölkerung. Zur Frage der Bewetterung und ggf. radiologischen Filterung der Wetter während der Vortriebs- und Bergungsarbeiten müssen weitergehende Betrachtungen angestellt werden.

Dazu wird auf die folgenden Punkte hingewiesen:

- auf die Bedeutung wassertragender Aerosolgemische, der Größenverteilung innerhalb der jeweiligen Partikelpopulation, auf mikrophysikalische Veränderungen (z.B. hygroskopisches Wachstumsverhalten in Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit, Kondensation, Bildung laminarer Wasserschichten und Lösungsbildung mit dem Salz) und deren Adsorptionseigenschaften insbesondere an Salzpartikel,
- auf das ungeklärte Transportverhalten von wassertragenden Aerosolen in den Wetterströmen,
- auf das ungeklärte Verhalten radionuklidtragender Feinststaubpartikel,
- auf fehlende Untersuchungen zur radiologischen Bewertung derselben.

5.3 Kap. 3 - Beschreibung bestehender maschineller Vortriebs- und Abteufverfahren

5.3.1 Sachstand

Im Vorspann von Kapitel 3 wird eine wesentliche Voraussetzung zum sinnvollen Einsatz eines Schildvortriebs zur Rückholung festgelegt:

„Der im Weiteren beleuchtete, konzeptionelle Ansatz setzt voraus, dass für die Rückholung der Gebinde die Umkehr des Einlagerungsprozesses mit konventionellen Geräten nicht mehr zielführend ist. In diesem Fall können Verfahren und Maschinen, welche zur Einlagerung verwendet wurden, aufgrund von Grubenstabilität, Sicherheits- und Strahlenschutzanforderungen nicht mehr eingesetzt werden.“

5.3.2 Kommentar AGO

Unter der getroffenen Annahme, dass konventionelle Geräte nicht zielführend sind, kann diese Einschätzung auch von der AGO geteilt werden. Jedoch gibt die AGO Folgendes zu bedenken:

Zu Kapitel 3.1 Schildvortrieb mit Teilflächenabbau:

Hier werden die grundsätzlichen Varianten des Schildvortriebs vorgestellt, also Schildvortrieb mit Teilflächenabbau ohne Ortsbruststützung, mit mechanischer Teilstützung, mit Druckluftstützung und mit Flüssigkeitsstützung.

Aus Sicht der AGO würden die Varianten mit Druckluft oder Flüssigkeit als Stützmedium von vornherein ausscheiden, wegen der damit verbundenen Probleme großer Mengen kontaminierter Luft bzw. kontaminierter Flüssigkeiten.

Zu Kapitel 3.2 Schachtbohren – maschinelles Teufen ohne Vorbohrloch:

Hier wird ein Schachtbohrverfahren mit pneumatischer Förderung erläutert.

Nach Auffassung der AGO ist dies eine interessante Methode, die grundsätzlich neue Vorgehensweisen im Bergbau ermöglicht. Sie wäre vor einigen Jahren, als sich die AGO mit der Variante der internen Umlagerung befasst hat, ideal einsetzbar gewesen. Für die

Bergung der Abfälle aus den Einlagerungskammern werden von der AGO hingegen kaum Einsatzmöglichkeiten gesehen.

5.4 Kap. 4 - Untersuchung und Bewertung von Vortriebs-/Abteufvarianten

5.4.1 Sachstand

Dieses Kapitel beschreibt die „zentralen Ergebnisse zur Schaffung einer Beurteilungsgrundlage“ für eine favorisierte Auffahr- und Rückholvariante. Nach Vorauswahl einer Vortriebstechnik werden fünf Schildvortriebsoptionen und ein Abteufverfahren untersucht.

Im Kapitel 4.1 werden die wesentlichen Elemente der Schildvortriebstechnik beschrieben. Die Verfasser der Studie kommen an dieser Stelle ebenfalls, wenn auch aus anderen Gründen als die AGO (siehe Bewertung der AGO Kap. 5.3), zu der Einschätzung, dass: *„Ein Schildvortrieb mit Flüssigkeitsstützung ... [oder] Druckluftstützung ... nicht erforderlich gesehen [wird], da das Lösungsvorkommen im Grubengebäude entweder im handhabbaren Bereich liegen soll und abgepumpt wird oder das Aufbringen der Druckluft bei hoher Durchlässigkeit des Baugrundes nicht den gewünschten stabilisierenden Effekt bewirkt.“*

In den Kapiteln 4.2 bis 4.5 werden verschiedene Varianten betrachtet und danach in Kapitel 4.6 (Variantenbewertung) in Tabellenform bewertet. Die einzelnen Varianten berücksichtigen verschiedene Querschnitts- und Wegevarianten. Die Varianten Ia und Ib sehen eine horizontale Durchtunnelung der ELK im Jüngeren Steinsalz und aller dazwischen liegenden Pfeiler in Längsrichtung vor. Die Ausbruchkubatur würde in etwa 286.000 m³ betragen und überwiegend aus kontaminiertem Haufwerk bestehen. Die erforderliche und neu zu erstellende Anfahrkaverne hätte eine Dimension, die etwa der größten ELK entspricht:

- Minimal erforderliche Länge: 35 m
- Minimal erforderliche Höhe: 20 m
- Minimal erforderliche Breite: 17 m (vierfach nebeneinander = 68 m)

5.4.2 Kommentar AGO

Die AGO erkennt, dass mit den angegebenen Profilen der Schildvortriebsmaschine der Kammerquerschnitt nicht abgedeckt wird. Hinter der Vortriebsmaschine soll der entstandene Hohlraum mit Ausnahme der beiden Tunnelröhren sofort verfüllt werden. Der Bewertung der betrachteten Vortriebsvarianten ist nicht zu entnehmen, ob die Möglichkeit des Eindringens von Sorelbeton in Hohlräume des neben dem Vortriebskanal liegenden Kammerbereichs betrachtet wurde und welche Auswirkungen das haben kann.

Zur Machbarkeit in der Schachtanlage Asse II und zu den gebirgsmechanischen Konsequenzen sieht die AGO Klärungsbedarf:

Die Länge der Vortriebsmaschine von ca. 20 m (vgl. Abbildung 62 der Verfasser) würde in den meisten Fällen die Dicke der Pfeiler (≥ 18 m) übertreffen, die somit während ihrer Durchfahrung und bis zum Eintritt des Kraftschlusses mit der nachlaufenden Betonausfüllung keinerlei Stützwirkung hätten. Bis zur vollständigen Ausbetonierung des durchfahrenen Pfeilers hätte der Schildkopf bereits die Kammermitte erreicht.

