

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

**PTE-S Nr. 29**

BMBF geförderte FuE zu  
„Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“

Berichtszeitraum: 1. Juli - 31. Dezember 2014

Projektträger Karlsruhe  
Wassertechnologie und Entsorgung  
(PTKA-WTE)

**März 2015**



## **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 wird künftig 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>89</b>



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

## 1.1 Fördervorhaben

<b>02 S 8720</b>	Verbundprojekt: Qualifizierung thermisch gespritzter Korrosionsschutzschichten für dickwandige Behälterkomponenten (QUAKOS)	<b>Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Krefeld</b>	📖 6
<b>02 S 8770</b>	Verbundprojekt AKOF: Optimierung der verfahrenstechnischen Kette „Abtrag kontaminierter Flächen“ unter dem Aspekt Maximierung der Abtragsleistung	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 8
<b>02 S 8780</b>	Verbundprojekt AKOF: Optimierung der verfahrenstechnischen Kette „Abtrag kontaminierter Flächen“ unter dem Aspekt Maximierung der Abtragsleistung	<b>EnBW Energie Baden-Württemberg AG, Karlsruhe</b>	📖 10
<b>02 S 8790</b>	Entsorgung von bestrahltem Graphit	<b>Forschungszentrum Jülich GmbH</b>	📖 12
<b>02 S 8821</b>	Überwachungssystem mit integrierter Messsensorik für radioaktiv belastete Eisen- und Nichteisenschrotte (MEREN)	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 14
<b>02 S 8841</b>	Überwachungssystem mit integrierter Messsensorik für radioaktiv belastete Eisen- und Nichteisenschrotte (MEREN)	<b>Dr.-Ing. Uwe Görisch GmbH, Karlsruhe</b>	📖 16
<b>02 S 8871</b>	Neuartige Entsorgungswege für Abrasivmittel aus der Wasserstrahl-Schneidtechnik	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 18
<b>02 S 8881</b>	Manipulatorgesteuertes Freimessen von Oberflächen	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 20
<b>02 S 8891</b>	Untersuchungen zum emissionsarmen Abtrag von Lackschichten mittels Laserstrahlung (LaColor)	<b>TU Dresden</b>	📖 22
<b>02 S 8901</b>	Untersuchungen zum emissionsarmen Abtrag von Lackschichten mittels Laserstrahlung (LaColor)	<b>TU Bergakademie Freiberg</b>	📖 24
<b>02 S 8911</b>	Aufbau eines Simulationsmodells zur Qualifizierung eines neuen Vibrationsverfahrens für Dekontamination von Rohrleitungen	<b>SAT Kerntechnik GmbH, Worms</b>	📖 26
<b>02 S 8921</b>	Aufbau eines Simulationsmodells zur Qualifizierung eines neuen Vibrationsverfahrens für Dekontamination von Rohrleitungen	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 28
<b>02 S 9001</b>	Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung des Nuklidinventars in bituminierten Abfallgebinden	<b>TU München</b>	📖 30

<b>02 S 9012A</b>	Erhebung von Nuklidvektoren in komplexen radiochemischen Laboren mit Unterstützung durch ein Programm zur Gebäudefreigabe (RaChaG)	<b>Brenk Systemplanung GmbH, Aachen</b>	📖 32
<b>02 S 9012B</b>	Erhebung von Nuklidvektoren in komplexen radiochemischen Laboren mit Unterstützung durch ein Programm zur Gebäudefreigabe (RaChaG)	<b>TU München</b>	📖 34
<b>02 S 9022A</b>	Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging)	<b>Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen</b>	📖 36
<b>02 S 9022B</b>	Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging)	<b>Forschungszentrum Jülich GmbH</b>	📖 38
<b>02 S 9022C</b>	Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging)	<b>Siemens Aktiengesellschaft, München</b>	📖 40
<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>	📖 42
<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>	📖 44
<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>	📖 46
<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>	📖 48
<b>02 S 9072A</b>	Verbundprojekt: Automatisierte Zerlegung von Reaktordruckbehältereinbauten mit Hilfe von Unterwasser-Robotertechnik (AZURo)	<b>AREVA GmbH, Erlangen</b>	📖 50
<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>	📖 52

<b>02 S 9082A</b>	Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen	<b>Niedersächsische Technische Hochschule (NTH), Clausthal-Zellerfeld</b>	📖 54
<b>02 S 9082B</b>	Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen	<b>Freie Universität Berlin</b>	📖 56
<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>	📖 58
<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>	📖 60
<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>	📖 62
<b>02 S 9093A</b>	Verbundprojekt: Definiertes Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS)	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 64
<b>02 S 9093B</b>	Verbundprojekt: Definiertes Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS)	<b>Herrenknecht AG, Schwanau</b>	📖 66
<b>02 S 9093C</b>	Verbundprojekt: Definiertes Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS)	<b>Leibniz Universität Hannover</b>	📖 68
<b>02 S 9093D</b>	Verbundprojekt: Definiertes Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS)	<b>Kraftanlagen Heidelberg GmbH</b>	📖 70
<b>02 S 9113A</b>	Verbundprojekt: Modellentwicklung eines ganzheitlichen Projektmanagements für kerntechnische Rückbauprojekte (MogaMaR)	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 72
<b>02 S 9113B</b>	Verbundprojekt: Modellentwicklung eines ganzheitlichen Projektmanagements für kerntechnische Rückbauprojekte (MogaMaR)	<b>AREVA GmbH, Erlangen</b>	📖 74
<b>02 S 9113C</b>	Verbundprojekt: Modellentwicklung eines ganzheitlichen Projektmanagements für kerntechnische Rückbauprojekte (MogaMaR)	<b>VKTA Rossendorf e. V.</b>	📖 76
<b>02 S 9134</b>	Angepasstes Seilschleifen komplexer, metallischer Strukturen (Sekomet)	<b>Leibniz Universität Hannover</b>	📖 78
<b>02 S 9144</b>	Voruntersuchung Wiederverwertbarkeit seltener Metalle beim Rückbau kerntechnischer Anlagen	<b>Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen</b>	📖 80

- |                  |   |   |  |
|------------------|---|---|--|
| <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> |  82 |
| <b>02 S 9184</b> | Betondekontamination mittels Trockeneisstrahlen zum Rückbau von Gebäudestrukturen im kerntechnischen Bereich (BeDeKo)   | <b>Leibniz Universität Hannover</b>   |  84 |
| <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>  |  86 |

## **1.2 Formalisierte Zwischenberichte**

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Siempelkampstr. 45, 47803 Krefeld		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 8720</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Qualifizierung thermisch gespritzter Korrosionsschutzschichten für dickwandige Behälterkomponenten (QUAKOS)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.06.2010 bis 31.12.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 666.560,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. Tragsdorf	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist der Nachweis der großtechnischen Erzeugung von Korrosionsschutzschichten auf End- und Zwischenlagerkomponenten aus Sphäroguss unter wirtschaftlichen Aspekten.

Ausgehend von dem Vorgängervorhaben SHARK sind einige Aspekte unterschiedlicher Beschichtungen (HVOF, Kaltgasspritzen, Lichtbogendrahtspritzen) weiter auf die Verwendbarkeit für Nuklearkomponenten zu untersuchen. Diese Aspekte sind insbesondere die Optimierung der Verfahrenstechnik an komplizierten Bauteilgeometrien (Radien), die Reparatur- und Nachbehandlungsschritte sowie die Entwicklung eines für die thermisch gespritzten Schichten geeigneten Prüfverfahrens.

Mit der Durchführung des Vorhabens werden u. a. weitere Grundlagen für die Reparatur von Langzeitzwischenlagerbehältern einerseits und für die Auslegung und Fertigung von End- und Zwischenlagerkomponenten andererseits geschaffen. Das Vorhaben erschließt ein zusätzliches Sicherheitspotential im Hinblick auf die Betriebsphase eines Endlagers und den möglichen Einfluss einer korrosiven Atmosphäre. Das Verfahren trägt zu einer Weiterentwicklung im Bereich Korrosionsschutz für Zwischen- und Endlagerkomponenten und von Beschichtungsverfahren bei, so dass neue Nutzungsmöglichkeiten und Optionen für wissenschaftliche Weiterentwicklungen eröffnet werden.

Das Vorhaben wird in Zusammenarbeit mit der Universität Hannover – Institut für Werkstoffkunde (Vorhaben mit dem Förderkennzeichen 02S8730) durchgeführt. Es wurde ein FuE-Unterauftrag an Sulzer Metco Coatings GmbH vergeben.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Auswahl eines geeigneten thermischen Spritz-Verfahrens  
Hierzu werden 3 Verfahren an Probenplatten und Winkelgeometrien gegenübergestellt
- AP2: Beschichtung einer Kleinkomponente
- AP3: Beschichtung einer Großkomponente
- AP4: Erprobung von Reparaturmöglichkeiten defekter Spritzschichten
- AP5: Berichterstattung

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

- AP1: Probeplatten wurden mittels HVOF und Lichtbogendrahtspritzen beschichtet, die Beschichtungen wurden vom IW Hannover bewertet; Bewertung der Platten ist abgeschlossen.
- AP2: Kleinkomponenten und Winkelgeometrien wurden hergestellt. Sie wurden mehrmals beschichtet und untersucht. Es zeigten sich bei einzelnen Komponenten in den Radien immer wieder kleine Korrosionsangriffe trotz gleicher Beschichtungsparameter. Dieser Punkt konnte nicht positiv abgeschlossen werden.
- AP3: Geometrie der Großkomponente ist abgesprochen und die Komponente ist hergestellt. Die Komponente wurde nicht beschichtet, da AP2 nicht erfolgreich abgeschlossen werden konnte.
- AP4: Keine Aktivität, da AP2 nicht erfolgreich abgeschlossen werden konnte.
- AP5: Der Abschlussbericht wird derzeit geschrieben.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

- AP1: Aktivitäten wurden positiv abgeschlossen.
- AP2: Die Aktivitäten konnten nicht erfolgreich abgeschlossen werden.
- AP3: Die Fertigung der Großkomponente ist abgeschlossen. Die Komponente wurde nicht beschichtet, da AP2 nicht erfolgreich abgeschlossen werden konnte.
- AP4: Die Untersuchungen von Reparaturbeschichtungen können erst durchgeführt werden, wenn AP2 erfolgreich abgeschlossen wurde.
- AP5: Der Abschlussbericht wird derzeit geschrieben.

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

Abschlussbericht IW Hannover (BMBF-Förderkennzeichen 02S8730)

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 8770</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt AKOF: Optimierung der verfahrenstechnischen Kette „Abtrag kontaminierter Flächen“ unter dem Aspekt Maximierung der Abtragsleistung		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.11.2010 bis 31.07.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2014 bis 31.07.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 493.471,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Gentes	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen ist es ein oberstes Ziel, die Menge an belastetem Abfall zu minimieren. Dafür ist eine genaue und effiziente Dekontamination von kontaminierten Wänden und Decken aus Beton unerlässlich. Unter diesem Gesichtspunkt soll die Arbeitsleistung einer Standard-Betonfräse gesteigert werden. Dabei soll durch konstruktive Optimierung, der mit lamellenbestückten Frästrommel, die gewünschte Abtragstiefe von mindestens 10 mm in einem Arbeitsgang erreicht werden. Anschließend sind unter Verwendung eines geeigneten Trägersystems sowie Absaugvorrichtungen Praxiserprobungen im Kernkraftwerk Obrigheim geplant.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Stand der Technik im Bereich Dekontaminationsverfahren

AP2: Optimierung und Weiterentwicklung Dekontaminationsverfahren

AP3: Steuerung und Anpassung des Manipulators an die neue Entwicklung

AP4: Optimierung der verfahrenstechnischen Kette

AP5: Umfangreiche großmaßstäbliche Versuche – Praxiserprobung am Institut TMB und im Kernkraftwerk Obrigheim

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

AP5: Umfangreiche großmaßstäbliche Praxisversuche

Zum Abschluss des Projektes wurden anhand eines festgelegten Versuchsprogramms die Testreihen mit dem entwickelten Prototypen durchgeführt und ausgewertet. Der Schwerpunkt der Versuche war die Definition eines optimalen Betriebspunktes, welcher für eine Abtrags-tiefe von ca. 10 mm in Betracht kommt. Die Drehzahl der Werkzeugtrommel mit Diamantsä-geblättern wird auf 2300 U/min festgelegt, welche sich an die maximale Auslastung der Hyd-raulikmotoren annähert. Die Trommel mit Hartmetalllamellen wird hingegen im Nennlastbe-trieb bei 1600 – 1700 U/min betrieben. Der Vorschub der Dekontaminationseinheit beträgt 1 m/min, um das Projektziel von einem Flächenabtrag von 10 m<sup>2</sup>/h zu gewährleisten.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Mit Abschluss des AP5 wurde die Projektarbeit beendet. Die detaillierten Untersuchungser-gebnisse werden im Abschlussbericht veröffentlicht.

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

Full-Paper für Plenarvortrag KONTEC 2015 in Dresden eingereicht.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> EnBW Energie Baden-Württemberg AG, Durlacher Allee 93, 76131 Karlsruhe		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 8780</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt AKOF: Optimierung der verfahrenstechnischen Kette „Abtrag kontaminierter Flächen“ unter dem Aspekt Maximierung der Abtragsleistung		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.11.2010 bis 31.07.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2014 bis 31.07.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 402.500,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Feil	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen ist es ein oberstes Ziel, die Menge an belasteten Abfall zu minimieren. Dafür ist eine genaue und effiziente Dekontamination von kontaminierten Wänden und Decken aus Beton unerlässlich. Unter diesem Gesichtspunkt soll die Arbeitsleistung einer Standard-Betonfräse gesteigert werden. Dabei soll durch konstruktive Optimierung, der mit lamellenbestückten Frästrommel, die gewünschte Abtragtiefe von mindestens 10 mm in einem Arbeitsgang erreicht werden. Anschließend sind unter Verwendung eines geeigneten Trägersystems sowie Absaugvorrichtungen Praxiserprobungen im Kernkraftwerk Obrigheim geplant.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Stand der Technik im Bereich Dekontaminationsverfahren

AP2: Optimierung und Weiterentwicklung Dekontaminationsverfahren

AP3: Steuerung und Anpassung des Manipulators an die neue Entwicklung

AP4: Optimierung der verfahrenstechnischen Kette

AP5: Umfangreiche großmaßstäbliche Versuche – Praxiserprobung am Institut TMB und im Kernkraftwerk Obrigheim

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

AP5: Umfangreiche großmaßstäbliche Versuche – Praxiserprobung am Institut TMB und im Kernkraftwerk Obrigheim

Zum Abschluss des Projektes wurden die Versuche mit dem Gesamtsystem ausgewertet und werden im Abschlussbericht dokumentiert. Der Schwerpunkt war dabei die Definition eines optimalen Betriebspunktes, welcher für einen Abtrag von ca. 10 mm festgelegt werden konnte.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Erstellung des Abschlussberichtes.

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

Paper für Kontec 2015 eingereicht.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Straße, 52428 Jülich		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 8790</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Entsorgung von bestrahltem Graphit		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.10.2010 bis 30.09.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2014 bis 31.09.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 860.334,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. von Lensa	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Graphit und nicht vollständig graphitierter Kohlestein finden weltweit in Forschungsreaktoren, in gasgekühlten Reaktoren und in anderen graphitmoderierten Reaktoren breite Verwendung. Für den Rückbau dieser Anlagen und die Entsorgung von bestrahltem Graphit, welcher relativ hohe Gehalte an Radiokarbon ( $^{14}\text{C}$ ) und andere Aktivierungs- und Spaltprodukte (z. B.  $^3\text{H}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^{79}\text{Se}$ ,  $^{99}\text{Tc}$ ,  $^{129}\text{I}$ ,  $^{135}\text{Cs}$ ,  $^{152}\text{Eu}$ ,  $^{154}\text{Eu}$ , etc.) enthält, ist die Freisetzung dieser Radioisotope näher zu untersuchen.

Um den Eintritt von Radiokarbon in die Biosphäre zu minimieren, ergeben sich hohe Anforderungen an die Rückhaltung dieses Isotops. Für das Endlager KONRAD sind sowohl die Gesamtaktivität für die Einlagerung  $^{14}\text{C}$ -haltiger Abfälle (max. 4 E14 Bq an  $^{14}\text{C}$ ), als auch die jährlich einlagerbare Aktivität dieses Radionuklids vergleichsweise gering.

Es bedarf daher im Hinblick auf KONRAD einer belastbaren Klärung der physikalischen und chemischen Phänomene sowie einer ergänzenden Charakterisierung der einzulagernden deutschen  $^{14}\text{C}$ -haltigen Abfälle. Insbesondere sind die Entstehungsprozesse von  $^{14}\text{C}$  und weiterer Aktivierungsprodukte aufgrund unterschiedlicher Ausgangsmaterialien und Bestrahlungsbedingungen sowie die Freisetzungsmechanismen unter Endlagerkonditionen abzuklären und Vorschläge für spezifische Abfallgebinde zu erarbeiten.

Das Vorhaben nutzt grundlegende Erkenntnisse, die der Antragsteller im Rahmen des europäischen CARBO-WASTE Projektes (FP7-211333) erarbeitet hat. Zusätzliche Kooperationen erfolgen mit dem russischen MEPHI sowie über ein IAEA Coordinated Research Programme (CRP).

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

In Deutschland existieren größere Mengen an bestrahlten Graphiten, welche vorwiegend von den Reflektoren und thermischen Säulen von Forschungsreaktoren sowie von Brenn- und Moderatorelementen bzw. Kernstrukturen der hier betriebenen Hochtemperaturreaktoren (AVR, THTR) stammen. Allein der AVR würde mit ca. 3 E14 Bq an  $^{14}\text{C}$  die Gesamtkapazität des Endlagers KONRAD weitgehend ausschöpfen.

Es bedarf daher im Hinblick auf KONRAD einer belastbaren Klärung der physikalischen und chemischen Phänomene sowie einer ergänzenden Charakterisierung der einzulagernden  $^{14}\text{C}$ -haltigen Abfälle. Insbesondere sind die Entstehungsprozesse von  $^{14}\text{C}$  und weiterer Aktivierungsprodukte aufgrund unterschiedlicher Ausgangsmaterialien und Bestrahlungsbedingungen sowie die Freisetzungsmechanismen unter Normalbedingungen und Endlagerkonditionen abzuklären. Auch andere typische Kontaminationen des Graphits werden untersucht. Die Ergebnisse können zur Verbesserung von Behandlungs- bzw. Verpackungskonzepten verwendet werden, um potentielle radioaktive Freisetzungen von  $^{14}\text{C}$  und anderen flüchtigen Radionukliden aus dem Zwischen- und Endlagergebinde zu unterbinden bzw. zu minimieren.

