

**KIT**  
**Universität des Landes Baden-Württemberg**  
**und**  
**nationales Forschungszentrum**  
**in der Helmholtz-Gemeinschaft**

**PTE-S Nr. 31**

BMBF geförderte FuE zu  
„Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“

Berichtszeitraum: 1. Juli - 31. Dezember 2015

Projektträger Karlsruhe  
Wassertechnologie und Entsorgung  
(PTKA-WTE)

**März 2016**



## **PTE-S Berichte**

Der vorliegende Halbjahresbericht unterrichtet die Beteiligten an den Stilllegungsarbeiten, die aus dem BMBF-Titel „Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Versuchs- und Demonstrationsanlagen“ finanziert werden, weiter die im Rahmen des Förderkonzepts „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“ FuE-Arbeiten durchführenden Forschungsstellen sowie zuständige Behörden.

Der Projektträger Karlsruhe Wassertechnologie und Entsorgung (PTKA-WTE) informiert mit Fortschrittsberichten über den aktuellen Stand der von ihm administrativ und fachlich betreuten FuE.

Die Fortschrittsberichtsreihen behandeln folgende Themenschwerpunkte:

- Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen (PTE Nr. x seit 1991, fortlaufend)
- Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen (PTE-S Nr. x seit 2001, fortlaufend)
- Nukleare Sicherheitsforschung (PTE-N Nr. x seit 2010, fortlaufend)

Die Fortschrittsberichtsreihen sind online verfügbar

[www.ptka.kit.edu/wte/287.php](http://www.ptka.kit.edu/wte/287.php)

Verantwortlich für den Inhalt sind die Autoren bzw. die entsprechenden Forschungsstellen. Das KIT übernimmt keine Gewähr insbesondere für die Richtigkeit, Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie die Beachtung privater Rechte Dritter.



## Vorwort

Das KIT ist im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) Projektträger für den Programmbereich „Begleitforschung zu Stilllegung, Rückbau und Entsorgung kerntechnischer Versuchsanlagen“.

Im Rahmen dieses Auftrages betreut der Projektträger PTKA-WTE für das BMBF Referat 715 die FuE-Vorhaben zu Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen.

Der vorliegende Fortschrittsbericht dokumentiert Stand und Ergebnisse dieser FuE-Vorhaben. Er wird von PTKA-WTE *halbjährlich* herausgegeben, um die Öffentlichkeit über die durchgeführten Forschungsarbeiten zu informieren.

Der Bericht behandelt die **FuE-Vorhaben** zu „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“ und gliedert sich wie folgt:

- Liste der Fördervorhaben,
- formalisierte Zwischenberichte, geordnet nach Förderkennzeichen,
- Forschungsstellen.

Über die **Stilllegungsprojekte** im Geschäftsbereich des BMBF wurde in Form von formalisierten Zwischenberichten letztmalig im Halbjahresbericht PTE-S Nr. 27 berichtet.

Über die **Stilllegungsprojekte** im Geschäftsbereich des BMBF informiert seit dem der für das BMBF Referat 715 für diese Aufgabe zuständige Projektsteuerer, die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS), informieren.



## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>FuE-Vorhaben „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“ .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Fördervorhaben .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2</b>	<b>Formalisierte Zwischenberichte .....</b>	<b>5</b>
<b>1.3</b>	<b>Forschungsstellen.....</b>	<b>67</b>











# 1 FuE-Vorhaben „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“

## 1.1 Fördervorhaben

<b>02 S 8881</b>	Manipulatorgesteuertes Freimessen von Oberflächen	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 6
<b>02 S 9022A</b>	Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging)	<b>Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen</b>	📖 8
<b>02 S 9022B</b>	Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging)	<b>Forschungszentrum Jülich GmbH</b>	📖 10
<b>02 S 9042</b>	Rückbau von Forschungs- und Leistungsreaktoren Entwicklung eines automatisierten Verfahrens zur Berechnung der Aktivitätsverteilungen und Ortsdosisleistungen in kerntechnischen Anlagen am Beispiel des Forschungsreaktors FRJ-2 in Jülich	<b>Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen</b>	📖 12
<b>02 S 9052A</b>	Bestimmung und Validierung von nuklearen Daten von Actiniden zur zerstörungsfreien Spaltanalyse in Abfallproben durch prompt Gamma Neutronenaktivierungsanalyse (PGAA-Actinide)	<b>Forschungszentrum Jülich GmbH</b>	📖 14
<b>02 S 9052B</b>	Bestimmung und Validierung von nuklearen Daten von Actiniden zur zerstörungsfreien Spaltanalyse in Abfallproben durch prompt Gamma Neutronenaktivierungsanalyse (PGAA-Actinide)	<b>TU München</b>	📖 16
<b>02 S 9062</b>	Technische, wirtschaftliche, soziale und politische Fragen durch den Rückbau eines Kernkraftwerks auf regionaler und lokaler Ebene – Analyse aktueller Beispiele in Baden-Württemberg zur Erstellung eines Zukunftsmodells (FoRK)	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 18
<b>02 S 9072A</b>	Verbundprojekt: Automatisierte Zerlegung von Reaktordruckbehältereinbauten mit Hilfe von Unterwasser-Robotertechnik (AZURo)	<b>AREVA GmbH, Erlangen</b>	📖 20
<b>02 S 9072B</b>	Verbundprojekt: Automatisierte Zerlegung von Reaktordruckbehältereinbauten mit Hilfe von Unterwasser-Robotertechnik (AZURo)	<b>Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V., München</b>	📖 22
<b>02 S 9082A</b>	Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen	<b>TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld</b>	📖 24

<b>02 S 9082B</b>	Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen	<b>Freie Universität Berlin</b>	📖 26
<b>02 S 9082C</b>	Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen	<b>Christian-Albrechts-Universität zu Kiel</b>	📖 28
<b>02 S 9082D</b>	Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen	<b>Sondervermögen Großforschung beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 30
<b>02 S 9082E</b>	Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen	<b>Sondervermögen Großforschung beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 32
<b>02 S 9093A</b>	Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS)	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 34
<b>02 S 9093B</b>	Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS)	<b>Herrenknecht AG, Schwanau</b>	📖 36
<b>02 S 9093C</b>	Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS)	<b>Leibniz Universität Hannover</b>	📖 38
<b>02 S 9093D</b>	Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS)	<b>Kraftanlagen Heidelberg GmbH</b>	📖 40
<b>02 S 9113A</b>	Verbundprojekt: Modellentwicklung eines ganzheitlichen Projektmanagements für kerntechnische Rückbauprojekte (MogaMaR)	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 42
<b>02 S 9113B</b>	Verbundprojekt: Modellentwicklung eines ganzheitlichen Projektmanagements für kerntechnische Rückbauprojekte (MogaMaR)	<b>AREVA GmbH, Erlangen</b>	📖 44
<b>02 S 9113C</b>	Verbundprojekt: Modellentwicklung eines ganzheitlichen Projektmanagements für kerntechnische Rückbauprojekte (MogaMaR)	<b>VKTA – Strahlenschutz, Analytik &amp; Entsorgung Rossendorf e. V.</b>	📖 46
<b>02 S 9134</b>	Angepasstes Seilschleifen komplexer, metallischer Strukturen (Sekomet)	<b>Leibniz Universität Hannover</b>	📖 48
<b>02 S 9144</b>	Voruntersuchung Wiederverwertbarkeit seltener Metalle beim Rückbau kerntechnischer Anlagen	<b>Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen</b>	📖 50
<b>02 S 9154</b>	Verfahrensoptimierung mit Maßstabsvergrößerung zur Volumenreduktion/Beseitigung C-14-belasteter flüssiger Abfälle mittels elektrochemischer Totalmineralisation der organischen Inhaltsstoffe	<b>Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V., München</b>	📖 52

<b>02 S 9184</b>	Betondekontamination mittels Trockeneisstrahlen zum Rückbau von Gebäudestrukturen im kerntechnischen Bereich (BeDeKo)	<b>Leibniz Universität Hannover</b>	 54
<b>02 S 9194</b>	Umsetzung von Schwermetall-Landfarming zur nachhaltigen Landschaftsgestaltung und Gewinnung erneuerbarer Energien auf radionuklidbelasteten Flächen (USER)	<b>Friedrich-Schiller-Universität Jena</b>	 56
<b>02 S 9215A</b>	Verbundprojekt: Laser-Dekontamination von Metall- und Betonoberflächen (LaPLUS)	<b>TU Dresden</b>	 58
<b>02 S 9215B</b>	Verbundprojekt: Laser-Dekontamination von Metall- und Betonoberflächen (LaPLUS)	<b>TU Bergakademie Freiberg</b>	 60
<b>02 S 9215C</b>	Verbundprojekt: Laser-Dekontamination von Metall- und Betonoberflächen (LaPLUS)	<b>Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH, Ottobrunn</b>	 62
<b>02 S WM2013</b>	Wissensmanagement von Altdokumenten aus Forschung, Verwaltung und Betrieb	<b>Helmholtz Zentrum München, Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (GmbH), Oberschleißheim</b>	 64



## **1.2 Formalisierte Zwischenberichte**

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 8881</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Manipulatorgesteuertes Freimessen von Oberflächen		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.09.2011 bis 31.12.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 1.039.254,70 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Wörn	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Aufbauend auf dem Projekt MANOLA (Manipulator gesteuerter Oberflächenabtrag durch Lasertechnologie) soll ein neuartiger Arbeitskopf zum Freimessen von Oberflächen entwickelt sowie ein Navigations-Algorithmus inkl. Bahnplanung und Steuerung aufgebaut werden. Das Manipulatorsystem MANOLA, das für Dekontaminationsarbeiten eingesetzt werden kann, soll mit einem neuartigen Arbeitskopf ausgerüstet werden, wodurch ein automatisiertes Freimessen von Oberflächen möglich ist. Der Manipulator soll sich völlig autark an Oberflächen bewegen können. Die zu bearbeitende Fläche soll über Sensoren vermessen und anschließend optimal abgefahren werden. Hierfür soll ein Navigations-Algorithmus inkl. Modellbildung erstellt werden, um mit der dazugehörigen Steuerung eine optimale Bahnplanung für den Manipulator zu erhalten.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1 (IPR): Integration neuer Hardware-Komponenten  
 AP2 (IPR): Umweltmodell-Generierung und Exploration  
 AP3 (IPR): Lokalisierung  
 AP4 (IPR): Bahnplanung mit Randbedingungen  
 AP5 (IPR): Visualisierung und interaktive Planung  
 AP6 (IPR): Steuerung  
 AP7 (IPR): Evaluation der Algorithmen

AP1 (TMB): Analyse von Störfaktoren/Grundlagenuntersuchungen  
 AP2 (TMB): Bewegungsabläufe des Manipulators/Bahnplanung mit Randbedingungen  
 AP3 (TMB): Entwicklung und Untersuchung eines Schnellkuppelsystems  
 AP4 (TMB): Konstruktion des Arbeitskopfes und automatisierte Datenverarbeitung  
 AP5 (TMB): FuE zur Messplattenausbildung am Arbeitskopf, Universelle Ausbildung & Kinematik  
 AP6 (TMB): Schnittstelle/Steuerung Manipulator und Steuerung Arbeitskopf  
 AP7 (TMB): Teststand & Testfeld/Testphase

### **3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse**

Im Berichtszeitraum wurden am IAR-IPR folgende Arbeiten durchgeführt:

Bedingt durch den Abschluss der Forschungsarbeiten im vorherigen Berichtszeitraum (1. Halbjahr 2015) wurde nur die Anfertigung des Abschlussberichts weitergeführt.

Im Berichtszeitraum wurden am TMB folgende Arbeiten durchgeführt:

Am TMB wurden im Berichtszeitraum Untersuchungen zum Kraftübertragungsverhalten von Vakuumsauggreifern auf verschiedenen Untergründen durchgeführt. Im Fokus der Untersuchungen standen dabei die am Kletterroboter eingesetzten Vakuumsauggreifer auf "gelaserten" sowie "schalungsglatten" Oberflächen.

Zudem wurde im vergangenen Berichtszeitraum mit der Erstellung einer Skizze des Abschlussberichtes begonnen.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Sowohl am IAR-IPR als auch am TMB liegt der Fokus auf der Fertigstellung des Abschlussberichtes.

### **5. Berichte, Veröffentlichungen**

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Temp- lergraben 55, 52062 Aachen		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9022A</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioakti- ver Abfälle (Neutron Imaging)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.05.2012 bis 31.12.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 1.010.748,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. Kettler	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Kooperationspartner (RWTH, FZJ und Siemens AG) des Verbundprojektes haben sich zum Ziel gesetzt, eine kompakte Radiographieanlage zu entwickeln und zu erproben, die mit Hilfe von schnellen Neutronen arbeitet. Ein solches System wäre komplementär zu existierenden Radiographie- bzw. Tomographieanlagen, die Röntgen- bzw. Gamma-Strahlung als Durchleuchtungssonde benutzen. Schnelle Neutronen haben gegenüber Photonen den Vorteil einer größeren Eindringtiefe in Materialien mit hohen Dichten. Im Vordergrund steht neben dem Bau der Radiographieanlage im Besonderen die Entwicklung eines an die Problemstellung adaptierten Detektorsystems und der dafür erforderlichen Rekonstruktionsalgorithmen. Diese Algorithmen sollen insbesondere zur Korrektur der Strahldivergenz der schnellen Neutronen dienen, da kein Kollimator, wie sonst üblich, verwendet wird.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte der RWTH-Institute sind:

- AP1: Detailplanung zum Aufbau der Testeinrichtung und den potenziellen Neutronenquellen
- AP2: Erstellung eines MCNP-Modells der Anlage
- AP3: Simulation der Neutronen- und Photonentransportes in der Anlage
- AP4: Geometriebestimmung zur Strahldivergenz
- AP5: Entwicklung der Rekonstruktionsalgorithmen
- AP6: Abschlussbericht



### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Auf Grundlage der aktuellen experimentellen Ergebnisse mit dem angepassten Detektorsystem wurde das Computermodell der NISRA-Anlage überarbeitet und weitere Simulationsstudien durchgeführt. Es hat sich gezeigt, dass die Kopplung des aSi-Flat-Panel Detektors mit dem szintillierenden Fasern von 8 mm Länge zu einer Verdopplung der Lichtausbeute geführt hat. Theoretisch sind Längen von bis zu 50 cm problemlos möglich, ohne dass es zu einem relevanten Streuverlust der Photonen in den Fasern kommt. Durch die Nutzung längerer szintillierender Fasern werden mehr Neutronen absorbiert und dadurch die Lichtausbeute sowie das Signal-zu-Untergrund-Verhältnis stark vergrößert. Die Ergebnisse des BMBF-Verbundvorhabens belegen die generelle Machbarkeit einer kompakten Neutronenradiographieanlage. Anhand von Simulationsstudien und der Validierung durch experimentelle Messungen konnte gezeigt werden, dass die wesentliche Leistungssteigerung einer Neutronenradiographie durch die Verbesserung des Detektorsystems erreicht wird. Hierbei hat sich gezeigt, dass von den drei Detektorkonzepten, die Kombination von aSi-Flat-Panel-Detektor und szintillierenden Fasern am vielversprechendsten für weitere Entwicklungen ist.

Für die Bildrekonstruktion wurde die Software inklusive einer graphischen Benutzeroberfläche fertig gestellt. Hierdurch ist es nun möglich sowohl simulierte als auch experimentelle Radiographien zeitnah auszuwerten, wobei auch eine erste Bestimmung der Massenverteilung im Objekt durchgeführt wird.

Fortschritte kurz gefasst:

- Das Computermodell der NISRA-Anlage wurde überarbeitet und weitere Simulationsstudien durchgeführt.
- Die Bildrekonstruktionssoftware inklusive einer graphischen Benutzeroberfläche wurde fertig gestellt.
- Der finale Entwurf des Abschlussberichts für das Verbundvorhaben wurde erstellt und befindet sich in dem abschließenden Audit durch die Projektpartner

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Das Verbundvorhaben konnte erfolgreich in dem vorgesehen Zeitraum beendet werden. Zurzeit wird der finale Entwurf des Abschlussberichtes durch die Projektpartner geprüft. Seitens der Verbundpartner der RWTH Aachen konnten zwei sogenannte Seed-Fund-Projekte eingeworben werden. Diese Projekte werden aus Mitteln der Exzellenz-Förderinitiative des Bundes durch das Rektorat der RWTH gefördert. Gegenstand der beiden Projekte ist die Neutronenradiographie. Zum einen wird die Kopplung der Neutronenradiographie mit der Neutronenaktivierungsanalyse untersucht und zum anderen innovative Methoden für die Bildrekonstruktion. Die Seed-Fund-Projekte stellen eine Zwischenfinanzierung dar und haben eine Laufzeit von 6-8 Monaten. Es ist geplant die Entwicklung der kompakten Neutronenradiographie mit Partnern der RWTH, dem Forschungszentrum Jülich sowie der Industrie fortzuführen.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

John Kettler et al.: „Compact Neutron Imaging System for Radioactive-waste Analysis (NISRA)“; 2. interdisziplinärer “Imaging“ Workshop, ERS der RWTH Aachen

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Straße, 52428 Jülich		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 9022B</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.05.2012 bis 31.12.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 852.086,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. Mauerhofer	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Kooperationspartner (RWTH, FZJ und Siemens AG) des Verbundprojektes haben sich zum Ziel gesetzt, eine kompakte Radiographieanlage zu entwickeln und zu erproben, die mit Hilfe von schnellen Neutronen arbeitet. Ein solches System wäre komplementär zu existierenden Radiographie- bzw. Tomographieanlagen, die Röntgen- bzw. Gamma-Strahlung als Durchleuchtungssonde benutzen. Schnelle Neutronen haben gegenüber Photonen den Vorteil einer größeren Eindringtiefe in Materialien mit hohen Dichten. Im Vordergrund steht neben dem Bau der Radiographieanlage im Besonderen die Entwicklung eines an die Problemstellung adaptierten Detektorsystems und der dafür erforderlichen Rekonstruktionsalgorithmen. Diese Algorithmen sollen insbesondere zur Korrektur der Strahldivergenz der schnellen Neutronen dienen, da kein Kollimator, wie sonst üblich, verwendet wird.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte am FZJ sind:

AP1: Detailplanung und Literaturrecherche zu den Neutronenradiographie-Detektoren

AP2: Aufbau und Test der Neutronenradiographie-Anlage

AP3: Entwicklung des Referenzkonverters und Messungen

AP4: Entwicklung des Konverters mit Wavelength Shifting Fibers und Messungen

AP5: Abschlussbericht

### **3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse**

- Herstellung eines Konverters aus szintillierenden Fasern (SCF-3HF(1500MDJ, Kuraray) mit einer Seitenlänge von 20 cm und einer Dicke von 1 cm.
- Lichtdichte Montage des Konverters auf den bestehenden Plastik-Szintillators (EJ-260) des Flat-Panel Detektors.
- Aufnahme von Radiogrammen mit dem neuen Konverter unter Veränderung der Dicke des Materials der Probenkörper (Al, Fe, Pb, W, Beton, Graphit und, Polyethylen).
- Bestimmung der Korrelation zwischen der gemessenen Absorption und dem makroskopischen Wechselwirkungsquerschnitt für schnelle Neutronen aus der Analyse der Radiogramme. Vergleich mit den vorherigen erhaltenen Daten für den Plastik-Szintillators (EJ-260). Die doppelt so hohe Lichtausbeute aus dem Vorversuch konnte bestätigt werden.
- Aufnahme der Radiogramme von Probenkörpern mit komplexer Geometrie (Graphitblock mit diversen Bohrungen und Ringschraube - Größe M52). Im Vergleich zu dem Plastik-Szintillators (EJ-260) führt der Konverter aus szintillierenden Fasern zu einem höheren Kontrast und dadurch zu einer besseren Darstellung der Objekte.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Erstellung des Abschlussberichts.