Bei den Varianten II a und II b würden die ELK querschlägig durchfahren. Es wären 48 Vortriebe zu erstellen, für welche eine 35 m breite Anfahrestrecke (als Begleitstrecke) notwendig wäre. Für jeden der 48 Vortriebe müsste die Maschine vor Ort dekontaminiert, ausgebaut und erneut aufgebaut werden. Das Ausbruchvolumen würde ca. 192.000 m³ umfassen. Aus Sicht der AGO kommt eine solche Variante aus Gründen der Gebirgsmechanik und des Strahlenschutzes nicht in Frage.

Außerdem würden die Varianten II a und II b sowie III mehr Rückholzeit benötigen.

Als Variante III wurde ein vertikales Schachtabsenken von der 725-m-Sohle aus durch die Firstschwebe der ELK hindurch betrachtet. Durch zahlreiche sich überschneidende Schachtröhren würde die Kammer sukzessive von oben geräumt. Dazu müssten jedoch die Kammern auf der 725-m-Sohle aufgewältigt, teilweise erweitert und gesichert werden. Unter anderem aus gebirgsmechanischer Sicht hält die AGO dieses Konzept für ungeeignet, weil die Firstschwebe der ELK ihre Einspannung verlieren und einstürzen könnte. Auch ist fraglich, ob eine stabile Fixierung der Maschine bei der unklaren Stabilitätslage möglich ist.

In der Variante IV wird eine Schildmaschine mit einem Ausbruchprofil von etwa 10 x 6 m (Höhe x Breite) untersucht, wobei im Unterschied zu den Varianten I und II die Gebinde von einer oben angeordneten Bühne aus geborgen werden sollen. Aus Sicht der AGO hat diese Variante die gleichen Probleme wie die Varianten I und II.

Die Verfasser nehmen unter Betrachtung einer Reihe von Kriterien eine vergleichende Bewertung ihrer Varianten vor und kommen zu dem Ergebnis, dass die Variante I a am besten abschneidet. Da die Kriterien nur stichwortartig genannt werden, verzichtet die AGO auf eine detaillierte Diskussion. Obwohl auch an der Bewertungsmethode Kritik angebracht werden könnte, weil alle Aspekte mit der gleichen Gewichtung eingehen, stimmt die AGO der Bevorzugung der Variante I a tendenziell zu, ohne damit bereits eine Machbarkeit zu implizieren.

Insgesamt fehlen der AGO bei der Betrachtung aller Varianten die Vorschläge zur Lösung von Havariefällen.

5.5 Kap. 5 - Entwurf eines Rückholkonzeptes durch Schildvortriebe mit Teilflächenabbau

5.5.1 Sachstand

Auf Grundlage der Kapitel 3 und 4 wird in Kapitel 5 die Variante I a für die Rückholung detaillierter untersucht. Dazu werden in den Kapiteln 5.1 (Ansatz), 5.2 (Vortriebskonzept) und 5.3 (Rückholkonzept) Vorstellungen zu den Aufgaben der Schildmaschine, zu räumlichen Einplanungen und zum Ablauf der Rückholung dargestellt.

Das Rückholkonzept nach der Variante I a sieht eine Anfahrkaverne östlich der ELK 1/750 im Salzgestein und dem noch abzuteufendem Schacht 5 vor, von der aus vier parallele und sich randlich überschneidende Schildvortriebe erfolgen sollen. Eine fünfte, einspurige Anfahrkaverne ist im Bereich der Kammer 9/750m vorgesehen. Für die Räumung der ELK 2/750 Na2 sowie der ELK 7 auf der 725-m-Sohle mit je einer Höhe von durchschnittlich 17 m wird kein Konzept vorgelegt. Dazu sehen die Verfasser aber Möglichkeiten, bei Modifikation der Technik die Kammern in 2 Ebenen zu räumen.

Nach den Vorstellungen der Verfasser soll kontaminiertes Abraummateriale auf der Schildmaschine geborgen, in Transportbehälter umverpackt und in einem hinter der Schildmaschine hergestellten Tunnel zur Anfahrkaverne gefördert werden. Hinter den Schildmaschinen wird der Hohlraum der geräumten ELK, bis auf die beiden Tunnelquerschnitte, mit Sorelbeton verfüllt. Die Hohlraumverfüllung bewirkt hinter der Schildmaschine eine Stützung des Gebirges.

5.5.2 Kommentar AGO

Als herausragende und weiter unten noch näher zu bewertende Besonderheiten gegenüber anderen Rückholkonzepten sieht die AGO insbesondere das Erfordernis der Anfahr- und Demontage-Kavernen sowie die Pfeilerschwächungen bei der Durchfahrung.

Der Aufbau und die bereitgestellten Funktionen und Werkzeuge der Schildmaschine sind aus Sicht der AGO richtig gewählt und sollen nicht weiter kommentiert werden. Die Herstellung von zwei parallelen und voneinander getrennten Tunnelsystemen erscheint zweckmäßig. Allerdings ist die Tauglichkeit als doppelter Fluchtweg situationsabhängig und beispielsweise bei einem Wassereinbruch aufgrund der gleichen Niveaulage nicht gegeben.

Der Aufbau der Schleusen und das Beladen des Transportbehälters mit Abfallgebinden und sonstigen Materialien innerhalb der Schildmaschine sind schematisch dargestellt, wobei weitere Varianten denkbar sind. Aufgrund der räumlichen Enge wird eine Vorsortierung des gewonnenen Materials (z. B. kontaminierter/nicht kontaminierter Salzgrus) innerhalb der Schildmaschine von der AGO als schwierig erachtet. Des Weiteren merkt die AGO Folgendes an:

Zu Kapitel 5.6 Förderung und Transport:

Hier werden die Funktionen der beiden Tunnelröhren dargestellt. Im Unterkapitel 5.6.1 (Förderung und Verpackung von Gebinden) wird die Verpackung der geborgenen Abfälle in einen Transportbehälter beschrieben und eine Vorgehensweise vorgeschlagen, um Kontaminationsverschleppungen zu vermeiden. Im folgenden Unterkapitel 5.6.2 (Transportbehälter zur Gebindeförderung) wird der Entwurf für einen Transportbehälter für die geborgenen Abfallgebinde beschrieben.

Die AGO hält das Grundkonzept für den Transportbehälter und die vorgeschlagene Vorgehensweise zur direkten Verpackung der Abfälle aus dem Sperrbereich in diesen an die Abschirmwand zur ELK angedockten Behälter für zielführend. Abgesehen von der Minimierung von Kontaminationsverschleppungen dürfte auch die Verminderung von Direktstrahlung für das Personal besser zu erreichen sein.

Zu der Technik der Andockung des Transportbehälters an die Beschickungsöffnung an der Schildmaschine über Verschraubungen sollten weitere konstruktionstechnische Überlegungen angestellt werden. So sollte einerseits der Raum zwischen Schleusentür 1 und Behälterverschluss möglichst vermieden werden und andererseits gegebenenfalls über Klemmvorrichtungen statt der Verschraubungen nachgedacht werden. Möglicherweise können hier auch Andockvorrichtungen an Heiße Zellen in anderen kerntechnischen Anlagen als Beispiel dienen.

