



























































































<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 31.08.2013	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<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: Strahlenexposition beim Seilsägen

AP9: Optimierung und Weiterentwicklungen

AP10: Schlussbericht

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

#### Arbeitspaket 3: Spezielle Leistungsuntersuchungen

Im Berichtszeitraum ergab sich eine Verzögerung von drei Monaten, da die Aufstockung erst rückwirkend genehmigt wurde. Somit entspricht der Berichtszeitraum nur drei Monaten.

Es wurde eine Versuchsreihe mit vergrößerten Eingriffswinkeln an runden Proben durchgeführt, um diesen Parameter genauer zu klassifizieren. Durch das Herabsenken der Probe um 5 cm stellte sich auch bei den runden Proben eine um ca. 15 % schnellere Schnittzeit ein.

Es wurden mit einer Hochgeschwindigkeitskamera Aufnahmen vom Diamantseil in unterschiedlichen Situationen gemacht. Zweck war es die Verdrillung des Seils näher zu betrachten. Zum Einsatz kam ein Diamantseil, welches über die ganze Länge halbseitig mit weißer Farbe markiert wurde. Es sollte gezeigt werden, dass das Diamantseil sich durch die Verdrillung auch tatsächlich um den ganzen Umfang dreht. Dies stellt sicher, dass das Seil homogen abgenutzt wird. Es wurden Aufnahmen im Leerlauf mit und ohne Verdrillung sowie im Eingriff mit und ohne Verdrillung durchgeführt. Die Verdrillung betrug  $360^\circ$  pro 1 m Seil. Eine genaue Auswertung steht noch aus, wird aber derzeit vorgenommen.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

#### Arbeitspaket 4: Modellerstellung

Im nachfolgenden Berichtszeitraum wird nach Abschluss der speziellen Leistungsuntersuchungen das Arbeitspaket 4 begonnen. Aus den ermittelten Daten, die durch die Grundlagen- und speziellen Leistungsuntersuchungen gewonnen wurden, wird ein Modell erstellt, das eine Vorhersage der optimalen Schnittparameter für Seilsägearbeiten, in Abhängigkeit von Geometrie und Material des Schnittgutes ermöglicht. Damit ist eine genaue Aussage über die Schneidzeit möglich, was die Planungssicherheit und damit die Wirtschaftlichkeit steigert.

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

Es wurde ein Beitrag zur KONTEC 2011 veröffentlicht.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8629</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Prozessentwicklung zur trockenen Bearbeitung von metallischen und mineralischen Strukturen beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (ProBeSt)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.04.2009 bis 30.06.2012	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 287.971,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Denkena	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

In den kommenden Jahren müssen aufgrund des Beschlusses zum Ausstieg aus der Kernenergie zahlreiche Kernkraftwerke rückgebaut werden. Aufgrund der hohen Flexibilität hinsichtlich der Bauteilgeometrie und Werkstoffzusammensetzung, des geringen Platzbedarfes, des geringen Rüstaufwandes, der Fernhantierbarkeit sowie der Gewährleistung eines sicheren Nachweises über die Trennung des Materials kommt hierbei das Seilschleifverfahren verstärkt zum Einsatz. Aktuell wird dieser Prozess unter Zuführung von Wasser als Kühlschmierstoff eingesetzt, um die prozessbedingt entstehende Wärme abzuführen. Hierbei kann eine Kontaminationsverschleppung jedoch zumeist nicht verhindert werden. Der alternative, trockene Einsatz des Seilschleifens verhindert zwar die Kontaminationsverschleppung durch Kühlwasser, führt aber zu einem extrem hohen Werkzeugverschleiß und damit zu sehr geringen Werkzeugstandzeiten. Parallel dazu entsteht, speziell beim Bearbeiten mineralischer Strukturen, eine große Menge Staub, welche nur mit hohem Einhausungs- und Absaugungsaufwand erfasst werden kann.

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es daher, Werkzeuge und Maschinenkomponenten zu entwickeln, herzustellen und auf ihre Funktionstüchtigkeit hin zu überprüfen, welche eine trockene Bearbeitung metallischer und mineralischer Strukturen beim Rückbau kerntechnischer Anlagen mittels Seilschleifen ermöglichen.

Wesentliche Herausforderungen im Rahmen dieses Projektes sind die Entwicklung eines auf einem nichtflüssigem Kühlmedium basierenden Kühlsystems, die Entwicklung einer flexiblen und prozesssicheren Staubabsaugung sowie die Gewinnung grundlegender Erkenntnisse über den Einsatz temperaturbeständiger Schneidstoffe wie CBN oder Wolframkarbid. Die Entwicklung angepasster Maschinenkomponenten stellt einen weiteren Schwerpunkt dar.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Erstellung eines Anforderungsprofils für Werkzeug und Maschine
- AP2: Aufbau des Versuchsstandes und der Messkette, Herstellung der Versuchswerkstücke
- AP3: Schnittuntersuchungen an Stahlbauteilen zur Ermittlung der auftretenden Prozesstemperaturen (ohne Kühlung)
- AP4: Entwicklung eines Kühlmedium-Zufuhrsystems zur Kühlung des Seils (ohne flüssigen Kühlschmierstoff)
- AP5: Entwicklung eines Systems zur Erfassung bzw. Absaugung der metallischen Späne und zur Säuberung des Werkzeuges
- AP6: Herstellung und Einsatz von Seilschleifwerkzeugen mit alternativen Schneidstoffen
- AP7: Maschinenentwicklung
- AP8: Aufbau eines Gesamtsystems und ganzheitliche Überprüfung der Leistungsfähigkeit
- AP9: Erweiterung des Anwendungsfeldes des neuen Systems auf Beton/Stahl-Verbunde
  - a) Anpassung der Staubabsaugung
  - b) Schnittuntersuchungen an Stahl/Beton-Verbunden
  - c) Anpassung der Kühlparameter
  - d) Ganzheitliche Überprüfung der Systemleistungsfähigkeit
- AP10: Dokumentation

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

*AP9:* Aufgrund eines längerfristigen Maschinenausfalls werden zum aktuellen Zeitpunkt letzte Seilschleifuntersuchungen durchgeführt. Hierbei werden Seilschleifwerkzeuge trocken unter Verwendung des Vortex-Kühlsystems an zu 4 % und 18 % armiertem Stahlbeton eingesetzt. Das in diesen Untersuchungen ermittelte Einsatzverhalten insbesondere in Hinblick auf die Werkzeugtemperaturen sowie den resultierenden Verschleiß und die Schnittleistung wird dem Einsatzverhalten konventionell unter Wasserkühlung eingesetzter Seilschleifwerkzeuge gegenübergestellt. Hiermit soll die Substituierbarkeit der konventionellen Wasserkühlung durch das Vortex-Kühlsystem für die Anwendung von Seilschleifwerkzeugen an Stahlbeton nachgewiesen werden.

Aus umfangreichen Seilschleifuntersuchungen mit Wasserkühlung, welche unter Variation der Prozessstellgrößen Schnittgeschwindigkeit  $v_c$  und Vorschubdruck  $p_v$  an Stahlbeton durchgeführt wurden, konnten ideale Betriebspunkte für die untersuchten Werkzeug-Werkstück-Kombinationen identifiziert sowie systematische Zusammenhänge ermittelt werden. Die hier gewonnen Erkenntnisse bilden die Basis für Einsatzempfehlungen für eine effizientere Nutzung der Seilschleiftechnologie an Stahlbeton.

*AP10:* Der dem BMBF zum Abschluss des Forschungsvorhabens ProBeSt vorzulegende Schlussbericht, der beizufügende Erfolgskontrollbericht sowie das formgebundene Berichtsblatt werden aktuell erstellt. Hier werden sämtliche Ergebnisse der Arbeitspakete AP1 bis AP9 systematisch aufbereitet und graphisch dargestellt.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Mit Abschluss des AP9 ist das Forschungsvorhaben ProBeSt abgeschlossen. Es sind umfangreiche Erkenntnisse zur thermischen Werkzeugbelastung trocken an Stahl eingesetzter Seilschleifwerkzeuge gewonnen worden (AP3). Es wurde ein alternatives Kühlsystem entwickelt, welches die thermische Werkzeugbelastung signifikant reduzieren kann und welches zusammen mit einem neuartigen Absaugsystem den trockenen Einsatz von Seilschleifwerkzeugen an Stahl (und Stahlbeton) ermöglicht (AP4, AP5, AP9). Das Potential alternativer Schneidstoffe für den Einsatz von Seilschleifwerkzeugen an Stahl wurde untersucht, aufgrund mangelnder Werkzeugstandzeiten aber nicht weiter verfolgt (AP6). Zudem wurden angepasste Maschinenkonzepte umgesetzt und an Endanwender übergeben. Diese Konzepte können zwar nicht direkt für Demontagetätigkeiten im Rückbau aber effektiv für die Dekontaminationsvorbereitung demontierter Systeme, Komponenten und Strukturelemente aus Bau- und Edelstählen sowie (Stahl-)Betonstrukturen aus kerntechnischen Anlagen genutzt werden (AP7).