### **5. Berichte, Veröffentlichungen**

Teilergebnisse wurden auf ANIMMA 2015, Advancements in Nuclear Instrumentation Measurement Methods and their Applications, 20. - 24. April 2015, Lisboa, Portugal präsentiert.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Temp- lergraben 55, 52062 Aachen		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 9042</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Rückbau von Forschungs- und Leistungsreaktoren Entwicklung eines automatisierten Ver- fahrens zur Berechnung der Aktivitätsverteilungen und Ortsdosisleistungen in kerntechni- schen Anlagen am Beispiel des Forschungsreaktors FRJ-2 in Jülich		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.07.2012 bis 31.12.2015		<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 942.204,00 EUR		<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Nabbi

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Mit dem Beschluss der Bundesregierung über den Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie gewinnt die Frage der Stilllegung und des Rückbaus der Kernkraftwerke an Bedeutung. Damit rückt auch die Frage der Vermeidung unnötiger Strahlenbelastung für Mensch und Umwelt sowie die Minimierung der radioaktiven Abfallmenge aus diesen Anlagen in den Vordergrund. In dieser Hinsicht ist die detaillierte Kenntnis der nuklidspezifischen Verteilung des gesamten Aktivitätsinventars in den einzelnen Strukturen, aktiven Bauteilen und Komponenten entscheidend. Das Gesamtziel des Projekts besteht in der Entwicklung eines hochaufgelösten Rechenmodells, welches es erlaubt,

- detaillierte Aktivitätsverteilungen und Dosisleistungsatlanten zu erstellen,
- optimierte Stilllegungs- und Rückbauplanung durchzuführen,
- die Abfallmenge aus kerntechnischen Anlagen zu quantifizieren und zu minimieren,
- geeignete ortsbezogene Strahlenschutzmaßnahmen in der Betriebs- und Nachbetriebsphase zu treffen.

Die Erreichung dieser Ziele wird am Beispiel des Forschungsreaktors FRJ-2 erprobt und demonstriert. Es besteht ein direkter Bezug zu derzeit laufenden Rückbaumaßnahmen und ganz besonders zur erteilten Rückbaugenehmigung für den Forschungsreaktor FRJ-2 und damit eine enge Kooperation mit dem Forschungszentrum Jülich. Des Weiteren besteht seitens nationaler Unternehmen großes Interesse an der Nutzung und dem Einsatz der im Rahmen dieses Projekts laufenden Entwicklungen für Rückbaumaßnahmen.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Analyse und Auswahl von Modellierungs- und Simulationssoftware
- AP2: Neutronenphysikalische Modellierung des FRJ-2 als Rückbaureferenzanlage
- AP3: Simulation der Aktivitätsverteilung und des Strahlenfelds im Reaktorblock
- AP4: Entwicklung einer Plattform zur 3D-Visualisierung der Simulationsergebnisse
- AP5: Auswertung und Analyse der Ergebnisse zur Generierung von anlagespezifischen Aktivitätsatlanten zur Optimierung von Abfallmanagement- und Strahlenschutzmaßnahmen
- AP6: Projektleitung, -organisation und -abschluss

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Auf der Grundlage der bisherigen Modell- sowie Programmentwicklungen und der Ergebnisse wurden im letzten Berichtszeitraum folgende Arbeiten durchgeführt:

- AP1: Analog zur Wirkungsquerschnittsdatenbibliothek wurde die neue nuklid- und isotopenspezifische Photonendatenbank, welche unter Anwendung der aktuellen Datenbibliothek (ENDFB/VII) generiert wurde, weiterentwickelt. Aufgrund der Komplexität der verwendeten Algorithmen wurde diese Photonendatenbank (Gamma) einem detaillierten Vergleich mit der Standardbibliothek des Programms ORIGEN-II unterzogen.
- AP2: Im Anschluss an die bereits erfolgten komplexen Beprobungen am FRJ-2 wurden detaillierte Aktivitätsmessungen und Gamma-spektroskopische Analysen durchgeführt. Ziel dieses Vergleichs der umfassenden Analyse war Qualitätssicherung und Verifizierung des Simulationsverfahrens und des entwickelten Programmsystems MOSAS (MODulares Simulationsprogramm für die Aktivierungs- und Strahlenfeldanalyse abgeschalteter Reaktoren).
- AP3: Aufgrund der begrenzten Kapazität des Strahlentransportprogramms MCNP wurde eine Zusatzroutine in das Programmsystem integriert, welche es erlaubt, die Verteilung der Gamma-Quellterme auf den gesamten Reaktorblock des FRJ-2 zu übertragen. Nach einer genauen Analyse wurden die Ergebnisse -in Verbindung mit dem Reaktormodell- zur Generierung eines 3D Quelltermatlas für FRJ-2 verwendet. Der generierte energie-/ortsabhängige und nuklidspezifische Quelltermatlas bildet die Basis für die Strahlentransportberechnungen
- A4: Unter Zugrundelegung des produzierten 3D Quelltermatlas wurden Strahlentransportberechnungen (MCNP-Modul) zur genauen Simulation des Strahlenfelds und der Ortsdosisleistungsverteilung des gesamten Reaktorblocks (in Form von 2D und 3D Atlanten durchgeführt). Im Hinblick auf einen optimalen Strahlenschutz wurden dadurch Reaktorbereiche mit hoher Strahlenintensität und Dosisleistung ersichtlich.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Da mit dem letzten Halbjahr das Projekt abgeschlossen wurde und damit auch die Ziele planmäßig erreicht wurden ergeben sich aus dem Anwendungspotential des entwickelten Programmsystems MOSAS folgende Aspekte für eine Projektverlängerung bzw. ein Folgeprojekt:

- Weiterentwicklung und Anwendung des Programmsystems zur Bestimmung des Strahlenfelds und Aktivitäts- und Dosisleistungsatlas anderer Leistungs- und Forschungsreaktoren
- Erstellung eines umfassenden Forschungsberichts über die durchgeführten Neuentwicklungen und gewonnenen Erkenntnisse in Form eines detaillierten Strahlenbuchs für den FRJ-2 (Charakterisierung der Aktivitätsverteilung, Strahlungsfeld, Dosisleistungsatlas)
- Erweiterung des Programmsystems zur Generierung der Veränderung des Strahlenfelds und Dosisleistungsverteilung im Zuge der Durchführung des Rückbaus der Anlage
- Weiterentwicklung und Anwendung des Programmsystems MOSAS auf die Leistungsreaktoren zur Optimierung der jeweiligen Rückbaumaßnahmen (genaue Quantifizierung und Minimierung der Abfallmenge, Charakterisierung des Strahlenfelds)

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

- F. Abbasi, et al.: Application of the FW-CADIS Variance Reduction Method to Produce a Precise Neutron Flux Map for the Research Reactor FRJ-2, atw, Heft 10, Nov. 2014
- A. Sperling, et al.: Rückbau von Forschungs- und Leistungsreaktoren - Entwicklung eines automatisierten Verfahrens zur Berechnung der Aktivitätsverteilung und Ortsdosisleistungen in kerntechnischen Anlagen, Internationales Sympos. KONTEC-2015, Dresden
- F. Abbasi et al.: „Radiological Characterization and Decommissioning of Research and Power Reactors using High performance Monte-Carlo-Method“, International conference on Waste Management, Phoenix, USA, March 2015

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Straße, 52428 Jülich		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 9052A</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Bestimmung und Validierung von nuklearen Daten von Actiniden zur zerstörungsfreien Spaltanalyse in Abfallproben durch prompt Gamma Neutronenaktivierungsanalyse (PGAA-Actinide)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.08.2012 bis 31.12.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 577.812,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. Rossbach	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Rahmen zweier Doktorarbeiten sollen nukleare Grundlegendaten wie Gammaenergien und -intensitäten sowie partielle und integrale Wirkungsquerschnitte von ausgewählten langlebigen Actiniden bestimmt und mit Literaturwerten verglichen werden. Da diese Daten die Grundlage für eine Quantifizierung mittels der prompten Gammaaktivierungsanalyse (PGAA) darstellen, müssen diese mit hoher Präzision und Genauigkeit bekannt sein. PGAA kann mit kalten, thermischen oder mit schnellen Neutronen durchgeführt werden. Daher soll ein PGAA Messplatz mit Spaltneutronen an der NECTAR Station des FRM II aufgebaut und die präparierten Actinidenproben dort vermessen werden. Die gewonnenen Daten fließen in die numerische Simulation ein um ein Messverfahren von realen Abfallproben zu modellieren. Gleichzeitig wird geprüft, ob das Verfahren für Safeguardsanwendungen (Bestimmung von Actiniden auf Wischproben) oder zur Freimesung kontaminierter Materialien aus dem Rückbau von Nuklearanlagen geeignet ist.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Herstellung der Proben für die Bestrahlung mit thermischen und schnellen Neutronen
- Bestrahlung der Proben mit thermischen Neutronen und Auswertung der Spektren
- Simulation von prompt-gamma Spektren der Actinide (FZJ)
- Bestrahlungen der Actinide mit Spaltneutronen (1 bis 3 MeV) am FRM 2, Bestimmung der Wirkungsquerschnitte (FZJ)
- Optimierung einer Messanordnung für die Quantifizierung von Actiniden in reale Proben mit Hilfe von MCNP Simulation (FZJ)

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die Ergebnisse der Actiniden Untersuchungen von  $^{237}\text{Np}$ ,  $^{241}\text{Am}$  und  $^{242}\text{Pu}$  liegen als Dissertation an der RWTH Aachen und als JÜL-Bericht, Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Energie und Umwelt, Band 250 (ISBN 978-3-95806-034-4) vor. Teilergebnisse wurden auf der MTA14 im August in Delft, Niederlande berichtet und anschließend veröffentlicht.

Die **Fast-Neutron Gamma Spectroskopie** (FaNGaS) Anlage ist am FRM II im November 2014 erfolgreich installiert und getestet worden. Nach Einbau der Kollimatoren und minimalen Veränderungen bei der Probenaufhängung konnten Zählraten im Untergrund von ca. 4000 cps. erreicht werden. Bis zu 25 stabile Elemente wurden mit den Spaltneutronen vermessen und zeigten die

charakteristischen Linien, die aufgrund des Datenkatalogs von 1976 erwartet wurden. Zusätzlich wurden viele neue Linien vermessen und dokumentiert. Die Linearität der Methode bezüglich Messzeit und Probenmasse wurde erfolgreich demonstriert. Allerdings muss bei dichten Materialien die Selbstabsorption der entstehenden Gammaenergien korrigiert werden.

Ein besonderer Vorteil der PGAA mit Spaltneutronen betrifft die Analyse von Elementen mit sehr hohem thermischen Einfangquerschnitt (z. B. B, Cd, Gd etc.). Für diese Elemente ist die schnelle Neutronen-PGAA besser geeignet und führt zu zuverlässigeren Ergebnissen. Zur Untergrundreduktion und Effizienzverbesserung werden gerade Veränderungen in der Abschirmung durchgeführt. PE wird gegen boriertes PE ausgetauscht, um das Wasserstoffsignal und somit die Untergrundaktivität zu erniedrigen und der Kollimator wird mit reinem Blei ausgekleidet. Erste Messungen der Actinidenproben aus den PGAA Versuchen mit kalten Neutronen ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{237}\text{Np}$ ,  $^{242}\text{Pu}$  und  $^{241}\text{Am}$ ) werden jetzt mit Spaltneutronen an FaNGaS bestrahlt, anschließend wird die Zerfallsaktivität nahe des Detektors vermessen um aus den detektierten Spaltproduktaktivitäten die Spaltquerschnitte  $\sigma_f$  der Actiniden zu bestimmen.

#### 4. Geplante Weiterarbeiten

Das Projekt ist mit Ablauf des Jahres 2015 abgeschlossen. Weiterführende Arbeiten zur Nutzung von FaNGaS sind geplant, bisher aber noch nicht ausreichend finanziert.

#### 5. Berichte, Veröffentlichungen

C. Genreith, M. Rossbach, E. Mauerhofer, T. Belgya, G. Caspary: First results of the prompt gamma characterization of  $^{237}\text{Np}$ . NUKLEONIKA 2012;57(4):443–446

C. Genreith, M. Rossbach, E. Mauerhofer, T. Belgya, G. Caspary: Measurement of thermal neutron capture cross sections of  $^{237}\text{Np}$  and  $^{242}\text{Pu}$  using prompt gamma neutron activation. J Radioanal Nucl Chem, 296 (2013) 699-703.

C. Genreith, M. Rossbach, Zs. Revay, P. Kudejova: Determination of thermal (n, $\gamma$ ) cross sections of  $^{241}\text{Am}$  using cold neutron beam at FRM II. Submitted: Nucl. Data Sheets 2013

C. Genreith, M. Rossbach, Zs. Revay, P. Kudejova: Determination of (n, $\gamma$ ) Cross Sections of  $^{241}\text{Am}$  by PGAA. Proc. of Int. Conf. Nucl.Data Sci. Technol. March 4-8, 2013 New York, USA. Nucl. Data Sheets Vol. 119 (May 2014) 69-71

M. Rossbach, C. Genreith:  $^{241}\text{Am}$ : a difficult actinide for (n, $\gamma$ ) cross section measurement. In Proceedings of the ERINDA Workshop, CERN, Geneva, Switzerland, ed. E. Chiaveri, CERN-Proceedings-2014-002 (CERN. Geneva, 2014) 157-163.

M. Rossbach, C. Genreith, E. Mauerhofer, Zs. Revay, P. Kudejova, S. Söllradl, T. Belgya, L. Szentmiklosi, R.B. Firestone, A.M. Hurst, L. Bernstein, B. Sleaford, J.E. Escher: TANDEM: A mutual cooperation effort for TransActinide Nuclear Data Evaluation and Measurement. (2015) J. Radioanal. Nucl. Chem. 304:1359-1363.

C. Genreith: PhD Thesis, Partial Neutron Capture Cross Sections of Actinides using Cold Neutron Prompt Gamma Activation Analysis. Schriften des Forschungszentrums Jülich, Energie & Umwelt, Band 250.

T.H. Randriamalala, M. Rossbach, E. Mauerhofer, Zs. Revay, S. Söllradl: FaNGaS: A new Instrument for (n,n' $\gamma$ ) reaction measurement at FRM II. Nucl. Instr. Meth A 806 (2016) 370-377

Forschungszentrum Jülich GmbH: FaNGaS – Fast Neutron Gamma Spectroscopy instrument for prompt gamma signature of inelastic scattering reactions. Journal of Large Scale Research Facilities 1, A1 (2015) <http://dx.doi.org/10.9999/example-doi>

M. Rossbach, T. Randriamalala, E. Mauerhofer, Zs. Revay, S. Söllradl: Prompt and delayed inelastic scattering reactions from fission neutron irradiation – first results of FaNGaS. J. Radioanal. Nucl. Chem. DOI 10.1007/s10967-015-4665-5 (2016).

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Technische Universität München, Arcisstr. 21, 80333 München		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9052B</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Bestimmung und Validierung von nuklearen Daten von Actiniden zur zerstörungsfreien Spaltanalyse in Abfallproben durch prompt Gamma Neutronenaktivierungsanalyse (PGAA-Actinide FRM II)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.08.2012 bis 31.12.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 416.670,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. Neuhaus	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel der Messungen an ausgewählten Actiniden am PGAA Instrument des FRM II ist eine Quantifizierung von Wirkungsquerschnitten und Gamma-Linien mit hoher Präzision und Genauigkeit zusammen mit deren Entstehungswahrscheinlichkeit. Die Vermessung mit kalten Neutronen wird als Grundlagenbasis für die Messungen mit schnellen Neutronen an der geplanten PGAA Messstation mit Spaltneutronen an dem NECTAR Instrument des FRM II dienen. Weiter werden die durch Bestrahlung entstandenen Zerfallslinien in einer Zählkammer mit extrem niedrigem Untergrund detektiert, um so die Wirkungsquerschnitte und die prompte Gamma Strahlung von den Actiniden zu bestimmen.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Änderungen an aktuellem PGAA Instrument, um die µg-kleinen Proben in minimalen unvermeidbaren Untergrund messen zu können
- Entwurf, Konstruktion und Beschaffung der Zählkammer mit dem Detektionssystem
- Bestrahlung der Proben mit kalten Neutronen und Auswertung der Spektren

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die verbesserte Abschirmung aus boriertem PE für das FANGAS Instrument wurden hergestellt und am Instrument eingebaut. Aufgrund des komplexen Aufbaus haben die Umbauten bis in die lange Reaktorpause (Oktober 2015 bis April 2016) gedauert und das ertüchtigte Instrument wird erst im nächsten Reaktorzyklus vom April 2016 getestet und charakterisiert. Ein Satz von Lanthaniden wurde am FANGAS gemessen. Da beispielsweise Sm und Gd unterschiedliche Wirkungsquerschnitte für thermische (sehr hoch) und schnelle (mittelhoch) Neutronen aufweisen, wurden die Abschwächungskoeffizienten für unterschiedlichen Materialdicken durch die Messung bestätigt. Die Spektren wurden sorgfältig analysiert, leider konnten ganz feine Details nicht aufgelöst werden, da das Untergrundsignal bei der Messung noch zu hoch war.



Die neuen antimonfreien Blei-Kollimatoren und Bleiabschirmung für die Messungen von Actiniden am PGAA wurden hergestellt und werden installiert (Januar/Februar 2016). Die Actiniden können dann im nächsten Reaktorzyklus gemessen werden.

Das neuartige Material Kohlenstoffglas wurde vermessen und die Zusammensetzung als optimal für die Halterung der Actinidenproben festgestellt. Leider hat sich die Handhabung als schwierig gezeigt, da das Material sehr brüchig ist. Dadurch ist die Anwendung für Actinide eher eingeschränkt, dickere Plättchen sollten noch untersucht werden.

Die Daten von  $^{238}\text{U}$  werden noch analysiert.

#### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Obwohl das PGAA-Actinide Projekt mit Ende 2015 abgeschlossen ist, werden wir auf dem Thema weiterarbeiten und die beiden Methoden für die Actinidenmessung weiterentwickeln (wie schon im Punkt 3 erwähnt). Es besteht weltweit ein Bedarf an präzisen Daten, die FANGAS liefern kann. Beim Vergleich mit dem sogenannten Demidov Atlas von 1978 wurden viele Daten bestätigt, aber auch Linien aus dem Atlas die sich als falsch zugewiesen aufzeigen. Neue Linien wurden gefunden. Eine Publikation wird zu dem Thema vorbereitet und die Daten werden neu interpretiert.