Weiterhin sollte geprüft werden, ob der Niveauunterschied zwischen Andockbereich und Tunnelröhre vermeidbar ist und wenn nicht, ob eine Hubvorrichtung die vorgesehene Kraneinrichtung ersetzen könnte. Beides würde die Störfallsicherheit erhöhen.

In Unterkapitel 5.6.3 (Abfördern von Material ohne Transportbehälter) wird vorgeschlagen, das feinkörnige Abraummateriale, das nicht kontaminiert ist, eventuell mittels Fördertechniken separat von den Abfallgebinden zu bergen.

Die AGO hält jedoch die separate Förderung von Abraummateriale nur beim Auffahren der Anfahrkaverne für möglich, aber nicht beim Auffahren der Pfeiler zwischen den ELK. Werkzeuge, Abschirmwand usw. sind nach dem Anfahren der ersten ELK kontaminiert. Sie sind direkte Grenzen zum Sperrbereich. Um Abraum als unkontaminiert fördern zu können, müssten im Sperrbereich Messungen durchgeführt werden, was die AGO für nicht möglich und sinnvoll hält. Auch die Abgrenzung zwischen ELK und Pfeiler mit unkontaminiertem Material erscheint sehr schwierig. Nach Meinung der AGO ist deshalb zunächst davon auszugehen, dass alles kontaminiert ist. Sofern eine Separierung von Abraummateriale im Sperrbereich möglich sein sollte, könnte versucht werden, möglicherweise nicht oder nur gering kontaminiertes Abraummateriale getrennt zu bergen. Die Feststellung, dass es sich um nicht kontaminiertes Material handelt, kann auf jeden Fall erst durch entsprechende Messungen außerhalb des Sperrbereichs erfolgen.

Zu Kapitel 5.7 Werkzeugwechsel:

Hier werden verschiedene Möglichkeiten des Werkzeugwechsels, voll automatisiert oder kurzzeitig mit Personaleinsatz unter Vollschutz sowie Reparaturmöglichkeiten umrissen.

Die AGO hält einen Personaleinsatz unter Vollschutz im Sperrbereich zum Wechsel oder zur Reparatur von Werkzeugen oder der Wechseleinrichtung für sehr problematisch, weil einerseits das Personal in dem engen Raum zwischen den zu bergenden Gebinden und der Maschinenwand kaum genug Bewegungsfreiheit zum Arbeiten hat und andererseits bei Reparaturen der Zeitbedarf nie genau planbar ist. Hier sollte eine robuste, sichere Lösung gesucht werden.

Zu Kapitel 5.8 Ausbau und Sicherung:

Hier schreiben die Verfasser: *„Zusätzlich zur Hohlraumsicherung dient der Schild über eine Länge von etwa 20 m zur Aufnahme von eventuellen Belastungen aus Gebirgsdeformationen. Der Raum zwischen ausgebrochenem Gebirge oder ELK und Außenkontur der Hohlraumverfüllung, die sogenannte Schildschwanzfuge, ist mit Mörtel zu verpressen, um die durch Spritzbeton eingebrachte Hohlraumverfüllung kraftschlüssig im Gebirge zu betten und abschließend die geräumten ELK abzuschirmen.“*

Zu dieser etwas missverständlichen Formulierung ist anzumerken, dass eine Lastaufnahme erst durch die Hohlraumverfüllung, nach Verpressung und Aushärtung des Mörtels in der Schildschwanzfuge, erfolgen kann. Das heißt, auf der gesamten Länge der Schildmaschine von ca. 20 m kann der Stahlmantel zwar eine gewisse Schutzwirkung gegen hereinbrechendes und nachfallendes Nebengestein entfalten, doch kann er nicht den in 750 m Tiefe wirkenden Gebirgsdruck aufnehmen und diesem standhalten.

In Unterkapitel 5.8.1 (Herstellung der Tunnelauskleidung mit Extrudierbeton) wird die Herstellung der Tunnelröhren aus Extrudierbeton als Sorelbeton ohne Einbringen von zusätzlichen Stahlbewehrungen beschrieben. Die AGO weist darauf hin, dass bezüglich der Tunnelauskleidung durch Einbringung von im Allgemeinen sehr dünnflüssigem Sorelbeton noch nachzuweisen wäre, dass für diesen Zweck geeignete Rezepturen verfügbar sind. Außerdem muss geprüft werden, ob die umlaufende und kraftschlüssige Hohlraumverfüllung ausreichend ist, um die Belastungen der Tunnelröhren ohne Bewehrung sicherstellen zu können.

In Unterkapitel 5.8.2 (Hohlraumverfüllung durch Spritzbeton) führen die Verfasser aus: *„Sorelbeton entwickelt nach dem Einbringen als Hohlraumverfüllung Abbindewärme. ... Bei der Auslegung der Ventilation sind die Abbindewärme des Spritzbetons und der Eintrag von Wärme in das Gebirge zu berücksichtigen.“*

Nach Auffassung der AGO sind zu dieser Problematik weitergehende Überlegungen anzustellen, denn ein großer Wetterstrom könnte erhebliche radiologische Probleme verursachen bzw. aufwändige Filteranlagen erfordern, wenn er nicht von der staubbelasteten Kammeratmosphäre getrennt werden kann. Eine Entstaubung wird andererseits auch von den Verfassern der Studie für erforderlich gehalten, ohne dass dazu Vorschläge gemacht worden sind (siehe dazu Teilkapitel 5.12 (Entstaubung)).

Aus Sicht der AGO könnte im Abbaubereich evtl. eine Kreislaufführung der Luft über ein grobes Staubfilter ausreichend sein, weil es zur Gewährleistung ausreichender Sichtverhältnisse nicht unbedingt einer vollständigen Entstaubung bedarf. Auch die Entstaubung der Sichtfenster, Scheinwerfer und optischen Systeme muss noch gelöst werden.

In Unterkapitel 5.8.3 (Verfüllung der Schildschwanzfuge) und 5.8.4 (Abdichtung des Schildschwanzes) werden Lösungen zum zusätzlichen Abdichten der Hohlraumverfüllung hinter der Maschine gegen das Gebirge und des rückwärtigen Maschinenbereichs (Schildschwanz) gegen die Hohlraumverfüllung beschrieben. Dazu müssen jedoch noch Untersuchungen durchgeführt werden, die die AGO abwarten will.

Zu Kapitel 5.9 Bedienung der Maschine:

Hier werden die Möglichkeiten einer Vor-Ort-Bedienung und einer Fernbedienung angedeutet. Die AGO geht hier davon aus, dass die Lösung „Fernbedienung“ intensiviert betrachtet werden sollte.

