

Fortschrittsbericht

Forschungsvorhaben zum Förderkonzept „FORKA - Forschung für den Rückbau kerntechnischer Anlagen“

Berichtszeitraum
01. Juli - 31. Dezember 2017

GEFÖRDERT VOM



**Bundesministerium
für Bildung
und Forschung**

Fortschrittsbericht

Forschungsvorhaben zum
Förderkonzept „FORKA -
Forschung für den Rückbau
kerntechnischer Anlagen“

Berichtszeitraum
01. Juli - 31. Dezember 2017

Vom Bundesministerium
für Bildung und Forschung
geförderte Vorhaben

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Vorwort

„Deutschland steht in den nächsten Jahrzehnten vor erheblichen Rückbau- und Entsorgungsaufgaben, die aus der Nutzung der Kernenergie zur Stromerzeugung und aus früherer staatlicher Förderung kerntechnischer Entwicklungen resultieren.“

(Auszug aus dem Förderkonzept „FORKA - Forschung für den Rückbau kerntechnischer Anlagen“)

Mit dem Förderkonzept „FORKA - Forschung für den Rückbau kerntechnischer Anlagen“ unterstützt das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) durch die Entwicklung, Optimierung und Erprobung anwendungsorientierter Technologien und Verfahren die Bewältigung der anstehenden Aufgaben.

Im Auftrag des BMBF informiert die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH halbjährlich über den Stand der im Rahmen von FORKA geförderten Forschungsprojekte. Dazu gibt sie eine eigene Fortschrittsberichtsreihe heraus. Jeder Fortschrittsbericht stellt eine Sammlung von Einzelberichten der geförderten Projekte dar, die von den Forschungsstellen selbst als Dokumentation ihres Arbeitsfortschritts in einheitlicher Form erstellt werden.

Berichte ab dem Jahr 2017 sind über die Webseite des Projektträgers GRS (www.projekttraeger.grs.de) öffentlich verfügbar. Auf Fortschrittsberichte aus früheren Jahren kann über die Webseite des Projektträgers Karlsruhe (www.ptka.kit.edu/ptka-alt/wte/287) zugegriffen werden.

Die inhaltliche Gliederung der Berichtssammlung orientiert sich an den fachlichen Schwerpunkten des Förderkonzeptes FORKA. Die Anordnung der einzelnen Berichte erfolgt nach aufsteigenden Förderkennzeichen.

Verantwortlich für den Inhalt der Fortschrittsberichte sind deren Verfasser. Die GRS übernimmt keine Gewähr insbesondere für Richtigkeit, Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter.

Förderkennzeichen	Themenbereich	Seite
01.	Zerlegeverfahren	
15S9093A	Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAHS)	7
15S9093B	Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAHS)	10
15S9093C	Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAHS)	12
15S9093D	Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAHS)	15
15S9286	Kontakterosives Abrichten mehrschichtiger Seilschleifwerkzeuge für die Stahlbeton- und Stahlbearbeitung (KESS)	17
15S9402A	Verbundprojekt: Hybride Schneidverfahren zum thermischen Trennen dickwandiger Reaktorbauteile unter Wasser - Teilprojekt: Grundlagenprozesse und Prozessentwicklung	20
15S9402B	Verbundprojekt: Hybride Schneidverfahren zum thermischen Trennen dickwandiger Reaktorbauteile unter Wasser - Teilprojekt: Entwicklung einer Prozesssteuerung für Hybrid-Trennverfahren unter Wasser	22
15S9404	Innovatives Seilschleifkonzept für die Bearbeitung von Stahl	24
02.	Dekontaminationsverfahren und Gebäudefreigabe	
15S9215A	Verbundprojekt: Laser-Dekontamination von Metall- und Betonoberflächen (LaPLUS)	26
15S9215B	Verbundprojekt: Laser-Dekontamination von Metall- und Betonoberflächen (LaPLUS)	29
15S9215C	Verbundprojekt: Laser-Dekontamination von Metall- und Betonoberflächen (LaPLUS)	32
03.	Abfallbehandlung, Abfalldeklaration, Zwischenlagerung	
15S9225A	Magnet-Separation von Korngemischen zur Minimierung von Sekundärabfällen im Rückbau kerntechnischer Anlagen (MASK)	34
15S9225B	Magnet-Separation von Korngemischen zur Minimierung von Sekundärabfällen im Rückbau kerntechnischer Anlagen (MASK)	37
15S9245	Identifizierung und Quantifizierung von Beta-Strahlern zur zerstörungsfreien Charakterisierung radioaktiver Abfallgebinde (IQ-Beta)	40
15S9266A	Verbundprojekt: Entsorgung von radioaktivem Quecksilber und quecksilberhaltigen Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Anlagen (PROMETEUS)	44

15S9266B	Verbundprojekt: Entsorgung von radioaktivem Quecksilber und quecksilberhaltigen Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Anlagen (PROMETEUS)	47
15S9400	Automatisierte, rechnergestützte Verpackungsplanung zur Reduzierung der Massen und Volumina der Abfallgebinde für das Endlager Konrad	50
04.	Umwelt- und Strahlenschutz	
15S9194	Umsetzung von Schwermetall-Landfarming zur nachhaltigen Landschaftsgestaltung und Gewinnung erneuerbarer Energien auf radionuklidbelasteten Flächen (USER)	52
15S9276A	Verbundprojekt: Untersuchung des Potenzials biologischer Verfahren zur Strahlenschutzvorsorge bei Radionuklidbelastungen (BioVeStRa)	55
15S9276B	Verbundprojekt: Untersuchung des Potenzials biologischer Verfahren zur Strahlenschutzvorsorge bei Radionuklidbelastungen (BioVeStRa)	58
15S9276C	Verbundprojekt: Untersuchung des Potenzials biologischer Verfahren zur Strahlenschutzvorsorge bei Radionuklidbelastungen (BioVeStRa)	61
15S9276D	Verbundprojekt: Untersuchung des Potenzials biologischer Verfahren zur Strahlenschutzvorsorge bei Radionuklidbelastungen (BioVeStRa)	64
05.	Mensch und Organisation	
15S9401A	Verbundvorhaben: Sicherer und kosteneffektiver Rückbau (SIKOR) - Teilvorhaben: Planung und Durchführung zuverlässiger Personalhandlungen	68
15S9401B	Verbundvorhaben: Sicherer und kosteneffektiver Rückbau (SIKOR) - Teilvorhaben: Technische Risikoaspekte	70
06.	Querschnittsaufgaben und Sonstiges	
15S9082A	Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen (ENTRIA)	72
15S9082B	Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen (ENTRIA)	76
15S9082C	Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen (ENTRIA)	79
15S9082D	Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen (ENTRIA)	81
15S9082E	Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen (ENTRIA)	84
15SWM2013	Wissensmanagement von Altdokumenten aus Forschung, Verwaltung, Betrieb	87

Berichtszeitraum: 01.07.2017 bis 31.12.2017		Förderkennzeichen: 15S9093A	
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften Institut für Technologie und Management im Baubetrieb 76131 Karlsruhe			
Vorhabenbezeichnung: Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS)			
Laufzeit des Vorhabens: von 01.10.2013 bis 31.03.2018		Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 937.430,40 €	
Projektleiter/-in: Prof. Dr.-Ing. Sascha Gentes		E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: sascha.gentes@kit.edu	

1. Zielsetzung des Vorhabens

In einer Kooperation des Karlsruher Instituts für Technologie (TMB und Mobima), der Leibniz Universität Hannover (IFW), der Kraftanlagen Heidelberg GmbH sowie der Herrenknecht AG wird im Rahmen des Verbundprojektes „Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen“ ein System zum definierten Abtrag hochbewehrter Stahlbetone bei gleichzeitiger Förderung und endlagergerechter Verpackung des Abraums entwickelt.

Der definierte Abtrag von Stahlbeton stellt insbesondere beim Rückbau von nuklearen Anlagen einen zentralen Punkt dar. Durch eine selektive Entnahme von kontaminiertem Material kann der überwiegende und unbelastete Anteil der Gesamtmasse wieder dem normalen Recyclingkreislauf zugeführt werden. Ein Problem besteht aktuell beim lokal begrenzten Tiefenabtrag von Stahlbetonen, z.B. bei Rissen oder Ausbrüchen, so dass die entstehenden Oberflächen im Anschluss freimessbar sind. Ein vielversprechender Ansatz zur Lösung dieser Problematik stellt ein kombiniertes Abtragwerkzeug dar, bei dem einerseits der Abtrag von unbewehrten Betonschichten mit Betonlamellen erfolgt. Andererseits werden bewehrte Bereiche mittels eines Fräsverfahrens im Trockenschnitt abgetragen. Durch die unmittelbare Aufnahme des Abbruchgutes und den Verzicht auf verschleppende Hilfsstoffe, kann eine Querkontamination der verbleibenden Strukturen vermieden werden.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

AP 1: Recherche zum Stand der Technik und Erarbeitung des Lastenheftes

AP 2: System zur präzisen Detektion metallischer Einbauten

AP 3: Schneidtechnologie Fräsen

AP 4: Schneidtechnologie Betonabtrag

AP 5: Spezifikation Trägersystem

AP 6: Steuerung und Trägergerät

AP 7: Optimierung Demonstrator

AP 8: Versuch Demonstrator

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

AP7 Optimierung Demonstrator

Im 2. Halbjahr 2017 wurde am Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB) die Betonversuche abgeschlossen und die optimalen Schnittparameter ermittelt. Um den Verschleiß der Betonlamellen zu verringern, wurde die bisher verwendete 8-Punkt-Lamelle mit einer 12-Punkt-Lamelle in einem separaten Versuchsaufbau untersucht. Die 12-Punkt-Lamelle zeigt einen besseren Abtrag und weniger Verschleiß und soll nun auch im Gesamtsystem getestet werden. Um die Haltbarkeit der Hartmetallstifte an den schrägen äußeren Lamellen zu verbessern, wurden Lamellen in der TMB-eigenen Werkstatt mit drei Typen (unterschiedliches Material, Größe und Form) von Hartmetallstiften bestückt und die beste Variante bestimmt.

Es wurden geplante Optimierungen des Demonstrators umgesetzt. Die Herstellung der Versteifung wurde extern in Auftrag gegeben und im Oktober verbaut. Im Anschluss erfolgte eine erneute Schwingungsanalyse gemeinsam mit Fa. Herrenknecht. Die Versteifung zeigt eine geringe Verschiebung der Eigenfrequenzen. Die Hydraulik und die Steuerung wurden dahingehend geändert, dass die Trommel in beide Richtungen drehen kann. Damit ist ein gleichmäßiges Freilegen der Bewehrungsstähle gewährleistet.

Nach den Optimierungen am Prüfstand konnten in weiteren Versuchen die vermuteten Ursachen für den Bruch der WSP untersucht werden. Die „Unzureichende Reinigung der Nut durch die Bürsten“ und „Kontakt der WSP mit Beton aufgrund des ungleichmäßigen Betonabtrags“ konnten als mögliche Ursachen ausgeschlossen werden. Damit bleibt weiterhin die Vibration am Prüfstand als mögliche Ursache im Fokus.

Detektion

Im vorhandenen Versuchskörper können die senkrecht verlaufenden Bewehrungsstähle rechtzeitig vor Kontakt mit der Fräse erkannt werden. Voraussetzung für eine exakte Bestimmung des Abstandes ist, dass sich keine Metallspäne auf der Betonoberfläche befinden und der Durchmesser der Bewehrungen bekannt ist.

AP8 Versuche Demonstrator

Ein neuer Prüfkörper mit metallischen Einbauten (Ankerplatten, Schienen, Dübel, Rohre) wurde entworfen und hergestellt.

4. Geplante Weiterarbeit (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

AP7 Optimierung Demonstrator

Es werden weitere Schwingungsmessungen am Prüfstand sowie Stahlschnittversuche durchgeführt und abgeglichen, um trotz der Schwingungen einen Betriebspunkt zu ermitteln, der sich für die Demonstratorversuche eignet. In den kommenden Versuchen werden zusätzlich die schrägen Lamellen mit den optimierten Hartmetallstiften verifiziert sowie 8-Punkt und 12-Punkt-Lamellen vergleichen, die beide auf der Trommel verbaut sind. Es soll der Einfluss von Störgrößen wie Metallspäne oder unterschiedlich große Bewehrungen auf die Detektion untersucht werden.

Zudem sind Wartungsarbeiten an der Maschine notwendig, z.B. die Herstellung neuer Achsen und Abschlussdeckel der schrägen Lamellen, da mittlerweile Verschleißerscheinungen auftreten.

AP8 Versuche Demonstrator

Es sind weitere Stahlschnitte geplant, um den besten Betriebspunkt herauszufinden. Anschließend sollen Abtragsversuche an Prüfkörper 3 mit metallischen Einbauten durchgeführt werden.

5. Bezug zu anderen Vorhaben

keine

6. Berichte und Veröffentlichungen

Vortrag "Innovative Reinforced Concrete Decontamination and Abrasive Waste Treatment Technologies"

15th EPRI International Decommissioning Workshop, Lyon 23.-25.10.2017

Berichtszeitraum: 01.07.2017 bis 31.12.2017		Förderkennzeichen: 15S9093B
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: Herrenknecht AG		
Vorhabenbezeichnung: Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS)		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2013 bis 31.03.2018	Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 796.232,00 €	
Projektleiter/-in: Dipl.-Ing. (FH) Thomas Edelmann	E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: edelmann.thomas@herrenknecht.de	

1. Zielsetzung des Vorhabens

In einer Kooperation des Karlsruher Instituts für Technologie (TMRK und Mobima), der Leibniz Universität Hannover (IFW), der Kraftanlagen Heidelberg GmbH sowie der Herrenknecht AG wird im Rahmen des Verbundprojektes „Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen“ ein System zum definierten Abtrag hochbewehrter Stahlbetone bei gleichzeitiger Förderung und endlagergerechter Verpackung des Abraums entwickelt.

Der definierte Abtrag von Stahlbeton stellt insbesondere beim Rückbau von nuklearen Anlagen einen zentralen Punkt dar. Durch eine selektive Entnahme von kontaminiertem Material kann der überwiegende und unbelastete Anteil der Gesamtmasse wieder dem normalen Recyclingkreislauf zugeführt werden. Ein Problem besteht aktuell beim lokal begrenzten Tiefenabtrag von Stahlbetonen, z.B. bei Rissen oder Ausbrüchen, so dass die entstehenden Oberflächen im Anschluss freimessbar sind. Ein vielversprechender Ansatz zur Lösung dieser Problematik stellt ein kombiniertes Abtragswerkzeug dar, bei dem einerseits der Abtrag von unbewehrten Betonschichten mit Hartmetall Betonlamellen erfolgt. Andererseits werden bewehrte Bereiche mittels eines Fräsverfahrens im Trockenschnitt abgetragen. Durch die unmittelbare Aufnahme des Abbruchgutes und den Verzicht auf verschleppende Hilfsstoffe, kann eine Querkontamination der verbleibenden Strukturen vermieden werden.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

AP 1: Recherche zum Stand der Technik und Erarbeitung des Lastenheftes

AP 2: System zur präzisen Detektion metallischer Einbauten

AP 3: Schneidtechnologie Fräsen

AP 4: Schneidtechnologie Betonabtrag

AP 5: Spezifikation Trägersystem

AP 6: Steuerung und Trägergerät

AP 7: Optimierung Demonstrator

AP 8: Versuch Demonstrator

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

Das zweite Halbjahr 2017 war inhaltlich geprägt durch die Bearbeitung der Arbeitspakete AP5, AP6, AP7 und AP8 sowie den damit verbundenen Zuarbeiten der Projektpartner. Der Hauptfokus der Herrenknecht AG lag im Berichtszeitraum auf der weiteren Bearbeitung von AP7 mit der Unterstützung bei der Versuchsdurchführung im AP8.

Die Betonversuche wurden am TMB abgeschlossen und die optimalen Schnittparameter im reinen Beton ermittelt. Um den Verschleiß der Betonlamellen zu verringern, wurden verschiedenen Lamellenformen untersucht. 12-Punkt-Lamellen zeigten einen besseren Abtrag und weniger Verschleiß als die bisher verwendeten 8-Punkt-Lamellen.

Es wurden geplante Optimierungen des Demonstrators umgesetzt. Die Versuchsstandstruktur wurde versteift, um prozessinduzierte Schwingungen bei niedrigen Drehzahlen zu beseitigen. Die Versteifung hat die Schwingungsamplitude bei Schneiden von Stahlbeton deutlich reduziert, allerdings brechen weiterhin Wendenschneidplatten bei den bisher ausgewählten Schneidparametern, aber in geringerer Anzahl. Kontakt der Wendenschneidplatten mit Beton oder in der Nut verbleibendem Abraum könnte als Bruchursache ausgeschlossen werden. Schneidparametern und Vibrationen am Prüfstand bleiben als mögliche Ursache im Fokus.

Der Versuchsstand wurde auch hardwaretechnisch als auch softwaretechnisch angepasst, um die Trommel in beide Richtungen drehen zu können. Damit ist ein gleichmäßiges Freilegen der Bewehrungsstäbe gewährleistet.

Weiterhin wurden die ersten Verschleißerscheinungen an den Lamellenachsen und an den Verschlussdeckeln der Schräglammellenachsen festgestellt.

Der Herrenknecht AG obliegt die Gesamtprojektleitung, woraus sich während der gesamten Projektdauer übergreifende und organisatorische Aufgaben ergaben.

4. Geplante Weiterarbeit (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

Im ersten Quartal 2018 werden Wartungsarbeiten am Versuchsstand vorgenommen, um die verschlissenen Teile zu ersetzen. Es werden weitere Schwingungsmessungen am Prüfstand sowie Stahlschnittversuche mit anderen Schneidparametern durchgeführt, um einen geeigneten Betriebspunkt im Stahlbeton zu ermitteln. Weiteren Schneidversuche sind im neu hergestellten Prüfkörper mit metallischen Einbauten (Ankerplatten, Schienen, Dübel, Rohre) geplant.

Der Versuchsstand wird nach erfolgreichen Versuchsdurchführungen um 90° gekippt, um eine Wandbearbeitung zu untersuchen (bisher nur Bodenbearbeitung).

5. Bezug zu anderen Vorhaben

Keine

6. Berichte und Veröffentlichungen

Das Projekt und aktuelle Ergebnisse wurden auf dem 15th EPRI International Nuclear Power Plant Decommissioning Workshop (23.-25.10.2017, Lyon) vorgestellt.

Berichtszeitraum: 01.07.2017 bis 31.12.2017	Förderkennzeichen: 15S9093C
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: Leibniz Universität Hannover, Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW)	
Vorhabenbezeichnung: Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAHS)	
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2013 bis 30.09.2017	Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 602.460,00 €
Projektleiter/-in: Prof. Dr.-Ing. Berend Denkena	E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: denkena@ifw.uni-hannover.de

1. Zielsetzung des Vorhabens

In einer Kooperation des Karlsruher Instituts für Technologie (TMRK und Mobima), der Leibniz Universität Hannover (IFW), der Kraftanlagen Heidelberg GmbH sowie der Herrenknecht AG wird im Rahmen des Verbundprojektes „Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen“ ein System zum definierten Abtrag hochbewehrter Stahlbetone bei gleichzeitiger Förderung und endlagergerechter Verpackung des Abraums entwickelt.

Der definierte Abtrag von Stahlbeton stellt insbesondere beim Rückbau von nuklearen Anlagen einen zentralen Punkt dar. Durch eine selektive Entnahme von kontaminiertem Material kann der überwiegende und unbelastete Anteil der Gesamtmasse wieder dem konventionellen Recyclingkreislauf zugeführt werden. Ein Problem besteht aktuell beim lokal begrenzten Tiefenabtrag von Stahlbetonen, z.B. bei Rissen oder Ausbrüchen, so dass die entstehenden Oberflächen im Anschluss freimessbar sind. Ein vielversprechender Ansatz zur Lösung dieser Problematik stellt ein kombiniertes Abtragwerkzeug dar, bei dem einerseits der Abtrag von unbewehrten Betonschichten mit hartmetallbesetzten Schlaglamellen erfolgt. Andererseits werden bewehrte Bereiche mittels eines Fräsverfahrens im Trockenschnitt abgetragen. Durch die unmittelbare Aufnahme des Abbruchgutes und den Verzicht auf verschleppende Hilfsstoffe, kann eine Querkontamination der verbleibenden Strukturen vermieden werden.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

- AP 1: Recherche zum Stand der Technik und Erarbeitung des Lastenheftes
- AP 2: System zur präzisen Detektion metallischer Einbauten
- AP 3: Schneidtechnologie Fräsen
- AP 4: Schneidtechnologie Betonabtrag
- AP 5: Spezifikation Trägersystem
- AP 6: Steuerung und Trägergerät
- AP 7: Herstellung Demonstrator
- AP 8: In situ Testreihe

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

Die Einsatzversuche bei der Betonbearbeitung der in AP3 und AP4 entwickelten Schneidstrategien auf dem am KIT aufgebauten Versuchstand wurden im 2. Halbjahr 2017 weitergeführt. Im Ergebnis konnten optimale Schnittparameter für die Bearbeitung des Betons ermittelt werden. Weiterhin wurden die bisher verwendeten 8-Punkt Lamellen durch 12-Punkt Lamellen ersetzt und so Abtragsleistung und Verschleißverhalten des Abtragwerkzeugs verbessert. Die schrägen Lamellen am Rand der Frästrommel sind weiterhin die am stärksten belasteten Lamellen. Daher wurde in einer Versuchsreihe Sorte, Größe und Form der Hartmetallstifte dieser Lamellen variiert und die Variante mit dem besten Verschleißverhalten ausgewählt.

Nach Abschluss der Untersuchungen in reinem Beton wurde, wie bereits im 1. Halbjahr berichtet, der Versuchstand optimiert (AP7). Die von der Herrenknecht AG berechnete Versteifung des Versuchstands wurde konstruktiv umgesetzt und nach Einbau eine erneute Schwingungsanalyse durchgeführt. Durch diese Versteifung konnten die Eigenfrequenzen des Systems verschoben werden. Durch die Verschiebung sind die Eigenfrequenzen nun nicht mehr ganzzahlige Vielfache der bei der Stahlbearbeitung verwendeten, Zahneingriffsfrequenz von 17 Hz. Außerdem wurden die Hydraulik und die Steuerung des Versuchstands so angepasst, dass eine Drehrichtungsumkehr der Trommel möglich wird. Eine Drehrichtungsumkehr wird nach Erkenntnissen der Versuche zur Betonbearbeitung notwendig, um den Beton im Schlagschatten von Armierungsstäben entfernen zu können.

Nach den Optimierungen am Prüfstand konnten in weiteren Versuchen zur Stahlbearbeitung die vermuteten Ursachen für den Bruch der Wendescheidplatten untersucht werden. Eine unzureichende Reinigung der Nut durch die Bürsten konnte als Ursache genauso ausgeschlossen werden wie Kontakt der Wendeschneidplatten mit Beton aufgrund eines ungleichmäßigen Betonabtrags. Damit bleibt weiterhin die Vibration am Prüfstand als mögliche Ursache im Fokus.

Auch die installierte Detektionstechnik (AP2) wurde im Berichtszeitraum weiter untersucht und zwei zentrale Erkenntnisse herausgearbeitet. Zum einen können senkrecht zur Oberfläche verlaufende Stäbe rechtzeitig detektiert werden. Zum anderen gelingt eine exakte Bestimmung des Abstandes von Stahleinbauten nur, wenn entstandene Metallspäne vollständig abgesaugt werden und der Durchmesser der Armierung im Vorhinein bekannt ist.

4. Geplante Weiterarbeit (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

In AP 7 wird der Nachgiebigkeitsfrequenzgang des Versuchstands weiter untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sollen zusammen mit der Durchführung weiterer Fräsversuche dazu führen, einen Betriebspunkt zu bestimmen, in dem der Stahlanteil weitestgehend schwingungsfrei bearbeitet werden kann. Weiterhin wird der Einfluss der optimierten Hartmetallstifte auf das Verschleißverhalten der Schlaglamellen weiter untersucht. Anschließend wird der Probenkörper gewechselt und Zerspanversuche an metallischen Einbauten durchgeführt. Hierdurch werden die Eingriffsbedingungen am Werkzeug und die Materialanteile im Werkstück variiert. Beide Faktoren verändern die Belastung des Werkzeugs und wirken sich so auf das Einsatzverhalten der Frästrommel aus.

5. Bezug zu anderen Vorhaben

keine

6. Berichte und Veröffentlichungen

Vortrag 15th EPRI International Decommissioning Workshop, Lyon
23.-25.10.2017

Berichtszeitraum: 01.07.2017 bis 31.12.2017	Förderkennzeichen: 15S9093D
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: Kraftanlagen Heidelberg GmbH	
Vorhabenbezeichnung: Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS)	
Laufzeit des Vorhabens: Von 01.10.2013 bis 31.03.2018	Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 199.023,00 €
Projektleiter/-in: Dipl.-Ing. Jonas Braun	E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: Jonas.braun@kraftanlagen.com

1. Zielsetzung des Vorhabens

In einer Kooperation des Karlsruher Instituts für Technologie (TMRK und Mobima), der Leibniz Universität Hannover (IFW), der Kraftanlagen Heidelberg GmbH sowie der Herrenknecht AG wird im Rahmen des Verbundprojektes „Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen“ ein System zum definierten Abtrag hochbewehrter Stahlbetone bei gleichzeitiger Förderung und endlagergerechter Verpackung des Abraums entwickelt.

Der definierte Abtrag von Stahlbeton stellt insbesondere beim Rückbau von nuklearen Anlagen einen zentralen Punkt dar. Durch eine selektive Entnahme von kontaminiertem Material kann der überwiegende und unbelastete Anteil der Gesamtmasse wieder dem normalen Recyclingkreislauf zugeführt werden. Ein Problem besteht aktuell beim lokal begrenzten Tiefenabtrag von Stahlbetonen, z.B. bei Rissen oder Ausbrüchen, so dass die entstehenden Oberflächen im Anschluss freimessbar sind. Ein vielversprechender Ansatz zur Lösung dieser Problematik stellt ein kombiniertes Abtragwerkzeug dar, bei dem einerseits der Abtrag von unbewehrten Betonschichten mit Hartmetall Betonlamellen erfolgt. Andererseits werden bewehrte Bereiche mittels eines Fräsverfahrens im Trockenschnitt abgetragen. Durch die unmittelbare Aufnahme des Abbruchgutes und den Verzicht auf verschleppende Hilfsstoffe, kann eine Querkontamination der verbleibenden Strukturen vermieden werden.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

- AP 1: Recherche zum Stand der Technik und Erarbeitung des Lastenheftes
- AP 2: System zur präzisen Detektion metallischer Einbauten
- AP 3: Schneidtechnologie Fräsen
- AP 4: Schneidtechnologie Betonabtrag
- AP 5: Spezifikation Trägersystem
- AP 6: Steuerung und Trägergerät
- AP 7: Optimierung Demonstrator
- AP 8: Versuch Demonstrator

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

Im vergangenen Halbjahr wurde durch Kraftanlagen Heidelberg hauptsächlich das Arbeitspaket 5 bearbeitet. Die bisherigen Versuchsergebnisse der Arbeitspakete 2 bis 4 wurden von den Projektpartnern an Kraftanlagen Heidelberg übermittelt. Diese wurden, zusammen mit den jeweiligen Arbeitspaketbeschreibungen als Entwurf in einer Unterlage zusammengefasst. Weiter wurden die Unterlagen, „Spezifikation der Prozesssteuerung und -überwachung“, „Störgrößen des Abtragsverfahrens“, „Spezifikation Trägergerät“ sowie „Marktgleich des Trägergeräts“ erstellt. Basis dieser Unterlagen bilden die aktuellen Erkenntnisse aus den bisher stattgefundenen Versuchen und die Vorgaben die sich aus dem Lastenheft aus dem Arbeitspaket 1 ergeben. Zusätzlichen Einfluss hatten auch die Randbedingungen, die sich aus der Konstruktion und Arbeitsweise des Werkzeugs ergeben haben. Die im vorherigen Abschnitt genannten Unterlagen wurden nach deren Erstellung mit den Projektpartnern abgestimmt. Damit konnte ein Entwurf dieser Unterlagen fertiggestellt werden, der jedoch nur den derzeitigen Erkenntnisstand abbildet. Sollte es während der Versuche zu neuen oder gegenteiligen Erkenntnissen kommen, müssen diese Unterlagen angepasst bzw. revidiert werden.

Zusätzlich zu den Arbeiten in Arbeitspaket 5, wurde durch Kraftanlagen Heidelberg an verschiedenen Problemstellungen, bei der Durchführung der Versuche in Arbeitspaket 4, Zuarbeit geleistet.