Das Arbeitsprogramm des Projektes umfasst folgende Arbeitspakete:

- AP1: Charakterisierung
- AP2: Numerische Simulation
- AP3:  $^{14}\text{C}$ -Freisetzung aus Graphit
- AP4:  $^{14}\text{C}$ -Freisetzung aus Abfallgebinden



















<b>Zuwendungsempfänger:</b> Technische Universität Dresden, Helmholtzstr. 10, 01069 Dresden		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 8891</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Untersuchungen zum emissionsarmen Abtrag von Lackschichten mittels Laserstrahlung (LaColor)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.10.2011 bis 31.12.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 583.616,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Hurtado	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Projekts sind Grundlagenuntersuchungen zum emissionsarmen Abtrag von PCB-haltigen Schutzlacken durch Lasertechnologie. Durch die sehr hohen durch Laserstrahlung erzeugbaren Temperaturen ist es möglich, diese Lacke von Oberflächen abzutragen und dabei chemisch zu zersetzen. Durch geeignete Prozessführung kann eine parasitäre Bildung toxischer Reaktionsprodukte, wie Polychlorierte Dibenzodioxine (PCDD) und Polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) vermieden werden, so dass Abtrag und Neutralisierung der toxischen Stoffe in einem Arbeitsschritt erfolgen. Als Verbundpartner agiert die TU Bergakademie Freiberg, die mit der Entwicklung eines LIF-Verfahrens (Laserinduzierte Fluoreszenz) für den Nachweis der PCB und der toxischen Folgestoffe zum ersten Mal ein Echtzeit-Messsystem für diese chemischen Reaktionen entwickelt, so dass eine unmittelbare Prozessoptimierung realisiert werden kann.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP DD-1: Literaturrecherche zur PCB/PCDD/F-Problematik, zur Möglichkeit, PCB/PCDD/F in Filtersystemen zurückzuhalten sowie zum Einsatz von Katalysatoren zur Hemmung der Bildung von PCB/PCDD/F bzw. zum verstärkten Abbau dieser Produkte.  
Status: abgeschlossen.
- AP DD-2: Konzeption der Versuchsanlage zur Laserdekontamination PCB-haltiger Lackschichten.  
Status: abgeschlossen.
- AP DD-3: Realisierung der Versuchsanlage, einschließlich der erforderlichen Peripherie, wie Filter-, Absauganlage und Analytik.  
Status: abgeschlossen.
- AP DD-4: Durchführung der Experimente, Optimierung des Prozesses.  
Status: abgeschlossen.
- AP DD-5: Großflächiger Demonstrationsversuch.  
Status: abgeschlossen.
- AP DD-6: Erstellung des Abschlussberichtes.  
Status: in Bearbeitung.

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

(Arbeitspaket DD-1) Die Literaturrecherche gibt grundlegende Erkenntnisse zu Polychlorierten Biphenylen (PCB) und deren thermischer Zersetzung wie auch zu möglichen Rekombinationsreaktionen.

(Arbeitspaket DD-2) Die Versuchsanlage zur Laserdekontamination PCB-haltiger Lackschichten wurde auf Basis der unter DD-1 ermittelten Sicherheitsbestimmungen und Vorschriften konzipiert und errichtet.

(Arbeitspaket DD-3) Entsprechend der Konzeption des Arbeitspaketes DD-2 wurde die Versuchsanlage, einschließlich der erforderlichen Peripherie wie Filter-, Absauganlage und Analytik, errichtet.

(Arbeitspaket DD-4) Vorversuche der Laserdekontamination Epoxidharzlack-beschichteter Betonproben werden zur Planung der PCB-Experimente durchgeführt. Darauf aufbauend wird mittels FEM-Simulation eine Verifikation der Experimentalergebnisse vorgenommen.

(Arbeitspaket DD-5) Die Adaption des LIF-System der Projektpartner an die Versuchsanlage an der TU Dresden erfolgte, so dass gemeinsame Experimente zur Laserdekontamination PCB-haltiger Lackschichten mit LIF-Monitoring durchführbar waren. Die Produkte aus der Laserdekontamination von PCB-haltigen Lackschichten wurden über den gesamten Bilanzraum analysiert und ausgewertet. Auf der Betonprobe, im abgesaugten Rauchgas und in den Filtern wurden 11 % der PCB wiedergefunden, die nicht reagiert sind. Die 0,001 % der PCB werden dabei in PCDD/F umgewandelt. Bezogen auf den dekontaminierten Probenstein resultiert ein Dekontaminationsgrad von 97 % bzw. einen Zersetzungsgrad von 89 %. Die Sicherheitsmaßnahmen stellten sich als wirkungsvoll heraus, da Analysen von Oberflächen der Versuchsanlage Werte unterhalb der Grenzwerte ergaben.

(Arbeitspaket DD-6) Der Zwischenbericht wird angefertigt.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Fertigstellung des Abschlussberichtes.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

A. Anthofer, W. Lippmann, A. Hurtado, Laser Decontamination of Epoxy Painted Concrete Surfaces in Nuclear Plants, *Optics & Laser Technology*, Volume 57 (2014), pp. 119-128

A. Anthofer, W. Lippmann, A. Hurtado, State of the Art of Resource-Optimized Techniques for Nuclear Dismantling, 2nd International Nuclear Decommissioning Summit, Berlin 2014

A. Anthofer, W. Lippmann, A. Hurtado, Innovative Dekontaminationstechnologien – Akzeptanzfähig? 1. VDI-Fachkonferenz Rückbau kerntechnischer Anlagen, Frankfurt (a. M.) 2014

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Technische Universität Bergakademie Freiberg, Akademiestr. 6, 09599 Freiberg		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 8901</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Untersuchungen zum emissionsarmen Abtrag von Lackschichten mittels Laserstrahlung (LaColor)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.10.2011 bis 31.12.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 335.487,90 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Trimis	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Gesamtprojekts sind Grundlagenuntersuchungen zum emissionsarmen Abtrag von PCB-haltigen Schutzlacken durch Lasertechnologie. Durch die dabei entstehenden sehr hohen Temperaturen ist es möglich, diese Lacke von Oberflächen abzutragen und dabei chemisch zu zersetzen. Durch eine optimierte Auswahl der Prozessparameter kann dabei die ungewünschte Bildung toxischer Nebenprodukte, wie polychlorierte Dibenzodioxine (PCDD) und polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) vermieden werden. Der Abtrag der Lackschicht sowie die Zerstörung der toxischen Stoffe erfolgt somit in einem Arbeitsschritt. Zur Überwachung der Zerstörung der chlorierten Lackbestandteile wird an der TU Bergakademie Freiberg ein Verfahren entwickelt, welches auf der Basis laserinduzierter Fluoreszenz (LIF) dem Echtzeitnachweis des beim thermischen Abbau entstehenden CCl-Radikals als Abbaukriterium hochmolekularer chlorierter Verbindungen dient. Auf dieser Grundlage soll in Zusammenarbeit mit der TU Dresden die Optimierung des Gesamtprozesses realisiert werden.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP FG-1: Entwicklung eines geeigneten Messverfahrens für PCB/PCDD/-F und Reaktionsradikale
- AP FG-2: Konzeption und Aufbau des Teststandes
- AP FG-3: Untersuchungen zur Nachweisführung der Hauptreaktionsprodukte
- AP FG-4: Untersuchungen zur Nachweisführung der Minoritätenspezies
- AP FG-5: Optimierung der Reaktionsführung des Laserabtragverfahrens sowie der Strömungsführung
- AP FG-6: Erstellung des Abschlussberichtes

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Nach den umfangreichen und auf Grund möglicher Sicherheitsgefährdungen zeitaufwendigen Versuchen zusammen mit dem Projektpartner, dem Lehrstuhl für Wasserstoff- und Kernenergie-technik der TU Dresden, musste das LIF-System vor Abbau und Rücktransport an die TU Bergakademie Freiberg aufwendig dekontaminiert und freigemessen werden. Die Arbeiten konnten schlussendlich erfolgreich abgeschlossen werden, so dass die Messtechnik wieder in Freiberg eingerichtet werden konnte.

In den gemeinsamen Versuchen an der TU Dresden wurden insgesamt 12 verschiedene Parameterkombinationen geprüft, davon acht mit unterschiedlichem PCB-Gehalt: Jeweils die vier angemischten PCB-Konzentrationen von 50 mg/kg, 500 mg/kg, 1000 mg/kg und 1300 mg/kg bei jeweils 4 kW bzw. 6 kW Abtragleistung. Es konnten 39 Versuche innerhalb dieses Parameterbereiches durchgeführt werden. Mit steigendem PCB-Anteil im Lack kann nach einer kurzen Einlaufzeit ein zunehmend intensiverer „Schleier“ an CCl-Radikalen detektiert werden, der bis zum Abschalten des Abtraglasers in der Reaktionszone örtlich und zeitlich konstant gemessen wird. Für sehr hohe PCB-Konzentrationen geht die CCl-Intensität auf Grund der flammenhemmenden Eigenschaften der PCB wieder stark zurück und auch der Abtrag des Lackes geschieht nur noch unvollständig.

Für alle Versuche mit PCB -einzelne Versuchs-„Ausreißer“ ausgenommen- konnte dieser Schleier an CCl-Radikalen in der Reaktionszone nachgewiesen werden. Für Versuche ohne PCB konnte dies in keinem Versuch detektiert werden.

Somit hat sich gezeigt, dass das LIF-Verfahren potentiell geeignet ist, die Zersetzung der PCB bildgebend darzustellen. Die Ergebnisse unterstreichen den erfolgreichen Verfahrensnachweis des CCl-LIFs als mögliche Echtzeitüberwachungsmethode beim lasergestützten Abtrag PCB-haltiger Lackschichten. Da die PCB-Konzentration in den betreffenden Lackschichten der Kernkraftwerke teilweise um mehrere Größenordnungen schwankt, muss beim Abtrag PCB-haltiger Lackschichten die Leistung des Abtraglasers der PCB-Konzentration permanent nachgeregelt werden. Das in diesem Projekt entwickelte Messverfahren stellt Echtzeit-Informationen zur Verfügung, die auf die Eingangskonzentration von PCB schließen lassen und bietet sich daher zur online-Regelung des lasergestützten Abtrages an. Als wesentliche Regelgröße neben der Laserleistung bietet sich hier ebenfalls die Vorschubgeschwindigkeit des Abtragskopfes an.

Weiterhin wurde die Patentierung des Gesamtverfahrens des lasergestützten Abtrages PCB-kontaminierter Lackschichten mit gleichzeitiger Detektion des Abtragerfolges vorangetrieben, so dass mittlerweile ein Patententwurf steht auf den sich die Projektpartner einigen konnten.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Keine.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Abschlussbericht wird vorbereitet, keine weiteren Veröffentlichungen geplant.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> SAT Kerntechnik GmbH, Vangionenstr. 15, 67547 Worms		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8911</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Aufbau eines Simulationsmodells zur Qualifizierung eines neuen Vibrationsverfahrens für Dekontamination von Rohrleitungen		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.01.2012 bis 31.12.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 283.000,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Büchler-Roder	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Auf die Ergebnisse des BMBF-geförderten Projektes „Neue Verfahrenstechniken zur Dekontamination und Probenahme in Rohrleitungen mittels Vibrationstechnik“ der Firma SAT Kerntechnik GmbH aufbauend, ist das Gesamtziel dieses Projektes, das neue Vibrationsverfahren für Dekontamination von Rohrleitungen anhand eines Simulationsmodells nachzubilden, zu untersuchen und zu qualifizieren. Das Simulationsmodell wird für Rohrleitungen in unterschiedlichen Anwendungsbereichen (kerntechnische und konventionelle Anlagen, Erdöl- und Erdgasförderung usw.) anpassbar und wiederverwendbar sein. Dieses Simulationsmodell wird durch Vergleiche mit Versuchsergebnissen an physikalischen Prototypen validiert.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Koordination und Dokumentation

AP2: Problemanalyse

AP3: Simulationsmodell

AP4: Nutzergerechte Schnittstellen

AP5: Validierung

AP6: Öffentlichkeitsarbeit und Verbreitung von Ergebnissen

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Im Rahmen des Projektes SimViDekont wurden regelmäßige Projekttreffen alle zwei Monate durchgeführt.
- AP2: Neue Rohrproben wurden von GDF SUEZ E&P Deutschland GmbH für die Analyse der mechanischen Eigenschaften angeschafft. Sie befinden sich im Rahmen einer materialtechnischen Untersuchung am Institut für Angewandte Materialien im KIT Campus Nord.
- AP3: Bei IMI wurden Simulationen unter Berücksichtigung aktueller Ergebnisse der Werkstattversuche durchgeführt.  
Die geometrischen Eigenschaften der Baugruppe sind festgelegt. Es werden Mehrkörper- und FEM-Simulationen unter Berücksichtigung aktueller Ergebnisse der Werkstattversuche durchgeführt.
- AP4: IMI hat ein Framework zur visuellen dreidimensionalen Auswertung der FEM-Ergebnisse in der virtuellen Realität entwickelt. Die automatische Generierung von Simulationsmodellen befindet sich in der Fertigstellung.
- AP5: Das Vorgehen für eine Validierung des Dekontaminationsverfahrens wurde erarbeitet und befindet sich in der Umsetzung.
- AP6: Abstrakt für KONTEC 2015 in Dresden wurde geschrieben.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Das nächste Projekttreffen des Gesamtkonsortiums ist für Februar/März 2015 geplant.
- AP2: Die neuen Rohrproben werden im IAM (KIT) auf deren mechanische Eigenschaften untersucht. Die Untersuchungen werden im Kontrollbereich durchgeführt und stehen kurz vor dem Abschluss.
- AP3: Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen werden bei Bedarf in die Simulationsmodelle implementiert und anschließend mit den Werkstattversuchen verglichen bzw. mit Hilfe der Ergebnisse validiert.
- AP4: Ein weiteres wichtiges Vorhaben ist das Erzeugen einer nutzergerechten Schnittstelle, um die gewonnenen Erkenntnisse interaktiv zu präsentieren.
- AP5: Die Validierung des virtuellen Simulationsverfahrens sowie die Qualifizierung des Dekontaminationsverfahrens werden mit TMB und IMI abgestimmt.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

- Stifi, A., Kern, P., Aminy, A., Gentes, S. (2012). "Technology and Management for Decommissioning of Nuclear Facilities – A Report from Germany", Beitrag im Transactions "End of Use", European Nuclear Conference", 9 – 12 December 2012, Manchester, United Kingdom.
- Stifi, A., Aminy, A., Gentes, S. (2014). "How Can Technology and Management Serve the Sustainability Approach in the Decommissioning of Nuclear Facilities Projects?"; Annual Conference on Engineering & Information Technology; ACEAIT 2014; 28 – 30 March 2014, Tokyo – Japan.
- Schuck, H., Häfner, V., Ovtcharova, J. (2014). „Qualifizierung eines neuartigen Vibrationsverfahrens zur Dekontamination von Rohrleitungen“, „Digitales Engineering zum Planen, Testen und Betreiben technischer Systeme“ - 17. IFF-Wissenschaftstage, 24. - 26. Juni 2014, Magdeburg; 11. Fachtagung Digitales Engineering, Tagungsband, Fraunhofer-Verlag.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 8921</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Aufbau eines Simulationsmodells zur Qualifizierung eines neuen Vibrationsverfahrens für Dekontamination von Rohrleitungen		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.01.2012 bis 30.06.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 780.506,30 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Dr. Ovtcharova	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Auf die Ergebnisse des BMBF-geförderten Projektes „Neue Verfahrenstechniken zur Dekontamination und Probenahme in Rohrleitungen mittels Vibrationstechnik“ der Firma SAT Kerntechnik GmbH aufbauend, ist das Gesamtziel dieses Projektes, das neue Vibrationsverfahren für Dekontamination von Rohrleitungen anhand eines Simulationsmodells nachzubilden, zu untersuchen und zu qualifizieren. Das Simulationsmodell wird für Rohrleitungen in unterschiedlichen Anwendungsbereichen (kerntechnische und konventionelle Anlagen, Erdöl- und Erdgasförderung usw.) anpassbar und wiederverwendbar sein. Dieses Simulationsmodell wird durch Vergleiche mit Versuchsergebnissen an physikalischen Prototypen validiert.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Koordination und Dokumentation

AP2: Problemanalyse

AP3: Simulationsmodell

AP4: Nutzergerechte Schnittstellen

AP5: Validierung

AP6: Öffentlichkeitsarbeit und Verbreitung von Ergebnissen

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Im Rahmen des Projektes SimViDekont wurden regelmäßige Projekttreffen alle zwei Monate durchgeführt und Absprachen getroffen.

AP2: Es wurden erneut Rohrproben aus der Gas-Förderung in Deutschland beschafft. Sie befinden sich im Rahmen einer materialtechnischen Untersuchung am Institut für Angewandte Materialien des Campus Nord mit welcher das KIT beauftragt wurde. Die Untersuchungen stehen vor dem Abschluss und sollen die letzten unbekannt Parameter der Rohrablagerungen ermitteln sowie die Annahmen, welche im Rahmen der

Simulation getroffen wurden, bestätigen. Erste Zwischenergebnisse wurden bereits übermittelt.

- AP3: Es wurden Simulationen unter Berücksichtigung aktueller Ergebnisse der Werkstattversuche und des Vorgängerprojektes Deprov durchgeführt. Die simulativen Untersuchungen sind weitestgehend abgeschlossen. Ein Nachweis unter Vorgabe der in der industrieverbreiteten FKM-Richtlinie befindet sich in der Fertigstellung. Alle Simulationsergebnisse können erst unter Berücksichtigung der Laboruntersuchungen am Campus Nord abgeschlossen werden.
- AP4: Es wurde ein Framework zur visuellen dreidimensionalen Auswertung der FEM-Ergebnisse erweitert und eine virtuelle Arbeitsumgebung erstellt. Die automatische Generierung von Simulationsmodellen befindet sich in der Fertigstellung.
- AP5: Das Vorgehen für eine Validierung des Dekontaminationsverfahrens wurde erarbeitet und befindet sich in der Umsetzung bzw. soll ab dem 2. Quartal 2015 im industriellen Umfeld erfolgen.
- AP6: Keine.

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

- AP1: Das nächste Projekttreffen des Gesamtkonsortiums ist für Februar/März 2015 geplant.
- AP2: Es werden derzeit Rohrproben im KIT-IAM-WBM auf deren mechanische Eigenschaften untersucht. Die Untersuchungen stehen kurz vor dem Abschluss. Es liegt ein konkreter Plan zur Versuchsdurchführung und späteren Nutzung im Rahmen der Simulationen vor.
- AP3: Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen werden bei Bedarf in die Simulationsmodelle implementiert und anschließend mit den Werkstattversuchen verglichen bzw. mit Hilfe der Ergebnisse validiert.
- AP4: Ein weiteres wichtiges Vorhaben ist das Erzeugen einer nutzergerechten Schnittstelle, um die gewonnenen Erkenntnisse interaktiv zu präsentieren.
- AP5: Die Validierung des virtuellen Simulationsverfahrens sowie die Qualifizierung des Dekontaminationsverfahrens werden mit allen Kooperationspartnern abgestimmt und werden ab dem 2. Quartal 2015 im industriellen Umfeld erfolgen.
- AP6: Eine Präsentation/Veröffentlichung über das Projekt erfolgt auf der KONTEC 2015 in Dresden vom 25.-27.03.2015.