Zu Kapitel 5.10 Vorschub der Schildmaschine:

Hier sehen die Verfasser die Problematik der Aushärtung des Sorelbetons, bevor die Antriebshydraulik der Schildmaschine den erforderlichen Antriebsdruck für die Maschine aufbringen kann. Die AGO sieht hier Untersuchungsbedarf zur Sicherstellung eines störungsfreien Betriebes.

Zu Kapitel 5.11 Bewetterung:

Die Aussage, *„die Bewetterung soll in den Kontrollbereichen einen Überdruck schaffen“*, ist nach Auffassung der AGO erklärungsbedürftig. Im Vergleich zum Sperrbereich ist ein Überdruck erforderlich. Wenn dieser vergleichsweise Überdruck aber im Vergleich zum Normaldruck unter Tage gemeint ist, ist das nicht nachvollziehbar. Es muss gewährleistet sein, dass gegenüber dem angrenzenden Überwachungsbereich ein Unterdruck herrscht, damit Radioaktivität auf jeden Fall nicht den Weg in Überwachungsbereiche und von dort in nicht dem Strahlenschutz unterliegenden Bereiche kommen kann.

Zu Kapitel 5.12 Entstaubung:

Dazu hat die AGO bereits unter Unterkapitel 5.8.2 Stellung genommen.

Zu Kapitel 5.13 Strahlenschutz/Strahlenexposition:

In den Unterkapiteln 5.13.1 bis 5.13.4 werden Aussagen zum Schutz gegen Direktstrahlung, Inhalation, Kontamination und von Personen gemacht. Die Ausführungen zum Strahlenschutz in diesem Teilkapitel sind sehr allgemein gehalten und sollten nach Ansicht der AGO auch in einer Konzeptstudie zumindest in Grundzügen konkretisiert werden. Eine intensivere Beschäftigung mit dem Themenkomplex Bewetterung – Staub – Filteranlagen – Strahlenschutz wäre wünschenswert gewesen.

Die AGO hält insbesondere die Ausführungen im Unterkapitel 5.13.2 (Schutz vor Inhalation von radioaktiven Stoffen) für erläuterungsbedürftig.

Zu Kapitel 5.14 Gebirgsertüchtigung, Vorpfänden, Abdichten:

Auch die Verfasser sehen die gebirgsmechanische Probleme, welche in der Schachanlage Asse II hinsichtlich des Schildvortriebs bestehen und beschreiben diese:

„Speziell die Durchfahrt der Pfeilerstruktur ist kritisch zu bewerten und eine vorläufige Sicherung und Stabilisierungsmaßnahmen können erforderlich werden. Zudem muss davon ausgegangen werden, dass die Schweben bei der Schilddurchfahrt aufgrund von Spannungsumlagerungen nicht selbsttragend bleiben.“

Die allgemein vorgeschlagenen Stabilisierungsmaßnahmen (Injektionen, Abdichtungen, Vorpfändungen) werden von der AGO mit Skepsis gesehen, weil sie neue und unter den gegebenen Umständen schwer zu realisierende Maßnahmen darstellen, die eigentlich durch den Einsatz einer Schildvortriebsmaschine vermieden werden sollten. Darüber hinaus muss besonderes Augenmerk auf mögliche Auflockerungszonen gelegt werden, die jegliche Abdichtung erschweren.

Zu Kapitel 5.15 Wartung:

Die AGO sieht noch großen Untersuchungsbedarf in Hinblick auf automatisierte Systeme, weil sonst auch hier das Problem des menschlichen Einsatzes im Sperrbereich unter Vollschutz und beengten räumlichen Voraussetzungen bestehen wird. Das betrifft jedoch auch andere, klassische Technologien.

Zu Kapitel 5.16 Sicherheit:

In Unterkapitel 5.16.1 wird beschrieben, wie die beiden Tunnelröhren als Fluchtwege konzipiert werden sollen. Die AGO sieht Klärungsbedarf für die Nutzung des Transporttunnels für die Gebinde als Fluchtweg, weil gegebenenfalls leichte Kontaminationsverschleppungen diesen Fluchtweg behindern können.

Im Unterkapitel 5.16.2 wird eine Störfallanalyse angekündigt und auf die Definition in der Strahlenschutzverordnung Bezug genommen. In einer Tabelle werden Ereignisse dargestellt. Im Übrigen wird auf frühere Studien verwiesen. Im Rahmen dieser Stellungnahme kann die AGO nicht detailliert auf die Aussagen zu Störfällen eingehen, sondern lediglich einige Anmerkungen machen:

Einige der in Tabelle 8 genannten Ereignisse können nicht als Störfälle angesehen werden. Sie sind nicht durch die Tätigkeit ‚Rückholung‘ entstanden, sondern waren bereits vorher gegeben. Deshalb muss die Tätigkeit so geplant werden, dass die Probleme unter Einhaltung aller Sicherheitsanforderungen bewältigt werden.

Die AGO empfiehlt im Falle der Weiterverfolgung des Schildvortriebes eine eigenständige Störfallanalyse in sinngemäßer Anlehnung an das kerntechnische Regelwerk durchzuführen, um zu Aussagen zu kommen, welche maximalen Freisetzungen radioaktiver Stoffe möglich sind und welche Auswirkungen das für Personal und Bevölkerung haben kann.

Zu Kapitel 5.17 Vorauserkundung:

Die Ausführungen zur lagegenauen Abbildung der Gebinde bleiben im Allgemeinen und unterstellen, dass geeignete Verfahren existieren.

Die AGO hat jedoch erhebliche Zweifel, dass solche Verfahren unter den gegebenen Bedingungen und in Echtzeit diese Informationen liefern können. Der visuelle Eindruck von der Ortsbrust wird daher wohl die wichtigste brauchbare Orientierungshilfe bleiben. Die AGO geht davon aus, dass Salzgrus soweit aufgelockert und entfernt werden muss, damit verborgene Gebinde freigelegt werden. Zu der hierzu verfügbaren Technik sind vertiefte Recherchen erforderlich. (Siehe Beispiele im Anhang 2).

Zu Kapitel 5.18 Gas:

Die Problematik von geogenen Gasaustritten und Möglichkeiten sicherheitstechnischer Maßnahmen wird von der AGO nicht kommentiert.

Zu Kapitel 5.19 Zeit- und Kostenplanung:

Es wird aufgezeigt, dass die Vortriebsleistung sich auch anhand von einigen wichtigen bekannten Randbedingungen nicht real abschätzen lässt. So ist auch eine realistische Kostenschätzung zurzeit nicht möglich, da einige wichtige Untersuchungen, die auch in den obigen Kapiteln und Teilkapiteln diskutiert wurden, fehlen. Dazu hat die AGO zurzeit keine weiteren Fragen.