4. Geplante Weiterarbeit (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

Im kommenden Berichtszeitraum werden in die Versuche im Arbeitspaket 4 fortgesetzt. Die gegebenenfalls daraus entstehenden neuen Erkenntnisse müssen mit den bereits im Rahmen des Arbeitspakets 5 erstellten Unterlagen abgeglichen werden. Sollten Unstimmigkeiten oder Ergänzungen zwischen den Ergebnissen der Versuche und den Unterlagen auftreten, müssen die Unterlagen durch Kraftanlagen Heidelberg, in Absprache mit den Projektpartnern, angepasst werden. Zusätzlich müssen die abschließenden Erkenntnisse aus allen Versuchen in den Entwurf der Unterlage „Ausarbeitung der Arbeitspakete 2 bis 4“ eingearbeitet und mit den Projektpartnern abgestimmt werden um diese fertigzustellen.

5. Bezug zu anderen Vorhaben

Keine

6. Berichte und Veröffentlichungen

- Vortrag 15th EPRI International Decommissioning Workshop, Lyon, 23.-25.10.2017

Berichtszeitraum: 01.07.2017 bis 31.12.2017	Förderkennzeichen: 15S9286
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: Leibniz Universität Hannover - Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW)	
Vorhabenbezeichnung: Kontakterosives Abrichten mehrschichtiger Seilschleifwerkzeuge für die Stahlbeton- und Stahlbearbeitung (KESS)	
Laufzeit des Vorhabens: vom 01.09.2016 bis 31.08.2019	Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 512.976,00 €
Projektleiter/-in: Prof. Dr.-Ing. Berend Denkena	E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: denkena@ifw.uni-hannover.de

1. Zielsetzung des Vorhabens

Ziel des beantragten Forschungsvorhabens ist es, mehrschichtige Schleifperlen für das Seilschleifen im Rückbau kerntechnischer Anlagen zu qualifizieren und die Zerlegung der Anlagen produktiver zu gestalten. Aufgrund des fehlenden Selbstschärfeeffekts kommen im Gegensatz zur Gesteinsbearbeitung bei der Trennung von Metall heute lediglich einschichtige Schleifperlen zum Einsatz. Mehrschichtige Perlen haben aufgrund der Mehrzahl an Kornlagen Standzeitvorteile, müssen jedoch bei der Metallbearbeitung gezielt abgerichtet werden. Aufgrund der Metallbindung der Perlen bietet sich hierfür das kontaktersive Abrichten (ECDD - Electro Contact Discharge Dressing) an. Mit diesem Verfahren kann die Bindung zurückgesetzt werden, sodass neue, scharfe Körner in den Eingriff gelangen. Die Leistungsfähigkeit des Seilschleifens beim trockenen Einsatz an metallischen Strukturen soll auf diese Weise erhöht werden.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

AP 1 Anforderungsprofil ECDD-Einheit

Es werden zunächst die Rahmenbedingungen definiert, die beim Einsatz des kontaktersiven Schärfverfahrens für das Seilschleifen metallischer Strukturen zu beachten sind.

AP 2 Entwicklung, Bau und Applikation der ECDD-Einheit

Darauf aufbauend folgt die Entwicklung, Konstruktion und der Aufbau der kontaktersiven Abrichteinheit.

AP 3 Inbetriebnahme, Stellgrößenuntersuchungen

Bei der Inbetriebnahme werden die Einflüsse der Schärfprozessstellgrößen auf das Abrichterergebnis untersucht.

AP 4 Vergleichs- und Einsatzuntersuchungen

Bestimmung des Einsatz- und Standzeitverhaltens von konventionellen einschichtigen sowie mittels ECDD geschärften mehrschichtigen Werkzeugen.

AP 5 Spezifikation und Herstellung des Prototyps

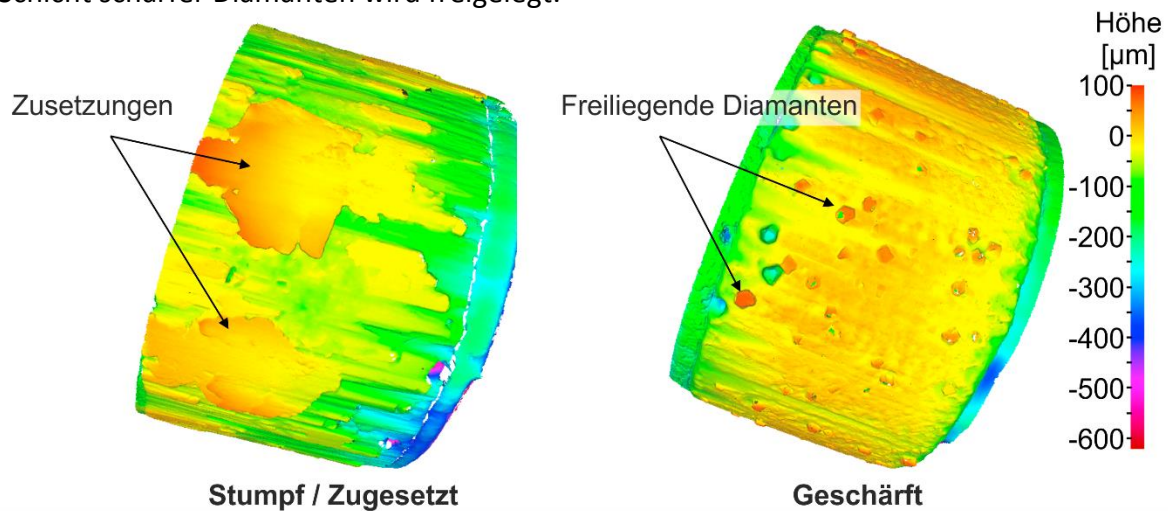
Über Anpassungen der Bindungszusammensetzung der Schleifperlen wird angestrebt, die Effektivität des ECDD zu maximieren und ein optimales Abrichterergebnis zu erzielen.

AP 6 Prototypische Umsetzung der Ergebnisse

Abschließend wird das neue Verfahren an im Rückbau üblichen Stahlwerkstoffen eingesetzt und mit einem konventionellen Seilschleifprozess verglichen.

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse (mit Referenz zu Arbeitsprogrammunkten)

AP 3: Die Stellgrößenuntersuchungen zum kontaktersiven Abrichten von Seilschleifwerkzeugen wurden abgeschlossen. Die durch das Trennschleifen von Metall abgestumpften und zugesetzten Perlentopographien der gesinterten Seilschleifwerkzeuge können durch den entwickelten Schärfprozess wieder in einen schnittfähigen Zustand gebracht werden. In Abb. 1 ist ein Topographiescan der Perlenoberflächen vor und nach dem Schärfprozess dargestellt. Die Zusetzungen werden effektiv entfernt und eine neue Schicht scharfer Diamanten wird freigelegt.



Prozessparameter	Schleifwerkzeug	Elektroden	
$v_c = 20 \text{ m/s}$	Husqvarna C770	ISEM-2 Graphit	Har/84236 © IFW
$U = 20 \text{ V}$	$L_{\text{Seil}} = 2,3 \text{ m}$	Maße 40 x 8 x 11 mm	
$I = 10 \text{ A}$	Segment. = 40 Perlen/m		
$v_{f,e} = 1 \text{ mm/min}$	$D_{\text{Perle}} = 11 \text{ mm}$		

Abb. 1: Schleifperlentopographie vor und nach dem Schärfen

AP4: Der Kornüberstand der mehrschichtigen Werkzeuge ist nach dem Schärfen wieder ausreichend für den Trennprozess, jedoch erreichen diese Werkzeuge mit gesinteter Bindung nicht die Standzeiten von einschichtig gelöteten Werkzeugen. Die Kornhaltekräfte und der Widerstand gegen Abrasion von gesinterten Bindungen sind so ausgelegt, dass der Selbstschäreffekt beim Trennen von Beton ausgenutzt werden kann. Im weiteren Projektverlauf soll der Fokus deshalb auf die Weiterentwicklung der Perlen gesetzt werden.

4. Geplante Weiterarbeit (mit Referenz zu Arbeitsprogrammunkten)

AP5: Es wurden mehrschichtig gelötete Seilschleifwerkzeuge als Prototypen bei der Fa. Dr. Schulze GmbH bestellt. Diese Schleifperlen weisen wesentlich höhere Kornhaltekräfte und einen erhöhten Widerstand gegen abrasiven Verschleiß auf, als die bisher eingesetzten gesinterten Werkzeuge. In Einsatz- und Schärfversuchen wird die mögliche Standzeiterhöhung dieser neuartigen Werkzeugtypen gegenüber am Markt verfügbaren Varianten erprobt.

5. Bezug zu anderen Vorhaben

Uns sind zurzeit keine Vorhaben bekannt, die sich mit dem Schärfen von Seilschleifwerkzeugen beschäftigen.

6. Berichte und Veröffentlichungen

Eine Veröffentlichung der aktuellen Ergebnisse ist in der Ausgabe 02/2018 der DiHW geplant.

Berichtszeitraum: 01.07.2017 bis 31.12.2017	Förderkennzeichen: 15S9402A
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: Leibniz Universität Hannover – Institut für Werkstoffkunde	
Vorhabenbezeichnung: Hybride Schneidverfahren zum thermischen Trennen dickwandiger Reaktorbauteile unter Wasser (HugeCut)	
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2017 bis 31.10.2020	Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 822.136,80 €
Projektleiter/-in: Dr.-Ing. Thomas Hassel	E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: hassel@iw.uni-hannover.de

1. Zielsetzung des Vorhabens

Beim Rückbau kerntechnischer Anlagen stellt vor allem das automatisierte Trennen dickwandiger Bauteile unter Wasser eine technische Herausforderung dar. Nur wenige Verfahren sind in der Lage solche Bauteile robust und sicher zu zerlegen. Mechanische Schneidverfahren sind nur in Form von Sondermaschinen erhältlich und weisen große Nachteile bei den auftretenden Rückstellkräften auf. Da die Bauteile häufig in Einbaulage zerlegt werden müssen, können nur selten ausreichend steife und tragfähige Manipulatoren eingesetzt werden, wie sie beim Einsatz mechanischer Verfahren notwendig sind. Thermische Schneidverfahren bieten diesbezüglich verfahrenstechnische Vorteile. Von den thermischen Verfahren eignen sich vor allem das Plasmaschneiden sowie das autogene Brennschneiden für das Trennen dickwandiger Komponenten. Auf Grund der hohen radiologischen Belastung insbesondere von Bauteilen im Umfeld des Reaktordruckbehälters müssen diese Komponenten zur Erzielung einer ausreichenden Abschirmung unter einer Wasserabdeckung von mehreren Metern Höhe zerlegt werden. Im Rahmen des Projektes wird hierfür ein hybrider Schneidbrenner entwickelt welcher die prozesssichere Zerlegung dieser Komponenten unter den gegebenen Randbedingungen ermöglichen soll.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

Aufbauend auf der Literaturrecherche zu den bisherigen Anwendungen der Anwendung von thermischen Schneidverfahren im Rückbau sowie weiterführender Literaturrecherche und theoretischer Betrachtungen erfolgt die Auswahl potentiell geeigneter Vorwärmverfahren für den hybriden Brennschneidprozess. Im Rahmen praktischer Untersuchungen sowie unter der Zuhilfenahme von Simulation und Modellbildung erfolgt im Anschluss die Validierung der Wärmequellenauswahl. Aufbauend auf diesen grundlegenden Untersuchungen wird parallel zur Ausarbeitung des Lastenheftes für die fernhantierte thermische Zerlegung die Entwicklung der Prüfstände für die praktischen Untersuchungen vorangetrieben. Aufbauend auf den Ergebnissen der vorangegangenen Untersuchungen erfolgt die Verfahrensauswahl der für den Versuchsbrenner geeigneten Vorwärmverfahren.

Unter Berücksichtigung der bereits ermittelten Ergebnisse erfolgt die Erstellung des Pflichtenheftes für das Trennverfahren. Es schließt sich die Durchführung und Auswertung weiterer Versuche mit den ausgewählten Wärmequellen unter Berücksichtigung der Aspekte

des Verfahrens-Pflichtenheftes an. Auf der Grundlage der in diesen Versuchen ermittelten Parameter der Wärmequellen erfolgt in enger Abstimmung mit dem Projektpartner NUKEM die Erstellung des Lasten- und Pflichtenheft für den Demonstrator und hieran anschließend die Entwicklung und Bau des Demonstrators. Zum Abschluss des Projektes erfolgt die Qualifizierung des Demonstrators sowie eine Quantifizierung der erzielbaren Schneidleistungen.

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

- Ein Teil der im Antrag genehmigten und für die Durchführung der ersten Versuchsreihen zwingend erforderlichen Anlagen wurden bestellt und befinden sich zum Teil noch im Zulauf. Bereits gelieferte Anlagenteile befinden sich im Aufbau. (AP 1 & AP 13)
- Die Literaturrecherche für die Planung und Auslegung der Versuchsaufbauten sowie für die Erstellung der Versuchspläne wird momentan parallel zu den anderen Arbeiten durchgeführt. (AP 2 & AP 13)
- Die Versuchsaufbauten für die Vorwärmversuche befinden sich im Aufbau (AP4)
- Planung und Erstellung der Messtechnik ist in Bearbeitung (AP 4 & AP 13)

4. Geplante Weiterarbeit (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

Entsprechend des Arbeitsplanes werden im folgenden Halbjahr die ersten Praktischen Untersuchungen mit den unterschiedlichen Wärmequellen durchgeführt (AP 4). Die hierfür erforderliche, zum Teil noch im Zulauf befindliche Technik (Wärmequellen und Manipulatorsystem) wird in Betrieb genommen (AP 5). Auch die ersten Komponenten der eigenentwickelten Messtechnik befinden sich im Aufbau und werden im Rahmen dieser ersten Versuchsreihen weiter optimiert und ausgebaut (AP 5).

5. Bezug zu anderen Vorhaben

Es kann zurzeit kein Bezug zu anderen Vorhaben hergestellt werden.

6. Berichte und Veröffentlichungen

Für den aktuellen Berichtszeitpunkt liegen keine Veröffentlichungen vor.

Berichtszeitraum: 01.07.2017 bis 31.12.2017		Förderkennzeichen: 15S9402B	
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: NUKEM Technologies Engineering Services GmbH			
Vorhabenbezeichnung: Verbundprojekt: Hybride Schneidverfahren zum thermischen Trennen dickwandiger Reaktorbauteile unter Wasser Teilprojekt: Entwicklung einer Prozesssteuerung für Hybrid-Trennverfahren unter Wasser			
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2017 bis 31.10.2020		Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 98.856,11 €	
Projektleiter/-in: Klaus Büttner		E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: Klaus.buettner@nukemtechnologies.de	

1. Zielsetzung des Vorhabens

In einer Kooperation des Instituts für Werkstoffkunde der Leibniz Universität Hannover (IW) und der NUKEM Technologies Engineering Services GmbH werden im Rahmen des Verbundprojektes "Hybride Schneidverfahren zum thermischen Trennen dickwandiger Reaktorbauteile unter Wasser" (HugeCut) Hybridverfahren zum thermischen Trennen unter Wasser qualifiziert.

Beim Rückbau kerntechnischer Anlagen stellt vor allem das automatisierte Trennen dickwandiger Bauteile unter Wasser eine technische Herausforderung dar. Ziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung von leistungsfähigen Trennverfahren zum Schneiden von dickwandigen metallischen Komponenten unter Wasser. Von den thermischen Verfahren eignen sich vor allem das Plasmaschneiden sowie das autogene Brennschneiden für das Trennen dickwandiger Komponenten. Der Einsatz des autogenen Brennschneidens unter Wasser stellt durch die höheren Wärmeverluste und die damit verbundene Prozessinstabilität eine deutlich größere Herausforderung dar. Die Prozesssicherheit des autogenen Brennschneidens beim Trennen dickwandiger Bauteile unter Wasser kann durch die Steigerung der Leistung der für die Vorwärmung eingesetzten Wärmequelle oder den Einsatz einer zusätzlichen Wärmequelle optimiert werden.

Anhand von theoretischen Betrachtungen und praktischen Untersuchungen werden quantifizierbare Aussagen über die Prozessstabilität und den Einfluss der Prozessparameter ermittelt. Aufbauend auf den Erkenntnissen der Voruntersuchungen werden Schneidprozesse ausgewählt, welche die hohe Schneidtiefe des autogenen Brennschneidens mit der für die Fernhandlung des Verfahrens erforderlichen hohen Prozesssicherheit verbinden. Die gewonnen Erkenntnisse werden in der Entwicklung eines Prototypen umgesetzt und eine Prozessüberwachung mit zugehöriger Prozessregelung entwickelt. Ziel ist die Umsetzung in einer Demonstratoranlage, die reproduzierbare Trennschnitte an Bauteilen mit Materialstärken zwischen 130mm und 500mm ermöglicht.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

- AP1: Literaturrecherche zur bisherigen Anwendung von thermischen Schneidverfahren im Rückbau
- AP2: Ableiten der realen Zerlegebedingungen / Zerlegeumfeld
- AP3: Betrachtung und Auswahl geeigneter Wärmequellen zur Vorwärmung anhand von Literaturrecherche und theoretischen Betrachtungen
- AP4: Praktische Untersuchungen und Simulation / Modellbildung zur Validierung der Wärmequellenauswahl
- AP5: Lastenheft fernhantierte thermische Zerlegung
- AP6: Prüfstandentwicklung für die praktischen Versuche
- AP7: Pflichtenheft für das zu entwickelnde Verfahren
- AP8: Durchführung und Auswertung der Versuche mit den ausgewählten Wärmequellen
- AP9: Prototypentwicklung und -bau
- AP10: Qualifizierung des Prototyps
- AP11: Dokumentation

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

Im Berichtszeitraum wurde nach Durchführung des Kick-Off Meetings zur Projektimplementierung mit der Definition der realen Zerlegebedingungen (Arbeitspaket 2) begonnen.

4. Geplante Weiterarbeit (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

Mit der Durchführung von Workshops zusammen mit der Universität Hannover werden die Arbeitspakete AP1 und AP2 weiter ausgearbeitet. Die Ergebnisse aus AP2 werden im parallel durchgeführten AP1 berücksichtigt.

5. Bezug zu anderen Vorhaben

Keine

6. Berichte und Veröffentlichungen

Keine Veröffentlichungen im Berichtszeitraum

Berichtszeitraum: 01.12.2017 bis 31.12.2017	Förderkennzeichen: 15S9404
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: Leibniz Universität Hannover - Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW)	
Vorhabenbezeichnung: Innovatives Seilschleifkonzept für die Bearbeitung von Stahl (InnoSeil)	
Laufzeit des Vorhabens: vom 01.12.2017 bis 30.11.2020	Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 457.918,94 €
Projektleiter/-in: Prof. Dr.-Ing. Berend Denkena	E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: denkena@ifw.uni-hannover.de

1. Zielsetzung des Vorhabens

Ziel des beantragten Forschungsvorhabens ist es, die Leistungsfähigkeit von Seilschleifwerkzeugen für den Rückbau metallischer Strukturen in Kernkraftanlagen um 10 bis 20%, sowie deren Standzeit und bis zu 50% zu steigern. Da bei der Bearbeitung von Metall kein Selbstschärfeeffekt der eingesetzten Schleifperlen auftritt, werden beim Seilschleifen von Metallen konventionell ausschließlich einschichtige Schleifperlen eingesetzt. Im Gegensatz zu den mehrschichtigen Schleifperlen liegt hier nur eine Lage Schleifkörner in der Bindung vor. Ist diese verschlissen, muss das komplette Seil ausgetauscht werden, was hohe laufende Kosten zur Folge hat. In Kombination mit hohen thermischen Werkzeugbeanspruchungen, verstärkt durch fehlende Wasserkühlung, ist die Standzeit der Seilschleifwerkzeuge gering. Die Verwendung von CBN-Schleifkörnern soll diesen beiden Effekten entgegenwirken. Durch die Nutzung von mehrschichtigen Perlen und der Identifikation einer optimalen Schleifperlenbindung für die Bearbeitung von Stahl wird eine Schärfung der Perlen während des Prozesses ermöglicht. Zusätzlich ist die thermische Stabilität der konventionellen Gummierung auf etwa 80°C begrenzt. Deshalb soll eine neue Vergussmasse zum Verfüllen der Perlen-Zwischenräume entwickelt werden, die sich durch eine zu Gummi vergleichbare Adhäsion auf dem Trägerseil, aber insbesondere durch eine höhere thermische Stabilität auszeichnet. So entsteht ein Demonstrator, dessen Leistungsdaten die Referenzwerte von kommerziell erhältlichen Seilschleifsystemen zur Bearbeitung von Stahl deutlich übertreffen.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

AP 1 Entwicklung angepasster Schleifperlen durch Flachsleifuntersuchungen

Identifikation geeigneter, keramisch (oder metall-keramisch) gebundener CBN-Schleifbeläge für den Einsatz in mehrschichtigen Diamantschleifperlen.

AP 2 Entwicklung einer angepassten Vergussmasse

Darauf aufbauend folgt die Entwicklung einer thermisch stabilen Vergussmasse zum Verfüllen der Perlen-Zwischenräume, die eine im Vergleich zum konventionellen Gummi vergleichbare Adhäsion auf dem Trägerseil aufweist.

AP 3 Prozessentwicklung und Herstellung eines Werkzeug-Demonstrators

Die gewonnenen Erkenntnisse werden zur Entwicklung eines neuen Werkzeugkonzepts verwendet und dessen Leistungsdaten bestimmt.

AP 4 Laboruntersuchungen zur Bewertung der Leistungsfähigkeit des Demonstrators

Abschließend werden die Leistungsdaten eines vollwertigen Demonstrator-Werkzeuges einem vergleichbaren, kommerziellen Diamantseilschleifwerkzeug gegenübergestellt.

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

AP 1: Um die Kosten und den Aufwand der Untersuchungen von CBN-Schleifperlen zu reduzieren, werden Analogieversuche an der im IFW vorhandenen Flachsleifmaschine der Fa. Geibel & Hotz durchgeführt. Dafür wurden die nötigen Vorbereitungen an der Maschine durchgeführt. Weiterhin wurden die für die Flachsleifversuche benötigten Proben konstruiert.

Es wurden zwei Laserdistanzsensoren der Fa. Welotec bestellt und geliefert. Diese wurden an der Prototypen-Seilschleifmaschine der Fa. Torfsconstruct/Husqvarna verbaut und kalibriert. Die Laserdistanzsensoren werden dabei direkt auf das Seilschleifwerkzeug ausgerichtet, um die Werkzeugschwingungen zu erfassen und in das bestehende Messsystem integriert.

4. Geplante Weiterarbeit (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

AP1: Es werden wiederbelegbare, in Analogie zu realen Seilschleifwerkzeugen segmentierte Schleifscheiben entwickelt. Durch Flachsleifversuche wird das Einsatzverhalten bestimmt und somit die bestmögliche Bindungskomposition bestimmt.

Dazu werden zunächst die benötigten Versuchsproben aus den Stahlsorten S355JR und 1.4571, sowie die wiederbelegbare Schleifscheibe bestellt und geliefert.

AP2: Zur Bestimmung der Werkstoffstoffzusammensetzung der Vergussmasse werden erste Ansätze überprüft und mit den Unterauftragnehmern hinsichtlich der Machbarkeit überprüft.

5. Bezug zu anderen Vorhaben

Uns sind zurzeit keine Forschungsvorhaben bekannt, die für die in diesem Projekt erzielenden Kenntnisse relevant sind.

6. Berichte und Veröffentlichungen

Es wurden bisher keine Ergebnisse veröffentlicht.

Berichtszeitraum: 01.07.2017 bis 31.12.2017		Förderkennzeichen: 15S9215A	
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: Technische Universität Dresden, Helmholtzstr. 10, 01069 Dresden			
Vorhabenbezeichnung: Verbundprojekt LaPLUS: Laserdekontamination von Beton- und Metalloberflächen			
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2015 bis 31.12.2018		Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 670.982,00 €	
Projektleiter/-in: PD Dr.-Ing Wolfgang Lippmann		E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: wolfgang.lippmann@tu-dresden.de	

1. Zielsetzung des Vorhabens

Aufbauend auf den Erfahrungen aus dem Projekt LaColor ist vorgesehen, die erprobte Lasertechnologie zum Abtragen PCB-haltiger Dekontlacke in Richtung eines praxisnah einsetzbaren Laserarbeitskopfes mit kontinuierlichem Laserstrahl fortzuführen. Ziel ist es, das Gesamtsystem so zu qualifizieren, dass es die Anforderungen des nuklearen Rückbaus erfüllt. Dazu ist es ergänzend erforderlich, das in LaColor entwickelte Online-Monitoring (LIF) Verfahren zur qualitativen Überwachung des Dekontaminationserfolges zu miniaturisieren und für den Einsatz vor Ort zu ertüchtigen. Die Experimente im Rahmen des Projektes LaColor zeigten darüber hinaus die Möglichkeit, unter Nutzung neuartiger Faser-Laser-Systeme eine großflächige Reinigung radioaktiv und chemisch-toxisch kontaminierter Oberflächen effizient und mit minimalem Sekundärabfall durchzuführen. Innovativ ist hier vor allem die von der Fokusslage der Laserstrahlung unabhängige Prozessführung, was auch ermöglicht komplex geformte Oberflächen in einem Prozessschritt zu säubern, wodurch die Handhabung des Reinigungssystems außerordentlich vereinfacht wird. Weiterhin liegt ein Schwerpunkt auf der Entwicklung des angepassten Absaug- und Filtersystems.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

- TUD-1: Literaturrecherche und Auswertung, Status: abgeschlossen
- TUD-2: Planung, Bau und Inbetriebnahme des angepassten Systems zur chemisch-toxischen Dekontamination, Status: abgeschlossen
- TUD-3: Durchführung von Laborversuchen unter realitätsnahen Verhältnissen zur Laserdekontamination chemisch-toxisch belasteter Betonstrukturen, Status: in Bearbeitung
- TUD-4: Planung, Bau und Inbetriebnahme des angepassten Systems zur Laserdekontamination metallischer Oberflächen, Status: abgeschlossen
- TUD-5: Durchführung von Laborversuchen unter realitätsnahen Verhältnissen zur Laserdekontamination metallischer Oberflächen, Status: in Bearbeitung
- TUD-6: Durchführung von Versuchen an PCB-lackierten Originalwänden (z. B. MZFR), Status: in Bearbeitung
- TUD-7: Durchführung von Versuchen an metallischen Oberflächen der WAK, Status: in Bearbeitung
- TUD-8: Initiierung einer integralen Technik-Folge-Abschätzung für den nuklearen Rückbau, Status: nicht begonnen
- TUD-9: Anfertigen des Abschlussberichts, Status: nicht begonnen

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

TUD 3: Mit dem Beton-Arbeitskopf sind sowohl statische als auch dynamische Versuche auf Betonproben durchgeführt worden. Dabei kamen zwei unterschiedliche Betonsorten zum Einsatz (quarzitisch und calzitisch). Die Experimente mit dem Arbeitskopf haben oberhalb 4 kW (Spotgröße 45x10 mm, Vorschub: 16 mm/s) Laserleistung einen vollständigen Abtrag des Lacks ergeben. Die im Arbeitskopf gemessenen Ablufttemperaturen sind ebenfalls abhängig von der Laserleistung. Bei 10 kW (Spotgröße 45x10 mm, Vorschub: 16 mm/s) Laserleistung konnte bisher eine maximale Verbrennungstemperatur von 800 °C nachgewiesen werden. Der Laserabtrag auf unlackierten Betonproben hat eine maximale Ablufttemperatur von 200 °C ergeben. Die Temperaturmessposition war bei den Proben mit und ohne Lack identisch. Neben der Temperaturbestimmung im Arbeitskopf wurden zudem Versuche zur Bestimmung der Partikelgröße durchgeführt. Beim Laserabtrag auf lackierten oder unlackierten Betonproben entstehen Nanopartikel in Größenklassen von 5,6 bis 560 nm mit unterschiedlicher Konzentration. Die Größe der Nanopartikel kann mit denen von Diesel-Verbrennungsmotoren verglichen werden. Die im Dekontaminationsversuch gemessenen Partikel-Konzentrationen liegen allerdings deutlich über denen in Diesel-Verbrennungsmotoren.