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

Schuck, H., Häfner, V., Ovtcharova, J. (2014): „Qualifizierung eines neuartigen Vibrationsverfahrens zur Dekontamination von Rohrleitungen“; „Digitales Engineering zum Planen, Testen und Betreiben technischer Systeme“ - 17. IFF-Wissenschaftstage, 24.-26. Juni 2014, Magdeburg; 11. Fachtagung Digitales Engineering, Tagungsband, Fraunhofer-Verlag

Stifi, A., Aminy, A., Gentes, S. (2014): “How Can Technology and Management Serve the Sustainability Approach in the Decommissioning of Nuclear Facilities Projects?”; Annual Conference on Engineering & Information Technology; ACEAIT 2014; 28-30 March 2014, Tokyo - Japan

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Technische Universität München, Arcisstr. 21, 80333 München		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9001</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung des Nuklidinventars in bituminierten Abfallgebinden		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.03.2012 bis 28.02.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 681.996,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. Lierse von Gostomski	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Für die Deklaration des Nuklid-Inventars von bituminierten Abfällen existieren derzeit standardisierte Probennahme-, Aufschluss- und Analyseverfahren, wie dies für andere Matrices, z. B. zementierte Harze und Schlämme, der Fall ist.

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines Verfahrens zur zerstörenden Probennahme mit anschließender Radionuklid-Bestimmung zur Aktivitätsdeklaration von bituminierten Abfällen. Die qualitativen und quantitativen Ergebnisse aus zerstörungsfreien Messverfahren (segmentiertes Gamma-Scanning in Verbindung mit Digitaler Radiographie und Gamma-Transmissions-Computertomographie) werden mit Resultaten aus zerstörenden Analysen verglichen.

Das Vorhaben beinhaltet:

- die Entwicklung eines routinemäßig einsetzbaren Verfahrens zur Probennahme bituminierter 200-L-Abfallgebinde, beispielhaft angewendet auf bis zu 8 reale Fässer,
- die Entwicklung zerstörender Behandlungs- und Präparationsmethoden für die entnommenen Bitumenproben zur Analyse auf:
  - Alpha-Strahler, z. B. Pu-, Am- und Cm-Isotope,
  - Beta/Gamma-Strahler, z. B. Co-60, Cs-137,
  - reine Beta-Strahler, z. B. Sr-90, Tc-99,
- den Vergleich der Untersuchungsergebnisse aus zerstörungsfreien und zerstörenden Messverfahren.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Bestandsaufnahme und Literaturrecherche
- AP2: Zerstörungsfreie Untersuchung ausgewählter, realer Abfallgebinde
- AP3: Definition einer "aktiven" und "inaktiven" Bitumen-Modellmatrix
- AP4: Entwicklung eines zerstörenden Probennahmeverfahrens
- AP5: Entwicklung eines thermischen Aufschlussverfahrens
- AP6: Adaption einer Pyrolysekammer
- AP7: Optimierung des Aufschlussverfahrens
- AP8: Aufschluss und Analyse realer Proben
- AP9: Auswertung, Vergleich und Bericht

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

Im Berichtszeitraum wurden von allen acht sich in der Radiochemie München (RCM) befindlichen bituminierten Abfallfässern Probenkerne entnommen (AP4).

Dabei kam auch weiterhin das Verfahren, bestehend aus zwei beheizbaren Rohren, zur Probennahme zum Einsatz. Das genaue Prinzip und die Durchführung wurden in den vorausgegangenen Zwischenberichten genauer beschrieben.

In eines der acht Fässer wurden auch feste radioaktive Abfälle mit Bitumen konditioniert. In diesem Fall handelte es sich um Ziegelsteine, die die Probennahmen erschwerten. Mit Hilfe von vorausgegangenen zerstörungsfreien Untersuchungen und deren Auswertungen konnte die geeignete Stelle zur Probennahme ermittelt werden. Dennoch musste die Probennahme einige Male wiederholt werden, bis ein Probenkern, welcher für die weiteren Radionuklid-Analysen eingesetzt wird, entnommen werden konnte.

Neben den durchgeführten Probennahmen erfolgten die Radionuklid-Analysen der bereits entnommenen Bohrkerne. Die Matrix-Abtrennung erfolgte im Muffelofen, je nach Aufgabenstellung entweder ein Soda-Pottasche- oder ein saurer Aufschluss und die Nuklid-Separation mit den gängigen Trennsäulen (AP8).

Die bisher erhaltenen Ergebnisse wurden ausgewertet und gesammelt (AP9).

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Das Arbeitspaket 8, Aufschluss und Analyse realer Proben, soll fertig gestellt werden.

Alle bisher erhaltenen Ergebnisse werden gesammelt, verglichen, ausgewertet und ein Abschlussbericht erstellt (AP9).

Für die KONTEC 2015 wird sowohl ein Poster als auch ein Kurzvortrag vorbereitet.

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

Eine Veröffentlichung in *atw Vol. 59* (2014) Issue 1.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Brenk Systemplanung GmbH, Heider-Hof-Weg 23, 52080 Aachen		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 9012A</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Erhebung von Nuklidvektoren in komplexen radiochemischen Laboren mit Unterstützung durch ein Programm zur Gebäudefreigabe (RaChaG)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.01.2012 bis 30.06.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 246.468,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. Thierfeld	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung von Vorgehensweisen zur radiologischen Charakterisierung und zur Bildung von Nuklidvektoren im Sinne von DIN 25457 für komplexe radiochemische Labore, wobei ein Programm zur Gebäudefreigabe unterstützend eingesetzt werden soll. Die Ergebnisse des Vorhabens sollen zur Kosteneinsparung bei Stilllegung und Rückbau derartiger Anlagen durch eine effektivere Abwicklung der Gebäudefreigabe beitragen.

Das Vorhaben wird in Zusammenarbeit mit der Radiochemie München (RCM) der Technischen Universität München. Für die praktische Umsetzung wurden 6 Labore aus dem Hauptbau der RCM mit jeweils sehr unterschiedlicher Betriebshistorie (gehandhabte Radionuklide, Aktivitätsniveau) ausgewählt. Zwischen BS und der RCM wurde eine Kooperationsvereinbarung geschlossen.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Erarbeitung von Grundlagen für die Bildung von Nuklidvektoren (NV) in komplexen radiochemischen Laboren.
- AP2: Adaptierung des Programms zur Unterstützung der Gebäudefreigabe für die Anwendung in der RCM.
- AP3: Erarbeitung einer optimierten Beprobungsstrategie für die radiologische Charakterisierung der RCM.
- AP4: Anwendung des Programms zur Unterstützung der Gebäudefreigabe für die Unterstützung bei der Beprobung.
- AP5: Erarbeitung einer Vorgehensweise für die Bildung von Nuklidvektoren für die RCM.
- AP6: Darstellung statistischer Messverfahren für die Gebäudefreigabe und Prüfung von deren Anwendbarkeit für die RCM.
- AP7: Exemplarische Begleitung von Freigaben mittels des Programms zur Unterstützung der Gebäudefreigabe einschl. Erstellung der Dokumentation zur Freigabe.
- AP8: Begleitung der Beräumung im Flachbau der RCM zwecks Überprüfung der Vorgehensweise und der Ergebnisse.
- AP9: Dokumentation des Vorhabens.

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Grundlagen zur Bildung von Nuklidvektoren (NV) gemäß in DIN 25457 (Messverfahren zur Freigabe) wurden zusammengestellt. Die Verwendung nur der repräsentativen Nuklide Sr-90+ und Am-241 sowie die Notwendigkeit, das Vorhandensein radiologisch sehr relevanter Alphastrahler wie Pa-231 auszuschließen, wurde diskutiert und begründet. Für die massenspezifische

- sche Freigabe wurde die Relevanz und ein Verfahren zur Berücksichtigung von Pb-210++ bzw. Ra-226++ dargestellt.
- AP2: Für die ausgewählten 6 repräsentativen Labore des Hauptbaus der RCM (jew. mit deutlich unterschiedlicher Betriebshistorie) wurden sämtliche Messergebnisse erhoben und im Programm zur Unterstützung der Gebäudefreigabe (RaChaG) eingepflegt. Die Räume wurden vollständig von beweglichen Gegenständen beräumt und bereits weitestgehend von sonstiger Kontamination befreit.
- AP3: Die Beprobungen in den ausgewählten 6 repräsentativen Laboren ist abgeschlossen. Es wurden diverse Probenentnahmeverfahren an verschiedenen Materialien getestet und verglichen. Hierzu zählen neben Labormobiliar nun auch Digestorien, kontaminierte Arbeitsplatten, Unterkonstruktionen, Teile der Lüftung (Abluft und Zuluft), Zwischendecken, Wände (Holz, Rigips, Stein), Estrich und Bodenplatten, Bodenbeläge u. v. m.
- AP4: Die im Berichtszeitraum erhobenen Beprobungsergebnisse und Messungen, insbesondere auch am beweglichen Inventar, wurden in das Programm RaChaG eingepflegt.
- AP5: Die unterstellte konservative Nuklidzusammensetzung der Kontamination (Alpha- und Beta-Strahler, Am-241 / Sr-90) wurde auf sämtliche Freigaben ausgedehnt. Dieses Vorgehen wird durch Probenauswertung bezüglich Gesamtalpha- und Gesamtbetaaktivität sowie Sondernuklidanalyse ständig begleitet, um die Konservativität des Verfahrens sicherzustellen. Für massenspezifische Freigaben wird ferner Pb-210++ und Ra-226++ berücksichtigt. Freigaben aus den ausgewählten 6 Laboren sind weitgehend abgeschlossen.
- AP6: Statistische Freigabeverfahren im engeren Sinne haben sich für die Freigabe in der RCM als nicht anwendbar erwiesen, da der Kontaminationsmechanismus zu heterogen und ungleichförmig ist. Statistische Verfahren sind jedoch nur in Fällen anwendbar, in denen eine statistische Grundgesamtheit samt zugeordneter Verteilungsfunktion gebildet werden kann. Als Probenentnahmeverfahren für die Freigabe von Materialien mit glatten Flächen hat sich die Entnahme von wenigen Proben an zuvor mittels Screening-Messungen ausgewählten Punkten als sinnvoll erwiesen.
- AP7: Das abgebaute und beprobte Material sowie einige Räume wurden einem Freigabeverfahren unterzogen. Die hierzu entnommenen Proben und Messungen wurden in das Programm zur Unterstützung der Gebäudefreigabe (RaChaG) eingepflegt. Die generierten Ausgaben des Programms wurden für die Freigabedokumentation eingesetzt.
- AP8: Für den Flachbau konnte noch kein Nuklidvektor bestimmt werden. Für vorbereitende Sanierungsmaßnahmen soll die Kontaminationsfreiheit einzelner Räume im Kellergeschoß erreicht und dokumentiert werden. Für die Durchführung und Dokumentation dieser vorbereitenden Maßnahmen wird das Programm zur Unterstützung der Gebäudefreigabe (RaChaG) eingesetzt.

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

Im Berichtszeitraum erfolgte vor allem die Durchführung von Probenentnahmen, deren Auswertung und die Durchführung von Freigaben von Gegenständen, Materialien und Gebäudeoberflächen, was durch die kostenneutrale Verlängerung des Vorhabens um ein halbes Jahr ermöglicht wurde. Hierdurch konnten die zuvor nicht erreichbaren Arbeiten zügig und zielgerichtet nachgeholt werden, wobei einzig AP8 nicht vollständig umgesetzt werden kann, da während der Vorhabenslaufzeit im Flachbau der RCM nicht in nennenswertem Umfang Um- und Rückbauarbeiten stattfinden werden. Im verbleibenden Zeitraum bis zum Ende der Vorhabenslaufzeit wird der Schwerpunkt daher vor allem auf der Auswertung der insbesondere im Rahmen von AP3, AP6 und AP7 genommenen Proben sowie der Erfahrungen bei der Probenentnahme und der Messergebnisse liegen. Daran anschließend wird die Dokumentation im Rahmen von AP9 erstellt.

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

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Technische Universität München, Arcisstr. 21, 80333 München		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9012B</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Erhebung von Nuklidvektoren in komplexen radiochemischen Laboren mit Unterstützung durch ein Programm zur Gebäudefreigabe (RaChaG)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.01.2012 bis 31.12.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 616.296,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. Lierse von Gostomski	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung von Vorgehensweisen zur radiologischen Charakterisierung und zur Bildung von Nuklidvektoren im Sinne von DIN 25457 für komplexe radiochemische Labore, wobei ein Programm zur Gebäudefreigabe unterstützend eingesetzt werden soll. Die Ergebnisse des Vorhabens sollen zur Kosteneinsparung bei Stilllegung und Rückbau derartiger Anlagen durch eine effektivere Abwicklung der Gebäudefreigabe beitragen.

Eine Zusammenarbeit besteht mit der Radiochemie München (RCM) der Technischen Universität München. Für die praktische Umsetzung wurden 6 Labore aus dem Hauptbau der RCM mit jeweils sehr unterschiedlicher Betriebshistorie (gehandhabte Radionuklide, Aktivitätshöhen) ausgewählt. Zwischen BS und der RCM wurde eine Kooperationsvereinbarung geschlossen.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Erarbeitung von Grundlagen für die Bildung von Nuklidvektoren in komplexen radiochemischen Labors
- AP2: Adaptierung des Programms zur Unterstützung der Gebäudefreigabe für die Anwendung in der RCM
- AP3: Erarbeitung einer optimierten Beprobungsstrategie für die radiologische Charakterisierung der RCM
- AP4: Anwendung des Programms zur Unterstützung der Gebäudefreigabe und der Beprobung
- AP5: Erarbeitung einer Vorgehensweise für die Bildung von Nuklidvektoren für die RCM
- AP6: Darstellung statistischer Messverfahren für die Gebäudefreigabe und Prüfung von deren Anwendbarkeit für die RCM
- AP7: Exemplarische Begleitung von Freigaben mittels des Programms zur Unterstützung der Gebäudefreigabe einschl. Erstellung der Dokumentation zur Freigabe
- AP8: Begleitung der Beräumung im Flachbau der RCM zwecks Überprüfung der Vorgehensweise und der Ergebnisse
- AP9: Dokumentation des Vorhabens

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Grundlagen zur Bildung von Nuklidvektoren (NV) gemäß in DIN 25457 (Messverfahren zur Freigabe) wurden zusammengestellt.
- AP2: Die ausgewählten 6 repräsentativen Labors des Hauptbaus der RCM (mit deutlich unterschiedlicher Betriebshistorie) wurden im Programm zur Unterstützung der Gebäudefreigabe (PUG) aufgenommen (Übernahme der Orte bereits durchgeführter Messungen).
- AP3: Wie in den letzten Berichten beschrieben, wurden die Labors E14, E16 & E18/E18A vollständig beräumt (bewegliche Gegenstände) und komplett beprobt. Selbiges wurde inzwischen bei den verbliebenen beiden Labors im 1. Obergeschoss (OG), Labor 106 und 108, durchgeführt. Die vorhandenen festen Einbauten (Digestorien inkl. Unterschränke und Rahmen) bestehen auch im 1.OG hauptsächlich aus Holz. Hier konnten ebenfalls die Verfahren mit Beizmittel/Bohrungen und der darauffolgenden Analysenmethoden (LSC, Alphaspktrometrie, usw.) erfolgreich eingesetzt werden. Die Abzüge an sich wurden wieder mittels Wischtests (Wischttestfilter, feuchte Tücher) beprobt und ausgewertet. Neben den durch die Betriebshistorie prognostizierten vorhandenen Nukliden, H-3, C-14, Se-79 & Ba-133, wurden ferner Radioisotope gefunden, mit welchen man nicht (unbedingt) gerechnet hatte: Ho-166m, Spuren von Pa-231, Uran (angereichertes U, U-233, U-234).  
Auch in diesem letzten Abschnitt des Projektes konnte die Betriebshistorie sehr gut belegt und die Zuverlässigkeit selbiger als fester Bestandteil einer Freigabe bestätigt werden. Allerdings traten, wie eben beschrieben, auch Nuklide zu Tage, mit welchen zuvor nicht oder in Ausnahmefällen gerechnet worden war.
- AP4: Die erhaltenen Beprobungs- und Messergebnisse wurden in PUG eingepflegt.
- AP5: Wie bereits bei den Beräumungen wurde die Nuklidzusammensetzung der Kontamination (Sr-90/Am-241) auch auf die festen Einbauten und die stehende Struktur angewendet. Da man aber auf Spuren Pa-231 gestoßen war, wurde auf dessen Ausschluss im Nuklidgemisch verzichtet und an Stelle des Am-241 Pa-231 zur Auswertung des Alpha-Kanals herangezogen. Um hierbei die Gültigkeit des Verfahrens fortlaufend zu überprüfen, werden parallel Analysen der Sondernuklide sowie die Überprüfung der Gesamt-Alpha- wie auch Gesamt-Betaaktivität ausgewertet.
- AP6: Statistische Freigabeverfahren werden voraussichtlich für die Freigabe in der RCM nicht angewendet werden. Nicht-flächendeckende Beprobungen und Messungen sind in diesem Fall zielführende und bewahren vor einer Überschätzung der vorhandenen Kontamination.
- AP7: Sowohl die Beräumung im Erdgeschoss als auch die Beräumung im 1. Obergeschoss wurden exemplarisch mit PUG begleitet. PUG wurde für die Erfassung der bei der RCM zu berücksichtigenden Sondernuklide (Be-10, Se-79, Ba-133, Ho-166m, Pa-231) angepasst. Die Sondernuklide können nun bei Bedarf bei der Berechnung von freigaberelevanten Parametern (Ausschöpfung Summenformel, Grenzzählraten) berücksichtigt werden. Das Messprogramm für die in PUG bereits erfassten Gebäudeoberflächen wird mittels PUG geplant. Mit der Durchführung der Messungen werden die Ergebnisse in die PUG-Datenbank eingepflegt. Ferner werden sämtliche bewegliche Gegenstände für die Freigabe erfasst und die Entscheidungsmessungen zur Freigabe dokumentiert. Aus den durchgeführten Messungen und Beprobungen werden Berichtsvorlagen erzeugt.
- AP8: Bedingt durch die lange Verzögerung des Umzugs kann AP8 leider nicht mehr im Zuge des Projekts RaChaG bearbeitet werden.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Abschlussbericht zum Vorhaben.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Poster zur KONTEC 2015

<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 30.04.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<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

Parallel zu den experimentellen Untersuchungen wurde das MCNP-Computermodell der NISRA-Anlage überarbeitet. Anhand einer Vergleichsstudie mit verschiedenen Proben konnte das Simulationsmodell qualitativ validiert werden. Weiterhin wurde der Einfluss kernphysikalischer Wechselwirkungen auf die Leistungsfähigkeit der Experimentiereinrichtung untersucht. Das Ergebnis dieser Studie ist, dass durch die Wechselwirkungen in den umgebenden Strukturen der schnelle Neutronenfluss, oberhalb von 2 MeV, kaum beeinflusst wird und der Einfluss dieser Neutronenmoderation vernachlässigt werden kann. Das Design und die Auslegung der Abschirmung für die Neutronenquelle haben einen größeren Einfluss auf die Leis-

tungsfähigkeit der Anlage. Es wurden Untersuchungen durchgeführt, ob bei der Bildrekonstruktion womöglich die Einbeziehung von einfach- bzw. zweifach-gestreuten Neutronen eine zusätzliche Information darstellen kann. In einer Vorstudie wurde der Anteil der einfach- bzw. zweifach gestreuten Neutronen von 20 % bzw. 9 % an dem gesamten schnellen Neutronenfluss quantifiziert. Weitere Studien werden folgen, um eine Eignungsaussage treffen zu können.