Zu Kapitel 5.21 Entwicklungsbedarf:

Die aufgezeigten Punkte, in denen die Verfasser noch Entwicklungsbedarf sehen, werden auch von der AGO gesehen, wie aus vorlaufenden Anmerkungen bereits zu erkennen war. Hinzu kommt die Problematik der Abwasserentsorgung der Schildmaschine, bei der ggf. kontaminierte Salzwässer zur Entsorgung stehen würden. Weiterhin fehlen Untersuchungen zu Entstaubung, Bewetterung, Fernhantierung, automatisierten Wartungssystemen und zu Werkzeugwechselsystemen

5.6 Kap. 6 - Infrastruktur für einen Schildvortrieb

5.6.1 Sachstand

Kapitel 6 beschreibt die Baustelleneinrichtung, Logistik, Energieversorgung, Wasser- und Kühlwasserversorgung, Baustoffmischanlage, Abwasserentsorgung und Montage.

5.6.2 Kommentar AGO

Die AGO weist darauf hin, dass der im Unterkapitel 6.1.2 (Energieversorgung) beschriebene dieselbetriebene Notstromgenerator für die Notstromversorgung möglichst außerhalb der zu überwachenden Bereiche aus Gründen der Filterproblematik betrieben werden sollte.

Die zur Montage der Schildmaschine erforderliche Anfahrkaverne hat erhebliche Dimensionen, zumal vier solcher Kavernen nebeneinander herzustellen wären. Die Kavernen müssten zusätzlich über Zugangsstrecken verfügen und würden durch die Tunnelausbrüche in Richtung der ELK nochmals erweitert. Die AGO rechnet dadurch mit weitreichenden mechanischen Schwächungen des Gebirges im Bereich des östlichen Baufeldrandes, mit erheblichen Auswirkungen auf das Tragsystem. Daher müsste durch gebirgsmechanische Modellrechnungen zunächst die möglichen Auswirkungen untersucht und ggf. die Machbarkeit solcher Anfahrkavernen nachgewiesen werden.

Eine ähnliche Problematik ergibt sich für die Demontage-Kavernen, wobei dort zusätzlich radiologische und betriebliche Risiken für das einzusetzende Personal gesehen werden.

5.7 Kap. 7 - Zusammenfassung

5.7.1 Sachstand

In Kapitel 7 weisen die Verfasser selbst nochmals auf offene Fragen hin, die vor einer Bewertung der Machbarkeit zu klären sind.

5.7.2 Kommentar AGO

Ob die genannten Vorteile gegenüber „klassischen“ Bergetechniken am Ende entscheidend sein können, wird von der AGO mit Interesse verfolgt, aber auch mit Skepsis gesehen.

Nach Auffassung der AGO müssen für die in der Studie nicht erfassten Einlagerungskammern 7/725 und 2/750 andere Lösungen gefunden werden. Während es für die Einlagerungskammer 2/750 gegebenenfalls eine Schildvortriebslösung in zwei übereinanderliegenden Ebenen geben könnte, die jedoch noch untersucht werden muss, könnte es für Einlagerungskammer 7/725 entsprechend der Evaluierungsergebnisse zur Faktenerhebung eine vorgezogene Räumung auf „konventionellem“ Wege geben.

6. Fazit der AGO zum aktuellen Stand der Untersuchungen zur Bergetechnik

Das Untersuchungsprogramm zur „Studie zur Eignungsfähigkeit und zum Entwicklungsbedarf von Gerätschaften/Werkzeugen für den Einsatz in der Schachanlage Asse II“ läuft nunmehr seit vier Jahren und gibt der AGO Anlass, ein Zwischenfazit zu ziehen.

Ziel der Untersuchung soll die Bewertung der Eignungsfähigkeit von im Markt befindlichen Technologien und die Erarbeitung des Entwicklungsbedarfs für eine einsatzfähige Bergetechnik für die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus Asse II sein. Die Bergetechnik ist eine zentrale Fragestellung für den Erfolg der Rückholung. Vor diesem Hintergrund scheint nach nunmehr vier Jahren der Erkenntnisgewinn gering.

Der 1. Zwischenbericht (KIT 2012) und der 3. Zwischenbericht (KIT 2014) geben keine neuen Erkenntnisse wieder. Allerdings ist eventuell das entwickelte Bewertungsverfahren für Technologien, die zum Einsatz kommen könnten, verwendbar, sofern Verbesserungen (siehe Anhang 3) berücksichtigt werden.

Die Vorversuche, die im 2. Zwischenbericht (KIT 2013) beschrieben werden, sind ein erster Ansatz, der die Grundlage für weitere Untersuchungen darstellen kann. Weitere Untersuchungen müssen in Bezug auf Praxisnähe zu den Verhältnissen in Asse II auch das

Lösen von Gebinden aus Haufwerk und Spannungszuständen berücksichtigen, die in Einlagerungskammern entstehen können. Erst mit solchen Versuchen kann das Spektrum für den Einsatz von Werkzeugen vollständig erfasst werden, besonders unter Bedingungen der Fernhantierung.

Bisher fehlen Untersuchungen zu Technologien zum Abstützen von Umgebungsstrukturen, die konventionelle Bergetechniken erst ermöglichen.

Ein erster interessanter Ansatz dazu wird mit der Technologie von Schildvortriebsmaschinen im 4. Zwischenbericht (KIT 2015) beschrieben. Allerdings zeigt der Bericht, dass zum Einsatz dieser Technik erweiterte Erkenntnisse aus der Gebirgsmechanik, dem Werkzeugverhalten, der Fernhantierung, Strahlenschutzmaßnahmen sowie Aushärtung und Standverhalten von Sorelbeton noch ausstehen.

Die AGO versteht nicht, warum das Gebiet der Fernhantierung mit Blick auf die Verhältnisse in der Schachanlage Asse II bislang nicht untersucht wurde. Es stellt eine Grundlage zur systematischen Auswahl von Techniken zur Bergung dar.

Die AGO ist überzeugt, dass die Bergetechnik unabhängig von der Rückholungsplanung in einem überschaubaren Zeitraum von 2 bis 3 Jahren einsatzfähig konzipiert werden kann und somit den Planern für die Rückholung als gute Basis dienen kann.

Literatur

AGO (2013): Kurzstellungnahme zum 1. Zwischenbericht - Marktrecherche möglicher Bergungstechnologien (Arbeitspaket 2). Studie zur Eignungsfähigkeit und zum Entwicklungsbedarf von Gerätschaften / Werkzeugen für den Einsatz in der Schachanlage Asse II Eignungsfähigkeit. Abgestimmte Endfassung vom 18.02.2013.