*Ausblick:* Es ist geplant einen Förderantrag für ein Folgevorhaben beim BMBF einzureichen, welches ebenfalls den Einsatz der Seilschleiftechnologie im Rückbau kerntechnischer Anlagen fokussiert. Besonderes Augenmerk wird in diesem Vorhaben aber auf der Bearbeitung komplexer Werkstückgeometrien und daran angepasster Prozessführungsstrategien sowie Werkzeugkonzepte liegen.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Unter dem Titel „Prozessentwicklung zur trockenen Bearbeitung metallischer und mineralischer Strukturen beim Rückbau kerntechnischer Anlagen“ wurde ein Beitrag bei der Fachzeitschrift „Diamant Hochleistungswerkzeuge (dihw)“ eingereicht. Er beinhaltet einen Überblick über die im Forschungsvorhaben ProBeSt erzielten Ergebnisse im Hinblick auf eine alternative Prozesskühlung beim trockenen Seilschleifen metallischer Strukturen. Entgegen ursprünglicher Angaben wird dieser Beitrag nicht in Ausgabe 03-2012 sondern erst in Ausgabe 04-2012 erscheinen.

Weiterhin wurde unter dem Titel „Seilschleifen im Rückbau kerntechnischer Anlagen“ ein Abstrakt zur KONTEC 2013 in Dresden eingereicht. Dieser wird die kompletten Ergebnisse des Forschungsvorhabens ProBeSt beinhalten sowie einen Ausblick auf weitere, am IFW geplante Forschungstätigkeiten im Hinblick auf den Einsatz der Seilschleiftechnologie im Rückbau kerntechnischer Anlagen geben. Die Rückmeldung über die Annahme des Abstracts steht zum aktuellen Zeitpunkt noch aus.

Zudem ist geplant, nach Abgabe des Abschlussbericht einen umfassenden, englischsprachigen Fachbeitrag bei einem internationalen, reviewten Journal (voraussichtlich International Journal for Abrasive Technologies (IJAT) oder WGP - Production Engineering) einzureichen, welcher die kompletten Projektergebnisse des Vorhabens ProBeSt zusammenfasst.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> HERRENKNECHT AG, Schlehenweg 2, 77963 Schwanau		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8649</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Innovativer Abbruch massiger Stahlbetonstrukturen (INAS)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.07.2009 bis 30.09.2012	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 691.348,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dipl.-Ing. Edelmann	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

In einer Kooperation des Instituts für Fahrzeugtechnik und Mobile Arbeitsmaschinen (Mobi-ma) und des Instituts für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) sowie der Herrenknecht AG, wird im Rahmen des Verbundprojektes „Innovativer Abtrag massiger Stahlbetonstrukturen“ ein System zum räumlich begrenzten, fernhantierten und definierten Abtrag hoch bewehrter Stahlbetone bei gleichzeitiger Förderung und endlagergerechter Verpackung des Abraums entwickelt.

Das definierte Abtragen von Stahlbeton stellt gerade beim Rückbau von nuklearen Anlagen einen zentralen Punkt dar. Das Hauptziel ist dabei, das kontaminierte Material selektiv abzutragen, um das verbleibende Material, das bezogen auf die Gesamtanlage bzw. Gesamtmassen den überwiegenden Anteil darstellt, dem normalen Recyclingkreislauf zuführen zu können. Ein Problem besteht aktuell in dem Abbruch und selektiven Tiefenabtrag von Stahlbetonen, z. B. bei Rissen oder Ausbrüchen. Es existiert kein Verfahren, das den Beton samt Bewehrung mit nur einem Arbeitsgang bzw. Übergang bis zu 20 cm tief abträgt. Ebenso gibt es kein Verfahren das in Rissen angewendet werden kann, in denen Stahlbeton sehr begrenzt, beispielsweise 30 cm tief, ausgefräst werden muss, so dass die Oberflächen danach freimessbar sind.

Im Rahmen des Vorhabens wird ein neues und universell einsetzbares System entwickelt, das es den Rückbauern zum ersten Mal ermöglicht, hoch bewehrten Stahlbeton in einem Arbeitsgang ohne System- und Komponentenwechsel rückzubauen und dabei den Personaleinsatz zu minimieren.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Recherche zum Stand der Technik und Konzipierung des neuen Schneidgerätes
- AP2: Verifikation der angestrebten Schneidtechnologie
- AP3: Konzeption, Auslegung, Fertigung und Montage der Manipulatoranbindung
- AP4: Entwicklung, Fertigung und Montage der Fördereinrichtung für den Abraum
- AP5: Funktionstest des Prototyps im Labor
- AP6: In-situ-Testreihe

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

Im ersten Halbjahr 2012 lag der Fokus im Projekt INAS auf der Umsetzung des Demonstrators. Dabei wurden die notwendigen Komponenten beschafft und die einzelnen Teilsysteme (Schneidtechnik, Manipulator, Absauganlage) montiert. Anschließend erfolgte die Zusammenführung der Teilsysteme und die Integration der Prozesstechnik. Hierzu wurden die Hydraulikkomponenten am Manipulator angebracht und verrohrt. Über eine Energiekette erfolgt die Schlauchführung und dementsprechend die Energieversorgung des Schneidwerkzeuges.

Parallel zur Montage der Hydraulikeinrichtung wurde ein Schaltschrank gebaut, der mittels Steckverbindung an das Abtragssystem angeschlossen werden kann. Gleichzeitig dient er als Bedienpult zur Steuerung und Überwachung des Gesamtsystems.

Gesteuert wird die Anlage über eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS), wobei die Einstellung der Prozessparameter über einen externen Computer erfolgt. Ein entsprechendes Steuerungsprogramm wurde programmiert. Dieses ermöglicht uns, neben der Parametervariation, den Schnittverlauf des Werkzeuges zu definieren und zwischen den Betriebsmodifikationen, angeregter Hinterschneidtechnik und Fräsen umzuschalten.

In einer ersten Inbetriebnahme mit externem Hydraulikaggregat wurde die Funktion der Anlage im Labor überprüft. Hierzu wurden alle Ventile angesteuert und somit das Verfahren der Achsen und der Antriebsspindel auf Funktion überprüft. Damit konnten grundsätzliche Probleme ausgeschlossen und die generelle Funktionsweise des Demonstrators bestätigt werden.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Nach abgeschlossener Labor-Inbetriebnahme wird die Anlage auf das Freigelände des TMB gebracht und an das Trägergerät angeschlossen. Als Trägergerät steht dabei zu Testzwecken ein Bagger des TMB zur Verfügung. Durch die veränderte Energieversorgung ist es erforderlich, eine erneute Inbetriebnahme mit dem realen Trägergerät durchzuführen und ggf. Anpassungen am System vorzunehmen.

Nach Abschluss der Feld- Inbetriebnahme werden Schneidversuche zum Abtragen von Stahlbeton durchgeführt. Hierzu wurde seitens des TMB Versuchs- Stahlbetonblöcke hergestellt, die in ihrer Festigkeit und dem Bewehrungsgehalt ein realistisches Abbild der realen Gebäudestruktur in kerntechnischen Anlagen aufweisen. Zudem wurden Probenkörper mit alternativen Beton- Zusammensetzungen gegossen, dies ermöglicht die Untersuchung des Stahlbetonabtrags für weiterführende Anwendungen.

Abgeschlossen werden die Versuchsreihen mit einem Versuchsbericht, der die Ergebnisse ausführlich darstellt.

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

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 8659</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Innovativer Abbruch massiger Stahlbetonstrukturen (INAS)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.07.2009 bis 30.09.2012	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 753.861,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Gentes	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

In einer Kooperation des Instituts für Fahrzeugtechnik und Mobile Arbeitsmaschinen (Mobima) mit dem Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB), beide am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) sowie der Herrenknecht AG, wird im Rahmen des Verbundprojektes „Innovativer Abtrag massiger Stahlbetonstrukturen“ ein System zum räumlich begrenzten, fernhantierten und definierten Abtrag hochbewehrter Stahlbetone bei gleichzeitiger Förderung und endlagergerechter Verpackung des Abraums entwickelt.

Das definierte Abtragen von Stahlbeton stellt gerade beim Rückbau von nuklearen Anlagen einen zentralen Punkt dar. Das Hauptziel ist dabei, das kontaminierte Material selektiv abzutragen, um das verbleibende Material, das bezogen auf die Gesamtanlage bzw. Gesamtmassen den überwiegenden Anteil darstellt, dem normalen Recyclingkreislauf zuführen zu können. Ein Problem besteht aktuell in dem Abbruch und selektiven Tiefenabtrag von Stahlbetonen, z. B. bei Rissen oder Ausbrüchen. Es existiert kein Verfahren, das den Beton samt Bewehrung mit nur einem Arbeitsgang bzw. Übergang bis zu 20 cm tief abträgt. Ebenso gibt es kein Verfahren, das in Rissen angewendet werden kann, in denen Stahlbeton sehr begrenzt, beispielsweise 30 cm tief, ausgefräst werden muss, so dass die Oberflächen danach freimessbar sind.