Im Gegensatz zu der anfänglichen Überlegung im Projektantrag hat sich die Optimierung der Kopplung zwischen Konverter (Szintillator) und Auslesedetektor als herausfordernder, aber am vielversprechendsten in Bezug auf die Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Anlage erwiesen. Die weiteren Forschungsarbeiten werden sich hierauf konzentrieren.

Fortschritte kurz gefasst:

- Qualitative Validierung des Computer-Modells der NISRA-Anlage
- Test der Methode zur Bestimmung von Geometrieparametern anhand von Radiographie-Bildern
- Erstellung einer neuen Software zur optimierten Bildrekonstruktionsrechnung.

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

Die weiteren Forschungsarbeiten im Rahmen des Verbundprojektes werden sich auf die Kopplung zwischen Konverter und Auslesedetektor konzentrieren. Es ist notwendig den Computercode GEANT4 einzusetzen, da hiermit der Lichttransport im Szintillator detailliert untersucht werden kann. Für die avisierten Detektorkonzepte (1. PE-Szintillator + Flat-panel-Detektor, 2. Wave-Length-Shifting-Fibres + Photomultiplier, 3. Szintillierende Fasern + Flat-panel-Detektor) soll jeweils die Nachweiseffizienz für schnelle Neutronen bestimmt werden. Ziel ist es, die Konversionsrate schneller Neutronen in Photonen zu erhöhen, unter der Randbedingung, dass die optischen Photonen ausgelesen werden können.

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

J. Kettler et. al: „Compact Neutron Imaging System for Radioactive-waste Analysis (NIS-RA)“; 10th World Conference on Neutron Radiography 2014; Grindelwald, Switzerland

J. Kettler et. al: “ Statusbericht zum Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging)”; RWTH Aachen

D. Voß: „Einfluss kernphysikalischer Wechselwirkungen auf die Leistungsfähigkeit der NIS-RA Experimentiereinrichtung“; Masterarbeit, RWTH Aachen

O. Askan: “Influences of Neutron and Gamma Self-shielding on the Characterization of Radioactive Waste Packages”; Masterarbeit, 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 30.04.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<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**

- Aufnahme von Radiogrammen mit dem Flat-Panel Detektor unter Veränderung der Dicke des Materials der Probenkörper und der Kombination aus jeweils zwei dieser Probenkörper (Al, Fe, Pb, W, Beton, Graphit und, Polyethylen).
- Entwicklung eines Algorithmus zur Analyse der Radiogramme.
- Bestimmung der Korrelation zwischen der gemessenen Absorption und dem makroskopischen Wechselwirkungsquerschnitt für schnelle Neutronen aus der Analyse der Radiogramme.
- Experimentelle Untersuchung zum Einfluss der Neutronenstrahldivergenz auf die Bildschärfe.
- Experimentale Untersuchung zum Einfluss von Gamma-Strahlung auf die Qualität der Radiogramme.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

- Herstellung eines Konverters aus szintillierenden Fasern zur Erhöhung der Effizienz des Flat-Panel-Detektors und anschließende Testmessungen.
- Nach Reparatur von defekten Kanälen kann eine Wiederaufnahme der Messungen mit dem WLSF Detektor erfolgen.

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

Teilergebnisse wurden auf der WCNR-10, 10th World Conference on Neutron Radiography, 5.-10. Oktober 2014, Grindelwald, Schweiz präsentiert.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Siemens Aktiengesellschaft, Wittelsbacher Platz 2, 80333 München		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9022C</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 30.04.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 301.246,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. Schitthelm	

## 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 seitens der Siemens AG sind:

- AP1: Entwicklung eines Simulationsmodells zur Optimierung des Experimentes und Unterstützung der Rekonstruktionsalgorithmen Entwicklung
- AP2: Ermittlung der Strahlenschutzauswirkung unter Berücksichtigung der Aktivierung von Komponenten und Strukturen
- AP3: Entwicklung einer integrierten Software, um ausgehend vom Detektorsignal ein druckbares Bild zu generieren auf Basis der Rekonstruktionsalgorithmen die in Aachen entwickelt werden

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

- Entwicklung eines Programms zur Konvertierung von MCNP 5 Ergebnissen in das entwickelte Austauschformat
- Entwicklung eines Programms zur Umwandlung von ASCII Dateien in das entwickelte Austauschformat
- Entwicklung eines Werkzeugs zur Bearbeitung der .his Dateien des Perkin Elmer Detektors (Korrektur toter Pixel, Offsetkorrekturen)
- Entwicklung eines Programms zur Konvertierung von .his Dateien in das entwickelte Austauschformat zwecks anschließender Rekonstruktion
- Der Abschlussbericht zum Siemens-Arbeitsanteil wurde angefertigt und an den Gesamtprojektleiter übermittelt

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Nach derzeitigem Stand sind die wesentlichen Entwicklungsaufgaben der Siemens AG erfüllt. Auf entstehende Bedürfnisse der Partner wird flexibel reagiert werden.

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

Keine.

<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 30.06.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<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 zu entsorgende 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 gibt es - aufgrund des inhaltlichen Zusammenhangs - einen engen Bezug zu dem laufenden Projekt CARBO-DISP über die Quantifizierung und Entsorgung von bestrahltem Nukleargraphit aus Kernreaktoren. Darüber hinaus 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

Im Berichtszeitraum wurde das in der letzten Projektphase entwickelte FW-CADIS-Verfahren (Forward Consistent Adjoint Driven Importance Sampling) iterativ eingesetzt, um die daraus resultierenden Importance-Verteilung zu optimieren und damit die Genauigkeit der Fluenzverteilung für das gesamte Modell des Reaktorblocks zu erhöhen.

Im Hinblick auf die Aktivierungsberechnungen (AP3) wurde auf der Basis der sogenannten FMESH-Methode eine modulare Programm-Routine für die Kopplung der beiden Programme MCNP- und ORIGEN entwickelt (AKTIV-AID). Da für diese Aufgabe die Materialzusammensetzung jeder Zone benötigt wird, wurde für den gesamten Reaktorblock ein nuklid- bzw. isotopenspezifische Materialdatenbank nach ORIGEN-Format erzeugt, woran anschließend unter dem Einsatz der Kopplungsroutine AKTIV-AID vielfache Aktivierungsberechnungen (für die einzelnen Zellen des Reaktorblocks auf der Messelementebene) durchgeführt. Dieser Aktivitätsdatensatz beinhaltet die isotopenspezifischen und auch die integralen Aktivitätswerte für das dreidimensionale Geometriemodell des Reaktorblocks des FRJ-2.

Parallel wurde das Visualisierungsprogramm für die Kopplung der Simulationsergebnisse und des Geometriemodells des Reaktorblocks weiterentwickelt und zur graphischen Darstellung der Aktivitätsverteilung in Form eines 3D Atlases eingesetzt (AP4). Dazu war eine Voxalisierung bzw. Nodalisierung der Komponenten und Strukturen für die Zuordnung der Messelemente des Reaktormodells und der Materialzonen notwendig. Die Entwicklung des Programms wurde auf der Basis der objektorientierten Programmiersprache JAVA realisiert, wobei u. a. die Softwarekomponenten der VTK-Bibliothek -über die Definition und Entwicklung von Schnittstellen- eingesetzt wurden. Außerdem wurden für die Darstellung von Funktionsverläufen und Schnittflächenprofilen die beiden Programme MOPAR und VISIT in die gesamte Visualisierungsroutine integriert.

Im Rahmen des AP5 wurde ein Verfahren zu Strahlentransportberechnungen (im Unterschied zu Aktivierungsberechnungen) entwickelt, welches für jede einzelne Material- bzw. Geometriezone eine Quelltermdatei generiert. Dazu wurden die Emissionswerte der einzelnen Isotope aus nuklearen Daten (Intensität und Spektrum der Gammastrahlung) zu einem Quelltermdatensatz integriert. Dieser lieferte die räumlich verteilte Strahlungsquelle für die anschließenden 3D Strahlenfeldsimulationen und Dosisleistungsberechnungen, auf deren Grundlage die erste Strahlentransportberechnung durchgeführt wurde.

Im Berichtszeitraum wurden auf der Grundlage der durchgeführten Arbeiten folgende Ergebnisse erzielt:

- Erstellung eines detaillierten Aktivierungsmodells sowie die Durchführung von Aktivitätsberechnungen für den gesamten Reaktorblock des FRJ-2
- Entwicklung und Einsatz einer Visualisierungsmethode und Generierung eines hochaufgelösten Aktivitätsatlases für den Reaktorblock des FRJ-2
- Generierung einer Emissionsdatenbank (Quellstärke und Spektrum der Kernstrahlungen) für die Strukturen und Komponenten des Reaktorblocks des FRJ-2 auf Messelementebene als Grundlage von Strahlenfeld- und Dosisleistungssimulationen

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

Für die nächste Phase des Projekts sind auf der Grundlage der entwickelten Verfahren und Ergebnisse folgende Arbeiten geplant:

- Durchführung detaillierter Strahlentransportberechnungen (im Unterschied zu Aktivierungsberechnungen) zur Simulation und Erstellung des Strahlenfeldes FRJ-2 in Form eines 3D Strahlungsatlasses
- Erweiterung der Strahlenfeldsimulationen auf die Bestimmung der Dosisleistungsverteilung am Beispiel des FRJ-2 mit hohem Detaillierungsgrad
- Vergleich der Modellrechnungen mit den Gamma-spektroskopischen Aktivitätsmessungen aus Probenentnahmen am FRJ-2 im Hinblick auf die Überprüfung der Rechenmodelle der Simulationsprogramme
- Aktivitätsrelevante Charakterisierung der Strukturen und Komponenten des Reaktorblocks des FRJ-2 im Hinblick auf eine optimale Rückbau- und Strahlenschutzmaßnahme und Entsorgung des radioaktiven Abfalls

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

F. Abbasi, et al.: Development of a full-scale MCNP model for the fluence and activity calculation of the FRJ2 research reactor, Jahrestagung Kerntechnik, Frankfurt, May 2014

F. Abbasi, et al.: Application of the automated variance reduction using FW-CADIS to compute a high resolution n-fluence for the research reactor FRJ-2, Annual meetg. on nucl. technology, May 2014, Frankfurt

J. P. Dabruck, et al.: A Sophisticated Surface Neutron Source Model for the MCNP Calculation of the FRJ-2 Research Reactor, Annual meeting on nuclear technology, May 2014, Frankfurt

<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 31.07.2015		<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2014 bis 31.12.2014
<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 Grundlagendaten wie Gammaenergien, -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 Freimessung 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 mithilfe von MCNP Simulation (FZJ)

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Es wurde eine hochkonzentrierte  $^{241}\text{Am}$  Probe für die PGAA mit kalten Neutronen hergestellt (106,6 MBq, entspricht 840.8  $\mu\text{g}$ ) und für 12 Stunden mit  $6 \times 10^{10} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  bestrahlt. Das Spektrum wird z. Z. noch ausgewertet und daraus partielle Wirkungsquerschnitte berechnet. Diese Messung war notwendig um zusätzliche DICEBOX Simulationen des unaufgelösten Kontinuums zu ermöglichen. Zusammen mit den bisher erarbeiteten Ergebnissen wird darüber eine separate Publikation erstellt. Alle Ergebnisse sind in der Doktorarbeit von Herrn C. Genreith dokumentiert. In Kürze wird diese als JÜL-Bericht 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. Etliche stabile Elemente wurden mit den Spaltneutronen vermessen und zeigten die charakteristischen Linien, die aufgrund des Datenkatalogs von 1976 erwartet wurden. Nachdem die Funktionalität des Messsystems demonstriert wurde, können jetzt weitere Maßnahmen zur Untergrundreduktion und Effizienzverbesserung vorgenommen werden. Erste Messungen der Actinidenproben aus den PGAA Versuchen mit kalten Neutronen ( $^{237}\text{Np}$ ,  $^{242}\text{Pu}$  und  $^{241}\text{Am}$ ) werden jetzt mit Spaltneutronen an FaNGaS vermessen. Eine Kooperationsvereinbarung mit der Universität California in Berkeley, dem Lawrence Livermore und dem Lawrence Berkeley National Laboratory zur Actinidencharakterisierung ist in Vorbereitung.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- Publikation der PGAA Ergebnisse für  $^{237}\text{Np}$ ,  $^{242}\text{Pu}$  und  $^{241}\text{Am}$  in referierten Zeitschriften.
- Auswertung der Spektren der starken  $^{241}\text{Am}$  Probe und DICEBOX Simulation.
- Messung von radioaktivem Edelgas Kr-85 in speziell angefertigten Quarzkolben mit thermischen Neutronen.
- Optimierung der Messapparatur FaNGaS für PGAA mit Spaltneutronen am FRM II und Anwendung auf weitere Actinide.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

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. CERN publication, Genf (2014)

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.* (2014) J. Radioanal. Nucl. Chem. submitted

<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 31.07.2015		<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2014 bis 31.12.2014
<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 prompt Gamma Strahlung von den Actiniden zu bestimmen.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- Änderungen an aktuellem PGAA Instrument, um die  $\mu\text{g}$ -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

Fünfte Messkampagne mit neuen und stärkeren  $^{241}\text{Am}$ -Proben wurde im Oktober 2014 erfolgreich durchgeführt (10 Messtage). Dabei wurden die  $^{241}\text{Am}$ -Proben absichtlich mit voller Strahlintensität aktiviert um im Anschluss entsprechend lange Zerfallsmessungen über mehrere Tage in der Niedrig-Untergrund-Zählkammer durchzuführen. Die Datenauswertung ist noch nicht abgeschlossen.

Das Fast-Neutron-Gamma-Spektroskopie Instrument (FaNGaS) wurde in November 2014 erfolgreich am Platz der MEDAPP Anlage am FRM II aufgebaut und getestet. Nach einigen Optimierungen wurde das Untergrundsignal signifikant reduziert und mit ca. 4000 cps bestimmt. Es wurden erste Schritte zur Charakterisierung der neuen Messapparatur vorgenommen. Hierbei wurde eine Kalibrierung und Charakterisierung des schnellen Neutronenspektrums mit Hilfe von unterschiedlichen Metallfolien (Au, Ni, Ti) durchgeführt. Die Daten wurden bereits ausgewertet. Daneben haben wir auch die Möglichkeit einer erweiterten Messung mit thermischen Neutronen am MEDAPP getestet und die Intensität des thermischen Strahles am Probenort (ohne Verwendung der Konverteranlage für schnelle Neutronen) mit Goldaktivierung vermessen.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- Weitere Optimierungen des FaNGaS Instrument (Januar/Februar 2015), Charakterisierung des Neutronenspektrums mit Hilfe von verschiedenen Threshold-Reaktionen an Metallen (bspw. Au, Al, Cd, Ni, Ti, Zn, Nb). Danach folgt die Vermessung von  $^{238}\text{U}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{237}\text{Np}$ ,  $^{242}\text{Pu}$  Aktiniden mit schnellen Neutronen.
- Messung von partiellen Neutronenwirkungsquerschnitten am 85-Kr (Gas), Spaltprodukt von 235-U am PGAA Instrument wurde auf den zweiten Reaktorzyklus (März/April) in 2015 verschoben.
- Publizieren der PGAA Ergebnisse und des FaNGaS auf verschiedenen Konferenzen und in entsprechenden Journalen (z. B. JRNC, NIM-A).

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

P. Kudejova, Zs. Révay, K. Kleszcz, C. Genreith and M. Rossbach, High-flux PGAA for milligram-weight samples, Poster at the Fifteenth International Symposium on Capture Gamma-Ray Spectroscopy and Related Topics (CGS15), Dresden, 25.-29. 08. 2014

P. Kudejova, Zs. Révay, K. Kleszcz, C. Genreith and M. Rossbach, High-flux PGAA for milligram-weight samples, Proceedings of the CGS-15 conference, EPJ Web of Conferences will be set by the publisher, DOI: will be set by the publisher

M. Rossbach, C. Genreith, E. Mauerhofer, Zs. Révay, 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. (2014) J. Radioanal. Nucl. Chem. Submitted

MLZ News: Add-On für MEDAPP: Fast Neutron Gamma Spectrometry (FaNGaS), <http://www.frm2.tum.de/aktuelles/news/einzelnews/article/add-on-fuer-medapp-fast-neutron-gamma-spectrometry-fangas/back/1661/index.html>

<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> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<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

AP1 + 2: Ingenieurwesen:

Auswertung der Befragungen an einem der o. g. Standorte. Recherchen zu angefallenen bzw. veröffentlichten Zahlen bzgl. Rückbaukosten und -dauer. Die Umsetzung der Befragung konnte aufgrund erschwelter Verhältnisse nicht an allen Standorten wie geplant erfolgen. Insofern wurde eine weitere Befragung an einem Referenzstandort als notwendig erachtet und durchgeführt.

Weiterführung des Literaturstudiums zu den Themenbereichen Zukunftsforschung, Szenariotechniken und sozialwissenschaftlicher Forschung.

AP2:

Durchführung eines studentischen Praktikums im Sommersemester 2014 am Standort Karlsruhe (Schülerbefragung). Bearbeitung und Korrektur der Rohdaten der Bevölkerungsbefragung der vier Standorte und somit die endgültige Auswahl der Analysetechniken und die Erstellung eines Analysekonzepts für die quantitativen Daten. Erste Häufigkeitsauswertungen sowie Korrelationen und Regressionen wurden berechnet. Sekundärdaten über die Standorte wurden endgültig sondiert. Zusätzlich läuft ein weiteres studentisches Praktikum am KIT zu einer Mitarbeiterumfrage über die Themen Kernenergie, Rückbau, Zwischenlagerung und Endlagerung von radioaktivem Abfall.

