



Bundesamt für Strahlenschutz

# Deckblatt

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.	Seite: I
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23431000	GHB	RB	0051	00	Stand: 29.07.2016

Titel der Unterlage:

STUDIE ZUR EIGNUNGSFÄHIGKEIT UND ZUM ENTWICKLUNGS-BEDARF VON GERÄTSCHAFTEN / WERKZEUGEN FÜR DEN EINSATZ IN DER SCHACHTANLAGE ASSE II ZUSATZ ZUM ABSCHLUSSBERICHT - VERSUCH ZUR FERNHANTIERUNG

Ersteller:

Stempelfeld:

--	--	--	--

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Beförderung und Vernichtung und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung des BfS.



Bundesamt für Strahlenschutz

# Revisionsblatt

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	JA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: II
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	23431000	GHB	RB	0051	00	Stand: 29.07.2016

Titel der Unterlage:

STUDIE ZUR EIGNUNGSFÄHIGKEIT UND ZUM ENTWICKLUNGS-BEDARF VON GERÄTSCHAFTEN /  
WERKZEUGEN FÜR DEN EINSATZ IN DER SCHACHTANLAGE ASSE II  
ZUSATZ ZUM ABSCHLUSSBERICHT - VERSUCH ZUR FERNHANTIERUNG

Rev.	Rev.-Stand Datum	UVST	Prüfer	Rev. Seite	Kat.*	Erläuterung der Revision

\*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur  
Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung  
Kategorie S = substantielle Änderung  
mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2606316	Seite: 1 von 19
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 29.07.2016
9A	23431000	GHB	RB	0051	00		

## **Zusatz zum Abschlussbericht – Versuch zur Fernhantierung**

# **Studie zur Eignungsfähigkeit und zum Entwicklungsbedarf von Gerätschaften / Werkzeugen für den Einsatz in der Schachtanlage Asse II**

**Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Technologie und Management des Rückbaus kerntechnischer Anlagen  
(TMRK)**

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2606316	Seite: 2 von 19
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 29.07.2016
9A	23431000	GHB	RB	0051	00		



**Impressum:**

Auftraggeber: Bundesamt für Strahlenschutz  
 Willy-Brandt-Str. 5  
 38226 Salzgitter  
 Telefon: 030 18333-0  
 Telefax: 030 18333-1885  
 E-Mail: epost@bfs.de  
 Internet: www.bfs.de

Ersteller:

Internet: [www.tmb.kit.edu](http://www.tmb.kit.edu)

Abbildungen: Dem KIT wurden die Nutzungsrechte für sämtliche in der Studie verwendeten Abbildungen von den Abbildungseigentümern eingeräumt.

Der Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) erstellt. Das BfS behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit Zustimmung des BfS zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	<b>B2606316</b>	Seite: 3 von 19
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 29.07.2016
9A	23431000	GHB	RB	0051	00		

Revisionsblatt

Rev.	Rev.-Stand Datum	revidierte Seite	Kat. *)	Erläuterung der Revision

\*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur  
 Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung  
 Kategorie S = substantielle Revision  
 Mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2606316	Seite: 4 von 19
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 29.07.2016
9A	23431000	GHB	RB	0051	00		

## KURZFASSUNG

Autoren:

Titel: Studie zur Eignungsfähigkeit und zum Entwicklungsbedarf von Gerätschaften / Werkzeugen für den Einsatz in der Schachtanlage Asse II – Versuch zur Fernhandtierung

Stand: 29.07.2016

Im Rahmen der Studie werden die Eignungsfähigkeit und der Entwicklungsbedarf von Gerätschaften / Werkzeugen für den Einsatz in der Schachtanlage Asse II in mehreren Arbeitspaketen (AP) untersucht.