TUD 5: Die Reinigung metallischer Oberflächen wurde hinsichtlich Dekontaminationsfaktor und Schädigungsfreiheit der Metalloberfläche bewertet. Der Dekontaminationsfaktor wurde mittels Röntgenfluoreszenzanalyse für die Entfernung von Cobalt, Strontium und Cäsium von oxidierten und lackierten Oberflächen bestimmt. Der maximale Dekontaminationsfaktor für Cäsium liegt nahe 100, für Strontium bei ca. 30 und für Cobalt bei 2-3 für den vollständigen Abtrag eines typischen Lacksystems. Der bei Cobalt ermittelte Wert ist durch Versuche an verzinkten Blechen zu prüfen, da sich die mittels Röntgenfluoreszenzanalyse ausgewerteten Peaks von Cobalt und Eisen überlagern. Die potentielle Schädigung der metallischen Grenzfläche wurde mittels Rasterelektronenmikroskopie an Querschliffen bewertet. Bei einmaliger Laserstrahleinwirkung kann bis zur maximalen Laserintensität von 70 MW/cm² und einem Vorschub von 8 mm/s keine Gefügeänderung nachgewiesen werden. Bei mehrmaliger Laserstrahleinwirkung muss die Laserintensität auf 37 MW/cm² begrenzt werden, um Gefügeänderungen zu vermeiden.

TUD 6: Die Planung der Abschlussversuche im MZFR der KTE wurde begonnen. Die Abschlussversuche werden im Raum 914 des MZFR durchgeführt. Die technische Abstimmung, die Erlangung der Zugangsberechtigung und die Abstimmung der Termine erfolgt zur Zeit. Nach aktuellem Stand werden die Laser (CL 150 und Diodenlaser LDF 1500-10000) der TU Dresden in die KTE transportiert und dort in Betrieb genommen. Die Zielparameter der Versuche wurden diskutiert und werden im kommenden Quartal in Zusammenarbeit mit KTE konkretisiert.

TUD 7: Die Arbeiten zum AP TUD-7 erfolgen aktuell analog TUD-6. Für die Vor-Ort-Versuche werden von WAK Proben hergestellt, da der Zutritt zum Kontrollbereich, insbesondere den Heißen Zellen im Rahmen des Prototypverfahrens nicht realisiert werden kann.

4. Geplante Weiterarbeit (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

TUD 3: Für die bisher erreichten Ergebnisse hinsichtlich Prozesstemperatur und Partikelentstehung soll eine statistische Absicherung der Messwerte erzielt werden. Neben der Variation der Leistung sollen weitere Prozessparameter überprüft werden, dies betrifft z.B. den Laservorschub und die Strömungsverhältnisse im Arbeitskopf. Final werden im

Labor großflächige Tests und eine Erprobung an Wand- und Deckenflächen durchgeführt. Durch eine höhere Abtastrate der Thermolemente sollen die Prozesstemperaturen in ihrer Dynamik exakter ermittelt werden.

TUD 5: Weitere Schritte sind der Nachweis der aufgetragenen und anschließend mittels Laserablation abgetragenen Surrogate in nachgeschalteten Filtern und die Bestimmung des Ablagerungs- und Filtrationsverhaltens zur Klärung des Verbleibs der ablatierten Surrogate. Der Metall-Arbeitskopf wird an realen Wandstrukturen im Labor erprobt.

TUD 6: Finalisierung der Vorbereitung der Abschlussversuche im MZFR, z.B. durch Klärung der für die Zugangsberechtigung erforderlichen Schulungstermine und Erstellung der notwendigen Gefährdungsbeurteilungen für die Tests. Die Berechtigung zum Zugang in den MZFR wird aktuell durch die Sicherheitsüberprüfung der Mitarbeiter vorbereitet. Der finale Vorführ-Parcours wird aktuell abgestimmt. Die Erstellung der notwendigen Risikobeurteilungen und die technischen Detail-Klärungen erfolgen bis Ende Februar 2018.

TUD 7: Analog zum Arbeitspaket TUD-6 erfolgt die Klärung aller notwendigen Randbedingungen um im MFZR metallische Proben der KTE vor Ort mittels Laser zu entschichten. Die durch KTE bereitgestellten Proben werden nach der Bearbeitung am MZFR an der TU Dresden hinsichtlich des Abtragergebnisses im Detail analysiert. Die Möglichkeit zum Arbeiten mit radioaktiven Proben im Radionuklidlabor der TU Dresden wird aktuell diskutiert.

TUD 8: Die Technik-Folgenabschätzung wird nach Abschluss der Versuche begonnen, um eine Einordnung des entwickelten Laserabtragverfahrens im bisher vorhandenen Werkzeugportfolio zur Oberflächendekontamination zu ermöglichen. Die Konsequenzen des praktischen Einsatzes für Ökonomie und Akzeptanz werden diskutiert.

5. Bezug zu anderen Vorhaben

-

6. Berichte und Veröffentlichungen

„LaPLUS: Oberflächendekontamination von Beton- und Metalloberflächen mittels Laser“, Poster Kraftwerkstechnisches Kolloquium 2017, Dresden

T. Kahl, G. Greifzu, W. Lippmann, A. Hurtado

„Selective Laser Ablation for Surface Decontamination“, Vortrag KompOST Doktorandenseminar, 2017, Dresden

G. Greifzu, T. Kahl, W. Lippmann, A. Hurtado

Berichtszeitraum: 01.07.2017 bis 31.12.2017		Förderkennzeichen: 15S9215B
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: Technische Universität Bergakademie Freiberg, Akademiestraße 6, 09599 Freiberg		
Vorhabenbezeichnung: Verbundprojekt: Laser-Dekontamination von Metall- und Betonoberflächen (LaPLUS)		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2015 bis 31.12.2018	Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 259.410,00 €	
Projektleiter/-in: Prof. Dr.-Ing. Hartmut Krause	E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: hartmut.krause@iwtt.tu-freiberg.de	

1. Zielsetzung des Vorhabens

Aufbauend auf den Erfahrungen aus dem Projekt LaColor ist vorgesehen, die erprobte Lasertechnologie zum Abtragen PCB-haltiger Dekontlacke in Richtung eines praxisnah einsetzbaren Laserarbeitskopfes mit kontinuierlichem Laserstrahl fortzuführen. Ziel ist es, das Gesamtsystem so zu qualifizieren, dass es die Anforderungen des nuklearen Rückbaus erfüllt. Dazu ist es ergänzend erforderlich, das in LaColor entwickelte Online-Monitoring (LIF) Verfahren zur qualitativen Überwachung des Dekontaminationserfolges zu miniaturisieren und für den Einsatz vor Ort zu ertüchtigen. Die Experimente im Rahmen des Projektes LaColor zeigten darüber hinaus die Möglichkeit unter Nutzung neuartiger Faser-Laser-Systeme eine großflächige Reinigung radioaktiv und chemisch-toxisch kontaminierter Oberflächen effizient und mit minimalem Sekundärabfall durchzuführen. Innovativ ist hier vor allem die von der Fokusslage der Laserstrahlung unabhängige Prozessführung, was auch ermöglicht komplex geformte Oberflächen in einem Prozessschritt zu säubern, wodurch die Handhabung des Reinigungssystems außerordentlich vereinfacht wird. Weiterhin liegt ein Schwerpunkt auf der Entwicklung des angepassten Absaug- und Filtersystems.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

- FG1: Konzeptionierung des miniaturisierten Detektionssystems für Reaktionsradikale
- FG2: Konzeptionierung und Entwicklung eines Detektionssystems zur Bestimmung der Oberflächengüte von metallischen Strukturen
- FG3: Untersuchungen zur Nachweisführung von Minoritätenspezies über Chemielumineszenz
- FG4: Untersuchung und Validierung des Funktionsmusters zur Bestimmung der Oberflächengüte
- FG5: Abschlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse (mit Referenz zu Arbeitsprogramm)

(FG1)

Die für die CCI-LIF Diagnostik auf Betonoberflächen entwickelte glasfasergestützte Optik und Optomechanik wurde am Arbeitskopf der TUD montiert und getestet. Sowohl für den Anregungs- als auch den Emissionskanal waren die Adaption, Ausrichtung und Justage der Cage-Systeme problemlos möglich. Eine Testlichtquelle konnte erfolgreich auf den Abtragsort im Beton-Arbeitskopf ausgerichtet werden, wobei eine weitere Anpassbarkeit der Strahlführung gegeben ist. Die LIF-Optiken bedeuten nur eine vernachlässigbare Gewichtserhöhung und haben keine Auswirkungen auf die Handhabbarkeit des Arbeitskopfes.

Mit dem Ziel einen möglichen Ersatz für den komplexen und wartungsaufwendigen Farbstofflaser zu finden, wurden Tests mit einer spektral passenden UV-LED (kommerziell erhältlich) als alternative Anregungslichtquelle für das LIF begonnen. Diese stellt eine günstige, einfache und kompakte Lichtquelle dar. Nachteilig sind jedoch die im Gegensatz zum Laser geringe Leitungsdichte und insbesondere die stark divergente Abstrahlcharakteristik, welche eine Kollimation sowie Fokussierung des Lichts notwendig macht. Da zusätzlich der Lichttransport über Glasfasern erfolgen soll, ist zudem eine möglichst effiziente Lichteinkopplung in die Faser bei gleichzeitig akzeptabler Lichtauskopplung zu realisieren. Hierbei wurden Fluid- und Glasfasern mit verschiedenen Durchmessern und Akzeptanzwinkeln sowie darauf angepasste Ein- und Auskopplungsoptiken getestet und optimiert. Durch Verwendung von kurzbrennweitigen UV-Linsen konnte dabei eine maximale Leistungsdichte von ca. 95 mW/cm² erreicht werden. Weitere Versuche sollen nun klären, ob diese für die LIF ausreichend ist.

(FG2), (FG4)

Die prinzipielle Machbarkeit der thermographischen Erfassung der Oberflächengüte von metallischen Oberflächen über deren Abstrahlcharakteristik im nahen IR-Bereich wurde bereits nachgewiesen. Der Schwerpunkt der Untersuchungen liegt dabei auf emittierter IR-Strahlung, welche einen deutlichen Kontrast zwischen sauberen und verschmutzten metallischen Oberflächen ermöglicht, insofern diese leicht erwärmt sind ($\Delta T \approx 5 \text{ K}$).

Im Berichtszeitraum wurden insbesondere Epoxidharz-basierte Lackschichten unterschiedlicher Farben und Dicke untersucht, wobei sich ein deutlicher Kontrast zu metallischen Oberflächen unabhängig von der Lackfarbe zeigt. Nach Laser-Abtragsversuchen auf diesen Lackschichten konnten sowohl Lackreste sowie Kanten und weitere „Strukturen“ schnell und zuverlässig bis in den mm-Bereich aufgelöst werden. Zudem zeigt sich auch eine Sensitivität der Methodik hinsichtlich verschiedener Lackabtragshöhen und Lackdicken, die qualitativ mit Höhenscans durch Weißlicht-Mikroskopie korrelieren. Dies erlaubt es u.a. Gebiete mit längerer bzw. ungleichmäßiger Lasereinwirkung zu identifizieren und das Verständnis für den Lackabtrag voranzubringen (Laserumkehrpunkte, Rastergeschwindigkeit).

(FG3)

Chemilumineszenz-Untersuchungen an chlorhaltigen Flammen und Verbindungen können nach Instandsetzung und Inbetriebnahme der Raumluftabsaugung wieder durchgeführt werden. Hierbei liegt der Schwerpunkt darauf, keine LIF zu nutzen.

4. Geplante Weiterarbeit (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

- FG1: Tests zur Machbarkeit einer OH-LIF mittels UV-LED als Anregungslichtquelle, bei Erfolg entsprechende Versuche zur CCI-LIF
- FG4: Untersuchung weiterer künstlich verschmutzter und lasergereinigter metallischer Proben
- FG2/4: Versuche zur Oberflächenerwärmung mittels IR-Strahler
- FG4: Untersuchungen zu weiteren Einflussfaktoren auf die Thermographie (Winkelabhängigkeit, Strukturierungen) (FG4)
- FG3: Detektion der Chemilumineszenz von OH- und CH-Radikalen (FG3)

5. Bezug zu anderen Vorhaben

Keine

6. Berichte und Veröffentlichungen

Greifzu et al. , Laserdekontamination von Beton- und Metalloberflächen, Kontec 2017, Dresden

Berichtszeitraum: 01.07.2017 bis 31.12.2017	Förderkennzeichen: 15S9215C
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: Industrieanlagen Betriebsgesellschaft mbH, Einsteinstraße 20, 85521 Ottobrunn	
Vorhabenbezeichnung: Verbundprojekt: Laser-Dekontamination von Metall- und Betonoberflächen (LaPLUS)	
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2015 bis 31.12.2018	Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 199.996,00 €
Projektleiter/-in: Herr Dipl.-Ing. Hannes Jakob	E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: jakob@iabg.de

1. Zielsetzung des Vorhabens

Aufbauend auf den Erfahrungen aus dem Projekt LaColor ist vorgesehen, die erprobte Lasertechnologie zum Abtragen PCB-haltiger Dekontlacke in Richtung eines praxisnah einsetzbaren Laserarbeitskopfes mit kontinuierlichem Laserstrahl fortzuführen. Ziel ist es, das Gesamtsystem so zu qualifizieren, dass es die Anforderungen des nuklearen Rückbaus erfüllt. Dazu ist es ergänzend erforderlich, das in LaColor entwickelte Online-Monitoring (LIF) Verfahren zur qualitativen Überwachung des Dekontaminationserfolges für den Einsatz vor Ort zu ertüchtigen.

Die Experimente im Rahmen des Projektes LaColor zeigten darüber hinaus die Möglichkeit unter Nutzung neuartiger Faser-Laser-Systeme eine großflächige Reinigung radioaktiv und chemisch-toxisch kontaminierter Oberflächen effizient und mit minimalem Sekundärabfall durchzuführen. Innovativ ist hier vor allem die von der Fokusslage der Laserstrahlung unabhängige Prozessführung, was auch ermöglicht komplex geformte Oberflächen in einem Prozessschritt zu säubern, wodurch die Handhabung des Reinigungssystems außerordentlich vereinfacht wird.

Weiterhin liegt ein Schwerpunkt auf der Entwicklung des angepassten Absaug- und Filtersystems. Das Forschungsvorhaben wird in einem Verbundprojekt mit der TU Dresden (15S9215A) und der Bergakademie Freiberg (15S9215B) durchgeführt.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

- AP 1 Erstellung eines Lastenhefts
- AP 2 Konstruktion von zwei Strahlköpfen für mineralische und metallische Untergründe
- AP 3 Technische Dokumentation
- AP 4 Planung u. Begleitung Abschlussversuche
- AP 5 Abschlussdokumentation
- AP P Projekt- und Qualitätsmanagement

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse

AP 2:

- Nach Abschluss der Fertigung des Arbeitskopfes zur Dekontamination von PCB-beschichteten Oberflächen wurden von der TUD umfangreiche Laborversuche durchgeführt. Durch diese Versuche wurden Optimierungspotentiale an der Konstruktion des Arbeitskopfes identifiziert, die zusammen mit einem Konstrukteur der IABG dokumentiert und bewertet wurden. Keiner der identifizierten Punkte schränkt die Nutzung ein. Mit einer Überarbeitung der Konstruktion wurde begonnen.
- Für den Arbeitskopf zur Entschichtung von metallischen Oberflächen wurden ebenfalls Optimierungsmaßnahmen erarbeitet und mit der Umsetzung begonnen.

AP3:

- Zur technischen Dokumentation wurde mit einer Konstruktionsbeschreibung begonnen, in der neben dem Aufbau des Beton-Arbeitskopfes dessen Montage und Wartung beschrieben wird.
- Die Erstellung einer Gefährdungsanalyse für den Beton-Arbeitskopf wurde begonnen.

AP P:

- Das Forschungsvorhaben wird innerhalb der IABG während der gesamten Bearbeitungszeit mit den Werkzeugen und Methoden des Projekt- und Qualitätsmanagement begleitet. Hierdurch ist eine zügige, kontinuierliche und erfolgreiche Projektbearbeitung gewährleistet.

4. Geplante Weiterarbeit

AP3:

- Abschluss der technischen Dokumentation

AP4:

- Planung und Begleitung von Abschlussuntersuchungen

5. Bezug zu anderen Vorhaben

Das Forschungsvorhaben wird in einem Verbundprojekt mit der TU Dresden (15S9215A) und der Bergakademie Freiberg (15S9215B) durchgeführt.

6. Berichte und Veröffentlichungen

keine

Berichtszeitraum: 01.07.2017 bis: 31.12.2017	Förderkennzeichen: 15S9225A
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Technologie und Management im Baubetrieb, Gotthard-Franz-Str. 3, Geb. 50.31, 76131 Karlsruhe	
Vorhabenbezeichnung: „Magnet-Separation von Korngemischen zur Minimierung von Sekundärabfällen im Rückbau kerntechnischer Anlagen “ (MASK)	
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2015 bis 31.10.2018	Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 629.574,00 €
Projektleiter/-in: Prof. Dr.-Ing. S. Gentes	E-Mail-Adresse des Projektleiters/-in: sascha.gentes@kit.edu

1. Zielsetzung des Vorhabens

Eine Zerlegetechnik, die beim Rückbau kerntechnischer Anlagen eingesetzt wird, ist das Wasser-Abrasive-Suspensions-Schneidverfahren (WASS), bei dem die Komponenten mithilfe eines Hochdruckwasserstrahls und eines scharfkantigen Abrasivmittels geschnitten werden. Mit diesem Verfahren wurden bereits Reaktor-Druckbehälter (RDB) und zugehörige RDB-Einbauten fachgerecht rückgebaut. Beim Durchtrennen entsteht durch die Mitnahme von Schnittfugenmaterial in der Suspension ein Gemisch von Wasser, Abrasivmittel und radioaktiven Stahlspänen. In einem vorhergehenden Forschungsprojekt (NENAWAS) konnte bereits ein Separationsverfahren zur Nachbehandlung von dieser Mischung entwickelt werden. Hierbei werden die magnetischen Stahlspäne mit Hilfe eines Magnetfilters in einer Separationsanlage (NENAWAS-Anlage) von dem nicht radioaktiven Abrasiv getrennt. Ziel des MASK-Forschungsprojekts ist die Verbesserung des bestehenden Verfahrens durch experimentelle und numerische Untersuchungen in einer neu entwickelten Anlage (MASK-Anlage). Darin sollen insbesondere Versuche mit radioaktivem Material möglich sein.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

- 1) Experimentelle und analytische Untersuchungen (INE/TMB):
 - AP1: Grundlagenuntersuchung zur analytischen Betrachtung des Filtrervorgangs (TMB)
 - AP2: Detaillierte Analyse der getrennten Fraktionen und Ermittlung der zu erwartenden Restaktivität (INE)
 - AP3: Anpassung der Pilotanlage zur Untersuchung der Einflussfaktoren (TMB)
 - AP4: Durchführung der Parameteruntersuchung (TMB)
 - AP5: Iterative Optimierung des Verfahrens (TMB/INE)
 - AP6: Erprobung des Verfahrens mit aktiviertem Material (INE/TMB)
 - AP7: Dokumentation der Ergebnisse (TMB/INE)

- 2) Numerische Untersuchungen (TMB):
 - AP1: Auswahl geeigneter CFD-Software
 - AP2: Bedingungen für das Simulationsmodell
 - AP3: Entwicklung des Simulationsprogramms
 - AP4: Simulation und Auswertung
 - AP5: Dokumentation der Ergebnisse

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse

1) Experimentelle und analytische Untersuchungen: AP 1, 2, 3 und 6

Mit der NENAWAS-Anlage (aus vorangegangenen Projekt) wurden Trennexperimente mit einem Korngemisch mit austenitischem Stahl und Abrasiv am TMB durchgeführt, um das Separationsverfahren zu verbessern (AP 1). Die separierten Abrasivfraktionen (nach Abtrennung des Schnittfugenmaterials) wurden chemisch und mikroskopisch am INE analysiert, um den Restgehalt des Stahls zu bestimmen. Die chemische Analyse ergab, dass die bestehende Anlage bis zu 90 % des im Korngemisch enthaltenen Stahls abscheiden kann (AP 2). Aus dem Rückbau des KKW Stade sind Daten über die spezifischen Aktivitäten des RDBs bekannt. Aus diesen Daten konnte abgeschätzt werden, dass ein Abscheidegrad von > 99,9 % nötig wäre, um das separierte Abrasiv zur Deponierung freigeben zu können. Dieses Ergebnis ist unserer Abschätzung nach, auch mit einem verbesserten Magnetabscheidesystem, nicht zu erreichen (AP 2). Daraufhin wurde gemeinsam mit dem INE mit der Planung zusätzlicher Prozessschritte und weiterer Prozesskomponenten begonnen (AP 3) und Zieländerungen für das MASK-Projekt angefertigt (siehe Punkt 10). Die Zieländerungen wurden in einer Präsentation dem Projektträger vorgestellt und begründet. Im Rahmen von AP 6 wurden die Komponenten Rührbehälter mit Rührwerk, Membranpumpe, Pulsationsdämpfer, Handarmaturen in das MASK-Anlagengestell eingebaut und verrohrt bzw. verschlaucht. Der Rührmotor mit zugehörigem Frequenzumformer wurde elektrisch verkabelt und in Betrieb genommen. Die Detailplanung für die Druckluftversorgung und Einstellung des Luftvolumenstromes für den Betrieb der Doppelmembranpumpe und des Druckdämpfers wurde abgeschlossen und die Teile beschafft. Das Konzept des modularen Aufbaus wurde über handsteckbare Kupplungssysteme realisiert. Dadurch können auch zusätzliche Komponenten zur Prozessoptimierung und Erweiterung in den Kreislauf eingebunden werden. Begleitend zum Aufbau wurde mit der Erstellung von Fließbildern für die einzelnen Betriebsarten mit der MASK-Anlage begonnen. Die Fließbilder sind Grundlage für eine Betriebsanleitung bzw. für die spätere Erstellung einer Bedienungsanweisung bei Betrieb mit radioaktiven Korngemischen im Kontrollbereich des KIT-INE.

Bei Anwendung des WASS-Verfahrens beginnen ferritische Stahlspäne unmittelbar zu korrodieren. Die eisenhaltigen Korrosionsprodukte können durch Magnetseparation nicht abgetrennt werden. Um Korrosion von eisenhaltigen Stählen zu verzögern werden in der Industrie Korrosionsinhibitoren dem Wasser zugesetzt. In einem Vorversuch wurden Späne aus niedriglegiertem Reaktorstahl hergestellt und mit Leitungswasser kontaktiert. Es wurde beobachtet, dass in Anwesenheit des Inhibitors die Korrosion verzögert wird. Dies ist daher ein erfolgsversprechender Ansatz für die Anwendung des WASS-Verfahrens auf ferritische Stähle. Es wurden Anfragen an EVUs gestellt, in wieweit chemische Zusätze bei der Zerlegung ferritischer Komponenten eingesetzt werden können.

2) Numerische Untersuchungen: AP 3+4

Es wurden Versuche zur Planung des Magnetfiltersystems durchgeführt. Mittels Kameraaufnahmen wurde die Strömung der Suspension am Einlass des Magnetfilters bei verschiedenen Konfigurationen verglichen und bewertet. Dies wurde durch einen modularen Aufbau, der verschiedene Konfigurationen zulässt, und die Verwendung von Plexiglasteilen, durch die die Suspensionsströmung sichtbar ist, ermöglicht. Anhand dieser Ergebnisse wurde eine neue Geometrie des Magnetfilters entwickelt.

Zudem wurde die Magnetfeld-Simulation weiter verbessert.

4. Geplante Weiterarbeit

1) Experimentelle und analytische Untersuchungen: AP 2-6 gemeinsam mit dem INE

Die folgenden Arbeiten werden im kommenden Berichtszeitraum durchgeführt:

- Detailplanung, Fertigung und Einbau der Komponenten Magnetfiltersystem, Koppelbehälter, Probensammler sowie weiterer Komponenten zur Durchführung von zusätzlichen Prozessschritten (AP 6).
- Aufbau und Inbetriebnahme der Druckluftversorgung für die Doppelmembranpumpe und des Pulsationsdämpfers (AP 6).
- Aufnahme von Förderkurven mit Wasser in Abhängigkeit des Luftvolumenstroms und des Betriebsdrucks für die Doppelmembranpumpe (AP 6).
- Funktionstest des Pulsationsdämpfers zur Reduzierung von Druckspitzen und Minimierung der Förderstrompulsation beim Betrieb der Doppelmembranpumpe (AP 6).
- Verbundtests mit allen Komponenten und Durchführung der verschiedenen Betriebsarten mit Wasser (AP 6).
- Durchführung eventuell notwendiger Änderungen auf Grund der Ergebnisse aus den Verbundtests mit Wasser (AP 3).
- Erste Versuche mit inaktiven austenitischen Korngemischen zur Ermittlung der Betriebsparameter für die einzelnen Prozessschritte (AP 5).
- Proben aus Separationsversuchen werden chemisch und mikroskopisch am INE analysiert (AP 2).

Begleitend wird eine Betriebsanleitung für die MASK-Versuchsanlage erstellt.

2) Numerische Untersuchungen: AP 3+4

Der Entwicklungsplan wird weiter erarbeitet. Zudem werden weitere Simulationen durchgeführt und experimentelle Untersuchungen am neuen Magnetfiltersystem durchgeführt. Eine CAD-Zeichnung des neuen Magnetfiltersystems wird angefertigt.

5. Bezug zu anderen Vorhaben

Keine

6. Berichte und Veröffentlichungen

„Magnetseparation von Korngemischen zur Minimierung von Sekundärabfall beim WASS-Verfahren“, Vortrag, VDI-Konferenz, Karlsruhe, 05.07.2017

„Magnetseparation von Korngemischen zur Minimierung von Sekundärabfall beim WASS-Verfahren“, Vortrag, Treffen der KTG-Fachgruppe „Stilllegung und Entsorgung“, Krefeld, 26.09.2017

Berichtszeitraum: 01.07.2017 bis 31.12.2017	Förderkennzeichen: 15S9225B
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Nukleare Entsorgung (INE), Hermann-von-Helmholtz Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen	
Vorhabenbezeichnung: „Magnet-Separation von Korngemischen zur Minimierung von Sekundärabfällen im Rückbau kerntechnischer Anlagen “ (MASK)	
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2015 bis 31.10.2018	Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 458.909,50 €
Projektleiter/-in: Prof. Dr. Horst Geckeis	E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: horst.geckeis@kit.edu

1. Zielsetzung des Vorhabens

Eine Zerlegetechnik, die beim Rückbau kerntechnischer Anlagen eingesetzt wird, ist das Wasser-Abrasive-Suspensions-Schneidverfahren (WASS), bei dem die Komponenten mithilfe eines Hochdruckwasserstrahls und eines scharfkantigen Abrasivmittels geschnitten werden. Mit diesem Verfahren wurden bereits Reaktor-Druckbehälter (RDB) und zugehörige RDB-Einbauten fachgerecht rückgebaut. Beim Durchtrennen entsteht durch die Mitnahme von Schnittfugenmaterial in der Suspension ein Gemisch von Wasser, Abrasivmittel und radioaktiven Stahlspänen. In einem vorhergehenden Forschungsprojekt (NENAWAS) konnte bereits ein Separationsverfahren zur Nachbehandlung von dieser Mischung entwickelt werden. Hierbei werden die magnetischen Stahlspäne mit Hilfe eines Magnetfilters in einer Separationsanlage (NENAWAS-Anlage) von dem nicht radioaktiven Abrasiv getrennt. Ziel des MASK-Forschungsprojekts ist die Verbesserung des bestehenden Verfahrens durch experimentelle und numerische Untersuchungen in einer neu entwickelten Anlage (MASK-Anlage). Darin sollen insbesondere Versuche mit radioaktivem Material möglich sein.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

Experimentelle und analytische Untersuchungen (INE/TMB):

- AP1: Grundlagenuntersuchung zur analytischen Betrachtung des Filtrvorgangs (TMB)
- AP2: Detaillierte Analyse der getrennten Fraktionen und Ermittlung der zu erwartenden Restaktivität (INE)
- AP3: Anpassung der Pilotanlage zur Untersuchung der Einflussfaktoren (TMB)
- AP4: Durchführung der Parameteruntersuchung (TMB)
- AP5: Iterative Optimierung des Verfahrens (TMB/INE)
- AP6: Erprobung des Verfahrens mit aktiviertem Material (INE/TMB)
- AP7: Dokumentation der Ergebnisse (TMB/INE)

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse

(mit Referenz zu Arbeitspaketen)

Seitens des INE wurden im Berichtszeitraum hauptsächlich die Arbeitspakete AP 2, AP 3 und AP 6 bearbeitet:

Mit der NENAWAS-Anlage (aus vorangegangenen Projekt) wurden Trennexperimente mit einem Korngemisch mit austenitischem Stahl und Abrasiv am TMB durchgeführt, um das Separationsverfahren zu verbessern. Die separierten Abrasivfraktionen (nach Abtrennung des Schnittfugenmaterials) wurden chemisch und mikroskopisch am INE analysiert, um den Restgehalt des Stahls zu bestimmen. Die chemische Analyse ergab, dass die bestehende Anlage bis zu 90 % des im Korngemisch enthaltenen Stahls abscheiden kann (AP 2). Aus dem Rückbau des KKW Stade sind Daten über die spezifischen Aktivitäten des RDBs bekannt. Aus diesen Daten konnte abgeschätzt werden, dass ein Abscheidegrad von > 99,9 % nötig wäre, um das separierte Abrasiv zur Deponierung freigeben zu können. Dieses Ergebnis ist unserer Abschätzung nach, auch mit einem verbesserten Magnetabscheidesystem, nicht zu erreichen (AP 2). Daraufhin wurde gemeinsam mit dem TMB mit der Planung zusätzlicher Prozessschritte und weiterer Prozesskomponenten begonnen (AP 3) und Zieländerungen für das MASK-Projekt angefertigt (siehe Punkt 10). Die Zieländerungen wurden in einer Präsentation dem Projektträger vorgestellt und begründet.