BfS (2009): Zusammenstellung und Bewertung der Salzlösungs- und Gaszutritte im Grubengebäude der Schachanlage Asse II; Projekt: 9A-64222100 HG RB 0002, Revision: 01; Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, Stand: 21.07.2009

BfS (2011): Leistungsbeschreibung: Rückholung der radioaktiven Abfälle aus dem Endlager Asse - Recherche der am Markt vorhandenen Rückhottechniken, zum ggf. notwendigen Entwicklungsbedarf sowie deren Erprobung im Technikum. Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, Stand: 20.05.2011

BfS (2014): Konkretisierung der Machbarkeitsstudie zum optimalen Vorgehen bei der Rückholung der LAW-Gebinde – Abschlussbericht, Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, Stand: 26.11.2014

DMT & TÜV NORD (2009): Beurteilung der Möglichkeit einer Rückholung der LAW-Abfälle aus der Schachanlage Asse. DMT GmbH & Co. KG, TÜV NORD SysTec GmbH & Co. KG, 25.09.2009

EWN & TÜV NORD (2008): Möglichkeit einer Rückholung der MAW-Abfälle aus der Schachanlage Asse. EWN GmbH Lubmin und TÜV NORD SysTec GmbH & Co. KG Hamburg, 28.11.2008.

GfS - N. Stockmann, G. Markgraf, T. Taylor, L. Teichmann, G. Hensel (2006): Zusammenstellung und Bewertung der ab 1988 im Grubengebäude der Schachanlage Asse II aufgetretenen Salzlösungen und Gase; Revision: 03; Stand: Januar 2006;

KIT (2012): 1. Zwischenbericht - Marktrecherche möglicher Bergungstechnologien (Arbeitspaket 2)“. Studie zur Eignungsfähigkeit und zum Entwicklungsbedarf von Gerätschaften / Werkzeugen für den Einsatz in der Schachanlage Asse II

Eignungsfähigkeit Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (KIT-TMB), Professur für Technologie und Management des Rückbaus kerntechnischer Anlagen (TMRK), Karlsruhe, Stand: 17.07.2012.

KIT (2013): 2. Zwischenbericht - Vorversuche mit Versatzmaterial und Versuchsreihen zum Freilegen und Lösen von Gebinden. Studie zur Eignungsfähigkeit und zum Entwicklungsbedarf von Gerätschaften / Werkzeugen für den Einsatz in der Schachanlage Asse II Eignungsfähigkeit.- Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (KIT-TMB), Professur für Technologie und Management des Rückbaus kerntechnischer Anlagen (TMRK), Karlsruhe, Stand: 09.09.2013.

KIT (2014): 3. Zwischenbericht – Prüfung Eignungsfähigkeit vorhandener Techniken. Studie zur Eignungsfähigkeit und zum Entwicklungsbedarf von Gerätschaften / Werkzeugen für den Einsatz in der Schachanlage Asse II Eignungsfähigkeit.- Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (KIT-TMB), Professur für Technologie und Management des Rückbaus kerntechnischer Anlagen (TMRK), Karlsruhe, Stand: 30.10.2014.

KIT (2015): 4. Zwischenbericht – Machbarkeitsstudie für die Methode „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“. Studie zur Eignungsfähigkeit und zum Entwicklungsbedarf von Gerätschaften / Werkzeugen für den Einsatz in der Schachanlage Asse II Eignungsfähigkeit.- Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (KIT-TMB), Professur für Technologie und Management des Rückbaus kerntechnischer Anlagen (TMRK), Karlsruhe, Stand: 13.05.2015.

Strassert, G. (1995): Das Abwägungsproblem bei multikriteriellen Entscheidungen.- Peter Lang GmbH, Frankfurt a. M., Berlin, New York, Paris u.a.

Anhang 1

Zusätzliche Anmerkungen zu Kap. 2 von Prof. Dr. Bertram

Kap. 2.7.5 Weitere Betrachtungen zu Lösungszutritten:

Hier sollten die Schwierigkeiten bei der hydrogeologischen Bewertung erwähnt werden, die durch die unterschiedliche Art der Lagerung, durch die Heterogenität der Gebindefüllungen sowie durch die zwischen den Kompartimenten abgelaufenen und permanent ablaufenden Wechselwirkungen (Prozesse, Reaktionen) und durch die dabei beanspruchten Wasseranteile gegeben sind. Es sollte weiter darauf hingewiesen werden, dass bezüglich der Zuflussmengen und deren Herkunft eine belastbare Wasserbilanz zwischen ein- und ausziehenden Wetterströmen fehlt. Darüber hinaus sollte erwähnt werden, dass beim Zusammenwirken von vermischten radiotoxischen und chemotoxischen Stoffen insbesondere im Nahfeld der Gebinde und damit für geochemische und hydrochemische Szenarien noch Forschungsbedarf bezüglich der Übertragbarkeit der Asse besteht. Vor dem Hintergrund unvorhersehbarer Ereignisse, werden alle diesbezüglichen Prognosen zu möglichen Vorgängen mit großen Unsicherheiten behaftet sein. Hier sollten spezifische Risikostudien gefordert werden, um die Effizienz der gewählten Maßnahmen besser abzuschätzen zu können.

Anhang 2

Vorschläge der AGO zum 3. und 4. Zwischenbericht:

Prüfung und Erprobung einer Kombination von Saugbagger mit Rüttel-Werkzeug oder mit Druckluftlanze oder Drahtbürste zur Auflockerung und Entfernung von Salzgrus.

Bei einem Saugbagger erzeugt ein Gebläse einen Luftstrom von bis zu 44.000 m³/h und einen max. Unterdruck von 55.000 Pa. Der Saugschlauch ist über den Träger hydraulisch dreidimensional bewegbar. Im Bereich der Saugkrone wird das Material von dem Luftstrom mitgerissen. Saugbar sind alle Medien, feste Partikel bis zu einer Größe von 25 cm. (Wikipedia: Saugbagger). Schlauchverlängerungen bis ca. 150 m sind möglich. Saugbagger werden oft in Kombination mit Druckluft-Lanzen zum Auflockern des Saugguts eingesetzt. Durch die mögliche lange Schlauchanbindung könnte die Anlage größtenteils außerhalb der ELK aufgestellt werden. Zusatzgeräte wie der „Mooner“ (Abb. 1 bis 3) könnten den fernhantierten Einsatz ermöglichen und bieten zusätzliche Funktionen. Siehe hierzu auch folgende Videos:

- https://www.youtube.com/watch?v=CxCyXgeCW_U besonders ab 11:00 min.
- <http://www.saugbagger.com/product/mooner/>
- https://www.youtube.com/watch?v=o5_lwCkwqqE

Ein Rüttler oder Vibrator ist ein technisches Gerät, das durch Zuführung von Energie in mechanische Schwingungen von meist hoher Frequenz und relativ kleiner Amplitude (Vibration) versetzt wird. Beispiele: Betonverflüssigung, Einrütteln von Stahlträgern, Spundblechen etc. ins Erdreich. Rüttelaggregate sind als Wechselgeschirr für Bagger erhältlich und können in die Greifzange beliebig geformte Werkzeuge aufnehmen. Siehe z.B.:

- <https://www.youtube.com/watch?v=mDpWpNMjybk>

Im Fall der Rückholung könnte ein Rüttler (im Gegensatz zu einem Hydraulikmeißel) zur schonenden Auflockerung des verfestigten Salzgruses in Frage kommen. Der aufgelockerte Salzgrus könnte dann abgesaugt werden. Beide Funktionen könnten in einem „Werkzeug“ kombiniert werden.