In dieser Anlage zum Abschlussbericht wird ein Versuch durchgeführt, mit welchem eine vergleichende zeitliche Einschätzung bezüglich verschiedener Arbeitsschritte in bemannter und fernhandtierter Arbeitsweise getroffen werden kann.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	<b>B2606316</b>	Seite: 5 von 19
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 29.07.2016
9A	23431000	GHB	RB	0051	00		

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>KURZFASSUNG .....</b>	<b>4</b>
<b>INHALTSVERZEICHNIS .....</b>	<b>5</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>6</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS.....</b>	<b>7</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>8</b>
<b>EINHEITENVERZEICHNIS.....</b>	<b>8</b>
<b>1 EINLEITUNG .....</b>	<b>9</b>
1.1    AUSGANGSLAGE .....	9
1.2    ÜBERSICHT DER ARBEITSPAKETE .....	10
1.3    ZIELSETZUNG UND ERWARTUNG .....	11
1.4    ABGRENZUNG.....	12
1.5    VORGEHENSWEISE.....	12
<b>2 VERSUCH .....</b>	<b>13</b>
2.1    EINGESETZTE MASCHINENTECHNIK .....	13
2.2    VERSUCHSDURCHFÜHRUNG .....	14
2.3    ERGEBNISSE.....	16
<b>3 AUSWERTUNG UND AUSBLICK.....</b>	<b>18</b>
<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>19</b>
<b>GLOSSAR .....</b>	<b>19</b>

Gesamtseitenzahl: 19

Stichworte: Asse, Rückholung, Zeit, Fernhantierung

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	<b>B2606316</b>	Seite: 6 von 19	
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		<b>B2606316</b>	Stand: 29.07.2016
9A	23431000	GHB	RB	0051	00			

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Funkgesteuerter Hydraulikbagger Caterpillar 320 CL.....	13
Abbildung 2: Steuerstand Hydraulikbagger Caterpillar 320 CL.....	14
Abbildung 3: Versuchsparcours (nicht maßstabsgetreu) .....	14



Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	<b>B2606316</b>	Seite: 7 von 19
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 29.07.2016
9A	23431000	GHB	RB	0051	00		

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Zeiten der bemannten und der fernhantierten Durchgänge .....	15
Tabelle 2: Mittelwerte der bemannten Durchgänge .....	16
Tabelle 3: Mittelwerte der fernhantierten Durchgänge .....	17
Tabelle 4: Gegenüberstellung der Mittelwerte aus bemannten und fernhantierten Durchgängen.....	17

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	<b>B2606316</b>	Seite: 8 von 19
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 29.07.2016
9A	23431000	GHB	RB	0051	00		

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

<b>AP</b>	Arbeitspaket
<b>AtG</b>	Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz)
<b>BfS</b>	Bundesamt für Strahlenschutz
<b>ELK</b>	Einlagerungskammer
<b>KIT</b>	Karlsruher Institut für Technologie
<b>KHG</b>	Kerntechnische Hilfsdienst GmbH
<b>LAW</b>	low active waste
<b>MAW</b>	medium active waste
<b>TMRK</b>	Technologie und Management des Rückbaus kerntechnischer Anlagen

## EINHEITENVERZEICHNIS

<b>min</b>	Minute
<b>t</b>	Tonne

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	<b>B2606316</b>	Seite: 9 von 19
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 29.07.2016
9A	23431000	GHB	RB	0051	00		

# 1 EINLEITUNG

## 1.1 AUSGANGSLAGE

Die Schachanlage Asse II bei Wolfenbüttel, ein ehemaliges Kali- und Steinsalzbergwerk, wurde seit 1965 als Forschungsbergwerk zur Untersuchung der Endlagerung radioaktiver Abfälle in Salzformationen betrieben. In den Jahren von 1967 bis 1978 wurden ca. 125.800 Gebinde schwachradioaktiver Abfälle (low active waste – LAW) und mittelradioaktiver Abfälle (medium active waste – MAW) auf drei unterschiedlichen Sohlen in insgesamt 13 Einlagerungskammern (ELK) eingelagert [1].

