

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

**PTE-S Nr. 28**

BMBF geförderte FuE zu  
„Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“

Berichtszeitraum: 1. Januar - 30. Juni 2014

Projektträger Karlsruhe  
Wassertechnologie und Entsorgung  
(PTKA-WTE)

**Oktober 2014**



## **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“.

Dieser Auftrag umfasst die Förderkonzepte „Forschungsförderung zur Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen“ und „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“. Im Rahmen dieses Auftrages betreut der Projektträger PTKA-WTE u. a. für 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>95</b>








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

## 1.1 Fördervorhaben

<b>02 S 8608</b>	ASTU Automatische Seilsägetechnologie für Unterwasserdemontage	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 6
<b>02 S 8709</b>	Verbundprojekt: Ablation kontaminierter Oberflächen zementgebundener Bauteile beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (MACOS)	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 8
<b>02 S 8719</b>	Verbundprojekt: Ablation kontaminierter Oberflächen zementgebundener Bauteile beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (MACOS)	<b>Sondervermögen Großforschung beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 10
<b>02 S 8720</b>	Verbundprojekt: Qualifizierung thermisch gespritzter Korrosionsschutzschichten für dickwandige Behälterkomponenten (QUAKOS)	<b>Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Krefeld</b>	📖 12
<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>	📖 14
<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>	📖 16
<b>02 S 8790</b>	Entsorgung von bestrahltem Graphit	<b>Forschungszentrum Jülich GmbH</b>	📖 18
<b>02 S 8821</b>	Überwachungssystem mit integrierter Messsensorik für radioaktiv belastete Eisen- und Nichteisenschrotte (MEREN)	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 20
<b>02 S 8831</b>	Überwachungssystem mit integrierter Messsensorik für radioaktiv belastete Eisen- und Nichteisenschrotte (MEREN)	<b>Schrott-Wetzel GmbH, Mannheim</b>	📖 22
<b>02 S 8841</b>	Überwachungssystem mit integrierter Messsensorik für radioaktiv belastete Eisen- und Nichteisenschrotte (MEREN)	<b>Dr.-Ing. Uwe Görisch GmbH, Karlsruhe</b>	📖 24
<b>02 S 8851</b>	Internationale Rückbautechniken und Managementmethoden für kerntechnische Anlagen – Eine wissenschaftliche Analyse des internationalen Standes der Technik (IRMKA)	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 26
<b>02 S 8861</b>	Neuartige Entsorgungswege für Abrasivmittel aus der Wasserstrahl-Schneidtechnik	<b>AREVA GmbH, Erlangen</b>	📖 28
<b>02 S 8871</b>	Neuartige Entsorgungswege für Abrasivmittel aus der Wasserstrahl-Schneidtechnik	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 30

<b>02 S 8881</b>	Manipulatorgesteuertes Freimessen von Oberflächen	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 32
<b>02 S 8891</b>	Untersuchungen zum emissionsarmen Abtrag von Lackschichten mittels Laserstrahlung (LaColor)	<b>TU Dresden</b>	📖 34
<b>02 S 8901</b>	Untersuchungen zum emissionsarmen Abtrag von Lackschichten mittels Laserstrahlung (LaColor)	<b>TU Bergakademie Freiberg</b>	📖 36
<b>02 S 8911</b>	Aufbau eines Simulationsmodells zur Qualifizierung eines neuen Vibrationsverfahrens für Dekontamination von Rohrleitungen	<b>SAT Kerntechnik GmbH, Worms</b>	📖 38
<b>02 S 8921</b>	Aufbau eines Simulationsmodells zur Qualifizierung eines neuen Vibrationsverfahrens für Dekontamination von Rohrleitungen	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 40
<b>02 S 9001</b>	Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung des Nuklidinventars in bituminierten Abfallgebinden	<b>TU München</b>	📖 42
<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>	📖 44
<b>02 S 9012B</b>	Erhebung von Nuklidvektoren in komplexen radiochemischen Laboren mit Unterstützung durch ein Programm zur Gebäudefreigabe (RaChaG)	<b>TU München</b>	📖 46
<b>02 S 9022A</b>	Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging)	<b>Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen</b>	📖 48
<b>02 S 9022B</b>	Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging)	<b>Forschungszentrum Jülich GmbH</b>	📖 50
<b>02 S 9022C</b>	Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging)	<b>Siemens Aktiengesellschaft, München</b>	📖 52
<b>02 S 9032A</b>	Verbundprojekt: Zerlegung von Reaktorkomponenten aus Zirkalloy beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (ZIRKUSS)	<b>NUKEM Technologies GmbH</b>	📖 54
<b>02 S 9032B</b>	Verbundprojekt: Zerlegung von Reaktorkomponenten aus Zirkalloy beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (ZIRKUSS)	<b>Leibniz Universität Hannover</b>	📖 56
<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>	📖 58
<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>	📖 60

<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>	📖 62
<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>	📖 64
<b>02 S 9072A</b>	Verbundprojekt: Automatisierte Zerlegung von Reaktordruckbehältereinbauten mit Hilfe von Unterwasser-Robotertechnik (AZURo)	<b>AREVA GmbH, Erlangen</b>	📖 66
<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>	📖 68
<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>	📖 70
<b>02 S 9082B</b>	Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen	<b>Freie Universität Berlin</b>	📖 72
<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>	📖 74
<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>	📖 76
<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>	📖 78
<b>02 S 9093A</b>	Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS)	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 80
<b>02 S 9093B</b>	Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS)	<b>Herrenknecht AG, Schwanau</b>	📖 82
<b>02 S 9093C</b>	Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS)	<b>Leibniz Universität Hannover</b>	📖 84
<b>02 S 9093D</b>	Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS)	<b>Kraftanlagen Heidelberg GmbH</b>	📖 86

- |                   |  |  |  |
|-------------------|--|--|--|
| <b>02 S 9113A</b> | Verbundprojekt: Modellentwicklung eines ganzheitlichen Projektmanagements für kerntechnische Rückbauprojekte (MogaMaR) | <b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b> |  88 |
| <b>02 S 9113B</b> | Verbundprojekt: Modellentwicklung eines ganzheitlichen Projektmanagements für kerntechnische Rückbauprojekte (MogaMaR) | <b>AREVA GmbH, Erlangen</b>                      |  90 |
| <b>02 S 9113C</b> | Verbundprojekt: Modellentwicklung eines ganzheitlichen Projektmanagements für kerntechnische Rückbauprojekte (MogaMaR) | <b>VKTA Rossendorf e. V.</b>                     |  92 |

## **1.2 Formalisierte Zwischenberichte**

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 8608</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> ASTU Automatische Seilsägetechnologie für Unterwasserdemontage		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.03.2009 bis 28.02.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2014 bis 28.02.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 408.126,70 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Gentes	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Aufbauend auf den Voruntersuchungen der Unterwasserdemontage mittels Seilsäge soll ein Versuchsstand entworfen werden, mit dem die bisher nicht erforschte Seilsägetechnologie für verschiedene Materialien wissenschaftlich untersucht werden soll. Kenngrößen wie auftretende Kräfte, Pneumatikdruck, Seilspannung und Leistung, abhängig von der hydraulischen oder elektrischen Antriebsart des Motors etc., werden exakt aufgenommen und daraus ein Seilsägemodell entwickelt.

Dieses Modell soll für unterschiedliche Materialien und Geometrien Vorhersagen zu den optimalen Schnittparametern liefern. Dadurch wird eine Verringerung der Schnittzeit ermöglicht, wodurch Seilsägearbeiten besser kalkulierbar und dadurch wirtschaftlicher werden.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Entwurf und Bau eines Grundversuchsstandes mit integrierter Messsensorik

AP2: Grundlagenversuche

AP3: Spezielle Leistungsuntersuchungen

AP4: Modellbildung

AP5: Strömungsuntersuchungen

AP6: Korrosionsverhalten und Wasserchemie

AP7: Emissions- und Immissionsverhalten

AP8: Optimierung und Weiterentwicklungen

AP9: Schlussbericht

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

Arbeitspaket 9: Schlussbericht

In den letzten zwei Monaten des Forschungsprojektes wurden die wissenschaftlichen Forschungsergebnisse dokumentiert sowie die Zwischenberichte und Tagungsbeiträge in einem Abschlussbericht zusammengefasst.

Des Weiteren wurde der Versuchsstand demontiert und die ausgeliehene Seilsäge an Hilti zurückgegeben. Ebenfalls wurde bei Hilti eine Abschlusspräsentation gehalten, die die gemachten Erkenntnisse deutlich gemacht hat und die auf eine sehr positive Resonanz gestoßen ist.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Keine.

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

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 8709</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Ablation kontaminierter Oberflächen zementgebundener Bauteile beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (MACOS)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.03.2010 bis 30.06.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 677.624,80 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Müller	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Forschungsvorhaben hat zum Ziel, die anfallenden Mengen an kontaminiertem Bauschutt beim Rückbau bzw. Abbruch kerntechnischer Anlagen zu minimieren. Hierbei stellt der gezielte Abtrag kontaminierter Betonrandzonen mittels der im vorliegenden Projekt untersuchten Mikrowellenmethode eine Möglichkeit dar.

Bei dieser Methode wird der Beton einem fokussierten Mikrowellenstrahl ausgesetzt, der eine Abplatzung dünner Oberflächenschichten zur Folge hat. Zielsetzung des vorliegenden Teilprojekts ist es, die materialtechnologischen Kenngrößen, die das Ablationsverhalten beeinflussen zu identifizieren und deren Einfluss auf das Ablationsergebnis zu quantifizieren.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Forschungsprojekt ist in vier Arbeitspakete gegliedert. In diesen Arbeitspaketen soll das Ablationsverhalten verschiedener kraftwerkstypischer Betone infolge einer Mikrowellenbestrahlung systematisch, in Abhängigkeit von der jeweils vorhandenen Baustofffeuchte bzw. den jeweils vorliegenden thermisch-hygrischen Umgebungsbedingungen, analysiert und bewertet werden. Parallel hierzu wird das Ablationsverhalten einzelner Betonbestandteile – d. h. des Zementsteins und der verwendeten Gesteinskörnung – gesondert untersucht. Hierdurch kann ein allgemeines Verständnis der die Ablation beeinflussenden Kenngrößen gewonnen werden.

Die Aktivitäten im *Arbeitspaket 1* sind hauptsächlich gekennzeichnet durch die Beschaffung von unbelasteten Proben aus Altbeton sowie der Herstellung von Laborbetonkörpern.

Das *Arbeitspaket 2* beinhaltet die umfassende Charakterisierung der Bauwerks- und Laborproben, welche von besonderer Bedeutung für die spätere Reproduzierbarkeit der Ergebnisse bei der Ablösung oberflächennaher Betonschichten sind.

In *Arbeitspaket 3* erfolgt die Prüfung der in den ersten beiden Arbeitspaketen gewonnenen bzw. hergestellten und konditionierten Probekörper in einer Mikrowellenbestrahlung – unter Variation der maßgebenden Parameter – zum Zwecke der Erzielung von Abplatzungen.

Das *Arbeitspaket 4* umfasst die Analyse und Bewertung von Verfahren zur Anhebung des Feuchtegehalts, die rechnerische Analyse des entwickelten Modells zur Beschreibung von Feuchteverteilungen in Betonrandzonen, die Erarbeitung von Empfehlungen zum Arbeitsschutz unter Anwendung des Verfahrens sowie die Erstellung des Schlussberichts.

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im vorliegenden Berichtszeitraum wurden Betonplatten (40 x 30 x 10 cm<sup>3</sup>) nach fünfmonatiger Ofentrocknung (50 °C, 10 % r. F.) und anschließender sechs Monate andauernder Feuchtebeaufschlagung in einer Nebelkammer (20 °C, 99 % r. F.) am Campus Nord mit der Mikrowellenanlage bestrahlt. Hierbei zeigten die Betonplatten - wie auch jene nach einmonatiger Feuchtebeaufschlagung, keine Ablation. Lediglich Risse und eine deutliche Erwärmung, die mit einer Wärmebildkamera aufgezeichnet wurde, waren an den Platten erkennbar.

Die Erfassung der infolge des Dampfdruckes bzw. der Temperatur induzierten Probekörperausdehnung an kleinformatigen Betonzylindern verschiedener Durchmesser und Betongüten konnte mit dem ARAMIS-Kamerasystem erfolgreich durchgeführt werden. Die Auswertung der Daten erwies sich insbesondere aufgrund der kleinen Dehnungen (1 - 150 µm) schwierig, jedoch konnte ein erfolgreiches Verfahren zur Datenauswertung



etabliert werden. Als weitere Einschränkung erwies sich die Tatsache, dass Verformungen nur bis zum Eintreten eines Risses verlässlich aufgezeichnet werden können. Während der Bestrahlungsversuche wurde mithilfe einer Wärmebildkamera, die ebenfalls wie das ARAMIS-System von den Mikrowellenstrahlen abgeschirmt werden musste, das Temperaturprofil auf den Manteloberfläche der Zylinder erfasst. Die Aufzeichnung der Proben temperatur auf den Stirnseiten der Zylinder sowie der Masseverluste durch Ablationen und durch Verdampfung des Porenwassers erfolgten unmittelbar im Anschluss an die Bestrahlung mithilfe einer stationären Wärmebildkamera bzw. einer Waage.

Zur numerischen Abbildung des Verformungsverhaltens von Betonzyklindern infolge der Mikrowellenbestrahlung wurden im Programmpaket COMSOL erste Vergleichsrechnungen im linear-elastischen Bereich durchgeführt, da diese das Verhalten der Probe bis zum Eintritt von Rissen annähernd abbilden. Hierbei zeigte sich, dass die Erfassung weiterer Materialparameter (u. a. Querdehnzahl und Wärmeausdehnungskoeffizient) notwendig ist, um die bisher erreichte gute Übereinstimmung mit den gemessenen Verformungen aus den Versuchen weiter zu verifizieren.

Um einen Einfluss der Feuchteverteilung auf die Verformung in den Betonzyklindern auszuschließen, wurden Proben verschiedener Feuchtegehalte am Institut für Bauforschung der RWTH Aachen mit der NMR-Methode bis in eine Tiefe von 30 mm untersucht. Die mithilfe des Programmpakets Delphin berechneten Feuchteprofile nach 24-monatiger Konditionierung konnten anhand der Messungen erfolgreich verifiziert werden. Bei niedrigen Materialfeuchten waren NMR-Messungen nur bis zu einer Tiefe von ca. 10-15 mm möglich.

Im Rahmen einer Projektbesprechung mit den Projektpartnern und dem Projektträger, wurden am 28.01.14 die bisherigen Ergebnisse vorgestellt und mögliche Perspektiven einer Anschlussfinanzierung für ein Folgeprojekt erörtert. Hierzu entstand eine Projektskizze, die dem Projektträger zeitnah zukommen wird.

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

Die laufenden Arbeiten im Teilprojekt des IMB liegen derzeit geringfügig hinter dem Zeitplan. Dies ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass das gesamte Feuchteconditionierungskonzept aufgrund veränderter Bestrahlungsbedingungen (kleinere Probengeometrien und stark erhöhte Probenanzahl gegenüber dem ursprünglichen Antrag) zu Projektbeginn angepasst werden musste und sich die folgenden Arbeitspakete entsprechend verschoben hatten.

Im Rahmen weiterer ergänzender Bestrahlungsszenarien an zylindrischen Betonprobekörpern sollen die Oberflächen- und Kerntemperatur sowie die Verformung während der Bestrahlung aufgezeichnet und die Charakterisierung dieser durch punktuelle zusätzliche Materialuntersuchungen ergänzt werden. Die hieraus gewonnenen Ergebnisse finden in einem Ingenieurmodell, das die Abladbarkeit von Beton durch Mikrowellenbestrahlung bewertet, Eingang.

Danach wird mit der Erarbeitung des Abschlussberichts begonnen.

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

Haist, M.: Ablation kontaminierter Oberflächen zementgebundener Bauteile beim Rückbau kerntechnischer Anlagen. Vortrag bei Fa. E.ON, Kernkraftwerk Stade, Juni 2010

Umminger, M., Haist, M., Hermann, N., Müller, H.S., Melcher, A., Link, G., Thumm, M.: Ablation kontaminierter Oberflächen zementgebundener Bauteile beim Rückbau kerntechnischer Anlagen, Poster KONTEC 2011 - 10. Internationales Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle“, Dresden, April 2011

Umminger, M.; Haist, M.; Bohner, E.; Herrmann, N.; Müller, H. S.: Ablation kontaminierter Oberflächen zementgebundener Bauteile beim Rückbau kerntechnischer Anlagen. Projekttreffen MACOS, KIT Campus Nord, 17. November 2011

Lepers, B.; Melcher, A.; Kayser, T.; Soldatov, S.; Umminger, M.; Dittrich, J.; Link, G.; Jelonnek, J.: Thermoelastic model for microwave ablation of concrete. 15th Seminar on Computer Modeling in Microwave Engineering and Applications; (CIMS 2013), Padova, I, März 2013

Melcher, A.; Lepers, B.; Umminger, M.; Kayser, T.; Link, G.; Haist, M., Jelonnek, J.; Müller, H.S.: Modeling and Simulation of Microwave Heating for Spalling of Radioactive Contaminated Concrete. PAMM Proc. Appl. Math. Mech. 12; S. 351 – 352, Darmstadt, Dezember 2012

Umminger, M.; Haist, M.; Müller, H. S.: Ablation kontaminierter Oberflächen zementgebundener Bauteile beim Rückbau kerntechnischer Anlagen. Projekttreffen MACOS, KIT Campus Nord, 28. Januar 2014

<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 8719</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Ablation kontaminierter Oberflächen zementgebundener Bauteile beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (MACOS)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.03.2010 bis 30.06.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 945.788,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. Link	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

In den kommenden Jahren ist der Rückbau bzw. der Abbruch zahlreicher Gebäude kerntechnischer Anlagen geplant. Im Sinne der Minimierung der nach dem Atomgesetz endzulagernden Mengen an Abbruchmaterial kommt der eingesetzten Abbruchtechnik eine hohe Bedeutung zu. Eine Möglichkeit, die anfallenden Mengen an kontaminiertem Bauschutt zu minimieren, stellt der gezielte Abtrag kontaminierter Betonrandzonen mittels der im vorliegenden Projekt untersuchten Mikrowellenmethode dar. Bei dieser Methode wird der Beton einem fokussierten Mikrowellenstrahl ausgesetzt, der eine Abplatzung dünner Oberflächenschichten zur Folge hat. Das Ablationsverhalten des Betons wird dabei maßgeblich durch dessen physikalische Eigenschaften, insbesondere durch den Feuchtegehalt bestimmt. Zielsetzung des vorliegenden Teilprojekts ist es, die materialtechnologischen Kenngrößen, die das Ablationsverhalten beeinflussen zu identifizieren und deren Einfluss auf das Ablationsergebnis zu quantifizieren. In diesem Zusammenhang sollen zunächst verschiedene Möglichkeiten bzw. technische Maßnahmen zur kurz- oder mittelfristigen Anhebung des tatsächlich in den abzutragenden Betonoberflächen vorliegenden Feuchtegehalts geprüft und bewertet werden. Anschließend sollen durch eine geeignete Vorbehandlung die erforderlichen thermisch-hygrischen Randbedingungen für den wirtschaftlichen Einsatz der Mikrowellentechnologie geschaffen werden.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Projekt ist in 4 Arbeitspakete (AP) gegliedert.

AP1 dient der Design- und Konzeptionsphase des zu entwickelnden Mikrowellensystems unter Berücksichtigung geltenden EMV-Richtlinien.

Im AP2 werden Simulationsmodelle zur Wellenausbreitung als auch zur Wechselwirkung mit dem Beton entwickelt.

Dies wird durch dielektrische Messungen von verschiedenen Betonen und Baustoffen in AP3 in Abhängigkeit diverser Materialkenngrößen unterstützt.

In AP4 werden Prototypen zur Mikrowellenablation aufgebaut und getestet und in AP5 für realistische Demonstratorbauteile optimiert.

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Ein Modell zur Berechnung des Porendrucks und thermomechanischen Spannungen in feuchten, porösen Materialien wie Beton unter Einfluss elektromagnetischer Erwärmung wurde entwickelt.

Das entwickelte Modell löst die Wellengleichung, um die Leistungsdichteverteilung im inneren des Betons bei Mikrowellenbestrahlung mithilfe einer optimierten, konischen Antenne zu berechnen. Die aus der Mikrowellenbestrahlung resultierende Temperaturverteilung sowie der lokale Flüssigkeits- bzw. Dampfgehalt wird durch die Lösung der Wärme- und Diffusionsgleichungen berechnet. Die Verdampfung und Kondensation des Wassers im porösen Beton wird dabei durch einen sogenannten Raum Reaktion Engineering Ansatz modelliert. Dabei wird die Verdampfung mit Hilfe einer Arrhenius-Gleichung beschrieben.

Für eine Eingangsleistung von 10 kW wird nach 10 s Mikrowellenerwärmung eine maximale Temperatur von etwa 300 °C in der Nähe der Oberfläche erreicht, was ganz gut den experimentell gemessenen Temperaturen entspricht. Gleichzeitig berechnet sich ein Porendruck von etwa 9,5 MPa für die isochore Transformation (bei geschlossenem Volumen und damit ohne Diffusion) und etwa 0,2 MPa mit großen Dampfdiffusionskoeffizienten ( $D_v = 0.01 \text{ m}^2 / \text{s}$ ). Die maximale von Mises-Spannung liegt im Bereich 28 bis 37 MPa in einer Tiefe von etwa 7 - 8 mm. Aus diesen ersten Ergebnisse wird klar, dass die thermische Belastung der dominierende Faktor bei der mikrowellenunterstützten Ablation von Beton ist. Evtl. könnte der Porendruck jedoch eine Rolle beim Auslösen der Ablation spielen, wie in der Literatur vorgeschlagen wird.