AP3: Humangeographie:

Transkription (Verschriftlichung) der Interviewdateien und Aufbereitung für die Auswertung in MaxQDA.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Ingenieurwesen:

Vergleiche der Auswertungen, Betrachtung der möglichen Unterschiede und Zusammenhänge. Schriftliche Ausformulierung und graphische Darstellung der gewonnen Datensätze. Ziel ist der Erhalt von Zwischenergebnissen zur Weiterverarbeitung.

Humangeographie:

Die Durchführung und Auswertung des studentischen Praktikums am Standort Karlsruhe KIT (Campus Nord und Campus Süd) ist geplant. Weitere Schritte des qualitativen Teils erfolgen ab Januar 2016. Quantitative Daten der Bevölkerungsbefragung werden endgültig ausgewertet, schriftlich ausformuliert und entsprechend graphisch dargestellt. Ziel sind Zwischenergebnisse zur Verwendung in Mixed-Methods und erste Beantwortung der Projektfragen. Des Weiteren erfolgt der Abschluss der Auswertung und Aufbereitung der Sekundärdaten für eine detaillierte Beschreibung der vier Standorte.

Ebenso steht die weitere Koordination der beiden Teilprojekte im Vordergrund und die Fortführung gemeinsamer Arbeitspakete: Sobald erste Daten aus den quantitativen Befragungen vorliegen, werden die ersten Projektfragen bearbeitet und die AP4 und 5 fokussiert.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Kretz, Simon; Kramer, Caroline (2014): Wie bewerten junge Menschen an Standorten von Kernkraftwerken die Kernenergie? Eine empirische Studie. In: atw, International Journal of Nuclear Power, Vol. 59 (2014) Issue 12, S. 697-700.

Kretz, Simon (2014): Standorte mit kerntechnischen Anlagen im Rückbau und die Zukunft aus der Perspektive der jüngeren Bevölkerung, Forschungsbericht, Karlsruhe: IfGG – Institut für Geographie und Geoökologie.

<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 30.09.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 2.093.401,00 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: Die Qualifikation des Roboters für den Einsatz in Kernkraftwerken wurde unter gutachterlicher Begleitung begonnen. Das Sicherheitskonzept wurde vorgelegt.
- AP1.4+1.5: Die Linearachse wurde beschafft. Mit der Inbetriebnahme der Linearachse wurde begonnen.
- AP2.1: Das Graphical User Interface wurde fertiggestellt.
- AP2.2: Der Masterarm wurde in die Robotersteuerung integriert. Die Kommunikation zusätzlicher Applikationen (Tool-Kamera, Greifer, weitere Werkzeuge) wurde hergestellt.
- AP2.3+2.4: Das Einmessen mittels Laser-Sensor wurde realisiert. Erste Unter-Wasser-Tests laufen. Kollisionserkennung (mittels Visual Components) wurde realisiert.
- TP4: Die Mock-Ups wurden gefertigt. Lastversuche wurde durchgeführt und dokumentiert. Versuche mit 10 Meter Wasserüberdeckung wurden erfolgreich durchgeführt. Die Intervention des Roboters wurde erfolgreich getestet.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1.3: Die Qualifikation (inklusive Sicherheitsbetrachtung für den Einsatz des Roboters in Kernkraftwerken) wird abgeschlossen.
- AP1.4: Die Inbetriebnahme der Linearachse und Integration in die Gesamtautomatisierung ist abzuschließen.
- AP2.2: Die begonnenen Arbeiten hinsichtlich des Kamerasystems werden fortgeführt und abgeschlossen. Das Kamerasystem wird getestet.
- AP2.3+2.4: Das Einmessen mittels Lasersensor wird getestet. Die Gesamtautomatisierung wird umgesetzt.
- TP4: Die Abnahme des Robotersystems entsprechend der Vorgaben wird abgeschlossen. Die Kollisionserkennung wird qualifiziert. Die Gesamtdokumentation des Projekts wird begonnen.

### 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 30.09.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 579.661,00 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

Es wurden erste Konzepte zur Anbindung des Kamerasystems an die Robotersteuerung erarbeitet. Dabei wurde neben der Etablierung der Kommunikation ein Modell zum Aufruf der Bildverarbeitungsfunktionen erstellt.

Zudem wurden weitere Mock-Ups zum Test der Bildverarbeitungsfunktionen aufgebaut. Das Ziel ist es dabei, das Kamerasystem an einer Vielzahl verschiedener Use-Cases evaluieren zu können, um die Prozessstabilität zu erhöhen.

#### AP2.3 + AP2.4: Intelligente Automatisierungsmethoden, Pakete 1 und 2

Nach umfangreichen Tests des Master-Arms durch den Projektpartner AREVA konnten finale Anpassungen des Systems durch die Fraunhofer Projektgruppe erfolgen. Der Aufbau des Master-Arm-Systems ist damit abgeschlossen.

#### AP4.3: Qualifizierung des Gesamtsystems

Ein weiteres Robotersystem wurde für die Evaluierung des Gesamtsystems aus Eigenmitteln seitens RMV beschafft und steht zur Verfügung. Dieses soll für die Qualifizierung des Gesamtsystems und für die Anbindung des Kamerasystems an die Robotersteuerung genutzt werden.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

#### AP2.2: Sensorintegration und Lageerkennung

Konzepte zur Anbindung der Kamera an das Steuerungssystem werden detailliert. Im Anschluss erfolgt deren Realisierung mit einer anschließenden Testphase. Diese Arbeiten werden an dem Robotersystem in Augsburg durchgeführt.

Die Funktionen der Bildverarbeitung werden weiterentwickelt und anschließend einem finalen Test unterzogen. Es ist geplant, diese Arbeiten im ersten Halbjahr 2015 abzuschließen.

#### AP4.3: Qualifizierung des Gesamtsystems

Der Projektpartner AREVA entwickelte eine grafische Oberfläche zur vereinfachten Programmierung des Roboters. Diese wird in weiteren Schritten an das Robotersystem der Projektgruppe angebunden. Ergänzend wird eine Zelle für den beschafften Roboter aufgebaut. Dazu werden maßstabsgerechte Mock-Ups aufgebaut. Insgesamt wird es damit möglich sein, erste Versuche für die Qualifizierung des Prozesses durchzuführen.

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

Im genannten Zeitraum wurde ein Beitrag für den 10. Paderborner Workshop Entwurf mechatronischer Systeme eingereicht. Weitere Veröffentlichungen sind geplant oder bereits in Arbeit.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Niedersächsische Technische Hochschule (NTH), 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		
<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> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<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 (wärmeentwickelnder) 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.:

- Drittes Bearbeitertreffen (Kiel, 17.-19.09.2014), drittes Projekttreffen (Goslar, 12.-14.11.2014)
- Bearbeiter Exkursion zur Asse am 11.11.2014
- Erstellung eines Kommunikationskonzepts
- Ringvorlesung „Kernenergie und Brennstoffkreislauf“ am IRS/LUH (Wintersemester 2014/15)
- Mitwirkung an der Schülertagung zur Endlagersuche, Ev. Akademie Locom (September 2014)
- Entwicklung einer Risikokarte zum Vergleich von Entsorgungsoptionen

- RESUS-Softwareentwicklung: Einbindung von TOUGH2, Laufzeit Monitoring, Verbesserung der Parallelisierung
- Untersuchungen zu Radionuklidtransfer im Boden
- Durchführung von Experteninterviews zu Prozessen an der Schnittstelle Radioökologie/Regulation
- Erste Leitfadeninterviews (kommunale Entscheidungsträger, Bürgerinitiativen und Umweltverbände)
- Berechnung von Strahlungsfeldern für mit UO<sub>2</sub>-Brennstäben beladene POLLUX-10 Endlagerbehälter
- Seminararbeiten (Lehrveranstaltung „Atomentsorgung in interdisziplinärer Sicht“ am IRW/TUBS)
- Literaturlauswertungen zu Bewertungsgrundlagen für einen Optionenvergleich

Vertikalprojekte, u. a.:

- Fortsetzung der 2D-Simulationen einer Einlagerungsstrecke im Salinar- bzw. Tonsteingebirge
- Erste Arbeiten zu Verteilungskoeffizienten gelöster Schadstoffe und Salzminerale
- Modellierung salinärer Lösungen, Vergleich der Ergebnisse (PHREEQC, EQ3.6) mit Literaturdaten
- Erarbeitung des Grundwasserströmungsmodells für das Deckgebirge mit PHAST, Parametervariationen
- Durchführung und Auswertung von Laboruntersuchungen zur Quellfähigkeit eines Bentonits
- Erstellung erster Behälterdossiers (Deutschland, Frankreich)
- Gegenüberstellung von Konstruktionsprinzipien und Sicherheitskonzepten von Zwischenlagern: Deutsche Zwischenlager, HABOG, MVDS, ZWILAG, La Hague
- Recherche zu weiteren Zwischenlagersystemen (z. B. NUHOMS, MAGNASTOR, HI-STORM)
- Sichtung und Überprüfung von Bemessungskonzepten in Bezug auf extreme, äußere Einwirkungen
- Beurteilung der Langzeitstabilität von mineralischen Baustoffen in Bezug auf Alterungsprozesse
- Blockveranstaltung „Tiefenlagerung“ für Masterstudierende der Vertiefungsrichtung Geotechnik

#### 4. Geplante Weiterarbeiten

Transversalprojekte, u. a.

- Artikel sowie Buchprojekt zur Inter- und Transdisziplinarität bei der Entsorgung radioaktiver Reststoffe
- Risikoethische Betrachtungen mit Schwerpunkt auf Unsicherheiten und Ungewissheit
- Weiterentwicklung der Methodik zum Risikovergleich mittels Sicherheitsfunktionen und Robustheit
- Planung von Veranstaltungen zum Konzept der Freiwilligkeit
- Erarbeitung eines Positionspapiers zu Grenzwerten
- Weitere Interviews mit Fokus auf Regionen mit Standortzwischenlagern
- Durchflussversuche zur Bestimmung des Retardationsfaktors an gesättigter Säule für Referenzböden
- Weitere Berechnungen von Strahlungsfeldern für den Endlagerbehälter POLLUX-10
- Analyse der Pu-Chemie und des Effekts von Pu auf die Aufnahme in Pflanzen

Vertikalprojekte, u. a.

- Einbindung von PHAST und PHREEQC in die Softwareplattform RESUS
- Fortführung der experimentellen Arbeiten zur Bestimmung der Verteilungskoeffizienten
- Weiterentwicklung des Grundwassermodells für das Deckgebirge
- Erarbeitung eines detaillierten Szenarios für die Schadstoffausbreitung im Salinar
- Vergleich experimentell ermittelter mit modellierten Verteilungskoeffizienten
- Dossier über ein Monitoringkonzept in einem Tiefenlager
- Untersuchung der Langzeitstabilität von Stützbauwerken bei Offenhaltung
- Zusammenstellung und Bewertung von Rückholkonzepten für verschiedene Eingangsgrößen
- Erstellung weiterer Behälterdossiers (Schweden/Finnland, Kanada, Belgien, Schweiz)
- Beschreibung von Wechselwirkungen zwischen Abfall, Behältersystem und Behälterumgebung
- Dossier zu Zwischenlagern unter Einbeziehung bautechnischer Zuverlässigkeitskonzepte

#### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Stahlmann, J., Leon Vargas, R., Mintzlaff, V., Treidler, A.-K.: Geological and Geotechnical Limitations of Radioactive Waste Retrieval in Geologic Disposals. Konferenz der Deutschen Arbeitsgemeinschaft Endlagerforschung (DAEF) "Key topics in geological disposal", Köln, 25.-26.09.2014

Röhlig, K.-J., Hocke, P., Walther, C., Smeddinck, U.: The Challenge of Interdisciplinarity: First Steps towards a Joint Working Approach – the ENTRIA Project. Konferenz der Deutschen Arbeitsgemeinschaft Endlagerforschung (DAEF) "Key topics in geological disposal", Köln, 25.-26.09.2014

Interne Arbeitsberichte:

Marti, M., Eckhardt, A.: Interner Arbeitsbericht Risikokonzepte, Stand Dezember 2014

Stahlmann, J., Leon Vargas, R., Mintzlaff, V.: Generische Tiefenlagermodelle mit Option zur Rückholung der radioaktiven Reststoffe, Dossier des AP3.1 (VP 6), Version 1.1, intern veröffentlicht, September 2014.

<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		
<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> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<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 Arbeiten an den Arbeitspaketen 1, 3 und 4 wurden fortgesetzt. Die Arbeit am AP2 wurde begonnen. Das AP1 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 Akteurguppen synoptisch dargelegt. Die Erstfassung des „Screening der Akteure im Bereich der Endlagerung radioaktiver Reststoffe in der BRD“ im Umfang von ca. 120 Seiten liegt vor. Zur internen Qualitätssicherung wird das Dokument an ENTRIA-ExpertInnen zum Review versandt.

Im AP2 Akzeptanz und Konflikte wurden Herausforderungen durch die Endlagersuche für radioaktive Abfälle insbesondere für die Anti-AKW-Bewegung analysiert. Teil dieser Analyse ist in den Veröffentlichungen widerspiegelt. Darüber hinaus wurde mit der Planung einer internationalen Konferenz über Konflikte und Akzeptanz begonnen. Im Rahmen der transversalen Arbeit wurde das Thema Grenzwerte beim Umgang mit radioaktiven Reststoffen als ein höchst konflikthafte Thema identifiziert. Dazu sind die Vorbereitungen für ein erstes Konzept-Papier getroffen worden (beteiligt: FFU, KIT, Hannover und Clausthal).

Im AP3 hat die Durchführung eines zweitägigen Workshops als Zusammenarbeit von AP3.2.1 und 3.2.2 mit KIT Partnern in Berlin stattgefunden, insbesondere zu Akteuren und Multi-Level-Governance. Teilaspekte der Mehrebenenprozesse in der Endlager-Governance wurden analysiert. Siehe Punkt 5 Berichte.

Die Analyse der Euratom-Richtlinien und der internat. Lösungen zur Abfallentsorgung siehe Punkt 5 Berichte.

Im AP4 wurden Governance-Konzepte und Formen von Öffentlichkeitsbeteiligung in verschiedenen Ländern gesichtet, ausgewertet und analysiert. Es wurden 21 Länder ausgewählt, die näher sondiert wurden bzw. werden.

Es wurden zwei zusätzliche Fact Sheets fertig gestellt (Bulgarien und Russland), die im Entwurf vorliegen und mit nationalen ExpertInnen abgestimmt werden. Die Arbeit am Sammelband „Nuclear Waste Governance“ wurde abgeschlossen. Das Buch wird Anfang 2015 erscheinen.

Im Rahmen des 19th REFORM Group Meeting in Salzburg (1.-5. September 2014) hat ein zweitägiger Workshop stattgefunden. Ländererfahrungen wurden am ersten Tag unter dem Titel „Nuclear Waste Governance“ und der State of the Art am zweiten Tag unter dem Titel „Long Term Nuclear Waste Storage and Management“ behandelt. Die Präsentationen wurden auf der Webseite der FFU veröffentlicht. Ein Paper und 2 Poster wurden auf der jährlichen Konferenz der DAEF im September in Köln präsentiert.

Im AP5 wurden aufgrund der Einsetzung der Endlagerkommission Anpassungen am Forschungsdesign vorgenommen. U. a. wurde die begleitende Beobachtung an den Kommissionssitzungen aufgenommen. Das FFU hat eine Stellungnahme für die Kommission vorbereitet und präsentiert (Prof. Schreurs). Das StandAG sowie die Perspektive der Anti-AKW Bewegung im Kontext der Endlagersuche wurde analysiert.

Das halbjährliche Kolloquium der geistes- und sozialwissenschaftlichen DoktorandInnen der ENTRIA-Plattform (zuletzt am 20. November) wurde deutlich erweitert. Mittlerweile sind 17 Studierende, DoktorandInnen und Postdocs vertreten. Das Kolloquium hat sich interdisziplinär entwickelt und umfasst derzeit Politik- und Sozialwissenschaften, Jura und Geschichtswissenschaften.

#### 4. Geplante Weiterarbeiten

In den nächsten sechs Monaten sind folgende Aktivitäten geplant:

- AP1: Weiterarbeit an der Akteursanalyse; Veröffentlichungen
- AP2: Konzept und Vorbereitung einer internationalen Konferenz über Konflikte und Akzeptanz. Vorbereitung eines Konzept-Papiers zu Grenzwerten beim Umgang mit radioaktiven Reststoffen als ein höchst konflikthafte Thema (beteiligt: FFU, KIT, Hannover, Clausthal).
- AP3: Konzeptpapier zu MLG. Lehrveranstaltungszyklus zu MLG
- AP4: Fertigstellung von weiteren Fact Sheets (Slowakei, UK, Finnland). Publikation mit einer ersten Sammlung von 12-14 Fact Sheets. Veröffentlichung zum internationalen Vergleich; Vorbereitung der Edition des Buches „Nuclear Waste Governance: an International Comparison Teil II“ (Springer VS)
- AP5: Analyse der Arbeitsweise der Endlager-Kommission. Paper zum Verhältnis Regulator/Operator.

#### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Brunnengräber, A.; Di Nucci, M.R.; Isidoro Losada, A. M.; Mez, L.; Schreurs, M. (Eds.): Nuclear Waste Governance. An International Comparison. Wiesbaden: Springer VS (im Erscheinen).

Di Nucci, M. R.; Isidoro Losada, A. M.; Brunnengräber, A. Same, same, but different. Nuclear Waste Governance in France, Finland and Sweden. Proceedings der DAEF-Konferenz (im Erscheinen).

Brunnengräber, A.; Schreurs, M. Nuclear Waste Governance as a wicked problem. Perspectives after the Fukushima Nuclear Disaster, in [1] (im Erscheinen).

Di Nucci, M.R. Breaking the stalemate: The Challenge of Nuclear Waste Governance in Italy, in [1].

Isidoro Losada, A. M. Nuclear Waste Governance in Spain: Subject to Political Capture? in [1] (im Erscheinen).

Di Nucci, M. R.; Isidoro Losada, A. M. (2015): An Open Door for Spent Fuel and Radioactive Waste Export? The International and EU Framework, in [1] (im Erscheinen).

Brunnengräber, A.; Häfner, D. (2014): Alles neu in der Akteurslandschaft der "Endlagersuche"? anti atom aktuell, Nr. 246, 24.11.2014.

Schreurs, M, Brunnengräber, A.; Di Nucci, M.R; Mez, L. (2014): Endlager-Governance im internationalen Vergleich. Stellungnahme bei der 6. Sitzung der Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe. K-Drs. 65, 28. November 2014.

Brunnengräber, A.; Hocker, P. (2014): Bewegung Pro-Endlager? Zum soziotechnischen Umgang mit hochradioaktiven Reststoffen, in: Forschungsjournal NSB, 27 Jg., Heft 4, 2014, S. 59-70.