Im Rahmen von AP 6 wurden die Komponenten Rührbehälter mit Rührwerk, Membranpumpe, Pulsationsdämpfer, Handarmaturen in das MASK-Anlagengestell eingebaut und verrohrt bzw. verschlaucht. Der Rührmotor mit zugehörigem Frequenzumformer wurde elektrisch verkabelt und in Betrieb genommen. Die Detailplanung für die Druckluftversorgung und Einstellung des Luftvolumenstromes für den Betrieb der Doppelmembranpumpe und des Druckdämpfers wurde abgeschlossen und die Teile beschafft. Das Konzept des modularen Aufbaus wurde über handsteckbare Kupplungssysteme realisiert. Dadurch können auch zusätzliche Komponenten zur Prozessoptimierung und Erweiterung in den Kreislauf eingebunden werden. Begleitend zum Aufbau wurde mit der Erstellung von Fließbildern für die einzelnen Betriebsarten mit der MASK-Anlage begonnen. Die Fließbilder sind Grundlage für eine Betriebsanleitung bzw. für die spätere Erstellung einer Bedienungsanweisung bei Betrieb mit radioaktiven Korngemischen im Kontrollbereich des KIT-INE.

Bei Anwendung des WASS-Verfahrens beginnen ferritische Stahlspäne unmittelbar zu korrodieren. Die eisenhaltigen Korrosionsprodukte können durch Magnetseparation nicht abgetrennt werden. Um Korrosion von eisenhaltigen Stählen zu verzögern werden in der Industrie Korrosionsinhibitoren dem Wasser zugesetzt. In einem Vorversuch wurden Späne aus niedriglegiertem Reaktorstahl hergestellt und mit Leitungswasser kontaktiert. Es wurde beobachtet, dass in Anwesenheit des Inhibitors die Korrosion verzögert wird. Dies ist daher ein erfolgsversprechender Ansatz für die Anwendung des WASS-Verfahrens auf ferritische Stähle. Es wurden Anfragen an EVUs gestellt, in wieweit chemische Zusätze bei der Zerlegung ferritischer Komponenten eingesetzt werden können.

4. Geplante Weiterarbeit

(mit Referenz zu den Arbeitspaketen)

Im ersten Halbjahr 2018 sind vom INE Weiterarbeiten zu AP 2 sowie gemeinsame Weiterarbeiten mit dem TMB zu AP 3, AP 5 und AP 6 geplant.

- Strömungspotentialmessungen zur Bestimmung des Ladungsnullpunkts des verwendeten Abrasivmaterials (AP 2).
- Detailplanung, Fertigung und Einbau der Komponenten Magnetfiltersystem, Koppelbehälter, Probensammler sowie weiterer Komponenten zur Durchführung von zusätzlichen Prozessschritten (AP 6).
- Aufbau und Inbetriebnahme der Druckluftversorgung für die Doppelmembranpumpe und des Pulsationsdämpfers (AP 6).
- Aufnahme von Förderkurven mit Wasser in Abhängigkeit des Luftvolumenstroms und des Betriebsdrucks für die Doppelmembranpumpe (AP 6).
- Funktionstest des Pulsationsdämpfers zur Reduzierung von Druckspitzen und Minimierung der Förderstrompulsation beim Betrieb der Doppelmembranpumpe (AP 6).
- Verbundtests mit allen Komponenten und Durchführung der verschiedenen Betriebsarten mit Wasser (AP 6).
- Durchführung eventuell notwendiger Änderungen auf Grund der Ergebnisse aus den Verbundtests mit Wasser (AP 3).
- Erste Versuche mit inaktiven austenitischen Korngemischen zur Ermittlung der Betriebsparameter für die einzelnen Prozessschritte (AP 5).
- Proben aus Separationsversuchen werden chemisch und mikroskopisch am INE analysiert (AP 2).

Begleitend wird eine Betriebsanleitung für die MASK-Versuchsanlage erstellt.

5. Bezug zu anderen Vorhaben

keine

6. Berichte und Veröffentlichungen

„Magnetseparation von Korngemischen zur Minimierung von Sekundärabfall beim WASS-Verfahren“, Vortrag, VDI-Konferenz, Karlsruhe, 05.07.2017

„Magnetseparation von Korngemischen zur Minimierung von Sekundärabfall beim WASS-Verfahren“, Vortrag, Treffen der KTG-Fachgruppe „Stilllegung und Entsorgung“, Krefeld, 26.09.2017

Berichtszeitraum: 01.07.2017 bis 31.12.2017	Förderkennzeichen: 15S9245
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: Technische Universität München, ZTWB Radiochemie München (RCM)	
Vorhabenbezeichnung: Identifizierung und Quantifizierung von Beta-Strahlern zur zerstörungsfreien Charakterisierung radioaktiver Abfallgebinde (IQ-Beta)	
Laufzeit des Vorhabens: von 01.01.2016 bis 31.12.2018	Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 394.686,00 €
Projektleiter/-in: Dr. Thomas Bücherl	E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: thomas.buecherl@tum.de

1. Zielsetzung des Vorhabens

Im Rahmen des Vorhabens soll ein effektives Verfahren zur Bestimmung des Bremsstrahlungsanteils in gemessenen Gamma-Spektren und der Identifikation und Quantifikation der hierfür verantwortlichen Beta-Strahler auf Grundlage und Erfahrungen aus vorhergehenden Projekten erarbeitet werden.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

Die geplanten Arbeitsschritte sind:

- AP 1. Bestandsaufnahme
- AP 2. Analyse gemessener Gamma-Spektren
- AP 3. Programme zur Simulation von Gamma-Spektren
- AP 4. Simulation von Gamma-Spektren
- AP 5. Identifikation von Beta-Strahlern
- AP 6. Durchführung von Test- und Verifikationsmessungen an Test- und Realobjekten.
- AP 7. Softwareintegration der entwickelten Programmmodule in existierendes Analysepaket
- AP 8. Weitere Untersuchungen
- AP 9. Diskussion der Ergebnisse und Abschluss des Projekts mit einem ausführlichen Bericht.

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse

Im Berichtszeitraum wurde das Arbeitspaket 2 abgeschlossen, in welchem die Analyse gemessener Gamma-Spektren durchgeführt wurde. Es wurden Parameter, welche Einfluss auf die Form des Spektrums haben, detailliert untersucht und durch physikalische Modelle beschrieben. Diese wurden im Rahmen von Arbeitspaket 3 in der Systementwicklungssoftware

LabVIEW [1] in Form von SubVIs (Unterprogrammen) umgesetzt und ihre Funktionsweise an gemessenen Spektren verifiziert. Die Spektren wurden mit hochreinen Germanium (HPGe) Detektoren aufgenommen mit unterschiedlichen Nuklidzusammensetzung und Messzeiten, um den Einfluss unterschiedlicher Energieabhängigkeiten und Messgenauigkeiten berücksichtigen zu können. Zusätzlich wurden Untergrundspektren mit unterschiedlich langen Messzeiten aufgenommen, welche die Anteile in den gemessenen Spektren beschreiben, die ohne Messobjekt von den Detektoren registriert werden. Diese haben ihren Ursprung z. B. in (Beton-)Abschirmungen, welche Radionuklide der natürlichen Zerfallsreihen

enthalten, radioaktive Proben (z. B. Gebinde), welche sich in der Nähe der Messplätze befinden etc.

Nach Berücksichtigung der Untergrundbeiträge in den gemessenen Spektren erfolgt im nächsten Schritt die Bestimmung der Peakflächen. Hierfür werden zunächst die im letzten Berichtszeitraum beschriebenen Methoden zur Bestimmung der Untergrundlinien angewandt und deren Varianzen bestimmt unter der Annahme, dass radioaktive Zerfallsprozesse durch eine Poisson-Statistik [2] beschrieben werden können. Eine große Herausforderung bei der Identifizierung von Peaks ist die Frage, wann eine Erhöhung im Spektrum einer Gamma- oder Röntgen-Linie zugeordnet werden kann und wann es sich nur um statistische Schwankungen im Spektrum handelt. Der gewählte mehrstufige Ansatz basiert auf der Nutzung der Varianzen der Untergrundlinien. Im ersten Schritt werden nur die Anteile im Spektrum berücksichtigt, deren Zählraten größer sind als die dreifachen Werte der Quadratwurzeln der Varianzen (d. h. 3σ) addiert zu den Untergrundlinien. Ein weiteres Kriterium ist, dass ein Peak aus Beiträgen mehrerer nebeneinanderliegender Kanäle bestehen muss. Mit diesen Bedingungen kann das Vorhandensein eines Peaks mit einer Wahrscheinlichkeit von mehr als 95 % unterstellt werden. Unter Zuhilfenahme von Datenbanken (z. B. [3]) erfolgt eine Identifizierung des Nuklids sowie die Registrierung weiterer eventuell existierender charakteristischer Linien des identifizierten Nuklids. Alle diese Daten werden für die weitere Auswertung gespeichert. Das Verfahren kann nun für kleinere $n\sigma$ -Werte (z. B. $n=2$ und $n=1$) wiederholt werden. Berücksichtigt werden hierbei die Informationen bereits registrierter charakteristischer Linien. Als Ergebnis ergibt sich eine Liste mit identifizierten Peaks und Wahrscheinlichkeiten für deren tatsächliches Vorhandensein. Diese werden im folgenden Schritt hinsichtlich ihrer Herkunft sortiert: Röntgen-, Annihilation- und Photopeaks. Ferner ist zu identifizieren, ob es sich um überlappende Peaks, um Full-Energy-, Single Escape- oder Double Escape-Peaks handelt. Auf die derart „isolierten“ Peaks werden je nach Peak-Art geeignete Peak-Fit-Routinen angewandt, um die Form der Peaks zu erhalten. Die Full-Energy-Peaks können durch Gauß-, Voigt- und andere Verteilungen angepasst werden. Für symmetrische Peaks zeigte die Verwendung der Voigt-Verteilung eine sehr gute Anpassung an entsprechende gemessene Peaks. Meist weisen die gemessenen Peaks aufgrund von Detektoreffekten, wie z. B. nicht hinreichende Energieabgabe oder Sekundärelektronen, keinen symmetrischen Verlauf und es sind noch zusätzliche Beiträge auf den niederenergetischen Seiten der Peaks zu berücksichtigen. Hierzu zählen das Tailing und die Sprünge im Untergrund-Kontinuum im Bereich des Peaks [4]. Das Tailing mit kurzer Reichweite trägt stärker zu den Flanken des Peaks bei als das Tailing mit langer Reichweite. Um das Tailing eines Detektors zu bestimmen wird der Quotient der Peakbreite bei 10% des Maximums (FW_{10}) mit der Halbwertsbreite ($FWHM$) gebildet [2]. Für den Sprung im Untergrundkontinuum wird im einfachsten Fall eine schrittweise definierte Funktion mit in die Anpassungsfunktion übernommen, verschiedene Funktionen werden in [5] vorgeschlagen. Die eingeschlossene Fläche unter der Fit-Kurve des Peaks, begrenzt durch die Untergrundlinie stellt die Netto-Peakfläche dar. Die programmtechnische Umsetzung dieser Auswerteschritte in Form einzelner SubVIs wurde realisiert.

Ein weiterer Anteil im Spektrum wird durch den Compton-Effekt erzeugt. Er entsteht durch die Streuung von Photonen an Elektronen, die dabei Energie an die Elektronen verlieren. Der differentielle Wirkungsquerschnitt der Streuung der Photonen wird durch die Klein-Nishina Formel beschrieben [4]. Die Wahrscheinlichkeitsdichte für die beobachtete Compton-Streuung an den Elektronen ist proportional zu dem differentiellen Wirkungsquerschnitt und wird über Integration normiert. Da nicht alle Ereignisse aufgrund der Detektoreigenschaften gezählt werden, muss die Wahrscheinlichkeitsdichte mit der Detektor-Antwort-Funktion

gefaltet werden, welche aus der Peak-Fit-Funktion vorhandener Peaks oder aus den Kalibrationsmessungen bestimmt wird. Die entsprechenden SubVIs wurden erstellt.

Weitere Beiträge im Spektrum betreffen die Rückstreu- (Backscatter-) sowie Build-Up-Anteile. Letztere haben bei der Verwendung kollimierter Detektoren, wie sie im Rahmen des Projekts eingesetzt werden, nach dem derzeitigen Stand der Ergebnisse keine relevanten Beiträge zu den Spektren, und werden aktuell nicht weiter berücksichtigt.

Zusätzlich zu berücksichtigen bei der Auswertung und Nachbildung der Spektren sind verschiedene weitere Effekte. Hierzu zählen die energieabhängige Effizienz des eingesetzten Detektorsystems, welche durch Kalibrationsmessungen mit standardisierten Quellen bestimmt werden kann, wie auch die Schwächung der emittierten Strahlung auf ihrem Weg zum Detektor, d. h. in der sie umgebenden Matrix, in Behälterwänden, bei dickeren radioaktiven Proben aber auch durch Selbstabschirmung. Für die (näherungsweise) Bestimmung der Schwächungseffekte können a-priori Informationen herangezogen werden oder aber auch der Peakflächenvergleich charakteristischer Linien eines Nuklids bei unterschiedlichen Energien.

Mit der vollständigen Kenntnis der Röntgen- und Gamma-Anteile des Spektrums wird dieses nachgebildet und die Unterschiede zum gemessenen Spektrum analysiert. Dieser Vorgang wird im nächsten Berichtszeitraum abgeschlossen.

[1] www.ni.com/de-de.html (abgerufen am 30. Januar 2018).

[2] Knoll, Radiation Detection and Measurement, 4. Auflage 2010, ISBN 978-0470131480.

[3] S.Y.F. Chu, L.P. Ekström and R.B. Firestone, The Lund/LBNL Nuclear Data Search Version 2.0, February 1999, <http://nucleardata.nuclear.lu.se/toi/> (abgerufen am 30. Januar 2018).

[4] T. Mayer-Kuckuk, Kernphysik, Vieweg+Teubner Verlag; Auflage: 5 (1. September 1992), ISBN 978-3519430216.

[5] R.G. Helmer, M.A. Lee, Analytical functions for fitting peaks from Ge semiconductor detectors, Nuclear Instruments and Methods. Vol. 178, No. 2-3 (1980) pp. 499–512.

[6] J.E. Parks, The Compton Effect- Compton Scattering and Gamma Ray Spectroscopy. www.phys.utk.edu/labs/modphys/Compton%20Scattering%20Experiment.pdf (abgerufen am 30. Januar 2018).

4. Geplante Weiterarbeit

Ausgehend von den bereits entwickelten und aktuell in Entwicklung befindlichen Verfahren zur Extraktion der verschiedenen Bestandteile eines Spektrums werden einfache gemessene Spektren analysiert (AP 2) und die Ergebnisse der synthetisierten Spektren (AP 4) mit den gemessenen Spektren verglichen. Hierfür werden Spektren von definierten Punkt- und Volumenquellen eingesetzt und Messungen mit unterschiedlichen Messzeiten verwendet (AP 6). Die Ergebnisse dieser Untersuchungen geben gegebenenfalls Hinweise auf weitere erforderliche Schritte bei der Analyse der Spektren bzw. auf Verbesserungen der einzelnen Teilroutinen (AP 3). Die Auswertung weiterer Messungen in Anwesenheit von Beta-Strahlern werden anschließend zur Erarbeitung von Methoden zur Identifizierung der Beta-Strahler anhand der im Spektrum enthaltenen Bremsstrahlungsanteile eingesetzt (AP 5).

Ziel der geplanten Arbeiten im folgenden Berichtszeitraum ist der Abschluss von Arbeitspaket 3. Parallel hierzu werden die Arbeitspakete 4, 5 und 6 bearbeitet.

5. Bezug zu anderen Vorhaben

keine

6. Berichte und Veröffentlichungen

keine

Berichtszeitraum: 01.07.2017 bis 31.12.2017	Förderkennzeichen: 15S9266A
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: Forschungszentrum Jülich GmbH	
Vorhabenbezeichnung: Verbundprojekt: Entsorgung von radioaktivem Quecksilber und quecksilberhaltigen Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Anlagen (PROMETEUS)	
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2016 bis 31.05.2019	Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 728.115 €
Projektleiter/-in: Prof. Dr. Giuseppe Modolo	E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: g.modolo@fz-juelich.de

1. Zielsetzung des Vorhabens

Die Kooperationspartner Forschungszentrum Jülich GmbH (FZJ) und Aachen Institute for Nuclear Training GmbH (AiNT) haben sich zum Ziel gesetzt ein Entsorgungskonzept für radioaktives Quecksilber und quecksilberhaltige Abfallkontingente zu erarbeiten und zu validieren. Erster Projektabschnitt ist dabei die Inventarisierung und Charakterisierung bestehender nationaler und internationaler Abfallkontingente. Aufgrund der hohen Selbstabschirmung von Quecksilber ist bei der radiologischen Charakterisierung ein an die Aufgabenstellung angepasstes Messprogramm zu entwickeln. Für nationale Quecksilberkontingente soll zielgerichtet ein Dekontaminationsverfahren entwickelt werden, wodurch die enthaltenen Radionuklide separiert werden können und das Quecksilber nachfolgend wieder einer Verwertung oder einem konventionellen Entsorgungspfad für chemotoxische Sonderabfälle zugeführt werden kann. Für die verbleibenden Rückstände bei der Dekontamination soll ein Konditionierungsverfahren für eine endlagergerechte Entsorgung dargelegt werden.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

Die Arbeitspakete des Gesamtvorhabens, an denen das FZJ beteiligt ist, sind:

- AP-1 Codierung der Abfallkontingente
- AP-2 Inventarisierung der Abfallkontingente
- AP-4 Charakterisierung der Abfallkontingente
- AP-5 Experimentelle Untersuchungen für das physikalische oder chemische Konversionsverfahren
- AP-6 Vergleich, Bewertung & Auswahl von Dekontaminationsverfahren
- AP-7 Anwendung & Optimierung der Dekontaminationsverfahren
- AP-8 Konzipierung & Entwicklung des Freigabemessverfahrens
- AP-12 Immobilisierung in einer Matrix

An den Arbeitspaketen AP-3, AP-9, AP-10, AP-11 und AP-13 ist das FZJ nicht beteiligt. Diese Arbeitspakete werden alleine vom AiNT durchgeführt.

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

Seitens des FZJ wurden im Berichtszeitraum hauptsächlich die Arbeitspakete AP-4, AP-6, AP-7 und AP-8 behandelt.

Die Charakterisierung von weiteren Quecksilberabfällen aus den Jülicher Chemiezellen ist vorangeschritten (AP-4). Es wurde ein Gesamtkonzept für die Charakterisierung entwickelt, das jetzt anhand verschiedener Quecksilberproben aus den Chemiezellen erprobt wird. Hierfür wurde vor allem eine Auftrennungsmethode entwickelt, um die Alphastrahler qualitativ und quantitativ bestimmen zu können. Außerdem wurde eine neue Methode der Probenpräparation für die Alphaspektrometrie getestet und wird nun angewendet. Das Charakterisierungskonzept umfasst zunächst die gammaspektrometrische Charakterisierung mithilfe der neu aufgebauten Gammadetektoranlage. Anschließend wurden Aliquote der Proben aufgelöst und mittels Flüssigszintillationszählung (LSC) und nach geeigneter Auftrennung mithilfe der Alphaspektrometrie vermessen.

In AP-8 wurde mit gammaspektrometrischen Messungen von Quecksilberproben nach der Abtrennung der nichtmetallischen Verunreinigungen begonnen, um die Möglichkeit eines Freigabeverfahrens einschätzen zu können. In den untersuchten Quecksilberabfällen befindet sich der Großteil an (radioaktiven) Verunreinigungen als separate Phase an der Oberfläche des Quecksilbers, sodass für das reine Quecksilber eine Freigabe nach §29 Strahlenschutzverordnung in Frage kommt. Ein solches Freigabeverfahren wird daher nach derzeitigem Kenntnisstand für einen Großteil der Abfälle als sinnvoll und durchführbar erachtet und wird derzeit weiter optimiert. Die Optimierung der Freigabemessungen umfasst vor allem die Optimierung des Messverfahrens an sich (Effizienz der Messungen, Messzeit, sinnvolle Durchführbarkeit für eine große Probenmenge) sowie die Optimierung der dafür eingesetzten Probenbehälter.

Es wurde eine Bewertung der verschiedenen möglichen Dekontaminationsverfahren für radioaktive Quecksilberabfälle vorgenommen (AP-7). Hierfür wurde auch die Möglichkeit bzw. eine sinnvolle Auslegung einer größeren Anlage in Betracht gezogen, da eine Apparatur im Labormaßstab für größere Abfallmengen nicht einsetzbar ist. Zudem wurde für die Voruntersuchungen im Labor ein verbesserter Aufbau für die Quecksilberdestillation entwickelt, um eine Aerosolbildung und somit eine Verschleppung der Kontaminationen während der Destillation zu verhindern (AP-6).

Die bisherigen Arbeiten befinden sich innerhalb der Planungsvorgaben des Antrags.

4. Geplante Weiterarbeit (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

Im ersten Halbjahr 2018 sind vom FZJ Weiterarbeiten zu den AP-4, AP-5, AP-6, AP-7, AP-8 und AP-12 geplant.

Innerhalb von AP-4 wurde ein Charakterisierungskonzept entwickelt, das derzeit an den realen Quecksilberabfällen weiter erprobt bzw. angewendet wird. Dieses Charakterisierungskonzept soll möglichst allgemeingültig für verschiedene Arten von radioaktiven Quecksilberabfällen einsetzbar sein. Durch diese Charakterisierung soll ein Nuklidvektor für die Quecksilberabfälle ermittelt werden, welcher die Basis für ein Freigabeverfahren darstellt.

An die radiologische Charakterisierung schließt sich die Entwicklung bzw. Optimierung des Freigabeverfahrens an (AP-8). Hierbei wird insbesondere die neu entwickelte Gammadetektoranlage eingesetzt.

Zudem sollen im Rahmen von AP-12 die ersten Arbeiten zur Immobilisierung von Quecksilberverbindungen in Geopolymerzementen weitergeführt werden. Hierbei soll vor allem die Eignung dieser Materialien als potentielle Abfallmatrix für die radioaktiven Rückstände untersucht werden. Diese Arbeiten gehen einher mit Untersuchungen zur Konversion von Quecksilber und quecksilberhaltigen Rückständen in schwerlösliche Verbindungen (AP-5), die zeitnah durchgeführt werden sollen.

Im Rahmen des Projekts wurden erste Gespräche geführt über eine mögliche Kooperation mit der Jülicher Entsorgungsgesellschaft für Nuklearanlagen mbH, der jetzigen Eigentümerin der Quecksilberproben. Eine solche Zusammenarbeit wird von allen Beteiligten angestrebt, um eine enge Abstimmung zwischen F&E und dem tatsächlich geplanten Entsorgungskonzept zu erreichen. Außerdem wurde eine Zusammenarbeit mit der Kerntechnischen Entsorgung Karlsruhe GmbH diskutiert, welche ebenfalls angestrebt wird. Auch dort gibt es nennenswerte Mengen an radioaktiven Quecksilberabfällen.

5. Bezug zu anderen Vorhaben

Keiner.

6. Berichte und Veröffentlichungen

N. Shcherbina, L. Klaß, G. Deissmann, D. Bosbach, Research for the safe management of nuclear wastes: The special case of "problematic" radioactive waste streams, DPG Proceedings, **2017**.

J. Kettler, A. Havenith, M. Hirsch, C. Greul, J. Ulrich, G. Modolo, A. Wilden, G. Deissmann, L. Klaß, N. Lieck, F. Sadowski, PROcess of Radioactive MErcury Treatment under EU Safety Standards – PROMETEUS, KONTEC 2017, Dresden, 22.-24. März **2017**.

Projektsteckbrief PROMETEUS - PROcess of radioactive MErcury Treatment under EU Safety-standards, veröffentlicht auf der Internetseite zum Projekt:

<http://www.nuclear-training.de/prometeus.html>

Berichtszeitraum: 01.07.2017 bis 31.12.2017	Förderkennzeichen: 15S9266B
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: Aachen Institute for Nuclear Training GmbH (AiNT)	
Vorhabenbezeichnung: Entsorgung von radioaktivem Quecksilber und quecksilberhaltigen Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Anlagen (PROMETEUS)	
Laufzeit des Vorhabens: von 01.06.2016 bis 31.05.2019	Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 381.901 Euro
Projektleiter/-in: Dr. Andreas Havenith	E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: havenith@nuclear-training.de

1. Zielsetzung des Vorhabens

Die Kooperationspartner Forschungszentrum Jülich GmbH (FZJ) und Aachen Institute for Nuclear Training GmbH (AiNT) haben sich zum Ziel gesetzt ein Entsorgungskonzept für radioaktives Quecksilber und quecksilberhaltige Abfallkontingente zu erarbeiten und zu validieren. Erster Projektabschnitt ist dabei die Inventarisierung und Charakterisierung bestehender nationaler und internationaler Abfallkontingente. Aufgrund der hohen Selbstabschirmung von Quecksilber ist bei der radiologischen Charakterisierung ein an die Aufgabenstellung angepasstes Messprogramm zu entwickeln. Für nationale Quecksilberkontingente soll zielgerichtet ein Dekontaminationsverfahren entwickelt werden, wodurch die enthaltenen Radionuklide separiert werden können und das Quecksilber nachfolgend wieder einer Verwertung oder einem konventionellen Entsorgungspfad für chemotoxische Sonderabfälle zugeführt werden kann. Für die verbleibenden Rückstände bei der Dekontamination soll ein Konditionierungsverfahren für eine endlagergerechte Entsorgung dargelegt werden.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

Die Arbeitspakete des Gesamtvorhabens, an denen die AiNT beteiligt ist, sind:

- AP-3 Erhebung nationaler & internationaler Abfallkontingente
- AP-4 Charakterisierung der Abfallkontingente
- AP-6 Vergleich, Bewertung & Auswahl von Dekontaminationsverfahren
- AP-8 Konzipierung & Entwicklung des Freigabemessverfahrens
- AP-9 Ablaufplanung-Freigabeverfahren
- AP-10 Konventionelle Entsorgung
- AP-11 Konditionierungskonzept inkl. Ablaufplanung für die avisierte Qualifizierung
- AP-13 Verpackungskonzept für endlagergerechte Abfallprodukte

An den Arbeitspaketen AP-1, AP-2, AP-5, AP-7 und AP12 ist AiNT nicht beteiligt. Diese Arbeitspakete werden alleine vom FZJ durchgeführt.

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse

In AP-3 wurden zahlreiche Gespräche mit Ablieferungspflichtigen geführt, um nationale sowie internationale quecksilberhaltige Abfallkontingente zu erfassen und zu spezifizieren. Schriftlich wurden 42 nationale und 60 internationale Ablieferungspflichtige für die Erhebung der Abfallkontingente angeschrieben und über das Forschungsprojekt PROMETEUS informiert. Die Rückmeldungen der Ablieferungspflichtigen wurden ausgewertet. Das Arbeitspaket AP-3 wurde abgeschlossen und dokumentiert.