#### **5. Berichte, Veröffentlichungen**

Randriamalala, TH; Rossbach, M; Mauerhofer, E; Revay, Z; Sollradl, S; Wagner, FM: FANGAS: A new instrument for (n, n' $\gamma$ ) reaction measurements at FRM II, Nucl Instrum and Meth A806 (2016) 370-377

Revay, Z.; Kudejova, P; Kleszcz, K; Sollradl, S; Genreith, C: In-beam activation analysis facility at MLZ, Garching, Nucl Instrum and Meth A799 (2015) 114-123

Rossbach, M ; Genreith, C; Randriamalala, T; Mauerhofer, E; Revay, Z; Kudejova, P ; Sollradl, S; Belgya, T; Szentmiklosi, L; Firestone, RB; Hurst, AM; Bernstein, L; Sleaford, B; Escher, JE: TANDEM: a mutual cooperation effort for transactinide nuclear data evaluation and measurement, J Radioanal Nucl Chem 304 (2015)135-1363

Revay, Z. ; Kleszcz, K.; Kudejova, P.: In-beam Activation Analysis at MLZ, Garching, 14th International Conference on Modern Trends in Activation Analysis (MTAA-14), Delft, the Netherlands, 23 - 28 Aug 2015 (Vortrag)

Matthias Rossbach, Tsitohaina Randriamalala, Zsolt Revay, Petra Kudejova, Stefan Soellradl, Christoph Genreith: Fission neutron PGAA from inelastic scattering reactions - first results of FaNGAS, 14th International Conference on Modern Trends in Activation Analysis (MTAA-14), Delft, the Netherlands, 23 - 28 Aug 2015 (Vortrag)

Tsitohaina Randriamalala, Matthias Rossbach, Zsolt Revay, Petra Kudejova, Stefan Soellradl, Christoph Genreith: Total Inelastic Scattering Cross Section of Fission Neutrons at FANGAS, 14th International Conference on Modern Trends in Activation Analysis (MTAA-14), Delft, the Netherlands, 23 - 28 Aug 2015 (Vortrag)

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 9062</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Technische, wirtschaftliche, soziale und politische Fragen durch den Rückbau eines Kernkraftwerks auf regionaler und lokaler Ebene – Analyse aktueller Beispiele in Baden-Württemberg zur Erstellung eines Zukunftsmodells (FoRK)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.10.2012 bis 31.01.2017	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 524.652,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Kramer	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Ziel des Forschungsprojektes ist die Untersuchung der Auswirkungen des Rückbaus von kerntechnischen Anlagen in den Bereichen Technik, Wirtschaft, Gesellschaft und Politik. Hierbei werden sowohl regionale als auch lokale Auswirkungen betrachtet (am Beispiel der Standorte Karlsruhe, Neckarwestheim, Philippsburg und Biblis). Es soll ein Modell zukünftiger Stilllegungen entwickelt werden, welches unter Vorgabe bestimmter Randbedingungen eine Prognose der möglichen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Folgen für die Bevölkerung und die Industrie ermöglicht. Die Umsetzung des Forschungsvorhabens erfolgt in Zusammenarbeit mit dem Institut für Technologie und Management im Baubetrieb, Abteilung Technologie und Management des Rückbaus kerntechnischer Anlagen, unter der Leitung von Herrn Prof. Dr.-Ing. Sascha Gentes.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Humangeographie: Humangeographisches Geländepraktikum in Karlsruhe in Zusammenarbeit mit lokalen Experten. Entwicklung eines Befragungsdesign für die unterschiedlichen Zielgruppen.
- AP1: Ingenieurwesen: Die Erfassung der derzeit im Rückbau befindlichen kerntechnischen Anlagen, hinsichtlich deren Projektlaufzeiten, geplanten Kosten und angewandten Techniken.
- AP2: Befragungen in den Untersuchungsgemeinden, unter Einbeziehung der verschiedenen Akteure und die gemeinsame Auswertung der Ergebnisse.
- AP3: Humangeographie: Weitere Experteninterviews in den betroffenen Gemeinden zur Vertiefung und Interpretation der in AP2 gewonnenen Ergebnisse geographischen Projektteil.
- AP3: Ingenieurwesen: Vergleich der Soll-Projektlaufzeiten und -kosten (AP1 Ing.) mit den Ist-Projektlaufzeiten und -kosten. Erfassung der sich daraus ergebenden Auswirkungen.
- AP4: Entwicklung eines Modellszenarios für Deutschland (in Form von Typenbildung) unter Berücksichtigung der vorgesehenen Abschalttermine aller Kernkraftwerke in Deutschland.
- AP5: Gemeinsamer Abschlussbericht und Fertigstellung der Dissertationen.

### **3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse**

AP5 Ingenieurwesen:

Nach weiterführenden Erhebungen wurden die mittels Experteninterviews erfassten Daten verschriftlicht und die Ergebnisse ausformuliert. Dabei wurde - wenn möglich - nach Personengruppen und Standort differenziert, es wurden Aussagen verglichen sowie gewonnene Datensätze graphisch dargestellt. Die gewonnenen Zwischenergebnisse wurden zur Weiterverarbeitung vorbereitet.

AP5 Humangeographie:

Quantitative Daten der Bevölkerungsbefragung wurden verschriftlicht und entsprechend graphisch dargestellt. Ein erster Teil des Abschlussberichts wurde angefertigt und für die Verarbeitung im weiteren Projektverlauf aufbereitet. Damit wurde ein Teil des AP5 bereits fertig gestellt und die Grundlagen für das AP4 für die Bearbeitung im Jahr 2016 gelegt, da hierfür alle Daten der verschiedenen Projektteile zur Verfügung stehen müssen. Des Weiteren konnte Herr Kretz das AP5 HG Dissertation abschließen.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Ingenieurwesen:

Zusammenstellung der gewonnenen Ergebnisse und weitere Untersuchungen hinsichtlich technischer Folgen beim Rückbau einer kerntechnischen Anlage. Erstellen von Prognosen für zukünftige Rückbauprojekte anhand der im Projekt gewonnenen Erkenntnisse und Beginn mit Anfertigung des Abschlussberichtes.

Humangeographie:

Qualitative Daten werden weiter ausgewertet und entsprechend verschriftlicht. Ziel ist die Interpretation der Ergebnisse zur Verwendung in Mixed Methods. Darüber hinaus werden anschließend gemeinsame Projektfragen aus den Ergebnissen der unterschiedlichen Instrumente beantwortet. Geplant ist weiterhin die Durchführung eines Szenarioworkshops auf Grundlage der Mixed Methods Ergebnisse. Ebenso stehen die weitere Koordination des Projektes und die Fortführung abschließender Arbeitspakete im Vordergrund.

### **5. Berichte, Veröffentlichungen**

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> AREVA GmbH, Paul-Gossen-Str. 100, 91052 Erlangen		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9072A</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Automatisierte Zerlegung von Reaktordruckbehältereinbauten mit Hilfe von Unterwasser-Robotertechnik (AZURo)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.10.2012 bis 31.03.2016	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 2.374.890,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Oberhäuser	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Beim Rückbau von Kernkraftwerken findet die Zerlegung und Verpackung der Einbauten des Reaktordruckbehälters aus radiologischen Gründen unter Wasser statt. Diese Arbeiten sind zu einem großen Teil durch sich häufig wiederholende Routinetätigkeiten geprägt. In der Vergangenheit wurde dies mittels fernhantierter Werkzeuge weitgehend manuell durchgeführt. Eine entsprechende Automatisierung bzw. robotergestützte Handhabung ist derzeit nicht verfügbar.

Ziel des Forschungsvorhabens ist daher die Qualifizierung einer flexiblen Roboteranwendung für den (semi-)automatisierten Unterwasser-Einsatz zur Handhabung, Zerlegung und Messung von Reaktordruckbehältereinbauten.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

TP1: Grundlagen, Auswahl, Beschaffung

- AP1.1 Spezifikation und Anforderungsanalyse
- AP1.2 Beschreibung der Anwendung
- AP1.3 Sicherheits- und Risikobewertung; Interventionskonzept
- AP1.4 Auswahl Roboter
- AP1.5 Beschaffung Roboter

TP2: Software und Steuerungsumgebung (Entwicklung und Implementierung)

- AP2.1 Simulationsumgebung und GUI
- AP2.2 Sensorintegration und Lageerkennung
- AP2.3 Intelligente Automatisierungsmethoden, Paket 1
- AP2.4 Intelligente Automatisierungsmethoden, Paket 2

TP3: Vorbereitung der Qualifizierung

- AP3.1 Vorbereitung der Qualifizierungsumgebung
- AP3.2 Inbetriebnahme und Vorversuche

TP4: Qualifizierung

- AP4.1 Qualifizierung an Luft
- AP4.2 Qualifizierung unter Wasser
- AP4.3 Qualifizierung des Gesamtsystems

TP5: Dokumentation

- AP5.1 Zusammenfassung und Dokumentation der Ergebnisse

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1.3: Der dokumentenbasierte Teil der Qualifikation des Roboters wurde fortgeführt.
- AP1.4: Die Inbetriebnahme der Linearachse und Integration in die Gesamtautomatisierung wurde fortgeführt.
- AP2.2, 2.3, 2.4: Erkannte Optimierungspotentiale wurden aufgenommen und es wurde begonnen, Konzepte für eine Verbesserung zu erarbeiten.
- TP4: Ein exemplarischer automatisierter Gesamtprozess inkl. Einrichten eines Arbeitsplatzes unter Wasser wurde wiederholt erfolgreich in Einsatzprüfung getestet. Optimierungspotentiale wurden erkannt und dokumentiert.
- TP5: Die Gesamtdokumentation des Projekts wurde fortgesetzt.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1.3: Der dokumentenbasierte Teil der Qualifikation des Roboters für den Einsatz in Kernkraftwerken wird abgeschlossen.
- AP1.4: Die Inbetriebnahme der Linearachse und Integration in die Gesamtautomatisierung ist abzuschließen.
- AP2.2, 2.3, 2.4: Abschließen der Konzepte zur Verbesserung und Dokumentation.
- TP4: Abschließen der Konzepte zur Verbesserung und Dokumentation.
- TP5: Die Gesamtdokumentation des Projekts wird fortgesetzt und abgeschlossen.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V., Hansastr. 27c, 80686 München		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9072B</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Automatisierte Zerlegung von Reaktordruckbehältereinbauten mit Hilfe von Unterwasser-Robotertechnik (AZURo)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.10.2012 bis 31.03.2016	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 679.817,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Berger	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Beim Rückbau von Kernkraftwerken findet die Zerlegung und Verpackung der Einbauten des Reaktordruckbehälters aus radiologischen Gründen unter Wasser statt. Diese Arbeiten sind zu einem großen Teil durch sich häufig wiederholende Routinetätigkeiten geprägt. In der Vergangenheit wurde dies mittels fernhantierter Werkzeuge weitgehend manuell durchgeführt. Eine entsprechende Automatisierung bzw. robotergestützte Handhabung ist derzeit nicht verfügbar.

Ziel des Forschungsvorhabens ist daher die Qualifizierung einer flexiblen Roboteranwendung für den teilautomatisierten Unterwasser-Einsatz zur Handhabung, Zerlegung und Vermessung von Reaktordruckbehältereinbauten.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

TP1: Grundlagen, Auswahl, Beschaffung

- AP1.1 Spezifikation und Anforderungsanalyse
- AP1.2 Beschreibung der Anwendung
- AP1.3 Sicherheits- und Risikobewertung; Interventionskonzept
- AP1.4 Auswahl Roboter
- AP1.5 Beschaffung Roboter

TP2: Software und Steuerungsumgebung (Entwicklung und Implementierung)

- AP2.1 Simulationsumgebung und GUI
- AP2.2 Sensorintegration und Lageerkennung
- AP2.3 Intelligente Automatisierungsmethoden, Paket 1
- AP2.4 Intelligente Automatisierungsmethoden, Paket 2

TP3: Vorbereitung der Qualifizierung

- AP3.1 Vorbereitung der Qualifizierungsumgebung
- AP3.2 Inbetriebnahme und Vorversuche

TP4: Qualifizierung

- AP4.1 Qualifizierung an Luft
- AP4.2 Qualifizierung unter Wasser
- AP4.3 Qualifizierung des Gesamtsystems

TP5: Dokumentation

- AP5.1 Zusammenfassung und Dokumentation der Ergebnisse

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

#### AP2.2: Sensorintegration und Lageerkennung

Das Kamerasystem wurde an eine überlagerte PC-basierte Steuerung mit einer Simulationssoftware mit Kollisionsdetektion angebunden. Das Kamerasystem kann auf Basis eingelernter Bilder Objekte und deren Position detektieren. Diese Information wird an die Simulation weitergeleitet, welche ein Modell des Roboterarbeitsraums anpasst. Damit werden drohende Kollisionen des Roboters mit der Umgebung erkannt und verhindert. Zudem wird kamerabasiert die Robotertrajektorie an die Pose des Greifguts anpasst.

#### AP4.3: Qualifizierung des Gesamtsystems

Die Qualifizierung des vorhergehend dargestellten Systems erfolgte mit dem Stäubli-Roboter, welcher aus Eigenmitteln der Projektgruppe finanziert wurde. Dieser fuhr verschiedene Ziele in einer verkleinerten Rückbau-Umgebung an und passte seine Pose an die Ist-Pose des Greifguts an. Die Auswertung dieser Versuche hat ergeben, dass das System Optimierungspotenzial in den Bereichen der Effizienz und der Zuverlässigkeit aufweist, welche im Punkt „4. Weitere geplante Tätigkeiten“ AP2.4 erläutert werden.

#### AP5.1: Dokumentation

Es wurde begonnen, eine abschließende Dokumentation zu erstellen. Diese beschreibt die technischen Details des Systems und gibt Hinweise zu dessen Bedienung. Dadurch soll der Wissenstransfer nach dem Projektende sichergestellt werden.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Die weiteren geplanten Tätigkeiten werden im Rahmen der vom BMBF genehmigten Mittelaufstockung durchgeführt.

#### AP2.4: Intelligente Automatisierungsmethoden, Paket 2

Zur Optimierung des Kamerasystems wird in einem ersten Schritt ein entsprechendes Portfolio ermittelt, beispielsweise eine Anpassung der Software. Danach erfolgt eine vereinfachte Umsetzung mit anschließender Bewertung. Sollte diese eine Optimierung aufzeigen, werden diese final umgesetzt und in das bestehende System integriert.

#### AP4.3: Qualifizierung des Gesamtsystems

Es sollen aus den vorhergehenden Analysen des AP4.3 gewonnene Erkenntnisse in eine Gesamtmethodik zur Prozessplanung überführt werden. Das Ziel ist es, für den Einsatz des AZURo-Systems den Automatisierungsgrad auslegen zu können. Neben den theoretischen Arbeiten soll auch eine Validierung am Versuchsträger in Augsburg und die Erfahrungen im Kernkraftwerk Biblis in die Methodik miteinfließen.

#### AP5.1: Dokumentation

Die Dokumentation, welche teilweise erstellt wurde, wird bis zum Projektende finalisiert werden.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Es wurde eine Bewerbung des AZURo-Systems als Leitprojekt des Kompetenzzentrums Umwelt (KUMAS) eingereicht.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Technische Universität Clausthal, Adolph-Roemer-Str. 2a, 38678 Clausthal-Zellerfeld		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 9082A</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen (ENT-RIA)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.01.2013 bis 31.12.2017	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 11.426.652,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Röhlig	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Forschungsplattform ENTRIA befasst sich mit Optionen zur Entsorgung hochradioaktiver (wärmentwickelnder) 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. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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 Arbeitspakete)
Transversalprojekt:	Technikfolgenabschätzung und Governance (4 Arbeitspakete)
Transversalprojekt:	Ethisch-moralische Begründung, rechtliche Voraussetzungen und Implikationen (2 Arbeitspakete)
Transversalprojekt:	Interdisziplinäre Risikoforschung (6 Arbeitspakete)
Vertikalprojekt:	Endlagerung in tiefen geologischen Formationen ohne Vorkehrungen zur Rückholbarkeit (wartungsfreie Tiefenlagerung) (3 Arbeitspakete)
Vertikalprojekt:	Einlagerung in tiefen geologischen Formationen mit Vorkehrungen zur Überwachung und Rückholbarkeit (7 Arbeitspakete)
Vertikalprojekt:	Oberflächenlagerung (3 Arbeitspakete)

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Transversalprojekte, u. a.:

- Viertes Projekttreffen, AP-Leiter-Klausur
- Diskussionspapier zur interdisziplinären Arbeit und Synthese
- Exkursion zu GNS-Betriebsstätten und Zwischenlager Ahaus
- Start des regelmäßigen Versands eines internen Newsletters
- Durchführung und Aufzeichnung der ENTRIA-Ringvorlesung „Kernenergie und Brennstoffkreislauf“
- Entnahme und Untersuchung von Unterbodenproben zum Iodtransfer in der Natur



- Aufziehen von Erbsen- und Kartoffelpflanzen in Pu-kontaminierten Nährlösungen sowie in unkontaminierter Kontroll-Nährlösung
- Beginn der Strahlungsfeldmodellierung für generische Endlagerbehälter in allen Wirtsgesteinen
- Abschluss der Datenerhebung zu den Leitfadeninterviews mit Anwohnern möglicher Standorte
- Referenzoptionen: Beispielhafte Identifizierung von Robustheitsdefiziten der Sicherheitsfunktionen

Vertikalprojekte, u. a.

- Visualisierung der mit dem Simulator TOUGH2 berechneten zeitabhängigen Radionuklidenausbreitung
- Erarbeitung von Grundwasserströmungsszenarien zur probabilistischen Bewertung
- Auswirkung der Wärmeentwicklung eingelagerter HAW auf die Auslegung von Tiefenlagern mit Rückholbarkeit sowie Analyse der Offenhaltungsdauer eines Hohlraums in Steinsalz: Temperatur- und mechanische Berechnungen mittels FLAC3D
- Szenario-Entwicklung zur Einschätzung der Betriebs- und Langzeitsicherheit zur Tiefenlagerung
- Erstellung eines generischen Behältermodells zur langfristigen Oberflächenlagerung
- Diskussion generischer Behälterkonzepte (ENCON) im Rahmen eines interdisziplinären Workshops
- Spezifizierung von FE-Modellen für Stahlbeton unter hochdynamischen Lasten (z. B. Impaktvorgang)

#### 4. Geplante Weiterarbeiten

Transversalprojekte, u. a.

- Abschluss: Bewertungsgrundlagen für einen Optionenvergleich
- Etablierung der Reihe „ENTRIA-Arbeitsberichte“
- Durchführung von Speziationsuntersuchungen mittels sequenzieller Extraktion am Bodenmaterial
- Untersuchung weiterer Pu-Konzentrationen
- Einfluss von organischen Liganden auf die Radionuklidenaufnahme
- Buchbeitrag zu den Interessen von Kommunen und Bürgern in der Endlagere Governance

Vertikalprojekte, u. a.

- Numerische Analyse der Offenhaltungsdauer eines Hohlraums in Ton und Tonstein
- TM-gekoppelte Berechnung und Analyse von Einlagerungstrecken in der Betriebsphase eines Tiefenlagers mit Rückholbarkeit mittels GiD-CODE\_BRIGHT
- Ausarbeitung des ENCON-Referenzkonzepts
- Betrachtung hochdynamischer Belastungszustände mittels expliziter FEM: Implementierung und Gegenüberstellung weiterer Materialmodelle und zunehmende Spezifizierung der Berechnung

#### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Driftmann, C.; Josipovic, N. (2015): Beratung und Wissensmanagement bei der Entsorgung radioaktiver Reststoffe. BWV Berliner-Wissenschaft. Berlin.

Kreusch, J.; Neumann, W. (2015): Vergleichende Bewertung von Referenzoptionen mit Hilfe von Sicherheitsfunktionen, Systemrobustheiten, Robustheitsdefiziten sowie der Risiken menschlichen Handelns. Interner Arbeitsbericht, September 2015.

Li, Xiaoshuo (2015): Entwicklung der Softwareplattform RESUS: Repository Simulation, Uncertainty propagation and Sensitivity Analysis, Dissertation, TU Clausthal.

Neumann, W. (2015): Recherche für das zu berücksichtigende Radioaktivitätsinventar bei den ENTRIA-Referenzoptionen. Bericht für die ENTRIA-Vertikalprojekte, 10.08.2015.

Röhlig, K.-J.; Hocke, P.; Smeddinck, U.; Walther, C. (2015): Das ENTRIA-Projekt – Ausgewählte disziplinäre und interdisziplinäre Forschungsthemen, Mining Report Glückauf 2015, S. 211 – 222.

Stahlmann, J.; Mintzflaff, V.; León Vargas, R. (2015): Generische Tiefenlagermodelle mit Option zur Rückholung der radioaktiven Reststoffe: Geologische und Geotechnische Aspekte für die Auslegung. ENTRIA-Arbeitsbericht-03.

Stahlmann, J.; Missal, C.; Gährken, A. (2015): Interaktionen zwischen Abdichtungsbauwerk und Wirtsgestein im Steinsalz. Bautechnik 92(5), S. 370-376.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Freie Universität Berlin, Kaiserwerther Str. 16-18, 14195 Berlin		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9082B</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen (ENT-RIA)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.01.2013 bis 31.12.2017	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 997.176,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Schreurs	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel ist die politik- und sozialwissenschaftliche Analyse der Entwicklung einer Endlagerungsstrategie für nukleare Abfälle in Deutschland. Einen Schwerpunkt bildet die Analyse von Akzeptanzproblemen und Konfliktlagen sowie deren Regelungsmechanismen. Ferner wird eine international vergleichende Analyse von Endlagerungs-Governance durchgeführt.

Das Teilprojekt ist in den Transversalprojekten „Koordination und Kommunikation“ sowie „Technikfolgenabschätzung und Governance“ verankert. Die Module 1 und 4 werden 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.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Akteurs-Analysen (gemeinsam mit ITAS)  
 AP2: Akzeptanz und Konflikte  
 AP3: Governance im Mehr-Ebenen-System  
 AP4: Endlagerungskonzepte und Optionen im internationalen Vergleich  
 AP5: Politikinstrumente und Institutionen

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die Arbeit an allen Modulen wurde fortgesetzt.