Häfner, D. (2014): Die Perspektive der Anti-AKW-Bewegung im Kontext der Endlagersuche, Forschungsjournal NSB.

Brunnengräber, A.; Di Nucci, M.R.; Häfner, D.; Isidoro Losada, A. M. (2014): Nuclear Waste Governance – ein „wicked problem“ der Energiewende, in: Brunnengräber, A.; Di Nucci, M. R. (2014): Im Hürdenlauf zur Energiewende. Von Transformationen, Reformen und Innovationen. Wiesbaden, Springer.

<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		
<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> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<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 Rechtfertigungsrationalität 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
- Inhaltliche Konzeption, Planung und Durchführung des Bürgerforums „Wohin mit unserem Atommüll“ (bis 15. 03. 2015) in Lutherstadt Wittenberg
- Teilnehmerauswahl mit Hilfe des UZ Bonn
- Moderation des Bürgerforums durch Simon Oerding und Kathrin Bimesdorfer (IFOK GmbH) sowie Julia Pohlers und Max Schröder (wissenschaftliche Hilfskräfte)
- Organisation und Durchführung des 3. AP-Bearbeiter Treffens am 17.-19. September 2014 in Kiel
- Arbeitstreffen Risikoethik mit Anne Eckhardt und Klaus Peter Rippe in Kiel (Oktober 2015)
- Beiträge zu Interdisziplinarität und Risikoethik für das ENTRIA-Jahrestreffen in Goslar (November 2015)
- Kontinuierliche Mitarbeit am Risikobericht TP4
- Vorbereitung eines Artikels zur interdisziplinären Zusammenarbeit in ENTRIA (mit Dennis Köhnke) für den ENTRIA-Sammelband

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

- Abschluss des Bürgerforums im März 2015
- Dokumentation des Bürgerforums (mit Julia Pohlers)
- Oberseminar zur Risikoethik an der CAU im SoSe 2015 (für ENTRIA-Wissenschaftler geöffnet)
- Planung einer Session zu Radioactive Waste Management auf der Annual Conference of the International Society for Environmental Ethics: Environmental Ethics between Action and Reflection im Juli 2015
- Veröffentlichungen zu Fragen der Risikoethik, intergenerationalen Gerechtigkeit, Protest und Partizipation, Verursacherprinzip

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

Keine.

<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		
<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> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<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:	Koordination Transversalprojekt „Technikfolgenabschätzung und Governance“ und neue Mitarbeit im ENTRIA-Sprecherrat
ITAS-F:	Explorative TA-Mikrostudien
ITAS-G:	Ausbildung

ITAS-Team für restliche Projekt-Laufzeit komplett seit Oktober 2014.

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- ITAS-A / Governance 1: Fortschreibung der Grundkonzeption, interne Klausur und Literaturdiskussion; Überarbeitung des Buchkapitels „Endlager Governance in Deutschland“ für Brunnengräber et al. (Governance of Nuclear Waste: An International Comparison) nach Lektorat. Veröffentlichung eines Beitrags zu sozialen Bewegungen im Kontext der Entsorgungsfrage; Vortrag zu „Der deutsche Fall als Referenzfall für internationale Vergleichsstudien“ beim ENTRIA-Jahrestreffen 2014 (Goslar).
- ITAS-B / Governance 2: Weiterentwicklung der konzeptionellen Grundlagen und Fachgespräche am ITAS und am INE zu Langzeitinstitutionen („Schnittstellenanalyse“); Vorbereitung der Interviews zu „Expertendissens und technische Vielfalt“; Kick-off-Meeting zur Vorbereitung einer ENTRIA-Konferenz zum Thema „Monitoring, Langzeitinstitutionen und -prozesse“.
- ITAS-D / Kooperation ITAS und FU Berlin: Weitere Überarbeitung des Buchkapitels „Endlager-Governance in der Schweiz“ für Brunnengräber et al. (Governance of Nuclear Waste: An Internati-

onal Comparison) nach Lektorat. Manuskript Factsheet Russland liegt vor; überarbeitetes und aktualisiertes Factsheet Schweiz ist erstellt; Beginn der Dissertation zu Schweden.

- ITAS-E / Interdisziplinäre Zusammenarbeit: Sprechertätigkeit P. Hocke (Vertreter der NTH-externen Projektteams); ENTRIA-Risiko-Treffen zu Thesen für Risiko-Begriff; Chair des Themenbereichs „Nuclear Waste Governance in International Comparison“ beim REFORM-Meeting 2014 (Salzburg); Co-Autor eines Vortrags „Vorstellen des interdisziplinären Projekts ENTRIA“ beim FS-Symposium 2014 (Mainz); Vortrag zum „Swiss Approach to Finding Compromises in Nuclear Waste Governance“ beim DAEF-Symposium 2014 (Köln); Co-Autor eines Vortrags „The Challenge of Interdisciplinarity. First Steps towards a Joint Working Approach“ beim DAEF-Symposium 2014 (Köln); Vorbereitung eines Sammelbandes sowie Überarbeitung eines Manuskripts zum Thema „Inter- und Transdisziplinarität“; Konzeption und Organisation der interdisziplinären Zusammenarbeit im TP2, Verfassen eines Entwurfs eines interdisziplinären Grenzwerte-Papiers für das ENTRIA-Jahrestreffen; Präsentation Zwischenergebnisse sowie Grenzwerte-Thematik, Vorstellung des Kommunikationskonzepts sowie Vortrag zu „Interdisziplinärer Zusammenarbeit unter den AP-Bearbeitern“ bei ENTRIA-Jahrestreffen 2014 (Goslar); Vernetzung der neuen Doktorandin in ENTRIA; Review des ENTRIA-Papiers Appel et al. zu „Darstellung der Entsorgungsoptionen (Referenzoptionen)“.
- Modul ITAS-F / Explorative TA-Mikrostudien: Erste Fassung eines Manuskripts mit Thema „Bergwerk als technologisches Artefakt“ wurde vorgelegt und wird aktuell überarbeitet.
- Modul ITAS-G / Ausbildung: Weiterentwicklung des Konzepts zur Weiterbildung „Technikfolgenabschätzung & Governance“ und Planung des ITAS-Weiterbildungsmoduls für Sommer 2015. ITAS-Mitarbeiter nahmen an einer Reihe von einschlägigen Fachtagungen teil.

#### 4. Geplante Weiterarbeiten

- Präzisierung des Governance-Konzepts unter Anforderung der interdisziplinären Kooperation mit der FU Berlin
- ITAS-B / Governance 2: Interviews zu Expertendissens, erste Analysen zu Long-term-Stewardship und Langzeitinstitutionen
- ITAS-D / internationaler Vergleich: Fortsetzung der Schweiz-Analyse, Erarbeitung der konzeptionellen Grundlagen für Schweden-Studie
- ITAS-F: Einreichen eines ENTRIA-Arbeitsberichts zu „Bergwerke als technologisches Artefakt“
- Veröffentlichungen (siehe 3.)

#### 5. Berichte, Veröffentlichungen

A. Brunnengräber / P. Hocke (2014): Bewegung Pro-Endlager? Zum soziotechnischen Umgang mit hochradioaktiven Reststoffen. In: Themenschwerpunkt „Technik und Protest. Von Stuttgart 21 über Atomkraftendlager bis Fracking und Nanotechnologie“ im Forschungsjournal Soziale Bewegungen (Heft 4/2014), S. 59-70

P. Hocke (2014): Nuclear Waste Repositories and Ethical Challenges. In: Geoethics: Ethical Challenges and Case Studies in Earth Science. An Elsevier Book, Max Wyss and Silvia Peppoloni (eds.), chapter 29, pp. 359-367

P. Hocke / K-J. Röhlig (2014): Challenges of communicating safety case results to different audiences. In: Nuclear Energy Agency (NEA) / Radioactive Waste Management Committee (RWM) (Hrsg.): The safety case for deep geological disposal of radioactive waste: 2013 state of the art. Symposium Proceedings, 07.-09.10.2013. Paris, Frankreich: OECD 2014, S. 373-384 (NEA/RWM/R(2013)9)

E. Bechthold / St. Seitz (2014): Hummeln und Schmetterlinge im Open Space. Bericht von der Werkstatttagung der Evangelischen Akademie Loccum zu Partizipation, TATuP 23/2 (2014), S. 102-105

Zu diversen 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		
<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> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<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

F. Becker, C. Borkel, H. Geckeis, V. Metz, B. Pang und H. Saurí-Suarez präsentierten Aspekte des AP4.4 und AP4.5 beim Treffen des TP4 („Interdisziplinäre Risikoforschung“, Juli) und dem Treffen des TP4 mit Vertikalprojekten (Juli). In Treffen des AP4.4 mit AP2.1 (KIT-ITAS) und AP3.2 (TUBS-IRW) im Juli und November wurden gemeinsame interdisziplinäre Arbeiten abgestimmt. Bearbeiter des AP4.4 und AP4.5 nahmen an Exkursionen in das Zwischenlager Würenlingen (Juli) und in die Schachanlage Asse II (November) teil. F. Becker, H. Geckeis und V. Metz beteiligten sich am Projekttreffen im November.

AP(3.)4.4: Status: Das AP6.1 (TUBS) Konzept für eine Streckenlagerung von Pollux-Behältern in einem Tiefenlager in Steinsalz wurde modelltechnisch abgebildet. Parameter zu Materialeigenschaften, geochemischen Milieu und zum Pu-Inventar (u. a. Daten zur Diffusion, Sorption, Dichte der (geotechnischen Barrieren) wurden in das Modell implementiert. Orientierende zweidimensionale Transportrechnungen zur diffusiven Ausbreitung von Pu in einem Salzlaugengesättigten Tiefenlager im Steinsalz wurden durchgeführt.

AP(3.)4.5: Status: Unter Verwendung des AP6.1 Streckenkonzeptes wurden mit dem Monte-Carlo-Code MCNPX erste Simulationsergebnisse für Neutronen- und Photonenstrahlenfelder um ein Ensemble von Pollux-Behältern in einem Tiefenlager in Steinsalz gewonnen. Eine Validierung der eingesetzten Simulationsmethoden erfolgte anhand existierender Daten zu Neutronen- und Photonenpektren sowie Dosisleistungsverteilungen (Projekt AHE, DBE). Darauf aufbauend wurden Strahlenfelder und Dosisleistungsverteilungen in einer Einlagerungsstrecke mit mehreren Pollux-Behältern berechnet.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Beteiligung an der Vorbereitung zur interdisziplinären ENTRIA-Monitoring-Konferenz, die im Jahr 2016 stattfinden soll. Teilnahme an der AP-Leiter Klausur und am Bearbeitertreffen im März. Verfassen von Beiträgen zum Sammelband "Inter- und Transdisziplinarität". Vorträge zu Ergebnissen des AP4.5 auf zwei Konferenzen.

AP(3.)4.4: Experimentelle Arbeiten zur Thermodynamik von Np(IV) und Pu(IV) werden weiter geführt. Das zweidimensionale Transportmodell für ein Tiefenlager in Steinsalz wird um andere relevante Radionuklide ergänzt. Zum Vergleich mit anderen Entsorgungsoptionen sollen Konzepte der ENTRIA-Partner für eine Lagerung von Abfällen in Tiefenlagern in Tonstein und Kristallin („Granit“) modelltechnisch abgebildet und die zugehörigen Materialeigenschaften, geochemischen und radiochemischen Parameter implementiert werden.

AP(3.)4.5: Die bereits erstellten Simulationen des Strahlenfeldes für ein Tiefenlager in Steinsalz sollen mit Einlagerungsszenarien in Tonstein und Kristallin („Granit“) verglichen werden, um den Einfluss des Wirtsgesteins auf das Strahlenfeld zu beurteilen. Zur Ermittlung der Personendosis während Bewegungsabläufen soll zunächst ein bewegliches Ganz-Körper-Phantom zur Modellierung der Körperbewegungen entwickelt werden. Hierauf aufbauend soll die Dosisabschätzung mittels Monte-Carlo Simulationen für geeignete Einzelbildabfolgen eines modellierten Bewegungsablaufs durchgeführt werden. Es erfolgt ein Softwareupgrade von MCNPX auf MCNP6, um eine Abschätzung der Personendosis während Bewegungsabläufen zu realisieren.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Eingereichte Konferenzbeiträge: Saurí-Suarez, Pang und Becker: Monte-Carlo calculations of the radiation field in a rock salt horizontal emplacement gallery, 46. Jahrestagung Kerntechnik; Pang, Saurí-Suarez und Becker Individual dosimetry in final disposal repository of heat-generating nuclear waste, IM 2015 – Int’l Conf. Individual Monitoring of Ionising Radiation.

<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 30.09.2016	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<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

Das zweite Halbjahr 2014 im Projekt war inhaltlich geprägt durch die Bearbeitung der Arbeitspakete AP2 bis AP4 sowie den damit verbundenen Zuarbeiten der Partner.

Im AP2 wurden auf einem Teststand die verschiedenen Lösungsansätze der Metalldetektion, hinsichtlich der notwendigen Auswahl der einzelnen Sensorsysteme und Domänen, für das Gesamtsystem validiert. Es erfolgte eine detaillierte Verifikation der einzelnen Messbereiche der Detektionssysteme. Ebenso wurden die verschiedenen Systeme auf Fehleranfälligkeit in Form von falschen Tiefenangaben oder bei bildgebenden Verfahren auf Phantombilder geprüft. Entsprechende Kompensationsmöglichkeiten, z. B. durch die Kombination von verschiedenen Detektionsverfahren, wurden ebenfalls untersucht. Die Ergebnisse dieser Versuche wurden an die Projektpartner übermittelt, um weitere Bewertungsgrundlagen für verschiedene Gesamtsysteme zu schaffen. Damit konnten die ersten Entwürfe des Gesamtsystems, insbesondere die Integration der Detektion in die Steuerung des Abtragwerkzeugs, entsprechend angepasst werden.

Bei der Zuarbeit zum AP4 stellte sich durch einen Abgleich der Betreiberanforderungen aus AP1 mit dem INAS-Abtragwerkzeug heraus, dass wesentliche Prozessparameter weniger zielführend erscheinen. Dies führte dazu, dass sich die Beteiligten im Rahmen der Projektbearbeitung entschlossen, von INAS abweichende Abtragverfahren zu sondieren. Dabei konnte ein Verfahren entwickelt werden, das nach ersten Erkenntnissen einen Betonabtrag bei gleichzeitiger Unterstützung des Trockenfräsprozesses ermöglicht. Um die Funktionsweise/ -fähigkeit des Verfahrens zu bestätigen, wurden Grundlagenversuche am KIT durchgeführt. Die Auswertung dieser Testreihen zeigte, dass die neu entwickelte Verfahrenskette funktioniert und als Basis für eine generelle Parameterermittlung dient. Im Weiteren wurden die neu gewonnenen Erkenntnisse mit den im Projekt INAS entwickelten Verfahren und den Anforderungen aus AP1 abgeglichen, so dass erste Ergebnisse dieser Bewertung vorliegen.

Zusätzlich wurden die Schutzrechtsanmeldung und die damit verbundene Patentarbeit gestartet, um das neu entwickelte Verfahren abzusichern.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Im Rahmen des AP2 wird am KIT die Relevanz der durch die Sensorsysteme zur Verfügung stehenden Daten mit dem Ziel untersucht, die zu verarbeitende Datenmenge der Gesamtsteuerung auf das notwendige Maß bezüglich der Detektion zu reduzieren. Des Weiteren soll ein vereinfachtes Detektionskonzept mit Primärsensoren auf dem Teststand erprobt werden, um die Systemkomplexität zu reduzieren und die Datenverarbeitung insgesamt zu vereinfachen, ohne den für das entsprechende Abtragsverfahren notwendigen Genauigkeitsbereich der Detektion zu verlassen.

Weiterhin wird die abschließende Bewertung der beiden Abtragsverfahren gegenüber den Betreiberanforderungen ausgeführt, um die geeignetere Methode im weiteren Projektverlauf zu berücksichtigen. Anschließend werden mit den Projektpartnern Entwürfe für das Abtragwerkzeug/ den Demonstrator erstellt und die Schnittstellen zwischen den Beteiligten definiert. Des Weiteren können erste Konzepte für die erforderlichen Steuer- und Regelungssysteme abgeleitet werden.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Zur VDI Fachtagung „Rückbau kerntechnischer Anlagen“ am 24.09.2014 in Raunheim wurde das Projekt mittels einer Präsentation dem Fachpublikum durch den Projektpartner Herrenknecht AG vorgestellt.

Durch den Projektpartner IFW wird ein Paper zur Kontec 2015 eingereicht, mit dem das Projekt allgemein sowie erste Ergebnisse des Stahlbetonfräsens vorgestellt werden.

<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 30.09.2016	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 760.442,00 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 2014 war inhaltlich geprägt durch die Bearbeitung der Arbeitspakete AP2, AP3 und AP4 sowie den damit verbundenen Zuarbeiten der Projektpartner.

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

Wie schon im Zwischenbericht für das 1. Halbjahr 2014 beschrieben, konnte durch die Erstellung eines umfangreichen Lastenheftes (AP1) der genaue Bedarf sowie das Einsatzgebiet des zu entwickelnden Gerätes ermittelt werden. Diese Erkenntnisse sowie die Tatsache, dass die Werkzeugstandzeit beim Trockenfräsprozess von Stahlbeton deutlich gesteigert werden muss, nahmen wir zum Anlass, weiterführende Untersuchungen zum Thema Schneidtechnologie durchzuführen. Es wurden entgegen der ursprünglichen Planung verschiedene Technologien erneut beleuchtet und mit den Anforderungen aus AP1 abgeglichen. Dabei konnte ein Verfahren entwickelt werden, welches uns nach ersten Erkenntnissen einen Betonabtrag bei gleichzeitiger Unterstützung des Trockenfräsprozesses ermöglicht.

Um die Funktionsweise des Verfahrens zu bestätigen, wurden in zwei Stufen Grundlagenversuche auf dem Freigelände des KIT durchgeführt. Die daraus resultierenden positiven Ergebnisse gaben uns Anlass, erste Werkzeugkonzepte zu erstellen und eine Machbarkeitsprüfung durchzuführen. Auf eine detaillierte Beschreibung der Technologie wird aufgrund einer möglichen Schutzrechtsanmeldung zum aktuellen Zeitpunkt verzichtet.

Es wurde begonnen, die erarbeiteten Konzepte für ein kombiniertes Stahlbeton-Abtragswerkzeug mit der Abtragstechnologie (INAS), bestehend aus einer aktivierten Hinterschneidtechnik für reinen Betonabtrag und einem Trockenfräsprozess für Stahlbeton-Bereiche in Wechselkopfausführung gegenüberzustellen und zu vergleichen. Dazu wurden Bewertungskriterien, resultierend aus den Erkenntnissen aus AP1, herangezogen. Die Untersuchungen und Bewertungen werden in enger Zusammenarbeit aller Projektpartner durchgeführt.