Im Rahmen des Vorhabens wird ein neues und universell einsetzbares System entwickelt, das es den Rückbauern zum ersten Mal ermöglicht, hoch bewehrten Stahlbeton in einem Arbeitsgang ohne System- und Komponentenwechsel abzutragen und dabei den Personaleinsatz zu minimieren.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Recherche zum Stand der Technik und Konzipierung des neuen Schneidgerätes
- AP2: Verifikation der angestrebten Schneidtechnologie
- AP3: Konzeption, Auslegung, Fertigung und Montage der Manipulatoranbindung
- AP4: Entwicklung, Fertigung und Montage der Fördereinrichtung für den Abraum
- AP5: Funktionstest des Prototyps im Labor
- AP6: In-situ-Testreihe

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Recherche zum Stand der Technik und Konzipierung des neuen Schneidgerätes  
Die Recherchen zum Stand der Technik und die Konzipierung des neuen Schneidgerätes sind abgeschlossen. Das AP1 ist abgeschlossen.

- AP2: Verifikation der angestrebten Schneidtechnologie  
Um den derzeit limitierenden Faktor des Abtragsverfahrens, die Standzeit des Fräswerkzeuges, weiter zu erhöhen, wurde die Anwendbarkeit eines Spezialfräasers untersucht. Die Auswertung der Versuchsergebnisse zeigte, dass eine Erhöhung der Standzeit um das ca. 2-fache gegenüber bisher getesteten Standardfräsern erreicht werden könnte. Die Verifikationen der Schneidtechnologien wurden beendet. Das AP2 ist abgeschlossen.
- AP3: Konzeption, Auslegung, Fertigung und Montage der Manipulatoranbindung  
Nach Abschluss der Auslegung und Konstruktion wurde der Werkzeugprototyp gefertigt. Zur Umsetzung des Manipulators war neben einem umfangreichen Stahlbau und einer aufwändigen Elektronik- und Steuerungsinstallation auch ein äußerst komplexes Hydrauliksystem zu realisieren. Aktuell wird der Manipulator in Betrieb genommen und erweiterte Funktionen der SPS-Steuerung implementiert. Die grundlegenden Manipulatorfunktionen konnten bereits erfolgreich getestet werden.
- AP4: Entwicklung, Fertigung und Montage der Fördereinrichtung für den Abraum  
Nach Festlegung des Gesamtkonzeptes wurde eine entsprechend konzipierte Sauganlage geordert. Es wurden verschiedene Versuchsreihen mit diversen Stutzenformen und Saugquerschnitten durchgeführt, um die Saugleistung zu optimieren. Des Weiteren erfolgte die Anbindung der Sauganlage an den Manipulator. Das AP4 ist abgeschlossen.
- AP5: Funktionstest des Prototyps im Labor  
In einer ersten Inbetriebnahme wurden die Funktionen des Manipulators im Labor überprüft. Alle Aktoren und Sensoren wurden angesteuert, deren Funktionsfähigkeit überprüft. Durch das positive Ergebnis dieser Tests lassen sich somit grundlegende Probleme abschließen.

#### 4. Geplante Weiterarbeiten

- AP3: Konzeption, Auslegung, Fertigung und Montage der Manipulatoranbindung  
Nach den ersten Funktionstests des Prototyps soll die Inbetriebnahme abgeschlossen werden. Verschieden Peripheriesysteme wie z. B. eine aktive Saugrohrführung werden noch integriert und der Manipulator wird an das vorgesehene Trägergerät angebaut. Neben der Lösung einiger kleinerer Probleme bezüglich des Hydrauliksystems sollen vor allem noch erweiterte und zusätzliche Funktionen (z.B. teilweise Automatisierung des Abtragsprozesses) in der Gerätesteuerung implementiert werden.
- AP5: Funktionstest des Prototyps im Labor  
Vor dem Start der In-situ-Testreihe soll noch die Integration der Absaugeinrichtung und verschiedene Funktionen der Prozesssteuerung unter Laborbedingungen getestet werden.
- AP6: In-situ-Testreihe  
Nach erfolgreichem Abschluss der Manipulator-Funktionstests im Labor werden entsprechende Abtragsversuche auf dem Freigelände des TMB durchgeführt. Die Versuchsreihen erfolgen an Betonblöcken, die eine vergleichbare Betonfestigkeit sowie einen analogen Bewehrungsgehalt zu real existierenden Gebäudestrukturen im kerntechnischen Bereich aufweisen. Aufgrund der unterschiedlichen Randbedingungen zwischen den Laborversuchen und der In-situ-Testreihe werden Anpassungen an den Prozessparametern erforderlich werden, um die optimale Leistungsfähigkeit des Demonstrators zu ermitteln.

#### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Technische Universität München, Arcisstr. 21, 80333 München		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8669</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Nutzung von Bremsstrahlungsinformationen für die zerstörungsfreie Charakterisierung radioaktiver Abfälle		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.10.2009 bis 30.09.2012	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 443.255,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. Bücherl	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie soll untersucht werden, inwieweit eine Auswertung der in den Spektren von (segmentierten) Gamma-Scan-Messungen an radioaktivem Abfallgebinden enthaltenen Informationen von Bremsstrahlung für eine erweiterte Beschreibung des Nuklidinventars genutzt werden kann. Hierdurch könnte ein Zugang zur zerstörungsfreien Charakterisierung von  $\beta$ -Strahlern in radioaktiven Abfallgebinden geschaffen werden.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Literaturrecherche  
Identifikation des aktuellen Stands der Technik
- AP2: Identifikation relevanter  $\beta$ -Strahler  
Erfassung aller Nuklide, die für die Erzeugung von Bremsstrahlung in radioaktiven Abfällen in Frage kommen (Tabelle mit charakteristischen Eigenschaften)
- AP3: Physikalische Grundlage  
Zusammenfassung des physikalischen Hintergrundes der Erzeugung von Bremsstrahlung mit Bezug zu typischen Gebinden mit radioaktivem Abfall
- AP4: Durchführung von Testmessungen mit  $\beta$ -Strahlern  
Auswahl von  $\beta$ -Strahlern, die bei RCM verfügbar sind, und Durchführung von Messungen in gut beschriebener Geometrie
- AP5: Erweiterte Testmessungen mit  $\gamma$ - und  $\beta$ -Strahlern  
Messungen zur Erzeugung kombinierter Bremsstrahlungs- und  $\gamma$ -Spektren
- AP6: Auswertung der Testmessungen  
Auswertung der Messergebnisse. Die Möglichkeiten von Identifikation und ggf. auch Quantifikation von  $\beta$ -Strahlern in den verschiedenen Testmessungen wird untersucht. Erarbeitung von Ansätzen für mögliche allgemeine Analyseroutinen
- AP7: Erstellung des Abschlussberichts

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im Berichtszeitraum wurden weitere Simulationen mit EGS sowie schwerpunktmäßig experimentelle Untersuchungen durchgeführt. In den Simulationen wurden insgesamt kleinere Detailverbesserungen erzielt. Das Hauptaugenmerk der experimentellen Untersuchungen lag in Punkt 5 (Extraktion des Bremsstrahlungsanteils im gemessenen Gamma-Spektrum) des 6-stufigen Verfahrens zur „Identifikation von Beta-Strahlern durch ihre Bremsstrahlung“.

In weiterführenden Experimenten wurden bislang nicht verstandene Unterschiede zwischen Experiment und Simulation geklärt. Diese Experimente zeigten auf, dass das 6-stufige Analyseverfahren einer Ergänzung bedarf. Dieses betrifft die Berücksichtigung von Rückstreuungseffekten im Allgemeinen, von Rückstreupeaks im Speziellen. Diese Beiträge wirken sich bei der Extraktion des Bremsstrahlungsspektrums, welches aus der Differenz des gemessenen und des für die identifizierten Gamma-Strahler simulierten Spektrums gebildet wird, deutlich nachteilig auf die Identifizierbarkeit der Beta-Strahler aus. Auch für die Bestimmung von Nachweisgrenzen spielt dieser Effekt eine entscheidende Rolle.

Neben dem bislang hauptsächlich in den Messungen eingesetzten Beta-Strahler Tm-170 wurden nun auch Messungen mit den Nukliden Cl-36, Sr-90 und Tc-99 durchgeführt. Ein Teil dieser Messungen diente der Untersuchung der Auswirkungen verschiedener Abschirmungen auf das gemessene Spektrum und werden weiter fortgesetzt.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Bekannt war, dass möglichst exakte Beschreibungen von Detektor- und Messgeometrie erforderlich sind, um das vorgegebene Ziel des Projektes, die Identifikation der Beta-strahlenden Nuklide in radioaktiven Abfallgebänden zu erreichen. Dies zeigte der Effekt der Rückstreuung nochmals deutlich. Durch weitere experimentelle Untersuchungen soll eine empirische Lösung für einen Korrekturterm gefunden werden. Dieser wird dann in das 6-stufige Analyseverfahren integriert.