Das Bergwerk, insbesondere die Südflanke, weist einen hohen Durchbauungsgrad auf: Um möglichst wenig Rohstoff zu verschenken, reichen die Abbaukammern teilweise bis auf wenige Meter an das Deckgebirge und an benachbarte Abbaue heran. Das Volumen der Hohlräume verringert sich infolge der Konvergenzbewegung, das umliegende Gestein wird gelockert und dadurch die Stabilität des Grubengebäudes beeinträchtigt [2]. Damit einher geht ein Verlust der Barriereintegrität, sodass seit 1988 gesättigte Salzlösung aus dem Deckgebirge durch die Südflanke Zutritt. Derzeit beträgt die gefasste Lösungsmenge etwa 13 m<sup>3</sup> pro Tag.

Seit 2009 findet für die Schachanlage Asse II Atomrecht Anwendung und die Betreiberschaft ging an das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) über. Dies ist unter anderem darauf zurück zu führen, dass das Stilllegungskonzept des alten Betreibers unter öffentlicher Kritik stand. Durch das BfS wurde 2010 im Rahmen eines Optionenvergleiches als Vorzugsoption für die Stilllegung, die Rückholung aller radioaktiven Abfälle gewählt. Die Umsetzung der Rückholung war allein aufgrund des Optionenvergleiches allerdings nicht unmittelbar festzulegen, da wesentliche Kenntnisdefizite insbesondere vor dem Hintergrund der radiologischen Rechtfertigung der Rückholung (zu erwartende Kollektivdosis) bestanden. Des Weiteren sollten bestehende planerische Kenntnislücken durch die aufeinander aufbauende, dreischrittig konzipierte Faktenerhebung an zwei Einlagerungskammern (ELK 7/750 und ELK 12/750) geschlossen werden, die folgende Vorgehensweise vorsah:

- Schritt 1: Anbohren ausgewählter Einlagerungskammern sowie erste Untersuchungen über die Bohrungen,
- Schritt 2: Öffnen dieser Kammern und Bewertung von Kammer- und Gebindezustand,
- Schritt 3: Erprobung der fernbedienbaren Techniken durch Bergen von Abfällen/Gebinden.

Am Ende der Faktenerhebung war vorgesehen, die gewonnenen Erkenntnisse auf die anderen Einlagerungskammern zu übertragen und auf diese Weise sowohl eine Aussage über die technische Durchführbarkeit als auch zur radiologischen Vertretbarkeit der Rückholung aller radioaktiven Abfälle zu treffen, sowie gegebenenfalls verbesserte Planungsrandbedingungen zu erhalten. Durch die Neufassung des § 57b AtG wurde die unverzügliche Stilllegung der Schachanlage Asse II nach Rückholung der radioaktiven Abfälle gesetzlich verankert. Damit wurde letztlich eine wesentliche Zielsetzung der Faktenerhebung, die radiologische Rechtfertigung der Rückholung durch den Betreiber, obsolet. Im Rahmen eines Evaluierungsprozesses wurde die Vorgehensweise zur Rückholung der radioaktiven Abfälle überprüft und folgende wesentliche Änderungen abgeleitet:

- Verzicht auf die Schritte 2 und 3 der Faktenerhebung und geordnete Beendigung der laufenden Planungsarbeiten sowie zielfokussierte Fortführung des Schrittes 1 der Faktenerhebung an der ELK 7/750 und ELK 12/750,

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2606316	Seite: 10 von 19
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 29.07.2016
9A	23431000	GHB	RB	0051	00		

- Start der Arbeiten zur Rückholung an den Einlagerungskammern mit hohem Kenntnisstand (ELK 7/725 und ELK 8a/511) im Sinne einer vorgezogenen Rückholung.

Eine Rückholung radioaktiver Abfälle aus einem Tiefenlager wurde bisher weltweit noch nicht durchgeführt. Es kann demnach nicht auf belastbare Informationen und Erfahrungen zurückgegriffen werden.