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 zu Problemlösungen gibt. Dazu wurden die relevanten Hauptakteure identifiziert, ein Kriterienraster für die Analyse entwickelt und die Charakteristika der Akteursgruppen synoptisch dargelegt. Auf 180 Seiten werden 220 Akteure beschrieben, die Veröffentlichung wird im ersten Quartal 2016 erfolgen. Ein erster darauf aufbauender Artikel ist Ende 2015 in Vorbereitung.

Im M 2 wurden im Hinblick auf Akzeptanz- und Konfliktkonstellationen im internationalen Vergleich eine umfassende Materialsammlung aller einschlägigen Umfragedaten und Studien durchgeführt. Die Ergebnisse dieser „desk research“ wurden zusammengefasst, so dass Ende 2015 für den internen Gebrauch der Arbeitsgruppe eine fundierte Übersicht zu vorliegenden empirischen Daten nach Ländern vorliegt. Nun werden unterschiedliche Formate eruiert, um die Analyse zu vertiefen und die Ergebnisse einer breiteren Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen. Am 31. August und 1. September 2015 fand in Salzburg der internationale Workshop “Deconstructing „acceptance“ – Siting of radioactive waste repository from societal and scientific perspectives” statt. Die Präsentationen sind auf der FFU Webseite veröffentlicht. Eine Zusammenstellung der wichtigsten Inhalte der Fachvorträge sowie eine Zusammenfassung der Diskussionsergebnisse befinden sich derzeit in der Bearbeitung. Es wird angestrebt, diese in Form eines Entria-Arbeitspapiers einer breiteren Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen.

Ferner wurde die Planung der internationalen Konferenz über Konflikt- und Akzeptanzfragen fortgesetzt, die im Herbst 2016 in Berlin stattfinden soll.

Im M 3 wurde mit einem Schwerpunkt auf der Situation in der Bundesrepublik Deutschland der Governance-Begriff in der Monographie „Ewigkeitslasten“ aufbereitet, die auf 150 Seiten eine allgemeine Einführung in die Problematik der Entsorgung radioaktiver Reststoffe bietet (Brunnengräber 2015). Wahrnehmung und Deutung von Problemen, die Verteilung von Kompetenzen, Ressourcen, Aufgaben und letztendlich von Entscheidungsbefugnissen auf unterschiedliche Handlungsebenen (national, sub-national oder international) sowie die stoffliche Seite des Problems werden in diesem Buch in einem Wirkungszusammenhang betrachtet und entsprechend analysiert. Die Arbeit am Sammelband „Problemfälle Endlager“ (Arbeitstitel) wurde fortgeführt. Das Buch soll im Frühjahr 2016 erscheinen.

Im M 4 wurden Governance-Konzepte und Formen von Öffentlichkeitsbeteiligung in verschiedenen Ländern gesichtet, ausgewertet und analysiert. Es wurden weitere Fact Sheets zusammengestellt, die im Entwurf vorliegen und mit nationalen ExpertInnen abgestimmt werden. Die Arbeit am Sammelband „Nuclear Waste Governance. An International Comparison. Band II“ ist in einer fortgeschrittenen Phase. Das Buch analysiert die Endlager-Governance in extra-Europäischen Ländern sowie in Ländern, die nicht im ersten Band erfasst wurden (insgesamt 14 Fallstudien) und wird voraussichtlich im Herbst 2016 im Springer Verlag veröffentlicht.

Im M5 werden 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. Die Arbeit hat sich auf die teilnehmende Beobachtung der Aktivitäten der Endlagerkommission fokussiert und das FFU hat an allen Kommissionssitzungen teilgenommen. Zur weiteren Reflexion über diese Beobachtungen ist eine Publikation (evtl. auch eine Reihe von kürzeren Artikeln) geplant. Hierfür werden derzeit die relevanten theoretischen Grundlagen sondiert und empirische Daten gesichtet. Es ist geplant, den Fokus auf zwei Aspekte zu richten: zum einen auf die Öffentlichkeitsbeteiligung an der Kommissionsarbeit (Anspruch und Wirklichkeit) und zum anderen auf die Konfliktlinien innerhalb der Kommission.

#### **4. Geplante Weiterarbeiten**

In den nächsten sechs Monaten sind folgende Aktivitäten geplant:

- M1: Weiterführung der Akteursanalyse und Veröffentlichung; Publikationen.
- M2: Vorbereitung und Durchführung einer internationalen Konferenz über Konflikte und Akzeptanz, die im Herbst 2016 in Berlin stattfinden soll. Die Ergebnisse werden in einen Sammelband einfließen, der 2017 erscheinen wird.
- M4: Fertigstellung von weiteren Fact Sheets (Slowakei, Finnland, usw.). Publikation mit einer ersten Sammlung von 12-14 Fact Sheets. Veröffentlichung des Buches „Nuclear Waste Governance. An International Comparison Vol. II“ (Springer VS). Als Synthese der Erkenntnisse aus diesen beiden Bänden ist ein dritter Sammelband geplant, der eine ergänzende vergleichende Analyse der Länderstudien liefern wird.
- M5: Artikel über die Arbeitsweise der Endlager-Kommission und Artikel zum Verhältnis Regulator/Operator. Publikation über Freiwilligkeit und Kompensationen.

#### **5. Berichte, Veröffentlichungen**

Brunnengräber, A.; Mez, L.; Schreurs, M. (2015): Das Endlager-Dilemma. Über den Umgang mit Atommüll, in: Jahrbuch Ökologie 2016, Stuttgart: Hirzel, S. 182-190.

Brunnengräber, A. (2015): Ewigkeitslasten. Die „Endlagerung“ radioaktiver Abfälle als soziales, politisches und wissenschaftliches Projekt, Baden-Baden: edition sigma / Nomos.

Di Nucci, M. R.; Isidoro Losada, A. M.; Brunnengräber, A. (2015): From the "right to know" to the "right to object". A comparative Perspective on Participation and Acceptance in Siting Procedures for HLW Repositories. Manuskript (in Peer Review Verfahren).

Häfner, D. (2016): Die Politikwissenschaft und Nuclear Waste Governance, in: Chaudry, S.; Kuppler, S. Smeddink, U. (2016): Interdisziplinarität bei der Entsorgung radioaktiver Reststoffe, Springer VS (Im Erscheinen).

Häfner, D. (2016/): Screening der Akteure im Bereich der Endlagerstandortsuche für radioaktive Reststoffe in der Bundesrepublik Deutschland (Im Erscheinen).

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Christian-Albrechts-Platz 4, 24118 Kiel		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9082C</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen (ENT-RIA)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.01.2013 bis 31.12.2017	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 572.604,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Ott	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Aufgabe des Transversalprojektes und der einzelnen Teilprojekte ist eine umfassende ethische Explikation und Beförderung von Rechtfertigungsrationale für eine konsensuale Endlager-suche. Dazu zählen 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 dar. Unter demokratietheoretischen Gesichtspunkten sollen ferner Konfliktbearbeitung und der Umgang mit Dissensen verbessert werden, um die Legitimität von Entscheidungen zu erhöhen.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- 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 Ergebnisse

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.  
Wissenschaftliche Nachbereitung des Bürgerforums in interner Dokumentation. M. Riemann, J. Pohlers

Ausarbeitung eines interdisziplinär-wissenschaftstheoretischen Arbeitspapiers zur Entwicklung von Bewertungsgrundlagen. K. Ott, M. Riemann

Teilnahme an der Anhörung von Bürgerforumsteilnehmern in der AG I der Kommission

Mitgestaltung des 4. ENTRIA-Jahrestreffens in Braunschweig durch

- Vortrag und Redaktionsarbeit zum Grundlagentext, K. Ott
- Gegenrede zur wartungsfreien Tiefenlagerung, M. Riemann

Verfassen des Zwischenberichtes zur Evaluation

Abfassen eines wissenschaftlichen Beitrags zur Beteiligung von Nicht-Betroffenen für den Sammelband „Problemfälle Endlager“ (Hg. A. Brunnengräber et al.) K. Bimesdörfer, S. Oerding, M. Riemann

Planung und Durchführung eines Werkstattgesprächs zu Freiwilligkeit an der TU Braunschweig. Vortrag zu „Freiwilligkeit und Bereitschaft“ K. Ott/M. Riemann. Kooperationsveranstaltung des TP 3 unter Leitung von U. Smeddinck.

Konzeption eines disziplinären wissenschaftlichen Beitrages zu Gerechtigkeitsnormen bei der langfristigen Oberflächenlagerung, M. Riemann

Konzeption eines interdisziplinären wissenschaftlichen Beitrages zur langfristigen Oberflächenlagerung, H. Budelmann, K. Ott  
(Kooperation mit VP 7)

Einstellung von Julia Pohlers als wissenschaftlicher Mitarbeiterin zum 01.02.2016

### 4. Geplante Weiterarbeiten

2 Beiträge zur Oberflächenlagerung

Herausgabe und Verfassen eines Tagungsbandes zu Freiwilligkeit

Konzeption einer DELPHI-Studie

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Köhnke, D.; Riemann, M. (2015): Interdisziplinarität als Induktion. Von Ingenieuren und Philosophen. In: Smeddinck, U.; Chaudry, S.; Kuppler, S. (Hrsg.) (i.E.): Inter- und Transdisziplinarität bei der Entsorgung radioaktiver Reststoffe. Wiesbaden.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Sondervermögen Großforschung beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9082D</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen (ENTRIA)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.01.2013 bis 31.12.2017	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 1.431.310,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. Hocke-Bergler	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Suche nach innovativen Sachlösungen bei den 3 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. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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 und AP-übergreifende Kooperation
ITAS-F:	Explorative TA-Mikrostudien
ITAS-G:	Ausbildung

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- ITAS-A / Governance 1: Fortschreibung der Grundkonzeption und Vertiefung der Fragen zum aktuellen Stand der sozialwissenschaftlichen Partizipationsforschung: Erarbeitung eines Berichts zum Stand der Partizipationsforschung und darauf aufbauend zwei Vorträge zu diesem Thema:  
1. ENTRIA-Jahrestreffen in Braunschweig, 04.11.2015 (M. Mbah) und 2. auf der Abschlusskonferenz des ENGAGE 2020 Projekts, 10.11.2015 (M. Mbah / P. Hocke).
- ITAS-B / Governance 2: Weiterentwicklung der Konzeptidee von Langzeitinstitutionen, technischem Monitoring und Long-term Stewardship in Zusammenarbeit mit einem interdisziplinären Team aus ENTRIA-Partnern. Überarbeitung des Papers, das im Februar 2015 auf der PACITA-Konferenz vorgestellt wurde, für die Konferenz-Proceedings (erscheint Anfang 2016); weitere Ausarbeitung des Originalmanuskripts zur Veröffentlichung in einem wissenschaftlichen Fachjournal in Vorbereitung (S. Kuppler / P. Hocke). Konkretisierung und Planung des ENTRIA-Workshops zum Thema „Technisches Monitoring und Long-term Governance“, welcher vom 18.-19.10.16 am ITAS stattfinden wird (Einladung der Keynotes, weitere Ausarbeitung des Exposés).
- ITAS-C / Auswege aus klassischen Dilemmata der Entscheidungsfindung: Erstes Vorbereitungstreffen für die Fokusgruppen, die im Sommer 2016 durchgeführt werden, gemeinsam mit assoziierten ENTRIA-KollegInnen (P. Hocke / S. Kuppler / M. Mbah / T. Fleischer). Festlegung des analytischen Fokus, Entscheidung über den Teilnehmerkreis und Auswertungsstrategie.

- ITAS-D / Kooperation ITAS und FU Berlin: Vertiefung der Fallstudie zu Schweden im Rahmen einer ENTRIA-Promotion im ITAS-Team (N. Wulf) (Erstellen eines Factsheets, Abschluss des Exposés, Vorbereitung der ersten explorativen Interviews). Durchführung explorativer Interviews zu „Expertendissens und technische Vielfalt“ sowie zu Partizipation im Schweizer Sachplanverfahren in der Schweiz. Verfassen eines Beitrags zum Thema „Vergleichsfall(e) Schweiz“ für einen von A. Brunnengräber herausgegebenen Sammelband „Problemfall(e) Endlager“ (S. Kuppler). Dissertation zu „Effekte deliberativer Ereignisse in der Endlagerpolitik“ an der Universität Stuttgart eingereicht (S. Kuppler).
- ITAS-E / Gemeinschaftsaufgaben und akademische Selbstorganisation: Sprechertätigkeit P. Hocke (Vertreter der NTH-externen Projektteams); ENTRIA-Zwischenbericht 2013-2015: Federführung bei der Konzeptentwicklung dieses Zwischenberichts, Autor der systematisierten Bilanz der ITAS-Ergebnisse und Koautor bei der Einführung des Gesamtberichtes; der Zwischenbericht ist inzwischen beim BMBF eingereicht. Im Rahmen der TP2-Leitung durch P. Hocke weitere Überarbeitung des interdisziplinären ENTRIA-Papiers zum Thema „Grenzwerte“; Herausgebertätigkeiten für den Sammelband zum Thema „Inter- und Transdisziplinarität“ (Kommentierung der Beiträge, Verfassen der Einleitung) (S. Kuppler). Vorbereitung des ENTRIA-Bearbeitertreffens, welches vom 14.-17.3.16 am ITAS stattfinden wird (M. Mbah / N. Wulf / S. Kuppler). Vier Beiträge zum ENTRIA-Jahrestreffen in Braunschweig (4.-6.11.15) (M. Mbah / P. Hocke / S. Kuppler / N. Wulf).
- Modul ITAS-F / Explorative TA-Mikrostudie: Weitere Überarbeitung des Manuskripts mit dem Thema „Bergwerk als technologisches Artefakt“ nach Kommentierung im Rahmen des ENTRIA-internen Review-Prozesses (M. Mbah) (im Erscheinen / 2016) sowie ein Vortrag zu diesem Thema auf der STS-Konferenz „Living in Technoscientific Worlds“ in Wien, 4.12.15 (M. Mbah).
- Modul ITAS-G / Ausbildung: Vorlesung zu „Government and Participation in Technological Conflicts“ im Rahmen des Projekts GENTLE, 29.6.-3.7.15 (P. Hocke); Modul im Rahmen des ITAS-Doktorandenbegleitprogramms zu Partizipation (am Beispiel Entsorgung hoch radioaktiver Abfälle) (Gesamtteam).

#### 4. Geplante Weiterarbeiten

- ITAS-A: Veröffentlichung der Studie zum Stand der aktuellen Partizipationsforschung als ENTRIA-Arbeitspapier.
- ITAS-B: Fortsetzung der Analysen zu Long-term-Stewardship, Langzeitinstitutionen und Expertendissens, Organisation des Workshops.
- ITAS-C: Vorbereitung und Durchführung der Fokusgruppen.
- ITAS-D: Fortsetzung der Schweiz-Analyse, Durchführung erster explorativer Interviews und Planung der Empirie sowie Vertiefung des theoretisch-konzeptionellen Rahmens für die Schweden-Studie.
- ITAS-E: Weitere Vorbereitung und Durchführung des ENTRIA-Bearbeitertreffens am ITAS; Veröffentlichung des Papiers zum Thema „Grenzwerte“ als ITAS-ENTRIA-Arbeitspapier.

#### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Hocke, P. (2015): Erweiterte Öffentlichkeitsbeteiligung bei der nuklearen Entsorgung. Deutschland und Schweiz im Vergleich. In: Bogner, A.; Decker, M.; Sotoudeh, M. (Hg.): Responsible Innovation. Neue Impulse für die Technikfolgenabschätzung. edition sigma: Berlin 2015, S. 185-195

Kuppler, S.; Hocke, P. (2015): “Enabling” public participation in a social conflict. The role of long-term planning in nuclear waste governance. Karlsruhe: ITAS-ENTRIA-Arbeitsbericht 2015-02, 18 Seiten

Wulf, N. (2015): Die schwedische Endlagersuche: Zur Kommunikation von Wissen und Nichtwissen. Exposé des Dissertationsvorhabens. Karlsruhe: ITAS-ENTRIA-Arbeitsbericht 2015-03, 12 Seiten

Wulf, N. (zus. mit F. Wittstock und Y. Kühl) (2015): Auf Augenhöhe? Beteiligung lernen in der Endlagerdebatte. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis H. 3 (2015), S. 132-136

Wittstock, F. (2015): Die nuklearkritische Opposition im Kontext der Endlagersuche. Überlegungen zum aktuellen Stand und Vorschläge für weitere Untersuchungen. Karlsruhe: ITAS-ENTRIA-Arbeitsbericht 2015-04, 19 Seiten

Zu Veröffentlichungen im Erscheinen oder in Vorbereitung siehe Punkt 3.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Sondervermögen Großforschung beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9082E</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen (ENT-RIA)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.06.2013 bis 31.12.2017	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 1.658.997,00EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Geckeis	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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 Ergebnisse

INE Mitarbeiter nahmen mit Beiträgen am ENTRIA-Behälterworkshop in Hannover (Oktober 2015) und am vierten ENTRIA-Jahrestreffen in Braunschweig (November 2015) teil.

#### AP4.4: Status:

Für die in der Anfangsphase des Projektes abgeleiteten (generischen) geochemischen Randbedingungen für Tiefenlagerung wurden orientierende Höchstkonzentrationen für endlagerrelevante Elemente mittels geochemischer Modellrechnung abgeleitet (Radionuklid-Quellterme). Simulationen zur Radionuklid- und -ausbreitung im Tiefenlager Tonstein (mit Rückholbarkeitsoption) konnten für ausgewählte Radionuklide erfolgreich durchgeführt werden. J. Schepperle erweiterte im Rahmen seiner Dissertation die Untersuchungen auf oxidierende Bedingungen und beteiligte sich an der Vorbereitung des ENTRIA-Bearbeitertreffens in Karlsruhe (März 2016).

#### AP4.5: Status:

Monte Carlo Rechnungen mit MCNP6 wurden zur Simulationen von Neutronen- und Photonenstrahlenfelder um POLLUX-Behälter mit abgebranntem UO<sub>2</sub>-MOX-Brennstoff durchgeführt. Hierbei wurde die Strahlenexposition eines menschlichen Phantoms im Nahbereich eines POLLUX-Behälters in einer Steinsalzstrecke simuliert, um Tiefpersonendosen im Phantom zu erlangen. Erste Abschätzung zum Einlagerungsbetrieb eines POLLUX-Behälters und Monte-Carlo Simulationen zu Albedoneutrosimometern als mögliche individuelle Überwachungseinrichtung in einen Tiefenlager wurden durchgeführt. Präsentationen der Ergebnisse erfolgten und erfolgen durch H. Saurí Suárez auf dem Doktorandenworkshop in Braunschweig (Oktober 2015) und an der Jahrestagung Kerntechnik 2016.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

AP4.4: Ableitungen zu den Radionuklidquelltermen sollen in der ersten Jahreshälfte 2016 abgeschlossen werden (einschließlich Abschätzung von Höchstkonzentrationen für Oberflächenlagerung sowie für langlebige Spalt- und Aktivierungsprodukte). Gekoppelte Transportrechnungen für ein Endlager-system in Tonstein (mit Rückholbarkeitsoption) werden auf weitere Radionuklide ausgedehnt. Weiterhin sollen auch entsprechende Simulationen für die anderen Tiefenlagerkonzepte durchgeführt werden. Parallel dazu ist mit dem Abschluss der experimentellen Arbeiten (J. Schepperle) sowie dem Beginn der Auswertung der entsprechenden Daten zu rechnen.