Seitens AiNT wurde im Berichtszeitraum an den Arbeitspaketen AP-4, AP-6, AP-8 und AP-9 gearbeitet. Innerhalb von AP-4 wurden Abfallkontingente, die im FZJ lagern, radiologisch charakterisiert. Hierzu wurden Messungen durch FZJ und AiNT durchgeführt und die Ergebnisse dokumentiert. Die Dekontaminationsverfahren (AP-6) werden primär durch den Projektpartner FZJ durchgeführt. Das FZJ hat die nach Stand von W&T geeigneten Dekontaminationsverfahren vorgestellt. Seitens AiNT wurden die Verfahren bzgl. einer Eignung im Endlagerungsverfahren bzw. für die Freigabe bewertet. Die Evaluierung der Dekontaminationsverfahren ist noch nicht abgeschlossen.

Innerhalb von AP-8 wurde seitens AiNT eine Messanlage zur gamma-spektrometrischen Analyse von radioaktiven Quecksilberproben ausgelegt. Die Messanlage besteht aus zwei semiplanaren HPGe-Detektoren (rel. Effizienz von 20 %), die auf einem gegenläufigen Linearführungssystem montiert und symmetrisch verfahrbar sind. Zwischen den beiden HPGe-Detektoren befindet sich die jeweilige Quecksilberprobe. Die MCNP-Modelle der zwei HPGe-Detektoren wurden mittels Kalibrierquellen des Radionuklids Eu-152 durch raumwinkelabhängige Messungen validiert. Nachfolgend wurden mittels Simulationsstudien mit MCNP die Erkennungs- und Nachweisgrenzen für die Messanlage gemäß DIN ISO 11929 in Abhängigkeit der Probengröße für variable Probenkörper bestimmt. Anhand dieser Sensitivitätsanalysen wurde die Messanlage für radionuklidspezifische Freigabemessungen ausgelegt und geeignete Probenbehälter vorgeschlagen. Die Messanlage erlaubt es Probenbehälter mit verschiedenen Volumina und Geometrien gefüllt mit Quecksilber aufzunehmen und radiologisch zu charakterisieren. Die Konzipierung, Hardwareentwicklung und der Aufbau der Messanlage für die Durchführung von Entscheidungsmessungen im Freigabeverfahren gemäß § 29 StrlSchV ist abgeschlossen. Derzeit wird ein Betriebshandbuch inkl. Ablaufplan für die Verwendung der messtechnischen Anlage seitens AiNT erstellt. Diese Dokumente sind die Grundlage für das von AiNT zu erstellenden Entsorgungskonzepts für radioaktives Quecksilber bzw. quecksilberhaltige Abfallkontingente sowie für eine spätere Qualifizierung des Messverfahrens durch die atomrechtliche Aufsichtsbehörde.

4. Geplante Weiterarbeit (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

Im ersten Halbjahr 2018 werden die Arbeitspakete AP-6, AP-8 und AP-9 weiterbearbeitet. Nach Durchführung von weiteren Dekontaminationsversuchen (z.B. Vakuumdestillation) seitens FZJ werden die Ergebnisse abschließend evaluiert und dokumentiert (AP-6). Die Bewertung erfolgt über die Bestimmung der Dekontaminationsfaktoren. Nachdem die konzipierte gamma-spektrometrische Messanlage experimentell mittels Kalibrierquellen validiert wurde, erfolgt im Frühjahr 2018 die Validierung anhand von Volumenquellen. Hierzu wurden bereits Probenbehälter mit bekanntem Aktivitätsinventar in einer Flüssigkeit erstellt und mit der Messanlage gemessen. Mittels der Messanlage kann das gamma-

spektrometrisch nachweisbare Radionuklidinventar von Quecksilberproben bestimmt werden. Der Testbetrieb der Messanlage mit radioaktiven Quecksilberproben unter Verwendung des erstellten Ablaufplans ist im ersten Quartal 2018 geplant.

Im Frühjahr 2018 wird erstmalig die konventionelle Entsorgung freigegebener Quecksilberkontingente thematisiert (AP-10) sowie begonnen ein Ablaufplan für die Endlagerung der Dekontaminationsrückstände bzw. nicht freigegebener Reststoffe in der Schachanlage Konrad zu erstellen (AP-11).

5. Bezug zu anderen Vorhaben

Es gibt keinen Bezug bzw. einen Austausch zu anderen öffentlich geförderten Projekten.

6. Berichte und Veröffentlichungen

Master thesis by Alicia Marcos Jiménez: Design and validation of a measurement facility adapted to the radiological characterization of mercury-containing waste, 23.06.2017, First examiner: Prof. Dr. Ulrich W. Scherer, FH Aachen University of Applied Sciences, Second examiner: Dr. John Kettler, Advisor: Dr. Andreas Havenith.

Dr. John Kettler, Dr. Andreas Havenith: Non-Destructive Characterization of Historic Nuclear Waste, 16.04.2017, AMNT 2017, Berlin.

Dr. Kettler, Klaß, Dr. Modolo et. al: PROcess of Radioactive MErcury Treatment under EU Safety Standards – PROMETEUS, KONTEC 2017, Dresden, 22.-24. März 2017.

Alicia Marcos Jiménez, Andreas Havenith, John Kettler, Marius Hirsch: Design and validation of a measurement facility adapted to the radiological characterization of mercury-containing waste, 26. Seminar Aktivierungsanalyse und Gammaskopie (SAAGAS 26), Wien, 20.-22. Februar 2017.

Projektsteckbrief PROMETEUS - PROcess of radioactive MErcury Treatment under EU Safety-standards veröffentlicht auf der Internetseite zum Projekt:

<http://www.nuclear-training.de/prometeus.html>

Dr. John Kettler et. al: Process of Radioactive Mercury Treatment and Handling for Elimination under Safety-Standards – PROMETEUS, 47th Annual Meeting on Nuclear Technology, Hamburg, 10.-12. Mai 2016.

Berichtszeitraum: 01.11.2017 bis 31.12.2017	Förderkennzeichen: 15S9400
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: Brenk Systemplanung GmbH, Heider-Hof-Weg 23, 52080 Aachen	
Vorhabenbezeichnung: Automatisierte, rechnergestützte Verpackungsplanung zur Reduzierung der Massen und Volumina der Abfallgebände für das Endlager Konrad	
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2017 bis 31.10.2019	Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 258.244,13 €
Projektleiter/-in: Dr. Jörg Kaulard	E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: J.Kaulard@brenk.com

1. Zielsetzung des Vorhabens

Im kerntechnischen Bereich haben computerbasierte Optimierungsmethoden – mit Ausnahme der kostenminimalen Terminplanermittlung – bislang kaum Beachtung gefunden. Die wenigen Referenzen hinsichtlich Optimierung beziehen sich entweder auf eine mechanische Optimierung (etwa durch Schnittführung) oder auf eine Optimierung einer Behältervorauswahl durch die Methoden des Integer Linear Programming (ILP, ganzzahlige lineare Optimierung). Auf der anderen Seite werden in anderen konventionellen Bereichen – der Logistik, der Verpackungsindustrie und der Informationstechnologie – deutlich fortgeschrittenere Verfahren angewandt, die weiterentwickelt werden.

Das vorliegende Vorhaben untersucht, wie einige dieser bereits vorhandenen Methoden auf die Planung der Verpackung von beim Rückbau von Kernkraftwerken anfallenden radioaktiven Abfälle und auf die Endlagerung angewandt werden können, um im Vergleich zu einer manuellen, herkömmlichen Verpackungsplanung Kosten und Volumina einzusparen. Ziel ist es hierbei, vorhandene Algorithmen aus dem Bereich der Bedingungserfüllung (Constraint Satisfaction Problem, CSP) zur Kosten- und Volumensenkung auf sich bei der Verpackung und Lagerung radioaktiver Abfälle ergebende Probleme anzuwenden, ggf. anzupassen sowie optimale Parameter dieser Algorithmen zu identifizieren. Dies erfolgt durch Anwendung der Algorithmen auf realistische, in kerntechnischen Anlagen vorhandene Verpackungsprobleme.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

Aufgrund der Komplexität und der Neuheit des Verfahrens in der Kerntechnik wird die Zielsetzung des Vorhabens in drei Arbeitspaketen (AP), die aufeinander aufbauen, verfolgt:

AP 1 *Rechnergestützte Berechnung von optimalen Verpackungslösungen anhand bereits abgeschlossener oder geplanter Abfallkampagnen und Identifizierung optimaler Algorithmen und deren Parameter*

Es werden Verpackungsplanungen zu bis zu vier realen, bereits durchgeführten oder im Detail geplanten Abfallkampagnen mithilfe von Lösungsalgorithmen für CSPs berechnet. Für die Bereitstellung hierfür benötigter Daten liegt die Bereitschaft einiger Betreiber kerntechnischer Anlagen bereits vor.

AP 2 *Vergleich manueller Lösungen mit den rechnergestützten Lösungen und quantitative Ermittlung der Kostenersparnis*

Nach Abschluss der Modellierung, der Validierung und der Berechnung optimaler Verpackungslösungen auf Grundlage der bereitgestellten Daten werden die berechneten Lösungen mit den existierenden Verpackungsplanungen, zu denen die Daten für AP 1 bereitgestellt wurden, verglichen. Insbesondere werden hierbei die Zielkosten erfasst und unter möglichst gleichen Voraussetzungen miteinander verglichen. Die Ergebnisse des Vergleichs werden in einem Bericht zusammengestellt. Für den Fall, dass die Einsparungen bezogen auf die manuelle Verpackungsermittlung für keinen der betrachteten Fälle ausreichend sind, um den Aufwand einer numerischen Optimierung zu rechtfertigen, wird das Vorhaben mit diesem Arbeitspunkt abgeschlossen.

AP 3 *Berechnung von Verpackungslösungen für noch nicht erfolgte Abfallkampagnen und Identifizierung optimaler Algorithmen und deren Parameter*

Es werden Verpackungsplanungen für Rückbaugewerke in kerntechnischen Anlagen, für die noch keine Verpackungsplanungen vorliegen, anhand der erarbeiteten Algorithmen erstellt.

Die Ergebnisse des Vorhabens werden in einem Abschlussbericht zusammengestellt.

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

- AP 1 Im Rahmen des AP 1 wurde das Vorhaben initiiert und vorbereitende Arbeiten zur Berechnung der Verpackungsplanung für eine erste Abfallkampagne durchgeführt.
- AP 2 Keine Arbeiten, da entsprechend Daten aus AP 1 planmäßig noch nicht vorliegen.
- AP 3 Gemäß Arbeitsprogramm sind noch keine Arbeiten vorgesehen.

4. Geplante Weiterarbeit (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

- AP 1 Die im 2. HJ/2017 begonnenen Arbeiten werden fortgesetzt. Insbesondere werden die Berechnungen für bis zu vier reale Abfallkampagnen durchgeführt.
- AP 2 Durchführung erster vorläufiger Vergleiche, sobald Zwischenergebnisse aus AP 1 vorliegen.
- AP 3 Gemäß Arbeitsprogramm sind keine Arbeiten vorgesehen.

5. Bezug zu anderen Vorhaben

Es besteht kein Bezug zu weiteren Fördervorhaben.

6. Berichte und Veröffentlichungen

Keine.

Berichtszeitraum: 01.07.2017 bis 31.12.2017	Förderkennzeichen: 15S9194
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: Friedrich-Schiller-Universität Jena	
Vorhabenbezeichnung: Umsetzung von Schwermetallfarming zur nachhaltigen Landschaftsgestaltung und Gewinnung erneuerbarer Energien auf radionuklidbelasteten Flächen (USER)	
Laufzeit des Vorhabens: von 01.12.2014 bis 30.11.2018	Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 988.374,00 €
Projektleiter/-in: Dr. Dirk Merten	E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: Dirk.Merten@uni-jena.de

1. Zielsetzung des Vorhabens

Im aktuellen Projektvorhaben sollen im Rahmen des FuE-Programms „Rückbau kerntechnischer Anlagen“ im Sinne einer Strahlenschutz-Vorsorge schwermetall- und radionuklidbelastete Substrate durch die Verwendung von Bioremediationsmethoden saniert und einer Nutzung zur Produktion von Energiepflanzen zugeführt werden. Dabei zielt das Projekt auf die Nutzung einer kostengünstigen, durch Mikrobiologie gesteuerten Phytosanierung, in der belastete Substrate über eine Durchmischung mit unbelastetem Boden konditioniert und kontaminierte Flächen neu konturiert werden können. Damit können kontaminierte Flächen genutzt werden, um erneuerbare Energien (Holz als Energieträger) zu produzieren, und parallel zur Sanierung zusätzlich Wertschöpfungspotentiale erschlossen werden.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

Im Rahmen des Projektes werden zwei neue Testflächen angelegt. Die auf dem Testfeld Gessenwiese bereits vorhandenen Lysimeter werden neu befüllt. Es erfolgt die Installation von Grundwassermessstellen und bodenhydrologischen Messplätzen (Sickerwassermessstellen, automatische Probennehmer) auf einem neu eingerichteten Teil des Testfeldes „Gessenwiese“ sowie auf einer neuen Testfläche am Kanigsberg in Ostthüringen. Ziel ist die Bilanzierung der Stoffflüsse und Frachten der Radionuklide/Schwermetalle (R/SM) im System Boden-Wasser-Pflanze unter Verwendung verschiedener mikrobiologischer Additive sowie verschiedener Bodensubstrate.

Innerhalb des Projektvorhabens soll die Kombination einer Phytoextraktion in einer Krautschicht, die regelmäßig geerntet werden kann und somit R/SM entzieht, mit einer Produktion von nachwachsenden Rohstoffen durch Kurzumtriebsplantagen (KUP) von schnellwachsenden Bäumen, die einer Phytostabilisierungsstrategie entsprechen, entwickelt werden. Ein Fokus der Untersuchungen liegt dabei auf der Quantifizierung der Biomasse-Erträge und des R/SM-Transfers in die Pflanze. Weitere Schwerpunkte sind die Einflüsse der Bepflanzung und der Mikrobiologie (Einsatz von Bakterien, Mykorrhiza) auf die Mobilität und die Verteilung der Schadstoffe im Boden, der Austrag über das Sickerwasser sowie die Erosion. Begleitend sollen pflanzenphysiologische und mikrobiologische Parameter erfasst werden. Auf Grundlage von Topfversuchen werden spezifische Pflanzenmuster (Genotypen/Diversität) von R/SM-Akkumulatoren mit hoher Biomasseproduktion

charakterisiert, sowie Resistenzmechanismen der Pflanzen gegenüber R/SM durch biologische Zusatzpräparate aktiviert und modifiziert.

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

Die in Arbeitspaket 2 (**AP2**) beschriebenen orts aufgelösten physiko-chemischen Bodenuntersuchungen sowie die Analytik zur Bioverfügbarkeit der R/SM der Substrate wurden auf den Testarealen Gessenwiese (GW) und Kanigsberg (KB; Hang und Plateau) fortgesetzt. Die orts aufgelösten bioverfügbaren SM-Gehalte (vor allem der phytotoxischen Elemente Al + Cu), die pH-Werte und die elektrischen Leitfähigkeiten in den Substraten der GW zeigen reproduzierbare Anomalien und "hotspots". Das Prozessverständnis zur Herkunft dieser Anomalien ist im Moment im Fokus der Untersuchungen.

Das Monitoring der gepflanzten Bäume hinsichtlich vegetationsspezifischer Parameter wurde auf den Testarealen fortgeführt. Weiterhin erfolgte die Auswertung der R/SM-Gehalte der im letzten Berichtszeitraum beschriebenen Pflanzenanalytik sowie die Bestimmung der Biomasse in Abhängigkeit von den Substratvarianten (**AP3**). In Testfeld Gessenwiese konnte gezeigt werden, dass die Veränderung des Bodenmilieus durch die Beimischung des kalkhaltigen Oberbodens (Rendzina) in den neutralen Bereich zu einem besseren Wachstum aller ausgebrachten Pflanzen führte, wobei für die angepflanzten Erlen der größte Biomassezuwachs verzeichnet werden konnte. Allerdings waren 20 % Rendzina dem Wachstum der Bäume abträglich, das beste Wachstum wurde bei 5 % Rendzina beobachtet.

Die erneut durchgeführte hydrochemische Charakterisierung der Boden- und Sickerwässer (**AP2,6**) zeigte eine leichte Erhöhung der U-Konzentration im Sickerwasser bei gleichzeitiger sehr deutlicher Reduzierung der Konzentrationen von Cd, Co, Cu, Ni, Zn, sowie der als Analoga für die dreiwertigen Actinide eingesetzten Seltenen Erden-Elemente um 2-3 Größenordnungen für die mit Rendzina behandelten Lysimeterssubstrate. Weiterhin konnten die SM-Konzentrationen in den Bodenwässern für die mit Rendzina behandelten Substrate um bis zu zwei Größenordnungen reduziert werden. Gleichzeitig wurde eine Erhöhung der U-Konzentrationen von ca. einer Größenordnung beobachtet. Dabei scheint eine Beimischung von max. 5 % Rendzina in das moderat kontaminierte Substrat ausreichend zu sein, um die SM-Konzentrationen in der Wasserphase deutlich zu reduzieren. Die im Berichtszeitraum 2017 I angeführte Befliegung aller Testflächen zum Monitoring von Pflanzenparametern sowie der Erosionsermittlung mittels hochauflösenden Aufnahmen wurden im September 2017 wiederholt (**AP8**).

Für die verschiedenen Substrate aller Testflächen erfolgte die Bestimmung der mikrobiellen Bodenatmung und der Zellzahlen pro Gramm Substrat. Dabei zeigte die Bodenatmung als Maß der mikrobiologischen Aktivität und die Lebendzellzahl im Boden erwartungsgemäß höhere Werte auf den mit Rendzina behandelten Flächen. Darüber hinaus hatte die krautige Bepflanzung auf den Flächen mit Rendzinabeimengung eine höhere Mykorrhizierungsrate. Weiterhin wurden Bakterienstämme isoliert und jeweils mit anderen Bakterien co-kultiviert (**AP9**). Dadurch ergab sich ein differenziertes Bild der Interaktionen, die im Substrat zu veränderten Aktivitäten der Mikroben führen. Die mikrobiologische Diversität auf Basis von 16S-Amplikon-Sequenzierung nimmt dabei mit Rendzinabeigabe zu. Dabei ähneln sich die mikrobiologischen Gemeinschaften der 5% und 20%-Plots in hohem Maße, die nicht mit Rendzina behandelten Flächen weichen davon merklich ab.

Die Ergebnisse des Projekts wurden auf zwei internationalen Tagungen vorgestellt. Dazu wurden auch Untersuchungen zur Bereitstellung sterilen Substrats durchgeführt, die für Mikrokosmos-Experimente unerlässlich sind. Es zeigte sich, dass Autoklavieren zur

Sterilisierung metallhaltiger Substrate eine einfach umzusetzende Alternative zur Bestrahlung bildet; trockene Hitze ist ungeeignet. Diese Ergebnisse konnten in einem Special Issue zur Tagung in Portugal veröffentlicht werden (Krauß et al., 2017, Epub ahead of print).

Geplante Weiterarbeit (mit Referenz zu Arbeitsprogrammpunkten)

In 2018 erfolgt die computergestützte Auswertung der in 2017 gewonnenen Daten zum Monitoring der Pflanzenparameter sowie zur Erosionsermittlung (**AP8**). Die jährliche mikrobielle Inokulation mit *Streptomyces mirabilis* (P16B-1) wird auf den Testflächen wiederholt. Des Weiteren wird die hydrochemische Charakterisierung der Boden-, Sicker- und Grundwässer zur Ermittlung des R/SM-Freisetzungspotentials im System Boden-Wasser fortgeführt (**AP6**). Weiterhin erfolgt die Sequenzierung der mikrobiellen Gemeinschaft und die Auswertung von schon vorliegenden Sequenzierungsergebnissen (**AP9**). Die Ergebnisse sollen 2018 gezielt in internationalen Fachzeitschriften publiziert werden.

4. Bezug zu anderen Vorhaben

Das Projektvorhaben baut auf den Erkenntnissen und auf den technischen Installationen des BMBF-Projektes „Maßnahmen zur Strahlenschutzvorsorge radioaktiv belasteter Großflächen durch Sanierung mittels Phytoremediation und anschließende Verwertung der belasteten Pflanzenreststoffe“ (PHYTOREST, Förderkennzeichen 02S8528) auf.

5. Berichte und Veröffentlichungen

- Bogdanova, O., Krause, K., Büchel, G., Gleixner, G., Kothe, E. (2017): Microbial processes in soil development at a former uranium mining site. 16th Symposium on Remediation, October 5-6, Jena.
- Gelfert, L. (2017): *F. rubra* und *S. multicaule* als Phytostabilisatoren – Eine biogeowissenschaftliche Studie zur Wirkung von chemischen und mikrobiellen Bodenadditiven auf schwermetallkontaminierten Boden des Kanigsberges im Gefäßversuch. Oct 2017, Masterarbeit, Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- Harpke, M. (2017): Spezifizierung mikrobieller (Im)mobilisierungsprozesse von Elementen und/oder Radionukliden aus Schwarzschiefer. Dez 2017, Masterarbeit, Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- Helmer, H. (2017): Einfluss von *Streptomyces mirabilis* P16-B1 pJ8641 auf das Wachstum von Bäumen auf schwermetallbelasteten Standorten. Nov 2017, Masterarbeit, Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- Krauß, T., Schütze, E., Phieler, R., Fürst, D., Merten, D., Büchel, G., Kothe, E. (2017): Changes in element availability induced by sterilization in heavy metal contaminated substrates: A comprehensive study. Journal of Hazardous Materials, 10.1016/j.jhazmat.2017.11.008
- Krauß, T., Schütze, E., Phieler, R., Merten, D., Büchel, G., Kothe, E. (2017): Changes of element availabilities in sterilized heavy metal contaminated substrates. 16th Symposium on Remediation, October 5-6, Jena.
- Märten, A. (2017) The influence of silver birch vegetation on the metal availability in mining affected substrate and mycorrhiza-supported tree metal tolerance. Dissertation, Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- Märten, A., Merten, D., Formann, S., Kelemen, M., Vavpetič, P., Pelicon, P., Vogel-Mikuš, K. (2017): PIXE Microanalysis of Birch Roots Colonized by Ectomycorrhizal Fungi: New Insights into Metal Distribution and Potential Tolerance Mechanisms. Goldschmidt 2017, 13-18. August, 2017, Paris
- Märten, A., Merten, D., Kothe, E., Büchel, G. (2017): Simulating the influence of birch vegetation on the availability of potentially toxic metal in mining contaminated substrate. 16th Symposium on Remediation, October 5-6, Jena.
- Mauz, A. (2017) Examination of fungal hyphae upon cultivation in soil. Okt 2017, Bachelorarbeit, Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- Mirgorodsky, D., Märten, D., Riefenstahl, M., Pietschmann, S., Fürst, D., Kothe, E., Büchel, G. (2017): Combining bioremediation methods with bioenergy production at field scale. 14th International Phytotechnologies Conference, September 25-29, Montreal.
- Müller, J. (2017) Einfluss verschiedener Bodenbehandlungen im Rahmen der Bioremediation auf biologische und bodenbiochemische Parameter am Standort Kanigsberg. Okt 2017, Bachelorarbeit, Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- Orschel, B. (2017): Untersuchung der Expression potentieller Schwermetallresistenzgene in Streptomyceten. Juni 2017, Masterarbeit, Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- Riahi, M., Pietschmann, S., Merten, D., Büchel, G., Kothe, E. (2017): Activity of soil microbes during phytoremediation experiments in field scale. 16th Symposium on Remediation, October 5-6, Jena.
- Riefenstahl, M., Kothe, E., Büchel, G. (2017): Microbial supported phytoremediation with fast-growing tree species – long term effects of inoculations. 16th Symposium on Remediation, October 5-6, Jena.
- Scherwies, E.L. (2017) Einfluss der Laccasen auf die Sequestrierung von Schwermetallen in *Schizophyllum commune*. Okt 2017, Bachelorarbeit, Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- Scherzer, A. (2017): Zeitliche Veränderung bodenchemischer und biologischer Parameter schwermetallkontaminierter Flächen während der Sanierung. Okt 2017, Bachelorarbeit, Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- Schulz, A. (2017) Mikrobiell unterstützte Phytoremediation von Schwermetall kontaminierten Substraten. April 2017, Masterarbeit, Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- Sporleder, D., Grawunder, A., Steinmann, M. & G. Büchel (2017): Combination of REE and Sr/Nd Isotopes to Study Soil/Water/Biomass Interactions in a Former U Mining Area. Goldschmidt conference 2017, August 13-18, 2017, Paris

Berichtszeitraum: 01.07.2017 bis 31.12.2017	Förderkennzeichen: 15S9276A
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf	
Vorhabenbezeichnung: Verbundprojekt: Untersuchung des Potenzials biologischer Verfahren zur Strahlenschutzvorsorge bei Radionuklidbelastungen (BioVeStRa)	
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2016 bis 31.05.2019	Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 1.173.453,60 €
Projektleiter/-in: Dr. Johannes Raff	E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: j.raff@hzdr.de

1. Zielsetzung des Vorhabens

Ziel des Vorhabens ist es, einen Beitrag zur Strahlenschutz-Vorsorge zu leisten, indem untersucht werden soll, inwiefern auf der Basis eingebrachter myzelbildender Pilze eine schnelle, stabilere und quantitativ hohe Akkumulation von Radionukliden aus tieferliegendem Erdreich und aus Wässern im Myzel zum Schutze der Umwelt (FSU, HZDR, VKTA) und zum Schutze von Nutzpflanzen (HZDR, IRS) möglich ist. Weiterhin sollen die dafür benötigten Analyseverfahren zur Bestimmung der Radionuklidspeziation in den Matrizen Boden, Wasser, Pilz (VKTA, IRS, HZDR) und Pflanze (IRS, HZDR) verbessert und Korrelationen zwischen der Radionuklidspezies und der –aufnahme untersucht werden. Weitere Aufgaben sind die Analysen der Bioverfügbarkeit der Radionuklide im Boden vor und nach dem Pilzwachstum sowie die Bilanzierung der gebundenen Radionuklide. Aufbauend auf die im Rahmen von Vorläuferprojekten erlangten Erkenntnisse zur Aufnahme von Radionukliden (Uranaufnahme FKZ 2S8517) soll durch Grundlagenforschung, über anwendungsorientierte Laboruntersuchungen bis hin zu praxisnahen Verfahrensansätzen das Ziel in Form einer Machbarkeitsstudie erreicht werden.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

AP 2.4	Fixierung Pilzkörpers
AP 3	Literaturrecherche & Auswahl Nutzpflanzen
AP 6.4	Radionuklidspeziation in den Böden
AP 7.2	Radionuklidbilanzierung Boden-Pilz
AP 7.3	Speziationsuntersuchungen Boden und Pilz
AP 7.4	Bewertung der Ergebnisse
AP 9.4	Speziationsuntersuchungen Boden und Pflanze
AP 11.3	Metall-/Radionuklidtransport in Hyphen
AP 13.3	Untersuchung der Bodendurchdringung durch den Pilz
AP 14	Projektmanagement und Berichtswesen

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

Auch im diesem Berichtszeitraum wurden die Arbeiten des VKTA zum AP 2.2, 2.3 und AP 7.1 begleitet und unterstützt, um fortwährend sicherzustellen, dass wichtige mikrobiologische Aspekte beim Versuchsaufbau und der Versuchsdurchführung berücksichtigt werden.

AP 2.4 Fixierung Pilzkörper: Es wurden verschiedene Möglichkeiten für die Perforierung von Eppendorf-Reaktionsgefäßen zur Separation und Gewinnung von Pilzbiomasse aus dem Boden der Säulenexperimente getestet. Schließlich erfolgt die Perforierung mit einem Bohrer von 0,4 mm, so dass entsprechende Gefäße nun in Säulenversuchen verwendet werden können.

AP 6.4 Radionuklidspeziation in Böden: Auf Grund der vielseitigen Wechselwirkungen von Radionukliden mit Bodenpartikeln, wurde zunächst die Speziation von Uran in einem Bodenextrakt untersucht. Mit Hilfe der ICP-MS und HPLC konnte festgestellt werden, dass durch die Zugabe von Wasser sowohl organische Bestandteile als auch hohe Konzentrationen von Calcium (27,1 mg/L) und Kalium (5 mg/L) aus dem Boden herausgelöst wurden. Das TRLFS Spektrum des uranhaltigen Bodenextrakts zeigt Emissionen einer Mischung verschiedener Uranspezies mit geringerer Intensität im Vergleich zu denen des Minimal Mediums. Grund dafür kann die Bindung von Uran an Carboxylgruppen z.B. organischer Säuren sein, die geringere Fluoreszenzausbeuten besitzen als die meisten anorganischen Uranylspezies einschließlich der U(VI)-Hydrolyseprodukte. Weiterhin wurden Versuche zum Sekretionsverhalten der Pilze im Bodenextrakt und vergleichend im Minimal Medium durchgeführt. In beiden Fällen konnte eine Sekretion von organischen Substanzen durch die Pilze nachgewiesen werden, die sich in Abhängigkeit von der Inkubationszeit sowie der Art des Metalls verändert, jedoch unabhängig von der genutzten Ausgangslösung ist.