Im Februar 2012 wurde das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) vom BfS mit einer Studie zur Eignungsfähigkeit und zum Entwicklungsbedarf von Gerätschaften/Werkzeugen für den Einsatz in der Schachtanlage Asse II beauftragt. Dieser Auftrag gliedert sich zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes in mehrere Arbeitspakete (AP), die im Folgenden dargestellt werden.

## 1.2 ÜBERSICHT DER ARBEITSPAKETE

### AP 1: Feststellung der am Markt vorhandenen Rückbau-/Rückholtechniken

Mithilfe einer internationalen Literatur- und Marktrecherche wurde festgestellt, ob bzw. welche Maschinenteknik für die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II eingesetzt werden kann. Im Rahmen dieser Recherche wurde ein Schwerpunkt auf fernbedienbare Technik gelegt. Darüber hinaus wurden auch Fragen zum Einsatz dieser Techniken in einem Salzbergwerk sowie der Verfügbarkeit aufgegriffen.

### AP 2: Erstellung und Vorstellung eines Zwischenberichts

Die Ergebnisse aus AP 1 wurden in Form des 1. Zwischenberichts dargestellt.

### AP 2a: Vorversuche mit Versatzmaterial und Versuchsreihen zum Freilegen und Lösen von Gebinden

In diesem AP wurden erste Vorversuche mit Salz durchgeführt. Innerhalb dieser Versuchsreihen wurden einige der im Rahmen der Recherche in AP 1 identifizierten Geräte und Werkzeuge auf ihre grundsätzliche Eignung zum „Freilegen und Lösen“ von Gebinden erprobt. Die Ergebnisse wurden im Rahmen des 2. Zwischenberichts dokumentiert.

### AP 3: Prüfung, welche der vorhandenen Techniken für die Rückholung der Abfälle aus der Schachtanlage Asse II geeignet sind

Anhand nachvollziehbarer Kriterien oder Begründungen wird dargelegt, welche der Rückholtechniken grundsätzlich für die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II geeignet sind. Diese Gerätschaften wurden in AP 1 identifiziert.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	<b>B2606316</b>	Seite: 11 von 19
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 29.07.2016
9A	23431000	GHB	RB	0051	00		

**AP 3a: Studie zum Sondervorschlag „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“**

Zur Untersuchung der Eignung eines „Schildvortriebs mit Teilflächenabbau“ für die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II wird eine Machbarkeitsstudie durchgeführt. Die Ergebnisse werden im 4. Zwischenbericht dokumentiert.

**AP 4: Erstellung und Vorstellung eines Zwischenberichts**

Die Ergebnisse aus AP 3 wurden in Form des 3. Zwischenberichts dargestellt.

**AP 5: Identifizierung notwendiger Entwicklungsbedarfe**

Anhand eines Soll/Ist-Vergleichs wurde aufgezeigt, ob noch Entwicklungsbedarfe bei Gerätschaften und Werkzeugen bestehen.

**AP 6: Erstellung und Vorstellung eines Zwischenberichts**

Die Ergebnisse aus AP 5 wurden in Form des 5. Zwischenberichts dargestellt.

**AP 7: Erstellung und Vorstellung eines Abschlussberichts**

Die Ergebnisse aus den Arbeitspaketen 1 bis 6 wurden in Form des Abschlussberichts zusammengefasst.

**AP 8: Technikumsversuche mit am Markt vorhandenen Rückbau-/Rückholtechniken (optional)**

Gerätschaften und Werkzeuge werden im Hinblick auf ihre Eignung zur Rückholung von radioaktiven Abfällen im repräsentativen Maßstab geprüft. Hierbei sollen die in der Schachtanlage Asse II zu erwartenden Einlagerungssituationen möglichst realitätsnah abgebildet werden.

**AP 9: Berichterstellung inklusive Versuchsdokumentation (optional)**

Die Ergebnisse der Technikumsversuche aus AP 8 werden in Form eines Versuchsberichtes dargestellt.