AP4.5: Es wurden Vorbereitungen getroffen, um Simulationen von Neutronen- und Photonenstrahlenfeldern experimentell zu überprüfen. Um einen möglichst präzisen Vergleich zwischen Messungen und Simulationen zu erlangen, ist der Einsatz von Neutronenquellen mit bekannten Aktivitäten z. B. Cf-252 oder eines Neutronengenerators vorgesehen. Einige Unsicherheitsfaktoren der Simulationen, z. B. Ungewissheiten der MCNP6 „Cross-Section Libraries“ oder im mittleren Abfallinventar, werden durch Modellrechnungen untersucht. Dadurch können relative Simulationsfehler des Strahlenfeldes bzw. der Personendosis abgeschätzt werden. Die entwickelte Methodologie wird auf die drei untersuchten Optionen (Tiefenlagerung mit/ohne Rückholbarkeit und Langzeit-Zwischenlagerung) angewandt, um Daten für einen Optionenvergleich bereitzustellen.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Bo Pang, Héctor Saurí Suárez, Frank Becker (2015): Individual dosimetry in final disposal repository of heat-generating nuclear waste; International Conference on Individual Monitoring of Ionising Radiation (IM 2015); Bruges, Belgien.

Héctor Saurí Suárez, Bo Pang, Frank Becker (2015): Monte-Carlo Calculations of the radiation field in a rock salt horizontal emplacement gallery of an underground nuclear waste disposal facility; in Annual Meeting Nuclear Technology 2015 (AMNT 2015), Berlin.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 9093A</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.10.2013 bis 30.09.2017	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 1.040.856,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Gentes	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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 einem angeregten Hinterschneidverfahren 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. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Recherche zum Stand der Technik und Erarbeitung des Lastenheftes
- AP2: System zur präzisen Detektion metallischer Einbauten
- AP3: Schneidtechnologie Fräsen
- AP4: Schneidtechnologie aktivierte Hinterschneidung
- AP5: Spezifikation Trägersystem
- AP6: Steuerung und Trägergerät
- AP7: Herstellung Demonstrator
- AP8: In-situ-Testreihe

### **3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse**

Im letzten Berichtszeitraum wurde an den Arbeitspaketen AP2 bis AP4 sowie den damit benötigten Zuarbeiten der Forschungspartner gearbeitet. Durch die Auswahl der Sensorfunktionskonzepte wurde die Kombination und Anordnung der verschiedenen Sensoren und deren Bauarten im Detail untersucht und unter definierten Randbedingungen erprobt. Somit konnten die Einzelsensoren bewertet und ausgewählt sowie eine erste Anordnung zu einem Sensorarray festgelegt werden. Darauf aufbauend erfolgte ein erstes Konzept zur mechanischen Anbringung an dem bestehenden Gesamtsystem. Des Weiteren wurde die Verarbeitung der Detektionsinformationen und deren Rückkopplung in den Abtragsprozess entsprechend erarbeitet.

Im Hinblick auf die konstruktive Einbindung und Umsetzung der Hartmetalllamellen in das neue Werkzeugsystem wurden in AP4 Zuarbeiten zu den Entwicklungsarbeiten geleistet. Zusätzlich wurden Untersuchungen zur Analyse der Abtragstiefen- und -breiten der Hartmetalllamellen durchgeführt. Hierbei wurden vor allem die Änderungen erarbeitet, die sich durch Variation sowohl der Drehzahlen als auch der Zustelltiefen ergeben. Weitere Zuarbeit für Herrenknecht stellte insbesondere die Beschaffung verschiedener Komponenten für den Demonstrator dar.

In mehreren Status- und Arbeitstreffen wurden den Projektpartnern die bisherigen Ergebnisse der AP2 bis 4 vorgestellt. Hier wurden auch die Verwertung von Komponenten aus dem Vorgängerprojekt, die Auswahl verschiedener Komponenten zur Kraftmessung am Demonstrator und die Verwendung einer geeigneten Absaugung festgelegt.

Für die Steuerung, die in AP6 erarbeitet werden soll, wurden verschiedene Programmiersprachen bewertet, u. a. LabVIEW und Step7 von Siemens.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Im ersten Halbjahr 2016 steht die Entwicklung der Steuerung (AP6) im Vordergrund. Auf Grundlage der Arbeiten in AP2 und 4 soll ein Mensch-Maschine-System konzipiert werden, wobei die Steuerungs- und Regelungssysteme iterativ entwickelt werden. Dabei wird ein technologischer Ablauf des Gesamtsystems erarbeitet, der die einzelnen Kinematik-Konzepte miteinander kombiniert. Hierbei wird auch der Grad der Automatisierung festgelegt.

Des Weiteren soll ein Trägergerät zur Aufnahme des Demonstrators und zur Bereitstellung der kinematischen Verfahrbareit entwickelt werden.

Die konstruktive Adaption des Detektionssensors an den Demonstrator erfolgt erst im September 2016, da hier genaue Kenntnisse über das Design und Funktionsabläufe des Demonstrators benötigt werden.

### **5. Berichte, Veröffentlichungen**

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Herrenknecht AG, Schlehenweg 2, 77963 Schwanau		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9093B</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.10.2013 bis 30.09.2017	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 796.232,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Edelmann	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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 einem angeregten Hinterschneidverfahren 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. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Recherche zum Stand der Technik und Erarbeitung des Lastenheftes
- AP2: System zur präzisen Detektion metallischer Einbauten
- AP3: Schneidtechnologie Fräsen
- AP4: Schneidtechnologie aktivierte Hinterschneidung
- AP5: Spezifikation Trägersystem
- AP6: Steuerung und Trägergerät
- AP7: Herstellung Demonstrator
- AP8: In-situ-Testreihe

### **3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse**

Das zweite Halbjahr 2015 war inhaltlich geprägt durch die Bearbeitung der Arbeitspakete AP3 und AP4, dem Abschluss von AP2 sowie den damit verbundenen Zuarbeiten der Projektpartner.

Der Hauptfokus der Herrenknecht AG lag im Berichtszeitraum auf der weiteren Bearbeitung von AP4 (Schneidtechnologie Betonabtrag), welcher sich alleinig auf der Entwicklung einer Schneidtechnologie zum Stahlbetonabtrag beschränkt.

Aufbauend auf die im vorherigen Halbjahr gesammelten Erkenntnisse sowie der Zuarbeiten aus AP3 wurden die Geometrie der Wendeschneidplatten und deren endgültige Anordnung festgelegt. Basierend auf den Versuchsreihen mit einer größeren Betonlamelle am KIT sowie deren positiven Ergebnissen, wurde die Frästrommel auf die größeren Lamellen angepasst.

Aufgrund der angepassten Trommelgeometrie und dem definierten Prozess des Abtragsverfahrens wurden die aktuellen Anforderungen festgelegt sowie die daraus resultierende Steuerung und der Schneidprozess spezifiziert. Dies beinhaltete unter anderem die Definition und Machbarkeitsuntersuchung der Zustellung und des Vorschubs für den Versuchsstand. Resultierend daraus wurden alle Zulieferteile nach den zuvor definierten Rahmenbedingungen angefragt und bestellt.

Mit der Fertigstellung der Konzeptzeichnungen und Beginn der Fertigungszeichnungen wurde die Konstruktion der Frästrommel und des Versuchsstandes fortgesetzt. Die Konstruktion basiert wie angestrebt auf einem selektiven und kontinuierlichen Verfahren zum Abtrag von Stahlbeton ohne Werkzeugwechsel.

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

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Im ersten Halbjahr 2016 werden die aus zwei Vorversuchen, unter Laborbedingungen zum reinen Beton- und Stahlabtrag, basierenden Annahmen durch praktische Versuchsreihen bestätigt. Dazu wird ein Prüfstand zur Ermittlung des Werkzeugverhaltens sowie geeigneter Schnittparameter aufgebaut und entsprechende Versuche durchgeführt. Die daraus gesammelten Werte bilden die Grundlage für den Demonstrator. Parallel dazu werden erste Untersuchungen und Konzepte zum Endgerät erstellt und die aus heutiger Sicht kritischsten Punkte wie Kraftübertragung auf die Bauwerksstruktur und Materialförderung detailliert betrachtet.

### **5. Berichte, Veröffentlichungen**

Das Projekt und aktuelle Ergebnisse wurden auf der ICSCM 2015 „International Conference on Stone and Concrete Machining“ (02.-03.11.2015, Bochum) vorgestellt.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9093C</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.10.2013 bis 30.09.2017	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 602.460,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Denkena	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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 einem angeregten Hinterschneidverfahren 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. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Recherche zum Stand der Technik und Erarbeitung des Lastenheftes
- AP2: System zur präzisen Detektion metallischer Einbauten
- AP3: Schneidtechnologie Fräsen
- AP4: Schneidtechnologie aktivierte Hinterschneidung
- AP5: Spezifikation Trägersystem
- AP6: Steuerung und Trägergerät
- AP7: Herstellung Demonstrator
- AP8: In-situ-Testreihe

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Aus den im vorangegangenen Berichtszeitraum genannten Ergebnissen der Fräsuntersuchungen des Baustahls S355J2+N mit den variierten Prozesseinstellgrößen Schnittgeschwindigkeit  $v_c$ , Zahnvorschub  $f_z$ , Schnittbreite  $a_c$  und Schnitttiefe  $a_p$  konnte ein Kraft- und Momentenmodell aufgestellt werden. Mit diesem Modell kann das benötigte Antriebsdrehmoment für die

von der Herrenknecht AG konstruierten Fräswalze berechnet werden. Diese Berechnung dient als Grundlage für die Auslegung der im Kraftfluss befindlichen Komponenten (Zahnräder, Motoren etc.). Der Berechnungsansatz des Momentenmodells beruht auf einem linearen Gleichungssystem, das die Scherkräfte mit dem Spanungsquerschnitt und die Reibungskräfte mit der Kontaktlänge zwischen Werkzeug und Werkstoff in Zusammenhang stellt. Mit diesem Ansatz wird das resultierende Schnittmoment unter Variation der Wendeschneidplattenanordnung berechnet. Für einen Neigungswinkel  $\lambda_a$  der Wendeschneidplatten orthogonal zur Schnitttrichtung von  $20^\circ$ , einem tangentialen Versatz  $t$  von  $4,3^\circ$  und einer axialen Überlappung  $a = 4,1$  mm ergibt sich das geringste Schnittmoment. Für die Auslegung eines prozesssicheren, leistungsfähigen Werkzeugs sind Kenntnisse über den Verschleißfortschritt und die wirkenden Verschleißmechanismen erforderlich. Für eine Übertragbarkeit der weiteren Schneidstoffentwicklungen am IFW auf den Prototypen der Herrenknecht AG müssen die Eingriffsbedingungen der bei der Herrenknecht AG konstruierten Fräswalze mit einem Durchmesser  $D = 465$  mm auf den Labormaßstab mit  $D = 80$  mm umgerechnet werden. Die Eingriffsbedingungen sind beim Fräsen neben den Prozesseinstellgrößen auch vom Durchmesser  $D$  des Werkzeugs abhängig. Die zu bewertenden Größen sind hierbei der mittlere Spanungsquerschnitt  $h_m$ , die Länge des Kontaktbogens  $l_g$  sowie der maximale Spanungsquerschnitt  $h_{max}$ . Diese Änderungen der Eingriffsbedingungen wirken sich sowohl auf das Verschleißverhalten als auch auf die maximal auftretenden Kräfte aus. Daher wurde neben einer Anpassung der Prozesseinstellgrößen eine Neuberechnung der oben beschriebenen Größen am Werkzeug durchgeführt und die Fertigung eines solchen Fräsers veranlasst. Für die Anwendung im Rückbau ist die im Vergleich zur stationären Fräsmaschinen reduzierte Steifigkeit des zu entwickelnden Abtragsystems von großer Bedeutung. Daher wurden Steifigkeits-Berechnungen durchgeführt und ein Werkstückkonzept entworfen, mit dem eine erhöhte Nachgiebigkeit im Kraftfluss und Eingriffsbedingungen wie beim Fräsen von unterschiedlich dicken Armierungslagen abgebildet werden können. Bei diesem Konzept werden zunächst 32 mm starke Stahlplatten aus S355J2 + N, die die Armierungsstäbe repräsentieren, auf einer Unterlage miteinander verschraubt. Für eine weitere Reduzierung der Steifigkeit werden Platten aus Polyurethan (obomodulan®) als Abstandshalter eingefügt. In ersten Untersuchungen an diesen Werkstücken konnte gezeigt werden, dass die Prozesskräfte durch dynamische Anteile auf das bis zu dreifache gegenüber einem Referenzversuch an einem massiven Stahlblock ansteigen. Gleichzeitig führt starker abrasiver Verschleiß zu einer Halbierung der Standzeit.

#### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Die Untersuchungen zur Nachgiebigkeit der Werkstücke werden fortgesetzt. Die Breite der Armierungsstäbe als weitere Einflussgröße wird untersucht. Im nächsten Schritt findet die Weiterentwicklung der Schneidstoffe an diesen Werkstücken statt. Einflussgröße auf den Werkzeugverschleiß ist neben der bereits ermittelten Nachgiebigkeit der eingesetzten Werkstücke der Einfluss von Betonpartikeln im Frässchnitt. Um den Einfluss von abrasiven Betonpartikeln zu untersuchen werden die Polyurethan-Elemente durch Beton-Platten ersetzt. Hierzu wurden bereits Hartmetallsubstrate verschiedener Zusammensetzung beschafft, die im nächsten Schritt mit unterschiedlichen Beschichtungen versehen werden. Parallel zur Weiterentwicklung von Hartmetallschneidstoffen werden Untersuchungen mit den hochharten Schneidstoffen PKD, CBN und Schneidkeramiken durchgeführt, um den für diese Anwendung günstigsten Schneidstoff zu ermitteln.

#### **5. Berichte, Veröffentlichungen**

Das Projekt und aktuelle Ergebnisse wurden auf der ICSCM 2015 „International Conference on Stone and Concrete Machining“ (02.-03.11.2015, Bochum) vorgestellt.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Kraftanlagen Heidelberg GmbH, Im Breitspiel 7, 69126 Heidelberg		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9093D</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.10.2013 bis 30.09.2017	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 398.046,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Braun	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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 einem angeregten Hinterschneidverfahren 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. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Recherche zum Stand der Technik und Erarbeitung des Lastenheftes
- AP2: System zur präzisen Detektion metallischer Einbauten
- AP3: Schneidtechnologie Fräsen
- AP4: Schneidtechnologie aktivierte Hinterschneidung
- AP5: Spezifikation Trägersystem
- AP6: Steuerung und Trägergerät
- AP7: Herstellung Demonstrator
- AP8: In-situ-Testreihe



### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Aufgrund der Neuorientierung des Abtragswerkzeug betreffend, ergab sich im zweiten Halbjahr 2015 für die Kraftanlagen Heidelberg GmbH eine Unterbrechung der Arbeiten. Die Arbeiten werden im Anschluss an die Versuche, die in den AP3 und AP4 durchgeführt werden, analysiert und im Zuge von AP5 bewertet. Die Aufgaben der Kraftanlagen Heidelberg GmbH lagen im Berichtszeitraum allein bei der Zuarbeit für die Projektpartner sowie die Partizipation an den Projekttreffen. Das zweite Halbjahr 2015 war inhaltlich geprägt durch die Bearbeitung der Arbeitspakete AP3 und AP4, dem Abschluss von AP2 sowie den damit verbundenen Zuarbeiten der Projektpartner.

In AP2 „Detektion metallischer Einbauten“ wurden Sensorfunktionskonzepte ausgewählt sowie die Kombination, Anordnung etc. der verschiedenen Sensoren und deren Bauarten im Detail untersucht und unter definierten Randbedingungen erprobt. Die Detailkonzepte wurden verglichen und bezüglich des Gesamtsystems bewertet.

In AP3 „Schneidtechnologie Fräsen“ wurde ein Kraft- und Momentenmodell aufgestellt, mit dem das benötigte Antriebsdrehmoment für die konstruierte Fräsrolle berechnet werden kann. Die einfließenden Parameter sind u. a. Variation der Wendeschneidplattenanordnung, Spannungsquerschnitt und Länge des Kontaktbogens. Diese haben Auswirkungen auf das Verschleißverhalten sowie die maximal auftretenden Kräfte auf das Werkzeug/die Wendeschneidplatten.

In AP4 „Schneidtechnologie Betonabtrag“ wurde die Geometrie der Wendeschneidplatten festgelegt. Weiterhin wurde aufgrund von Versuchsreihen am KIT, die Frästrommel auf die größeren Lamellen angepasst. Durch die Anpassung der Trommelgeometrie und des definierten Prozesses des Abtragsverfahrens, wurden die aktuellen Anforderungen festgelegt sowie die daraus resultierende Steuerung und der Schneidprozess spezifiziert. Die Konstruktion der Frästrommel und des Versuchsstandes sind damit abgeschlossen.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Im ersten Halbjahr 2016 werden die aus den Vorversuchen, unter Laborbedingungen zum reinen Beton- und Stahlabtrag, basierenden Annahmen durch praktische Versuchsreihen bestätigt. Dazu wird ein Prüfstand zur Ermittlung des Werkzeugverhaltens sowie geeigneter Schnittparameter aufgebaut und entsprechende Versuche durchgeführt. Die daraus gesammelten Werte bilden die Grundlage für den Demonstrator. Parallel dazu unternimmt die Kraftanlagen Heidelberg GmbH erste Untersuchungen und erstellt Konzepte zum Endgerät im Zuge des AP5. Des Weiteren werden, die aus heutiger Sicht kritischsten Punkte zwischen Werkzeug (Front-End) und Trägersystem, wie bspw. Kraftübertragung auf die Bauwerksstruktur oder Materialförderung detailliert betrachtet. Voruntersuchungen zum Trägergerät (Back-End) sind von Kraftanlagen Heidelberg bereits in Q4/14 – Q2/15 unternommen worden.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Das Projekt und aktuelle Ergebnisse wurden auf der ICSCM 2015 „International Conference on Stone and Concrete Machining“ (02.-03.11.2015, Bochum) vorgestellt.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 9113A</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Modellentwicklung eines ganzheitlichen Projektmanagements für kern- technische Rückbauprojekte (MogaMaR)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.01.2014 bis 31.12.2016	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 472.860,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Schultmann	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Um den Rückbau kerntechnischer Anlagen unter Einhaltung von Zeit- und Kostenrestriktionen erfolgreich durchführen zu können, gewinnt die ganzheitliche betriebswirtschaftliche Betrachtung bei der Planung, Ausführung und Überwachung des Rückbaus kerntechnischer Anlagen neben der technischen Umsetzung zunehmend an Bedeutung. Aufgrund des Individual- und Neuheitscharakters auf dem Gebiet der Stilllegung und des Rückbaus kerntechnischer Anlagen stellt die Standardisierung und Verallgemeinerung der Prozesse und Verfahren in Anlehnung an klassische Rückbauprojekte derzeit eine Herausforderung dar.

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, auf Basis von Projektstrukturplänen, Genehmigungsunterlagen und anderen Projektdokumentationen von abgeschlossenen, laufenden und in Planung befindlichen Rückbauprojekten die Besonderheiten von kerntechnischen Rückbauprojekten zu analysieren. Dabei sollen derzeitige Schwachstellen im Projektmanagement identifiziert werden, die für außerplanmäßige Zeit- und Kostenveränderungen verantwortlich sind. Die Analyseergebnisse fließen in die Entwicklung eines Muster-Projektstrukturplans ein, der eine integrierte Zeit-, Kosten- und Ressourcenplanung ermöglicht. Darüber hinaus werden auf Basis von Szenario-Analysen Handlungsempfehlungen zum Rückbau kerntechnischer Anlagen entwickelt.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Forschungsprojekt untergliedert sich in fünf Arbeitspakete (AP):

In AP1 wird eine Literatur- und Datenrecherche durchgeführt. Darüber hinaus werden die Projektstrukturpläne realisierter Rückbauprojekte der beiden Projektpartner AREVA und VKTA zerlegt, um eine einheitliche Strukturierung des Rückbauprozesses gemeinsam mit relevanten Daten zum Rückbau kerntechnischer Anlagen in einer Erfahrungsdatenbank zusammenzutragen.

Die in AP2 entwickelten Kennzahlen werden dazu genutzt, um die Projektstrukturpläne realisierter Projekte mit Hilfe eines Soll-Ist-Abgleichs zu bewerten.

Innerhalb des AP3 wird im Rahmen einer Ursachenanalyse im Detail beleuchtet, inwieweit interne oder externe Ursachen für die Abweichung bei kritischen Elementen verantwortlich sind und mit welchen Maßnahmen eine Prozessstabilität bei diesen Elementen erreicht werden kann. Diese Maßnahmen sowie die Informationen der in AP1 und AP2 erstellten Erfahrungsdatenbank fließen in die Entwicklung eines integrierten Muster-Projektstrukturplans ein.