Mit Hilfe der Resonator-Störkörpermethode wurden temperaturabhängige Messungen der Permittivität von Beton während der Mikrowellenerwärmung durchgeführt. Dazu diente ein spezieller Mikrowellenresonator, dessen Mikrowellenmesssignal gleichzeitig zur Materialerwärmung genutzt werden kann. Die Permittivität der im Projekt verwendeten Betonqualitäten wurde beim Aufheizen und Abkühlen gemessen. Wie in früheren Messungen wurde bestätigt, dass Betonqualitäten mit niedrigeren w/z-Werten die höchsten dielektrischen Verlustfaktoren zeigen.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Das Projekt ist Ende Juni 2014 ausgelaufen. Ein Antrag auf ein Folgeprojekt ist beabsichtigt, um auf Basis der vielversprechenden Ergebnisse aus diesem Projekt die Technologie in Richtung Anwendungsreife weiterzuentwickeln.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

B. Lepers, A. Putranto, M. Umminger, G. Link, J. Jelonnek: A drying and thermoelastic model for fast microwave heating of concrete, submitted to *Frontiers in Heat and Mass Transfer*.

S. Soldatov, M. Umminger, A. Heinzl, T. Kayser, G. Link, T. Seitz, S. Layer, J. Jelonnek: High Temperature Dielectric Measurements of Concrete with the Cavity Perturbation Method. 16<sup>th</sup> Seminar Computer Modeling in Microwave Power Engineering, Karlsruhe, May 12-13, 2014.

<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> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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. Die Parameter wurden entsprechend der neuen Erkenntnisse angepasst, trotzdem trat bei einzelnen Komponenten immer wieder Korrosion auf (auch mit gesiebten Pulver). Mit diesen Erkenntnissen wurden mehrere Gespräche mit nicht am Projekt beteiligten Fachfirmen und -leuten geführt, um weitere Optimierungsschritte zu erkennen.
- AP3: Geometrie der Großkomponente ist abgesprochen und die Komponente ist hergestellt.
- AP4: Keine Aktivität.
- AP5: Keine Aktivität.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

- AP1: Aktivitäten abgeschlossen.
- AP2: Aktivitäten konnten nicht erfolgreich abgeschlossen werden.
- AP3: Die Fertigung der Großkomponente ist abgeschlossen. Da die Kleinkomponente letztendlich nicht erfolgreich beschichtet werden konnte, wurde auf eine Beschichtung der Großkomponente vorerst verzichtet.
- AP4: Untersuchungen von Reparaturbeschichtungen können erst durchgeführt werden, wenn die Beschichtung der Kleinkomponente erfolgreich war.
- AP5: Keine.

### **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> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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 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

AP3: Steuerung und Anpassung des Manipulators an die neue Entwicklung

In Kooperation mit der EnBW wurde der Aufbau des Manipulators im Kernkraftwerk Obrigheim (KWO) beendet. Hierzu wurden letzte Montagearbeiten und konstruktive Anpassungen, wie die Installation von Hydraulikanschlüssen, durchgeführt. Die Hydraulikanschlüsse weisen eine Schnellkupplung auf, welche eine flexible und separate Handhabung des Manipulators und des Hydraulikaggregates ermöglicht.

Des Weiteren wurde die elektronische Steuerung an die neue Sicherheitstechnik des Manipulators angepasst. Dazu gehören die Anschlüsse eines Notausschalters für das Raupen-

Fahrwerk sowie die Einrichtung der optimierten Sicherheitsabschaltung. Die Sicherheitsabschaltung wurde auf eine pneumatische Steuerung umgerüstet, welche schneller und direkter bei einem Kontakt anspricht. Zusätzlich wurden Unterdruckdosen an vier Saugplatten als eine Sicherheitsmaßnahme installiert. Die elektronische Überwachung der Unterdruckdosen wurde im Steuerpult des Manipulators nachgerüstet.

Das Arbeitspaket 3 konnte erfolgreich abgeschlossen werden.

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

Im Berichtszeitraum wurden großmaßstäblichen Versuche im KWO durchgeführt. Hierfür wurden im dynamischen Betriebsfall die rotierenden Werkzeugeinheiten zur Dekontaminierung der Betonwände auf deren Funktionserfüllung hin überprüft.

Das Versuchsprogramm beinhaltete die Variation der Tiefenzustellung des Werkzeuges, die Drehzahlen der Werkzeugtrommeln sowie die Vorschubgeschwindigkeit. Als Qualitätsmaßstab zur Bewertung der Dekontamination wurden die erreichte Abtragtiefe, die Beschaffung der dekontaminierten Oberfläche und die Staubentwicklung verwendet. Erste Vorergebnisse belegen einen Abtrag von 8-10 mm Tiefe bei einer Vorschubgeschwindigkeit von 1 m/min. Dies entspricht annähernd einem flächenbezogenen Abtrag von 10 m<sup>2</sup>/h.

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

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

Zum Abschluss des Projektes soll noch die Auswertung und Dokumentation der Versuche erfolgen. Die Definition des optimalen Betriebspunktes bildet hierbei den Schwerpunkt der Auswertung.

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

Poster Vortrag/ Paper für KONTEC 2013, Vortrag Jahrestagung Kerntechnik 2013, Paper für KONTEC 2015 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> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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

AP3: Steuerung und Anpassung des Manipulators an die neue Entwicklung

Es wurden letzte Montagearbeiten, mit dem Schwerpunkt Sicherheitstechnik, durchgeführt. Dazu gehören die Installation von Notausschaltern direkt am Prototyp, sowie am Hydraulikaggregat und die Umrüstung des Notausschalters am Pianoplan. Dieser wurde dahingehend modifiziert, dass er aktiviert wird, sobald die Fräse aus ihrer Grundposition herausgefahren wird. So wird verhindert, dass beim Verfahren des Prototyps durch einen verschobenen Schwerpunkt Kippgefahr besteht. Des Weiteren wurden die zur Sicherheitsabschaltung bei



Deckenkontakt genutzten Kontaktleisten auf dem Prototyp zu einer pneumatische Steuerung umgerüstet, welche präziser reagiert und so mehr Sicherheit bietet.

Als letzte Sicherheitseinrichtung wurden Unterdrucksensoren an den obersten vier Saugplatten installiert, da diese für die Haftung an der Wand maßgeblich sind. Die Fräs- und Hubeinheit des Prototyps lässt sich dadurch nur noch einschalten, wenn alle vier Saugplatten fixiert sind. Nachdem die Fräsleistung der Schlaglamellen mit zunehmenden Versuchen, aufgrund einer Überbeanspruchung der Führungswellen, langsam nachließ, wurde die Führung insgesamt konstruktiv verstärkt. Weitere kleinere Maßnahmen waren die Montage eines Faltenbalgs zum Schutz der Hubspindel und eine verschiebbare Aufnahme für die Hydraulikschläuche.

Damit ist das Arbeitspaket 3 abgeschlossen.

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

Nach den schrittweisen Funktionstests konnten dann Versuche mit dem Gesamtsystem durchgeführt werden. Dazu wurden die Parameter voreingestellte Abtragstiefe, Vorschubgeschwindigkeit und Drehzahl variiert und die Ergebnisse hinsichtlich ihrer Qualität bewertet. Diese Qualität definiert sich vor allem über das Erreichen der eingestellten Tiefen, der Menge und Größe eventuell verbliebener Stege und der Oberflächengüte der bearbeiteten Fläche allgemein.

Vor dem endgültigen Abschluss der Versuche lässt sich festhalten, dass die geplante Abtragstiefe von 8 - 10 mm in einem Arbeitsgang erreicht werden kann. Hervorheben lässt sich die Absaugung, welche im Zuge des Arbeitspakets 4 „Optimierung der verfahrenstechnischen Kette“ speziell untersucht wurde. Es zeigte sich, dass bei den Versuchen eine äußerst geringe Staubentwicklung entsteht, welche die Emissionsbelastung für die Umgebung und das Bedienpersonal minimiert.

Nachdem das Erreichen der Projektziele festgestellt werden konnte, wurden weitere Versuche durchgeführt zur Bestimmung des optimalen Betriebspunktes.

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

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

Zum Abschluss des Projektes soll noch die Auswertung und Dokumentation der Versuche erfolgen. Die Definition des optimalen Betriebspunktes bildet hierbei den Schwerpunkt der Auswertung.

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

Keine.

<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> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im Arbeitspaket 1 (Charakterisierung) wurde die Erhebung von Graphitmengen in deutschen Reaktoren aktualisiert und dokumentiert. Der wesentliche Anteil an Strukturgraphit mit 774 t stammt aus den beiden Hochtemperaturreaktoren AVR und THTR. Der Rest resultiert aus thermischen Säulen, Moderatoren und Reflektoren von mehr als 25 Forschungs- und Unterrichtsreaktoren und wird noch genauer quantifiziert.

Erste Messungen der Wigner-Energie an Graphitblöcken aus der thermischen Säule des ehemaligen Rossendorfer Forschungsreaktors (RFR) bestätigen, dass die Temperatur der thermischen Säule in Nähe des Reaktorkerns auslegungsgemäß über 300 °C gelegen hat. Dies erklärt auch die starke Korrosion des Graphits nach dem Leckage-bedingten Eindringen von Luft in die metallische Einhausung der thermischen Säule.

Am RFR-Graphit wurden ebenfalls  $\beta/\gamma$ -Hotspots nachgewiesen, deren Ursprung noch näher zu untersuchen ist. Dazu wurden im Bereich der Strahlungsmaxima SEM und EDX-Aufnahmen aufgenommen und mit den autoradiographischen Befunden korreliert.

In Arbeitspaket 2 (Numerische Simulation) wurden aus den zuvor berechneten  $^{14}\text{C}$ -Verteilungen im THTR und DIDO die Gesamtaktivitäten an  $^{14}\text{C}$  im Graphit berechnet. Damit besteht die Möglichkeit, zusammen mit den gemessenen  $^{14}\text{C}$ -Aktivitäten in der umgebenden Gasatmosphäre eine Aussage zum  $^{14}\text{C}$ -Freisetzunganteil auf der Basis einer integralen Messung an stillgelegten graphitmoderierten Reaktoren zu treffen. Die auf diese Weise gewonnenen  $^{14}\text{C}$ -Freisetzungen liegen weit unter den für KONRAD geforderten Garantiewerten von <1 %.

In Arbeitspaket 3 ( $^{14}\text{C}$ -Freisetzungen aus Graphit) wurden die ergänzenden Auslaug- und Freisetzungsversuche mit dem homogenisierten Granulat aus dem RFR und AVR weitergeführt und die Nachweisgrenzen der analytischen Methoden genauer bestimmt. Für trocken gelagerten Graphit bestätigen sich die für AVR und DIDO sowie an zwei RFR-Graphitblöcken einem 200 l Lagerfass bestimmten niedrigen Freisetzungsraten auch experimentell. Dagegen zeigt bestrahlter Graphit unter Lagerung in feuchter Luft - anhand mehrerer neuer Messungen - um bis zu drei Größenordnungen höhere  $^{14}\text{C}$ -Freisetzungen, die bislang aber immer noch knapp unter der <1 % Grenze für KONRAD liegen. Um innerhalb kürzerer Messzeiten Aussagen über das längerfristige Freisetzung- bzw. Auslaugverhalten von  $^{14}\text{C}$  zu erhalten, wurden die Soxhlet-Extraktion und ein neu entwickeltes Auslaugverfahren angewandt. Letzteres erlaubt die Extraktion und Analyse der Porenflüssigkeiten im Graphit und eine kurzfristige Wiederbenetzung des Porensystems. Die neu installierte HPLC wird zur Charakterisierung von organischen und anorganischen Freisetzungen in die Flüssigphase eingesetzt.

Die potentielle Freisetzung von  $^{14}\text{C}$  über aerobe und/oder anaerobe bakterielle Reaktionen wird mittlerweile auch auf europäischer Ebene intensiv thematisiert und wird Gegenstand künftiger interdisziplinärer Kooperationen zur Endlagerung diverser radioaktiver Abfälle sein.

In Arbeitspaket 4 (Freisetzung aus Abfallgebinden) wurden die Diffusionsversuche mit RFR-Graphit und Geopolymerproben ebenso wie die Auslagerung von einzementierten bestrahlten Graphitproben fortgesetzt. Außerdem wurden Wasseraufnahmeversuche an unbestrahlten und bestrahlten Graphitproben durchgeführt. Es zeigte sich, dass die bestrahlten Proben eine wesentlich höhere und schnellere Wasseraufnahme aufweisen. Erste elektrochemischen Tests sind mit unbestrahltem AVR-Graphit angelaufen.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Die Freisetzungsversuche an trocken gelagerten Graphitproben werden nur noch an größeren Probengebinden fortgesetzt, um die gefundenen niedrigen Freisetzungsraten besser quantifizieren zu können. Dagegen wird die Zahl der Versuche mit Lagerung in feuchter Umgebung zur statistisch relevanten Absicherung der bisherigen Befunde erhöht. Der beobachtete Anstieg der Freisetzung in Anwesenheit von Feuchte kann erhebliche Bedeutung für die Zwischen- bzw. Endlagerung und die Konditionierung von bestrahltem Graphit erhalten. Die Auslaugversuche bei unterschiedlichen Temperaturen und pH-Werten werden mit verschiedenen Verfahren fortgeführt. Die angesetzten Langzeittests werden erst zum Ende des Projektes analysiert. Zusätzlich werden  $\gamma$ -Messungen vor und nach den Auslaugexperimenten durchgeführt, um auch die potentielle Freisetzung von  $\gamma$ -Strahlern zu erfassen. Im Gegensatz zu den meisten - auch auf internationaler Ebene - bisher durchgeführten Auslaugversuchen werden in diesem Projekt auch die Gasphase über dem Flüssigkeitsspiegel sowie die chemische Speziation der gasförmigen und flüssigen Freisetzungen untersucht. Dies erfordert eine weitere Verbesserung der Messmethodik und eine exakte Bestimmung der Nachweisgrenzen. Ggf. sind noch chemische Trennverfahren zur eindeutigen Identifizierung verschiedener  $\beta$ -Strahler einzusetzen.

Den bisher nur auf den Oberflächen bzw. oberflächennahen Bereichen der bestrahlten Graphitproben gefundenen Hotspots wird durch Anschleifen der Probenoberflächen nachgegangen, um ein Tiefenprofil zu erstellen, falls sich die Hotspots danach weiter nachweisen lassen.

Eine Assistenzprofessorin von MEPHI, Moskau, ist weiterhin als Stipendiatin direkt in das Projekt eingebunden.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Über die Ergebnisse dieses Projektes wurde im Rahmen der IAEA- CRP, des europäischen CAST-Projektes und beim IGD-TP / SNETP Exchange Forum berichtet.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 8821</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Überwachungssystem mit integrierter Messsensorik für radioaktiv belastete Eisen- und Nichteisenschrotte (MEREN)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.05.2011 bis 28.02.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 585.271,64 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Gentes	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel dieses Vorhabens ist die Entwicklung eines Überwachungssystems mit integrierter Messsensorik für radioaktiv belastete Eisen- und Nichteisenschrotte, welches eine flächendeckende und lückenlose Überwachung des Lagerns, des Umschlagens und des Behandeln unter Berücksichtigung der örtlichen (natürlichen) Aktivität und Vorbelastung erlaubt.

Hierzu wird seitens des Karlsruher Institut für Technologie (KIT) der allgemeine Ist-Zustand (maßgebliche Plätze, Maschinenausstattung, Messtechnik, Massenströme) und die Belastungen der Messsensorik durch die Maschinen und die Übertragung auf den neuen Sensor erfasst. Darüber hinaus werden ein Überwachungskonzept und ein Alarmsystem erarbeitet.

Das Vorhaben wird in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro Dr.-Ing. Uwe Görisch GmbH und der Schrott-Wetzel GmbH realisiert.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Erfassung der maßgeblichen Schrott- und Metallplätze, Massenströme, Import und Export
- AP2: Erfassung der Geräte- und Maschinenausstattung, der maßgeblichen Belastungen für einen Sensor, der (ggf.) bisherigen Überwachungsmechanismen, des Umgangs mit den Überwachungsmechanismen (Probleme, Akzeptanz, ...)
- AP3: Messsensorik, Messsystem und Messpunkte definieren, anpassen und vor Ort testen. Messgrenzen mit Behörden festlegen
- AP4: Konzept der Messaufzeichnung und Protokollierung festlegen. Standardablaufschritte definieren
- AP5: Entwicklung eines Prototyps für die Messsensorik samt zugehörigem Protokoll- und Alarmsystem. Anbringen des Prototyps an die in AP3 definierten Messpunkte
- AP6: Standardablauf für Alarmfall definieren. Aufbau eines offenen Überwachungsnetzes
- AP7: Integration des Gesamtsystems in einen Beispielanlagenbetrieb. Versuchsphase / Praxiserprobung
- AP8: Optimierung und Anpassung des Gesamtsystems am Praxisbedarf vor Ort. Einarbeitung der Ergebnisse aus der Versuchsphase

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP4 und 5:

Für das integrierte Überwachungssystem wurde ein Konzept erarbeitet. Das System besteht aus den Elementen Zentralrechner, Überwachungsprogramm, mehreren Detektoren und der Datenübertragungstechnik.

Aktuell wird die Software programmiert und soll im nächsten Berichtszeitraum einsatzfähig sein. Diese steuert und kontrolliert alle Elemente des Überwachungssystems und unterstützt das Anlagenpersonal bei der Aufdeckung von radioaktiven Funden. Sämtliche Aufzeichnungen der Detektionsmessungen werden dokumentiert und können nachträglich von den zuständigen Behörden oder dem fachkundigen Personal eingesehen werden.

Die Versuche aus dem vorherigen Berichtszeitraum wurden fortgeführt und dienen als Grundlage für die Einstellung der Alarmauslösung des Überwachungssystems.

Die Versuchsreihe umfasste über 700 nuklidspezifische Messungen mit dem Plastiksintillator und dem NaJ-Kristalldetektor. Hierbei wurde die Detektion der 5 Präparate (2 x Co-60, 2 x Cs-137 und 1 x Am-241) bei unterschiedlichen Parametereinstellungen untersucht. Variiert wurden die Messzeit, der Abstand, die Detektorpositionierung sowie die Abschirmung der Präparate. Bei der Abschirmung wurden die ein- und zweifache Halbwertsschichtdicke der jeweiligen Radionuklide für Aluminium, Eisen und Blei eingesetzt. Zusätzlich wurden auch Versuche ohne Abschirmung durchgeführt.

AP6:

Auf Grundlage der rechtlichen Rahmenbedingungen und in der Praxis bewehrten Lösungen wurde ein Standardablauf für den Alarmfall definiert. Hier soll dem Anlagenpersonal, welches im Strahlenschutz nicht fachkundig ist, bei der Detektion eines radioaktiven Fundes, das weitere Vorgehen vorgegeben werden. Hauptziele sind der Schutz des Anlagenpersonals und der Umwelt vor radioaktiver Strahlung, die Vermeidung des Vermischens der Radioaktivität mit sonstigem Material, das Verhindern, dass Radioaktivität in die Kreislaufwirtschaft zugeführt wird sowie Schaden für den Schrottplatzbetreiber abzuwenden.

AP7:

Um in der zweiten Jahreshälfte eine realistische und reibungslose Testphase auf dem Versuchsgelände in Hochstetten realisieren zu können, wurde eine weitere Umgangsgenehmigung beantragt, so dass im nächsten Berichtszeitraum rechtzeitig ein Genehmigungsbescheid vorliegt.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

AP5 und 6:

Abschluss der Programmierarbeiten für das Überwachungssystem. Auswertung und Interpretation der Versuchsergebnisse und Berücksichtigung der Erkenntnisse bei der Auslegung der Parametereinstellungen, um eine hohe Detektionswahrscheinlichkeit und –genauigkeit radioaktiver Funde auf der Schrottplatzanlage zu erzielen.

AP7:

Das Überwachungssystem soll anschließend auf dem Versuchsgelände in Hochstetten getestet werden. Hierfür wurde bereits eine Umgangsgenehmigung bei der zuständigen Genehmigungsbehörde beantragt, welche rechtzeitig vor der Testphase genehmigt werden sollte.

AP8:

Aufbau und Integration des Überwachungssystems auf dem Schrottplatzgelände der Fa. Wetzel. Optimierung und Anpassung des Gesamtsystems am Praxisbedarf in Zusammenarbeit mit unseren Projektpartnern.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Schrott-Wetzel GmbH, Ruhrorter Str. 40-46, 68219 Mannheim		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8831</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Überwachungssystem mit integrierter Messsensorik für radioaktiv belastete Eisen- und Nichteisenschrotte (MEREN)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.05.2011 bis 30.04.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2014 bis 30.04.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 807.680,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Wetzel	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel dieses Vorhabens ist die Entwicklung eines Überwachungssystems mit integrierter Messsensorik für radioaktiv belastete Eisen- und Nichteisenschrotte, welches eine flächendeckende und lückenlose Überwachung des Lagerns, des Umschlages und des Behandeln unter Berücksichtigung der örtlichen (natürlichen) Aktivität und Vorbelastung erlaubt.