Parallel zu den Arbeiten im Thema Schneidtechnologie wurde eine umfangreiche Untersuchung zur Kraftübertragung und Fixierung des Abtragssystems an der Bauwerksstruktur begonnen. Durch die zu erwartenden großen Lasten im Abtragsprozess nimmt die Kraftübertragung einen zentralen Punkt ein.

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

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Im ersten Halbjahr 2015 werden wir den Verfahrensvergleich abschließen. Abhängig vom endgültigen Ergebnis wird das ausgewählte Verfahren detailliert weiter verfolgt. Dazu wird ein Prüfstand zur Ermittlung geeigneter Schnittparameter sowie des Werkzeugverhaltens aufgebaut und entsprechende Versuche durchgeführt. Diese Ergebnisse bilden dann die Basis für das endgültige Abtragssystem. 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**

Präsentation im Rahmen der VDI Fachtagung: Rückbau kerntechnischer Anlagen am 24.09.2014 in Raunheim

Einreichung eines Vortrages zur KONTEC 2015

<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 30.09.2016	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 532.248,00 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

Im Arbeitspaket 3 wird das Fräsen von Stahlbeton untersucht. Hierzu werden die einzelnen Komponenten des Verbundwerkstoffes Stahlbeton zunächst einzeln betrachtet. Die Bearbeitung von Stahl mit einem Fräsprozess ist Stand der Technik, daher wird zunächst auf die Betonbearbeitung eingegangen. Ziel der durchgeführten Untersuchungen ist die Erforschung des Versagensmechanismus der eingesetzten Werkzeuge. Dazu wurde die Wechselwirkungen zwischen den Prozesseinstellgrößen, dem Schneidstoff und dem auftretenden Verschleiß in Einsatzversuchen systematisch analysiert. Es wurden Einzahnfräsversuche mit Wendeschneidplatten aus verschiedenen Hartmetallsorten mit gleicher Geometrie durchgeführt.

Die Lage und Größe des Spanungsquerschnitts unter Verwendung von runden Wendeschneidplatten beim Betonfräsen beeinflusst maßgeblich das Verschleißverhalten. Der Spanungsquerschnitt wird durch die Prozessgrößen Zahnvorschub  $f_z$  und Schnitttiefe  $a_p$  festgelegt und kann entsprechend eingestellt werden. Somit ist eine Steuerung des Verschleißes möglich.

Die dominante Verschleißform beim Betonfräsen ist der Freiflächenverschleiß  $VB_{\max}$ . Der Freiflächenverschleiß hängt neben dem Spanungsquerschnitt auch von der eingesetzten Hartmetallsorte ab. Durch Variation der Korngröße und des Kobaltgehalts konnte eine Reduzierung des Verschleißes von  $VB_{\max} = 1,42$  mm auf  $VB_{\max} = 0,35$  mm bei gleichem Vorschubweg erreicht werden. Hartmetall mit einer Korngröße von  $2 \mu\text{m}$  und einem Kobaltgehalt von 10 % weist den geringsten Verschleiß auf. Dieser Zusammenhang wird durch Analyse der Hartmetall- und Beschichtungseigenschaften weitergehend untersucht werden.

Zudem wurde ein Zusammenhang zwischen dem sich ausbildenden Verschleiß und dem Betrag der wirkenden Drangkraft hergestellt. Betrag und Richtung der Drangkraft hängen dabei mit der Form und Größe des Spanungsquerschnitts zusammen. Mit steigendem Verschleiß nehmen die Drangkräfte zu. Eine Erklärung liefert die durch den Verschleiß vergrößerte Kontaktfläche zwischen Werkzeug und Werkstück. Hierdurch steigen die Prozesskräfte, die zur Erreichung der für die Materialtrennung benötigten Spannungen aufzuwenden sind. Weiterhin konnte ein Zusammenhang zwischen der Schnitttiefe und den Prozesskräften hergestellt werden. Mit steigender Schnitttiefe steigt die wirkende Drangkraft ebenfalls an. Die Kräfte sinken hingegen mit steigendem Zahnvorschub. Dieser Zusammenhang ist bei der Zerspanung duktiler Werkstoffe entgegengesetzt und muss daher durch weitere Versuche genauer untersucht werden.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Aufbauend auf den erzielten Erkenntnissen werden weitere Untersuchungen zum Einfluss von Hartmetallsorten sowie Form und Lage des Spanungsquerschnittes auf den Verschleiß und die wirkenden Prozesskräfte durchgeführt. Der Spanungsquerschnitt wird in Einzahnfräsversuchen sowohl durch die Prozesseinstellgrößen als auch durch Verwendung von Wendeschneidplatten unterschiedlicher Plattenradien verändert. Dies liefert Information über den Trennmechanismus, unabhängig von den gewählten Prozesseinstellgrößen. Die Analyse der Hartmetalleigenschaften liefert den Zusammenhang zwischen den im Prozess auftretenden Belastungen und dem eintretenden Verschleiß.

Zusätzlich wird der Einfluss der im Beton enthaltenen Gesteinskörnungen untersucht, da diese Zusatzstoffe die am Werkzeug angreifenden Kräfte und damit den Verschleiß ebenfalls beeinflussen. Dieses Vorgehen wird durch gezielte Variation der Werkstückmaterialeigenschaften ebenfalls Verständnis über den während des Fräsens ablaufenden Trennmechanismus liefern.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

<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 30.09.2016	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 398.046,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Fitting	

## 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 zweiten Halbjahr 2014 wurden hauptsächlich die Arbeitspakete AP2, AP3 und AP4 bearbeitet. Kraftanlagen Heidelberg GmbH erbrachte hierzu notwendige Zuarbeit und Unterstützung und startete die Bearbeitung des AP5. Wie im Zwischenbericht für das 1. Halbjahr 2014 beschrieben, wurde durch die Erstellung eines umfangreichen Lastenheftes (AP1) der genaue Bedarf sowie das Einsatzgebiet und Anforderungen an ein infrage kommendes Abtragswerkzeug ermittelt. Diese neu gewonnenen Erkenntnisse und die Tatsache, dass die Werkzeugstandzeit beim Trockenfräsprozess von Stahlbeton deutlich gesteigert werden muss, wurden zum Anlass genommen, weiterführende Untersuchungen zum Thema Schneidtechnologie durchzuführen. In diesem Zusammenhang wurden entgegen der ursprünglichen Planung verschiedene Technologien erneut analysiert und mit den Anforderungen aus AP1 abgeglichen. Hierdurch konnte letztlich ein Verfahren entwickelt werden, welches nach ersten Erkenntnissen einen Betonabtrag bei gleichzeitiger Unterstützung des Trockenfräsprozesses ermöglicht. Um die generelle Funktionsfähigkeit dieses Verfahrens zu bestätigen, wurden in zwei Stufen Grundlagenversuche auf dem Freigelände des KIT durchgeführt. Die daraus resultierenden ersten positiven Ergebnisse gaben uns die Möglichkeit, einige erste Werkzeugkonzepte zu erstellen und die generelle Funktionalität des neuen Verfahrens vorzuweisen. Auf eine detaillierte Beschreibung der Technologie wird aufgrund einer möglichen Schutzrechtsanmeldung zum aktuellen Zeitpunkt verzichtet. Um eine Entscheidungsbasis zu erhalten, die zielführendste Technologie zu selektieren und im weiteren Projektverlauf weiterzuentwickeln, wurde begonnen, die Konzepte für ein kombiniertes Stahlbeton-Abtragswerkzeug mit der Abtragstechnologie (INAS), bestehend aus einer aktivierten Hinterschneidtechnik für reinen Betonabtrag und einem Trockenfräsprozess für Stahlbeton-Bereiche in Wechselkopfausführung gegenüberzustellen und zu vergleichen. Hierbei wurden Bewertungskriterien resultierend aus den Erkenntnissen aus AP1 herangezogen. Die Untersuchungen sowie der Vergleich werden in kooperativer Zusammenarbeit aller Projektpartner durchgeführt. Kraftanlagen Heidelberg GmbH startete Ende Oktober 2014 mit der Bearbeitung des AP5 (Spezifikation Trägergerät), mit der Erstellung der Spezifikation. Diese beinhaltet konservativ in einem ersten Ansatz die abdeckenden Lasten aus dem INAS-Projekt sowie die abdeckenden Werte aus den ersten Versuchskampagnen des neuen Verfahrens. In diesem Zusammenhang wurde eine Marktrecherche über mobile Arbeitsmaschinen begonnen. Ziel hierbei ist die Überprüfung, ob ein marktübliches Trägergerät als Manipulator einsetzbar ist. Parallel hierzu wird die generelle Lasteinleitung in die Gebäudestrukturen für derartige mobile Trägergeräte untersucht.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Im ersten Halbjahr 2015 liegt der Fokus auf der Durchführung des Verfahrensvergleichs zwischen dem INAS-Verfahren und dem neuen Verfahren sowie der Selektion des zielführendsten Verfahrens. Abhängig davon wird ein Verfahren ausgewählt und detailliert weiter verfolgt. Zur Ermittlung geeigneter Schnittparameter, der generellen Kräfte und Momente sowie zur Ermittlung des Werkzeugverhaltens wird ein Prüfstand aufgebaut und entsprechende Versuche durchgeführt. Diese Ergebnisse bilden dann die Basis für das endgültige Abtragssystem. Parallel dazu werden von Kraftanlagen Heidelberg GmbH erste Untersuchungen und Konzepte zum Trägergerät erstellt und die aus heutiger Sicht kritischsten Punkte, Kraftübertragung auf die Bauwerksstruktur sowie Materialförderung detailliert betrachtet.

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

Präsentation auf der VDI-Fachkonferenz „Rückbau kerntechnischer Anlagen“ in Raunheim am 24.09.2014

Einreichung eines Vortrags zur KONTEC 2015

<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> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<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

Die in AP1.1 erstellte Struktur der Erfahrungsdatenbank, die den in Einzelschritte zerlegten und strukturierten Rückbauprozess abbildet, wurde in enger Abstimmung mit den Projektpartnern weiterentwickelt. Die Herausforderung bestand darin, dass einerseits die vorhandenen Daten der Projektpartner in die Erfahrungsdatenbank eingetragen werden können und andererseits eine Prozessstruktur für ein allgemeines kerntechnisches Rückbauprojekt entsteht. Unter Zuhilfenahme der „International Structure for Decommissioning Costing (ISDC) of Nuclear Installations“ der Nuclear Energy Agency (NEA) und der Rückbaupläne der Projektpartner wurde eine einheitliche Struktur der einzelnen Rückbauschritte in der Erfahrungsdatenbank entwickelt. In Zusammenarbeit mit den Projektpartnern wurde bereits mit dem Eintragen der vorhandenen Daten zu Zeitdauer, Kosten und benötigten Ressourcen je Arbeitsschritt, in die Erfahrungsdatenbank begonnen.

Zur effizienten Durchführung von Projekten und zur Identifikation von Verbesserungspotentialen bereits durchgeführter Rückbauprojekte wurden in AP1.2 bestehende Projektmanagementsysteme untersucht. Hierbei wurde die Untersuchung der Systeme in drei Klassen unterteilt und einzeln analysiert: Projektmanagement-Standards, Projektmanagement-Software und Projektmanagement-Methoden. Als weltweit verbreitetste Projektmanagement-Standards wurden der PMBOK-Guide (Guide to the Project Management Body of Knowledge) des Project Management Institutes (PMI), der ICB (International Competence Baseline) der International Project Management Association (IPMA) und PRINCE2 (Projects in Controlled Environments) des Office of Government Commerce (OGC) untersucht. Alle drei Standards beschreiben die in den verschiedenen Projekt-Phasen (Initialisierung bis Projektabschluss) und Wissensgebieten (z. B. Risiko-, Beschaffungs- oder Stakeholdermanagement) gemachten Erfahrungen und anwendbaren Methoden in einer ähnlichen Form. Je Standard werden verschiedene Schwerpunkte gesetzt, insgesamt jedoch gibt jeder der untersuchten Standards gleiche Empfehlungen für das Projektmanagement. Neben den Projektmanagement-Standards wurden die Projektmanagement-Software-Pakete MS Project von Microsoft, Primavera P6 von Oracle, Cora Calcom von Siempelkamp und OpenRMS von der Gesellschaft für integrierte Systemplanung untersucht. Während sich MS Project und Primavera P6 auf die Termin-, Kosten- und Ressourcenplanung spezialisieren, liegen die Schwerpunkte von Cora Calcom und OpenRMS auf der Massenbilanzierung und den Stoffströmen während des Rückbaus. Als Projektmanagement-Methoden wurden die Methode des kritischen Pfads (CPM), PERT (Program Evaluation and Review Technique) und GERT (Graphical Evaluation and Review Technique) identifiziert. Alle Analyse-Ergebnisse sind in einem Dokument zusammengefasst worden.

Im Rahmen des AP2.1 konnten Kennzahlen für verschiedene Bereiche des Projektmanagements und den kerntechnischen Rückbau identifiziert werden. Die Kennzahlen decken insgesamt die fünf Gebiete Fortschritt/ Projektergebnis, Finanzen, Gesundheit & Sicherheit, Umwelteinwirkungen sowie sozioökonomische Einflüsse ab. Je Gebiet wurden Kennzahlen hierarchisch für verschiedene Detaillierungsebenen erarbeitet.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

In enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern werden die Daten bisher durchgeführter Rückbauprojekte in die Erfahrungsdatenbank eingetragen. Ziel ist es, dass zum 28.02.2015 die Erfahrungsdatenbank mit allen vorhandenen Daten der Projektpartner ausgefüllt ist.

Mit Hilfe der in AP2.1 erarbeiteten Kennzahlen werden in AP2.2 die bestehenden Rückbaupläne der Projektpartner einem Soll-Ist-Vergleich unterzogen. Dazu werden unter anderem die Daten aus der ausgefüllten Erfahrungsdatenbank herangezogen. Auf diesen Ergebnissen aufbauend werden anschließend in AP3.1 kritische Elemente identifiziert, die zu Planabweichungen geführt haben.

### 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> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 510.020,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Rohwer	

## 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**

Nach der Datenrecherche und Analyse der in der Vergangenheit abgeschlossenen Projekte „Zerlegung des Reaktordruckgefäßes und der dazugehörigen Einbauten des KKW Würzgassen“ sowie des Projektes „Zerlegung der Reaktordruckgefäßeinbauten des KKW Stade“ stellte sich heraus, dass die Unterlagen nicht dem heutigen Verständnis einer Projektplanung und Projektverfolgung genügen. Die geplante Untersuchung der tatsächlich aufgelaufenen Kosten und der benötigten Zeit für die Durchführung konnte somit nicht gegen die ursprünglichen Plandaten verifiziert werden. Als Basisdaten für die Erfahrungsdatenbank werden somit Plandaten eines Referenzkonzeptes herangezogen, die auf Grundlage der Lessons Learned der vergangenen beiden Projekte und auf Grundlage neuester technologischer Erkenntnisse eine realistische Vorgehensweise mit entsprechenden Zeiten und Kosten widerspiegeln.

Ein Schwerpunkt der vergangenen sechs Monate lag in der Weiterentwicklung bzw. Anpassung des strukturellen Aufbaus der Erfahrungsdatenbank. Diese wurde im ersten Schritt in Anlehnung einer Untersuchung der Nuclear Energy Agency (NEA) zur Projektstrukturierung, dem „International Structure for Decommissioning Costing (ISDC) of Nuclear Installations“, modifiziert. Im zweiten Schritt wurde die Struktur weiter an eine Projektstruktur angepasst, die AREVA allgemein für zukünftige Rückbauprojekte vorsieht. Mit diesen Modifikationen wurden die Voraussetzungen für das Eintragen der Inputdaten geschaffen.

Mit Beginn der Eintragungen der Inputdaten in die Erfahrungsdatenbank folgte der nun aktuelle Arbeitsschritt in dem Forschungsprojekt. Dabei wurde mit den grundlegenden Angaben Tätigkeiten, Zeitdauern und Ressourcen begonnen, die mit weiteren Details zu Ressourcen, alternativen Prozessschritten, Entsorgungsaspekten usw. zu ergänzen sind.

Die Eintragungen der vorhandenen Daten werden allerdings nicht den kompletten Bereich der Erfahrungsdatenbank abdecken können. Aus diesem Grund ist man weiterhin bemüht, auf zusätzliche Informationsquellen zurückzugreifen, um eine möglichst umfassende Datengrundlage zu erhalten.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Im Fokus steht vor allem die Fortführung der Daten-Eintragung in die Erfahrungsdatenbank, die bis Ende Februar abgeschlossen sein soll.

Parallel dazu ist man derzeit bemüht, weitere Informationsquellen ausfindig zu machen, die zusätzlich zur Kernkompetenz von AREVA vor allem anlagenspezifische Tätigkeitsbereiche abdecken sollen, da diese ebenfalls in der Erfahrungsdatenbank zu berücksichtigen sind.

Des Weiteren wird der Schwerpunkt in den nächsten Monaten auf der geplanten fortlaufenden Unterstützung vom KIT bei der Bearbeitung der Erfahrungsdatenbank bzw. bei Klärung von fachlichen Detailfragen liegen.

Sonstige Ergebnisse der Bearbeitung werden bei Bedarf mit KIT und VKTA ausgetauscht.

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

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik 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> 01.07.2014 bis 31.12.2014	
<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 Rahmen der Datensammlung in AP1.4 wurden an den Projektpartner KIT der Gesamtterminplan und vier Terminpläne für die einzelnen Rückbauphasen des Rückbaus des Rossendorfer Forschungsreaktors (RFR) in verschiedenen Detaillierungsgraden (VKTA 1 – 4) übergeben.

Die in den Terminplänen enthaltenen Arbeitsschritte waren – neben den Daten von AREVA und der „International Structure for Decommissioning Costing (ISDC) of Nuclear Installations“ der Nuclear Energy Agency (NEA) – eine der Basisinformationen für die von KIT vorgeschlagene Struktur der Erfahrungsdatenbank. Im Prozess der Optimierung der Struktur der Erfahrungsdatenbank wurde u. a. eine Erfassung von Verbesserungsvorschlägen angeregt, die im Laufe der betrachteten Rückbauvorhaben abgeleitet werden können.

Es wurde mit der Bearbeitung der Kostenerhebung des Rückbaus des Rossendorfer Forschungsreaktors (RFR) begonnen. Dabei wurden zunächst Kosten für

- vorbereitende Maßnahmen,
  - Bereitstellung von Ausrüstungen,
  - Dienstleistungen beim Rückbau,
  - Rückbau Elektro- und Lufttechnik,
  - Dekontamination,
  - arbeitsbegleitender Strahlenschutz,
  - Freimessen/Freigeben,
  - Reststoffentsorgung,
  - Gebäudeabbruch,
  - Planungs-, Projekt- und Baustellenleitung und
  - Betriebskosten
- ermittelt.