Ein Ziel der Untersuchungen lag in der Bestimmung des minimal erforderlichen Beta-zu-Gamma-Aktivitätsverhältnis um ein Beta-strahlendes Nuklid nachweisen zu können. Dies gelang in den bislang durchgeführten Experimenten bereits größenordnungsmäßig. Eine endgültige Bestimmung soll in weiteren Versuchsreihen erfolgen.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

B. Rohrmoser, T. Bücherl, Ch. Lierse v. Gostomski, „Nutzung von Bremsstrahlung - Anwendung zur Charakterisierung radioaktiver Abfallgebände“, KONTEC 2011, 10. Internationales Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle, einschließlich 11. Statusbericht des BMBF „Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen“, Dresden, 06. – 08. April 2011

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8689</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> TENORM-Sanierung im Spannungsfeld zwischen Experteneinschätzungen und Alltagswahrnehmung - TESSA		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.10.2009 bis 31.07.2012	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 267.039,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. Riebe	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Bei der Sanierung radioaktiver Altlasten entstehen über den technischen Maßnahmenbedarf hinaus Anforderungen, den Ängsten und Sorgen der betroffenen Menschen adäquat zu begegnen, da diese zu erheblichen Komplikationen im Sanierungsverlauf führen können. Dabei werden die Risiken, die von ionisierender Strahlung und radioaktiven Materialien ausgehen, von Experten und Öffentlichkeit häufig sehr unterschiedlich eingeschätzt. Neben der Risikokommunikation über Kernkraftwerke und zukünftige Endlager betrifft diese Problematik auch den Umgang mit natürlich vorkommenden radioaktiven Materialien und ihren technisch angereicherten Varianten (NORM/TENORM).

Im Rahmen einer qualitativen Studie wird an zwei Standorten mit radioaktiven Altlasten untersucht, welches Verständnis von Sicherheit und Risiko die betroffenen Anwohner sowie die verschiedenen Expertenkulturen haben und wie sich diese auf die Durchführung von Sicherheitsmaßnahmen auswirken. Ziel ist es, Indikatoren für die Bewertung von Sicherheitsmaßnahmen zu entwickeln, die neben den naturwissenschaftlich-technischen Faktoren auch die sozialen Dimensionen von Risiko und Sicherheit berücksichtigen.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Literaturanalyse der Strahlenschutz-Regelwerke und Quellentexte
- AP2: Literaturanalyse der sozialwissenschaftlichen Risikoforschung und Medienberichte
- AP3: Erstellen des Interviewleitfadens
- AP4: Durchführung der explorativen Interviews
- AP5: Durchführung der Interviews mit Anwohnern
- AP6: Durchführung der Interviews mit Experten
- AP7: Auswertung der Interviews und Dokumentation der Ergebnisse
- AP8: Erstellung eines integrativen Leitfadens zur Risikokommunikation für Sanierungs- und Strahlenschutzexperten.

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

- AP1: Die Literaturanalyse der radiologischen Quellentexte sowie der strahlenschutzrechtlichen und bodenschutzrechtlichen Regelwerke wurde abgeschlossen.
- AP2: Die Literaturanalyse der sozialwissenschaftlichen Risikoforschung und der Medienberichte wurde abgeschlossen.
- AP3 und AP4: Die Erstellung der Probe-Interviewleitfäden und die Durchführung der explorativen Interviews wurden abgeschlossen.
- AP5: Es wurden keine weiteren Interviews mit betroffenen Anwohnern des Altlastenfalles De-Haën in Hannover geführt.
- AP6: Die Durchführung der Interviews mit Strahlenschutz-Experten und Behördenvertreter aus den involvierten Institutionen im untersuchten TENORM-Altlastenfall sowie mit Sanierungsexperten und Experten für Risikokommunikation an mehreren sanierten Standorten des Uranbergbaus in Sachsen und Thüringen wurde abgeschlossen.
- AP7: Die Auswertung der Interviews mit betroffenen Anwohnern sowie die Auswertungen der Interviews mit den Strahlenschutz-Experten wurden abgeschlossen und zusammengeführt.
- AP8: Aufgrund der Erkenntnisse, die durch den Abgleich der Interviewergebnisse erarbeitet wurden, wird von der Erstellung eines Handlungsleitfadens für Strahlenschutzexperten abgesehen. Stattdessen werden für die ermittelten Problemfelder Empfehlungen mit Best-Practice-Beispielen erstellt.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Erstellung des Abschlussberichtes.

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

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8699</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Innovative Lichtbogenverfahren für die Stilllegung und den Rückbau kerntechnischer Anlagen - Hot-Wire-Plasmaschneiden und Lichtbogen-Sauerstoff-Impulsschneiden (Inno-Cut)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.10.2009 bis 30.09.2012	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 1.015.982,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Bach	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Forschungsvorhaben hat zum Ziel, zwei neue, effektive und innovative Lichtbogenschneidverfahren für die Anwendung im Rückbau kerntechnischer Anlagen zu untersuchen und zu qualifizieren, mit denen sich anspruchsvolle Strukturen und große Materialstärken sowohl an Atmosphäre, als auch unter Wasser trennen lassen.

Dabei soll das Hot-Wire-Plasmaschneiden an Atmosphäre, ein erst seit ca. 3 Jahren existierendes Verfahren, für den Rückbau kerntechnischer Anlagen ertüchtigt und weiterentwickelt werden. Weitere Ziele des Forschungsvorhabens sind die Qualifizierung des Verfahrens für den Unterwassereinsatz, welche bisher noch nicht erfolgt ist sowie die Entwicklung des Hot-Wire-Bohrens, um Anschlagpunkte für zerlegte Bauteile herzustellen.

Das zweite innovative Lichtbogenschneidverfahren ist das Lichtbogen-Sauerstoff-Impuls-Schneiden (LSI). Diese Untersuchungen werden durchgeführt, um dieses thermische Schneidverfahren effektiv im Rückbau einsetzen zu können. Komplett neu ist hier der Einsatz des Schneidverfahrens unter Wasser. Systematische Untersuchungen zur Prozessanalyse, den Einflussparametern sowie zur Brennerentwicklung sind hier noch nicht bzw. nicht mehr vorhanden, so dass hier grundlegende Entwicklungen notwendig sind. Die Ausnutzung modernster Stromquellentechnik durch die Verwendung von z. B. gepulsten, leistungsfähigen Stromquellen zum MAG- oder Unterpulverschweißen sowie der Aufbau eines Spezialbrenners zum LSI Schneiden erhöhen die Erfolgsmöglichkeiten. Ein innovatives Ziel ist es, hierbei ebenfalls durch die Variation des Zusatzwerkstoffes exotherme Reaktionen in der Schnittfuge definiert zu erzeugen und als Energielieferant für die Steigerung der Schnitttiefe zu nutzen.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Zur Erreichung dieses Gesamtziels ist das Vorhaben in verschiedene Teilziele untergliedert, die durch entsprechende Arbeitspakete abgedeckt werden:

- Hot-Wire-Plasmaschneiden an Atmosphäre: Untersuchung der Wirkung von exothermen Reaktionen zur Verbesserung des Schneidverfahrens durch reaktive Pulver oder Fülldrähte
- Prozessentwicklung des Hot-Wire-Plasmaschneidens unter Wasser: Entwicklung des Hot-Wire-Schneidens unter Wasser und Qualifikation für den Rückbau
- Prozessentwicklung des Lochbohrens mit Hot-Wire: Qualifikation des Hot-Wire-Verfahrens unter Nutzung desselben Equipments zum Bohren
- Entwicklung eines Lichtbogen-Sauerstoff-Impuls-Brenners unter Verwendung moderner CAD/FEM-Systeme
- Versuche zum Lichtbogen-Sauerstoff-Impuls-Schneiden: Parameterstudie zum Schneiden von dickwandigen Bauteilen im Hinblick auf hohe Prozesssicherheiten
- Untersuchungen zur Ausnutzung exothermer Reaktionen zur Leistungssteigerung als integratives Element im Zusatzwerkstoff: Entwicklung von exothermen Fülldrähten auf Thermit- bzw. Magnesiumbasis zur Leistungssteigerung des Schneidprozesses
- Messung der Prozessemissionen