Hierzu wird die Thematik der Messsensorik, der Steuerung und Regelung sowie die Leitung des Einbaus und der Überwachung vor Ort bearbeitet. Zusätzlich wird die Einhaltung der rechtlichen, technischen, ökologischen und ökonomischen Rahmenbedingungen überwacht und gesteuert.

Das Vorhaben wird in Zusammenarbeit mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften – Institut für Technologie und Management im Baubetrieb – Rückbau kerntechnischer Anlagen und der Dr.- Ing. Uwe Görsch GmbH realisiert.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Erfassung der maßgeblichen Schrott- und Metallplätze, Massenströme, Import und Export
- AP2: Erfassung der Geräte- und Maschinenausstattung, der maßgeblichen Belastungen für einen Sensor, der (ggf.) bisherigen Überwachungsmechanismen, des Umgangs mit den Überwachungsmechanismen (Probleme, Akzeptanz,...)
- AP3: Messsensorik, Messsystem und Messpunkte definieren, anpassen und vor Ort testen, Messgrenzen mit Behörden festlegen
- AP4: Konzept der Messaufzeichnung und Protokollierung festlegen, Standardablaufschritte definieren
- AP5: Entwicklung eines Prototyps für die Messsensorik samt zugehörigem Protokoll- und Alarmsystem, Anbringen des Prototyps an die in AP3 definierten Messpunkte
- AP6: Standardablauf für Alarmfall definieren, Aufbau eines offenen Überwachungsnetzes
- AP7: Integration des Gesamtsystems in einen Beispielanlagenbetrieb, Versuchsphase/Praxiserprobung
- AP8: Optimierung und Anpassung des Gesamtsystems am Praxisbedarf vor Ort, Einarbeitung der Ergebnisse aus der Versuchsphase

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

Abschluss der Mitarbeit an den Punkten:

- Technische Beratung beim Aufbau des Versuchsstandes in Hochstetten und bei der Durchführung der Versuche
- Einbringung von Praxiserfahrung was den Umgang mit Strahlquellen im Schrott angeht (mögliche Lagerung in den Schrottanlieferungen, mögliche Kapselung / Abschirmung durch Schrott etc.)
- Technische Beratung bei der Anbringung der Detektoren an der Containerschere
- Prüfung der Übertragbarkeit auf die anderen Schrottaufbereitungsanlagen an den Standorten der Firma Wetzell

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Erstellung des Abschlussberichtes.

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

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Dr.-Ing. Uwe Görisch GmbH, Am Heegwald 4, 76227 Karlsruhe		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8841</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Überwachungssystem mit integrierter Messsensorik für radioaktiv belastete Eisen- und Nichteisenschrotte (MEREN)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.05.2011 bis 28.02.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 359.500,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Rutschmann	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel dieses Vorhabens ist die Entwicklung eines Überwachungssystems mit integrierter Messsensorik für radioaktiv belastete Eisen- und Nichteisenschrotte, welches eine flächendeckende und lückenlose Überwachung des Lagerns, des Umschlages und des Behandeln unter Berücksichtigung der örtlichen (natürlichen) Aktivität und Vorbelastung erlaubt.

Hierzu wird die Thematik der Messsensorik, der Steuerung und Regelung sowie die Leitung des Einbaus und der Überwachung vor Ort bearbeitet. Zusätzlich wird die Einhaltung der rechtlichen, technischen, ökologischen und ökonomischen Rahmenbedingungen überwacht und gesteuert.

Das Vorhaben wird in Zusammenarbeit mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften – Institut für Technologie und Management im Baubetrieb – Rückbau kerntechnischer Anlagen und der Schrott-Wetzel GmbH realisiert.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Erfassung der maßgeblichen Schrott- und Metallplätze, Massenströme, Import und Export
- AP2: Erfassung der Geräte- und Maschinenausstattung, der maßgeblichen Belastungen für einen Sensor, der (ggf.) bisherigen Überwachungsmechanismen, des Umgangs mit den Überwachungsmechanismen (Probleme, Akzeptanz,...)
- AP3: Messsensorik, Messsystem und Messpunkte definieren, anpassen und vor Ort testen, Messgrenzen mit Behörden festlegen
- AP4: Konzept der Messaufzeichnung und Protokollierung festlegen, Standardablaufschritte definieren
- AP5: Entwicklung eines Prototyps für die Messsensorik samt zugehörigem Protokoll- und Alarmsystem, Anbringen des Prototyps an die in AP3 definierten Messpunkte
- AP6: Standardablauf für Alarmfall definieren, Aufbau eines offenen Überwachungsnetzes
- AP7: Integration des Gesamtsystems in einen Beispielanlagenbetrieb, Versuchsphase / Praxiserprobung
- AP8: Optimierung und Anpassung des Gesamtsystems am Praxisbedarf vor Ort, Einarbeitung der Ergebnisse aus der Versuchsphase



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

AP4: Technische Beratung beim Aufbau und bei verschiedenen Variationen des Versuchstandes in Hochstetten und bei der Durchführung der Versuche

AP7: Weiterentwicklung der Datenübertragung per Funktechnologie  
Vorbereitung des Einsatzes des Messsystems bei Firma Wetzel  
Aufbau des Alarmplanes

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

- Vorbereitung des Einsatzes des Messsystems bei Firma Wetzel
- Aufbau des Alarmplanes

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

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 8851</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Internationale Rückbautechniken und Managementmethoden für kerntechnische Anlagen – Eine wissenschaftliche Analyse des internationalen Standes der Technik (IRMKA)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.08.2011 bis 30.04.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2014 bis 30.04.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 150.755,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Gentes	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Rahmen des Projektes sollen sowohl der Rückbau und die aktuellen Forschungsarbeiten in der Bundesrepublik Deutschland, als auch weltweit untersucht und analysiert werden.

Folgende Themenkomplexe sind dabei vorgesehen:

- Vertragswesen
- Managementmethoden
- Dekontamination
- Zerlegearbeiten und Demontage
- Aktuelle Rückbauprojekte kerntechnischer Anlagen
- Rückbau und damit verbunden die zukünftige Energieversorgung.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Erarbeitung Stand der Technik der Themenschwerpunkte

AP2: Analyse: Rückbau in der Bundesrepublik Deutschland

AP3: Analyse: Rückbau weltweit

AP4: Analyse aktueller Forschungs- & Entwicklungsergebnisse

AP5: Festlegung von zukünftigem Forschungs- & Entwicklungsbedarf aus AP2 und AP3

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

Aufbauend auf die Arbeitspakete 2 und 3 wurden die wesentlichen Herausforderungen beim Rückbau von kerntechnischer Anlagen zusammengefasst. Basierend darauf und den Ergebnissen aus AP5 wurden Bereiche identifiziert für die gegenwärtig ein verstärkter Bedarf an Forschung und Entwicklung besteht.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Das Projekt wurde am 30.04.2014 abgeschlossen. Zurzeit wird der Abschlussbericht erstellt, in dem die Ergebnisse zusammengefasst werden.

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

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> AREVA GmbH, Paul-Gossen-Str. 100, 91052 Erlangen		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8861</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Neuartige Entsorgungswege für Abrasivmittel aus der Wasserstrahl-Schneidtechnik		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.07.2011 bis 30.06.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 593.892,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Arnold	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Vorhaben untersucht zwei unterschiedliche neuartige Entsorgungswege für Abrasivmittel aus der Wasserstrahl-Schneidtechnik:

- a) Es wird untersucht, wie das bei der Zerlegung von radioaktiven Kerneinbauten mittels Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidverfahrens (WASS) anfallende Gemisch aus Abrasivmittel und Schnittfugenmaterial unter Einhaltung der geltenden Strahlenschutzvorgaben dem Vergussbeton zur Konditionierung von Endlagerbehältnissen beigemischt werden kann.
- b) Es wird ein Verfahren entwickelt, das es ermöglicht, aus dem Abrasivmittel- und Schnittfugenmaterial-Gemisch die einzelnen Komponenten soweit möglich zu separieren.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1.1: Festlegung der Vergussbeton-Zielparameter
- AP1.2: Bereitstellung eines Mustergemisches
- AP1.3: Untersuchung der Gemischeigenschaften
- AP1.4: Auswahl eines Mischverfahrens und der Mischungsentwicklung
- AP1.5: Rechnerische Bestimmung der Radioaktivität im entwickelten Vergussbeton
- AP1.6: Durchführung von Technikumsexperimenten (Betonproben) am Standardgemisch
- AP1.7: Auswertung des Standardgemisches
- AP1.8: Bereitstellung eines Mustergemisches für Optimierungsversuche
- AP1.9: Optimierung des Gemisches
- AP1.10: Durchführung von Technikumsexperimenten (Betonproben) zur Optimierung
- AP1.11: Auswertung des optimierten Gemisches
- AP1.12: Dokumentation und Präsentation
- AP2.1: Auswahl geeigneter Separationsverfahren
- AP2.2: Bereitstellung eines Mustergemisches
- AP2.3: Separationsversuche
- AP2.4: Vergleich und Bewertung der Versuche
- AP2.5: Auswahl des bestgeeigneten Verfahrens
- AP2.6: Realisierung eines produktreifen Prototyps
- AP2.7: Dokumentation der Ergebnisse

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

#### a) Betonverfüllung

AP1.10/1.11:

Um die Auswirkungen von möglichen Schwankungen im Wassergehalt auf die Eigenschaften des Betons zu verifizieren, wurden weitere Versuche auf Laborebene durchgeführt. Aus den Ergebnissen konnten Anforderungen an die Dosiergenauigkeit der Maschinen und Geräte für die Betonherstellung abgeleitet werden. Für die Laboruntersuchungen des Betongemisches wurde zusätzliches Abrasivmittel geliefert.

Die Feuchte des Schnittfugenmaterials, welche für die Dosierung des Zugabewassers der Betonrezeptur von großer Bedeutung ist, wurde mittels Wägung und Mikrowellensonden untersucht. Weitere Untersuchungen werden hier notwendig, da beide Verfahren mit Messunsicherheiten behaftet sind.

#### b) Gemischseparation

AP2.5/2.6:

Die Analysen der aus AP2.4 erhaltenen Musterproben aus separiertem Material zeigen, dass die Verfahrenskombination, bestehend aus Grobsortierung mittels Aufstromklassierer und anschließender Feinklassierung mittels Magnetabscheider, gute Ergebnisse liefert. Der in den Versuchen separierte Anteil an austenitischen Edelstahl entsprach ungefähr dem rechnerischen Anteil an austenitischen Edelstahl der Musterproben. Weitere Separationsversuche an neuen Proben wurden bzw. werden durchgeführt. Dafür wurde zusätzliches Abrasivmittel geliefert.

Parallel zu den Separationsversuchen wurde mit der Erstellung eines produktreifen Prototyps begonnen.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

AP1.10/1.11:

Im kommenden Schritt wird die Herstellung des Betongemisches unter Baustellenbedingungen mittels handelsüblichen Baustellen-Großmischern, unter Nutzung der in den Laborexperimenten gewonnenen Erkenntnisse, simuliert. Dabei werden die Frisch- und Festbetoneigenschaften untersucht, um die unter simulierten Baustellenbedingungen hergestellte Betonrezeptur nachzuweisen.

AP2.4/2.6:

Die weiteren Separationsversuche an den neuen Proben werden voraussichtlich im Januar 2014 abgeschlossen sein. Chemische Analysen der erhaltenen Fraktionen werden durchgeführt, um die Güte des Verfahrens zu qualifizieren.

An der Realisierung eines produktreifen Prototyps wird weiter gearbeitet. Die dabei auftretenden technischen Schwierigkeiten bei der Umstellung von der einfachen Ausführung des Versuchstandes auf einen einsatzfähigen Prototyp werden bearbeitet und gelöst.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 8871</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Neuartige Entsorgungswege für Abrasivmittel aus der Wasserstrahl-Schneidtechnik		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.07.2011 bis 30.04.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 667.088,40 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Gentes	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Eine Zerlegetechnik, die beim Rückbau kerntechnischer Anlagen eingesetzt wird, ist das Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidverfahren (WASS). Bei diesem Verfahren, mit dem z. B. Reaktor-Druckbehälter (RDB) und zugehörige RDB-Einbauten fachgerecht rückgebaut werden, werden Wasser und ein Abrasivmittel gemeinsam mit Druck beaufschlagt und zur Durchtrennung der Komponentenstrukturen eingesetzt. Beim Durchtrennen entsteht durch die Mitnahme von Schnittfugenmaterial in der Suspension ein Gemisch aus Wasser, Abrasivmittel und kontaminiertem metallischen Material.

Das Vorhaben beinhaltet verschiedene Lösungsansätze, die Bestandteile des Gemisches entweder als Beimischung bei der Betonverfüllung zu verarbeiten oder die Bestandteile durch Separation zu trennen.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1.1: Festlegung der Zielparame-ter Vergussbeton
- AP1.2: Bereitstellung eines Mustergemisches
- AP1.3: Untersuchung der Gemischeigenschaften
- AP1.4: Auswahl eines Mischverfahrens und Mischungsentwicklung
- AP1.5: Rechnerische Bestimmung der Radioaktivität im entwickelten Vergussbeton
- AP1.6: Durchführung von Technikumexperimenten (Betonproben) am Standardgemisch
- AP1.7: Auswertung des Standardgemisches
- AP1.8: Bereitstellung eines Mustergemisches für Optimierungsversuche
- AP1.9: Optimierung des Gemisches
- AP1.10: Durchführung von Technikumexperimenten (Betonproben) zur Optimierung
- AP1.11: Auswertung des optimierten Gemisches
- AP1.12: Dokumentation und Präsentation
  
- AP2.1: Auswahl geeigneter Separationsverfahren
- AP2.2: Bereitstellung eines Mustergemisches
- AP2.3: Separationsversuche
- AP2.4: Vergleich und Bewertung der Versuche
- AP2.5: Auswahl des bestgeeigneten Verfahrens
- AP2.6: Realisierung eines produktreifen Prototyps
- AP2.7: Dokumentation der Ergebnisse

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

*Arbeitspakete 1.10 – 1.12: Durchführung von Technikumexperimenten / Auswertung des optimierten Gemischs / Dokumentation (Abschlussbericht)*

Zur Vorbereitung der Betonherstellung im Großversuch wurden die benötigten Materialien (Zement, Zusatzstoffe und Gesteinskörnung) ausgewählt, beschafft und, wo erforderlich, für die Versuchsdurchführung aufbereitet. Das vorhandene Abrasivgemisch wurde getrocknet und homogenisiert. Zur Durchführung des

Großversuchs wurde ein Prüfplan aufgestellt und die einzelnen Prüfverfahren, wo notwendig, vorab erprobt.

Des Weiteren wurden die bisher ermittelten Ergebnisse weiter ausgewertet und mit der Dokumentation (Abschlussbericht) begonnen. Die bisherigen Ergebnisse wurden als Beitrag zum 12. Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle“ (KONTEC 2015) aufbereitet und zur dortigen Präsentation eingereicht.

#### *Arbeitspaket 2.6: Prototyprealisierung*

Zur Erstellung des geplanten Prototyps der Separationsanlage wurde an der Verfahrenskette des Separationssystems gearbeitet. Hierfür ist für die zukünftige Anwendung mit radioaktiven Partikeln die Fernhantierung des Systems vorangetrieben worden. Dafür ist der bestehende industrielle Magnetfilter, der bisher nur von Hand gereinigt werden konnte, durch Eigenentwicklung in einen fernhantierten spülbaren Filter umgebaut worden. Hierfür wurde das bestehende System mit pneumatisch betriebenen Zylindern ausgestattet um die Magnetstäbe fernhantiert herausfahren zu können. Mit Hilfe von pneumatischen Ventilen und einem neuen Frischwasserkreislauf ist nun die Spülung des Systems komplett fernhantiert realisierbar. Ein weiterer wichtiger Bestandteil, an dem in diesem Berichtszeitraum gearbeitet wurde, ist das Ersetzen der simplen Konstruktion, die bisher zur Suspensionsgenerierung verwendet wurde. Aufgrund der sehr hohen Kosten zur Anschaffung eines industriellen Mischers wurde nun hier, unter Berücksichtigung der maßgeblichen DIN-Normen, ein eigener Suspensionsmischer entworfen. Hierfür wurde für den Mischbehälter ein Klöpperboden und Rohmaterial angeschafft. Die Fertigung des Mischerbehälters aus Edelstahl wird nun in der eigenen Werkstatt durchgeführt und in das bestehende mobile Trägersystem integriert. Die dazugehörigen Rührer wurden nun bestellt, wobei die Welle und der Antrieb aus Kostengründen selbst entwickelt und gefertigt werden. Die Fertigstellung des neuen Suspensionsmischers ist momentan jedoch noch im Gange und wird erst im kommenden Berichtszeitraum abgeschlossen werden können. Die Umstellung und Fertigstellung des Separationssystems in einen einsatzfähigen Prototyp stellt sich momentan komplizierter dar als ursprünglich geplant und wird daher intensiv im nächsten Berichtszeitraum vorangetrieben.

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

##### *Arbeitspakete 1.10 – 1.12: Durchführung von Technikumsexperimenten / Auswertung des optimierten Gemischs / Dokumentation (Abschlussbericht)*

Anhand der Ergebnisse des noch durchzuführenden Großversuchs soll die entwickelte Grundmischung letztmalig optimiert werden. Im Einzelnen sollen folgende Betonparameter ermittelt werden:

Parameter am Frischbeton: Ausbreitmaß, Luftgehalt des Frischbetons, Sedimentationsverhalten und Frischbetonrohndichte.

Parameter am Festbeton: Druckfestigkeit an Würfeln nach 7 und 28 Tagen, Biegezugfestigkeit an Balken nach 7 und 28 Tagen, E-Modul an Zylindern, Wassereindringtiefe und Wärmedehnung.

Die Auswertung der Experimente soll abgeschlossen und die Dokumentation (Abschlussbericht) weiter fortgesetzt werden.

##### *Arbeitspaket 2.6: Realisierung eines produktreifen Prototyps*

Die bereits laufende und in Punkt 3. genannte Fertigstellung des neuen Suspensionsmischers wird weitergeführt. Mit Hinblick auf den Abschluss des Projektes im kommenden Frühjahr werden die Arbeiten am Prototyp intensiv fortgeführt. Der fertige Mischer lässt sich einfach in Betrieb nehmen und verfügt über eine optimierte Funktion zur Feineinstellung der benötigten Parameter. Dazu müssen die Schnittstellen zum überarbeiteten Magnetfilter konzipiert und Zu- und Abläufe angebracht werden. Ein weiterer wichtiger Punkt im folgenden Berichtszeitraum ist die Ausschleusung der separierten und gereinigten Fraktion unter Beachtung des Strahlungsschutzes aus dem System. Die dazu benötigte Verfahrenskette muss erarbeitet und umgesetzt werden. Zusätzlich werden noch Systeme zur Messung und Regelung des Separationsverfahrens benötigt.

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

M. Brandauer, J. Starflinger, S. Gentes: „Secondary Waste Treatment in the Decommissioning of German Nuclear Facilities“, Paper und Vortrag zum "2014 American Nuclear Society Annual Meeting" im "embedded topical meeting: Decommissioning and Remote Systems (D&RS 2014)", 15.-19. Juni, Reno, Vereinigte Staaten von Amerika, 2014

Es wurden zwei Beiträge zu den jeweiligen Forschungsvorhaben bei der KONTEC 2015 eingereicht.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 8881</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Manipulatorgesteuertes Freimessen von Oberflächen		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.09.2011 bis 31.08.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 1.039.254,70 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Wörn	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

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



### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

*Im Berichtszeitraum wurden am IPR folgende Arbeiten durchgeführt:*

Im Rahmen von AP6 wurden zusammen mit dem TMB ausführliche Tests und Anpassungen hinsichtlich der Kommunikation mit dem realen System durchgeführt, insbesondere bezüglich der neu hinzugekommenen Bewegungsabläufe und Auswertungen mittels Messkopf. Die Simulations- und Visualisierungsumgebung (AP5) wurde an die geänderten Geometrien der Roboter (Aufnahmevorrichtung, Wechselsystem, Tragekonstruktion für Sensorik) angepasst.

In AP3 wurden erste Ansätze zur robusten Lokalisierung des Manipulators an der Wand untersucht, mit deren Hilfe die Überwachung des Systems bei der Abarbeitung der geplanten Bahn sichergestellt werden soll, um bei Bedarf kleinere Korrekturschritte durchzuführen. Neben kleineren abschließenden Optimierungen hinsichtlich des Umgebungsmodells (AP2) wurden insbesondere die Bahnplanungsalgorithmen im Rahmen von AP4 weiterentwickelt.