Durch die Definition exemplarischer Szenarien wird der Muster-Projektstrukturplan in AP4 einer Szenarioanalyse unterzogen, um diesen auf Prozessrobustheit und -stabilität zu testen.

Auf Basis der Ergebnisse werden in AP5 Handlungsempfehlungen erarbeitet, die zusammen mit dem integrierten Muster-Projektstrukturplan verbreitet werden.

### **3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse**

AP3.1 wurde mit dem Erreichen des Meilensteins „Abschluss der Abweichungsanalyse“ erfolgreich abgeschlossen. Alle Projektpartner hatten sich auf die Erstellung einer „Liste kritischer Abweichungen“ geeinigt. In dieser Liste wurden die wesentlichen Abweichungen von geplanten Zeitdauern und Kosten der von AREVA und VKTA durchgeführten kerntechnischen Rückbauprojekte anhand von Erfahrungsberichten in verschiedenen Detaillierungsebenen aufgelistet. Dabei wurden die aufgetretenen Abweichungen unter anderem hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Zeit, Kosten und andere Vorgänge des Gesamtprojekts untersucht. Des Weiteren wurden eine Analyse der einzelnen Gründe der aufgetretenen Abweichungen, mögliche Gegenmaßnahmen und allgemeine Verbesserungsvorschläge durchgeführt.

Aufbauend auf den in AP1.3 und AP1.4 erarbeiteten Erfahrungsdaten, die in einer Erfahrungsdatenbank zusammengefasst wurden, hat KIT einen ersten Entwurf eines integrierten Muster-Projektstrukturplans (AP3.2) erstellt. Dieser Entwurf wurde auf Grundlage der Erfahrungsdatenbank durch das Einlesen der Daten in ein Optimierprogramm errechnet. Das zugrunde gelegte Optimierprogramm wurde in drei Schritten entwickelt:

- Aufstellen eines formalen mathematischen Modells.
- Aufstellen eines Lösungsalgorithmus.
- Implementieren des Lösungsalgorithmus in Matlab.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Der erste Entwurf des integrierten Muster-Projektstrukturplans soll weiter verbessert werden. Dazu sollen in AP4.1 durch AREVA und VKTA auf Basis des Entwurfs des integrierten Muster-Projektstrukturplans verschiedene Szenarien definiert und anschließend mit dem Optimierprogramm berechnet werden.

Die Besonderheit des Optimierprogramms ist es, mit den Unsicherheiten, die aufgrund der potentiellen Szenarien bestehen, umzugehen. Um das Ziel der Erstellung eines Rückbauplans für den Rückbau einer kerntechnischen Anlage mit minimalen Kosten zu erreichen, soll das Optimierprogramm Berechnungen unter der Berücksichtigung von verschiedenen Unsicherheiten (z. B. Unsicherheiten der Vorgangsdauern, Stochastik in der Ausführung etc.) durchführen. Dabei wird eine integrierte Zeit-, Kosten- und Ressourcenplanung berücksichtigt.

In diesem Zusammenhang soll insbesondere das Optimierprogramm mit Hilfe von Tests auf Prozessrobustheit und –stabilität (AP4.2) weiterentwickelt werden, um eine möglichst optimale Lösung eines integrierten Muster-Projektstrukturplans zu erhalten.

### **5. Berichte, Veröffentlichungen**

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> AREVA GmbH, Paul-Gossen-Str. 100, 91052 Erlangen		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9113B</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Modellentwicklung eines ganzheitlichen Projektmanagements für kern-technische Rückbauprojekte (MogaMaR)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.01.2014 bis 31.12.2016	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 510.020,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Kühn	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Um den Rückbau kerntechnischer Anlagen unter Einhaltung von Zeit- und Kostenrestriktionen erfolgreich durchführen zu können, gewinnt die ganzheitliche betriebswirtschaftliche Betrachtung bei der Planung, Ausführung und Überwachung des Rückbaus kerntechnischer Anlagen neben der technischen Umsetzung zunehmend an Bedeutung. Aufgrund des Individual- und Neuheitscharakters auf dem Gebiet der Stilllegung und des Rückbaus kerntechnischer Anlagen stellt die Standardisierung und Verallgemeinerung der Prozesse und Verfahren in Anlehnung an klassische Rückbauprojekte derzeit eine Herausforderung dar.

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, auf Basis von Projektstrukturplänen, Genehmigungsunterlagen und anderen Projektdokumentationen von abgeschlossenen, laufenden und in Planung befindlichen Rückbauprojekten die Besonderheiten von kerntechnischen Rückbauprojekten zu analysieren. Dabei sollen derzeitige Schwachstellen im Projektmanagement identifiziert werden, die für außerplanmäßige Zeit- und Kostenveränderungen verantwortlich sind. Die Analyseergebnisse fließen in die Entwicklung eines Muster-Projektstrukturplans ein, der eine integrierte Zeit-, Kosten- und Ressourcenplanung ermöglicht. Darüber hinaus werden auf Basis von Szenario-Analysen Handlungsempfehlungen zum Rückbau kerntechnischer Anlagen entwickelt.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Forschungsprojekt untergliedert sich in fünf Arbeitspakete (AP):

In AP1 wird eine Literatur- und Datenrecherche durchgeführt. Darüber hinaus werden die Projektstrukturpläne realisierter Rückbauprojekte der beiden Projektpartner AREVA und VKTA zerlegt, um eine einheitliche Strukturierung des Rückbauprozesses gemeinsam mit relevanten Daten zum Rückbau kerntechnischer Anlagen in einer Erfahrungsdatenbank zusammenzutragen.

Die in AP2 entwickelten Kennzahlen werden dazu genutzt, um die Projektstrukturpläne realisierter Projekte mit Hilfe eines Soll-Ist-Abgleichs zu bewerten.

Innerhalb des AP3 wird im Rahmen einer Ursachenanalyse im Detail beleuchtet, inwieweit interne oder externe Ursachen für die Abweichung bei kritischen Elementen verantwortlich sind und mit welchen Maßnahmen eine Prozessstabilität bei diesen Elementen erreicht werden kann. Diese Maßnahmen sowie die Informationen der in AP1 und AP2 erstellten Erfahrungsdatenbank fließen in die Entwicklung eines integrierten Muster-Projektstrukturplans ein.

Durch die Definition exemplarischer Szenarien wird der Muster-Projektstrukturplan in AP4 einer Szenario Analyse unterzogen, um diesen auf Prozessrobustheit und -stabilität zu testen.

Auf Basis der Ergebnisse werden in AP5 Handlungsempfehlungen erarbeitet, die zusammen mit dem integrierten Muster-Projektstrukturplan verbreitet werden.

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die im Berichtszeitraum erfolgten effektiven Tätigkeiten bezogen bzw. beziehen sich auf folgende Arbeitspakete:

- AP3.1: Abweichungsanalyse kritischer Elemente
- AP3.2: Erstellung eines integrierten Muster-Projektstrukturplans

Da die ursprünglich im Arbeitspaket 2.1 („Definition von Kennzahlen“) definierten Kennzahlen nicht für eine Untersuchung des „Soll-Ist-Ausgleichs“ von Arbeitspaketes 2.2 herangezogen werden konnten, einigten sich KIT, VKTA und AREVA auf die Erstellung einer sogenannte „Liste kritischer Abweichungen“. Mit Zusendung dieser Liste an das KIT, in welche die genannten Vorkommnisse bei durchgeführten Rückbauprojekten von VKTA und AREVA eingetragen wurden, konnte der Meilenstein F („Abschluss der Abweichungsanalyse“) und somit auch das Arbeitspaket 3.1 erfolgreich erreicht bzw. beendet werden.

Für das Arbeitspaket 3.2, die Erstellung eines integrierten Muster-Projektstrukturplans mit dem Ziel, einen Rückbauplan mit minimalen Kosten zu generieren, wurden bereits ebenso wesentliche Arbeiten absolviert.

Zu berücksichtigen bei der Erstellung waren dabei u. a. folgende Punkte:

- Vorrangbeziehungen zwischen den Aktivitäten
- Zeitdauern sowie die zeitlichen Abweichungen der Vorgänge (Verteilung)
- Kosten der verwendeten Ressourcen und beschränkte Verfügbarkeiten
- Verschiedene Ressourcen (Modes)
- Unsicherheiten / potentielle Abweichungen (Verteilung der Vorgangsdauern)
- Zyklen, z. B. bei der Freimessung

Dazu wurde von KIT ein formales Modell, in dem die mit den Zielsetzungen korrelierenden Lösungsalgorithmen implementiert wurden, erstellt. Weitere Details wie eine Anwenderfreundliche Inputmaske, die Darstellung der Ergebnisse als Gantt-Diagramm bzw. als Netzplan und auch der Detaillierungsgrad der Ergebnisse sind zurzeit in Bearbeitung und werden Anfang 2016 gemeinsam mit VKTA und AREVA fertig gestellt.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Neben den erwähnten weiteren geplanten Tätigkeiten wie beispielsweise Festlegungen zum Programm-Interface, Detaillierungsgraden oder ähnlichen, sind für das kommende Halbjahr planmäßig die Arbeitspakete 4.1 und 4.2 vorgesehen. Die Definition exemplarischer Szenarien in Arbeitspaket 4.1 wird auf Basis des integrierten Muster-Projektstrukturplans (AP3.2) erfolgen. Dazu sind Überlegungen zu verschiedenen Szenarien anzustellen, welche bis Ende April des nächsten Jahres abgeschlossen sein sollen. Anschließend sollen in AP4.2 Tests auf Prozessrobustheit und –stabilität durchgeführt werden.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> VKTA – Strahlenschutz, Analytik & Entsorgung Rossendorf e. V., Bautzener Landstr. 400, 01328 Dresden		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9113C</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Modellentwicklung eines ganzheitlichen Projektmanagements für kern- technische Rückbauprojekte (MogaMaR)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.01.2014 bis 31.12.2016	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 190.393,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Sahre	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Um den Rückbau kerntechnischer Anlagen unter Einhaltung von Zeit- und Kostenrestriktionen erfolgreich durchführen zu können, gewinnt die ganzheitliche betriebswirtschaftliche Betrachtung bei der Planung, Ausführung und Überwachung des Rückbaus kerntechnischer Anlagen neben der technischen Umsetzung zunehmend an Bedeutung. Aufgrund des Individual- und Neuheitscharakters auf dem Gebiet der Stilllegung und des Rückbaus kerntechnischer Anlagen stellt die Standardisierung und Verallgemeinerung der Prozesse und Verfahren in Anlehnung an klassische Rückbauprojekte derzeit eine Herausforderung dar.

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, auf Basis von Projektstrukturplänen, Genehmigungsunterlagen und anderen Projektdokumentationen von abgeschlossenen, laufenden und in Planung befindlichen Rückbauprojekten die Besonderheiten von kerntechnischen Rückbauprojekten zu analysieren. Dabei sollen derzeitige Schwachstellen im Projektmanagement identifiziert werden, die für außerplanmäßige Zeit- und Kostenveränderungen verantwortlich sind. Die Analyseergebnisse fließen in die Entwicklung eines Muster-Projektstrukturplans ein, der eine integrierte Zeit-, Kosten- und Ressourcenplanung ermöglicht. Darüber hinaus werden auf Basis von Szenario-Analysen Handlungsempfehlungen zum Rückbau kerntechnischer Anlagen entwickelt.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Forschungsprojekt untergliedert sich in fünf Arbeitspakete (AP):

In AP1 wird eine Literatur- und Datenrecherche durchgeführt. Darüber hinaus werden die Projektstrukturpläne realisierter Rückbauprojekte der beiden Projektpartner AREVA und VKTA zerlegt, um eine einheitliche Strukturierung des Rückbauprozesses gemeinsam mit relevanten Daten zum Rückbau kerntechnischer Anlagen in einer Erfahrungsdatenbank zusammenzutragen.

Die in AP2 entwickelten Kennzahlen werden dazu genutzt, um die Projektstrukturpläne realisierter Projekte mit Hilfe eines Soll-Ist-Abgleichs zu bewerten.

Innerhalb des AP3 wird im Rahmen einer Ursachenanalyse im Detail beleuchtet, inwieweit interne oder externe Ursachen für die Abweichung bei kritischen Elementen verantwortlich sind und mit welchen Maßnahmen eine Prozessstabilität bei diesen Elementen erreicht werden kann. Diese Maßnahmen sowie die Informationen der in AP1 und AP2 erstellten Erfahrungsdatenbank fließen in die Entwicklung eines integrierten Muster-Projektstrukturplans ein.

Durch die Definition exemplarischer Szenarien wird der Muster-Projektstrukturplan in AP4 einer Szenarioanalyse unterzogen, um diesen auf Prozessrobustheit und -stabilität zu testen.

Auf Basis der Ergebnisse werden in AP5 Handlungsempfehlungen erarbeitet, die zusammen mit dem integrierten Muster-Projektstrukturplan verbreitet werden.

### **3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse**

Im Berichtszeitraum wurden Zuarbeiten zu den Arbeitspaketen 3.1 und 3.2 durch den VKTA geleistet. Schwerpunkte waren dabei die Datenermittlungen für die RFR-Betriebskosten einschließlich der Restbetriebskosten. Bzgl. der Restbetriebskosten wurden diese in einer Tabelle zusammengestellt. Für verschiedene Zeiträume wurden entsprechend des Rückbaufortschrittes monatliche Mittelwerte ermittelt. Die Daten wurden KIT zur Verfügung gestellt. Nach Prüfung durch KIT wurden diese, entsprechend dem Projektfortschritt, soweit möglich in die Erfahrungsdatenbank eingepflegt. Die Zuarbeiten zur VKTA- „Liste der kritischen Abweichungen“ einschließlich deren Analyse sowie die Datensammlungen zu dem AP3 konnten abgeschlossen werden. Für den ersten Entwurf eines integrierten Musterprojektstrukturplans wurde die Gantt-Chart-Visualisierung vorgeschlagen.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Im Projektgespräch am 28.10.2015 wurde vereinbart, dass der VKTA nach Vorliegen des Musterprojektstrukturplans im Januar 2016 gemeinsam mit KIT und AREVA exemplarische Szenarien gemäß AP4.1 entwickelt.

### **5. Berichte, Veröffentlichungen**

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9134</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Angepasstes Seilschleifen komplexer, metallischer Strukturen (Sekomet)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.09.2014 bis 31.08.2017	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 438.882,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Denkena	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Rückbau kerntechnischer Anlagen wird das Seilschleifen aufgrund seiner Flexibilität im Hinblick auf Bauteilgeometrie und -zusammensetzung zunehmend eingesetzt. Das Trennen nichtmassiver, metallischer Strukturen, wie z. B. Wärmeübertrager oder Dampftrockner, stellt das neueste Anwendungsgebiet dieses spanenden Fertigungsverfahrens dar. Die Prozesssicherheit ist bei diesen Anwendungsfällen jedoch nicht gegeben. In mehr als einem Drittel der Einsatzfälle kommt es zu einem vorzeitigen Komplettversagen des Werkzeugs durch Verhakten oder Reißen. Diese Effekte sind auf die mangelnden Kenntnisse geeigneter Prozessstellgrößen in Kombination mit den Eingriffsbedingungen und den Rahmenbedingungen im Rückbau kerntechnischer Anlagen zurückzuführen. Bisher in der Praxis eingesetzte Strategien zur Erhöhung der Prozesssicherheit waren entweder nicht zielführend oder gingen mit einer reduzierten Effizienz des Prozesses einher.

Das Ziel des Forschungsvorhabens ist, die Prozesssicherheit und Effizienz beim trockenen Einsatz der Seilschleiftechnologie an nichtmassiven, metallischen Strukturen durch ein gesteigertes Prozessverständnis und daraus abgeleitete Prozessanpassungen sowie ein innovatives Werkzeugdesign so zu erhöhen, dass ein einzelner Schnitt ohne Werkzeugversagen durchgeführt werden kann.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Versuchsplanung und -vorbereitung
- AP2: Einsatzuntersuchungen an nicht-massiven, metallischen Strukturen unter Variation der Prozessstellgrößen
- AP3: Einsatzuntersuchungen an nicht-massiven, metallischen Strukturen unter Variation der werkzeugseitigen Systemgrößen
- AP4: Anforderungsprofil und Konzept für ein an die Bearbeitung nicht-massiver, metallischer Strukturen angepasstes Seilschleifwerkzeug
- AP5: Herstellung eines ideal an die Bearbeitung nicht-massiver, metallischer Strukturen angepassten Seilschleifwerkzeugs
- AP6: Einsatzuntersuchungen mit neuartigen Seilschleifwerkzeugen an nicht-massiven, metallischen Strukturen



### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP2: Die Ergebnisse aus Arbeitspaket 2 waren der Anlass für eine Modellierung der Normalkraft in Abhängigkeit der Seilvorspannung und der Auslenkung des Seils im Schnitt. Ein mechanisches Modell wurde analytisch hergeleitet. Anhand der Ergebnisse dieses Arbeitspaketes wird es parametrisiert und anschließend verifiziert. Diese Modellierung war nicht Teil des Antrags und erweitert das Forschungsvorhaben deutlich. Ein Modell für die Tangentialkraft und die Werkzeugtemperaturen wird angestrebt.
- AP3: In einem Analogieprüfstand wurde die maximale Auszugskraft verschiedener Seilverbinder ermittelt, die mit demselben Werkzeug auf das Trägerseil gepresst wurden. Hierbei zeigten sich keine signifikanten Unterschiede, da die Fläche der Pressung konstant ist. Nach Rücksprache mit dem Werkzeughersteller Husqvarna sind keine Werkzeuge mit variierender Kornkonzentration lieferbar. Daher können die beantragten Untersuchungen nicht wie ursprünglich vorgesehen durchgeführt werden. Allerdings ist aus dem Stand des Wissens bekannt, dass ein Maximalbesatz der Werkzeuge für das Seilschleifen von Stahl das Optimum darstellt und die gelieferten Werkzeuge weisen bereits die höchstmögliche Korndichte auf. Über den Antrag hinaus ist geplant, die werkzeugseitigen Systemgrößen in das Kraftmodell zu integrieren.
- AP4: Die Arbeiten aus Arbeitspaket 4 wurden vorzeitig aufgenommen. In Kooperation mit der Entwicklungsabteilung des Werkzeugherstellers Husqvarna in Ath, Belgien, wurden Potentiale der Werkzeugentwicklung diskutiert. Hierbei sind aufgrund der hohen Kosten für Gesenke zur Vulkanisierung der Seile (ca. 10.000 €/Form) finanzielle Grenzen gesetzt. Falls entsprechend des Anforderungsprofils nicht konventionelle Gesenke eingesetzt werden sollen, wird geprüft, ob eine Fertigung der Gesenke am IFW möglich ist.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- AP3: Für das erste Quartal 2016 sind experimentelle Untersuchungen zur Ermittlung des Einsatzverhaltens von unterschiedlich segmentierten Werkzeugen geplant.
- AP4: Anhand der Ergebnisse aus AP2 und AP3 wird ein technisches Anforderungsprofil für angepasste Werkzeuge entwickelt. Die nächste Besprechung mit Husqvarna ist auf das erste Quartal 2016 terminiert, in der die Werkzeugkonzepte detailliert werden.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

- Denkena, B., Grove, T., Tatzig, L. (2015): Influence of diamond wire pretension on process behaviour, 3rd International Conference on Stone and Concrete Machining, Conference Proceedings, 02. - 03.11.2015, Bochum, S. 95 - 101.
- Denkena, B., Grove, T., Tatzig, L. (2015): Influence of diamond wire pretension on process behaviour, Vortrag auf der 3rd International Conference on Stone and Concrete Machining, 02. - 03.11.2015, Bochum.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Temp- lergraben 55, 52062 Aachen		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 9144</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Voruntersuchung Wiederverwertbarkeit seltener Metalle beim Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.09.2014 bis 29.02.2016	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 339.192,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. Charlier	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel der Voruntersuchung ist es, anhand einer beispielhaft ausgewählten kerntechnischen Anlage

- die relevanten Metalle in ausgewählten Bauteilen zu identifizieren und zu quantifizieren,
- abzuschätzen, welche Bestandteile nicht radioaktiv sind und einer weiteren uneingeschränkten metallurgischen Verwertung zugänglich sind. Darüber hinaus sollen auch diejenigen Bauteile identifiziert werden, die nach einer bestimmten Abklingzeit (Zwischenlagerung) als aktivitäts- bzw. kontaminationsfrei gelten (Radiologische Charakterisierung),
- eine prozesstechnische Bewertung der Gewinnbarkeit und Rezyklierbarkeit der identifizierten Bestandteile sowie der darin enthaltenen Wertmetalle,
- die Darstellung der wirtschaftlichen Bedeutung eines ressourceneffizienten Metallrecyclings.