**1.3 ZIELSETZUNG UND ERWARTUNG**

Im Rahmen dieser Anlage zum Abschlussbericht werden die benötigten Zeiten für verschiedene Arbeitsschritte in bemannter Arbeitsweise und fernhandrierter Arbeitsweise gegenübergestellt. Ziel ist eine Abschätzung für den zu erwartenden zeitlichen Mehraufwand der unbemannten Arbeitsweise.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	<b>B2606316</b>	Seite: 12 von 19	
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		<b>B2606316</b>	Stand: 29.07.2016
9A	23431000	GHB	RB	0051	00			

## 1.4 ABGRENZUNG

Diese Anlage stellt die durch Versuche ermittelten Zeiten bestimmter Aufgaben im bemannten Betrieb und fernhandrierten Betrieb gegenüber. Zusätzliche Randbedingungen, wie Auflagen für das Arbeiten unter Tage oder Besonderheiten des Arbeitens in Kontrollbereichen, werden außer Acht gelassen.

## 1.5 VORGEHENSWEISE

Ein definierter Parcours wird im bemannten und fernhandrierten Betrieb abgefahren und die gemessenen und gemittelten Zeiten anschließend gegenübergestellt.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	<b>B2606316</b>	Seite: 13 von 19
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 29.07.2016
9A	23431000	GHB	RB	0051	00		

## 2 VERSUCH

Im Laufe der Studie wurde bereits auf die Relevanz einer Fernhantierbarkeit der Maschinenteknik eingegangen. Ausreichend Abstand des Personals zu Strahlenquellen (Abfallgebinde) ist in erster Linie für den Strahlenschutz relevant.

### 2.1 EINGESETZTE MASCHINENTECHNIK

Zum Einsatz kommt bei dem nachfolgend beschriebenen Versuch ein Hydraulikbagger Caterpillar 320 CL (Abbildung 1), ausgerüstet mit Hydraulikfräse und Sortiergreifer mit möglicher Funkfernsteuerung. Durch ein (fernsteuerbares) Schnellwechselsystem können die einzelnen Werkzeuge bei Bedarf ausgetauscht werden.



Abbildung 1: Funkgesteuerter Hydraulikbagger Caterpillar 320 CL

Dieser Hydraulikbagger mit einem Gesamtgewicht von 22 t steht bei der KHG sowohl für Erdbewegungs-, Räum- und Bergearbeiten als auch für Dekontaminationen und Demontagen zu Verfügung.

Der Steuerstand (Abbildung 2) befindet sich in der Fahrerkabine des Transportfahrzeugs. Von hier aus werden die – von acht am Bagger angebrachten Kameras – übertragenen Bilder an Monitoren überwacht und die Maschinenteknik gesteuert.



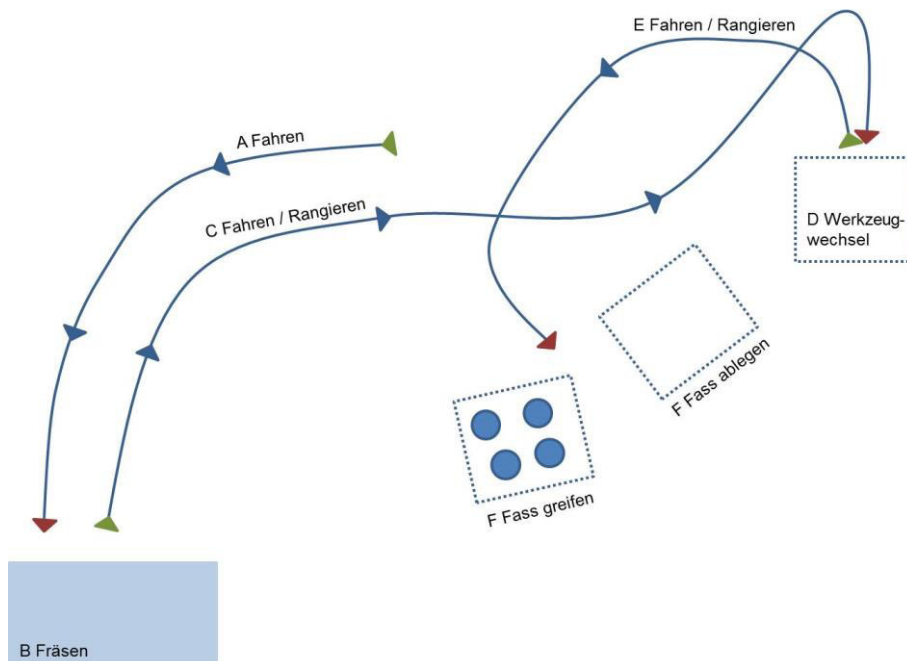
Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2606316	Seite: 14 von 19
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 29.07.2016
9A	23431000	GHB	RB	0051	00		