AP 7.2 Radionuklidbilanzierung Boden-Pilz: Nach den grundlegenden Untersuchungen zu der Radionuklidbindung von Pilzen im Minimal Medium erfolgte die Durchführung der Bindungsversuche in Bodenextraktlösungen mit einer Metallausgangskonzentration von 50 mg/l. Die Ergebnisse zeigen, dass im Fall von *S. commune* die Menge an assoziiertem Uran, Europium, Cäsium oder Strontium aus dem Bodenextrakt ähnlich der aus dem Minimal Medium ist. Dahingegen bindet *L. naucinus* im Bodenextrakt 20 % mehr Europium und die Uran- und Strontiumassoziation ist ebenfalls geringfügig höher im Vergleich zur Metallbindung im Minimal Medium. Daher kann davon ausgegangen werden, dass insbesondere im Fall von Europium, organische Inhaltsstoffe des Bodenextraktes einen Einfluss auf die Bioverfügbarkeit der Metalle für *L. naucinus* besitzen und unter natürlichen Bedingungen mehr Radionuklide gebunden werden.

AP 7.3 Speziationsuntersuchung Boden-Pilz: Die Bodenextraktlösung wurde ebenfalls für erste Metall-Speziationsuntersuchungen am Pilz unter naturnahen Bedingungen genutzt. Dabei zeigen die Uranspektren beider Pilze eine bathochrome Verschiebung im Vergleich zu den Uranspektren der uranhaltigen Bodenlösung. Sowohl bei *S. commune* als auch bei *L. naucinus* sind die Uranspektren der Pilze aus dem Bodenextrakt vergleichbar mit den entsprechenden Spektren der Pilzproben aus dem Minimal Medium. Die Lage der U(VI)-Emissionsbanden im Spektrum von *S. commune* deutet auf eine Anbindung des Urans an Phosphatgruppen organischer Moleküle hin. Obwohl die Positionen der Uranylbanden in den Spektren von *L. naucinus*, sowohl aus dem Minimalmedium als auch aus dem Bodenextrakt im Vergleich zu den Signalen von *S. commune* nur geringfügig verschoben sind, unterscheidet sich die Form der Spektren signifikant. Die Spektren von *L. naucinus* deuten auf eine Mischung von Carboxyl- und Phosphatfunktionalitäten hin, die an der Bindung des Urans beteiligt sind. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen, dass sich beide Pilze

hinsichtlich der Art der Uranbindung unterschieden, diese aber nicht von der Zusammensetzung der Sorptionslösung, sondern von der Biochemie der Pilze abhängig ist.

AP 11.3 Transport des Metalls in der Hyphe: Für die Transportuntersuchungen konnten einzelne Hyphen auf Deckgläschen kultiviert werden. Durch die Zusammenarbeit mit der Light Microscope Facility (BIOTEC/CRTD) konnten erfolgreich Dünnschnittpräparate für die Untersuchungen mit der Lumineszenzlebensdauer Mikroskopie an der Central Laser Facility (CLF) hergestellt werden. Trotz intensiver Diskussionen im Vorfeld zu bereits untersuchten Proben und Möglichkeiten, stellten sich die Anregungswellenlängen der verfügbaren Laser als für Pilzproben ungeeignet heraus. Die starke Eigenfluoreszenz des Pilzes überdeckte die Uranlumineszenz vollständig, so dass die Untersuchungen am CLF keinen Erkenntnisgewinn erbracht haben. Die Nutzung anderer Lasersysteme oder Messungen bei tiefen Temperaturen zur Reduzierung der Eigenfluoreszenz können aktuell technisch leider nicht umgesetzt werden, wobei die Suche nach neuen Möglichkeiten diesbezüglich auch an anderen Einrichtungen fortgesetzt wird.

Die Bearbeitung des Arbeitspakets 9.4. verzögert sich auf Grund der umfangreichen Voruntersuchungen zum Bindungsverhalten von Metallen im Boden und der zeitaufwendigen Säulenversuche geringfügig.

AP 13.3 Untersuchung der Bodendurchdringung durch den Pilz: Bodenproben von Tschernobyl liegen vor. Die Testung verschiedener Protokolle zur Extraktion der DNA aus dem Boden und damit der Bestimmung der Pilzdurchdringung sind in Vorbereitung.

4. Geplante Weiterarbeit (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

In der weiteren Projektarbeit sollen Fortschritte bei der Identifizierung der vom Pilz sekretierten organischen Verbindungen erzielt werden. Hierfür sind mit Massenspektrometrie gekoppelte HPLC-Untersuchungen an metabolithaltigem Minimal Medium bzw. Bodenextraktlösung sowie mit ausgewählten Referenzsubstanzen geplant. Weiterhin sollen Eu(III)-TRLFS-Tieftemperatur-Messungen mit selektiver Anregung durchgeführt werden, um mit Hilfe der spektroskopischen Daten die Eu(III)-Sorption an der Pilzmatrix näher charakterisieren zu können. Außerdem werden die mit Pilzhypen bewachsenen Deckgläschen auf uranhaltige Agarplatten inkubiert, um anschließend den Urantransport innerhalb der Hyphen mittels Fluoreszenzmikroskopie zu untersuchen.

5. Bezug zu anderen Vorhaben

-

6. Berichte und Veröffentlichungen

A. Wollenberg, A. Günther, J. Raff. Comparative study of two fungi and their molecular interactions with uranium (VI) and europium (III). 16th International Conference on the Chemistry and Migration Behaviour of Actinides and Fission Products in the Geosphere, 10.-15. September 2017, Barcelona, Spanien

J.Raff. Radionuklide in der Biosphäre - molekulare Wechselwirkung mit Mikroorganismen. 2. Workshop – Helmholtz Cross Program Activity Querschnittsthema Strahlenforschung „Transportprozesse in Mensch und Umwelt“, 24.-25.Oktober.2017, Darmstadt, Deutschland
Nukleare Entsorgung

Berichtszeitraum: 01.07.2017 bis 31.12.2017	Förderkennzeichen: 15S9276B
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: VKTA – Strahlenschutz, Analytik & Entsorgung	
Vorhabenbezeichnung: Verbundprojekt des Potenzials: Untersuchung biologischer Verfahren zur Strahlenschutzvorsorge bei Radionuklidbelastungen (BioVeStRa)	
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2016 bis 31.05.2019	Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 223.027,91 €
Projektleiter/-in: Dr. Sina Großmann	E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: Sina.Grossmann@vkta.de

1. Zielsetzung des Vorhabens

Ziel des Vorhabens ist es, einen Beitrag zur Strahlenschutz-Vorsorge zu leisten, indem untersucht werden soll, inwiefern auf der Basis eingebrachter mycelbildender Pilze eine schnelle, stabile und quantitativ hohe Akkumulation von Radionukliden aus tieferliegendem Erdreich und aus Wässern im Mycel möglich ist. Aufbauend auf die im Rahmen von Vorläuferprojekten erlangten Erkenntnisse soll durch Grundlagenforschung, über anwendungsorientierte Laboruntersuchungen bis hin zu praxisnahen Verfahrensansätzen das Ziel in Form einer Machbarkeitsstudie erreicht werden.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

Das Forschungsvorhaben umfasst folgende Teilaufgaben:

- Beschaffung und Bereitstellung von inaktiven und kontaminierten Boden aus einem Sanierungsvorhaben des VKTA (AP6)
- Beschaffung, Aufbau und Testung des Säulenversuchsstandes (AP2)
- Durchführung von Säulenversuchen unter Bedingungen der Aerationzone zur Abschätzung der Wachstumsgeschwindigkeit sowie Optimierung der Wachstumsbedingungen für zwei Pilzarten (AP2)
- Durchführung von Säulenversuchen unter Bedingungen wie etwa in der Aerationzone mit min. 2 Bodenarten unter Variation von Parametern; Radionuklidanalytik für die Pilzuntersuchungen; Analytische Auswertung und Bewertung der Ergebnisse; Studium des Radionuklidtransfers und der räumlichen Mycelausdehnung (AP7+AP8)
- Untersuchung des Transfers von Radionukliden in die oberirdischen Fruchtkörper der Pilze unter Verwendung von Pilzballen; Radionuklidanalytik der Fruchtkörper (AP11+AP8)
- Konzipierung, Herstellung und Testung von Pilzkompositmaterialien; Durchführung von Laborversuchen zur Reinigung einer mit Radionukliden kontaminierten Abwasserlösung und Radionuklidanalytik (AP12+AP8)

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

- Zu zwei Säulen (Säulenversuch Nr. 2+3), gefüllt mit dem sterilen unkontaminierten VKTA-Boden, wovon eine Säule mit dem Pilz *S. commune* beimpft wurde, wurden Tracerlösungen mit inaktivem Sr und Cs gegeben. Nach 14-tägiger Beregnung mit sterilem Leitungswasser wurden die Säulen anschließend geöffnet und der Boden in ca. 2cm dicken Scheiben geschnitten. Die Bodenscheiben wurden anschließend bei 40°C getrocknet und gewogen. Der Boden in der Säule mit dem Pilz zeigt in allen Zonen einen höheren Wassergehalt als der Boden ohne den Pilz. Der Pilz führt also zur Speicherung von Wasser im Boden. Dies ist besonders in den oberflächennahen Bereichen der Fall. Der getrocknete Boden wurde anschließend gemörsert und gesiebt. Vom verbliebenen Feinanteil jeder Bodenscheibe wurden die Analysen durchgeführt. In einem ersten Schritt wurde hierzu der Boden mit Reinstwasser eluiert und die Eluate anschließend mittels ICP-MS auf ihren Cs- und Sr-Gehalt analysiert. Ein erster Blick auf die Analysendaten lässt die Vermutung zu, dass in der Säule mit dem Pilz sowohl Sr als auch Cs langsamer in die Tiefe des Bodens vordringen als im Boden ohne den Pilz. Um diese Vermutung besser zu untersetzen wurden inzwischen zwei neue Säulenversuche angesetzt. Diesmal wurden die 2 mm-Glaskugeln, welche bei den vorherigen Versuchen unter den Boden gemischt wurden, weggelassen. (AP7)
- Die angezogenen Fruchtkörper von *Agaricus bisporus* (weißer Champignon) auf kommerziell erhältlichen „Pilzballen“ unter Zugabe von inaktivem Sr und/oder Cs, wurden nach Mikrowellenaufschluss mittels ICP-MS analysiert. Dabei wurden ansteigende Aufnahmen über mehrere Erntezyklen beobachtet. Es konnten Maximalaufnahmen von 4,79 mg Strontium und 220 mg Cäsium pro kg Frischmasse beobachtet werden. (AP8+AP11)
- Zur Bereitstellung des kontaminierten Bodens aus einem VKTA-Sanierungsprojekt wurden mehrere hundert Kilogramm Boden aufwendig sortiert und abgepackt. In diesem Zusammenhang wurden von den vier entstandenen Chargen jeweils eine Probe für die Analytik entnommen. (AP6)

4. Geplante Weiterarbeit (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

- Von allen gewonnenen Bodenscheiben der durchgeführten Säulenversuche mit inaktiven Sr und Cs sollen sequentielle Extraktionen nach Zeien und Brümmer (1986) durchgeführt werden um Informationen zur Stärke der Bindung der Metalle zu erhalten. (AP8+AP7)
- Zugabe des Tracers (inaktives Sr und Cs) zu den neu angesetzten Säulen (Säulenversuch Nr. 4+5). Beregnung, Öffnung der Säulen und Analyse. (AP7+AP8)
- Ansetzen neuer Säulenversuche. (AP7)
- Durchführen weiterer Versuche mit „Pilzballen“ zur Absicherung der Ergebnisse. In weiteren Schritten sollen auch Versuche mit weiteren Tracern (z.B. Uran, Sr-90, Cs-137...) und auch mit verschiedenen Pilzarten durchgeführt werden. (AP11)
- Abschließen der Analytik der vier Chargen kontaminierten VKTA-Bodens, sowie Verteilung des Bodens zur Durchführung von Experimenten an die Projektpartner (z.B. an Hannover). (AP6)

5. Bezug zu anderen Vorhaben

keine

6. Berichte und Veröffentlichungen

keine

Berichtszeitraum: 01.07.2017 bis 31.12.2017	Förderkennzeichen: 15S9276C
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: Friedrich-Schiller-Universität Jena	
Vorhabenbezeichnung: Verbundprojekt: Untersuchung des Potenzials biologischer Verfahren zur Strahlenschutzvorsorge bei Radionuklidbelastungen (BioVeStra)	
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2016 bis 31.05.2019	Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 307.573,20 €
Projektleiter/-in: Prof. Dr. Erika Kothe	E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: erika.kothe@uni-jena.de

1. Zielsetzung des Vorhabens

Es soll ermittelt werden, ob und wie das Potenzial mycelbildender Pilze genutzt werden kann, um Kontaminationen zu immobilisieren. Bei Pilzen kann zum einen ein starker Transfer in den Fruchtkörper erfolgen, zum anderen aber eine Retention im Myzel beobachtet werden. Hierdurch wird eine Migration aber auch eine Aufnahme in gegebenenfalls angebaute Nutzpflanzen reduziert oder verhindert. Ziel der mikrobiologischen Arbeiten an der FSU Jena ist es, die Pilze und ihre Möglichkeiten gezielt in der Zusammenarbeit mit den Projektpartnern zu charakterisieren um aus dem Verständnis des Verhaltens ausgewählter Radionuklide in der Geo- und Biosphäre ein Verfahren zur Strahlenschutzvorsorge oder gegebenenfalls sogar zur Sanierung zu entwickeln. Für solche späteren Anwendungen sollen einerseits die Inokulation mit dem Pilz, aber auch eine Fixierung der Mycelien auf einer zu entwickelnden, wachstumsfördernden Unterlage geprüft werden.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

Im Rahmen des Projektes werden Pilze auf ihre Leistungen im Sinne der Radionuklidimmobilisierung untersucht.

- AP1 Literaturrecherche, Auswahl und Festlegung der für die Matrices Erdreich und Abwasser aussichtsreichsten Pilzarten sowie kontinuierliche Aktualisierung der Literatur
- AP2 Kultivierung der ausgewählten Pilzarten
- AP7 Durchführung von Säulenversuchen zum Radionuklidtransfer Boden-Pilzmycel
- AP10 Bestimmung der mikrobiellen Diversität über 16S rDNA- bzw ITS-Sequenzanalysen
- AP11 Untersuchung des Transfers von Radionukliden in die oberirdischen Fruchtkörper der Pilze unter Verwendung von Pilzballen
- AP12 Beteiligung an der Konzipierung, Herstellung und Testung von Pilzkompositmaterialien
- AP13 Beteiligung an Freilandversuch mit Pilzen, Pflanzen und Pilz+Pflanze

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse (Referenz zu AP)

AP1: abgeschlossen

AP2 : Die Kultivierung wird je nach Bedarf fortgeführt

AP7/10: Die Säulenversuche wurden in Rossendorf begonnen. Die FSU wird Mikrobiomanalysen durchführen, wenn geeignete Proben zur Verfügung stehen. Diese werden gemeinsam ausgewertet.

AP11: Erste Pilzkulturen wurden mit den Projektpartnern angelegt. Gleichzeitig wurde in Jena ein System zur Analyse des Mycels aus Boden etabliert, das die Trennung des Substrats und der Pilz-Biomasse erlaubt.

AP12: Die Testung von Pilzkompositmaterialien für die Aufreinigung von Wässern erfolgt unter Nutzung des Pilzwachstums in Mycelform in Form einer Studienabschlussarbeit.

AP13: Die Untersuchung von Proben auf mikrobielle Aktivität soll nach Erhalt derselben durchgeführt werden.

4. Geplante Weiterarbeit (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

Die Säulenversuche sowie Inokulation in Topf- und Feldversuchen werden nach Erhalt der DNA-Proben analysiert. Der Versuchsaufbau zum Test der Aufnahme von SM/RN ist mit drei verschiedenen Böden erfolgt; eine Evaluierung von Sterilisationsverfahren ist abgeschlossen.

Ausstehende Arbeiten:

AP7 Auswertung der Säulenversuche zum Radionuklidtransfer Boden-Pilzmycel

AP10 Bestimmung der mikrobiellen Diversität über 16S rDNA- bzw ITS-Sequenzanalysen

AP11 Weiterführung der Untersuchung des Transfers von Radionukliden in die oberirdischen Fruchtkörper der Pilze unter Verwendung von Pilzballen

AP12 Weiterführung der Beteiligung an der Konzipierung, Herstellung und Testung von Pilzkompositmaterialien

AP13 Beteiligung an Freilandversuch mit Pilzen, Pflanzen und Pilz+Pflanze

5. Bezug zu anderen Vorhaben

Die Arbeiten sind nur im Verbund möglich. Dazu werden insbesondere mit dem HZDR gemeinsame Promotionen betreut. Mit der Universität Hannover werden die Bedingungen für die Pflanzenversuche detailliert abgestimmt. Mit dem Partner aus der Ukraine werden die Feldversuche vorbereitet. Mit dem VKTA werden insbesondere die Pilzkompositmaterialien entworfen und getestet.

6. Berichte und Veröffentlichungen

Bizo ML, Nietzsche S, Mansfeld U, Langenhorst F, Majzlan J, Göttlicher J, Ozunu A, Formann S, Krause K, Kothe E. 2017. Response to lead pollution: mycorrhizal *Pinus sylvestris* forms the biomineral pyromorphite in roots and needles. *Environ Sci Pollut Res* 24, 14455-14462.

Kirtzel J, Siegel D, Krause K, Kothe E. 2017. Stone-eating fungi: Mechanisms in bioweathering and the potential role of laccases in black slate degradation with the basidiomycete *Schizophyllum commune*. *Adv Appl Microbiol* 99, 83-101.

Krauß T, Schütze E, Phieler R, Fürst D, Merten D, Büchel G, Kothe E (2017) Changes in element availability induced by sterilization in heavy metal contaminated substrates: A comprehensive study. *J Hazard Mater*. 10.1016/j.jhazmat. 2017.11.008

- Jung EM, Kothe E, Raudaskoski M (2017) The making of a mushroom: Mitosis, nuclear migration and the actin network. *Fungal Genet Biol.* 10.1016/j.fgb.2017.11.001.
- Bogdanova O, Krause K, Büchel G, Gleixner G, Kothe E. 2017. Microbial processes in soil development at a former uranium mining site. 16th Symposium on Remediation, October 5-6, Jena.
- Krauße T, Schütze E, Phieler R, Merten D, Büchel G, Kothe E. 2017. Changes of element availabilities in sterilized heavy metal contaminated substrates. 16th Symposium on Remediation, October 5-6, Jena.
- Ahrens L-M. 2017. Identifizierung und molekulare Charakterisierung von Interaktionspartnern des Regulators Thn1 in *Schizophyllum commune*. Masterarbeit, Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- Harpke M. 2017. Spezifizierung mikrobieller (Im)mobilisierungsprozesse von Elementen und/oder Radionukliden aus Schwarzschiefer. Masterarbeit, Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- Traxler L. 2017. Vergleichende Untersuchungen von Inositolmonophosphatase-Überexpressionsmutanten in *Schizophyllum commune*. Masterarbeit, Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- Mauz A. 2017. Examination of fungal hyphae upon cultivation in soil. Bachelorarbeit, Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- Scherwietes EL. 2017. Einfluss der Laccasen auf die Sequestrierung von Schwermetallen in *Schizophyllum commune*. Bachelorarbeit, Friedrich-Schiller-Universität Jena.

Berichtszeitraum: 01.07.2017 bis 31.12.2017	Förderkennzeichen: 15S9276D
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: Leibniz Universität Hannover	
Vorhabenbezeichnung: Verbundprojekt: Untersuchung des Potenzials biologischer Verfahren zur Strahlenschutzvorsorge bei Radionuklidbelastungen (BioVeStRa)	
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.16 bis 31.05.19	Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 416504,40 €
Projektleiter/-in: Prof. Dr. Steinhauser	E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: steinhauser@irs.uni-hannover.de

1. Zielsetzung des Vorhabens

Im Rahmen des Verbundprojektes BioVeStRa sollen Pilze und Pflanzen mit einem hohen Anwendungspotenzial für ein Verfahren zur Strahlenschutzvorsorge nach der Freisetzung von Radionukliden identifiziert werden. Hierbei wird untersucht ob und in welchem Maße der gezielte Einsatz bodenlebender Pilze dabei helfen kann, mittellanglebige Radionuklide (Besonders Sr-90. Sowie Cs-137 und Am-241 u.A.) auf kontaminierten Böden nachhaltig zu immobilisieren.

Bei dem interdisziplinären Projekt handelt es sich um eine Kooperation des Instituts für Radioökologie und Strahlenschutz der Universität Hannover, dem Institut für Mikrobiologie der Friedrich-Schiller-Universität Jena, dem Institut für Ressourcenökologie am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, der VKTA Dresden-Rossendorf und der State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management, Kiev.

Ein Schwerpunkt des IRS ist dabei die Durchführung von Topfexperimenten mit Pflanzen und Pilzen in laboreigenen Klimaschränken, sowie, in Kooperation mit unseren Partnern in Kiev, die Betreuung eines Testfeldes in der Sperrzone von Tschernobyl (CEZ). Desweiteren bringt das IRS seine umfangreiche Kompetenz auf den Gebieten der Radioanalytik und orts aufgelösten Massenspektrometrie ein, um – neben der Beurteilung der Anwendbarkeit des entwickelten Verfahrens – umfangreiche Grundlagenkenntnisse über den Einfluss von Bodeneigenschaften und Biodiversität auf die Radionuklidspeziation in Böden, sowie den genauen Mechanismus der Radionuklidaufnahme durch Pilze zu gewinnen.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

AP 3: Literaturrecherche Pflanzen

AP 4: Kultivierung der Pflanzen

AP 5: Tracerlösung

AP 6: Beschaffung/Charakterisierung kontaminierter Böden

AP 7: Säulenversuche zum RN-Transfer Boden-Pilzmycel

AP 9: Topfversuche mit Pflanzen

AP 10: Bestimmung der mikrobiellen Diversität

AP 13: Freilandversuche mit Pilzen, Pflanzen und Pilz-Pflanze

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse

AP 3: Aus den gesichteten Literaturquellen wurde ein Review mit dem Titel: „Radiostrontium contamination and its phytoremediation“ erstellt und wird zur Zeit für die Veröffentlichung vorbereitet.

AP 6.1: In einer weiteren Exkursion in die Tschernobyl Sperrzone, wurden abermals Bodenproben zur Durchführung von Pflanzexperimenten in Klimaschränken beschafft (Unterboden, 20-30 cm Tiefe mit sehr geringer Kontamination). 3kg des Bodens wurden an unseren Projektpartner FSU verschickt, um auf diesem Boden mikrobiologische Versuche durchzuführen.

AP 6.3: Die bodenkundliche Charakterisierung wurde mit der Ermittlung von KAK (eff. Und pot.), sowie C_{org} und N abgeschlossen. Die Kationenaustauschkapazität (in mmol/kg) der drei verwendeten Böden sinkt in der Reihenfolge: Refesol (71,4), CEZ (42,6), VKTA (34,4), der Anteil an organischer Substanz (in %: $C_{org} \times 1,72$) steigt in umgekehrter Reihenfolge: VKTA (0,16), CEZ (1,7), Refesol (4,6).

AP 6.4: Der praktische Teil einer Masterarbeit zum Thema Speziation von Cs-137 und Sr-90 und ein Vergleich mit stabilen Isotopen wurde abgeschlossen. Die detaillierten Ergebnisse sollen 2018 in einem peer-reviewed journal veröffentlicht werden.

AP 9: Kartoffeln und Winterroggen, sowie die beiden verwendeten Pilzstämme S.C. und L.N. (angezüchtet vom HZDR) auf den drei verwendeten Projektböden (VKTA, Refesol, CEZ) wurden in unseren Klimaschränken angebaut. Die Böden wurden zu Beginn mit Sr-85 kontaminiert. Die Böden VKTA und Refesol zusätzlich mit Cs-137. Die Kartoffeln konnten Ende 2017 geerntet und aufgearbeitet werden. Die gammaspektrometrischen Untersuchungen zur Herausarbeitung der Transferfaktoren laufen zur Zeit. Die Roggenpflanzen sind noch nicht erntereif. Zwischenergebnisse zu Stressfaktoren (Superoxid-Radikal, Lipid Peroxidation, H_2O_2 , Nitric Oxide) deuten im Falle der Roggenpflanzen auf ein erhöhtes Stresslevel in den Kontrollgruppen (im Vergleich zu beiden Pilzgruppen) hin. Eine umfangreichere Auswertung steht zur Zeit der Ernte der Roggenpflanzen an.



Abbildung 1: Superoxid Radikal (O^{\bullet} , blaue Punkte) in Blättern von Winterroggen. A: Kontrolle, ohne Aktivität. B: Kontrolle mit Aktivität. C: *Leucoagaricus Naucinus*. D: *Schizophyllum commune*.

AP 13: In einer Exkursion im September wurden Kartoffeln und Winterroggen geerntet. Die Ernte fiel trotz der schwierigen Anbaubedingungen vor Ort befriedigend aus und es konnte aus allen Anbaugruppen (S.C., L.N., Kontrollgruppe) ausreichend Pflanzenmaterial zur Analyse geerntet werden. Der erste Schritt der Probenaufarbeitung (waschen, trocknen, verpacken) konnte vor Ort in den Laboratorien des Ecocenters durchgeführt werden, deren Nutzung uns durch unseren Kooperationspartner SEAPGEM ermöglicht wurde.

Im Anschluss an die Ernte wurde abermals Winterroggen ausgesät und die Böden wurden erneut mit Pilzbiomasse (vom HZDR) angeimpft.

Erste Ergebnisse der gamma-spektrometrischen Untersuchung der Roggen- und Kartoffelproben deuten für das Cs-137 eher auf einen (geringen) mobilisierenden, als einen immobilisierenden Effekt durch die verwendeten Pilzkulturen hin.



4. Geplante Weiterarbeit

AP 3: Neu erscheinende Literatur wird gesichtet und in die Literaturdatenbank eingepflegt. Ein Review zur Phytoremediation von Strontium wird in 2018 veröffentlicht.

Abbildung 2: Kartoffelernte in Tschernobyl (09/2017)

AP 6.4: Die Ergebnisse der Masterarbeit zur Speziation von Cs und Sr sollen für eine Veröffentlichung aufgearbeitet werden. Zugleich sollen die gesammelten Erfahrungen mit der Methode auf weitere Radionuklide angewendet werden. Der Beginn einer Masterarbeit, die sich mit der Speziation von Eu in Boden und Pilz beschäftigt ist für April vorgesehen.

AP 9: Die Ernte der Winterroggenpflanzen in den Klimaschränken ist für März/April vorgesehen. Die bisherigen Ergebnisse werden dann zunächst evaluiert, bevor ein weiteres Experiment in den Klimaschränken geplant und durchgeführt wird. Insbesondere soll, gemeinsam mit unseren Partnern von FSU Jena, der Nachweis der Vitalität der Pilzkulturen in den Experimenten gelingen. Hierzu werden von uns DNA-Extraktionen in den Böden durchgeführt und vom FSU, auf das Vorhandensein vitaler Pilzmasse analysiert.

In einem folgenden Versuch sollen dann die Erkenntnisse unserer Partner zum Einbringen von Pilzmasse in einem wieder-entnehmbaren Vektor (Nylonsack) genutzt werden um die Aufnahme von Radionukliden aus Böden in Pilze genauer untersuchen zu können. Bisher war die vollständige Separation von Pilz und Boden unmöglich.

AP 13: Die Ernte der Roggenpflanzen, sowie eine zweite Ausbringung von Kartoffeln ist in einer weiteren Exkursion im Mai 2018 geplant. Hierbei soll zudem die Extraktion von DNA aus dem Boden vor Ort geschehen, um eine aussagekräftige Analyse zum Status der Pilze durch das FSU zu ermöglichen. Es ist geplant, dass uns hierzu eine Doktorandin des FSU begleitet und unterstützt.

5. Bezug zu anderen Vorhaben

-

6. Berichte und Veröffentlichungen

1. Chatterjee S, Sarma MK, Deb U, Steinhauser G, Walther C, Gupta DK (2017) Mushrooms: from nutrition to mycoremediation. *Environmental Science and Pollution Research* 24(24): 197480-19493.