Abb. 1: „Mooner“ mit Tieflöffel und Saugleitung



Abb. 2: „Mooneer“ mit Tieföffel und Saugleitung

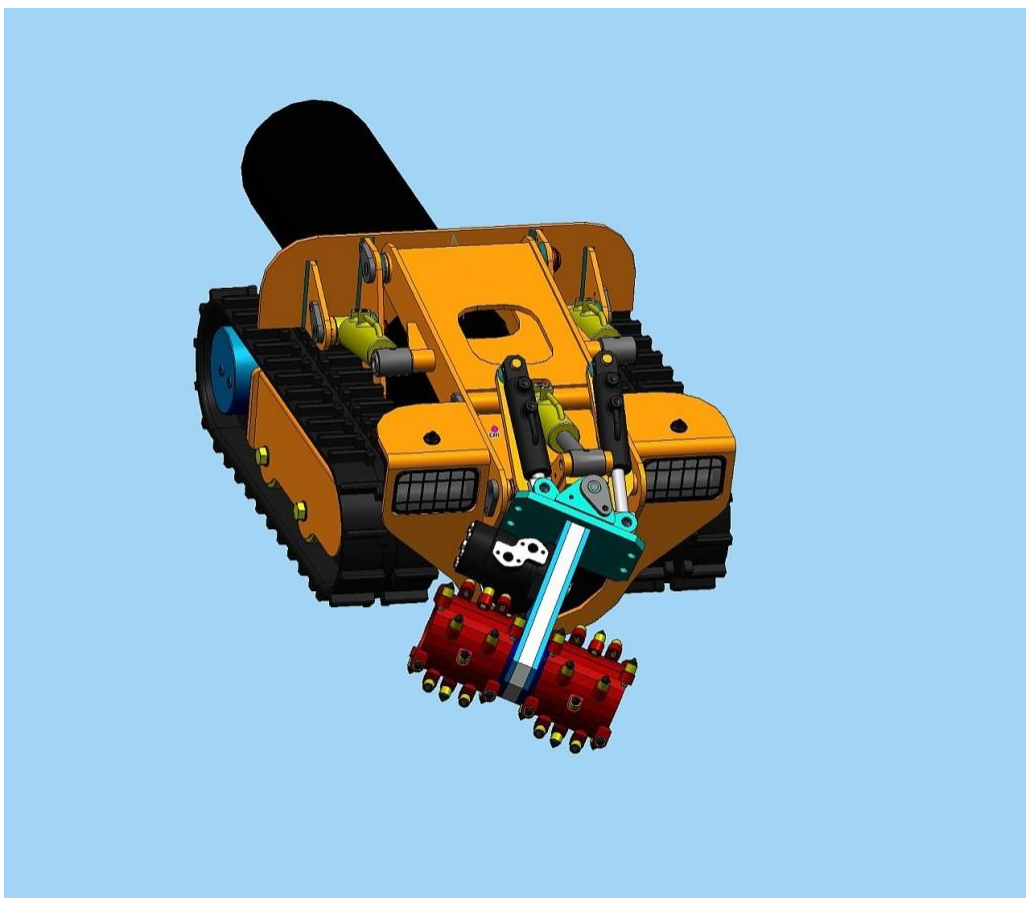


Abb. 3: Statt einer Fräse könnte evtl. auch eine rotierende Drahtbürste zur Entfernung von Salzgrus infrage kommen.

Anhang 3

Anmerkungen zur methodischen Vorgehensweise zum

3. Zwischenbericht – Prüfung Eignungsfähigkeit vorhandener Techniken. Studie zur Eignungsfähigkeit und zum Entwicklungsbedarf von Gerätschaften / Werkzeugen für den Einsatz in der Schachtanlage Asse II (KIT 2014).

1. Vorbemerkung

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die methodische Vorgehensweise im Bericht von KIT (2014) zur Prüfung der Eignungsfähigkeit vorhandener Techniken. Es wird geprüft, ob die benutzte Methodik zur Klärung der an KIT gerichteten Aufgabenstellung angemessen ist.

2. Die methodische Vorgehensweise in KIT (2014)

Zusammengefasst besteht die methodische Vorgehensweise beim Vergleich der Gerätschaften und Werkzeuge in KIT (2014) aus folgenden Einzelschritten:

Schritt (a): Gemeinsame Festlegung der grundlegenden Anforderungen an die Maschinentechnik zur Rückholung der Abfälle aus der Asse durch KIT und BfS (KIT 2014, Kap. 2)

Es werden 23 grundsätzliche Anforderungen an die Gerätschaften identifiziert, die neben bergtechnischen Anforderungen auch atomrechtliche umfassen. Da diese Anforderungen nach KIT (2014, Kap. 3) nicht ohne weiteres quantifizierbar sind und keiner objektiven Bewertung unterzogen werden können, müssen sie in entsprechende Bewertungskriterien übersetzt werden. Dies geschieht in Schritt (b).

Schritt (b): Ableitung der Kriterien, Kap. 3

Aus den 23 Anforderungen werden insgesamt 78 einzelnen Kriterien formuliert. Sie werden zur besseren Übersicht sechs verschiedenen Beurteilungsfeldern zugeordnet (z.B. Betrieb, Strahlenschutz, Flexibilität). Drei der Kriterien (Frischwetterbedarf, Raumbedarf, Hubkraft/Tragkraft) dienen auch als Ausschlusskriterien. Wenn eines der Ausschlusskriterien nicht erfüllt wird, fällt das entsprechende Gerät aus der Bewertung raus.

Alle anderen Kriterien sind Vergleichskriterien. Zu jedem Kriterium werden das zu bewertende Merkmal (Bewertungsgröße) und der Bewertungsmaßstab angegeben. Der Bewertungsmaßstab besteht aus zwei oder drei ordinalen Bewertungsstufen im Sinne von „geringer Eignungsfähigkeit“, „bedingter Eignungsfähigkeit“ oder „guter Eignungsfähigkeit“.

Mit den Schritten (a) und (b) sind wesentliche Grundlagen für das Bewertungsverfahren gelegt. In KIT (2014) entspricht dies Kap. 6.1 – Schritt 1, Vorauswahl.