*Im Berichtszeitraum wurden am TMB folgende Arbeiten durchgeführt:*

Im Rahmen von AP3 wurde die "Ablagestation 2" des Schnellwechselsystems für den Laser-Arbeitskopf weitestgehend fertiggestellt. Innerhalb von AP4 musste aus technischen Gründen ein weiteres Konzept zur Datenerfassung bzw. -verarbeitung der gewonnenen Daten vom Messkopf aufgebaut werden. Die hierfür erforderlichen konstruktiven Änderungen wurden bisher noch nicht vollständig durchgeführt. Für den 3D-Laserscanner des IPR wurde auf dem Transportwagen in Abstimmung mit dem IPR eine Tragekonstruktion entwickelt und aufgebaut. Der 3D-Laserscanner wurde dabei so positioniert, dass die Abschattung im späteren 3D-Modell des inspizierten Raumes so gering wie möglich ist. Zusätzliche Laserscanner gewährleisten eine robuste Lokalisierung des Manipulators an der Wand sowie die Überwachung des Gesamtsystems. Die hierfür erforderlichen Sensoren wurden auf dem Manipulator integriert. Zudem wurde in Zusammenarbeit mit dem IPR eine einheitliche Kommunikationsstruktur zur Ansteuerung des Manipulatorsystems aufgebaut.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Im folgenden Berichtszeitraum wird weiter an den Algorithmen zur Lokalisierung gearbeitet (AP3) und abschließende Tests der Bahnplanungsalgorithmen durchgeführt (AP4). Die Überwachung der korrekten Abarbeitung der geplanten Bahn und die Visualisierung von Systemzuständen und Messdaten, sowie die Zusammenführung der Einzelschritte in den Gesamtprozess wird insbesondere im Rahmen von AP5 weitergeführt und anhand der am TMB aufgebauten Demozelle evaluiert (AP7).

Am TMB sollen im folgenden Berichtszeitraum weitere Tests mit dem Schnellwechselsystem durchgeführt werden. Dieses muss bzgl. Position und Ausrichtung ggf. nochmals angepasst werden. Für das neue Konzept zur Datenerfassung bzw. -verarbeitung am Messkopf sind weitere konstruktive Änderungen am Manipulator notwendig. Diese sollen im kommenden Berichtszeitraum vorgenommen werden. Zudem sollen alle Einzelschritte, die für den Werkzeugwechsel erforderlich sind, gebündelt und die entsprechenden Steuerbefehle in die bestehende Steuerungssoftware integriert werden. Für die Evaluation der vom IPR entwickelten Algorithmen soll am TMB eine Demozelle aufgebaut werden.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

<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 30.09.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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: in Bearbeitung
- AP DD-6: Erstellung des Abschlussberichtes.  
Status: nicht begonnen

### 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)

Experimentaldaten der Laserdekontamination von Epoxidharzlack und Vorversuche mit PCB-haltigem Lack ermöglichen die Erstellung einer Versuchsmatrix für PCB-Laserdekontaminationen und eine FEM-Modellierung. Die Simulation dient der Extrapolation und Interpolation der Versuchsergebnisse. Durch die Experimente mit Epoxidharzlack sind die Effekte der Laserdekontamination studiert worden, so dass sichere Experimente mit PCB-haltigen Lacken durchgeführt werden können.

(Arbeitspaket DD-5)

Die Adaption des LIF-System der Projektpartner an die Versuchsanlage an der TU Dresden ist erfolgt. Gemeinsam sind Experimente zur Laserdekontamination PCB-haltiger Lackschichten mit LIF-Monitoring durchgeführt worden. Es wurde entschieden, dass aus gesundheitsrechtlichen Gründen die installierte Sicherheitstechnik vorsorglich noch erweitert wird. Hierzu war ein zusätzlicher komplexer sicherheitstechnischer Aufwand notwendig, der die Experimente verzögert hat. Das umfangreiche Datenmaterial aus den Versuchen wird zurzeit ausgewertet. Die ersten Ergebnisse der Laserdekontamination PCB-haltiger Lackschichten bestätigen die These der grundsätzlichen Eignung des Verfahrens.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- Adaption einer konventionellen Abgasbeprobung auf PCB/PCDD/F
- Experimentelle Kopplung der Versuchsanlage mit dem vom Projektpartner TU Bergakademie Freiberg entwickelten LIF-Monitoring
- Versuchsdurchführung mit originalen PCB-haltigen Lacken aus kerntechnischen Anlagen

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

A. Anthofer, O. Peise, W. Lippmann, S. Voß, D. Trimis, A. Hurtado: Laser Technology for Ablation of Radioactive and Chemical-Toxic Contamination for Dismantling of Nuclear Plants, KONTEC 2013, Dresden 2013

A. Anthofer, W. Lippmann, A. Hurtado: Decontamination of Paint-Coated Concrete in Nuclear Plants Using Laser Technology, Annual Meeting on Nuclear Technology 2013, Berlin 2013

A. Anthofer, W. Lippmann, A. Hurtado: Laser Decontamination of Paint Coated Concrete in Nuclear Plants, ICONE 21, Chengdu, China 2013

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

<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 30.09.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 335.487,90 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr.-Ing. 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

In Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Wasserstoff- und Kernenergietechnik der TU Dresden wurde das LIF-System erfolgreich in den Versuchsstand zum lasergestützten Abtrag PCB-kontaminierter Lackschichten eingebunden.

Nachdem erste Messungen an PCB-freien Lackproben zur Abstimmung der Systeme und Komponenten durchgeführt wurden, konnte mit der Anmischung von Lacken unterschiedlicher PCB-Konzentrationen begonnen werden. Es wurden Lacke mit den PCB-Konzentrationen 0 mg/kg, 50 mg/kg, 500 mg/kg, 1.000 mg/kg sowie 1.300 mg/kg hergestellt und entsprechende Betonprüfsteine mit diesen beschichtet. Die Maximalkonzentration an PCB im Lack von 1.300 mg/kg wurde dabei dadurch begrenzt, dass das PCB-kontaminierte Ausgangsmaterial in Epoxydharzlack gelöst in einem höheren Verhältnis zu Verklumpungen geführt hätte.

In den gemeinsamen Versuchen hat sich gezeigt, dass das LIF-Verfahren potentiell geeignet ist, die Zersetzung der PCB bildgebend darzustellen. Somit stellt es weltweit die erste online Diagnostik der PCB-Zersetzung dar. 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. Auf Grund der zeitlichen Konstanz sowie der Abhängigkeit der Intensität dieser Messsignale von der PCB-Konzentration kann bereits jetzt von einem erfolgreichen Verfahrensnachweis ausgegangen werden, obgleich die generierten Messdaten derzeit noch eine detaillierte Auswertung durchlaufen.

In weiteren Versuchsreihen wurde die Messung der stabilen Reaktionsprodukte der unvollständigen Verbrennung der PCB, also polychlorierte Dibenzodioxine, Dibenzofurane sowie Biphenyle mit Hilfe der Eurofins GfA GmbH realisiert. Erste Ergebnisse liegen vor und sprechen für einen erfolgreichen Abtrag der PCB, werden allerdings noch einer intensiveren Auswertung bedürfen.

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

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- Umfangreiche Auswertung und Korrelation der Intensitätsbilder aus den laserinduzierten Fluoreszenzmessungen
- Arbeiten am Nachweisschema zum AP FG-4
- Einbindung des Spektrometers in den Versuchsaufbau an der TU Bergakademie Freiberg
- Begleitende Recherchen zu Reaktionsmechanismen chlorierter Kohlenwasserstoffe sowie deren LIF- Eigenschaften
- Erstellung des Abschlussberichtes

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

<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> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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: Nutzgerechte 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: Die radiochemische Untersuchung der Ablagerungen in einem kontaminierten Rohr wurde im FZ Jülich durchgeführt. Die Ergebnisse wurden an TMB weiter geleitet. Neue Rohrproben wurden von GDF SUEZ E&P Deutschland GmbH für die Analyse der mechanischen Eigenschaften angeschafft.
- AP3: Bei IMI wurde ein Versuchsplan bzw. eine Annahme für Teilsimulationsmodelle der simulativen Untersuchung festgelegt.  
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.
- AP5: Das Vorgehen für eine Validierung des Dekontaminationsverfahrens wurde erarbeitet und befindet sich in der Umsetzung.
- AP6: Das Forschungsprojekt wurde im Rahmen der Annual Conference on Engineering & Information Technology in Tokyo vom 28. - 30. März 2014 vorgestellt.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Das nächste Projekttreffen des Gesamtkonsortiums ist für September 2014 geplant.
- AP2: SAT Kerntechnik und TMB haben ein Meeting beim IAM (KIT) gehabt. Die neuen Rohrproben werden im IAM auf deren mechanische Eigenschaften untersucht. Die Untersuchungen werden im Kontrollbereich durchgeführt und werden bis Ende Oktober 2014 abgeschlossen sein.
- AP3: Die Ergebnisse der radiochemischen und mechanischen Laboruntersuchungen werden in die Simulationsmodelle implementiert.
- 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", contribution in the 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.

<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 31.12.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 876.840,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Dr.-Ing. Dr. h. c. 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: Nutzgerechte 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: Es wurde eine Probe der kontaminierten Ablagerungen im FZ Jülich radiochemisch analysiert. Eine Analyse der mechanischen Eigenschaften konnte aufgrund der Probenbeschaffenheit nicht durchgeführt werden. Aus diesem Grund wurden neue Rohrproben angeschafft.

AP3: Ein Versuchsplan bzw. Annahme für Teilsimulationsmodelle der simulativen Untersuchung wurde festgelegt. Es wurden MKS- und FEM-Simulationen unter Berücksichti-



gung aktueller Ergebnisse der Werkstattversuche durchgeführt. Die geometrische Modellierung der Baugruppe ist abgeschlossen. Ein weiterer Nachweis unter Vorgabe der in der industrieverbreiteten FKM-Richtlinie befindet sich in Bearbeitung.

- 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 Arbeit.
- AP5: Das Vorgehen für eine Validierung des Dekontaminationsverfahrens wurde erarbeitet und befindet sich in der Umsetzung.
- AP6: Das Forschungsprojekt wurde im Rahmen der 17. IFF-Wissenschaftstage in Magdeburg vom 24. - 26. Juni 2014 bei der 11. Fachtagung „Digitales Engineering“ sowie auf der Annual Conference on Engineering & Information Technology 2014 in Japan vorgestellt.

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

- AP1: Das nächste Projekttreffen des Gesamtkonsortiums ist für September 2014 geplant.
- AP2: Es werden derzeit Rohrproben im KIT-IAM-WBM auf deren mechanische Eigenschaften untersucht. Die Untersuchungen werden im Oktober 2014 abgeschlossen sein. Es liegt ein konkreter Plan zur Versuchsdurchführung und späterer Nutzung im Rahmen der Simulationen vor.
- AP3: Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen werden in die Simulationsmodelle implementiert und anschließend mit den Werkstattversuchen verglichen. Ein skalierbares FEM-Modell der Ablagerungen mit unterschiedlichen Materialgesetzen ist in Arbeit.
- 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.

#### **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

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> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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 erfolgte die Radionuklid-Separation der Alpha- und der reinen Beta-Strahler mit anschließender messtechnischer Bestimmung und Auswertung (AP8).

Der entnommene Bitumen-Kern wurde zunächst mit Hilfe eines kollimierten Reinstgermanium-Detektors in Längsrichtung vermessen. Die erhaltenen Ergebnisse konnten mit den Resultaten des segmentierten Gamma-Scannings verglichen und zur Festlegung eines repräsentativen Abschnitts für die zerstörende radiochemische Analyse herangezogen werden. Dieser Abschnitt wurde mit Hilfe einer Rohrtrennmaschine aus dem Probennahme-Rohr herausgetrennt und bei ca. 650 °C verascht (AP5). Als Vorbereitung für die weitere Analyse erfolgten im nächsten Schritt entweder ein Natriumhydrogen- oder ein Soda-Pottasche-Aufschluss (AP8).

Die Separation der Alpha-Strahler Uran, Plutonium, Americium und Curium erfolgte mit erprobten radiochemischen Verfahren. Von den reinen Beta-Strahlern wurden bisher die Nuklide Fe-55, Ni-63 und Sr-90/Y-90 quantifiziert.

Vor dem Öffnen der aktiven bituminierten 200-L-Abfallgebinden wurden aus Sicherheitsgründen Gasproben entnommen, um die nicht kondensierbaren Gase (H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> und Ar) zu analysieren.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Analysen von weiteren Nukliden (H-3, C-14 und Tc-99) sind in Bearbeitung (AP8).

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

Eine Veröffentlichung für die *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 31.12.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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.

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 (NV) 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 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. Insbesondere wurde unter Berücksichtigung der Betriebshistorie und der Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 StrlSchV die Einengung der möglichen Radionuklide auf die repräsentativen Nuklide Sr-90+ und Am-241 diskutiert und begründet.
- AP2: Für die ausgewählten 6 repräsentativen Labore des Hauptbaus der RCM (jew. mit deutlich unterschiedlicher Betriebshistorie) wurden weitere Messergebnisse im Programm zur Unterstützung der Gebäudefreigabe (RaChaG) eingepflegt. Die Bräuerung beweglicher Gegenstände aus den genannten Räumen ist abgeschlossen. Die Anpassung von RaChaG für den Einsatz in der RCM wurde fortgesetzt.
- AP3: Auf Basis der mittlerweile rekonstruierten Betriebshistorie und der bislang vorliegenden Probenauswertungen wurden weitere Beprobungsorte ausgewählt und die Beprobung sowie Direktmessungen fortgesetzt. Für die nun noch in größerem Umfang vorhandenen Einbauten aus Holz (Rahmen und Schränke der Digestorien, Hängeschränke usw.) wurden Beprobungsverfahren getestet, von denen sich das Abbeizen sowie die Probenentnahme durch eine größere Zahl nebeneinandergesetzter Bohrungen bewährt haben. Für die Beprobung kontaminierter, auch augenscheinlich von Staub und sonstiger sichtbarer Verschmutzung freier Abzüge, hat sich die Entnahme von Wischtests mit feuchten Tüchern bewährt.
- AP4: Die im Berichtszeitraum erhobenen Beprobungsergebnisse und Messungen, insbesondere auch am beweglichen Inventar, wurden in das Programm RaChaG eingepflegt.
- AP5: Die bereits im vorherigen Berichtszeitraum unterstellte konservative Nuklidzusammensetzung der Kontamination (Alpha- und Beta-Strahler, Am-241 / Sr-90) wurde auf die Freigabe der stehenden Strukturen ausgedehnt. Dieses Vorgehen wird durch Probenauswertung bezüglich Gesamtalpha- und Gesamtbetaaktivität sowie Sondernuklidanalyse ständig begleitet, um die Konservativität des Verfahrens sicherzustellen.
- AP6: Statistische Freigabeverfahren im engeren Sinne werden voraussichtlich für die Freigabe in der RCM nicht angewendet werden können. Allerdings werden nicht-flächendeckende Beprobungen und Messungen verwendet werden können.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Da der Neubau des Laborgebäudes der RCM mittlerweile in Betrieb genommen werden konnte, ist der Umzug der bestehenden Labore aus dem Hauptbau im Berichtszeitraum weit fortgeschritten. Daher konnten die ausgewählten Laborräume im Hauptbau weitgehend für die Freigabe vorbereitet werden. Die Weiterarbeit, begleitend zur tatsächlichen Durchführung der Freigabe der Räume, bezieht sich nun vor allem auf AP3, AP4 und AP7.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Vortrag auf dem 9. Expertentreffen Strahlenschutz des TÜV SÜD, Schloss Hohenkammer, März 2014. Titel: „Radiologische Charakterisierung eines radiochemischen Labors für den Rückbau“ (S. Thierfeldt, S. Tachlinski, U. Lichnovsky - Brenk Systemplanung GmbH, Aachen; C. Lierse von Gostomski, C. Barkhausen - Radiochemie München, TU München)

<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> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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 Gebäudedefreigabe (PUG) aufgenommen (Übernahme der Orte bereits durchgeführter Messungen).
- AP3: Wie in den letzten Berichten beschrieben, wurden die Labore E14, E16 & E18/E18A inzwischen vollständig beräumt (bewegliche Gegenstände) und sind komplett beprobt. Die noch vorhandenen festen Einbauten (Digestorien inkl. Unterschränke und Rahmen) bestehen hauptsächlich aus Holz. Hierfür wurden Verfahren mit Beizmittel und Bohrungen getestet zur Gewinnung von Proben. Diese konnten inkl. der darauffolgenden Analysenmethoden (LSC, Alphaspektrometrie, usw.) erfolgreich eingesetzt werden. Die Abzüge an sich wurden mittels Wischtests (Wischttestfilter, feuchte Tücher) beprobt und ausgewertet. Auch in diesem Abschnitt des Projektes konnte die Betriebshistorie sehr gut belegt und die Zuverlässigkeit selbiger als fester Bestandteil einer Freigabe bestätigt werden.
- 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. 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 zielführend und bewahren vor einer Überschätzung der vorhandenen Kontamination.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Begleitend zur nun begonnen Freigabe der unter anderem ausgewählten Labore im EG der RCM werden die APs 3, 4 und 7 bearbeitet.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Poster zur KONTEC 2013.

<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> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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

In der ersten Jahreshälfte 2014 wurden parallel zu den experimentellen Untersuchungen im Forschungszentrum Jülich Parameterstudien durchgeführt, um den Neutronen- und Photonenfluss im Bereich des Detektors zu quantifizieren. Hierbei wurden u. a. im Simulationsmodell die Dicke und das Material der Neutronenabschirmung variiert. Zudem wurden die Abstände zwischen Neutronenquelle, Detektor und umgebende Strukturen verändert, um so den aktiven Untergrund zu bestimmen. Das Ziel der Studien ist es, bei einem maximal schnellen Neutronenfluss, einen minimalen thermischen Neutronenfluss sowie minimalen Gamma-Untergrund zu erreichen.



Des Weiteren wurde eine Methode entwickelt, mit der die Radiographie-Bilder dahingehend analysiert werden, dass Informationen über die Geometrie des untersuchten Objektes gewonnen werden. Das Ziel hinter diesem Vorgehen ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung von Neutronen- und Photonenselbstabstimmungsfaktoren. Hierdurch kann eine genauere Charakterisierung der radioaktiven Abfälle im Hinblick auf Chemotoxizität und Radiotoxizität erreicht werden.

Der Bildrekonstruktionsalgorithmus wurde vereinfacht und in C++ implementiert. Validierungsrechnungen wurden begonnen und eine graphische Benutzeroberfläche ist in Vorbereitung. Weiterhin wurden die Arbeiten zu den Streukorrekturen auf theoretischer Basis fortgeführt. Dazu wurde eine explizite Lösung der Boltzmann-Gleichung für einfach gestreute Teilchen hergeleitet.

Fortschritte kurz gefasst:

- Quantifizierung des Neutronen- und Photonenflusses
- Entwicklung einer Methode zur Bestimmung von Geometrieparametern anhand Radiographie-Bilder
- Validierung der Bildrekonstruktionsrechnung wurde begonnen
- Boltzmann-Gleichung für einfach gestreute Teilchen hergeleitet.

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

Die bisherigen Forschungsarbeiten haben gezeigt, dass das größte Optimierungspotenzial in der Entwicklung des Detektorsystems, bestehend aus Neutronen-Konvertor und Auslese-Detektor besteht. In der Weiterentwicklung soll eine Kombination aus sogenannten Wave-Length-Shifting-Fibres (WLSF) und Photomultiplier getestet werden. Hierzu wird im Vergleich eine Abwandlung des bestehenden Amorph-Silizium-Detektors von PerkinElmer in Kombination mit szintillierenden Fasern getestet. Es soll hierdurch eine Steigerung der bisherigen Detektionseffizienz von bisher „nur“ 2 % erreicht werden.

Es liegen erste gemessene Bilder vor, die zunächst in ein geeignetes Datenformat konvertiert werden müssen, um anschließend in den Entzerrungs- und Entrauschungsalgorithmen bearbeitet werden. Weiterhin sollen die Algorithmen zur Streukorrektur an computergenerierten Daten erprobt werden.

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

J. Kettler et al.: „Neutron Imaging System for Radioactive-waste Analysis (NISRA)“; Annual Meeting on Nuclear Technology 2014; Conference of the German Nuclear Society; Frankfurt a. M.

D. Voß, J. Kettler, A. Havenith: „Impacts of Nuclear Interactions on fast Neutron Imaging“; Annual Meeting on Nuclear Technology 2014; Conference of the German Nuclear Society; Frankfurt a. M.

<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> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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**

- Nach Reparatur der Module des Neutronengenerators und Austausch des Hochspannungskabels (hierzu Ab- und Aufbau des biologischen Schildes) erfolgte die Wiederinbetriebnahme des Neutronengenerators im April.
- Einbau des EJ-260 Konverters in den Flat-Panel-Detektor und Optimierung der Verstärkung und Integrationszeit durch Messungen mit einer Am-241 Quelle.
- Neutronenradiographie mit 14 MeV Neutronen an Blei- und Polyethylen-Körpern mit dem Flat-Panel-Detektor und dem EJ-260 Konverter (Eintrittsfenster: Aluminium). Hierbei Erstellung und vorläufige Analyse erster Radiogramme.
- Vergleich verschiedener Szintillatoren (ZnS, CsI) mit dem WLSF Detektor unter Bestrahlung mit Gamma- und Neutronenquellen (Gamma/Neutronen-Diskriminierung).
- Numerische Simulation mit Geant4 für Vergleiche mit den Radiogrammen aus den Messungen mit dem Flat-Panel-Detektor.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

- Weitere Radiogramme mit dem Flat-Panel-Detektor unter Veränderung der Dicke und des Materials der Probenkörper (PE, Beton, Graphit, Al, Fe, Pb, W).
- Analyse der Radiogramme und Vergleich mit Simulationen.
- Entwicklung und Test eines Szintillationsdetektors basierend auf szintillierenden Fasern und verschiedenen Methoden zur Detektion des Lichtes.