2. Schulz W, Riebe B, Alemdar H, Gupta DK, Steinhauser G, Walther C (2017) Kinetic studies on the sorption of Sr-85 by various soils, *Konferenzbeitrag Migration 2017 (Barcelona)*

3. Schulz W, Gupta DK, Großmann S, Kothe E, Wollenberg A, Günther A, Raff J, Dubchak S, Steinhauser G, Walther C (2017) BioVeStRa – Using saprophytic fungi for the short to mid-term stabilization of radionuclides in soils, *Konferenzbeitrag Migration 2017 (Barcelona)*

4. Schulz W, Gupta DK, Großmann S, Kothe E, Wollenberg A, Günther A, Raff J, Dubchak S, Steinhäuser G, Walther C (2017) BioVeStRa – Using saprophytic fungi for the short to mid-term stabilization of radionuclides in soils, Poster, Wissenschaftsforum GDCh, Berlin, 2017.

Berichtszeitraum: 01.11.2017 bis 31.12.2017	Förderkennzeichen: 15S9401A
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: Universität Kassel – Fachbereich Maschinenbau Institut für Arbeitswissenschaft und Prozessmanagement Arbeits- und Organisationspsychologie 34132 Kassel	
Vorhabenbezeichnung: SiKoR – Sicherer und kosteneffektiver Rückbau	
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2017 bis 31.10.2020	Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 522.776,40 €
Projektleiter/-in: Prof. Dr. Oliver Sträter	E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: straeter@uni-kassel.de

1. Zielsetzung des Vorhabens

Ziel des Projektes ist, auf Basis von Risikobetrachtungen innovative Lösungen bzw. Unterstützungssysteme zur Optimierung der Rückbauplanung und -durchführung herzuleiten und Dritten zur Verfügung zu stellen. So wird z. B. durch Kombination der Risikoaspekte in der Projekt- und Prozessplanung mit den Mechanismen für eine gute menschliche Zuverlässigkeit eine robuste Planung der Prozesse erreicht. Die Teilziele des Vorhabens sind demgemäß:

- Planungsprozesse hinsichtlich Minimierung der technischen und menschlichen Risikobeiträge zu unterstützen.
- Die Durchführung von Rückbauarbeiten hinsichtlich Minimierung der technischen und menschlichen Risikobeiträge zu unterstützen.
- Empfehlungen zur Integration dieser Erkenntnisse in das existierende Risikomanagement herzuleiten.

Durch die präventiv ausgerichtete Unterstützung von Planungsprozessen und Arbeitsvorbereitungen mit zugehörigen Schnittstellen wird zusätzlich ein kosteneffektiver Rückbau unterstützt, indem Umplanungsaufwände bzw. Nacharbeiten minimiert werden. Mit dem Vorhaben steht den deutschen Anlagen und deren Betreibern und Dienstleistern ein Verfahren und Instrument zur Verfügung, um Planungsaspekte im Rückbau zuverlässiger zu gestalten sowie Rückbauarbeiten zuverlässiger, sicherer und auch kosteneffizienter durchzuführen.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm (A&O)

AP 1: Kommunikation, Koordination, Dokumentation & Veröffentlichung.

AP 2.1: Modellbildung und Aufbau des Virtuellen Raumes (VS).

AP 3.1: Auswahl kritischer Rückbautätigkeiten.

AP 4.1: Nutzung der HRA-Methode „CAHR“ für den Planungsprozess.

AP 5: Integration der erarbeiteten Ergebnisse.

AP 6: Validierung.

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

Zu Beginn wurden Umsetzungsmöglichkeiten der einzusetzenden Systeme – Motion Capturing und Eye-Tracking – sowie deren Verwendungsmöglichkeiten als Assistenzsysteme diskutiert. Dazu gehört die Integration der zu erhebenden Daten als Informationsquelle für ein moderiertes Expertenteam im Virtual Space (AP 2.1).

Bezüglich der Auswahl sicherheits- und kostenkritischer Rückbautätigkeiten erfolgte eine Literaturrecherche, um einen Überblick über Abbau- und Dekontaminationstechniken zu erlangen (AP 3.1).

Erste Diskussionen umfassten darüber hinaus den Einsatz des von Professor Sträter entwickelten CAHR-Verfahrens zur Bewertung der noch zu ermittelnden sicherheits-/kostenkritischen Rückbautätigkeiten (AP 4.1).

4. Geplante Weiterarbeit (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

Durchführung des ersten Projekttreffens mit Kraftanlagen Heidelberg (KAH), dem Institut für Technologie und Management (TMB) des Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und dem Fachgebiet Arbeits & Organisationspsychologie (A&O) der Universität Kassel (AP 1).

Im weiteren Verlauf des Projektes sollen, auf Basis des Verfahrenskatalogs der durch das TMB ermittelt wird, sowie durchzuführenden Experteninterviews, jene Rückbautätigkeiten ausgewählt werden, die für die Sicherheit und Kosteneffizienz des Rückbaus bedeutend sind und als Grundlage zur weiteren Planung dienen (AP 3.1).

Die Konzeptionierung des Virtual Space, der für einen Expertenstab relevante Informationen ergonomisch darstellen soll, wird weiterentwickelt. Dazu gehört u.a. die Planung der Interaktion der im Virtual Space beteiligten Experten sowie deren Interaktion mit den Verantwortlichen vor Ort. Hierbei spielt z.B. die Moderation von Konflikten eine Rolle sowie die Betrachtung von auftretenden Zielkonflikten (AP 2.1).

5. Bezug zu anderen Vorhaben

keine

6. Berichte und Veröffentlichungen

keine

Berichtszeitraum: 01.11.2017 bis 31.12.2017		Förderkennzeichen: 15S9401B	
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften Institut für Technologie und Management im Baubetrieb 76131 Karlsruhe			
Vorhabenbezeichnung: SiKoR - Sicherer und kosteneffektiver Rückbau			
Laufzeit des Vorhabens: von 01.11.2017 bis 31.10.2020		Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 522.776,40 €	
Projektleiter/-in: Prof. Dr.-Ing. Sascha Gentes		E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: sascha.gentes@kit.edu	

1. Zielsetzung des Vorhabens

Ziel des Projektes ist, auf Basis von Risikobetrachtungen innovative Lösungen bzw. Unterstützungssysteme zur Optimierung der Rückbauplanung und -durchführung herzuleiten und Dritten zur Verfügung zu stellen. So wird z.B. durch Kombination der Risikoaspekte in der Projekt- und Prozessplanung mit den Mechanismen für eine gute menschliche Zuverlässigkeit eine robuste Planung der Prozesse erreicht. Die Teilziele des Vorhabens sind demgemäß:

- Planungsprozesse hinsichtlich Minimierung der technischen und menschlichen Risikobeiträge zu unterstützen
- Die Durchführung von Rückbauarbeiten hinsichtlich Minimierung der technischen und menschlichen Risikobeiträge zu unterstützen
- Empfehlung zur Integration dieser Erkenntnisse in das existierende Risikomanagement herzuleiten

Durch die präventiv ausgerichtete Unterstützung von Planungsprozessen und Arbeitsvorbereitungen mit zugehörigen Schnittstellen wird zusätzlich ein kosteneffektiver Rückbau unterstützt, indem Umplanungsaufwände bzw. Nacharbeiten minimiert werden.

Mit dem Vorhaben steht den deutschen Anlagen und deren Betreibern und Dienstleistern ein Verfahren und Instrument zur Verfügung, um Planungsaspekte im Rückbau zuverlässiger zu gestalten sowie Rückbauarbeiten zuverlässiger, sicherer und auch kosteneffizienter durchzuführen.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm (KIT)

AP 1: Kommunikation, Koordination, Dokumentation & Veröffentlichung

AP 2.2: Zusammenstellung eines Verfahrnskatalogs

AP 3.2: Erstellung eines Maschinenkatalogs

AP 4.2: Technische Risikoidentifizierung

AP 5: Zusammenfassung der erarbeiteten Ergebnisse

AP 6: Validierung

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

Gestartet wurde am Institut Technologie und Management im Baubetrieb mit einer Internet- und Literaturrecherche zu bestehenden Rückbauprojekten, Dekontaminations- und Zerlegeverfahren (AP2.2). Gleichzeitig wurden jene Hersteller recherchiert, die im Rückbau als Dienstleister oder als Maschinenlieferanten (AP3.2) involviert sind. Es wurde ein gemeinsames Projekttreffen bei Kraftanlagen Heidelberg GmbH geplant.

4. Geplante Weiterarbeit (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

Durchführung des Projekttreffens zwischen der Universität Kassel, der KAH und des KIT bei KAH in Heidelberg (AP1). Weiterführung der Literaturrecherche, zusätzliche Informationen zu den bereits gesammelten Daten bezüglich Verfahren (AP2.2) und Herstellern (AP3.2) sind geplant. Detaillierte Unterlagen zu den Rückbauprojekten KWW, KKS, KWO und WAK werden gesammelt und ausgewertet. Ebenfalls werden Maschinen und Maschinenhersteller weiter aufgenommen (AP3.2). Eine Erstellung von Excel-Tabellen der Verfahren und Maschinen für jedes der genannten Rückbauprojekte als Grundlage für das 2. Projekttreffen im März in Kassel. Überlegung einer Datenbankstruktur.

5. Bezug zu anderen Vorhaben

keine

6. Berichte und Veröffentlichungen

keine

Berichtszeitraum: 01.07.2017 bis 31.12.2017	Förderkennzeichen: 15S9082A
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: Technische Universität Clausthal, Adolph-Roemer-Straße 2a, 38678 Clausthal-Zellerfeld	
Vorhabenbezeichnung: Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen (ENTRIA)	
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2013 bis 30.06.2018	Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 11.417.052,00 €
Projektleiter: Prof. Dr. Klaus-Jürgen Röhlig	E-Mail-Adresse des Projektleiters: klaus.roehlig@tu-clausthal.de

1. Zielsetzung des Vorhabens

Die Forschungsplattform ENTRIA befasst sich mit Optionen zur Entsorgung hochradioaktiver (wärme-entwickelnder) Reststoffe. Ausgehend vom aktuellen Stand der Wissenschaft und Technik zur nuklearen Entsorgung soll disziplinäre und interdisziplinäre Forschung zu folgenden technischen Schlüsseloptionen betrieben werden: Endlagerung in tiefen geologischen Formationen ohne Vorkehrungen zur Rückholbarkeit („wartungsfreie Tiefenlagerung“), Einlagerung in tiefen geologischen Formationen mit Vorkehrungen zur Überwachung und Rückholbarkeit sowie Oberflächenlagerung.

ENTRIA zielt auf eine Förderung des wissenschaftlichen Austauschs und der interdisziplinären Zusammenarbeit zwischen den mit der Entsorgung radioaktiver Reststoffe befassten Natur-, Ingenieur-, Geistes-, Rechts- und Sozialwissenschaftlern, auf die Durchführung einschlägiger Forschung sowie auf eine disziplinäre und interdisziplinäre Aus- und Weiterbildung wissenschaftlichen Nachwuchses ab. Die Plattform führt die Ergebnisse zu den technischen Schlüsseloptionen sowie einschlägige Resultate anderer Einrichtungen zusammen.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

Das Vorhaben unterscheidet zwischen Vertikal- und Transversalprojekten. Die Vertikalprojekte befassen sich systematisch mit ausgewählten Aspekten jeweils einer der drei Entsorgungsoptionen. Die Transversalprojekte untersuchen hingegen mehrere Entsorgungsoptionen hinsichtlich übergreifender Aspekte. Sie tragen entscheidend zum Erreichen der übergreifenden Ziele der Plattform bei und stellen die Interdisziplinarität sicher.

Transversalprojekt „Synthese, Koordination und Kommunikation“ (2 AP)

Transversalprojekt „Technikfolgenabschätzung und Governance“ (4 AP)

Transversalprojekt „Ethisch-moralische Begründung, rechtliche Voraussetzungen und Implikationen“ (2 AP)

Transversalprojekt „Interdisziplinäre Risikoforschung“ (6 AP)

Vertikalprojekt „Endlagerung in tiefen geologischen Formationen ohne Vorkehrungen zur Rückholbarkeit (wartungsfreie Tiefenlagerung)“ (3 AP)

Vertikalprojekt „Einlagerung in tiefen geologischen Formationen mit Vorkehrungen zur Überwachung und Rückholbarkeit“ (7 AP)

Vertikalprojekt „Oberflächenlagerung“ (3 AP)

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse

(mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

- ENTRIA-Abschlusskonferenz (wissenschaftlicher Teil, Exkursionen, öffentlicher Teil)
- Beteiligung an der Fachtagung des Strahlenschutzverbandes, Hannover, 09.-10.10.2017
- Ringvorlesung „Radioaktive Abfälle und gesetzliche Regelungen“, TU Clausthal, SoSe 2017

Transversalprojekte, u.a.

- AP 2.4: Dissertation zur „Gegenwartsanalyse der Bewertung von Entsorgungsoptionen und -strategien radioaktiver Abfälle aus Sicht kommunaler Entscheidungsträger und lokaler Akteure“ von Cord Drögemüller (Kooperation von IRS und FFU)
- AP 4.1: Softwareplattform ReSUS: Überprüfung der Konfiguration der Simulationsmodelle auf Konsistenz, Aufsetzen einer web-basierten Fehlerdatenbank mit integriertem Quellcodeversionierungssystem, Erhöhung der Testabdeckung zur Qualitätssicherung
- AP 4.2: Abschluss der Strahlungstransportrechnungen basierend auf den generischen Konzepten für Endlagerbehälter (ENCON)
- AP 4.3: Abschluss der vergleichenden Bewertung der Entsorgungsoptionen nach Robustheit und Sicherheit
- AP 4.3: Vergleichende Untersuchung der radiologischen Risiken der Entsorgungsoptionen
- AP 4.3: Vergleichende Bewertung der Entsorgungsoptionen nach kalkulierbaren Risiken und Ungewissheiten; Zusammenfassung und Visualisierung in einer „Risikokarte“

Vertikalprojekte, u.a.

- AP 5.1: Simulationen an 3D-Globalmodellen zu generischen Endlagern ohne und mit Überwachungssohle im Salinargebirge zur Verbesserung des Systemverständnisses fluiddynamischer Prozesse, Untersuchung des Einflusses von unerkannten Laugennestern
- AP 5.3: Modellierung des Cs-Transports im Deckgebirge
- AP 5.3: Rechnungen mit realitätsnäheren Diffusionskoeffizienten
- AP 6.1 – 6.4: „Gegenüberstellung von Wirtsgesteinen auf Grundlage eines generischen Tiefenlagerkonzeptes für die Entsorgung von hochradioaktiven Reststoffen“, Fachsektion Felsmechanik, Fachsektionstage der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik, Sept. 2017
- AP 6.5 / 6.6: Erarbeitung generischer ENCON-Behälterkonzepte
- AP 6.5 / 6.6: Erarbeitung von Konzepten und Ideen für Aspekte der Behälterhandhabung (Fokus: langzeitstabile Gestaltung der Anschlagpunkte am Behälter) und des Monitorings
- AP 6.5 / 6.6: Untersuchung von Verfahren zur Aufbringung von Beschichtungen auf Tragstrukturen aus Gusseisen mit Kugelgraphit
- AP 6.5 / 6.6: Entwicklung von Sensor Konzepten zur Erfassung der Entwicklung der technischen Barriere über einen Zeitraum von mehreren Jahrzehnten
- AP 7.1 – 7.3: „Wie organisieren andere Länder eine längerfristige Zwischenlagerung hoch radioaktiver Abfälle“: Loccumer Protokoll 27/17 zur Veranstaltung „Atommüll-Lager: Was soll wann wie wohin – und wer macht was?“ (Loccum, 09.-11.06.2017)
- AP 7.1 – 7.3: Abschluss der Arbeiten zu Abschirmungseigenschaften verschiedener Betone in Kooperation mit dem KIT-INE
- AP 7.1 – 7.3: Vortrag bei der „Sommerakademie 2017: Atommüll - Herausforderungen für die nächste Generation“ (Wolfenbüttel, 05.08.2017)

4. Geplante Weiterarbeit (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

- Abschluss der Erarbeitung von Bewertungsgrundlagen und der Ergebnissynthese
- Abschlussbericht

Transversalprojekte, u.a.

- AP 3.2: Abschluss der Beurteilung der verwaltungsrechtlichen Grundlagen des Standortauswahlverfahrens
- AP 3.2: Veröffentlichung der 2. Auflage des Buches „Das Recht der Atomsorgung“
- AP 3.2: Herausgabe mehrerer Tagungsbände
- AP 3.2: Vortrag zur „Öffentlichkeitsbeteiligung im Standortauswahlverfahren für ein Endlager“, Tagung „Bürgerpartizipation neu gedacht“, 19.01.2018, MLU Halle-Wittenberg
- AP 4.1: Überarbeitung der Darstellung und Analyse von Zeitreihen in ReSUS, Implementierung von Sensitivitätsmaßen, Fertigstellung Nutzer- und Entwicklerleitfaden
- AP 4.3: Publikation zum Thema „Entsorgungspfade“
- AP 4.3: Arbeitsberichte zu den unter Punkt 3 genannten vergleichenden Untersuchungen

Vertikalprojekte, u.a.

- AP 6.1 – 6.4: Fertigstellung von drei Arbeitsberichten
- AP 6.5 / 6.6: Abschluss und Dokumentation der disziplinären Arbeiten zu den Rückholkonzepten sowie Überarbeitung der Dokumentation zum ENCON
- AP 6.5 / 6.6: Dokumentation der Arbeitsergebnisse zum Monitoring und Verknüpfung der disziplinären Einzelergebnisse mit den Ergebnissen des Syntheseprojektes

5. Bezug zu anderen Vorhaben

Die in diesem Bericht dargestellten Arbeiten erfolgten im Rahmen des Verbundprojekts ENTRIA und wurden in Kooperation mit den Forschungspartnern (Förderkennzeichen B-E) durchgeführt.

6. Berichte und Veröffentlichungen

- Bailey L. et al. (2017): Communication on the Safety Case for Deep Geological Repository. NEA No. 7336. Organisation for Co-operation and Development, Paris
- Borgonovo, E. et al. (2017): Making the most out of a hydrological model data set: Sensitivity analyses to open the model black-box. Water Resources Research 53(9), S. 7933 - 7950
- Bozau, E.; Licha, T.; Ließmann, W. (2017): Hydrogeochemical characteristics of mine water in the Harz Mountains, Germany. Chemie der Erde 77(4), S. 614-624
- Köhnke, D.; Reichardt, M.; Semper, F.: Zwischenlagerung hoch radioaktiver Abfälle. Springer Vieweg, Wiesbaden 2017
- Röhlig K.-J. (2017): Endlagerforschung: Technische Herausforderungen vor dem Hintergrund gesellschaftlicher Konflikte. In: Jahrbuch der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft (Konferenzband). Cramer Verlag, S. 100–114
- Schmidt, G.; Kallenbach-Herbert, B. (2017): Endlagerung ohne Vorkehrungen zur Rückholbarkeit – Technik- und Sicherheitsaspekte, ENTRIA-Arbeitsbericht-09
- Smeddinck, U.: „Die Fortentwicklung des StandAG – Novellierungen, Beispiel, Reflektionen“ EurUP 2017, S. 195 – 205
- Tawussi, F. (2017): Einfluss der Speziation auf die Radionuklid Aufnahme in Pflanzen, ENTRIA-Arbeitsbericht-08

- Tawussi, F. et al. (2017): Uptake of Plutonium-238 into *Solanum tuberosum* L. (potato plants) in presence of complexing agent EDTA, *Journal of Environmental Radioactivity* (178-179), S. 186 – 192
- Tawussi, F.; Walther, C.; Gupta, D.K.: Does low uranium concentration generate phytotoxic symptoms in *Pisum sativum* L. in nutrient medium? *Environmental Science and Pollution Research* (24), S. 22741 – 22751

Berichtszeitraum: 01.07.2017 bis 31.12.2017	Förderkennzeichen: 15S9082B
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: Freie Universität Berlin, Forschungszentrum für Umweltpolitik	
Vorhabenbezeichnung: Nukleare Entsorgung aus Multi Level Governance-Perspektive. International vergleichende Analyse von Endlagerungs-Governance im Mehrebenen-System unter besonderer Berücksichtigung von Akteuren, Politikinstrumenten und Institutionen.	
Laufzeit des Vorhabens: von 1.1. 2013 bis 31.12.2017	Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 997.176 €
Projektleiter/-in: PD Dr. Achim Brunnengräber	E-Mail-Adresse des Projektleiters: achim.brunnengraeber@fu-berlin.de

1. Zielsetzung des Vorhabens

Ziel ist die politik- und sozialwissenschaftliche Analyse der Entwicklung einer Endlagerungsstrategie für nukleare Abfälle in Deutschland. Einen Schwerpunkt bildet die Analyse von Akzeptanzfragen und Konfliktlagen sowie deren Regelungsmechanismen. Ferner wurde eine international vergleichende Analyse von Endlagerungs-Governance durchgeführt. Das Teilprojekt ist in den Transversalprojekten „Koordination und Kommunikation“ sowie „Technikfolgenabschätzung und Governance“ verankert.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

Modul 1	Akteurs-Analysen (gemeinsam mit ITAS)
Modul 2	Akzeptanz und Konflikte
Modul 3	Governance im Mehrebenen-System
Modul 4	Endlagerungskonzepte und Optionen im internationalen Vergleich
Modul 5	Politikinstrumente und Institutionen

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse

Die Arbeit an allen Modulen wurde fortgesetzt und abgeschlossen. Darüber hinaus hat sich das FFU an der Vorbereitung der ENTRIA Konferenz am 26. – 30. September beteiligt und aktiv an den Veranstaltungen für die interessierte Öffentlichkeit „Radioaktive Abfälle - was nun?“ im Haus der Wissenschaft in Braunschweig am 29./30. September teilgenommen.

Das **M 1** dient der Identifikation von Schlüsselakteuren und deren Interessen, ihrer Wertesysteme und Ansichten und der Sondierung, ob es Wege für konstruktive Dialoge und Problemlösungen gibt. Auf den 226-seitigen Bericht mit einer Beschreibung von über 300 Akteuren der Endlager-Governance folgte die Konzeption und Durchführung eines Workshops, welcher sich mit der jahrzehntelangen Polarisierung beschäftigte, die den „Atomkonflikt“ in Deutschland zwischen dem Staat und der Nuklearindustrie auf der einen

und der Anti-Atom-Bewegung auf der anderen Seite heute noch prägt. Am 27.- 28. Oktober fand dieser Workshop unter folgendem Titel statt: „Aufarbeitung der Vergangenheit - Auseinandersetzungen um die Nutzung der Kernenergie und insbesondere den Umgang mit hochradioaktiven Abfällen“. In der Veranstaltung wurden mit den relevanten Akteuren die Themenfelder und Policy-Instrumente (Modul 5) identifiziert und diskutiert, die eine solche „Vergangenheitsbewältigung“ ermöglichen könnten. An der Tagung haben 29 Stakeholder bzw. Interessierte aus der Fachöffentlichkeit teilgenommen. Pressevertreter*Innen waren ebenfalls vertreten. Eines der Hauptergebnisse der Tagung war die Gründung eines informellen, transdisziplinären Netzwerkes „Nukleares Gedächtnis“. Akteure aus der Anti-Atom-Bewegung, BIs, NGOs und aus der Wissenschaft haben sich dem Netzwerk angeschlossen und wollen weitere Aktivitäten gemeinsam durchführen. Es wurde vereinbart den Kontakt mit der Bundeszentrale für politische Bildung zu suchen.

Im **M 2** wurden mehrere Beiträge zu den Themen Akzeptanz, Freiwilligkeit und NIMBY vorbereitet und in einem Artikel diskutiert, der nach gutachterlichem Verfahren bei „European Policy Analysis“ veröffentlicht wurde [2]. Diese Ergebnisse wurden bei einem Workshop der Reform Group in Salzburg sowie bei der ENTRIA-Abschlusskonferenz präsentiert [3- 4].

Im **M 3** wurde zum Multi-Level Problem der Endlagerung ein Artikel verfasst [8]; ein Promotionsverfahren wurde im Dezember – in Kooperation mit dem ENTRIA-Partner IRS Hannover – erfolgreich abgeschlossen [6]. Ergebnissen der Governance-Forschung wurden in einem Vortrag im Rahmen der ENTRIA-Veranstaltung „Radioaktiver Abfall – was nun? Befragen Sie ENTRIA!“ in Braunschweig (30.09.2017) dargestellt [5].

Im **M 4** wurden Governance-Konzepte und Formen von Öffentlichkeitsbeteiligung in verschiedenen Ländern gesichtet, ausgewertet und analysiert. Die Arbeit am Sammelband „Challenges of Nuclear Waste Governance. An International Comparison. Vol II“ (Springer VS) wurde abgeschlossen. Das Buch analysiert die Endlager-Governance in weiteren 14 Ländern und komplementiert somit Vol I. Am 29.09.2017 hat das FFU den Workshop „Nuclear waste Governance“ im Rahmen des 21th REFORM Group Meeting in Salzburg mitorganisiert. Dort wurden zwei Vorträge gehalten [4] [7].

Im **M 5** wurden Policy-Instrumente, Sicherheitskriterien, Monitoring-Systeme, Regulierung von Rückholbarkeit, Kompensationslösungen, etc. sowie wissenschaftliche und politische Institutionen und Prozesse, die mit der nuklearen Entsorgung verbunden sind, analysiert und bewertet. Diese Aspekte wurden insbesondere in [7-8] diskutiert.

5. Bezug zu anderen Vorhaben

Die Module 1 und 4 wurden arbeitsteilig mit ITAS bearbeitet. Alle Module haben Querverbindungen zu Teilprojekten mit interdisziplinären Schnittstellen, insbesondere zu denen, die internationale Erfahrungen und Möglichkeiten der Übertragung von erfolgreichen Politikinstrumenten beinhalten.

6. Berichte und Veröffentlichungen

[1] Brunnengräber, A.; Di Nucci M. R. (2017): Freiwilligkeit als Königsweg? Über die Suche nach einem Standort für radioaktive Reststoffe. In: Sommer, J. (Hrsg): Kursbuch Bürgerbeteiligung 139- 157.

- [2] Di Nucci, M. R.; Brunnengräber, A.: In whose backyard? The wicked problem of siting nuclear waste repositories (2017) *European Policy Analysis*, Vol 3. 2. 295-327.
- [3] Di Nucci, M. R. (2017). Voluntarism, Compensation and Participation in Siting of Nuclear Waste Repositories. Vortrag im Rahmen des Workshops Nuclear Waste Governance, 21. Reform Group Meeting, Salzburg 1. September 2017.
- [4] Di Nucci, M. R. (2017). In Whose Backyard?. Vortrag im Rahmen von „ENTRIA-Abschlusskonferenz. Braunschweig, 28.09.2017.
- [5] Drögemüller, C.; Kuppler S. (2017): Neustart in der Endlagersuche. Ergebnisse der Governance-Forschung. Vortrag im Rahmen von „Radioaktiver Abfall – was nun? Befragen Sie ENTRIA!“, Braunschweig, 30.09.2017.
- [6] Drogmüller, C. (2018) Schlüsselakteure der Endlager-Governance, Wiesbaden: VS Research (im Erscheinen; gleichzeitig Dissertation an der FU Berlin, 2017)
- [7] Häfner, D. (2017) “Nuclear Waste Governance in Germany”, Vortrag im Rahmen des Workshops „Nuclear Waste Governance“, 21. Reform Group Meeting. Salzburg, 28. August
- [8] Themann, D.; Brunnengräber, A. (2017): Sozialökologische Herausforderungen im Zeitalter des Anthropozän. Das Beispiel der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle, in: Müller, M. C. M. (Hrsg) (2017): Endlagersuche. Wie steht es um die Vorbereitung der Entsorgung radioaktiver Abfälle Deutschland? Reihe Loccum Protokolle Band 27/16, Rehburg-Loccum 2017, 11-28.