Um die Rückbautechnologie kerntechnischer Anlagen in Deutschland ressourceneffizient realisieren zu können, gilt es vor allem, die in der Wertschöpfungskette bestehenden Wissenslücken hinsichtlich der Materialerfassung, d. h. des verfügbaren Metallinventars, zu schließen und hierdurch bestehende Schwachstellen gezielt zu beseitigen. So sollen durch angepasste Gestaltung der Schnittstellen Aufbereitung (Materialvorbereitung/-sortierung) und Metallurgie (Metallrückgewinnung) tragfähige Rückbaukonzepte etabliert werden, mit denen die Recyclingraten wertvoller Metalle innerhalb der Rohstoffkette gesteigert werden können.

In diesem Zusammenhang fördert das BMBF ein Projekt zum „Rückbau des Forschungsreaktors DIDO des FZ-Jülich“, dessen etablierte Methoden zur Aktivierungsberechnung bei dem hier beschriebenen Vorhaben zur Anwendung gebracht werden können.

Mit Hilfe dieser neuen Ansätze und unter Einbeziehung der zur Verfügung stehenden metallurgischen Prozesstechnik durch den beteiligten Projektpartner soll ein Beitrag geliefert werden, der eine Diskussion zukünftiger Handlungsoptionen auf belastbarer Datenbasis zulässt.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Um das wertstoffliche Gesamtpotenzial einer kerntechnischen Anlage für eine Rückgewinnung nach ihrer Stilllegung zu bestimmen, soll zunächst eine Anlage im Neuzustand betrachtet werden. Das so ermittelte Gesamtinventar wird anschließend anhand verschiedener Kriterien wie zum Beispiel Aktivierung, Kontaminierung, Recyclingfähigkeit nach Stand der Technik und Wirtschaftlichkeit, schrittweise eingeschränkt. Als Beispiel für diese Vorstudie wurde ein leichtwassermoderierter Druckwasserreaktor ausgewählt.

Arbeitsplan:

- Schaffung einer komponentenabhängigen Datenbasis für bekannte und neu identifizierte wirtschaftsstrategisch relevante Wertmetalle

- Entwicklung eines Simulationsmodells zur Bestimmung der Aktivitätsverteilung im Reaktor-gebäude
- Ermittlung und Analyse der Recyclingfähigkeit relevanter Komponenten unter Eingrenzung technisch möglicher Wiedergewinnungsraten (spezifische Metallausbeuten)
- Konzeptentwicklung zur ressourceneffizienten Rückgewinnung dieser Wertmetalle durch Konzentration in geeignete Recyclingprodukte (Stoff-/Legierungsgruppen)
- Bewertung der wirtschaftlichen Potentiale eines optimierten Rückbaus

### **3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse**

Die Datenerfassung zu Arbeitspaket 3 konnte beispielhaft abgeschlossen werden. Entsprechend konnten die geplanten Arbeiten erfolgreich durchgeführt und die Ziele planmäßig erreicht werden. Zusätzlich wurden neben dem Metallinventar auch die Abläufe vom Ausbau von Komponenten bis zur Freigabe von Reststoffen betrachtet und auf Möglichkeiten zur Verminderung des Aufkommens radioaktiver Abfälle untersucht. Diesbezüglich konnten einige Potenziale identifiziert werden, die eine Verlagerung von Reststoffen, die wegen potenziell zu hoher Kosten oder unklarer Erfolgsaussichten der Entscheidungsmessung endgelagert oder konventionell beseitigt werden sollen, zum Recycling ermöglichen könnten.

Zeitgleich wurden die für Arbeitspaket 4 geplanten Aktivierungsberechnungen für den RDB und die angrenzenden Strukturen, wie die Anschlussstutzen der Hauptkühlmittelleitungen sowie die innerhalb des Bioschildes befindlichen Teilstücke dieser Leitungen durchgeführt. Dabei wurden für die bei der Aktivierung ausschlaggebenden Verunreinigungen im Werkstoff sinnvolle, konservative Annahmen getroffen. Die Ergebnisse konnten anhand veröffentlichter Literaturangaben (siehe 10.) überprüft werden.

Die Zusammenführung der erhobenen Daten und die beispielhafte Identifizierung der rezyklierbaren Stoffe (Arbeitspaket 5) konnte abgeschlossen werden.

Seitens des IME wurden die ermittelten Mengen metallischer Rückbaumassen zu fünf Schrott-Fraktionen, die für das Recycling prozesstechnisch sinnvoll sind, zusammengefasst und für ausgewählte Fraktionen Stoffstrombilanzen erstellt. Auf dieser Basis wurden Flussdiagramme erstellt, die sämtliche Prozesse des Freigabeverfahrens berücksichtigen und anhand derer die Verlust-Stoffströme abgeschätzt und die Bedeutung der einzelnen „Stellschrauben“ qualitativ dargestellt werden kann.

Die Bewertung der Ergebnisse wurde begonnen. Diese fließt in die Abschlussdokumentation ein.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

In der Restlaufzeit des Vorhabens von zwei Monaten werden die Ergebnisse dokumentiert sowie der Antrag für eine Vollstudie dokumentiert.

### **5. Berichte, Veröffentlichungen**

J. P. Dabruck, F. Charlier, C. Büttner, C. Ruppenthal, R. Nabbi, A. Trentmann, D. Friedmann, E. Rombach: „Wiederverwertbarkeit Seltener Metalle beim Rückbau Kerntechnischer Anlagen“, KONTEC 2015 - 12. Internationales Symposium Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle, Konferenzbeitrag und Posterpräsentation, Dresden, 2015

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V., Hansastr. 27 c, 80686 München		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9154</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verfahrensoptimierung mit Maßstabsvergrößerung zur Volumenreduktion/Beseitigung C-14-belasteter flüssiger Abfälle mittels elektrochemischer Totalmineralisation der organischen Inhaltsstoffe		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.10.2014 bis 28.02.2017	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 781.383,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Friedrich	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Gesamtziel des Vorhabens besteht in der Weiterentwicklung, Optimierung und Maßstabsvergrößerung eines bereits im Labormaßstab erfolgreich erprobten Verfahrensansatzes zur elektrochemischen Totalmineralisation C-14-haltiger flüssiger organischer Stoffe, um auf diese Weise ein alternatives, technisch einfacheres und kostengünstigeres Verfahren für die Behandlung und Entsorgung solcher schwierig entsorgbaren und nicht endlagerfähigen radioaktiven Abfälle im Pilotmaßstab bereitstellen zu können. In einem vom BMBF geförderten Vorprojekt wurde die prinzipielle Anwendbarkeit des Verfahrensprinzips bereits erfolgreich u. a. an ausgewählten Chargen C-14-haltiger wässriger Abfalllösungen demonstriert. Mit den Entwicklungsarbeiten soll ein Beitrag zur Verbesserung der Freigabemöglichkeiten radioaktiver Abfälle sowie zur Verringerung von Entsorgungs- und Endlagerkosten geleistet werden. Hierdurch ergibt sich ein enger Bezug zu weiteren Fördervorhaben des Bundes auf dem Gebiet der Entsorgung radioaktiv kontaminierter flüssiger Abfälle.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Experimentelle Prüfung der Einsetzbarkeit für die elektrochemische Totaloxidation bislang nicht untersuchter relevanter organischer Verbindungen
- AP2: Optimierung der Prozessführung
- AP3: Maßstabsvergrößerung und Errichtung einer bench-scale-Anlage mit ca. 1000 cm<sup>2</sup> Anodenfläche einschließlich Anlagendesign für den Umgang mit höheren C-14-Aktivitäten, Kalterprobung
- AP4: Test des Verfahrens im mehrwöchigen Erprobungsbetrieb mit realer C-14-belasteter Abfalllösung
- AP5: Bewertung von Prozessstabilität /-Effektivität und Wirtschaftlichkeit auf Basis der Versuchsdaten, Anforderungen an die technische Umsetzbarkeit
- AP6: Erstellung von Berichten, Patentarbeit, Präsentation der Ergebnisse, Verwertung

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Die noch durchzuführenden elektrochemisch-kinetischen Untersuchungen sowie die kleinmaßstäblichen batch-Elektrolyseversuche konzentrierten sich auf weitere relevante Verbindungen aus der Reihe der aromatischen Kohlenwasserstoffe, auf einige Heterocyclen, auf Verbindungen, die für Waschflotten typisch sind sowie auf chlorierte Kohlenwasserstoffe und Nitrile. Die Untersuchungen konnten weitgehend abgeschlossen werden. Ergänzende Untersuchungen zur Abklärung der Oxidierbarkeit sind in einem konkreten Fall erforderlich.

Insgesamt kann nunmehr festgestellt werden, dass sich mittels elektrochemischer Totaloxidation von einem speziellen Fall abgesehen, der noch näher zu untersuchen ist, alle anderen der inzwischen ca. 100 untersuchten organischen Verbindungen, teils in Form von Stoffgemischen, auf diese Art in befriedigender Weise in CO<sub>2</sub> überführen ließen.

AP2: Im Berichtszeitraum wurde das Teil-Arbeitspaket „Optimierung des Absorptionsprozesses für C-14-CO<sub>2</sub>“ bearbeitet. Im Zuge dessen wurden die Auswirkungen verschiedener Prozessparameter auf die Absorption untersucht und bewertet. Dabei konnte festgestellt werden, dass die zuletzt (Vorgängerprojekt) erfolgreich praktizierte Verfahrensweise auch bei vergleichsweise hohen Volumenströmen und bei hohem Gasanteil von CO<sub>2</sub> von bis zu 99 % keiner generellen Überarbeitung bedarf. Die Dimensionierung der Absorptionseinheit für das Up-Scaling wurde im Zuge dieser Untersuchungen ermittelt. Mit den Untersuchungen zur Optimierung des Elektrolyseprozesses wurde begonnen.

AP6: AP6 wurde entsprechend Erfordernis bearbeitet.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Die Bearbeitung des umfangreichen AP1 konnte zum Ende des 2. Halbjahres 2015 im Wesentlichen abgeschlossen werden. Bei einer Einzelverbindung sind noch Nachuntersuchungen vorgesehen. Auch einzelne Versuche zur Umsetzung in rein organischer Phase sind noch durchzuführen.

Schwerpunktmäßig steht jedoch die weitere Bearbeitung des AP2 an, der sich dabei in drei Bearbeitungsschwerpunkte gliedert:

- Optimierung der Elektrolysebedingungen für die Umsetzung schwer löslicher/leicht flüchtiger organischer C-14-Verbindungen unter Verwendung des errichteten Versuchsstandes
- Optimierung des Dekontaminationsgrades
- Optimierung der C-14-CO<sub>2</sub>-Abtrennung,

wobei die Bearbeitung des letztgenannten Schwerpunktes inzwischen weitgehend abgeschlossen ist.

Die Bearbeitung des AP2 wird sich voraussichtlich bis weit in das zweite Halbjahr 2016 hinein erstrecken.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9184</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Betondekontamination mittels Trockeneisstrahlens zum Rückbau von Gebäudestrukturen im kerntechnischen Bereich (BeDeKo)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.10.2014 bis 30.09.2016	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 449.268,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. Hassel	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Dekontamination der Gebäudestrukturen kerntechnischer Anlagen stellt einen der umfangreichsten Arbeitsschritte beim Rückbau dar. Kontaminationen sind für den Kontrollbereich vom Planungsbeginn der Anlage an erwartet, so dass gefährdete Gebäudebereiche mit einer Kontaminationsschutzschicht versehen sind. Dekontaminationsanstrich und ggf. ein Teil der darunterliegenden Betonschicht müssen beim Rückbau abgetragen werden. Dieses geschieht zurzeit in weiten Teilen durch manuell geführte mechanische Verfahren und ist daher Kosten-, Zeit- und Personalintensiv. Weiterhin tragen diese Verfahren ein großes Materialvolumen ab und führen zu einer erhöhten Menge Sekundärabfall.

Strahlverfahren eignen sich zum Abtrag des Dekontaminationsanstriches besonders gut, da sie:

- den Lack nicht thermisch zersetzen und somit keine Kohlenwasserstoffe an die umgebene Raumluft abgeben.
- Absätze und Störkanten, wie sie durch Schalbretter oder Installationen entstehen, überbrücken können.
- die Abtragtiefe durch eine Vielzahl von Parametern einfach und exakt eingestellt werden kann.
- die Beschichtung kann in einem zweistufigen Verfahren getrennt vom Grundwerkstoff abgetragen werden.
- die Dekontaminationsbeschichtung automatisch geführt entfernen können
- muss zusätzlich Beton abgetragen werden, kann die Abtragtiefe durch eine Vielzahl von Parametern einfach und exakt eingestellt werden.

Die meisten Strahlverfahren tragen durch Abrasivstoffe ab, typischerweise werden Korund, Schlacke oder ähnliche Stoffe verwendet. Diese Verfahren zeichnen sich durch hohe Abtragsraten aus, weisen aber den großen Nachteil von zusätzlich eingebrachtem Sekundärwaste auf. Alternativ hierzu können Strahlverfahren verwendet werden, die keinen Sekundärwaste erzeugen. Diese sind das Trockeneisstrahlen und das leistungsschwächere CO<sub>2</sub>-Schneestrahlen.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Ziel der Untersuchungen ist es, die Eignung des Trockeneisstrahlens zum Abtrag von Beschichtungen im Bereich kerntechnischer Anlagen zu qualifizieren. Ein besonderes Augen-

merk liegt dabei auf der Prozessleistung sowie auf der Analyse der entstehenden Emissionen. Erst durch die Quantifizierung der Emissionen wird es möglich, beim Einsatz des Trockeneisstrahlens geeignete Maßnahmen zur Behandlung der anfallenden Emissionen zu ergreifen und so die Arbeitssicherheit auch in begrenzten Arbeitsbereichen zu gewährleisten.

Das Arbeitsprogramm gliedert sich in die folgenden Arbeitspakete:

- Aufbau von Mock-Up Strukturen zur Entschichtung
- Trockeneisbearbeitung der Betonoberflächen
- Bestimmung des Leistungspotentials der verschiedenen Entschichtungsarten
- Übertragbarkeit auf andere Dekontaminationsbereiche
- Abfallbehandlungskonzept
- Analyse der Prozessemissionen zur Gefährdungsabschätzung

### **3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse**

- Herstellung von Beton-Mockupstrukturen mit definierter Lackierung (dreischichtiger Dekontaminationslack)
- Inbetriebnahme und Vorversuche zum Einsatz der Abrasivzuführung
- Bestimmung der zu untersuchenden Versuchsparameter nach DoE-Methodik (Design of Experiments/statistische Versuchsplanung)
- Erstellen eines DoE-Versuchsplans zur statistisch abgesicherten Bestimmung der prozessbeeinflussenden Parameter und möglicher Parameterwechselwirkungen

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

- Durchführung der Versuche mit den im DoE-Versuchsplan festgelegten Parameterkombinationen
- Auswertung der Versuche und Bestimmung der zusätzlich notwendigen Versuche zur statistischen Absicherung der gewonnenen Ergebnisse
- Ermittlung der prozessbestimmenden Parameter und deren Wirkung auf die Abtragleistung
- Bestimmung eines optimalen Parametersatzes zur Entschichtung von Beton
- Bestimmung eines optimalen Parametersatzes zur Entschichtung von metallischen Bauteilen

### **5. Berichte, Veröffentlichungen**

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fürstengraben 1, 07743 Jena		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9194</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Umsetzung von Schwermetall-Landfarming zur nachhaltigen Landschaftsgestaltung und Gewinnung erneuerbarer Energien auf radionuklidbelasteten Flächen (USER)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.12.2014 bis 30.11.2018	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 988.374,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Büchel	

## 1. Vorhabensziele/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.

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. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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 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 Ergebnisse

#### Testfeld Gessenwiese

Die bodenhydrologischen Messplätze (Fa. ecoTech, Bonn) wurden in Betrieb genommen (Juli 2015). Auf den Testflächen der Gessenwiese erfolgte anschließend die Inokulation mit *Streptomyces mirabilis* P16. Nach mehrwöchiger Wachstumsphase konnten einzelne Pflanzenkompartimente (Spross, Blatt, Wurzel) von *Sorghum Bicolor* und *Festuca Rubra* zu Analyse Zwecken geerntet werden (September 2015). Um einen möglichen Einfluss der biologischen Additive und des veränderten Geosubstrates auf die R/SM-Aufnahme und die Biomasse abschätzen zu können, wurden die Biomassen [g/m<sup>2</sup>, kg/ha] ermittelt sowie die Aufbereitung des Pflanzenmaterials zur analytischen Bestimmung begonnen. Die hydrochemische Charakterisierung der Grund-, Boden- und Sickerwässer wurde erstmals im September 2015 durchgeführt und wiederholt sich im halbjährigen Zyklus. Des Weiteren wurden nach der Ernte des Pflanzenmaterials randomisierte Bodenproben aus den Subplots entnommen. Diese Proben wurden für die sequentielle Extraktion sowie zur Bestimmung der physikochemischen Parameter aufbereitet.

#### Testfeld Kanigsberg

Auf Subplots der Testflächen am Kanigsberg erfolgte im Juli 2015 die Inokulation mit *Streptomyces mirabilis* P16. Nach mehrwöchiger Wachstumszeit konnte im Oktober 2015 die Ernte der Biomasse auf den Subplots der Testfläche „Bareground“ durchgeführt werden. Die Biomasse des Pflanzenmaterials [g/m<sup>2</sup>, kg/ha] wurde bestimmt sowie die Aufbereitung zur analytischen Bestimmung begonnen. Weiterhin wurden für die Varianten des homogenisiertes Baregroundsubstrats (BG), BG + 20 % Rendzina-Oberboden (BG20) und BG + Mykorrhiza + *Streptomyces* (BGM) sowie auf den beiden Testarealen I und II Bodenproben zu Analyse Zwecken entnommen. Auf den anderen beiden Testflächen wurde die Vegetation belassen, um einen Erosionsschutz zu gewährleisten. Darüber hinaus erfolgte, wie auch auf dem Testfeld Gessenwiese, eine mikrobielle Charakterisierung der Substrate hinsichtlich Lebendzellzahlen, bakterieller Gemeinschaften und Bodenatmung.

Im August 2015 erfolgte eine Drohnenbefliegung zur hochauflösenden (5 cm) und multispektralen (Infrarotbereich 1 mm-780 nm) Aufnahme des Geländes sowie der Vegetation auf der Gessenwiese und am Kanigsberg. Der „Normalized Differenced Vegetation Index“ (NDVI) liefert Rückschlüsse auf die Vitalität der Vegetation in Abhängigkeit von den Bodenbehandlungen.

Parallel zu den Geländearbeiten wurde ein Gefäßversuch zur Ermittlung der Biomasseproduktivität und der R/SM-Aufnahme in die Pflanzen (*Festuca rubra*, *Secale multicaule*) mit den analog zu den Freiflächen verwendeten Bodenzusätzen und mikrobiellen Behandlungen durchgeführt (Masterarbeit).

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Im Februar/März 2016 werden im Zuge des Aufbaus der Kurzumtriebsplantagen auf den Testflächen Pappeln (*Populus*), Weiden (*Salix*), Birken (*Betula*) und/oder Erlen (*Alnus*) eingebracht. Ab April 2016 soll ein Topfversuch mit ausgewählten Pflanzen und Additiven durchgeführt werden (Bachelor-/Masterarbeit).