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

Vorstellung der Ergebnisse auf der WCNR-10, 10th World Conference on Neutron Radiography, 5.-10. Oktober 2014, Grindelwald, Schweiz

<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> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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 Simulationsmodell 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 Elmar Detektors (Korrektur toter Pixel, Offsetkorrekturen)
- Entwicklung eines Programms zur Konvertierung von .his Dateien in das entwickelte Austauschformat zwecks anschließender Rekonstruktion

### **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> NUKEM Technologies GmbH, Industriestr. 13, 63755 Alzenau		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9032A</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Zerlegung von Reaktorkomponenten aus Zirkalloy beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (ZIRKUSS)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.06.2012 bis 31.05.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2014 bis 31.05.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 244.852,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. Brähler	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Ziel des Forschungsvorhabens ist die Qualifikation von leistungsfähigen Zerlegeverfahren für den Rückbau von Bauteilen, die aus Zirkalloy gefertigt wurden. Hinsichtlich einer vorhandenen Entzündungsgefahr von Bauteilen aus Zirkalloy (potentieller Zirkalloybrand), existieren große Unsicherheiten im Rahmen des Rückbaus von Komponenten aus Zirkalloy. Eine systematische Untersuchung dieser Problematik bildet die Basis, um zielgerichtet effektive und kostengünstige Rückbauwerkzeuge zu entwickeln und mit ihnen die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Rückbauunternehmen, insbesondere im Ausland zu verbessern.

Das Gesamtziel des Forschungsvorhabens ist somit folglich auch eine Beschreibung der zum Trennen von Zirkalloy geeigneten Zerlegeverfahren mit den einzuhaltenden Prozessparametern und Randbedingungen, unter denen ein Metallbrand ausgeschlossen ist. Diese Erkenntnisse dienen unter anderem als Grundlage für den Einsatz und die erfolgreiche Genehmigung der Zerlegeverfahren in zukünftigen Rückbauprojekten.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Literaturrecherche: Zündverhalten von Zirkalloy
- AP2: Literaturrecherche: Anwendungen von Zirkalloy im kerntechnischen Bereich
- AP3: Beschaffung von Probenmaterial
- AP4: Erstellung eines Prozessmodells für die exotherme Zirkalloyreaktion (Metallbrand)
- AP5: Experimentelle Untersuchung der Einflussfaktoren auf die Zündfähigkeit von Zirkalloy
- AP6: Bewertung des Einflusses der Ergebnisse für zukünftige Rückbauprojekte
- AP7: Abschlussbericht

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Bezugnehmend auf Abschnitt 2 wurden folgende Punkte bearbeitet:

- AP1: Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.
- AP2: Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.
- AP3: Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.
- AP4: Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.
- AP5: Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.
- AP6: Die inhaltlichen Auswertungen der Versuchsergebnisse sind abgeschlossen. Die Interpretation der Versuchsergebnisse wurde weitestgehend durchgeführt. Zusätzlich wurde ein Workshop mit der Universität Hannover (Parallelprojekt) durchgeführt, in dem die Ergebnisse der beiden Projekte zusammengeführt und gemeinsame Schlussfolgerungen erarbeitet wurden. Einzelne Detailpunkte bedürfen noch der experimentellen und analytischen Verifizierung.
- AP7: Der Endbericht wird aktuell finalisiert. Hierzu bedarf es der noch ausstehenden Ergebnisse aus Punkt 6.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Finalisierung des Endberichts. Hierzu wird eventuell ein zweiter Workshop mit der Universität Hannover durchgeführt werden

Vorbereitung von Veröffentlichungen. Der erste Abstract (gemeinsame Veröffentlichung von NUKEM Technologies und der Universität Hannover) wurde für die KONTEC 2015 bereits eingereicht. Eine Entscheidung über die Annahme steht noch aus.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Jakob, H.; Petersen, M.; Köhler, A.; Bach, Fr.-W.; Hassel, T.; Brüggemann, P.; Bienia, H.; Brähler, G.: Zirkoniumlegierungen universell und sicher schneiden – ZIRKUSS. KONTEC 2013 – Tagungsband. 11. Internationales Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle“ einschließlich 11. Statusbericht des BMBF „Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen“; Hamburg; KONTEC Gesellschaft für technische Kommunikation mbH; S. 612–626

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9032B</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Zerlegung von Reaktorkomponenten aus Zirkalloy beim Rückbau kern-technischer Anlagen (ZIRKUSS)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.06.2012 bis 31.05.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2014 bis 31.05.2014	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 552.456,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Bach	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Mit den heute zur Verfügung stehenden thermischen Schneidverfahren ist es möglich, eine Vielzahl metallischer und teilweise nichtmetallischer Werkstoffe zu trennen. Vor allem bei der Verschrottung von Anlagen, bei der die Schnittkantenqualität eine untergeordnete Rolle spielt, stehen eine große Anzahl von Verfahren zum Teil variantenreich zur Verfügung. Herausforderungen stellen komplexe Geometrien, Verbundwerkstoffe oder Werkstoffe dar, zu denen nicht ausreichend Schneidparameter oder Prozesskenntnisse vorliegen. Anlagen oder Bauteile auf die diese Eigenschaften zutreffen, findet man vor allem beim Rückbau kerntechnischer Anlagen. Generell können hierbei zwar alle Anlagen und Maschinen zerlegt werden, jedoch zum Teil nur mit hohem zeitlichem, technischem und finanziellem Aufwand.

Ein Beispiel für einen Rückbauprozess, der hinsichtlich der verwendeten Technologie noch großes Potential für eine Effizienzsteigerung und somit eine Kostenreduzierung besitzt, ist die Zerlegung von Strukturen aus Zirkalloy. Bauteile aus Zirkalloy werden aufgrund des geringen Neutroneneinfangquerschnittes dieser Legierung und ihrer sehr guten Korrosionsbeständigkeit u. a. in den Hüllrohren der Brennstäbe sowie in bestimmten Reaktoreinbauten verwendet.

Aufgrund von Sicherheitsbedenken bezüglich der beim thermischen Schneiden entstehenden Zirkalloy-Stäube, welche einen Brand auslösen könnten, wurden thermische Schneidverfahren bei der Ausschreibung solcher Zerlegaufgaben bisher ausgeschlossen, obwohl bislang keine systematischen wissenschaftlichen Untersuchungen zu den Eigenschaften der beim thermischen Schneiden entstehenden Stäube existieren.

Die Zerlegung von Strukturen aus Zirkalloy erfolgt somit bisher rein mechanisch mittels hydraulischen Scherens oder Sägens, wobei ebenfalls Späne entstehen. Zum Einsatz mechanischer Trennverfahren müssen die Manipulatoren deutlich höhere Tragkräfte und Steifigkeiten aufweisen, als bei der Verwendung von thermischen Verfahren, welche weitgehend rückstellkraftfrei arbeiten. Die hohen Schneidleistungen, die hohe Wirtschaftlichkeit und die geringen Anforderungen an die Manipulatoren, welche an thermische Schneidverfahren gestellt werden, führen zu einem sehr verbreiteten Einsatz im Rückbau. Durch den Einsatz von thermischen Verfahren an Bauteilen aus Zirkalloy könnte der Zeit- und Kostenaufwand zum Zerlegen dieser Bauteile deutlich reduziert werden.

Vor diesem Hintergrund ist es das Ziel des Forschungsvorhabens, das Prozessverhalten und die Prozessemissionen beim thermischen Trennen von Zirkalloy wissenschaftlich zu untersuchen, um möglicherweise zukünftig den Einsatz thermischer Verfahren für die Zerlegung von Strukturen aus Zirkalloy zu ermöglichen.



## **2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete**

- Anlagenaufbau und Vorversuche.
- Schneidversuche an Atmosphäre: Es werden Schneidversuche durchgeführt mit einem mechanischen Trennverfahren und etablierten thermischen Schneidverfahren.
- Schneidversuche unter Wasser: Die Versuche aus dem vorherigen Arbeitspaket werden unter Wasser durchgeführt.
- Emissionsmessungen an Atmosphäre: Die Schneidverfahren werden mit den ermittelten Parametern auf deren emittierten Emissionen untersucht. Neben deren Emissionsrate werden die Partikelgrößenverteilung und die entstehenden Gase analysiert.
- Emissionsmessungen unter Wasser: Analog zum vorhergehenden Arbeitspaket.
- Ableiten von Bearbeitungshinweisen.

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

- Die Untersuchungen mit den mechanischen Trennverfahren unter Wasserabdeckung und an Atmosphäre wurden abgeschlossen. Die Untersuchungen unter Wasserabdeckung zeigten, dass beim Trennschleifen etwa 46 % mehr Masse pro Schnittlänge ausgetragen wurde. Die Maximalwerte der Partikelgrößenverteilung beim Sägen lagen zwischen 250 und 355  $\mu\text{m}$ . Beim Trennschleifen lagen die Maximalwerte zwischen 20 und 32  $\mu\text{m}$ . Die erzeugten Partikel waren überwiegend nicht oxidiert bei beiden Verfahren, wodurch das Risiko einer exothermen Kettenreaktion der Partikel besteht. Somit birgt, beim Trennen von Bauteilen aus Zirkalloy, das Trennschleifen ein größeres Gefahrenpotential als das Sägen.
- Die Untersuchungen zum Plasmaschneiden unter Wasserabdeckung und an Atmosphäre wurden abgeschlossen. Es zeigte sich, dass die Zirkoniumproben mit sehr hohen Schneidgeschwindigkeiten an Atmosphäre getrennt werden könnten. Es konnten Proben mit 15 m/min sicher getrennt werden (Vergleichswert Baustahl bei gleichen Prozessparametern: ca. 5 m/min).
- Die Untersuchungen zum Hot-Wire-Plasmaschneiden unter Wasserabdeckung und an Atmosphäre wurden abgeschlossen.
- Die Untersuchungen zum autogenen Brennschneiden unter Wasserabdeckung und an Atmosphäre wurden abgeschlossen.

## **4. Geplante Weiterarbeiten**

- Auswertung der aufgenommenen Messwerte.
- In einem Workshop werden die Forschungsergebnisse mit dem Kooperationspartner NUKEM Technologies diskutiert, bewertet und eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt.
- Erstellung des Abschlussberichtes.

## **5. Berichte, Veröffentlichungen**

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Temp- lergraben 55, 52062 Aachen		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 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> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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 Dosisleistungsatlant 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 konzentrierten sich die durchgeführten Arbeiten auf folgende Aufgaben bzw. Entwicklungen:

- Einsatz des FW-CADIS-Verfahrens zur Simulations- und Konvergenzbeschleunigung für Neutronentransport- und Fluenzberechnungen
- Ergänzung und Vervollständigung der neuen anlagenspezifischen Wirkungsquerschnitts-bibliothek ACT-DIDO
- Entwicklung einer modularen Programm-Routine für die Kopplung des MCNP- und ORIGEN-Programms

- Voxalisierung bzw. Nodalisierung der Komponenten und Strukturen für die Zuordnung der Meshelemente des Reaktormodells und der Materialzonen

Im Zuge der Projektentwicklung stellte sich heraus, dass der Einsatz des MCNP-internen Varianz-Reduktionsverfahrens (für die Steuerung der Ereignisdichte und der Simulationsbeschleunigung) eine begrenzte Erweiterung der Reichweite des Neutronenflusses erlaubt und für entfernte Strukturen effizientere Verfahren einzusetzen bzw. zu entwickeln sind. Aus diesem Grund wurde das innovative FW-CADIS-Verfahren (Forward Consistent Adjoint Driven Importance Sampling) herangezogen, welches in der MAVRIC-Sequenz des Programmpakets SCALE-6 integriert ist. Nach diesem Verfahren wurde -anhand von Adjoint- und Vorwärtsberechnungen und unter der Anwendung entsprechendem Bewichtungsalgorithmus- die optimale Importance-Verteilung für das gesamte Modell des Reaktorblocks generiert. Damit gelang es auch, die Fluenzverteilung als Grundlage der Aktivitätsberechnungen in hoher statistischer Sicherheit und Genauigkeit im gesamten Meshgitter des Reaktorblocks, auch in den entfernten Strukturen, zu bestimmen.

Im Hinblick auf die Simulation der Aktivitätsverteilung war die Entwicklung einer Programm- bzw. Interface-routine notwendig, deren Aufgabe in der Kopplung der detaillierten Fluenzverteilung aus MCNP-Simulationen und der einzelnen meshbezogenen Aktivitätswerte aus dem Programm ORGEN bestand (Programm: AKTIV-AID). Dadurch wurde die Durchführung automatisierter Aktivierungsberechnungen für den Reaktorblock in hohem Detaillierungsgrad auf Meshelementebene ermöglicht. Da für die Bestimmung der Aktivitätsverteilungen das Volumen und die Materialzusammensetzung jeder einzelnen Aktivierungsmeshelemente im Gesamtmodell (3 Mio. Meshelemente) benötigt werden, wurde die P-Track-Funktion des MCNP-Programms herangezogen und eingesetzt. Damit wurde die Verknüpfung zwischen dem Geometriemodell, der Materialverteilung und dem 3D Fluenzprofil auf Meshelementebene erstellt. Zur Prüfung der Funktionalität der Routine bzw. der Programmmodule wurden die ersten Tests am Beispiel des Reaktormodells des Forschungsreaktors FRJ-2 durchgeführt und die ersten 3D-Verteilung der Gesamtaktivität produziert.

Ergebnisse:

- Einsatz der FW-CADIS-Methode zur Generierung optimaler Varianz-Reduktionsparameter für Konvergenzbeschleunigung sowie Berechnung der Fluenzverteilung im gesamten Reaktorblock in hoher geometrischer Auflösung und numerischer Genauigkeit
- Entwicklung und Test einer modularen Programm-Routine (AKTIV-AID) zur Kopplung der Fluenzberechnungen und der ORIGEN-Simulationen für automatisierte Aktivitätsberechnungen auf der Meshelementebene im gesamten Reaktorblock
- Einsatz von Open-Source-Programmen bzw. -Graphikmodulen zur 3D-Visualisierung bzw. -Darstellung der Fluenzverteilung im gesamten Reaktorblock einschließlich der äußeren Strukturen.

#### 4. Geplante Weiterarbeiten

- Unter dem Einsatz der entwickelten Programmroutine AKTIV-AID und der vorliegenden Fluenzverteilung werden hochaufgelöste Aktivitätsberechnungen durchgeführt. Die Ergebnisse werden in Form einer 5-dimensionalen Datenbibliothek für den jeweiligen zellbezogenen Isotopenvektor, die Emissionsspektren und Quellintensität vorliegen
- Weiterentwicklung und Abschluss des Visualisierungsprogramms, welches die Darstellung der Aktivitätsverteilung in Form von hochaufgelösten Aktivitätsatlanten zur weiteren Auswertung, Analyse und Verwendung eingesetzt wird
- Im Hinblick auf die Verifizierung der Rechenmodelle werden darüber hinaus die Ergebnisse nuklidbezogener Simulationsrechnungen mit den am FRJ-2 durchgeführten Aktivitätsmessungen verglichen
- Ferner werden die Ergebnisse der Aktivitätsberechnungen bzgl. der lokalen Emissionsspektren und Strahlungsintensität der Radionuklide und Aktivierungsprodukte für spätere Berechnung der Strahlenfelds bzw. der Dosisleistungsverteilungen analysiert und in Form einer Quelltermdatenbank zusammengestellt.

#### 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
- F. Abbasi, et al.: Effizienzsteigerung von MCNP-Berechnungen für ein optimales Rückbauverfahren durch die Anwendung des Quelltermverfahrens, Jahrestagung Kerntechnik, Mai-2013, Berlin
- D. Winter, et al.: Detailliertes Modell für die Simulation von Aktivitätsverteilung und Ortsdosisleistungen für den Forschungsreaktor FRJ-2, International J. for Nucl. Power (ATW), Ausgabe 11, Nov. 2013

<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> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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

Im Berichtszeitraum wurden Nachmessungen von Np-237 am Forschungsreaktor in Budapest durchgeführt und ausführlich ausgewertet. Zusammen mit den Ergebnissen von Pu-242 und Am-241 werden diese z. Z. in der Doktorarbeit von Herrn Christoph Genreith dokumentiert. Es konnten zusätzlich Neutronenseparationsenergien für Np-237 in Übereinstimmung mit Literaturwerten und für Pu-242 konnte eine signifikante Verbesserung der existierenden Literaturwerte erzielt werden. Zusätzlich wurden die  $P\gamma$  Werte ( $\gamma$ -Intensität pro neutron capture) für Pu-242 und aus dem  $\beta$ -Zerfall von gebildetem Pu-243 die (bisher nicht bekannten)  $P\gamma$

Werte ermittelt werden. MCNP Simulationen wurden zur Neutronenabsorptionskorrektur durch das Proben- und Verpackungsmaterial durchgeführt.

Die Vorbereitungen zum Aufbau des Fast-Neutron PGAA Messgerätes am FRM II sind kurz vor dem Abschluss. Verzögerungen ergaben sich durch Lieferverzögerungen von Material, das zur Erstellung der Abschirmung des Ge-Detektors – der mittlerweile repariert und voll funktionstüchtig zur Verfügung steht – und des Neutronenkollimators benötigt wird. Die Simulationen zum Kollimator ergaben eine optimale Konfiguration, wenn zweistufig gearbeitet wird; ein Grobkollimator im Strahlkanal und zusätzlich ein Feinkollimator am Strahlausgang. Beide Kollimatoren werden in Schichten aus PE, B<sub>4</sub>C und Reinstblei ausgeführt und mit PE Schrauben miteinander verankert. Nach der Reaktorpause zwischen Februar 2014 bis August 2014 werden alle am FZJ hergestellten Teile nach Garching transportiert und vor Ort installiert.

#### 4. Geplante Weiterarbeiten

- Fertigstellung der Doktorarbeit von Herrn C. Genreith und Vorlage an der RWTH Aachen. Anschließend werden die Ergebnisse in Publikationen veröffentlicht.
- Nachmessung einer stärkeren Am-241 Probe mit 10 - 20-facher Aktivität am FRM II.
- Messung von radioaktivem Edelgas Kr-85 in speziell angefertigten Quarzkolben mit thermischen Neutronen.
- DICEBOX Simulationen von Np-237 und Am-241.
- Aufbau und Test der Messapparatur für PGAA mit Spaltneutronen am FRM II.

#### 5. Berichte, Veröffentlichungen

C. Genreith, M. Rossbach, E. Mauerhofer, T. Belgya, G. Caspary: First results of the prompt gamma characterization of <sup>237</sup>Np. NUKLEONIKA 2012;57(4):443–446

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

C. Genreith, M. Rossbach, Zs. Revay, P. Kudejova: Determination of thermal (n,γ) cross sections of <sup>241</sup>Am using cold neutron beam at FRM II. Submitted: Nucl. Data Sheets 2013

C. Genreith, M. Rossbach, Zs. Revay, P. Kudejova: Determination of (n,γ) Cross Sections of <sup>241</sup>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: <sup>241</sup>Am: a difficult actinide for (n,γ) cross section measurement. CERN publication, Genf (2014)

<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)		
<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> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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 prompte 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

- Die Niedrig-Untergrund-Zählkammer wurde neben dem PGAA Instrument aufgebaut und auf ein sehr niedriges Untergrundsignal hin optimiert (weniger als 2 cps, counts per second). Dem Plan folgend, haben wir die Zählkammer mit den präzisen Kalibrierquellen des Jülich-Partners kalibriert. Die Kalibrierung der PGAA-Anlage mit den gleichen Quellen wurde ebenfalls durchgeführt und wird vor der nächsten Messkampagne wiederholt, da sich der Aufbau verändert hat. Wir erwarten eine weitere Verringerung des Messuntergrunds.
- Die PGAA-Anlage wurde teilweise umgebaut, wodurch wir ein noch besseres „Signal-to-Noise“ Verhältnis erwarten (bessere Präzision der Messungen).
- In einem Projektreffen in Jülich vom 1. – 2. April wurden Verbesserungen für das Kollimator-design für PGAA mit schnellen Neutronen erarbeitet. Die Änderungen wurden beim anschließenden Treffen in Garching vorgestellt (21. – 22.5.) und mit dem Instrumentverantwortlichen vom Instrument MEDAPP (F. Wagner) vor Ort detailliert geprüft.

- Die bis jetzt erreichten Ergebnisse wurden auf der Konferenz „RadChem 2014“ in Marienbad durch Zs. Revay vorgestellt.

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

- Fünfte Messkampagne für die neue und stärkere  $^{241}\text{Am}$ -Proben (vorbereitet bei PTB) sind auf September-Oktober 2014 verschoben worden. Vor der Messung wird die PGAA-Anlage wieder mit den präzisen Quellen aus Jülich kalibriert.
- Die neue Zählkammer wird für die Zerfallsmessungen von aktivierten  $^{241}\text{Am}$ -Proben zum ersten Mal benutzt.
- Messung von partiellen Neutronenwirkungsquerschnitten am 85-Kr (Gas), Spaltprodukt von 235-U.
- Beginn des Aufbaus von Fast-PGAA am NECTAR/MEDAPP mit Jülicher Kollegen und Instrumentenverantwortlichen von NECTAR/MEDAPP.