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Die Messungen der Emissionsraten beim Schneiden unter einer Wasserabdeckung von 100 mm führten zu dem Ergebnis, dass es infolge der Wasserabdeckung zu einer weitgehenden Reduktion der luftgetragenen Emissionen kommt. So wurden die Emissionsraten des frei brennenden Hot-Wire-Lichtbogens in Abhängigkeit der Prozessgase zwischen 94 % und 97 % reduziert. Beim Schneiden von 10 mm dicken Blechen aus S235JR kam es zu einer Verringerung der Emissionsraten um den Faktor 130 - 190. Der Grund für die deutliche Verringerung der Emissionsraten liegt dabei in der Tatsache begründet, dass durch das Wasser insbesondere die großen Partikel, welche einen Großteil der Masse ausmachen, herausgefiltert werden. Die bevorzugte Filterung der Partikel mit einer Partikelgröße größer als 1 µm wurde anhand von Messungen der Partikelgrößenverteilungen nachgewiesen. Eine generelle Verschiebung der Partikelgrößenverteilung in Richtung kleinerer Werte konnte nicht nachgewiesen werden.
- Der Einsatz der reaktiven Fülldrähte zum Schneiden unter Wasser führte ebenso wie an Atmosphäre zu positiven Effekten auf die Schneidleistung, wobei wiederum der Aluminiumpulverfülldraht mit einer Leistungssteigerung von 28,5 % die besten Ergebnisse lieferte.
- Es wurden Schneidversuche an Beton an Atmosphäre und unter Wasser vorgenommen. Im Vergleich zum Schneiden von Stählen kommt es beim Trennen von Beton zu dem Effekt, dass sich eine sehr hohe Schneidtiefe bei geringen Schneidgeschwindigkeiten und eine sehr geringe Schneidtiefe bei hohen Schneidgeschwindigkeiten einstellen. Die Ursache für dieses Verhalten ist dabei mit der Kombination von hoher Schmelztemperatur und sehr geringer Wärmeleitfähigkeit des Betons zu erklären. Beim Schneiden unter Wasser reduziert sich die Schneidleistung um ca. 28 %.
- Die durchgeführten Messungen der gasförmigen Emissionen beim Schneiden an Atmosphäre und unter Wasser kamen zu dem Ergebnis, dass sich die messbaren Emissionsraten der Gase NO, NO<sub>2</sub>, CO und CO<sub>2</sub> durch eine Wasserüberdeckung von 100 mm teilweise um den Faktor 3 bis 5 reduzieren lassen. Die Emissionsraten sind dabei weitestgehend unabhängig von den verwendeten Prozessgasen und liegen beim Schneiden mit 300 A an Atmosphäre im Bereich zwischen 140 ml/min (CO) und 6500 ml/min (NO).
- Der LSI-Brenner wurde in Betrieb genommen. Untersuchungen zum Einfluss des Drahtvorschubs, Gasdrucks, Schneidstroms und der Lichtbogenspannung wurden durchgeführt. Verschiedene konstruktive Mängel wurden erkannt und verbessert.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- LSI-Schneiden:  
Versuche mit Massiv- und Fülldrähten an unlegierten Stählen an Atmosphäre  
Versuche mit Massiv- und Fülldrähten unter Wasser
- Prozessanalyse  
Stromspannungsanalysen

### 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 28.02.2013	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 677.624,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr.-Ing. 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 wurde die Herstellung von Probekörpern weitgehend abgeschlossen. Der Probenumfang beträgt zum Ende des jetzigen Berichtszeitraumes ca. 400 Stück, welche sich in ihrer Zusammensetzung, Geometrie und Konditionierung unterscheiden. Hierzu wurden aus Betonplatten Bohrkern entnommen, vermessen, gewogen und nachbehandelt. Zeitgleich zur Herstellung der Probekörper für

Ablationsversuche wurden Proben für physikalische Materialuntersuchungen hergestellt. Die Herstellung der letztgenannten Proben dauert zurzeit noch an.

Die im Rahmen des Projekttreffens mit dem Projektträger sowie dem Projektpartner am 17.11.2011 abgesprochene Änderung des Konditionierungskonzepts zugunsten von kleinen, variablen Klimaboxen wurde weiterverfolgt. Hierzu wurden insgesamt 8 baugleiche Klimaboxen gefertigt und getestet. Die gleichmäßige Luftumwälzung der in den Boxen eingestellten relativen Luftfeuchten wird mit Axial- und Radiallüftern sichergestellt. Die relative Luftfeuchte und Temperatur in den Klimaboxen wird mit installierten Messfühler aufgezichnet und dokumentiert. Zur Regelung der relativen Luftfeuchte wurden unter anderem gesättigte Salzlösungen hergestellt, welche die Umgebungsfeuchte in Abhängigkeit der Temperatur regeln.

Das überarbeitete Konditionierungskonzept, welches die Einstellung der geforderten Materialfeuchte über eine adsorptive Anlagerung der Wassermoleküle in den Proben vorsieht, wurde mithilfe der gewonnenen Materialdaten und dem Feuchtesimulationsprogramm „Delphin“ vorab untersucht, um die benötigte Zeit für die Erreichung einer definierten Materialfeuchte abschätzen zu können. Die Konditionierung erfolgt unter Trocknung bei 50 °C in einem Trockenschrank und anschließender Rückbefeuchtung der Proben in den Klimaboxen. Der Beginn der umfangreichen Parameterstudie zum Abplatzverhalten dieser Proben unter Mikrowellenbestrahlung ist für Oktober vorgesehen.

Zu Beginn des Berichtszeitraumes fand eine umfangreiche Probenentnahme im Kernkraftwerk Zwentendorf a. D. (Österreich) statt. Insgesamt wurden 95 Proben aus verschiedenen Bereichen des Kraftwerks entnommen. Diese Proben werden derzeit auf ihre Zusammensetzung und ihre physikalischen Eigenschaften hin untersucht. Weiterhin wurden zerstörende und zerstörungsfreie Untersuchungen am Bauwerk nach Absprache mit dem Kraftwerksbetreiber Energieversorgung Niederösterreich (EVN) vorgenommen.

Neben den regelmäßigen Projekttreffen der Projektbearbeiter zum aktuellen Arbeitsstand fand am 30. Mai 2012 ein Projekttreffen aller Projektpartner statt, um das weitere Vorgehen abzustimmen.

#### **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 Feuchte-konditionierungskonzept aufgrund veränderter Bestrahlungsbedingungen (kleinere Probengeometrien und stark erhöhte Probenanzahl gegenüber dem ursprünglichen Antrag) angepasst werden musste. In Absprache mit dem Projektpartner IHM wird daher im Herbst dieses Jahres eine konzentrierte Messkampagne zum Ablationsverhalten durchgeführt. Weiterhin wird in Zusammenarbeit mit dem Projektpartner IHM die dielektrische Vermessung der konditionierten Probekörper durchgeführt. Parallel hierzu wird die Entwicklung eines Messkonzepts zur Erfassung der ablationsrelevanten Kenngrößen (Feuchtegehalt, Wärmeentwicklung, Dehnungen, Material-Ausbruchmenge in Abhängigkeit der Mikrowellenleistung) fortgeführt.

Nach erfolgreichem Abschluss der Ablationsversuche soll unter Berücksichtigung der gemessenen Kenngrößen, der Materialzusammensetzung und der Bestrahlungsleistung ein Materialmodell zur Beschreibung des Ablationsverhaltens erarbeitet werden.

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

In der bisherigen Bearbeitungszeit sind keine Berichte, Konferenzbeiträge und Veröffentlichungen in Zeitschriften o. ä. publiziert worden, da die Datenlage dies noch nicht ermöglicht. Die Veröffentlichungen beschränken sich auf einen Arbeitsvortrag im Kraftwerk Stade, ein Poster bei der Konferenz KONTEC 2011 sowie einen Vortrag vor dem Projektträger.

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

<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 28.02.2013	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<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

Im Berichtszeitraum wurden die Arbeiten mit dem neuen Design der Funktionseinheit (10 kW Magnetron, Hochspannungsteil, Quarzfenster + Hohlleiter) fortgesetzt und neben dem normalen Hohlleiter, Steghohlleiter neue getaperte Hohlleiter entworfen und hergestellt um die Energiedichten weiter zu optimieren. Weiter wurde der bestellte Autotuner geliefert und in die Konstruktion integriert. Des Weiteren wurde das 20 KW-Magnetron geliefert. Erste Versuche damit sind ab August/September geplant.

Ergänzend wurden in CST Microwave Studio/Comsol Multiphysics umfangreiche Simulationen durchgeführt.

Im Berichtszeitraum wurden die vom Projektpartner gelieferten Betonproben dielektrisch vermessen und ausgewertet. Dafür wurden in der Software Matlab geeignete Routinen implementiert. Im Zeitraum 1.12.2011 - 31.5.2012 wurde die Software für die dielektrischen Messungen weiterentwickelt, um damit noch andere Sonden benutzen zu können. Die Arbeiten haben gute Ergebnisse geliefert sind aber noch nicht abgeschlossen.

Der experimentelle Versuchsaufbau wurde und wird weiter optimiert

Ende Mai fand am Campus Süd beim Projektpartner eine Meeting statt, wo über den aktuellen Stand berichtet wurde und die weitere Vorgehensweise abgestimmt wurde.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Gemäß der Absprache mit dem Projektpartner vom 17.11.2011 werden beim Projektpartner am CS umfangreiche Serien von Betonproben angefertigt.

Diese Proben werden nach Aussagen des Kooperationspartners im Oktober 2012 verfügbar sein. Sie werden dann im Rahmen einer Versuchskampagne dielektrisch und mechanisch vermessen und dann im experimentellen Setup mit Mikrowellen beschossen. Die experimentellen Ergebnisse werden durch theoretische Modelle und Simulationen begleitet, um den Mechanismen der Betonablation weiter auf den Grund zu gehen.

Die dielektrischen Vermessungen des Betons werden weiter fortgeführt insbesondere unter dem Gesichtspunkt der Temperaturabhängigkeit. Eine entsprechende Messeinheit ist Anfang Oktober einsatzbereit. Parallel wird an der Verbesserung der Auswertung gearbeitet.