Berichtszeitraum: 01.07.2017 bis 31.12.2017	Förderkennzeichen: 15 S 9082 C
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: CAU Kiel, 24118 Kiel	
Vorhabenbezeichnung: Sicherheit, Gerechtigkeit, Diskurs: Kriterien, Verfahren und Gründe für die Endlagersuche	
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2013 bis 30.06.2018	Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 572.664,00 €
Projektleiter/-in: Prof. Dr. Konrad Ott	E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: ott@philsem.uni-kiel.de

1. Zielsetzung des Vorhabens

Aufgabe des Transversalprojektes und der einzelnen Teilprojekte ist eine umfassende ethische Explikation und Beförderung von Rechtfertigungsrationalität für eine konsensuale Endlagersuche. Dazu zählt die Entwicklung von Abwicklungskriterien unter diskursethischen Beurteilungsmodellen sowie die Entwicklung eines Suchprozesses, der von allen Beteiligten als gerecht empfunden werden kann. Des Weiteren stellt die Durchführung eines Verfahrens der Bürgerbeteiligung (Bürgerforum) eine zentrale Wegmarke da. Unter demokratiethoretischen Gesichtspunkten sollen ferner Konfliktbearbeitung und der Umgang mit Dissensen verbessert werden, um die Legitimität von Entscheidungen zu erhöhen.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

- Begriffsanalyse
- Operationalisierung der Begriffe
- Literaturrecherche und –auswertung
- Entwicklung von Kriterien für die Bewertung der möglichen Entsorgungsoptionen und ihrer Standorte
- Normative Analyse der politischen Positionen und legislativen Prozesse
- Identifikation der Bedingungen einer diskursiven Rechtfertigung von Standort- und Optionsbestimmungen
- Konzeptionelle Entwicklung eines modularen Verfahrenskonzeptes zu einer transparenten und fairen Standortsuche.
- Konzeption, Durchführung und Auswertung eines Delphi-Verfahrens unter Experten
- Konzeption, Durchführung und Auswertung eines Bürgerforums
- Aufbereitung der Teilprojekte 1-7 für die wissenschaftliche Politikberatung
- Kontinuierliche und angebotsorientierte Zuarbeit für die Forschungsplattform

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

Kontinuierliche Erweiterung des Begriffsfeldes um relevante Konzepte, sowie die Analyse ihrer Implikationen. Fortsetzung der Archivierung von aktueller Forschungsliteratur.

Kontinuierliche Führung eines Pressespiegels zur Endlagerung und Energiewende.

Weiterarbeit an Bewertungsgrundlagen, Synthese und Projektabschluss.

Mitarbeit im Programmkomitee der Abschlusskonferenz; Konzeption zweier Sessions; Einwerbung einer Keynote.

Vorträge auf der Abschlusskonferenz und Bereitstellung eines Thementisches für den gesellschaftlichen Teil.

Fertigstellung eines Beitrages zu Freiwilligkeit und Bereitwilligkeit (im Erscheinen).

Auswertung der Delphi-Studie und Aufbereitung für die Publikation der Monographie zu Partizipativer Wissenschaft (in Vorbereitung).

Herausgabe der Plädoyers und Gegenreden als ENTRIA-Arbeitsbericht (mit S. Chaudry, in Vorbereitung)

4. Geplante Weiterarbeit (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

Fertigstellung der Publikationen und des Abschlussberichts.

Vergleichende Analyse der Ergebnisse von Bürgerforum und DELPHI-Studie.

Systematische Erschließung des Transdisziplinaritätsbegriffes für die Anschlussforschung. Workshop zur Transdisziplinarität.

5. Bezug zu anderen Vorhaben

Vortrag „Ethische Bewertungskriterien“ für den Workshop „Forschung für ein Endlager“ (Leopoldina, Acatech, Akademienunion) (in Vorbereitung).

6. Berichte und Veröffentlichungen

Budermann, H., Ott, K. (2017): Oder vielleicht doch nicht unter die Erde – Überlegungen zur Rolle der Oberflächenlagerung in einer Entsorgungsstrategie. In: Köhnke et al.: Zwischenlagerung hoch radioaktiver Abfälle. Wiesbaden: Springer. S. 11-27.

Riemann, M. (2017): Gerechtigkeit an der Oberfläche. In: Köhnke et al.: Zwischenlagerung hoch radioaktiver Abfälle. Wiesbaden: Springer. S. 159-171.

Ott, K., Riemann, M. (Im Erscheinen): Freiwilligkeit und Bereitwilligkeit bei der Entsorgung radioaktiver Reststoffe. In: Smeddinck, U.: Werkstattgespräch Freiwilligkeit

..

Berichtszeitraum: 01.07.2017 bis 31.12.2017	Förderkennzeichen: 15S9082D
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: Sondervermögen Großforschung beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT) – Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)	
Vorhabenbezeichnung: Verbundprojekt „Bildung einer Forschungsplattform ‚Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen‘“	
Laufzeit des Vorhabens: 1.1.2013 bis 31.12.2017	Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 958.977,70 €
Projektleiter/-in: Dr. Peter Hocke-Bergler	E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: hocke@kit.edu

1. Zielsetzung des Vorhabens

Die Suche nach innovativen Sachlösungen bei den drei Schlüsseloptionen der nuklearen Entsorgung in Deutschland in einem optimierten Verfahren bedarf systematischer ‚Gegenwartsdiagnose und Problemdefinition‘ sowie einer vertieften Reflexion über vorhandene und zu schaffende Schnittstellen, die die Einbindung der formellen und informellen Entscheidungsprozesse unter zivilgesellschaftlichen Bedingungen sicherstellen. Dazu sind plausible Governance-Konzepte und Handlungsoptionen zu präzisieren.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

ITAS-A: „Governance 1: Gegenwartsdiagnose und Problemdefinition“

ITAS-B: „Governance 2: Schnittstellen zwischen formellem und informellem Prozess“

ITAS-C: „Auswege aus klassischen Dilemmata der Entscheidungsfindung“

ITAS-D / FU Berlin: „Auswertung internationaler Erfahrungen anhand ausgewählter Staaten“ (Internationaler Vergleich)

ITAS-E: Gemeinschaftsaufgaben und akademische Selbstorganisation: Koordination TP2 „TA und Governance“, Mitarbeit im ENTRIA-Sprecherrat u. AP-übergreifende Kooperation

ITAS-F: Explorative TA-Mikrostudie

ITAS-G: Ausbildung

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

- **ITAS-A / Governance 1:** Veröffentlichung eines ITAS-ENTRIA-Arbeitsberichts zum Stand der Partizipationsforschung („Partizipation und Deliberation als Schlüsselkonzepte im Konflikt um die Endlagerung radioaktiver Abfälle? Herausforderungen für die repräsentative Demokratie“); der Aufsatz "Decision-making in Repository Siting Procedures – Legitimacy and Equality as Challenges for Nuclear Waste Governance" (M. Mbah) wurde bei einem internationalen Journal eingereicht. Die Ausarbeitungen zu Governance und Partizipation wurden mit zwei Vorträgen bei der Abschlusskonferenz mit den Grundkonzepten von Governance, die in ENTRIA herausgearbeitet wurden, verknüpft und präsentiert (Hocke 2017a und Mbah 2017a; siehe unten). Zum Stand der Governance-Forschung und den Lücken der sozialwissenschaftlichen Forschung in

Deutschland referierte P. Hocke bei der 12. DAEF-Sitzung in Leipzig (17.10.2017). Versagensereignisse im Zusammenhang mit Governance-Strukturen bei einem Vergleichsfall, der für die nukleare Entsorgung instruktiv ist, wurde per ENTRIA-Unterauftrag von Marcos Buser herausgearbeitet; die Studie bezieht sich auf die untertägige Einlagerung chemotoxischer Abfälle in der Schweiz und Frankreich (Buser 2017/i.E.; siehe Punkt 6).

- **ITAS-B / Governance 2:**

Die Konzeptidee von Langzeitinstitutionen, technischem Monitoring und Long-term-Stewardship wurde (in Zusammenarbeit mit einem interdisziplinären Team aus ENTRIA-Partnern) weiter ausgearbeitet; die Veröffentlichung eines interdisziplinären Sammelbandes wurde fortgesetzt (geplant für Anfang 2018 im Nomos Verlag). In diesem Zusammenhang gab es einen eingeladenen Vortrag mit dem Titel "Welche neuen Institutionen braucht das Land?" bei der Jahrestagung 2017 des Fachverband Strahlenschutz in Hannover (Hocke 2017b). Überarbeitung und Wiedereinreichung eines Artikels zum Thema „The role of long-term planning in nuclear waste governance“ beim Journal of Risk Research (Kuppler/Hocke).

- **ITAS-C / Auswege aus klassischen Dilemmata der Entscheidungsfindung:**

Die Analyse der empirischen Daten der ITAS-Fokusgruppe zu „Modernes Regieren bei der nuklearen Entsorgung“ (2016) wurde fortgesetzt. Die Veröffentlichung als ITAS-ENTRIA-Arbeitsbericht ist im ersten Halbjahr 2018 vorgesehen.

- **ITAS-D / Kooperation ITAS und FU Berlin:**

Ergebnisse aus der international vergleichenden Governance-Forschung wurden bei einer internationalen umweltpolitischen Tagung (Salzburg, Sept. 2017) vorgetragen; der Titel lautete "Contested Forms of Highly-complex Governance in Multi-level Systems. Some Results from ENTRIA's International Comparison of Nuclear Waste Politics" (Hocke/Kuppler 2017). Die Schweden-Studie zum Umgang mit Nicht-Wissen und Konflikten der Ungewissheit wurde fortgesetzt, der Abschluss ist für 2018 geplant (Dissertation N. Wulf). Robuste Zwischenergebnisse liegen vor (Wulf 2017: "Decision Making in Spite of Ignorance? Phenomena of Ignorance in Sweden's Radioactive Waste Management", Vortrag, siehe ITAS-E).

- **ITAS-E / Gemeinschaftsaufgaben und akademische Selbstorganisation:**

- Fortsetzung der Sprechertätigkeit P. Hocke (Vertreter der NTH-externen Projektpartner).
- Erstellung des ENTRIA-Abschlussberichts, im Syntheseteil insb. Kapitel 6, „Governance“.
- Review des ENTRIA-Bericht-09 („VP5 Option Endlagerung ohne Vorkehrungen zur Rückholbarkeit – Technik- und Sicherheitsaspekte“).
- Beteiligung an der Durchführung und Planung der Internationalen ENTRIA-Abschlusskonferenz (26.-30.9.2017, Braunschweig):
 - Mitarbeit beim Programmkomitee,
 - Mehrere Fachvorträge (26.-28.9.2017): "Hindrances and Supportive Factors on the Way towards a New Paradigm in RWM in Germany" (Kuppler 2017, 26.9.), "Monitoring in the Deep Geological Disposal. Technical and Social Requirements for Implementing Monitoring of HLW Containers" (P. Hocke zus. M. Th. Hassel, A. Köhler, M. Bauer, 26.9.), „Integrating Knowledge for Nuclear Waste Disposal: Beyond Inter- and Transdisciplinary Research" (Grunwald,

27.9.), “Participation and Deliberation in RWM – Challenges for Democracies“ (Mbah 2017a, 28.9.), “Terms are More than Words. The Meaning of Governance in the Context of Radioactive Waste Management“ (Hocke 2017a, 28.9.), Wulf 2017 (siehe ITAS-D).

- Durchführung und Konzeption des Konferenztages „Radioaktiver Abfall – Was nun? Befragen Sie ENTRIA“, der für die interessierte Öffentlichkeit angeboten wurde (30.9., u.a. mit Präsentation des ENTRIA-Advokatenmodells (Kuppler zu Nachteile der Oberflächenlagerung) am Vorabend und eines weiteren Vortrages (Kuppler zus. mit C. Drögemüller, „Neustart in der Endlagersuche. Ergebnisse der Governance-Forschung“ am 30.9.).
 - Mehrere ITAS-Poster für die interessierte Öffentlichkeit am 30.9. (Poster 1: „Technikfolgen und modernes Regieren: Das ITAS-Arbeitspaket“, Poster 2: „Wie sieht die praktische Forschung bei ITAS aus? Methoden in der sozialwissenschaftlichen Endlager-Forschung“, Poster 3: „Zu welchen Ergebnissen kommen wir?“, Poster 4: „Endlager-Governance in der Schweiz von 2001 bis 2010. Partizipation unter schwierigen Bedingungen“ (Kuppler), Poster 5: „Die Bedeutung von Nichtwissen beim Unterfangen Endlagerung“ (Wulf).
 - Vorbereitung einer Broschüre zu Erfahrungen in der interdisziplinären Zusammenarbeit aus Sicht der ENTRIA-Bearbeiter (Entwurf liegt vor) (ENTRIA-Bericht, Hg.: Kuppler, Plischke, Pohlers, Pönitz).
 - Inhaltliche Konzeption und strategische Planung für ein neues Verbundvorhaben.
- **Modul ITAS-F / Explorative TA-Mikrostudie:**
Abgeschlossen.
- **Modul ITAS-G / Ausbildung:**
S. Kuppler: Betreuung Anja Kathrin Rueß zu einer Masterarbeit mit dem Titel „Conceptualizing Public Participation for a Multinational Nuclear Waste Repository.“ (Betreuung des Forschungsaufenthalts von A. Rueß (Reykjavik University) am ITAS, 1.11. bis 30.11.2017).
- 4. Geplante Weiterarbeit** (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)
entfällt
- 5. Bezug zu anderen Vorhaben**
nein
- 6. Berichte und Veröffentlichungen**
- Buser, Marcos (2017): Short-term und Long-term Governance als Spannungsfeld bei der Entsorgung chemo-toxischer Abfälle. Vergleichende Fallstudie zu den Entsorgungsprojekten in der Schweiz und Frankreich: DMS St. Ursanne und das Bergwerk Felsenau (beide Schweiz) und Stocamine (Frankreich). Karlsruhe (ITAS-ENTRIA-Arbeitsbericht 2017-02, Entwurf liegt vor).
 - Mbah, Melanie (2017): Partizipation und Deliberation als Schlüsselkonzepte im Konflikt um die Endlagerung radioaktiver Abfälle? Herausforderungen für die repräsentative Demokratie. Karlsruhe (ITAS-ENTRIA-Arbeitsbericht 2017-01.).

Berichtszeitraum: 01.07.2017 bis 31.12.2017	Förderkennzeichen: 15S9082E
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: Karlsruher Institut für Technologie (KIT) - Institut für Nukleare Entsorgung	
Vorhabenbezeichnung: Forschungsplattform: „Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen“ (ENTRIA)	
Laufzeit des Vorhabens: von 01.06.2013 bis 31.12.2017	Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 981.130,82 €
Projektleiter/-in: Prof. Dr. Horst Geckeis	E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: horst.geckeis@kit.edu

1. Zielsetzung des Vorhabens

Eine radiologische Belastung von Natur und Mensch als Folge einer Endlagerung oder Langzeitzwischenlagerung hochradioaktiver Reststoffe bedingt die Freisetzung von Radionukliden aus dem entsprechenden Lager. Eine Grundvoraussetzung für die radiologische Bewertung einer Entsorgungsoption sind Radionuklidquellterme unter Annahme eines Wasserzutritts zum Reststoff. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass eine Langzeitzwischenlagerung bzw. eine Rückholung von radioaktiven Reststoffen aus einem geologischen Tiefenlager zu einer erhöhten Dosisbelastung der Beschäftigten beitragen kann. Im Rahmen des Vorhabens werden zum einen Quellterme für stilisierte Entwicklungen geologischer Tiefenlager in Steinsalz, Ton / Tonstein und kristallinen Wirtsgestein mit denjenigen möglicher oberflächennaher bzw. auf der Erdoberfläche gelegener Langzeitzwischenlager verglichen, und zum anderen Verfahren für die individuelle Dosimetrie für Beschäftigte in Entsorgungsanlagen entwickelt.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

Im Arbeitspaket 4.4 „Radionuklidquellterme für verschiedene Entsorgungsoptionen“ werden geochemische Randbedingungen für die zu untersuchenden Entsorgungsoptionen abgeschätzt und darauf aufbauend Radionuklid-Quellterme abgeleitet. Unter Verwendung geochemischer Programmcodes werden Modelle entwickelt, die eine Radionuklidmigration in den unterschiedlichen Lagerkonzepten beschreiben können. Experimentelle Arbeiten zur Überprüfung der geochemischen Rechnungen sowie zur Validierung bzw. Verbesserung der vorhandenen thermodynamischen Datenlage sind ein wichtiger Teil des Arbeitspakets.

Das Arbeitspaket 4.5 „Individuelle Dosimetrie für Beschäftigte in Entsorgungsanlagen“ beinhaltet Untersuchungen zur Langzeitzwischenlagerung sowie zur Rückholung aus einem geologischen Tiefenlager. Die derzeit übliche Abschätzung der Dosisbelastungen beruflich strahlenexponierter Personen beruht auf der Anwendung herkömmlicher Dosimetriemethoden und gemittelten Messdaten. Die Modellierung von Strahlenfeldern in Lagern für hochradioaktive Reststoffe, die Entwicklung angepasster Dosimetriestrategien, die Beschreibung von Beschäftigungsabläufen mit Hilfe von Ablaufsimulationen und MCNP Modellierungen erlauben die Abschätzung von Strahlenexpositionen für bestimmte Tätigkeitsabläufe und damit der individuellen Dosisbelastung.

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

AP 4.4: Status:

Ergebnisse eines Vergleichs primärer Radionuklidquellterme für Tiefenlager ohne Rückholbarkeitsoption wurden zusammengefasst und in einem Kapitel zum Abschlussbericht des ENTRIA-Vorhabens beschrieben. Löslichkeiten von Americium, Plutonium und Uran wurden für wässrige Lösungen in generischen Tiefenlagern in einem süddeutschen Tonstein, einem norddeutschen Tonstein und einer norddeutschen Salinarformation abgeleitet. Anhand der Americium-, Plutonium- und Uranlöslichkeiten wurde erläutert, dass der Vergleich der Radionuklidquellterm ein wichtiges Werkzeug darstellt, um eine potentielle Radionuklidmigration im Nahfeld eines Tiefenlagers einzuschätzen.

AP 4.5: Status:

Mittels experimenteller und numerischer Methoden wurden verschiedene Betonproben in Bezug auf ihre strahlenabschirmende Eigenschaften untersucht. Diese Studie erfolgte in Zusammenarbeit mit dem iBMB der TU Braunschweig, die in einem ersten Arbeitsschritt die Betonproben synthetisierten. Im Kontrollbereich des KIT-INE wurden die Betonproben gerichteter Strahlung mehrerer Strahlenquellen (Ba-133, Co-60, Cs-137, Eu-152 und Ra-226) ausgesetzt und Transmissionsmessungen gammaspektroskopisch durchgeführt. Die Messergebnisse wurden durch Monte-Carlo-Simulationen (MCNP) ergänzt. Anschließend wurden am iBMB unter Verwendung eines (Kegelstrahl-) Mikrocomputertomographen (μ CT) die genaue Lage lokaler Fehlstellen in den Betonproben bestimmt und mit den Ergebnissen des AP 4.5 verglichen. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen KIT-INE und iBMB resultierte in einem tieferen Verständnis des Einflusses der Betonzusammensetzung auf die Abschirmeigenschaften für Gammastrahlung.

H. Saurí Suárez verließ im September 2017 das KIT und trat eine neue Arbeitsstelle an.

4. Geplante Weiterarbeit (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

AP 4.4:

J. Schepperle wird seine Dissertationsarbeit voraussichtlich in zweiten Quartal 2018 verteidigen. Publikationen zu seiner Dissertation sind in Arbeit. V. Metz schreibt ein Kapitel zum Synthesebericht des ENTRIA-Vorhabens über die Koppelung verschiedener Referenzmodelle zu Referenzkonzepten.

AP 4.5:

H. Saurí Suárez wird seine Dissertationsarbeit voraussichtlich im März 2018 verteidigen. Eine weitere Publikation zu seiner Dissertation ist in Arbeit.

5. Bezug zu anderen Vorhaben

F. Becker (AP 4.5), D. Fellhauer und V. Metz (AP 4.4) schrieben zwei Kapitel zum Synthesebericht des ENTRIA-Vorhabens über die Ergebnisse der disziplinären Arbeit in den beiden Arbeitspaketen. V. Metz (AP 4.4) beteiligte sich mit einem Beitrag zu Inventaren und Eigenschaften hoch-radioaktiver Reststoffe an der Öffentlichkeitsveranstaltung der ENTRIA Abschlusskonferenz in Braunschweig am 30. September 2018.

6. Berichte und Veröffentlichungen

Veröffentlichungen:

Pang, B., Saurí Suárez, H., Becker, F. (2017) Monte Carlo based study of radiation field in a deep geological repository for high-level nuclear waste with different host rock types. Nuclear Engineering and Design 325, 44–48.

Pang, B., Saurí Suárez, H., Becker, F. (2017) Reference level of the occupational radiation exposure in a deep geological disposal facility for high-level nuclear waste: A Monte Carlo study. Annals of Nuclear Energy, 110, 258-264.

Vorträge:

Becker, F., Saurí Suárez, H., Pang, B., Metz, V., Geckeis, H. (2017) Monte-Carlo simulations for individual dosimetry in disposal facilities for spent nuclear fuel. Final ENTRIA Conf., September 26.-30., 2017, Braunschweig.

Metz, V., Montoya, V., Fellhauer, D., Geckeis, H. (2017) Near field evolution and radionuclide migration in a generic spent nuclear fuel repository. Final ENTRIA Conf., September 26.-30., 2017, Braunschweig.

Poster:

Fellhauer, D., Montoya, V., Schepperle, J., Gaona, X., Metz, V., Altmaier, M., Geckeis, H. (2017) Estimation of radionuclide source terms for generic nuclear waste repositories within the ENTRIA project. 16th Int'l Conf. Chemistry and Migration Behaviour of Actinides and Fission Products in the Geosphere - Migration 2017, September 10.-15., 2017, Barcelona.

Montoya, V., Fellhauer, D., Metz, V., Geckeis, H. (2017) Repository near field evolution and radionuclide migration studied by reactive transport modelling. 16th Int'l Conf. Chemistry and Migration Behaviour of Actinides and Fission Products in the Geosphere - Migration 2017, September 10.-15., 2017, Barcelona.

Schepperle, J., Yalcintas, E., Fellhauer, D., Cevirim, N., Gaona, X., Altmaier, M., Geckeis, H. (2017) Hydroxo-carbonate complex formation and solubility of tetravalent actinides at alkaline pH conditions. 16th Int'l Conf. Chemistry and Migration Behaviour of Actinides and Fission Products in the Geosphere - Migration 2017, September 10.-15., 2017, Barcelona.

Schepperle, J., Fellhauer, D., Gaona, X., Dardenne, K., Rothe, J., Schild, D., Altmaier, M., Geckeis, H. (2017) Pu(VI) solubility and hydrolysis in alkaline NaCl solutions. 16th Int'l Conf. Chemistry and Migration Behaviour of Actinides and Fission Products in the Geosphere - Migration 2017, September 10.-15., 2017, Barcelona.

Berichtszeitraum: 01.07.2017 bis 31.12.2017	Förderkennzeichen: 15SWM2013
Zuwendungsempfänger/Auftragnehmer: HelmholtzZentrum München, Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (GmbH), Postfach 1129, 85758 Oberschleißheim	
Vorhabenbezeichnung: Wissensmanagement von Altdokumenten aus Forschung, Verwaltung und Betrieb	
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2013 bis 31.05.2018	Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 7.169.856,-- €
Projektleiter/-in: Dr. Detlev Eck	E-Mail-Adresse des/der Projektleiters/-in: eck@iwwgoslar.de

1. Zielsetzung des Vorhabens

Die Frage nach „Stand von Wissenschaft und Technik“ als Grundlage sämtlicher Entscheidungen für Perspektiven und Entwicklungen in unserer Gesellschaft, insbesondere politisch motivierter Entscheidungen, setzt voraus, dass diese Wissensstände bekannt sind. Hierzu ist es erforderlich, dass man die zugehörigen Forschungsarbeiten mit ihren verschiedensten Inhalten kennt und auf deren Ergebnissen aufbaut.

Da Forschung seit vielen Jahrzehnten betrieben wird, haben sich im Laufe der Jahre sehr viele Wissenschaftler mit ihren Fachthemen befasst und die Ergebnisse veröffentlicht. Durch die Vielzahl ist jedoch eine inhaltliche Analyse auf manuellem Wege nur unzureichend durchführbar. Als effektivste Lösung bietet sich die computerunterstützte Analyse an. Da diese für wissenschaftliche Disziplinen bisher zumeist auf Grundlage von Schlagwortverzeichnissen und händisch eingetragenen Analysen stattfindet, soll mit dieser Arbeit unter Zuhilfenahme der digitalen Analyse ein neuer Weg beschritten werden.

2. Durchführungskonzept/Arbeitsprogramm

Ziel ist es, unter Zuhilfenahme einer Software digitalisierte größere Altaktenbestände zu analysieren. Als Datengrundlage dienen die Altakten des 21. Parlamentarischen Untersuchungsausschusses des Niedersächsischen Landtages, die im Rahmen des Projektes digitalisiert wurden.

Ein weiterer wichtiger Bestandteil besteht darin, noch existierende wissenschaftliche Arbeiten und Gutachten bezüglich der Schachanlage Asse II zusammenzutragen und digital zur Verfügung zu stellen. Im Rahmen des Projekts sollen diese analysiert werden, wobei sowohl Zeitplan als auch Kosten über den Umfang entscheiden.

3. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

a. Arbeitsschritt 1 - Vorbereitende Maßnahmen

Die vorbereitenden Maßnahmen als Voraussetzung zur Durchführung des Projektes wurden abgeschlossen.

Zusammenfassend für:

- b. Arbeitsschritt 2 - Erste Stufe der Bearbeitung der Dokumente
- c. Arbeitsschritt 3 - Erste Analyse von Texten und Entwicklung eines Textanalysesystems

3.4 Arbeitsschritt 4 - Einführung des Textanalysesystems und weitere Auswertung der Dokumente

Die Recherche nach Gutachten, Berichten und wissenschaftlichen Arbeiten, die durch das frühere IfT (heute GRS Abt. Tief Lagerung) bzw. für die Schachanlage Asse II durch Dritte erstellt wurden, ergibt aktuell eine Anzahl von ca. 1.500 Dokumenten. Bisher konnten ca. 1.000 Unterlagen beschafft und digital archiviert werden. Die Beschaffung älterer Unterlagen gestaltet sich nach wie vor schwierig, da die Verfügbarkeit nicht durchgängig gegeben ist. Hinsichtlich der Beschaffung weiterer Unterlagen besteht Kontakt mit BGE, BfE, BfS, LBEG, GRS, Asse-GmbH, Bibliotheken und weiteren Einrichtungen. Inzwischen ist der Bestand der Unterlagen noch weiter ergänzt worden.

3.5 Arbeitsschritt 5 - Einführung des betriebsreifen Textanalysesystems und weitere Auswertung der Dokumente

Das betriebsreife Textanalysesystem wurde eingeführt und die Auswertung der wissenschaftlichen Dokumente damit fortgesetzt.

4. Geplante Weiterarbeit (mit Referenz zu Arbeitsprogramm Punkten)

Wie vorgesehen, werden weitere Gutachten exemplarisch digital und fallweise manuell ausgewertet. Die wissenschaftlichen Versuche werden inhaltlich beschrieben und deren Ergebnisse dargelegt.

Die derzeit noch fehlenden Gutachten, Berichte und wissenschaftlichen Arbeiten werden im Rahmen der Möglichkeiten beschafft. Im Rahmen der Literaturbeschaffung setzt sich die Zusammenarbeit mit o. g. Einrichtungen erfolgreich fort.

Darüber hinaus werden im weiteren Verlauf des Projekts Wege aufgezeigt, wie mit Hilfe vertiefter linguistischer Textanalysen Inhalte von Gutachten, Berichten und wissenschaftlichen Arbeiten in ihrer Aussagekraft differenzierter analysiert werden können.

5. Bezug zu anderen Vorhaben

Im Laufe des Projektes hat sich gezeigt, dass verschiedene Facheinrichtungen, wie beispielhaft

das Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE), die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE), das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) Interesse an diesen Forschungsergebnissen haben.

Des Weiteren haben mittlerweile der Deutsche Bundestag, der Schweizer Bundestag, die Firma Ernst & Young Global Ltd., London, die Landtagsverwaltung in Niedersachsen und weitere Interesse an unserer Vorgehensweise und Arbeit bekundet.

6. Berichte und Veröffentlichungen

h

-siehe HJB 2017 I-

**Gesellschaft für Anlagen-
und Reaktorsicherheit
(GRS) gGmbH**

Schwertnergasse 1
50667 Köln

Telefon +49 221 2068-0

Telefax +49 221 2068-888

Forschungszentrum

85748 Garching b. München

Telefon +49 89 32004-0

Telefax +49 89 32004-300

Kurfürstendamm 200

10719 Berlin

Telefon +49 30 88589-0

Telefax +49 30 88589-111

Theodor-Heuss-Straße 4

38122 Braunschweig

Telefon +49 531 8012-0

Telefax +49 531 8012-200

www.grs.de