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

Zsolt Revay, Petra Kudejova, Krzysztof Kleszcz und Stefan Soellradl: Prompt Gamma Activation Analysis and In-Beam Activation Analysis at FRM II (eingeladener Vortrag), 17th Radiochemical Conference, 11.-16.05.2014, Mariánské Lázně, Czech Republic

K. Kleszcz, Zs. Revay und P. Kudejova: In-beam neutron activation analysis at FRM II, Garching (Poster), 17th Radiochemical Conference, 11.-16.05.2014, Mariánské Lázně, Czech Republic

Zs. Revay: In-beam neutron activation analysis in high-flux cold neutron beams, Vortrag am 2.4.2014 im Forschungszentrum Jülich

<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 30.09.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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: Ingenieurwesen: Weiterführung des Literaturstudiums zu den Themenbereichen Zukunftsforschung, Szenariotechniken und sozialwissenschaftlicher Forschung. Durchführung der schriftlichen Befragung, der in den Rückbau eingebundenen Mitarbeiter und Firmen, innerhalb eines Untersuchungsstandortes sowie eines Referenzstandortes.
- AP1: Humangeographie: Weiterführung des Literaturstudiums zu Netzwerkforschung und weitere Einarbeitung in die Methodik der Zukunftsforschung (Szenariotechnik, explorativ empirisch-analytisches Vorgehen, normativ-intuitives Vorgehen, normativ-narrative Szenarien). Durchführung des studentischen Praktikums Ende Februar an den Untersuchungsstandorten (Biblis, Neckarwestheim, Obrigheim und Philippsburg). Die Vorbereitung und Durchführung eines studentischen Praktikums im Sommersemester 2014 am Standort Karlsruhe haben stattgefunden.
- AP2: Durchführung der Feldphase im März (Gemeindefragebogen), Scan der Fragebögen und Korrektur im April und Mai. Erstellung der Rohdaten und Umwandlung in SPSS-Format im Juni.
- AP2+AP3: Durchführung der qualitativen (Experten-) Interviews mit den Akteuren in den Gemeinden Biblis, Obrigheim und Philippsburg. Transkription (Verschriftlichung) der Interviewdateien und Aufbereitung für die Auswertung in MaxQDA.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Ingenieurwesen: Auswertung der Befragungen innerhalb o. g. Standorte. Zusammenstellung der tatsächlich angefallenen Rückbaudauer und –kosten und der Vergleich der während der Planung angesetzten Daten. Untersuchung der möglichen Auswirkungen. Ziel ist der Erhalt von Zwischenergebnissen zur Weiterverarbeitung.
- AP1: Humangeographie: In der Humangeographie sind die Weiterführung der o. g. Literaturstudien, die Vorbereitungen eines weiteren studentischen Praktikums am Standort Karlsruhe KIT (Campus Nord und Campus Süd) und die endgültigen Auswahl der Analysetechniken und die Erstellung eines Analysekonzepts für die quantitativen Daten geplant. Für den qualitativen Teil steht im nächsten Schritt die Auswertung der Daten in MaxQDA an, entsprechend der relevanten Fragen für die Szenarioentwicklung. Ebenso stehen die weitere Koordination der beiden Teilprojekte und das AP2 (Humangeographie & Ingenieurwesen) im Vordergrund.

Fortführung gemeinsames Arbeitspaket: Weiter Sondierung und theoretische-methodische Auswahl im Rahmen der narrativen Szenarien. Sobald erste Daten aus den zwei Teilbereichen vorliegen müssen diese über Mixed Methods miteinander verschränkt und in die Szenarioentwicklung eingepflegt werden.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> AREVA GmbH, Paul-Gossen-Str. 100, 91052 Erlangen		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9072A</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Automatisierte Zerlegung von Reaktordruckbehältereinbauten mit Hilfe von Unterwasser-Robotertechnik (AZURo)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.10.2012 bis 30.09.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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

- AP1.1+1.2: Das Pflichtenheft wurde erstellt und mit dem Projektpartner abgestimmt.
- AP1.3: Für das Robotersystem wurde ein umfangreiches Sicherheitskonzept für den Einsatz in einem Kernkraftwerk erarbeitet.
- AP1.4+1.5: Zur Erweiterung des Arbeitsraumes gemäß dem Referenzszenario wurden Angebote für eine Linearachse eingeholt und auf Erfüllung der Anforderungen geprüft.
- AP2.1: Ein erster Entwurf des GUI (mit Simulationsumgebung) ist größten Teils erstellt worden.
- AP2.2: Das Konzept zur Anbindung des Masterarms an die Robotersteuerung ist weitgehend umgesetzt worden. Weiterhin wurde ein Konzept zur Kommunikation zusätzlicher Applikationen am Roboterarm (Tool-Kamera, Greifer-Sensoren, etc.) mit der Steuerung erstellt.
- AP2.3+2.4: Zum Einmessen des Robotersystems in seine Umgebung wurde ein Lasersensor beschafft. Ein Entwurf für einen Editor zum einfachen Erstellen und Anpassen von Programmen wurde erarbeitet und mit dem Projektpartner abgestimmt.
- TP4: Die Mock-Ups wurden teilweise gefertigt. Zur Ermittlung der maximalen Tragfähigkeit des Roboters wurde ein Versuchsprogramm erarbeitet.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1.3: Es wird damit begonnen, die identifizierten Interventionen in der Praxis zu testen. Hierzu sind entsprechende Entwicklungen und Hilfsmittel erforderlich.
- AP1.4: Die Linearachse ist zu beschaffen und zu modifizieren.
- AP2.1: Das GUI wird fertig gestellt und getestet.
- AP2.2: Die begonnenen Arbeiten hinsichtlich Kamerasystem und Masterarm werden fortgeführt. Das Konzept zur Kommunikation zusätzlicher Applikationen wird umgesetzt.
- AP2.3+2.4: Das Einmessen mittels Lasersensor wird umgesetzt. Das Konzept für den Programmeditor wird umgesetzt.
- TP4: Die Abnahme des Robotersystems entsprechend der Vorgaben wird begonnen.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

VDI-Nachrichten (30.05.2014), Internetauftritt AREVA (Reiter: Innovationen)

<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> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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 (semi-)automatisierten 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

- AP1.2: Das Pflichtenheft wurde finalisiert und von beiden Projektpartnern abgenommen. Dadurch ist dieses AP abgeschlossen.
- AP2.1: Zur Echtzeit-Kollisionsüberprüfung wurde eine Simulationsumgebung aufgebaut. Sie enthält alle wichtigen Komponenten und bildet den Handhabe- und Zerlegeprozess eines Steuerstabführungsrohres ab. Des Weiteren wurde ein Steuerungskonzept entworfen, mit welchem die GUI, der Masterarm, der Roboter und die Simulationsumgebung miteinander verknüpft wurden. Dieses wurde prototypisch umgesetzt.
- AP2.2: Das Unterwasser-Kamerasystem, mit welchem Echtzeit-Daten aus dem Blickwinkel des Roboter-TCPs gewonnen werden sollen, wurde aufgebaut. Des Weiteren wurden Mock-Ups gefertigt, mit denen Versuche durchgeführt werden, anhand derer die Leistungsfähigkeit bestimmt und Optimierungsmaßnahmen abgeleitet werden.  
Ein Beleuchtungskonzept wurde evaluiert und befindet sich zurzeit im Aufbau. Des Weiteren wird eine Halterung zur Anbindung der Kamera an den Roboter aufgebaut.
- AP2.3, 2.4: Die initiale Version der Software zur Benutzung des Masterarms wurde finalisiert, womit der erste Teilschritt erfolgt ist. Das System wurde nach Erlangen zurücktransportiert, wo es anschließend an das Roboter-System angebinden wurde.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- AP2.1: In weiteren Schritten wird überprüft, wie das Kamerasystem an das Steuerungssystem angebinden werden kann. Dazu sollen mehrere Konzepte evaluiert und das geeignetste umgesetzt werden.
- AP2.2: Nach Durchführung von Tests erfolgt eine Einschätzung der Leistungsfähigkeit des Kamera-Systems, woraus ein Optimierungspotenzial und Maßnahmen abgeleitet werden.  
Das Beleuchtungssystem soll final aufgebaut und in das wasserdichte Kameragehäuse integriert werden. Die Beleuchtung soll über eine PWM-Steuerung dimmbar sein. Diese Funktion ist in der Bildverarbeitungslogik zu implementieren. Das Konzept für die Kamerahalterung wird finalisiert und aufgebaut. Es erfolgt die hardwaretechnische Integration des Systems an den Roboter.
- AP2.3, 2.4: Die Leistungsfähigkeit des Masterarm-Programms wird evaluiert und daraus ggf. ein Optimierungsbedarf abgeleitet. Des Weiteren wird evaluiert, ob der Einsatz einer Kraftmessdose die Fähigkeiten des Roboters erweitern kann. Abhängig davon müssen ggf. weitere Schritte zur Anbindung des Masterarms an die Dose unternommen werden. Um nach dem Einsatz des Masterarms in einem laufenden Programm wieder den Roboter in einen automatisierten Betrieb verfahren zu lassen, müssen Wiedereinstiegspunkte definiert werden, an denen der Roboter mit seinen Arbeiten weiter arbeiten kann.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

<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> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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.:

- Planung, Organisation und Durchführung des zweiten AP-Bearbeiter-Treffens (Goslar, 19.-21.03.2014)
- Fertigstellung des ENTRIA-Memorandums
- Bereitstellung von Informationen auf der Projekt-Website in englischer Sprache
- Weiterentwicklung des Konzepts „Risiko-Landschaft“
- Entwicklung von Prämissen für den Umgang mit Risiken bei ENTRIA
- Vortrag im Rahmen der Veranstaltungsreihe "Bis in alle Ewigkeit?" im Niedersächsischen Umweltministerium (23.06.2014)

- Weiterentwicklung der Softwareplattform RESUS: grafische Nutzeroberfläche, verbesserter Datenexport, Implementierung weiterer Samplingmethoden
- Untersuchungen zur pflanzlichen Wechselwirkung mit Uran

Vertikalprojekte, u. a.:

- Weiterentwicklung und Dokumentation generischer Tiefenlagermodelle
- Retrospektive Analyse des TSDE-Experiments (Erhitzerversuch in der Asse) mittels eines 3D-Berechnungsmodells zur Validierung von Materialkennwerten für die geologische Barriere
- Durchführung eines Benchmarks der 2D- und 3D-Simulationen für das Wirtsgestein Steinsalz
- Implementierung und Verifizierung eines Stoffmodells für das Verfüllmaterial Bentonit
- Systematische Untersuchung der Fällungsbedingungen von K-Mg-Salzen im quinären System
- Definition von Kriterien und Charakteristika zur Beschreibung von Behälterkonzepten
- Ergänzung der Gegenüberstellung verschiedener Konstruktionsprinzipien und Sicherheitskonzepte
- Beurteilung der Langzeitstabilität mineralischer Baustoffe in Bezug auf Alterungsprozesse, insbesondere unter Einwirkung erhöhter Temperaturen und ionisierender Strahlung

#### 4. Geplante Weiterarbeiten

Transversalprojekte, u. a.

- Entwicklung und Adaption interdisziplinärer Arbeitsmethoden
- Erarbeitung einer Synthese zum gesellschaftlichen Risikoverständnis
- Kommentar zum Standortauswahlgesetz
- Aufsatz, Workshop und Tagungsband mit Dokumentation zu Grenzwertfestsetzungen in der StrlSchV

Vertikalprojekte, u. a.

- Numerische Modellierungen generischer Tiefenlagermodelle
- Laboruntersuchungen zum Zweiphasenfluss bzw. der Porendruckentwicklung im Versatzmaterial
- Laboruntersuchungen zur Quellfähigkeit von Bentonit
- Bestimmung geomechanischer Parameter aus der Fladentonsteinserie (Proben Schacht Konrad)
- Fortführung der Bestimmung von Verteilungskoeffizienten von Spurenelementen in salinaren Lösungen
- Zusammenstellen unterschiedlicher Rückholkonzepte
- Beschreibungen von Wechselwirkungen zwischen Abfall, Behältersystem und –umgebung, mögliche Monitoringverfahren sowie Handlungsszenarien
- Erstellung eines Dossiers zu europäischen Zwischenlagern unter Einbeziehung von bautechnisch-semanticen Erläuterungen der Begriffe Risiko, Sicherheit und Zuverlässigkeit

#### 5. Berichte, Veröffentlichungen

- Röhlig, K.-J. et al.: Memorandum zur Entsorgung hochradioaktiver Reststoffe, Hannover, April 2014
- Stahlmann, J. et al.: Comparison of Triaxial Strength Tests of Clean Halite and Argillaceous Halite from the WIPP. Proc. 48th US Rock Mechanics/Geomechanics Symposium, Minneapolis, MN, USA, June 1-4 2014
- Blanco Martín, L. et al. (2014): Comparison of two modeling procedures to evaluate thermal-hydraulic-mechanical processes in a generic salt repository for high-level nuclear waste. Proc. 48th US Rock Mechanics / Geomechanics Symposium, Minneapolis, MN, USA, June 1-4 2014
- Hohmuth, T.: Die atomrechtspolitische Entwicklung in Deutschland seit 1980, 2014
- Smeddinck, U.: Elemente des Standortauswahlgesetz zur Entsorgung radioaktiver Stoffe – Zuschnitt; Regelungskomplexe und Einordnung, Deutsches Verwaltungsblatt 2014, 408 - 416
- Smeddinck, U.: Das Recht der Atomentsorgung – Gesetzessammlung mit Einführung, 2014
- Smeddinck, U.; Willmann, S.: Die Kommissionsempfehlung nach § 4 Abs. 5 Standortauswahlgesetz – Politikberatung oder Selbstentmündigung des Parlamentes? Europäisches Umwelt- und Planungsrecht 2014, 102 – 111
- Eckhardt, A.; Hocke, P.; Kreuzsch, J.; Marti, M.; Kuppler, S.; Rippe, K. P.: Prämissen für den Umgang mit Risiken bei ENTRIA, Stand Juni 2014
- Marti, M.; Eckhardt, A.: Arbeitsbericht Gesellschaftliche Aspekte des Risikos, Stand März 2014
- Stahlmann, J.; Leon Vargas, R.; Mintzloff, V.: Generische Tiefenlagermodelle mit Option zur Rückholung der radioaktiven Reststoffe, Mai 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> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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“, „Technikfolgenabschätzung und Governance“ und „Interdisziplinäre Risikoforschung“ 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. 140 Seiten liegt vor.

Im AP2 Akzeptanz und Konflikte wurden Herausforderungen durch die Endlagersuche für radioaktive Abfälle insbesondere für den Fall der AKW-Bewegung analysiert. Teil dieser Analyse ist in den Veröffentlichungen wiedergespiegelt. Darüber hinaus wurden Akzeptanz und Konflikte unter dem Gesichtspunkt der Betroffenheit(en) analysiert und in einem Exposé für eine Dissertation (Daniel Häfner) zusammengefasst. Das Exposé wurde mit dem Antrag auf Zulassung zur Promotion beim Prüfungsamt eingereicht.

Im AP3 wurde eine Sichtung der Literatur vorgenommen und ein Konzeptpapier vorbereitet, das zur späteren Analyse der Mehrebenenprozesse in der Endlager-Governance dienen soll. Kleine Ausschnitte davon in den Veröffentlichungen sind wiedergespiegelt.

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 (Frankreich, Finnland). Damit liegen nun 12 Fact Sheets vor. Darüber hinaus wurde eine Matrix mit den Hauptkriterien des Vergleichs für die analysierten Länder entwickelt und teilweise ausgefüllt. Die Arbeit am Sammelband „Nuclear Waste Governance“ wurde intensiviert. Bis



Ende Juni lagen alle 12 Beiträge von internationalen ExpertInnen aus den wichtigsten Europäischen Ländern sowie aus den USA in geprüfter und formatierter Form vor.

Im Rahmen des 19th REFORM Group Meeting in Salzburg (1.-5. September 2014) findet ein zweitägiger Workshop statt. Dieser wurde bis Juni weitgehend vorbereitet. Ländererfahrungen werden 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.

Im AP5 wurden aufgrund der Einsetzung der Endlagerkommission forschungspraktische Korrekturen am Forschungsdesign vorgenommen. U. a. wurde die teilnehmende Beobachtung an den Kommissionssitzungen aufgenommen. Das StandAG wurde analysiert.

Das halbjährliche Kolloquium der geisteswissenschaftlichen DoktorandInnen der ENTRIA-Plattform wurde deutlich erweitert. Mittlerweile sind 15 DoktorandInnen und Postdocs vertreten. Das Kolloquium hat sich interdisziplinär entwickelt und umfasst derzeit Politik- und Sozialwissenschaften, Jura und Geschichtswissenschaften. Es gibt derzeit in der Bundesrepublik kein weiteres Kolloquium, welches sich spezifisch mit den Fragen von Rückbau kerntechnischer Anlagen und „Entsorgung“ radioaktiver Reststoffe aus nicht-technischer Perspektive befasst. Deshalb können diese Aktivitäten als Alleinstellungsmerkmal betrachtet werden.

#### 4. Geplante Weiterarbeiten

In den nächsten sechs Monaten sind folgende Aktivitäten geplant:

- AP1: Organisation und Durchführung eines zweitägigen Workshop von AP3.2.2 mit ENTRIA Partnern in Berlin. Diskussion des Input-Papiers zur Akteursanalyse, 1 - 2 Veröffentlichungen
- AP2: Arbeit zu Akzeptanz und Konflikten insbes. Betroffenheit (Dissertation)
- AP3: Fertigstellung eines Konzeptpapiers zu MLG, Ausarbeitung des theoretischen Rahmens
- AP4: Fertigstellung von weiteren Fact Sheets (Bulgarien, Slowakei, UK). Publikation mit einer ersten Sammlung von 12 - 14 Fact Sheets  
Proceedings (Power Point Präsentationen) des Salzburger Workshop im Internet  
1 - 2 Veröffentlichungen in Fachzeitschriften zum internationalen Vergleich  
Vorbereitung der Edition des Buches „Nuclear Waste Governance: an International Comparison Teil II“ (Springer VS, Energy Policy and Climate Protection)
- AP5: Analyse der Arbeitsweise der Endlager-Kommission. Interdisziplinäre Arbeit mit den RechtswissenschaftlerInnen im ENTRIA Projekt.

#### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Mez, L.; Brunnengräber, A.; Di Nucci, M.R; Schreurs, M. (Eds.) (2014): Nuclear Waste Governance. An International Comparison. Wiesbaden: Springer VS (im Erscheinen).

Schreurs, M.; Brunnengräber, A. (2014): Nuclear Waste Governance as a wicked problem. Perspectives after the Fukushima Nuclear Disaster, in: Mez, L.; Brunnengräber, A.; Di Nucci, M. R; Schreurs, M. (Eds.) (2014): Nuclear Waste Governance: An International Comparison. Wiesbaden: Springer VS (im Erscheinen).

Di Nucci, M. R. (2014): Breaking the stalemate: The Challenge of Nuclear Waste Governance in Italy, in: Nuclear Waste Governance: An International Comparison. Wiesbaden: Springer VS (im Erscheinen).

Isidoro Losada, A. M. (2014): Nuclear Waste Governance in Spain: subject to political capture?, in: Mez, L.; Brunnengräber, A.; Di Nucci, M. R; Schreurs, M. (2014): Governance of Nuclear Waste Management: An International Comparison. Wiesbaden: Springer VS (im Erscheinen).

Brunnengräber, A.; Häfner, D. (2014): Herrschaftsverhältnisse in der Mehrebenen-Governance der nuklearen Entsorgung. In: Zeitschrift für Politikwissenschaft ZfP (Draft liegt vor).

Häfner, D. (2014): Das Standortauswahlgesetz und die Anti-AKW-Bewegung, Forschungsjournal NSB. (Veröffentlichung eingereicht).

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 (im Druck).

Schreurs, M. (2014): The Ethics of Nuclear Energy: Germany's Energy Politics after Fukushima, in: The Journal of Social Science 77 [2014], pp. 9-29.

Di Nucci, M. R., Isidoro Losada, A. M., Brunnengräber, A. (2014): Same, same, but different. Nuclear Waste Governance in Sweden, Finland and France (in Vorbereitung).