Die Bedienung des Gerätes wurde sowohl im bemannten als auch im fernhantierten Versuch durch einen mit dem Gerät vertrauten Mitarbeiter der KHG vorgenommen.

## 2.2 VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Abbildung 3 stellt den zu absolvierenden Versuchsparcours schematisch dar.



Die Strecke gliedert sich in die sechs Abschnitte A-F, die sich folgendermaßen charakterisieren lassen:



Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	<b>B2606316</b>	Seite: 15 von 19
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 29.07.2016
9A	23431000	GHB	RB	0051	00		

- A - Fahren                      Der mit einer Hydraulikfräse ausgestattete Hydraulikbagger fährt bis zu einer im Boden liegenden Betonplatte eine Strecke von 32 m.
- B - Fräsen                        Der Hydraulikbagger fräst einen Teil der Betonoberfläche ab.
- C - Fahren / Rangieren        Der Hydraulikbagger fährt bis zu einer definierten Stelle, an der der Werkzeugwechsel durchgeführt wird. Hierfür ist ein Rangiervorgang notwendig; die zurückgelegte Strecke beträgt 46 m.
- D - Werkzeugwechsel            Der Werkzeugwechsel von Hydraulikfräse auf Greifer wird mittels Schnellwechselsystem durchgeführt.
- E - Fahren / Rangieren        Der Hydraulikbagger fährt bis zu einer definierten Stelle. Hierfür ist ein Rangiervorgang notwendig; 15 m.
- F - Fass greifen / ablegen     Der Hydraulikbagger greift nacheinander eines von vier Fässern und legt diese an definierter Stelle ab.

Dieser Versuchsparcours wurde zweimal bemannt und nach einer 10-minütigen Umrüstzeit dreimal fernhandiert durchfahren. Dabei wurden die nachfolgend aufgeführten Zeiten erfasst (Tabelle 1).

Tabelle 1: Zeiten der bemannten und der fernhandierten Durchgänge

		erfasste Zeiten [min]				
		bemannt 1	bemannt 2	fernhandiert 1	fernhandiert 2	fernhandiert 3
<b>A</b>	<b>Fahren</b>	00:59,3	00:42,1	02:41,4	01:55,0	01:40,2
<b>B</b>	<b>Fräsen</b>	05:11,0	03:13,6	06:57,9	04:02,1	04:24,2
<b>C</b>	<b>Fahren / Rangieren</b>	01:23,1	01:24,9	04:09,8	03:27,6	03:00,1
<b>D</b>	<b>Werkzeugwechsel</b>	00:53,9	00:46,6	04:34,0 (09:22,2)	03:30,2	03:34,4
<b>E</b>	<b>Fahren / Rangieren</b>	00:31,4	00:36,0	01:20,0	01:46,1	02:18,2
<b>F</b>	<b>Fass 1 greifen / ablegen</b>	00:41,6	00:37,5	02:57,5	02:21,9	02:12,0
<b>F</b>	<b>Fass 2 greifen / ablegen</b>	01:00,9	00:35,7	02:53,3	02:25,8	02:19,9
<b>F</b>	<b>Fass 3 greifen / ablegen</b>	01:04,7	00:43,4	03:49,8	02:50,3	01:26,0
<b>F</b>	<b>Fass 4 greifen / ablegen</b>	00:44,1	00:38,9	03:11,7	01:27,7	01:18,7
<b>Summe</b>		<b>12:30,0</b>	<b>09:18,7</b>	<b>37:23,8</b>	<b>23:46,7</b>	<b>22:13,8</b>