Zur Erläuterung der o. g. Kostenstruktur wurde dem Projektpartner KIT der Strukturplan „Abbau RFR“ übergeben.

Im Zuge des Ausfüllens der Erfahrungsdatenbank mit Daten entstanden verschiedene Fragestellungen, die anhand von ausgewählten Arbeitsschritten zum Rückbau des Rossendorfer Forschungsreaktors mit dem Projektpartner KIT in einem bilateralen Gespräch erörtert wurden. Der VKTA stellte dem Projektpartner KIT einen weiteren, detaillierten Terminplan zum Rückbau des Rossendorfer Forschungsreaktors vor, der die bereits übergebenen vier Terminpläne des VKTA weiter untermauert und Einzelvorgänge konkretisiert.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- Das Ausfüllen der im Punkt 3 genannten Erfahrungsdatenbank wird weiter fortgeführt. Dabei sollen die jeweiligen Zeitabläufe, Kosten und Ressourcen der Einzelvorgänge soweit es möglich ist, ergänzt werden.
- Nach Abschluss soll die Datenbank geprüft werden und daraus resultierend auf kritische Rückbauschritte hingewiesen werden.
- Weiterhin erfolgt die Prüfung der im Projektstrukturplan enthaltenen Termine für den Rückbau des RFR.
- Zum Schluss der Datenrecherche sollen die Grobdaten des RFR mit den Daten des ASTRA verglichen werden.

### 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> 01.09.2014 bis 31.12.2014	
<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 spannenden 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 Verharren 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**

In Arbeitspaket 1 wurde ein Versuchsstand zur Durchführung der Laboruntersuchungen entwickelt sowie Werkstücke und Werkzeuge beschafft.

Zur systematischen Analyse des Einsatzverhaltens verfügt der Versuchsstand über ein Kraftmesssystem, mit dessen Hilfe die auftretenden mechanischen Belastungen während des Prozesses quantifiziert werden können. Die Integration des kommerziell verfügbaren Dreikomponenten-Kraftmesselement-Bausatzes auf der Seilschleifmaschine erfolgt über einen Nutentisch und eine Basisplatte. Die Seildurchbiegung wird mit Hilfe von Lasersensoren erfasst, die in die Messkette integriert wurden. Die Ermittlung der statischen Seilvorspannkraft wird durch eine Hängewaage realisiert. Zur Messung der Maschinenleistung während der Untersuchungen werden Strom und Spannung des Vorschub- und Hauptantriebsmotors direkt an den Umrichtern abgegriffen und in die Messkette integriert. Hierzu muss in die Maschinensteuerung eingegriffen werden. Die resultierenden Werkzeug- und Werkstücktemperaturen werden mit einer Thermographie Kamera aufgezeichnet.

Zur Durchführung der experimentellen Untersuchungen wurden Werkstücke aus dem Baustahl S 355 JR und dem Edelstahl 1.4571 sowie Seilschleifwerkzeuge bestellt. Die Lieferzeiten einzelner Komponenten sind hoch. Als Liefertermin für die letzten Bauteile wurde KW 08/2015 angegeben.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Um die Gestalt komplexer, metallischer Strukturen im Rückbau kerntechnischer Anlagen nachzubilden, werden Nuten verschiedener Dimensionen mittels Fräsen in die Werkstücke eingebracht, sobald die Werkstücke verfügbar sind. Die entstehende Rippenstruktur wird derart ausgelegt, dass die Anzahl der Werkzeugeingriffe bei konstanter Kontaktlänge variiert. Sobald der Versuchsstand fertiggestellt und Werkzeuge und Werkstücke geliefert wurden, beginnen die experimentellen Untersuchungen von Arbeitspaket 2.

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

Keine.

<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> 01.09.2014 bis 31.12.2014	
<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 Reaktorgebäude
- Ermittlung und Analyse der Recyclingfähigkeit relevanter Komponenten unter Eingrenzung technischer 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

Im Projekt wurden gemäß Ablaufplan folgende Arbeitspakete bearbeitet:

- Beschreibung Reaktorkomponenten und Materialklassen
- Materialrecherche und Datenerhebung.

Zur Untersuchung der Werkstoffverteilung im Kraftwerk wurde zunächst nach Systemen separiert. Die Gesamtanlage wird dabei folgendermaßen aufgegliedert:

- Kraftwerkstechnik mit Primärkreislauf (inkl. nuklearer Bereich, Hauptkühlmittelkreislauf, Hilfskreisläufe), Sekundärkreislauf (inkl. Wasser-Dampf-Kreislauf, Hilfssysteme), Anlagen zur Stromerzeugung (inkl. Hilfssysteme)
- Allgemeine Gebäudetechnik und Bauliche Strukturen
- Mess- & Regelungstechnik mit Überwachungsanlagen (inkl. radiologische Überwachung, Gelände- und Gebäudeüberwachung), Mess- & Steuerungstechnik, IT-Anlagen

Der gegenwärtige Arbeitsstand des Projektes legt den Fokus auf die Materialrecherche und die Konzeption der Datenabfrage. Die Aufgabenstellung umfasste dabei u. a. die Analyse der Werkstoffeigenschaften von Komponenten des Primärkreislaufs einer anonymisierten Beispielanlage. Daneben wurden Daten zu chemischen Dekontaminationsverfahren erfasst und deren radiologischer Einfluss auf die Werkstoffe eingeordnet.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Für das erste Halbjahr 2015 soll die Datenerhebung der Arbeitspakete „Beschreibung Reaktorkomponenten und Materialklassen“ und „Materialrecherche und Datenerhebung“ weiter bearbeitet und abgeschlossen werden.

Mit den Arbeiten zu Arbeitspaket „Ermittlung der Stoff- und Aktivitätsverteilung, Identifizierung verwertbarer Material- und Stoffklassen“ wird begonnen. Konkret wird ein Simulationsmodell für Aktivierungsrechnungen entwickelt.

Schließen wird das Arbeitspaket mit der Analyse der Aktivierung und des Abklingverhaltens der relevanten Stoffe sowie der stoffspezifischen Zuordnung der prinzipiellen Recyclingfähigkeit innerhalb metallurgischer Prozessketten.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

<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> 01.10.2014 bis 31.12.2014	
<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 elektrochemisch-kinetischen Untersuchungen sowie die kleinmaßstäblichen batch-Elektrolyseversuche konzentrierten sich in den ersten Monaten der Bearbeitung auf relevante Verbindungen aus der Reihe der aliphatischen Kohlenwasserstoffe, auf spezielle in C-14-Tracersynthesen zum Einsatz kommende Glykolether, auf längerkettige Carbonsäuren sowie auf kontaminierte Vakuumpumpenöle. Dabei handelt es sich zu meist um schwer wasserlösliche Verbindungen. Die Untersuchungen an Monoglykolethern konnten inzwischen abgeschlossen werden. Sie erweisen sich in wässrigen Elektrolyten als gut elektrochemisch umsetzbar, wobei nicht nur an Diamantanoden gute Ergebnisse erzielt worden sind. Dies trifft auch auf Alkane zu. Bei den Diglykolethern und auch bei längerkettigen Carbonsäuren mit geringer Wasserlöslichkeit standen die Suche nach geeigneten Lösungsvermittlern und deren Erprobung im Experiment zunächst im Vordergrund. Als alternativer Lösungsweg hierzu wurde mit der Herstellung und der elektrochemischen Oxidation von Suspensionen begonnen. Wegen der geplanten Behandlung C-14-kontaminierter Vakuumpumpenöle wurden weiterhin eine Recherche zur stofflichen Matrix und Vorarbeiten zur Abtrennung der Kontaminanten durchgeführt.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Die Bearbeitung des AP1 wird sich planmäßig bis mindestens Mitte 2015 erstrecken, wobei auch Untersuchungen zur elektrochemischen Totaloxidation rein organischer Elektrolytsysteme vorgesehen sind. Mit der Bearbeitung des AP2 soll im Jahr 2015 ebenfalls begonnen werden, wobei zunächst die dafür benötigten Geräte und Materialien zu beschaffen sind.

AP2 gliedert sich dabei in drei Bearbeitungsschwerpunkte:

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

Die Beteiligung an der KONTEC 2015 mit einem Kurzvortrag und einem Posterbeitrag ist ebenfalls vorgesehen.

### 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> 01.10.2014 bis 31.12.2014	
<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 Gebäude-bereiche mit einer Kontaminationsschutzschicht versehen sind. Dekontaminationsanstrich und ggf. ein Teil der darunterliegenden Betonschicht müssen beim Rückbau abgetragen werden. Dieses geschieht zu Zeit 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 Sekundärabfall erzeugen. Diese sind das Trockeneisstrahlen und das leistungsschwächere CO<sub>2</sub>-Schneestrahlen.

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. Dieses läuft dem Ziel der Abfallminimierung zuwider. Alternativ hierzu können Strahlverfahren verwendet werden, die keinen Sekundärabfall 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 Augenmerk 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**

- Die im Antrag genehmigten Anlagen wurden bestellt und befinden sich zum Teil noch im Zulauf. Bereits gelieferte Anlagenteile befinden sich im Aufbau
- Eine Literaturrecherche zu den im Kernkraftwerksbau verwendeten Betonen wurde durchgeführt, die Parameter für geeignete Mock-Ups wurden bestimmt. Mögliche Produzenten für die Mock-Ups wurden kontaktiert
- Die Auslegung und Konstruktion alternativer Pelletmatrizen wurde begonnen

## **4. Geplante Weiterarbeiten**

- Aufbau und Inbetriebnahme der beschafften Anlagen
- Fertigung der Matrizen für alternative Trockeneispelletformen
- Umbau der bestehenden Versuchskammer für die geplanten Versuche

## **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> 01.12.2014 bis 31.12.2014	
<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**

Erste Beschaffungen und Vergaben von Leistungen und Unteraufträgen erfolgten nach vorheriger intensiver Sichtung des Marktes. Nach bereits erfolgter Einstellung eines wissenschaftlichen Mitarbeiters zur Betreuung der Testfelder erfolgt aktuell die Sichtung geeigneter Kandidaten zur Besetzung der Doktorandenstellen im Projekt.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Die Arbeiten für die Installation und Inbetriebnahme der Messgeräte werden auf beiden Testflächen ab Mitte April 2015 durchgeführt. Bei der Vorbereitung für die Installation der Messtechnik des Testfeldes Gessenwiese wird ein Bodenaushub durchgeführt, das Substrat homogenisiert, mit kalkhaltigem Boden vermischt und wieder eingebracht. Es werden Messflächeneingrenzungen installiert, die oberirdisch ablaufendes Wasser an den Messflächen vorbei leiten.

Die Charakterisierung der physikochemischen Bedingungen (Boden-, Grund- und Sickerwasseranalytik) an den Standorten Gessenwiese und Kanigsberg (Konzentrationen an Radionukliden, (Schwer)Metallen, pH-Werte, Redoxpotential, Leitfähigkeit, Sulfatgehalt) erfolgt ab April.

#### Laboruntersuchungen

Ab März/April wird ein Großversuch mit 5 L – Pflanzgefäßen mit ausgewählten Genotypen (Pflanzen) und Additiven durchgeführt mit dem Ziel einer Stoffflussbilanz im System Boden-Wasser-Pflanze bei gleichzeitiger Quantifizierung der Biomasserträge. Die analytischen Ergebnisse aus den Pflanzen- und Bodenuntersuchungen liegen etwa Mitte des Jahres 2015 vor.

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

Keine.



### 1.3 Forschungsstellen

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

- 02 S 9072A Verbundprojekt: Automatisierte Zerlegung von Reaktordruckbehälter-einbauten mit Hilfe von Unterwasser-Robotertechnik (AZURo) 📖 50
- 02 S 9113B Verbundprojekt: Modellentwicklung eines ganzheitlichen Projektmanagements für kerntechnische Rückbauprojekte (MogaMaR) 📖 74

#### **Brenk Systemplanung GmbH, Heider-Hof-Weg 23, 52080 Aachen**

- 02 S 9012A Erhebung von Nuklidvektoren in komplexen radiochemischen Laboren mit Unterstützung durch ein Programm zur Gebäudefreigabe (RaChaG) 📖 32

#### **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 📖 58

#### **Dr.-Ing. Uwe Görisch GmbH, Am Heegwald 4, 76227 Karlsruhe**

- 02 S 8841 Überwachungssystem mit integrierter Messsensorik für radioaktiv belastete Eisen- und Nichteisenschrotte (MEREN) 📖 16

#### **EnBW Energie Baden-Württemberg AG, Durlacher Allee 93, 76131 Karlsruhe**

- 02 S 8780 Verbundprojekt AKOF: Optimierung der verfahrenstechnischen Kette „Abtrag kontaminierter Flächen“ unter dem Aspekt Maximierung der Abtragsleistung 📖 10

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

- 02 S 8790 Entsorgung von bestrahltem Graphit 📖 12
- 02 S 9022B Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging) 📖 38
- 02 S 9052A Bestimmung und Validierung von nuklearen Daten von Actiniden zur zerstörungsfreien Spaltanalyse in Abfallproben durch prompt Gamma Neutronenaktivierungsanalyse (PGAA-Actinide) 📖 44

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

- 02 S 9072B Verbundprojekt: Automatisierte Zerlegung von Reaktordruckbehälter-einbauten mit Hilfe von Unterwasser-Robotertechnik (AZURo) 📖 52
- 02 S 9154 Verfahrensoptimierung mit Maßstabsvergrößerung zur Volumenreduktion / Beseitigung C-14-belasteter flüssiger Abfälle mittels elektrochemischer Totalmineralisation der organischen Inhaltsstoffe 📖 82

#### **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 📖 56

<b>Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fürstengraben 1, 07743 Jena</b>
---

- |                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>02 S 9194</b> | Umsetzung von Schwermetall-Landfarming zur nachhaltigen Landschaftsgestaltung und Gewinnung erneuerbarer Energien auf radio-nuklidbelasteten Flächen (USER) | 86 |
|------------------|---|----|

<b>HERRENKNECHT AKTIENGESELLSCHAFT, Schlehenweg 2, 77963 Schwanau</b>
---

- |                   |   |    |
|-------------------|---|----|
| <b>02 S 9093B</b> | Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstruktu-<br>ren (DefAhS) | 66 |
|-------------------|---|----|

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

- |                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>02 S 8770</b>  | Verbundprojekt AKOF: Optimierung der verfahrenstechnischen Kette<br>„Abtrag kontaminierter Flächen“ unter dem Aspekt Maximierung der<br>Abtragsleistung  | 8  |
| <b>02 S 8821</b>  | Überwachungssystem mit integrierter Messsensorik für radioaktiv<br>belastete Eisen- und Nichteisenschrotte (MEREN)   | 14 |
| <b>02 S 8871</b>  | Neuartige Entsorgungswege für Abrasivmittel aus der Wasserstrahl-<br>Schneidtechnik  | 18 |
| <b>02 S 8881</b>  | Manipulatorgesteuertes Freimessen von Oberflächen  | 20 |
| <b>02 S 8921</b>  | Aufbau eines Simulationsmodells zur Qualifizierung eines neuen Vib-<br>rationsverfahrens für Dekontamination von Rohrleitungen   | 28 |
| <b>02 S 9062</b>  | Technische, wirtschaftliche, soziale und politische Fragen durch den<br>Rückbau eines Kernkraftwerks auf regionaler und lokaler Ebene –<br>Analyse aktueller Beispiele in Baden-Württemberg zur Erstellung<br>eines Zukunftsmodells (FoRK) | 48 |
| <b>02 S 9093A</b> | Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstruktu-<br>ren (DefAhS)  | 64 |
| <b>02 S 9113A</b> | Verbundprojekt: Modellentwicklung eines ganzheitlichen Projektma-<br>nagements für kerntechnische Rückbauprojekte (MogaMaR)  | 72 |

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

- |                   |   |    |
|-------------------|---|----|
| <b>02 S 9093D</b> | Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstruktu-<br>ren (DefAhS) | 70 |
|-------------------|---|----|

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

- |                   |   |    |
|-------------------|---|----|
| <b>02 S 9093C</b> | Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstruktu-<br>ren (DefAhS)                                       | 68 |
| <b>02 S 9134</b>  | Angepasstes Seilschleifen komplexer, metallischer Strukturen (Seko-<br>met)   | 78 |
| <b>02 S 9184</b>  | Betondekontamination mittels Trockeneisstrahlens zum Rückbau von<br>Gebäudestrukturen im kerntechnischen Bereich (BeDeKo) | 84 |

**Niedersächsische Technische Hochschule (NTH), Adolph-Roemer-Str. 2A,  
38678 Clausthal-Zellerfeld**

- 02 S 9082A Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen  54

**Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Templergraben 55,  
52062 Aachen**

- 02 S 9022A Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging)  36
- 02 S 9042 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  42
- 02 S 9144 Voruntersuchung Wiederverwertbarkeit seltener Metalle beim Rückbau kerntechnischer Anlagen  80

**SAT Kerntechnik GmbH, Vangionenstr. 15, 67547 Worms**

- 02 S 8911 Aufbau eines Simulationsmodells zur Qualifizierung eines neuen Vibrationsverfahrens für Dekontamination von Rohrleitungen  26

**Siemens Aktiengesellschaft, Wittelsbacher Platz 2, 80333 München**

- 02 S 9022C Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging)  40

**Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Siempelkampstr. 45, 47803 Krefeld**

- 02 S 8720 Verbundprojekt: Qualifizierung thermisch gespritzter Korrosionsschutzschichten für dickwandige Behälterkomponenten (QUAKOS)  6

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

- 02 S 9082D Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen  60
- 02 S 9082E Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen  62

**Technische Universität Bergakademie Freiberg, Akademiestr. 8, 09599 Freiberg**

- 02 S 8901 Untersuchungen zum emissionsarmen Abtrag von Lackschichten mittels Laserstrahlung (LaColor)  24

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

- 02 S 8891 Untersuchungen zum emissionsarmen Abtrag von Lackschichten mittels Laserstrahlung (LaColor)  22

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

- 02 S 9001** Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung des Nuklidinventars in bituminierten Abfallgebinden  30
- 02 S 9012B** Erhebung von Nuklidvektoren in komplexen radiochemischen Laboren mit Unterstützung durch ein Programm zur Gebäudefreigabe (RaChaG)  34
- 02 S 9052B** Bestimmung und Validierung von nuklearen Daten von Actiniden zur zerstörungsfreien Spaltanalyse in Abfallproben durch prompt Gamma Neutronenaktivierungsanalyse (PGAA-Actinide)  46

**Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e. V., Bautzener Landstr. 400, 01328 Dresden**

- 02 S 9113C** Verbundprojekt: Modellentwicklung eines ganzheitlichen Projektmanagements für kerntechnische Rückbauprojekte (MogaMaR)  76