Die analytischen Ergebnisse aus den Pflanzen- und Bodenuntersuchungen der Testfelder Gessenwiese und Kanigsberg sollen im ersten Halbjahr 2016 vorliegen.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Mirgorodsky, D., Märten, A., Riefenstahl, M., Pietschmann, S., Fürst, D., Merten, D., Kothe, E., Büchel, G. (2015): Realization of heavy metal-landfarming to design sustainable landscapes and recover renewable energy by short-rotation-coppice (SRC) at moderate contaminated areas (USER). 14th Symposium on Remediation, September 30 – October 1, Jena, p. 24.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Technische Universität Dresden, Helmholtzstr. 10, 01069 Dresden		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9215A</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Laser-Dekontamination von Metall- und Betonoberflächen (LaPLUS)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.08.2015 bis 31.07.2018	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.08.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 830.328,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Hurtado	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Aufbauend auf den Erfahrungen aus dem Projekt LaColor ist vorgesehen, die erprobte Lasertechnologie zum Abtragen PCB-haltiger Dekontacke 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. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

(TUD 1), (IABG 1), (TUBAF 1)

Ausgehend von grundlegenden Erkenntnissen zur Eindringtiefe und Verteilung wichtiger Nuklide in verschiedenen Oberflächen können die notwendigen Abtragtiefen bestimmt werden. Anhand der praktischen Anforderungen im nuklearen Umfeld erfolgt die Probenauswahl: Metall (Ferrit, Austenit, Nickelbasislegierung), Metalloxid und Beton mit oder ohne Dekontack. Für die Entwicklung eines Systems zur Dekontamination metallischer Oberflächen werden Literaturquellen zum Abtrag von Farbschichten, Ölen und Oxiden im nuklearen und konventionellen Bereich ausgewertet. Der Zustand der Oberflächen nach der Bearbeitung gibt Aufschluss über den Ablationsmechanismus und erfolgversprechende Lasertechnologien zur Dekontamination. Eine Rekontamination durch die abgetragenen Partikel im Umfeld der bearbeiteten Oberfläche, wie in diesen Quellen häufig berichtet, muss vermieden werden. Die Erstellung des Lastenhefts für das System zur chemisch-toxischen Dekontamination wird anhand der Ergebnisse und Erfahrungen aus LaColor, der Strahlenschutzverordnung und der Laserschutzbestimmungen durchgeführt. Für die Miniaturisierung des Echtzeit-Detektionssystems zur thermischen Zersetzung polychlorierter Biphenyle steht die Optimierung hinsichtlich einer kompakten Laserquelle für die laserinduzierte Fluoreszenz (LIF) im Vordergrund.

(TUD 2), (IABG 2)

Die Vorkenntnisse aus dem Projekt LaColor hinsichtlich polychlorierter Biphenyle, deren thermischer Zersetzung und Rekombinationsreaktionen fließen in die Konstruktion des Systems zur chemisch-toxischen Dekontamination ein. In der aktuellen Konzeptionsphase werden die Möglichkeiten ermittelt, die Sicherheitsbestimmungen zur Zurückhaltung der PCB und ihrer Reaktionsprodukte bei Nutzung nur einer Barriere trotzdem einzuhalten.

(IABG 3)

Basic-Engineering parallel zum Lastenheft.

(IABG-P)

Projekt- und Qualitätsmanagement begonnen.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- Auswahl der Lasertechnologie für die Dekontamination metallischer Werkstoffe
- Auswahl der notwendigen Filter- und Absaugtechnologie für die Dekontaminationssysteme
- Konstruktion und Aufbau des Systems für die chemisch-toxische Dekontamination
- Durchführung von Orientierungsversuchen und Vergleichsmessungen zu Ergebnissen LaColor Arbeitskopf
- Auswahl der Laserquelle sowie der optischen Filter für das LIF-System

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Technische Universität Bergakademie Freiberg, Akademiestr. 6, 09599 Freiberg		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 9215B</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Laser-Dekontamination von Metall- und Betonoberflächen (LaPLUS)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.08.2015 bis 31.07.2017	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.08.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 259.410,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. Voß	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Aufbauend auf den Erfahrungen aus dem Projekt LaColor ist vorgesehen, die erprobte Lasertechnologie zum Abtragen PCB-haltiger Dekontacke 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. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- 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 Ergebnisse

(TUD 1), (IABG 1), (TUBAF 1)

Ausgehend von grundlegenden Erkenntnissen zur Eindringtiefe und Verteilung wichtiger Nuklide in verschiedenen Oberflächen können die notwendigen Abtragtiefen bestimmt werden. Anhand der praktischen Anforderungen im nuklearen Umfeld erfolgt die Probenauswahl: Metall (Ferrit, Austenit, Nickelbasislegierung), Metalloxid und Beton mit oder ohne Dekontack. Für die Entwicklung eines Systems zur Dekontamination metallischer Oberflächen werden Quellen zum Abtrag von Farbschichten, Ölen und Oxiden im nuklearen und konventionellen Bereich ausgewertet. Der Zustand der Oberflächen nach der Bearbeitung gibt Aufschluss über den Ablationsmechanismus und erfolgversprechende Lasertechnologien zur Dekontamination. Eine Rekontamination durch die abgetragenen Partikel im Umfeld der bearbeiteten Oberfläche, wie in diesen Quellen häufig berichtet, muss vermieden werden. Die Erstellung des Lastenhefts für das System zur chemisch-toxischen Dekontamination wird anhand der Ergebnisse und Erfahrungen aus LaColor, der Strahlenschutzverordnung und der Laserschutzbestimmungen durchgeführt. Für die Miniaturisierung des Echtzeit-Detektionssystems zur thermischen Zersetzung polychlorierter Biphenyle steht die Optimierung hinsichtlich einer kompakten Laserquelle für die laserinduzierte Fluoreszenz (LIF) im Vordergrund.

(TUD 2), (IABG 2)

Die Vorkenntnisse aus dem Projekt LaColor hinsichtlich polychlorierter Biphenyle, deren thermischer Zersetzung und Rekombinationsreaktionen fließen in die Konstruktion des Systems zur chemisch-toxischen Dekontamination ein. In der aktuellen Konzeptionsphase werden die Möglichkeiten ermittelt, die Sicherheitsbestimmungen zur Zurückhaltung der PCB und ihrer Reaktionsprodukte bei Nutzung nur einer Barriere trotzdem einzuhalten.

(IABG 3)

Basic-Engineering parallel zum Lastenheft

(IABG-P)

Projekt- und Qualitätsmanagement begonnen.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- Auswahl der Lasertechnologie für die Dekontamination metallischer Werkstoffe
- Auswahl der notwendigen Filter- und Absaugtechnologie für die Dekontaminationssysteme
- Konstruktion und Aufbau des Systems für die chemisch-toxische Dekontamination
- Durchführung von Orientierungsversuchen und Vergleichsmessungen zu Ergebnissen LaColor Arbeitskopf
- Auswahl der Laserquelle sowie der optischen Filter für das LIF-System

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH, Einsteinstr. 20, 85521 Ottobrunn		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 9215C</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Laser-Dekontamination von Metall- und Betonoberflächen (LaPLUS)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.08.2015 bis 31.07.2018	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.08.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 399.992,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. Kremer	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- IABG 1: Erstellung eines Lastenhefts
- IABG 2: Konstruktion (beide Strahlköpfe)
- IABG 3: Technische Dokumentation
- IABG 4: Planung u. Begleitung Abschlussversuche
- IABG 5: Abschlussdokumentation
- IABG P: Projekt- und Qualitätsmanagement

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

(TUD 1), (IABG 1), (TUBAF 1)

Ausgehend von grundlegenden Erkenntnissen zur Eindringtiefe und Verteilung wichtiger Nuklide in verschiedenen Oberflächen können die notwendigen Abtragtiefen bestimmt werden. Anhand der praktischen Anforderungen im nuklearen Umfeld erfolgt die Probenauswahl: Metall (Ferrit, Austenit, Nickelbasislegierung), Metalloxid und Beton mit oder ohne Dekontack. Für die Entwicklung eines Systems zur Dekontamination metallischer Oberflächen werden Literaturquellen zum Abtrag von Farbschichten, Ölen und Oxiden im nuklearen und konventionellen Bereich ausgewertet. Der Zustand der Oberflächen nach der Bearbeitung gibt Aufschluss über den Ablationsmechanismus und erfolgversprechende Lasertechnologien zur Dekontamination. Eine Rekontamination durch die abgetragenen Partikel im Umfeld der bearbeiteten Oberfläche, wie in diesen Quellen häufig berichtet, muss vermieden werden. Die Erstellung des Lastenhefts für das System zur chemisch-toxischen Dekontamination wird anhand der Ergebnisse und Erfahrungen aus LaColor, der Strahlenschutzverordnung und der Laserschutzbestimmungen durchgeführt. Für die Miniaturisierung des Echtzeit-Detektionssystems zur thermischen Zersetzung polychlorierter Biphenyle steht die Optimierung hinsichtlich einer kompakten Laserquelle für die laserinduzierte Fluoreszenz (LIF) im Vordergrund.

(TUD 2), (IABG 2)

Die Vorkenntnisse aus dem Projekt LaColor hinsichtlich polychlorierter Biphenyle, deren thermischer Zersetzung und Rekombinationsreaktionen fließen in die Konstruktion des Systems zur chemisch-toxischen Dekontamination ein. In der aktuellen Konzeptionsphase werden die Möglichkeiten ermittelt, die Sicherheitsbestimmungen zur Zurückhaltung der PCB und ihrer Reaktionsprodukte bei Nutzung nur einer Barriere trotzdem einzuhalten.

(IABG 3)

Basic-Engineering parallel zum Lastenheft.

(IABG-P)

Projekt- und Qualitätsmanagement begonnen.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- Auswahl der Lasertechnologie für die Dekontamination metallischer Werkstoffe
- Auswahl der notwendigen Filter- und Absaugtechnologie für die Dekontaminationssysteme
- Konstruktion und Aufbau des Systems für die chemisch-toxische Dekontamination
- Durchführung von Orientierungsversuchen und Vergleichsmessungen zu Ergebnissen LaColor Arbeitskopf
- Auswahl der Laserquelle sowie der optischen Filter für das LIF-System

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Helmholtz Zentrum München, Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (GmbH), Postfach 11 29, 85758 Oberschleißheim		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S WM2013</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Wissensmanagement von Altdokumenten aus Forschung, Verwaltung und Betrieb		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.06.2013 bis 31.05.2018	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2015 bis 31.12.2015	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 7.169.856,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. Eck	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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 Ergebnisse 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 computerorientierte Analyse an. Da diese für wissenschaftliche Disziplinen bisher zumeist auf Grundlage von Schlagwortverzeichnissen und händisch eingetragenen Analysen stattfindet, soll mit dieser Arbeit der digitalen Analyse ein neuer Weg beschritten werden.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Ziel ist es, eine Software zu entwickeln, mit deren Hilfe man digitalisierte größere Altaktenbestände analysieren kann. Als Datengrundlage dienen die Altakten des 21. Parlamentarischen Untersuchungsausschusses des Niedersächsischen Landtages, die im Rahmen des Projektes digitalisiert wurden.

Des Weiteren sollen alle wissenschaftlichen Arbeiten und Gutachten bezüglich der Schachtanlage Asse II zusammengetragen und ebenfalls digital zur Verfügung gestellt werden.

Abschließend sollen die Analysen der Akten durchgeführt und Ergebnisse bekannt gemacht werden.



### **3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse**

Die Unterlagen des Niedersächsischen Landesarchivs wurden digitalisiert (ca. 950.000 Seiten aus 4.101 Ordnern) Dabei wurde festgestellt, dass von bislang 1.785 identifizierten Gutachten, Berichten und Vorträgen nur ein geringer Teil in den Unterlagen des 21. PUA vorhanden waren und in digitaler Form vorliegen.

Von den vorhandenen Gutachten wurden die ersten exemplarisch manuell ausgewertet, um im Weiteren diese Ergebnisse mit der softwaregestützten Analyse zu vergleichen.

Seitens des Instituts für Informatik der Universität Leipzig wurden die OCR-Optimierung, die Briefkopf-Klassifikation und die Dokumenten-Klassifikation weiter entwickelt. Die Ergebnisse dienen der Verbesserung des Textanalysesystems.

Mit der Vorversion des Textanalysesystems wurden die ersten wissenschaftlichen Arbeiten analysiert.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Die Arbeiten der Uni Leipzig hinsichtlich OCR-Nachkorrektur, Dokument-Merging, Dokumentenklassifikation und Informationsextraktion werden fortgeführt und fließen sukzessive in die Weiterentwicklung des Textanalysesystems ein.

Die fehlenden Gutachten, Berichte und Vorträge sollen soweit möglich beschafft werden.

Die Auswertung der vorhandenen Gutachten wird fortgeführt.

Im weiteren Projektverlauf werden das Textanalysesystem stetig verbessert und die Dokumente weiter ausgewertet.

Die Ergebnisse sollen zusammenfassend publiziert und das Analyseverfahren zukünftig auf andere Fachdisziplinen übertragen werden.

### **5. Berichte, Veröffentlichungen**

Bachelor-Arbeit: „Untersuchung hierarchischer Topicmodelle in der Fachdomäne Endlagerung unter Berücksichtigung ihres Potentials für Ontology-Learning“, Universität Leipzig.

Master-Arbeit: „Dokumenten-Retrieval anhand von Metadaten und Dokumentenähnlichkeitsmaßen (Arbeitstitel)“, in Erstellung, Universität Leipzig.

Promotion: „Anwendungen der Levenshtein-Distanz auf Basis von LevenshteinUltra“, in Erstellung; Universität Leipzig.



Veröffentlichung im Zusammenhang mit dem IWW Goslar

„Beratung und Wissensmanagement bei der Entsorgung radioaktiver Reststoffe“; Nutzung externen Wissens und des Asse-Archivs, ENTRIA-Braunschweigische Rechtswissenschaftliche Studien.




### 1.3 Forschungsstellen



#### **AREVA GmbH, Paul-Gossen-Str. 100, 91052 Erlangen**

- 02 S 9072A** Verbundprojekt: Automatisierte Zerlegung von Reaktordruckbehältereinbauten mit Hilfe von Unterwasser-Robotertechnik (AZURo)  20
- 02 S 9113B** Verbundprojekt: Modellentwicklung eines ganzheitlichen Projektmanagements für kerntechnische Rückbauprojekte (MogaMaR)  44



#### **Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Christian-Albrechts-Platz 4, 24118 Kiel**

- 02 S 9082C** Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen  28


#### **Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Straße, 52428 Jülich**

- 02 S 9022B** Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging)  10
- 02 S 9052A** Bestimmung und Validierung von nuklearen Daten von Actiniden zur zerstörungsfreien Spaltanalyse in Abfallproben durch prompt Gamma Neutronenaktivierungsanalyse (PGAA-Actinide)  14


#### **Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V., Hansastr. 27c, 80686 München**

- 02 S 9072B** Verbundprojekt: Automatisierte Zerlegung von Reaktordruckbehältereinbauten mit Hilfe von Unterwasser-Robotertechnik (AZURo)  22
- 02 S 9154** Verfahrensoptimierung mit Maßstabsvergrößerung zur Volumenreduktion/Beseitigung C-14-belasteter flüssiger Abfälle mittels elektrochemischer Totalmineralisation der organischen Inhaltsstoffe  52


#### **Freie Universität Berlin, Kaiserwerther Str. 16-18, 14195 Berlin**

- 02 S 9082B** Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen  26


#### **Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fürstengraben 1, 07743 Jena**

- 02 S 9194** Umsetzung von Schwermetall-Landfarming zur nachhaltigen Landschaftsgestaltung und Gewinnung erneuerbarer Energien auf radio-nuklidbelasteten Flächen (USER)  56


#### **Helmholtz Zentrum München Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (GmbH), Postfach 11 29, 85758 Oberschleißheim**

- 02 S WM2013** Wissensmanagement von Altdokumenten aus Forschung, Verwaltung und Betrieb  64

#### **HERRENKNECHT AKTIENGESELLSCHAFT, Schlehenweg 2, 77963 Schwanau**

- 02 S 9093B** Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS)  36

#### **Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mit beschränkter Haftung, Einsteinstr. 20, 85521 Ottobrunn**

- 02 S 9215C** Verbundprojekt: Laser-Dekontamination von Metall- und Betonoberflächen (LaPLUS)  62

<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe</b>
--

- |                   |   |      |
|-------------------|---|------|
| <b>02 S 8881</b>  | Manipulatorgesteuertes Freimessen von Oberflächen   | 📖 6  |
| <b>02 S 9062</b>  | Technische, wirtschaftliche, soziale und politische Fragen durch den Rückbau eines Kernkraftwerks auf regionaler und lokaler Ebene – Analyse aktueller Beispiele in Baden-Württemberg zur Erstellung eines Zukunftsmodells (FoRK) | 📖 18 |
| <b>02 S 9093A</b> | Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS)  | 📖 34 |
| <b>02 S 9113A</b> | Verbundprojekt: Modellentwicklung eines ganzheitlichen Projektmanagements für kerntechnische Rückbauprojekte (MogaMaR)  | 📖 42 |

<b>Kraftanlagen Heidelberg GmbH, Im Breitspiel 7, 69126 Heidelberg</b>
--

- |                   |  |      |
|-------------------|--|------|
| <b>02 S 9093D</b> | Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS) | 📖 40 |
|-------------------|--|------|

<b>Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover</b>
---

- |                   |  |      |
|-------------------|--|------|
| <b>02 S 9093C</b> | Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS)   | 📖 38 |
| <b>02 S 9134</b>  | Angepasstes Seilschleifen komplexer, metallischer Strukturen (Sekomet)   | 📖 48 |
| <b>02 S 9184</b>  | Betondekontamination mittels Trockeneisstrahlens zum Rückbau von Gebäudestrukturen im kerntechnischen Bereich (BeDeKo) | 📖 54 |

<b>Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Templergraben 55, 52062 Aachen</b>
--

- |                   |   |      |
|-------------------|---|------|
| <b>02 S 9022A</b> | Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging)   | 📖 8  |
| <b>02 S 9042</b>  | Rückbau von Forschungs- und Leistungsreaktoren Entwicklung eines automatisierten Verfahrens zur Berechnung der Aktivitätsverteilungen und Ortsdosisleistungen in kerntechnischen Anlagen am Beispiel des Forschungsreaktors FRJ-2 in Jülich | 📖 12 |
| <b>02 S 9144</b>  | Voruntersuchung Wiederverwertbarkeit seltener Metalle beim Rückbau kerntechnischer Anlagen  | 📖 50 |


<b>Sondervermögen Großforschung beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen</b>
---

- |                   |   |      |
|-------------------|---|------|
| <b>02 S 9082D</b> | Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen | 📖 30 |
| <b>02 S 9082E</b> | Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen | 📖 32 |


<b>Technische Universität Bergakademie Freiberg, Akademiestr. 6, 09599 Freiberg</b>
---

- |                   |   |      |
|-------------------|---|------|
| <b>02 S 9215B</b> | Verbundprojekt: Laser-Dekontamination von Metall- und Betonoberflächen (LaPLUS) | 📖 60 |
|-------------------|---|------|


**Technische Universität Clausthal, Adolph-Roemer-Str. 2a, 38678 Clausthal-Zellerfeld**

- 02 S 9082A** Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen  24

**Technische Universität Dresden, Helmholtzstr. 10, 01069 Dresden**

- 02 S 9215A** Verbundprojekt: Laser-Dekontamination von Metall- und Betonoberflächen (LaPLUS)  58

**Technische Universität München, Arcisstraße 21, 80333 München**

- 02 S 9052B** Bestimmung und Validierung von nuklearen Daten von Actiniden zur zerstörungsfreien Spaltanalyse in Abfallproben durch prompt Gamma Neutronenaktivierungsanalyse (PGAA-Actinide)  16

**VKTA – Strahlenschutz, Analytik & Entsorgung Rossendorf e. V., Bautzener Landstr. 400, 01328 Dresden**

- 02 S 9113C** Verbundprojekt: Modellentwicklung eines ganzheitlichen Projektmanagements für kerntechnische Rückbauprojekte (MogaMaR)  46