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	<b>B2606316</b>	Seite: 16 von 19
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 29.07.2016
9A	23431000	GHB	RB	0051	00		

Beim Werkzeugwechsel des ersten fernhantierten Durchgangs führte ein Softwareausfall zu einer verzögerten Durchführung. Aus diesem Grund wird die Dauer bis zur Beseitigung des Softwareausfalls (04:48,2 Minuten) von der Gesamtdauer (09:22,2 Minuten) abgezogen, um einen vergleichbaren Zeitanatz (04:34,0 Minuten) für den Werkzeugwechsel zu erhalten.

### 2.3 ERGEBNISSE

Im Folgenden werden die arithmetischen Mittelwerte der bemannten (Tabelle 2) und der fernhantierten (Tabelle 3) Durchgänge aufgeführt.

Tabelle 2: Mittelwerte der bemannten Durchgänge

		erfasste Zeiten [min]		
		bemannt 1	bemannt 2	Mittelwert bemannt
<b>A</b>	<b>Fahren</b>	00:59,3	00:42,1	<b>00:50,7</b>
<b>B</b>	<b>Fräsen</b>	05:11,0	03:13,6	<b>04:12,3</b>
<b>C</b>	<b>Fahren / Rangieren</b>	01:23,1	01:24,9	<b>01:24,0</b>
<b>D</b>	<b>Werkzeugwechsel</b>	00:53,9	00:46,6	<b>00:50,3</b>
<b>E</b>	<b>Fahren / Rangieren</b>	00:31,4	00:36,0	<b>00:33,7</b>
<b>F</b>	<b>Fässer greifen / ablegen</b>	03:31,3	02:35,6	<b>03:03,4</b>
<b>Summe</b>		12:30,0	09:18,8	<b>10:54,4</b>

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	<b>B2606316</b>	Seite: 17 von 19
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 29.07.2016
9A	23431000	GHB	RB	0051	00		

Tabelle 3: Mittelwerte der fernhantierten Durchgänge

		erfasste Zeiten [min]			
		fernhandiert 1	fernhandiert 2	fernhandiert 3	Mittelwert fernhandiert
<b>A</b>	<b>Fahren</b>	02:41,4	01:55,0	01:40,2	<b>02:05,5</b>
<b>B</b>	<b>Fräsen</b>	06:57,9	04:02,1	04:24,2	<b>05:08,1</b>
<b>C</b>	<b>Fahren / Rangieren</b>	04:09,8	03:27,6	03:00,1	<b>03:32,5</b>
<b>D</b>	<b>Werkzeugwechsel</b>	04:34,0 (09:22,2)	03:30,2	03:34,4	<b>03:52,9</b>
<b>E</b>	<b>Fahren / Rangieren</b>	01:20,0	01:46,1	02:18,2	<b>01:48,1</b>
<b>F</b>	<b>Fässer greifen / ablegen</b>	12:52,3	09:05,7	07:16,6	<b>09:44,9</b>
<b>Summe</b>		<b>32:35,6 (37:23,8)</b>	<b>23:46,7</b>	<b>22:13,7</b>	<b>26:12,0</b>

Die Zeiten für den Schritt „B - Fräsen“ der einzelnen Durchgänge sind nur bedingt vergleichbar, da es dem Bediener des Hydraulikbaggers nicht möglich ist, jeweils die gleiche Zustelltiefe im bemannten und unbemannten Betrieb zu gewährleisten. Um dem Bediener im Steuerstand das nötige dreidimensionale Sehen zu ermöglichen, ist eine externe (nicht am Bagger montierte) Kamera notwendig, bzw. ein alternatives Überwachungssystem. Entsprechend werden die Zeiten des Fräsvorgangs aus der weiteren vergleichenden Betrachtung (Tabelle 4) ausgeschlossen.