Als weitere Optimierung ist der Entwurf eines sog. "corrugated waveguides" geplant, damit man in der Lage ist Ablation über größere Entfernungen zwischen Wellenleiter und Beton durchzuführen.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

A. Melcher, M. Umminger, T. Kayser, G. Link, M. Haist, H.S. Muller, and J. Jelonnek.  
MACOS - Microwave Assisted Ablation of Contaminated Concrete Surfaces - Modeling and Experiments; 14th Seminar "Computer Modeling in Microwave Engineering and Applications" Multiphysics Modeling in Microwave Power Engineering, March 5-6, 2012, University of Bayreuth, Germany

A. Melcher, M. Umminger, T. Kayser, G. Link, M. Haist, H.S. Muller, and J. Jelonnek.  
Modeling and Simulation of Microwave Heating for Spalling of Radioactive Contaminated Concrete; Proceeding to the 83rd Annual Meeting of the International Association of Applied Mathematics and Mechanics to appear.

<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 31.05.2013	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<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 Nachbehandlungsschritten 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 sind hergestellt. Sie wurden beschichtet und untersucht. Allerdings mussten die Kleinkomponenten erneut beschichtet werden. Da die angestrebten Ergebnisse beim ersten Beschichten: Korrosionsfreiheit nach dem Wassertest, nicht vollständig erreicht wurden. Darauf wurden noch einmal Beschichtungsversuche zur Verifikation des Spritzverfahrens und des Spritzwerkstoffs durchgeführt mit zum Teil guten Ergebnissen. Problem dabei ist die Reproduzierbarkeit der Qualität der erzielten Beschichtungen. Deshalb sind weitere Beschichtungsversuche an Bauteilen der Kleinkomponente zur Festlegung des Spritzverfahrens und des Spritzwerkstoffs sowie zur Verbesserung der Reproduzierbarkeit notwendig.  
Hierdurch ist mit einem erhöhten Arbeitsaufwand in Bezug auf die Korrosionsbeschichtung und -prüfungen im weiteren Projektverlauf zu rechnen.
- AP3: Geometrie der Großkomponente ist abgesprochen und die Komponente ist hergestellt.
- AP4: Keine Aktivität.
- AP5: Keine Aktivität.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Aktivitäten abgeschlossen.
- AP2: Zur Verifizierung der Beschichtung der Kleinkomponente müssen die Beschichtungen wiederholt werden.
- AP3: Fertigung der Großkomponente ist abgeschlossen, muss nun beschichtet werden, wenn die Ergebnisse in AP2 verifiziert wurden.
- AP4: Beschichtung der Reparaturplatten und Erarbeitung eines Reparaturkonzeptes.
- AP5: Keine.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8730</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 31.05.2013	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 308.765,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr.-Ing. Bach	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist der Nachweis der großtechnischen Machbarkeit von thermisch gespritzten Beschichtungen auf End- und Zwischenlagerkomponenten aus Sphäroguss unter wirtschaftlichen Aspekten.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Definition der Randbedingungen
- AP2: Aufarbeitung der bisherigen Ergebnisse aus dem vorhergehenden Projekt SHARK
- AP3: Auswahl des geeigneten thermischen Spritzverfahrens
  - Untersuchungen der gespritzten Beschichtungen auf planaren Probelplatten hinsichtlich Schichtaufbau und Korrosionsschutz
  - Auswertung/Festlegung des Verfahrens
- AP4: Beschichtung einer Kleinkomponente
  - Beschichtung, Untersuchungen hinsichtlich Schichtaufbau und Korrosionsschutz
  - Auswertung
- AP5: Beschichtung einer Großkomponente
  - Untersuchungen hinsichtlich Schichtaufbau und Korrosionsschutz
  - Auswertung
- AP6: Erprobung von Reparaturmöglichkeiten
  - Untersuchungen hinsichtlich Schichtaufbau, Anhaftung, Korrosionsschutz und Porosität
  - Reparaturbeschichtungen werden auch an der Klein- bzw. Großkomponente geprüft
  - Auswertung
- AP7: Berichterstattung
  - Regelmäßige Projektstatusgespräche
  - Regelmäßige Berichterstattung an das BMBF (Halb-, Jahresberichte)
  - Abschlussberichterstattung

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP4: Beschichtung von Kleinkomponenten

A) Untersuchung der von der Fa. Siempelkamp hergestellten und von Sulzer/Metco beschichteten Behälterbauteile: Beschichtungsverfahren: HVOF-GF mit dem Spritzwerkstoff Diamalloy 2001, dabei Erprobung unterschiedlicher Spritzprogramme:

- 4 Flanschteile; Wiederholung des Wassertests an den um 180° gedrehten Flanschteilen, Reproduktion aller Ergebnisse, d. h. Korrosion in allen Radien, auf den senkrechten und waagerechten Behälterwandungen sowie zum Teil an den Absatzkanten des Behälterinnenprofils; Probenahme an einem ausgewählten Teil für eine metallografische Untersuchung,
- 4 Bodenteile; Durchführung des Wassertests: Korrosion in allen Radien, waagerechten und senkrechten Behälterwandungen, dabei auch besonders am Übergang von dem separat gespritzten Zentrum der Bodenflächen zu der umgebenen Ringfläche; Untersuchung der Oberflächentopografie der Beschichtung (vergleichende Rauheitsuntersuchung mittels Digitalmikroskop);

B) Nach den Ergebnissen der ersten Beschichtung auf den Bauteilen der Kleinkomponente wurde die Festlegung auf ein Spritzverfahren und einen Spritzwerkstoff noch einmal in Frage gestellt und die Beschichtung eines Flanschteils mit drei verschiedenen Spritzwerkstoffen und zwei unterschiedlichen Spritzverfahren, HVOF-GF und HVOF-LF, dabei Aufteilung des Innenraums in sechs Segmente durchgeführt:

- Wassertest dieser Segmente: wesentlich weniger ausgeprägte Korrosionserscheinungen, zum Teil sogar keine Korrosion in den Radien des Behälterprofils, besonders hervorzuheben hier sind die Beschichtungen mit Diamalloy 2001 im HVOF-GF-Verfahren sowie Höganäs 1660.02 im HVOF-LF-Verfahren;
- Untersuchung der Oberflächentopografie mittels Digitalmikroskopie;
- Durchführung von elektrochemischen Untersuchungen mittels Impedanzspektroskopie.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

AP3: Weitere Untersuchungen der Beschichtungsproben

- Weiterhin mechanische Prüfungen (Haftzugfestigkeitsuntersuchungen, Härteprüfungen),
- Fertigung und Untersuchung kaltgasgespritzter Proben,
- Beschichtung der Flansch- und Bodenteile mit unterschiedlichen Spritzprogrammen.

AP4: Beschichtung von Kleinkomponenten

- weitere Beschichtungsversuche mit unterschiedlichen Spritzprogrammen zur Verifikation des Spritzverfahrens/-werkstoffs sowie zur Verbesserung der Reproduzierbarkeit,
- Fortführung der elektrochemischen Untersuchungen mittels Impedanzspektroskopie,
- Untersuchung der Oberflächentopografie mittels Digitalmikroskop

AP5: Beschichtung der Großkomponente

- Untersuchungen hinsichtlich Schichtaufbau und Korrosionsschutz
- Auswertung.

AP6: Erprobung von Reparaturbeschichtungen:

- Reparaturbeschichtungen an Probeplatten, Untersuchung der Reparaturstellen hinsichtlich Schichtaufbau Anhaftung und Porosität, Korrosionsuntersuchungen.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

S. Behrens (Vortragende), M. Jendras, T. Hassel, Fr.-W. Bach: „Untersuchungen zur Korrosionsschutzbeschichtung von Lagerbehältern für radioaktive Abfälle“, DGM Fortbildungsseminar „Bauteilschädigung durch Korrosion“, Köln 30.11.2011– 1.12.2011

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Verein für Verfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e. V., Bautzner Landstr. 128, 01328 Dresden		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 8740</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Erprobung elektrochemischer Abtragstechnologien für den Rückbau stark armierter Betonstrukturen und das Zertrennen starkwandiger Bauteile in kerntechnischen Anlagen		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.07.2010 bis 30.04.2012	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2012 bis 30.04.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 129.445,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dipl.-Chem. Friedrich	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Eine technische Herausforderung beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen stellt das Zertrennen stark armierter Betonstrukturen und starkwandiger metallischer Bauteile, z. T. in Sandwich-Bauweise ausgeführt, dar. Eine Schneidtechnologie für metallische Bauteilstrukturen, deren Trennleistung unabhängig von Materialparametern wie Härte bzw. Duktilität ist und die hohe Schnitttiefen und Schneidleistungen zulässt, stellt das elektrochemische Trennen dar.