<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> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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 Rechtfertigungsrationale für eine konsensuale Endlager-suche. Dazu zählen die Entwicklung von Abwicklungskriterien unter diskursethischen Beurteilungsmodellen sowie die Entwicklung eines Suchprozesses, der von allen Beteiligten als gerecht empfunden werden kann. Des Weiteren stellt die Durchführung eines Verfahrens der Bürgerbeteiligung (Bürgerforum) eine zentrale Wegmarke dar. Unter demokratietheoretischen Gesichtspunkten sollen ferner Konfliktbearbeitung und der Umgang mit Dissensen verbessert werden, um die Legitimität von Entscheidungen zu erhöhen.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Kontinuierliche Erweiterung des Begriffsfeldes um relevante Konzepte sowie die Analyse ihrer Implikationen. Fortsetzung der Archivierung von aktueller Forschungsliteratur.
- Arbeit an einem interdisziplinären Aufsatz zum Verursacherprinzip (gemeinsam mit Ulf Roßegger, erscheint voraussichtlich im Herbst 2014).
- Vortragstätigkeit an der TU München im Rahmen des Moduls Bürgerbeteiligung bei Prof. Dr. Thomas Hamacher.
- Projektstunde zu Umweltethik und Entsorgung radioaktiver Reststoffe mit Schülern eines Vertiefungskurses Ethik am Gymnasium Tutzing.
- Redaktionelle Arbeit am ENTRIA-Memorandum für die Kommission zur Standortauswahl; Erstellen einer Fassung für das Endlektorat.
- Einstellung einer wissenschaftlichen Hilfskraft (Julia Pohlers, BA phil, ab 2/2014) für die Konzeption und Durchführung des Bürgerforums. Kontinuierliche Führung eines Presse spiegels zur Endlagerung und Energiewende.
- Konzeptarbeit am Bürgerforum, Auswahl eines Tagungshotels und Einholung von Angeboten für die Moderation und die Teilnehmerauswahl.
- Organisation und Durchführung von Arbeitstreffen in den Transversalprojekten 2 und 3 am 3. und 4. April 2014 an der CAU Kiel.
- Organisation und Durchführung eines Workshops zur Technikphilosophie für ENTRIA-Wissenschaftler an der CAU Kiel, gemeinsam mit Prof. Dr. Christine Blättler am 12. und 13. Juni 2014.
- Kontinuierliche Mitarbeit am Risikobericht TP4.
- Vorbereitung des nächsten AP-Bearbeitertreffen am 17. - 19. September 2014 in Kiel.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- Durchführung des Bürgerforums Januar - März 2015.
- Oberseminar zur Risikoethik an der CAU für ENTRIA-Wissenschaftler und Studenten.
- Planung einer Session zur Entsorgungsproblematik auf der Annual Conference of the International Society for Environmental Ethics im Juli 2015.
- Veröffentlichungen zu Fragen der intergenerationalen Gerechtigkeit, Protest und Partizipation, Risikoethik, Verursacherprinzip.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Konrad Ott: Handeln auf Probe für die Ewigkeit? Die Einlagerung hochradioaktiver atomarer Reststoffe als eine Generationenaufgabe. In: Nicole C. Karafyllis (Hg.): Das Leben führen? Lebensführung zwischen Technikphilosophie und Lebensphilosophie. Für Günther Ropohl zum 75. Geburtstag. Berlin 2014. S. 239-258.

<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> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

#### ITAS-A / Governance 1:

Fortführung der Gegenwartsdiagnose – insbesondere vertiefende Analyse in Bezug auf das Standortauswahlgesetz, die Endlager-Kommission und Fragen der Bürgerbeteiligung, Überarbeitung des Buchkapitels „Endlager-Governance in Deutschland“ für Brunnengräber et al. (Governance of Nuclear Waste: An International Comparison), Vorbereitung Manuskript zu sozialen Bewegungen im Kontext der Entsorgungsfrage, Vortrag zu Technikfolgenabschätzung und Endlagerpolitik in D und CH auf internationaler wissenschaftlicher Tagung (Wien), Vortrag zu Bedingungen der Akzeptanz eines Endlagers beim Endlager-Symposium 2014 (Düsseldorf).

**ITAS-B / Governance 2:**

Weiterentwicklung Grundkonzeption Schnittstellenanalyse (Rezeption Forschungsliteratur, konzeptionelle Überlegungen und erste Fachgespräche zum Thema „Langzeitinstitutionen und -prozesse“.

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

Überarbeitung des Buchkapitels „Endlager-Governance in der Schweiz“ und Druckvorbereitung für Brunnengräber et al. (Governance of Nuclear Waste: An International Comparison), Werkvertrag Recherchen Factsheet Russland.

**ITAS-E / Interdisziplinäre Zusammenarbeit:**

Recherche und Debatte zur „Risikolandschaft“ nukleare Entsorgung mit AP Eckhardt; Vorbereitung Salzburg-Konferenz 2014, Diskussion zu Schleusenmodell Habermas und Planung TP2-Kooperation, Entwurf eines Manuskripts zum Thema „Inter- und Transdisziplinarität“, Planung weiterer interdisziplinärer Kooperation (mit AP Geckeis), Vortrag zur Komplexität gesellschaftlicher Entscheidungsfindung bei AP-Bearbeitertreffen, Konzeption interdisziplinäres Fortbildungsmodul zu Technikfolgenabschätzung & Governance und erster Testlauf mit S. Chaudry (TU Clausthal), Übernahme Sprechertätigkeit P. Hocke (Vertreter der NTH-externen Projektteams), Kernautor ENTRIA-Memorandum und Mitarbeit im Redaktionsteam der Publikation, Beteiligung an Pressekonferenz bei Übergabe des Memorandums, Mitarbeit an ENTRIA-Öffentlichkeitskonzept.

**Modul ITAS-F / Explorative TA-Mikrostudien:**

Treffen mit Prof. Gentes (KIT, Campus Süd) zum Thema „Robotik und Automatisierung im Rückbau und bei Entsorgungsaufgaben“.

**4. Geplante Weiterarbeiten**

- Fortführung und schriftliche Aufarbeitung der aktualisierten Analyse zur aktuellen Endlagerpolitik und ihrer Problemdefinition,
- Fortführung der Arbeiten zu Monitoring als technisch-sozialem Vorhaben und zur Entwicklung von langfristig agierenden Institutionen, die hochwertige Einlagerung, Überwachung und Entscheidungsprozeduren sicherstellen („long-term stewardship“),
- ITAS-D / internationaler Vergleich: Optimierung der Vergleichskriterien, vertiefende Analysen zu Schweden, erste Leitfaden-Interviews,
- ITAS-F: Beginn der TA-Mikrostudie zu „Bergwerke als technisches Artefakt“,
- Veröffentlichungen (siehe 3.).

**5. Berichte, Veröffentlichungen**

P. Hocke (zus. mit K.-J. Röhlig, H. Budelmann, C. Walther et al.) (2014): Entria-Memorandum zur Entsorgung hochradioaktiver Reststoffe, Hannover, 38 Seiten, April 2014  
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> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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 Abfälle bedingt die Freisetzung von Radionukliden aus dem entsprechenden Lager. Eine Grundvoraussetzung für die radiologische Bewertung einer Entsorgungsoption sind Radionuklidquellterme unter Annahme eines Wasserzutritts zur Abfallform. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass eine Langzeitzwischenlagerung bzw. eine Rückholung von Abfallprodukten aus einem geologischen Endlager zu einer erhöhten Dosisbelastung der Beschäftigten beitragen kann. Im Rahmen des Vorhabens werden zum einen Quellterme für stilisierte Entwicklungen geologischer Endlager in Steinsalz und Tonstein 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 „Radionuklidquellterme für verschiedene Entsorgungsoptionen“ (AP3.4.4) 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 „Individuelle Dosimetrie für Beschäftigte in Entsorgungsanlagen“ (AP3.4.5) beinhaltet Untersuchungen zur Langzeitzwischenlagerung sowie zur Rückholung aus einem geologischen Endlager. Die derzeit übliche Abschätzung der Dosisbelastungen beruflich strahlenexponierter Personen beruht auf der Anwendung herkömmlicher Dosimetriemethoden und gemittelter Messdaten. Die Modellierung von Strahlenfeldern in Lagern für hochradioaktive Abfälle, die Entwicklung angepasster Dosimetriestrategien, die Beschreibung von Beschäftigungsabläufen mit Hilfe von Ablaufsimulationen und MCNP Modellierungen erlauben die Abschätzung Strahlenexpositionen für bestimmte Tätigkeitsabläufe und damit der individuellen Dosisbelastung.

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Dr. Becker, Dr. Pang, Dipl. Ing. Saurí-Suarez und Dipl.-Chem. Schepperle nahmen an der Exkursion zum niederländischen Langzeitzwischenlager HABOG (Februar 2014) und Arbeitspaket-Bearbeitertreffen in Goslar (März 2014) teil.

*AP3.4.4: Status:* Als Grundlage für Radionuklidquellterm-Abschätzungen der drei Entsorgungsoptionen wurden mögliche Entwicklungsphasen und die daraus resultierenden geochemischen Randbedingungen im Nahfeld eines Lagersystems konkretisiert. Die Sichtung von Literatur zu thermodynamischen Daten und geochemischen Parametern zur Tiefenlagerung wurde ausgedehnt. Der Doktorand Julian Schepperle begann experimentelle Arbeiten zur Thermodynamik vierwertiger Actiniden (zunächst Np(IV)), und Dipl.-Min. Christoph Borkel begann seine Mitarbeit im AP3.4.4 mit zweidimensionale Transportrechnungen zur diffusiven Ausbreitung von Pu in einem ungestörten, aber laugengesättigten Tiefenlager im Steinsalz.

*AP3.4.5: Status:* Hector Sauri Suarez begann am 1. März 2014 seine Mitarbeit als Doktorand im Arbeitspaket. Zusammen mit Drs. Becker und Pang führte er Literaturrecherchen zu den Lagerkonzepten, Lagerbehältern und dem zu lagernden Radionuklidinventaren ausgedienter Brennelemente und HAW-Glas durch. In Koordination mit AP3.4.4 wurden Szenarien für die drei Entsorgungsoptionen entwickelt. Zur Simulationen repräsentativer Neutronen- und Gamma-Strahlenfelder der drei Entsorgungsoptionen wurden Informationen zur Auslegung von Tiefen- und Oberflächenlagern zusammengestellt. Beim Arbeitspaketbearbeiter-Treffen in Goslar beteiligte sich Dr. Becker mit einem Vortrag zur Personendosimetrie im Rahmen des interdisziplinären Austauschs von Grundlagenwissen.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Teilnahme aller Arbeitspaketbearbeiter am Treffen des Transversalprojekts interdisziplinäre Risikoforschung sowie Teilnahme von Dr. Metz am Treffen der Leiter des Transversalprojekts mit Bearbeiter(innen) der drei Vertikalprojekte. Beginnend mit den beiden Treffen sollen innerhalb der beteiligten Arbeitspakete Referenzkonzepte und Szenarien der Lageroptionen abgestimmt werden sowie Definitionen zum Themenfeld Risiko / Risikoindikatoren interdisziplinär erarbeitet werden. Diese Referenzkonzepte und Szenarien sind entscheidend für die Randbedingungen der von uns bearbeiteten Arbeitspakete 3.4.4 und 3.4.5.

*AP3.4.4:* Zusammenfassung der bisherigen Resultate und Analyse des eigenen Beitrags zur interdisziplinären Risikoforschung. Das zweidimensionalen Transportmodelle im Wirtsgestein Salz wird um andere relevante Radionuklide ergänzt und die geochemischen und technischen Randbedingungen entsprechend den im letzten Berichtszeitraum ausgewählten Vergleichsszenarien angepasst. Experimentelle Arbeiten zur Thermodynamik der vierwertigen Actiniden werden in der zweiten Jahreshälfte für Np(IV) komplettiert und mit Pu(IV) unter reduzierenden Bedingungen neu aufgenommen.

*AP3.4.5:* Abschluss der Einarbeitung des Doktoranden. Modelltechnische Umsetzung von Arbeitsabläufen von Betriebspersonal zur Einlagerung/Rückholung von Lagerbehältern für Referenzkonzepte zur Tiefenlagerung (mit / ohne Rückholungsoption; zunächst Tiefenlager in Steinsalz). Erstellung von Modellen anhand von Informationen zu Lagerbehältern und deren Radionuklidinventaren sowie Informationen zu Bewegungsabläufen der Beschäftigten in typischen Szenarien. Erste Simulationen repräsentativer Strahlenfelder in Tiefenlagern. Entwicklung einer analytischen Methodik zur Abschätzung der Personendosis während Bewegungsabläufe.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

ENTRIA 2014: Memorandum zur Entsorgung hochradioaktiver Reststoffe. Klaus-Jürgen Röhlig et al., Hannover (Mitautoren sind Horst Geckeis und Volker Metz).

<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> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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**

In dem durch die Kraftanlagen Heidelberg GmbH (KAH) federführend bearbeiteten AP1 wurde der Fragenkatalog an die Kraftwerksbetreiber in Kooperation mit den Projektpartnern erstellt. Die Durchführung der Umfrage sowie die Erstellung eines Lastenheftes und der ersten Version eines Pflichtenheftes erfolgten ebenfalls durch die KAH. In gemeinsamen Diskussionsrunden aller Beteiligten wurden im weiteren Verlauf Unterpunkte des Pflichtenheftes spezifiziert und fortgeschrieben. Die endgültige Festschreibung des Pflichtenheftes ist bis dato noch nicht erfolgt, da zusätzlich Ergebnisse der nachfolgenden Arbeitspakete einfließen werden.

Durch das KIT erfolgte im Rahmen der AP-Unterstützungen für die Detektions- bzw. Schneidtechnologien (AP2 bis AP4) eine Konzeption von Probekörpern in Abstimmung mit den jeweiligen AP-Verantwortlichen. Nach Herstellung der Probekörper wurden diese dann für die weitere Verwendung entsprechend dem Versuchsprogramm übergeben.

Im AP2 wurden diverse Detektionsverfahren sondiert und eine Bewertung verschiedener Kriterien durchgeführt. Des Weiteren wurden erste Grundlagenversuche mit in der Praxis verfügbarer Technik unternommen, um eine Übernahme bestehender Lösungsansätze zu prüfen. Weiterhin wurden Konzepte für einen Teststand erstellt, mit dem verschiedene Detektionsverfahren einzeln bzw. kombiniert getestet sowie die Messdaten ausgewertet werden. Der Teststand befindet sich derzeit in der Konstruktions- und Fertigungsphase.

Weiterhin wurden am KIT Probekörper für Sonderfälle gefertigt, z. B. einbetonierte Ankerplatten, an denen verschiedene Abtragstechnologien/ -strategien erprobt werden.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Durch das KIT erfolgen weiterhin Mitwirkungen bei der Abstimmung der offenen bzw. nicht festgeschriebenen Punkte und Fertigstellung des Pflichtenheftes.

Im Rahmen des AP2 werden durch das KIT die Fertigung und der Aufbau des Teststandes für die Detektionsverfahren fortgesetzt. Im Nachgang erfolgt die Implementierung der Mess- / Regelungstechnik. Gleichzeitig werden anhand der erfolgten Bewertung bestimmte Detektionsverfahren weiterverfolgt bzw. entwickelt. Anschließend soll ein entsprechendes Testprogramm erstellt und mit der Versuchsdurchführung für die Detektion begonnen werden.

Des Weiteren werden im Rahmen der Unterstützung für das AP4 Grundlagenversuche für das Abtragen von unbewehrtem Beton durchgeführt und ausgewertet. Gleichzeitig werden die Abtragstechnologien/ -strategien für die Sonderfälle weiter untersucht und bewertet.

Mit Fortschritt der AP2 bis 4 sowie Festlegung der entsprechenden Abtragsstrategie können erste Entwürfe für das Abtragswerkzeug / den Demonstrator erstellt und Konzepte für die erforderliche Steuer- und Regelungssysteme abgeleitet werden.

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

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Herrenknecht AG, Schlehenweg 2, 77963 Schwanau		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9093B</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.10.2013 bis 30.09.2016	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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 erste Halbjahr 2014 war inhaltlich geprägt durch die Bearbeitung des AP1 sowie dem Beginn der Arbeiten in AP2, AP3 und AP4.

Gerade im AP1, welches federführend durch die Kraftanlagen Heidelberg GmbH bearbeitet wurde, konnte durch eine gezielte Befragung von Kraftwerksbetreibern die Anforderungen an ein Abtragsgerät entsprechend der Projekt-Zielsetzung ermittelt werden. Dadurch war es möglich, ein ausführliches Lastenheft zu erstellen, das die Basis für die nachfolgenden Arbeitspakete und das Endsystem bietet. Durch die kontinuierliche, projektinterne Diskussion wurde die Vorgehensweise der weiteren Arbeitspakete abgestimmt und die Bearbeitung begonnen. Das wesentliche Augenmerk lag dabei in der Ermittlung einer geeigneten Schneidstrategie, welche es ermöglicht, Stahlbeton sowie verschiedene Einbauten (Dübel, Ankerplatten, Hal-fenschienen etc.) abzutragen bzw. aus der Bauwerksstruktur zu entfernen. Hierzu wurden mehrere Varianten anzutreffender Abtragsaufgaben klassifiziert und Abtragsszenarien erstellt. Der Hauptfokus der Herrenknecht AG lag in der Bearbeitung des AP4 (Schneidtechnologie aktivierte Hinterschneidtechnik), welches sich alleinig auf der Entwicklung einer Schneid-technologie zum Betonabtrag beschränkt. Durch die umfangreiche Betreiberbefragung in AP1 konnte das Wissen über den Bedarf, die möglichen Einsatzgebiete und das Arbeitsumfeld eines neuartigen Systems erweitert werden. Diese Tatsache wurde zum Anlass genommen, die ursprüngliche Schneidtechnologie zum Betonabtrag zu hinterfragen und eine erneute, weitläufigere Untersuchung über verschiedene Betonabtragsverfahren durchzuführen. Durch erste Versuche und eine detaillierte Gegenüberstellung der Verfahren auf Basis der in AP1 ermittelten Anforderungen, kann so eine für Projektziel und Anwendungsgebiet geeignetere Technologie gefunden oder die geplante aktivierte Hinterschneidtechnik bestätigt werden. Hierzu wurden erste Grundlagenversuche durchgeführt und mit der Gegenüberstellung einzelner Technologien begonnen.

Parallel zu den Arbeiten in AP4 und den Arbeitspaket übergreifenden Untersuchungen zur Schneid- / Abtragsstrategie wurde seitens des IFW Hannover die Bearbeitung des AP3 zur Frästechnologie und die damit verbundene Planung und Organisation eines geeigneten Prüfstandes begonnen. Durch das Institut für Mobile Arbeitsmaschinen wurden Abstimmungen zum Thema Detektion metallischer Einbauten (AP2) durchgeführt und mit der Planung und Konstruktion eines Versuchsstandes zur Erprobung verschiedener Detektionsverfahren begonnen.

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

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Im zweiten Halbjahr 2014 werden die Untersuchungen zur Auswahl der geeignetsten Beton-Abtragstechnologie abgeschlossen und das am besten geeignetste Verfahren durch weitläufige Versuche evaluiert und bestätigt. Parallel dazu werden Festlegungen zur Abtragsstrategie für Stahlbetonstrukturen in enger Zusammenarbeit mit den Kooperationspartnern getroffen. Diese dient dann zur Konzeption des gesamten Abtragssystems, mit der damit verbundenen Integration verschiedener Schneid- und Detektionstechnologien.

Weiterhin erfolgt ein ständiges Mitwirken bei der Abstimmung der offenen bzw. nicht festgeschriebenen Punkte des Pflichtenheftes.

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

Keine.

<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> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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**

In dem durch die Kraftanlagen Heidelberg GmbH (KAH) federführend bearbeiteten AP1 wurde der Fragenkatalog an die Kraftwerksbetreiber in Kooperation mit den Projektpartnern erstellt. Die Durchführung der Umfrage sowie die Erstellung eines Lastenheftes und der ersten Version eines Pflichtenheftes erfolgten ebenfalls durch die KAH. In gemeinsamen Diskussionsrunden aller Beteiligten erfolgte im weiteren Verlauf eine Spezifizierung der Unterpunkte des Pflichtenheftes. Die endgültige Festschreibung des Pflichtenheftes erfolgt anschließend durch den Einbezug von Ergebnissen der Arbeitspakete 2-4.

Für den definierten Abtrag mittels Fräsen wurde der Versuchsaufbau konstruiert und ausgelegt. Dazu wurde eine am IFW verfügbare mobile Absaugeinrichtung instandgesetzt und durch einen Prallabscheider erweitert. Durch die Montage einer Einhausung um das Fräs-  
werkzeug kann der Abtransport von entstehenden Stäuben aus dem Arbeitsraum sichergestellt werden. Ein Dreikomponentendynamometer der Fa. Kistler vom Typ 9255C wurde beschafft und in den Versuchsstand integriert.

Zusammen mit den an den AP3 und AP4 beteiligten Partnern, KIT und Herrenknecht AG, wurden mehrere Abtragsstrategien erarbeitet. Die ausgearbeiteten Konzepte unterscheiden sich hinsichtlich der Prozessstrategien zur Bearbeitung von Stahl und Beton, sowie deren Verbundbearbeitung. Hierzu müssen die verwendeten Bearbeitungsverfahren zur Bearbeitung von Stahl beziehungsweise Beton unter Beachtung ihrer Vorteile und Restriktionen geeignet miteinander kombiniert werden. Ein Ansatz sieht vor, große Stahleinbauten mittels Fräsen aus ihrer Verankerung zu trennen und in einem Stück aus dem Beton herauszubringen. Gegenüber der vollständigen Zerspannung der Stahleinbauten kann hierbei viel Prozesszeit eingespart werden. Im Gegenzug müssen jedoch beim Abtransport des Abbruchs zusätzlich große Stahlteile gehandhabt werden.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Die erarbeiteten Abtragsstrategien werden in experimentellen Einsatzversuchen erprobt. Ziel hierbei ist es, deren Anforderungen an die Detektionstechnik und die mechanischen Eigenschaften des in AP5-7 zu spezifizierenden Trägergeräts zu ermitteln. Die mechanischen Lasten werden mittels des installierten Dynamometers erfasst. Anhand dieser Daten wird das Pflichtenheft (AP1) vervollständigt und abgeschlossen. Damit kann zudem die Entscheidung für eine Abtragstrategie getroffen werden. Auf Basis dieser Strategie werden Untersuchungen im Rahmen des geplanten Versuchsprogramms zu AP3 durchgeführt. Ziel der Untersuchungen ist es, die für den Prozess relevanten Einflussgrößen zu ermitteln. Diese Daten dienen zur Ableitung von geeigneten Schneidstoffen, Werkzeuggeometrien und Beschichtungen.