Schritt (c): Ermittlung von Fallkombinationen und Fallzuordnung

Zur Ermittlung der Fallkombinationen wurden relevante Einlagerungsannahmen (z.B. über Gebindezustand, Einlagerungssituation, Transportstrecke) mit den vier Gliedern der verfahrenstechnischen Kette verknüpft. Letztere besteht aus den Maßnahmen „Freilegen und Lösen“, „Greifen, Anheben und Ablegen“, „Verladen“ und „Transportieren“. Daraus ergibt sich folgende Reihe von Fallkombinationen, denen die zu prüfenden Trägergeräte und Anbauwerkzeuge sinnvoll zugeordnet und auf ihre Eignung hin geprüft werden (die Fallkombinationen sind im Einzelnen in KIT (2014, Kap. 4.1 bis 4.4) dargestellt:

- Freilegen und Lösen (Fallkombinationen 1 bis 4),
- Greifen, Anheben und Ablegen (Fallkombinationen 5 bis 18),
- Verladen (Fallkombinationen 19 bis 21),
- Transportieren (Fallkombinationen 22 bis 27).

Mit Schritt (c) liegt eine weitere Grundlage zur vergleichenden Bewertung der Gerätschaften und Werkzeuge vor.

Schritt (d): Technische Bewertung

Die Bewertung der Maschinenteknik erfolgt für Kombinationen ausgewählter Trägergeräte und Anbauwerkzeuge, die stellvertretend für Gruppen entsprechender Geräte stehen. Die Bewertung geschieht getrennt nach den vier Verfahrensschritten und den zugehörigen Fallkombinationen (s.o. Schritt c), die wiederum durch bestimmte auf sie zutreffende Kriterien gekennzeichnet sind (s.o. Schritt b).

Mit Schritt (d) endet die vergleichende Bewertung der Maschinenteknik. Nach KIT (2014, Kap. 8) zeigen die Bewertungsergebnisse, dass verschiedene Gerätschaften aus der konventionellen Bauindustrie für eine Rückholung der Gebinde prinzipiell geeignet sind.

3. Beurteilung der Vergleichsmethodik durch die AGO

Die in **Schritt (a)** vorgenommene Festlegung der grundlegenden Anforderungen an die Maschinenteknik ist ein notwendiger Arbeitsschritt zur Ableitung sinnvoller Kriterien und eine Voraussetzung des Vergleichs der Gerätschaften.

Deshalb ist die Ableitung von Kriterien in **Schritt (b)** gleichfalls im Prinzip nachvollziehbar. Allerdings kommen nur drei Ausschlusskriterien zur Anwendung. Daraus resultiert eine hohe Anzahl von Maschinen und Greifwerkzeugen, die in den Vergleich eingehen und ihn unübersichtlich machen. Dazu trägt ebenfalls die sehr hohe Anzahl von Kriterien bei.

Anstatt eine Vollständigkeit der Kriterien anzustreben wäre es besser gewesen, mit einer verringerten Zahl der wichtigsten Kriterien den Vergleich durchzuführen (d.h. Kriterien gewichten). Einen Detailvergleich hätte man dann in einem zweiten Arbeitsschritt auf die verbliebenen hochrangigen Maschinen und Geräte konzentrieren können. Zudem wäre der Einsatz zusätzlicher Ausschlusskriterien zu prüfen gewesen.

Positiv zu bemerken ist die Unterscheidung von Bewertungsmaßstab und Bewertungsgröße. Allerdings sind die drei ordinalen Bewertungsstufen (geringe, mittlere und gute Eignung) keine Bewertungsmaßstäbe, sondern nur deren Anwendung auf die Bewertungsgröße. Der Bewertungsmaßstab besteht vielmehr in einer „Erfüllungsfunktion“ für jedes Kriterium, d.h. mit Hilfe dieser Funktion kann man messen (abschätzen), wie weit das Kriterium erfüllt wird (so z.B. Verbrauch an Frischluft durch Verbrennungsmotoren: Es existiert eine Funktion, die den Verbrauch pro Minute darstellt). Anhand dieser Funktion können entsprechende Maschinen beurteilt werden.

Die in **Schritt (c)** vorgenommene Ermittlung von grundsätzlichen Arbeitsgängen bzw. Fallkombinationen ist prinzipiell nachvollziehbar; eine Detailüberprüfung, inwieweit einzelne Arbeitsgänge bzw. Fallkombinationen inhaltlich sinnvoll sind, hat die AGO nicht vorgenommen.

Die eigentliche Bewertung geschieht dann im letzten **Schritt (d)** in KIT (2014, Anhang 2). Sie ist sehr umfangreich (> 2000 S.) und kann den Leser alleine dadurch schon überfordern. In KIT (2014, Kap. 7) werden zwar aus der Gesamtbewertung aller Maschinen und Anbauwerkzeuge (sowie möglicher Gerätekombinationen) für die vier verschiedenen Verfahrensschritte und die jeweils relevanten Fallkombinationen diejenigen ausgewählt, die besonders geeignet für ihren Einsatz in der Asse erscheinen. Dennoch fehlt eine klare gutachterliche Empfehlung der Geräte, die KIT (2014) bei allen Unwägbarkeiten (z.B. notwendige Modifikationen der Geräte beim Einsatz in Asse II) empfiehlt.

Abschließend muss noch darauf hingewiesen werden, dass die Aussage in KIT (2014, Kap. 8), mit dem entwickelten Bewertungssystem könnten die verschiedenen Gerätschaften mittels der Bewertungskriterien und der Fallkombinationen „objektiv verglichen werden“, nicht stimmt. Dazu müsste man sich mit dem Problem der multikriteriellen Entscheidungsfindung (z.B. in STRASSERT (1995)) auseinandersetzen, d.h. der Frage, wie man die unterschiedlichsten Kriterien so operationalisiert, dass man unter Einbezug aller Kriterien

eine begründete Entscheidung treffen kann. Der Umgang mit diesem Problem hat offensichtlich in KIT (2014) nicht stattgefunden.

Fazit der AGO:

In KIT (2014) werden Kriterien aus den grundlegenden Anforderungen an die zu vergleichenden Maschinen und Gerätschaften abgeleitet. Bewertungsmaßstäbe und Bewertungsgrößen werden identifiziert. Ebenfalls werden sinnvolle Fallkombinationen und Fallzuordnungen abgeleitet.

Ungeachtet der methodischen Problempunkte ist das Bemühen um einen „objektivierbaren“ Vergleich zu erkennen. Als Grundlage für das nachfolgende Arbeitspaket 5 ist mit dem Bericht KIT (2014) eine Basis für das Arbeitspaket 3 gelegt worden, auch wenn aus methodischer Sicht Lücken erkennbar sind (z.B. zu viele Kriterien in einem Bewertungsdurchgang, Gewichtung der Kriterien wäre vorteilhaft, ggf. mehr Ausschlusskriterien benutzen, das multikriterielle Entscheidungsproblem offensichtlich nicht erkannt worden).