Tabelle 4: Gegenüberstellung der Mittelwerte aus bemannten und fernhantierten Durchgängen

		erfasste Zeiten [min]		
		Mittelwert bemannt	Mittelwert fernhandiert	Faktor
<b>A</b>	<b>Fahren</b>	00:50,7	02:05,5	<b>2,5</b>
<b>B</b>	<b>Fräsen</b>	Kein Vergleich		
<b>C</b>	<b>Fahren / Rangieren</b>	01:24,0	03:32,5	<b>2,5</b>
<b>D</b>	<b>Werkzeugwechsel</b>	00:50,3	03:52,9	<b>4,6</b>
<b>E</b>	<b>Fahren / Rangieren</b>	00:33,7	01:48,1	<b>3,2</b>
<b>F</b>	<b>Fässer greifen / ablegen</b>	03:03,4	09:44,9	<b>3,8</b>
<b>Summe</b>		<b>06:42,1</b>	<b>21:03,9</b>	<b>3,1</b>

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	<b>B2606316</b>	Seite: 18 von 19
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 29.07.2016
9A	23431000	GHB	RB	0051	00		

### 3 AUSWERTUNG UND AUSBLICK

Die benötigte Zeit für einen fernhantierten Betrieb nimmt im Schnitt um den Faktor 3 zu. Aus Tabelle 4 geht hervor, dass die benötigte Zeit für einen Arbeitsgang steigt, je feinfühlicher die Tätigkeit ausgeführt werden muss. Der Faktor für reines Fahren mit 2,5 fällt ca. um die Hälfte kleiner aus, als der Faktor für den Werkzeugwechsel mit 4,6. Es ergibt sich eine direkte Proportionalität zwischen benötigter Zeit und Genauigkeit für einen Arbeitsgang. Diese Erkenntnis entspricht den allgemeinen Erwartungen.

Aus dem Versuch können weiterhin folgende Problematiken im Zusammenhang mit der fernhantierten Bedienung abgeleitet werden:

- Eine ausreichende Bildgebung für die nötige Präzision der Arbeiten kann mit den am Bagger angebrachten Kameras allein nicht gewährleistet werden.
- Software-Probleme der Fernsteuerung können zu Ausfallzeiten führen.

Für die Tätigkeiten im Rahmen der Rückholung sollte trotz dessen eine Fernhantierung weiterhin betrachtet werden. Da Strahlung mit gewinnendem Abstand zur Strahlenquelle abnimmt, ist allein aus Strahlenschutzgründen eine möglichst große Distanz des Personals zu Abfallgebinden ein wichtiger Aspekt beim Thema Rückholung.

Die oben aufgeführten Schwierigkeiten sollten in der Planung berücksichtigt werden, bzw. eine Lösung für die Probleme im Zusammenhang mit der Funkfernsteuerung gefunden werden.

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	<b>B2606316</b>	Seite: 19 von 19
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 29.07.2016
9A	23431000	GHB	RB	0051	00		

## LITERATURVERZEICHNIS

- [1] DMT GmbH & Co. KG, TÜV Nord SysTec GmbH & Co. KG, „Beurteilung der Möglichkeit einer Rückholung der LAW-Abfälle aus der Schachtanlage Asse II,“ 2009.
- [2] DBE Technology GmbH, Sachstandbeschreibung; Beschreibung des Grubengebäudes und der Tagesanlagen der Schachtanlage Asse II, 2009.

## GLOSSAR

**Lex Asse**                      Gesetz zur Beschleunigung der Rückholung radioaktiver Abfälle und der Stilllegung der Schachtanlage Asse II