### **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> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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**

Bereits zu Beginn der Arbeiten nach Projektstart wurden Termine mit den Kraftwerksbetreibern vereinbart, um die Anforderungen und Wünsche als Randbedingungen in die Entwicklung einfließen zu lassen. Ab Januar 2014 wurden insgesamt sieben Befragungen bei den Betreibern durchgeführt und Aussagen stellvertretend für 16 Anlagen erhalten. Bereits während der Befragungen wurden die Ergebnisse qualitativ ausgewertet und den Projektpartnern als Zwischenstand mit voraussichtlichen Tendenzen präsentiert.

Nach Abschluss der Betreiberbefragung wurde eine endgültige Auswertung der Antworten durchgeführt und als Betreiberanforderungen zusammengefasst. Bedarf und Einsatzbereich für das zu entwickelnde System wurden aus der Betreiberbefragung definiert. Aus diesen Betreiberanforderungen wurde ein Lastenheft erstellt, in denen die Betreiberaussagen und –wünsche als Randbedingungen sowie die technischen und sicherheitsrelevanten Anforderungen niedergeschrieben sind.

Zur Erstellung von repräsentativen Probekörpern zur Versuchsdurchführung, wurden bei den Betreibern zusätzlich zu dem Fragenkatalog Betonspezifikationsangaben wie Betonzusammensetzung, Armierung, Beschichtungen und metallische Einbauten abgefragt sowie Bilder über räumliche Anlagengegebenheiten des möglichen Einsatzortes. Diese Informationen wurden in das Lastenheft integriert.

Aufbauend auf den Erfahrungen aus dem vorangegangenen INAS-Projekt sowie den erhaltenen Aussagen der Betreiber wurden von den Projektbeteiligten Randbedingungen für das neue System festgelegt. Diese decken sich mit den Anforderungen der Betreiber, lassen jedoch ausreichend Freiheitsgrade für die Entwicklung.

Das Lastenheft wurde einvernehmlich verabschiedet, damit ist das Arbeitspaket 1 (AP1) abgeschlossen. Das Lastenheft wird gegebenenfalls um die Kernergebnisse der Versuche aus den Arbeitspaketen AP2 bis AP4 ergänzt.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Nach Abschluss des AP1 (Erstellung Lastenheft) können die Zielstellungen und terminlichen Abläufe der anderen Arbeitspakete detailliert werden. Anschließend kann auf dieser Basis mit den fachspezifischen Untersuchungsprogrammen begonnen werden. Dies beinhaltet u. a. die Planung und Organisation von Prüfständen zur Verifikation und Entwicklung eines geeigneten Detektionssystems sowie der Schneidtechnologien (AP2 bis AP4).

In den anstehenden Arbeitspaketen AP2 bis AP4 wird KAH bei Bedarf mitwirken und die Projektpartner bestmöglich unterstützen. Nachdem die Auslegungsgrößen aus den Versuchen zu den Abtragsverfahren definiert sind, kann mit dem AP5 begonnen werden.

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

Keine.

<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> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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

Ziel des Forschungsprojekts ist es, den Ablaufplan zum Rückbau kerntechnischer Anlagen mit Hilfe eines Muster-Projektstrukturplans zu optimieren. Für den Muster-Projektstrukturplan wird zunächst eine harmonisierte Struktur des Rückbauprozesses erarbeitet, der möglichst alle Rückbauprojekte abbilden kann. Dazu wird der Rückbauprozess in Einzelschritte zerlegt und mit Daten angereichert. Im Anschluss werden die Einzelschritte unter Zuhilfenahme der hinterlegten Daten mit einem Optimier-Modell zu einem Muster-Projektstrukturplan in einer zulässigen Reihenfolge angeordnet, die den Rückbau mit minimalen Kosten aufzeigt.

Im Rahmen des AP1.1 wurde der Prozess des Rückbaus kerntechnischer Anlagen zunächst in Einzelschritte zerlegt. Dazu wurden Erkenntnisse aus einer Literaturrecherche zum Projektmanagement sowie zum Rückbau kerntechnischer Anlagen und die von den Projektpartnern AREVA und VKTA bereits zur Verfügung gestellten Daten verwendet. Es wurde darauf geachtet, dass alle potentiell durchführbaren Einzelschritte aufgeführt werden, so dass möglichst alle Rückbaustrategien abbildbar sind.

Den Einzelschritten wurden im Anschluss eine eindeutige Nummerierung und einheitliche Begriffe zugeordnet. Um eine harmonisierte Struktur des Rückbauprozesses zu erhalten, wurden die Einzelschritte in verschiedenen Detaillierungsebenen zusammengefasst. Insgesamt wurden die Einzelschritte in fünf Rückbauphasen mit jeweils weiteren Detaillierungsebenen eingeordnet.

Die beschriebene Struktur und Benennung der Einzelschritte wurde in einer Excel-Datei dokumentiert. Die Excel-Datei dient als noch leere Erfahrungsdatenbank und die darin aufgeführten Einzelschritte sollen durch die geplanten Weiterarbeiten fortlaufend mit Daten ergänzt werden. Dazu ist in der Erfahrungsdatenbank eine Matrix angelegt, die je Einzelschritt u. a. Daten zu Zeitauern, benötigten Ressourcen, Vorgängerbeziehungen und Kosten erfasst. Die Struktur der Erfahrungsdatenbank wird parallel zum Ausfüllen mit Daten in Abstimmung mit den Projektpartnern angepasst. Der Aufbau der Erfahrungsdatenbank wurde so konstruiert, dass dieser von dem zu entwickelnden Optimier-Modell nutzbar ist.

Zur Untersuchung bestehender Projektmanagement-Systeme in AP1.2 wurde zunächst eine Anforderungsliste für den Einsatz bei kerntechnischen Rückbauprojekten erstellt. Des Weiteren wurden einige Projektmanagement-Systeme identifiziert, die bei Rückbauprojekten eingesetzt werden.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

In AP1.3 und AP1.4 werden die Projektpartner AREVA und VKTA die ihnen vorliegenden Daten weiter aufbereiten. Die in AP1.1 erstellte Erfahrungsdatenbank, die den in Einzelschritte zerlegten und strukturierten Rückbauprozess abbildet, soll mit diesen aufbereiteten Daten aus AP1.3 und AP1.4 sowie mit weiteren Erkenntnissen aus AP1.2 fortlaufend untersucht, verbessert und durch Daten ergänzt werden. Gleichzeitig werden in Abstimmung mit den Projektpartnern weitere Verbesserungen an der Erfahrungsdatenbank vorgenommen.

Die Liste der Anforderungen an Projektmanagement-Systeme zum Rückbau kerntechnischer Anlagen wird in AP1.2 erweitert. Gleichzeitig wird nach weiteren Systemen gesucht, die auf dem Markt existieren und sich für den Einsatz von kerntechnischen Rückbauprojekten eignen. Anschließend werden die identifizierten Projektmanagement-Systeme den Anforderungen gegenübergestellt, so dass eine Bewertung hinsichtlich ihrer Eignung für den Einsatz kerntechnischer Rückbauprojekte möglich ist.

Zur Bewertung von Rückbauprojekten kerntechnischer Anlagen sollen in AP2.1 geeignete Kennzahlen definiert werden. Dazu wird zunächst eine Recherche zu bestehenden Kennzahlen im Projektmanagement des Rückbaus durchgeführt. Geeignete Kennzahlen sollen identifiziert und modifiziert werden.

In AP2.2 werden die bestehenden Rückbaupläne der Projektpartner u. a. mit Hilfe der in AP2.1 definierten Kennzahlen hinsichtlich der Wichtigkeit von Prozesselementen für die Stabilität des Gesamtprozesses bewertet. Des Weiteren werden die geplanten und realisierten Projektstrukturpläne der von den Projektpartnern durchgeführten Rückbauprojekte aus AP1.1, 1.3 und 1.4 einem umfassenden Soll-Ist-Abgleich unterzogen.

### 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> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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**

Mit der Datenrecherche und der anschließenden Analyse des Projektes „Zerlegung des Reaktordruckgefäßes und der dazugehörigen Einbauten des KKW Würgassen“ sowie des Projektes „Zerlegung der Reaktordruckgefäßeinbauten des KKW Stade“ wurde nach dem Kick off Meeting am 20.02.2014 begonnen.

Schwerpunkt der Untersuchungen lag auf der Sichtung der damaligen Planungsunterlagen, der Aufnahme des Ist-Zustandes durch Befragung beteiligter Mitarbeiter und der Bewertung daraus sowie der damals angewandten Projektmanagementsysteme.

Ein wesentliches Ergebnis der bisherigen Analyse ist, dass die Durchführungsarbeiten vor Ort teilweise von der ursprünglichen Planung abwichen, da es aufgrund von unvorhergesehenen Begebenheiten zu kurzfristigen Änderungen kam.

Bei der damaligen Planung des Projektes wurden die heutigen Projektmanagement-Anforderungen wie z. B. eine systematische Projektstrukturierung nicht angewendet. Die damaligen Planungsunterlagen wie Terminpläne und Kalkulationen stimmten in der Strukturierung nicht überein, was eine detaillierte Kostenverfolgung erschwerte.

Der zweite Schwerpunkt der Tätigkeiten dieses Berichtszeitraumes liegt in der Überprüfung und Bearbeitung der von KIT erstellten Erfahrungsdatenbank in Form der Excel Arbeitsmappe. Es wurde begonnen, die Projektstrukturierung in Form einer WBS (Work Breakdown Structure) im Allgemeinen zu analysieren und speziell die in der Rückbauphase 4 „Rückbau des Reaktors, des Biologischen Schilts und von Teilen des Sicherheitsbehälters“ dargestellte Zerlegung des Reaktordruckbehälters und der dazugehörigen Einbauten mit den Dokumenten von Würgassen zu vergleichen. Die aus dem angesprochenen Rückbauprojekt in Würgassen gewonnenen Erfahrungen fließen im zweiten Schritt in die angepasste neue Projektstruktur mit ein.

Basis der Überlegungen ist die IAEA Untersuchung „International Structure for Decommissioning Costing (ISDC) of Nuclear Installations“.

Die zwischen den Projektpartnern vereinbarte Kooperationsvereinbarung wurde verhandelt und unterzeichnet.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Weitere Analyse und Aufbereitung der Daten aus den Stade und Würgassen Projekten mit dem Ziel, diese in die Erfahrungsdatenbank zu integrieren. Schwerpunkt werden die Terminplan- und Kostenanalyse sein.

Diese Daten sollen ebenfalls so aufbereitet werden, dass sie in der Erfahrungsdatenbank verwendet werden können.

Die in der Erfahrungsdatenbank aufgeführte Prozessstrukturierung zum Rückbau einer Gesamtanlage wird weiter entwickelt und optimiert und mit Daten aus Referenzprojekten ergänzt.

Hierbei sollen auch die Erkenntnisse von heutigen bei AREVA angewendeten Projektmanagement-Prozessen eingebracht werden.

Die Ergebnisse der Bearbeitung werden 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> 01.01.2014 bis 30.06.2014	
<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 wurden an den Projektpartner KIT der Gesamtterminplan und vier Terminpläne für die einzelnen Rückbauphasen des Rückbaus des Rossendorfer Forschungsreaktors in verschiedenen Detaillierungsgraden (VKTA 1 – 4) übergeben.

Die in den Terminplänen enthaltenen Arbeitsschritte sind – neben den Daten von AREVA – eine der Basisinformationen für den von KIT vorgeschlagenen Musterprojektstrukturplan / Erfahrungsdatenbank. Im Prozess der Optimierung des Musterprojektstrukturplans 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.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Die im Punkt 3 genannte Kostenerhebung für den Rückbau des Forschungsreaktors wird weitergeführt und abgeschlossen. Die aufbereiteten Daten werden nach Abschluss der Erhebung und Prüfung in den Projektstrukturplan eingearbeitet.

Die Datenbank wird geprüft und es wird auf kritische Rückbauschritte hingewiesen und daraus Verbesserungsvorschläge für künftige Rückbauvorhaben unterbreitet.

Weiterhin erfolgt die Prüfung der im Projektstrukturplan enthaltenen Termine für den Rückbau des RFR. Die Kosten werden in die Erfahrungsdatenbank eingepflegt. In diesem iterativen Prozess ergeben sich möglicherweise noch Optimierungen des Projektstrukturplans.

Am Schluss der Datenrecherche sollen die Grobdaten des RFR mit den Daten des ASTRA verglichen werden.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.



### 1.3 Forschungsstellen

<b>AREVA GmbH, Paul-Gossen-Str. 100, 91052 Erlangen</b>
---

- |                   |  |      |
|-------------------|--|------|
| <b>02 S 8861</b>  | Neuartige Entsorgungswege für Abrasivmittel aus der Wasserstrahl-Schneidtechnik  | 📖 28 |
| <b>02 S 9072A</b> | Verbundprojekt: Automatisierte Zerlegung von Reaktordruckbehälter-einbauten mit Hilfe von Unterwasser-Robotertechnik (AZURo) | 📖 66 |
| <b>02 S 9113B</b> | Verbundprojekt: Modellentwicklung eines ganzheitlichen Projektma-nagements für kerntechnische Rückbauprojekte (MogaMaR)      | 📖 90 |

<b>Brenk Systemplanung GmbH, Heider-Hof-Weg 23, 52080 Aachen</b>
--

- |                   |   |      |
|-------------------|---|------|
| <b>02 S 9012A</b> | Erhebung von Nuklidvektoren in komplexen radiochemischen Labo-ren mit Unterstützung durch ein Programm zur Gebäudefreigabe (RaChaG) | 📖 44 |
|-------------------|---|------|

<b>Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Christian-Albrechts-Platz 4, 24118 Kiel</b>
---

- |                   |   |      |
|-------------------|---|------|
| <b>02 S 9082C</b> | Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsopti-onen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Ent-wicklung von Bewertungsgrundlagen | 📖 74 |
|-------------------|---|------|

<b>Dr.-Ing. Uwe Görisch GmbH, Am Heegwald 4, 76227 Karlsruhe</b>
--

- |                  |  |      |
|------------------|--|------|
| <b>02 S 8841</b> | Überwachungssystem mit integrierter Messensorik für radioaktiv belastete Eisen- und Nichteisenschrotte (MEREN) | 📖 24 |
|------------------|--|------|

<b>EnBW Energie Baden-Württemberg AG, Durlacher Allee 93, 76131 Karlsruhe</b>
---

- |                  |   |      |
|------------------|---|------|
| <b>02 S 8780</b> | Verbundprojekt AKOF: Optimierung der verfahrenstechnischen Kette „Abtrag kontaminierter Flächen“ unter dem Aspekt Maximierung der Abtragsleistung | 📖 16 |
|------------------|---|------|

<b>Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Straße, 52428 Jülich</b>
---

- |                   |   |      |
|-------------------|---|------|
| <b>02 S 8790</b>  | Entsorgung von bestrahltem Graphit  | 📖 18 |
| <b>02 S 9022B</b> | Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Cha-rakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging)  | 📖 50 |
| <b>02 S 9052A</b> | Bestimmung und Validierung von nuklearen Daten von Actiniden zur zerstörungsfreien Spaltanalyse in Abfallproben durch prompt Gamma Neutronenaktivierungsanalyse (PGAA-Actinide) | 📖 60 |

<b>Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V., Han-sastr. 27c, 80686 München</b>
---

- |                   |  |      |
|-------------------|--|------|
| <b>02 S 9072B</b> | Verbundprojekt: Automatisierte Zerlegung von Reaktordruckbehälter-einbauten mit Hilfe von Unterwasser-Robotertechnik (AZURo) | 📖 68 |
|-------------------|--|------|

<b>Freie Universität Berlin, Kaiserwerther Str. 16-18, 14195 Berlin</b>
---

- |                   |   |      |
|-------------------|---|------|
| <b>02 S 9082B</b> | Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsopti-onen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Ent-wicklung von Bewertungsgrundlagen | 📖 72 |
|-------------------|---|------|

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

- |                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>02 S 9093B</b> | Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS) | 82 |
|-------------------|--|----|

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

- |                   |   |    |
|-------------------|---|----|
| <b>02 S 8608</b>  | ASTU Automatisierte Seilsägetechnologie für Unterwasserdemontage  | 6  |
| <b>02 S 8709</b>  | Verbundprojekt: Ablation kontaminierter Oberflächen zementgebundener Bauteile beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (MACOS)  | 8  |
| <b>02 S 8770</b>  | Verbundprojekt AKOF: Optimierung der verfahrenstechnischen Kette „Abtrag kontaminierter Flächen“ unter dem Aspekt Maximierung der Abtragsleistung   | 14 |
| <b>02 S 8821</b>  | Überwachungssystem mit integrierter Messensorik für radioaktiv belastete Eisen- und Nichteisenschrotte (MEREN)  | 20 |
| <b>02 S 8851</b>  | Internationale Rückbautechniken und Managementmethoden für kerntechnische Anlagen – Eine wissenschaftliche Analyse des internationalen Standes der Technik (IRMKA)  | 26 |
| <b>02 S 8871</b>  | Neuartige Entsorgungswege für Abrasivmittel aus der Wasserstrahl-Schneidtechnik   | 30 |
| <b>02 S 8881</b>  | Manipulatorgesteuertes Freimessen von Oberflächen   | 32 |
| <b>02 S 8921</b>  | Aufbau eines Simulationsmodells zur Qualifizierung eines neuen Vibrationsverfahrens für Dekontamination von Rohrleitungen   | 40 |
| <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) | 64 |
| <b>02 S 9093A</b> | Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS)  | 80 |
| <b>02 S 9113A</b> | Verbundprojekt: Modellentwicklung eines ganzheitlichen Projektmanagements für kerntechnische Rückbauprojekte (MogaMaR)  | 88 |

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


- |                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>02 S 9093D</b> | Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS) | 86 |
|-------------------|--|----|

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


- |                   |   |    |
|-------------------|---|----|
| <b>02 S 9032B</b> | Verbundprojekt: Zerlegung von Reaktorkomponenten aus Zirkalloy beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (ZIRKUSS) | 56 |
| <b>02 S 9093C</b> | Verbundprojekt: Definierter Abtrag hochbewehrter Stahlbetonstrukturen (DefAhS)                                | 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  70

**NUKEM Technologies GmbH, Industriestr. 13, 63755 Alzenau**


- 02 S 9032A Verbundprojekt: Zerlegung von Reaktorkomponenten aus Zirkalloy beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (ZIRKUSS)  54

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


- 02 S 9022A Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging)  48

- 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  58


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

- 02 S 8911 Aufbau eines Simulationsmodells zur Qualifizierung eines neuen Vibrationsverfahrens für Dekontamination von Rohrleitungen  38


**Schrott-Wetzel GmbH, Ruhrorter Str. 40-46, 68219 Mannheim**

- 02 S 8831 Überwachungssystem mit integrierter Messsensorik für radioaktiv belastete Eisen- und Nichteisenschrotte (MEREN)  22


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


- 02 S 9022C Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging)  52


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

- 02 S 8720 Verbundprojekt: Qualifizierung thermisch gespritzter Korrosionsschutzschichten für dickwandige Behälterkomponenten (QUAKOS)  12

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

- 02 S 8719 Verbundprojekt: Ablation kontaminierter Oberflächen zementgebundener Bauteile beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (MACOS)  10

- 02 S 9082D Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen  76

- 02 S 9082E Verbundprojekt: Bildung einer Forschungsplattform Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen  78

<b>Technische Universität Bergakademie Freiberg, Akademiestr. 8, 09599 Freiberg</b>
---

- |                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>02 S 8901</b> | Untersuchungen zum emissionsarmen Abtrag von Lackschichten mittels Laserstrahlung (LaColor) | 36 |
|------------------|---|----|

<b>Technische Universität Dresden, Helmholtzstr. 10, 01069 Dresden</b>
--

- |                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>02 S 8891</b> | Untersuchungen zum emissionsarmen Abtrag von Lackschichten mittels Laserstrahlung (LaColor) | 34 |
|------------------|---|----|

<b>Technische Universität München, Arcisstraße 21, 80333 München</b>
--

- |                   |   |    |
|-------------------|---|----|
| <b>02 S 9001</b>  | Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung des Nuklidinventars in bituminierten Abfallgebinden   | 42 |
| <b>02 S 9012B</b> | Erhebung von Nuklidvektoren in komplexen radiochemischen Laboren mit Unterstützung durch ein Programm zur Gebäudefreigabe (RaChaG)  | 46 |
| <b>02 S 9052B</b> | Bestimmung und Validierung von nuklearen Daten von Actiniden zur zerstörungsfreien Spaltanalyse in Abfallproben durch prompt Gamma Neutronenaktivierungsanalyse (PGAA-Actinide) | 62 |

<b>Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e. V., Bautzener Landstr. 400, 01328 Dresden</b>
--

- |                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>02 S 9113C</b> | Verbundprojekt: Modellentwicklung eines ganzheitlichen Projektmanagements für kerntechnische Rückbauprojekte (MogaMaR) | 92 |
|-------------------|--|----|