Es soll deshalb zunächst in einem eng umrissenen Versuchsprogramm untersucht werden, ob sich diese Technologie bezüglich Schnittleistung und Schnitttiefe für die Beseitigung von Armierungen in stark armierten Betonstrukturen und für das Zertrennen dickwandiger bzw. mehrlagiger metallischer Werkstoffe prinzipiell eignet. Die dabei erzielten Ergebnisse sollen sodann innerhalb eines nachfolgenden technischen Entwicklungsprojektes verfahrens- und gerätetechnisch umgesetzt und auf diese Weise einer praktischen Anwendung zugänglich gemacht werden.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Materialrecherche zu den in relevanten Bereichen kerntechnischer Anlagen verwendeten Stahlsorten und Fertigung von Prüfkörpern

AP2: Aufbau des Versuchsstandes

AP3: Elektrochemische Auflösung von Armierungsstählen in Beton

AP4: Bewertung, Konzeption eines technischen Entwicklungsvorhabens, Bericht

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Die Arbeiten an AP1 wurden planmäßig fortgesetzt und beendet.

AP2: Die Arbeiten entsprechend AP2 waren bereits in der vorangehenden Berichtsperiode im Wesentlichen abgeschlossen worden. Für die noch durchzuführenden elektrochemischen Auflöserversuche wurden weitere spezielle Hohlkathoden gefertigt und wahlweise der Teststand damit ausgerüstet.

AP3: Die Bearbeitung des AP3 wurde hinsichtlich der elektrochemischen Voruntersuchungen planmäßig weitergeführt. Dabei stand die Untersuchung der Auflösungsbedingungen an Blei als duktilem Metallen im Vordergrund. Es wurde festgestellt, dass für die forcierte Auflösung von Blei statt des für Stähle zu favorisierende NaCl-Systems ein Elektrolyt auf Nitratbasis wesentlich besser geeignet ist.

Die elektrochemischen Auflöserversuche an technischen Werkstoffproben aus vergüteten Baustählen und an Edelstählen wurden fortgesetzt und abgeschlossen. Bei den Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass selbst bei sehr hohen Auflösungsstromdichten von bis zu  $120 \text{ A/cm}^2$  eine hohe Stromausbeute  $>97 \%$  aufrechterhalten werden kann.

Bei Stromdichten von  $80 - 120 \text{ A/cm}^2$  konnten Abtragsraten von  $70 - 90 \text{ g/h}$  und Abtragsgeschwindigkeiten bis zu  $0,14 \text{ m/h}$  erzielt werden, wobei wie postuliert Härte und Legierungszusammensetzung sowie andere Eigenschaften des aufzulösenden Werkstoffs keinen nennenswerten Einfluss hatten. Die Abtragsgeschwindigkeiten wurden an Probenstücken von jeweils  $120 \text{ mm}$  Dicke bzw. Länge durch das Einbringen elektrochemisch gebohrter Löcher von jeweils  $10$  oder  $25 \text{ mm}$  Durchmesser ermittelt.

AP4: Es wurde eine Bewertung der Technologie im Hinblick auf die mögliche Realisierung eines nächsten Umsetzungsschrittes vorgenommen. Dazu wurden ausgehend von den verfahrenstechnischen Erfordernissen die Anforderungen an die technische Ausrüstung formuliert. Weiterhin wurden die bei der möglichen Anwendung der Technologie erforderlichen Randbedingungen, speziell bezüglich vor- und nachgelagerte technologische Schritte sowie auch sicherheitstechnische Aspekte bewertet.

Die konzeptionellen Arbeiten zu einem weiterführenden technischen Entwicklungsvorhabens wurden ebenfalls durchgeführt und abgeschlossen. Mit der Erstellung des Schlussberichtes wurde begonnen.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten zu den AP1 – 3 wurden im Berichtszeitraum abgeschlossen.

AP4: Der Schlussbericht für das Vorhaben wird bis 31.10. 2012 fertigstellt.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8750</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt Schneidladung: Schneidladung als Zerlegeverfahren beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen und Qualifizierung im kerntechnischen Umfeld		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.05.2010 bis 30.09.2012	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 198.869,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Bach	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Der Einsatz von Schneidladungen zum Trennen von mechanischen Bauteilen ist seit vielen Jahren erforscht und in vielfältigen Anwendungen durchgeführt worden. Große, metallische Bauteile wie z. B. Brückensegmente werden überwiegend durch Schneidladungen zerlegt. Der Einsatz erfolgt hierbei ausschließlich auf offenem Gelände. Die Wirkung auf das zu trennende Werkstück und die benötigten Ladungsmengen sind erschöpfend erforscht, so dass ein sicherer Trennprozess gewährleistet ist.

Beim Rückbau kerntechnischer Anlagen müssen eine große Anzahl komplexer Geometrien getrennt werden. Dieses ist mit vielen konventionellen Verfahren nicht oder nur mit aufwendigen Manipulatoren möglich. Die Manipulatoren müssen positionsgenau arbeiten und bei den meisten Verfahren hohe Rückstellkräfte aufnehmen können. Die Installation dieser Manipulatoren ist sehr zeitaufwändig und kostenintensiv. Einen deutlich geringeren Aufwand stellt hier das Trennen durch Schneidladungen dar.

Zur Verwendung von Schneidladungen in geschlossenen Räumen müssen verschiedene Einflüsse des Trennvorgangs erforscht werden. Durch den Schneidprozess entsteht eine Druckwelle, es können sich Splitter lösen, Schall, Staub- Aerosol- und Gasemissionen entstehen. Um Schäden an Gebäudestrukturen zu vermeiden, werden im zweiten Teilvorhaben FEM-Simulationen zu der entstehenden Druckwelle und deren Folgen durchgeführt. Die entstehenden Staub-, Aerosol- und Gasemissionen werden in diesem Forschungsvorhaben analysiert.

Durch die Reaktion der Schneidladung mit der umgebenden Atmosphäre und dem Grundmaterial entstehen verschiedene Schadstoffe. Zum einen werden Gase als direkte Emissionsprodukte der Schneidladung, zum anderen staubförmige Partikel freigesetzt. Aus der Schneid- und Schweißtechnik ist bekannt, dass Stoffe in Form von ultrafeinen Partikeln in den Körper eindringen können. Die Partikel haben dabei zum Teil Durchmesser von wenigen Nanometern, weswegen Sie beim Einatmen durch die Bronchien in die Alveolen der Lunge eindringen können.

Bei der Untersuchung der Emissionen werden verschiedene Eigenschaften betrachtet. Zum einen werden die entstehenden Gase nach Art und Menge analysiert, zum anderen werden die Charakteristika der Stäube untersucht. An den Stäuben werden so deren Abscheidungsorte im Versuchsraum, die Gesamtmengen an freigesetzten Stäuben und die Partikelgrößenverteilung erforscht. Des Weiteren sollen Versuche durchgeführt werden, die Aufschluss über die Kontaminationsverschleppung durch luftgetragene, aktivierte Stäube geben.

Durch die Kenntnis über die Art und Menge der entstehenden Emissionen wird es möglich, die Schneidladungstechnik zum Rückbau kerntechnischer Anlagen zu evaluieren. Somit können Trennprozesse vereinfacht und der Rückbau sicherer werden.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Zur Erreichung dieses Gesamtziels ist das Vorhaben in verschiedene Teilziele untergliedert, die durch entsprechende Arbeitspakete abgedeckt werden. Zur Bewertung der erzielten Ergebnisse werden alle Versuche mit einem Winkelschleifer als Referenzverfahren verglichen:

- Gesamtstaubentstehung beim Zerlegen von metallischen Bauteilen mit Schneidladungen; Untersuchung der Gesamtmenge an luftgetragenen Partikel
- Quantifizierung der Staub- und Aerosolentstehung; Untersuchung der Größenverteilung der luftgetragenen Partikel
- Quantifizierung der Gasentstehung durch die Sprengung; Untersuchung der Gaszusammensetzung durch die Reaktion der Schneidladung mit der umgebenen Atmosphäre und dem zu schneidenden Grundwerkstoff
- Kontaminationsverschleppung; Analyse des Staubniederschlags im Versuchsraum von Oberflächenbeschichtungen

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Es wurden alle geplanten Versuche mit Schneidladungen und einem Winkelschleifer als Referenzverfahren durchgeführt. In den verschiedenen Emissionsbewertungskriterien wurden folgende Ergebnisse erzielt:

- Gesamtstaubentstehung: Der Vergleich der gesamten Masse an emittierten Stäuben zeigte, dass die freigesetzten Staubmengen beim Trennen mittels Schneidladungen deutlich höher sind als beim Winkelschleifer. Im Durchschnitt wurden um Faktor 8,3 höhere Emissionen freigesetzt.
- Charakterisierung der Stäube: Die Untersuchungen zu der Größenverteilung der freigesetzten Stäube zeigte, dass beim Trennen mit Schneidladungen höhere Anteile sehr feiner Partikel entstehen, als beim Trennen mit einem Winkelschleifer. In der Partikelfraktion mit einer Größe zwischen 0,3 µm bis 1 µm wurden zum Teil um Faktor 4 höhere Partikelmengen detektiert. In den Bereichen zwischen 2 µm und 10 µm waren die Mengen an freigesetzten Stäuben identisch.
- Charakterisierung der Gasentstehung: Beim Trennen mit Schneidladungen wurden Gase emittiert die aus der Reaktion des Sprengstoffes mit der umgebenen Atmosphäre zurückzuführen sind. Es wurden CO<sub>2</sub> mit 800 ppm gemessen, CO mit bis zu 80 ppm und geringe Mengen an NO mit 8 ppm festgestellt. Beim Schneiden mit dem Winkelschleifer konnten keine entstehenden Gase erkannt werden.
- Kontaminationsverschleppung: Die Analyse des Staubniederschlags wurde für die Verteilung der Masse bereits durchgeführt. Die chemische Zusammensetzung der Stäube wird zurzeit noch untersucht.
- Es zeigte sich, dass die Stäube beim Schneiden mit einer Schneidladung deutliche stärker im Bereich der Kabinenwände niederschlagen. In diesen Bereichen wurden um bis zu Faktor 3 höhere Partikelmassen als in der Nähe der Bearbeitungsstelle (Kabinenmitte) festgestellt.
- Im Gegensatz hierzu wurden beim Schneiden mit dem Winkelschleifer sehr hohe Mengen an Staub im Bereich um den Bearbeitungsraum und deutlich weniger in der Nähe der Kabinenwände festgestellt. Mit zunehmendem Abstand zur Bearbeitungsstelle nehmen die Mengen an Staub ab. Es wurden zwar im gesamten Versuchsraum deutliche Staubmengen gemessen, jedoch waren die Mengen in der Nähe des durchgeführten Schnitts um bis zu Faktor 2000 höher.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- Auswertung der Staubzusammensetzung auf Spuren des Beschichtungswerkstoffes um eine Aussage zu einer möglichen Kontaminationsverschleppung zu erhalten
- Rückbau des Versuchsraums

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mit beschränkter Haftung, Einsteinstr. 20, 85521 Ottobrunn		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 8760</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt Schneidladung: Schneidladung als Zerlegeverfahren beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen und Qualifizierung im kerntechnischen Umfeld		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.05.2010 bis 30.09.2012	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 584.528,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. Kremer	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel dieses Projektes ist es, die Schneidladung als Zerlegeverfahren für den Rückbau von kerntechnischen Anlagen zu qualifizieren. Hierbei bestehen derzeit noch deutliche Defizite bezüglich der Vorhersagbarkeit der Stärke und der Wirkung des Strukturschocks und der Druckwelle auf die Infrastruktur der Umgebung, insbesondere bei Anwendungen in geschlossenen Räumen. Neben der Erfassung der Emissionen in Form von Erschütterung, Druckwellen, Splintern, Staub und Aerosolen geht es um die Ermittlung der Wirkung dieser Emissionen auf die Umgebung und Betriebseinrichtungen. Durch eine Kombination aus Simulationsmodell, praktischen Schneidversuchen am Mockup und messtechnischer Erfassung der Emissionen soll ein Simulationsverfahren entwickelt werden, mit dem die Anwendung von Schneidladungen innerhalb von kerntechnischen Anlagen sicher ausgelegt, vorab verifiziert und genehmigt werden können.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

### *AP1: Definition der Randbedingungen*

Festlegung der Randbedingungen (Schneidaufgaben und der räumlichen Randbedingungen) und Planung eines entsprechenden Mockup.

### *AP2: Festlegung von Kriterien und Grenzwerten*

Zur Bewertung von Versuchen und Simulationen wird festgelegt:

- Welche Strukturteile beobachtet werden (z. B. Wände, Türen, Lüftungsanlagen, Brandmeldeeinrichtungen, Kommunikationsanlagen, usw.)
- An Hand welcher Kriterien deren Belastung beurteilend erfolgen soll?
- Welche Grenzwerte gewählt werden.

Hierzu sind deutsche Vorschriften (wie DIN 4150), aber auch amerikanische Vorschriften und Berichte heranzuziehen.

### *AP3: Modellerstellung*

Festlegung der zum Einsatz kommenden Berechnungsverfahren. 3D-Modellierungen und Berechnung der kurzzeitphysikalischen Vorgänge.

### *AP4: Schneidversuche*

Durchführung von Schneidversuche im Mockup und Aufbereitung der Messergebnisse zum Luft- und Körperschall.

*AP5: Modell-Validierung*

Modell-Validierung durch Abgleich der Simulations- und Messergebnisse und ggf. Modifikation bzw. Anpassung des Rechenmodells.

*AP6: Modell-Validierung in der praktischen Anwendung mit Behörden-Nachweis*

Modellrechnungen und Schneidversuche an bzw. in einer realen Räumlichkeit. Diese Schneidversuche sollten unter Aufsicht der Gutachter- und Genehmigungsbehörde durchgeführt werden.

*AP7: Abschließende Zusammenstellung der Dokumentation und Bewertung*

Die erarbeiteten Ergebnisse werden dokumentiert und gemeinsam mit WAK und der Gutachter- und Genehmigungsbehörde einer Gesamtbewertung unterzogen.

**3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse**

- Weitere Analysen der gewonnenen Messwerte aus den Sprengversuchen in der Blast Tube
- Integration der Messwerte und Simulationsergebnisse in ein numerisches Modell zur Vorhersage der Druckwellenausbreitung in geschlossenen Räumen/in Lüftungseinrichtungen
- Umfangreiche Modellier- und Simulationsarbeiten zur Bestimmung des schädigenden Einflusses der Verwendung von Schneidladungen auf die Tragfähigkeit von bewehrten dickwandigen Betonstrukturen
- Abschließende Bewertung der Eignung von Schneidladungen zur Trennung von Stahlbauteilen in geschlossenen Räumen, insbesondere im Bereich der LAVA-Installationen

**4. Geplante Weiterarbeiten**

- Formulierung eines praktischen rechnerischen Modells zur Beurteilung der Einsatzfähigkeit von Schneidladungen in geschlossenen Räumen als Funktion der Ladungsmenge, der Raumgröße und ggf. der Abzugsquerschnitte
- Fortsetzung der Simulationsrechnungen zur Betonschädigung unter Berücksichtigung verschiedener Betonfestigkeitsklassen, Bewehrungszuständen, Sprengstoffmengen / Schneidladungstypen, Geometrien
- Spezielle Sprengversuche an Betonprobekörpern zur Validierung der durchgeführten Berechnungen
- Auswertung der experimentell gewonnenen Daten und Bewertung im Vergleich zu den Ergebnissen der Modellrechnungen
- Abschließende Dokumentation und Bewertung

**5. Berichte, Veröffentlichungen**

Keine.

<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 31.10.2013	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<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 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 10mm 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

#### *AP2: Optimierung und Weiterentwicklung Dekontaminationsverfahren*

Nach der Fertigstellung des Versuchstandes am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) wurden grundlegende praktische Untersuchungen zum Abtragsverhalten einer mit Hartmetalllamellen bestückten Bodenfräse getätigt. Die Ergebnisse sollen die Auslegung eines geeigneten Manipulators unterstützen. Die Ermittlung der Schlagkräfte sowie der Verschleiß der Hartmetalllamellen in Abhängigkeit entsprechender Betriebsparameter, wie Motordrehzahl und Zustelltiefe, sind von entscheidender Bedeutung. Dabei zeigte sich eine deutliche Zunahme der Kräfte senkrecht zu bearbeitenden Oberfläche mit steigender Drehzahl. Dabei können die Schlagkräfte je Lamelle durchschnittlich 240 N für eine maximale Drehzahl  $n$  von 70 Hz erreichen.

Für Drehzahlen  $n < 45$  Hz zeigt sich keine relevante Änderung der Kräfte (Mittelwert 80 N). Weiterhin wurde die Zustelltiefe der Lamellen variiert (0,5 – 4 mm), wobei diese im Vergleich zu den Ergebnissen der Trommeldrehzahl keine einflussreiche Veränderung auf das

Abtragsverhalten hat. Die Ursache hierfür liegt in der geringen Winkeländerung, mit welcher die Lamellen auf die Oberfläche schlagen. Die Vorschubgeschwindigkeit wurde an das Projektziel für eine Abtragsleistung von 10 m<sup>2</sup>/h angepasst und betrug 1m/min. Die Untersuchungen zum Verschleißverhalten ergaben Standzeiten von über 300 m.

Die Praxistests zu der Leichtbautrommel ergaben bei einer Vollbestückung mit Hartmetalllamellen ein Versagen bei 50 Hz. Dabei übersteigen die radialen Spannungskomponenten die Festigkeit der glasfaserverstärkten Verbundmatrix. Hierfür wird derzeit der Einsatz von Karbon oder spezieller Gewebematten in Betracht gezogen

In Zusammenarbeit mit der EnBW wurde ein mobiler Teststand am Kernkraftwerk Obrigheim (KWO) entwickelt. Dieser dient zu Ermittlung der Rückschlagkräfte auf die Fräse, um die nötige Mindeststeifigkeit des später zu entwickelnden Manipulators zu bestimmen.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass das Projektziel, eine Abtragstiefe von 1 cm, nicht in einem Arbeitsgang einer mit Hartmetalllamellen bestückten Fräse bei den entsprechenden Beton- und Betriebsparametern erreicht werden kann. Daher wird derzeit das Ziel verfolgt, eine Kombination aus zwei Trommeln einzusetzen. Dabei ist die erste Trommel mit Diamantsägeblättern bestückt, welche in die Oberfläche schmale Fugen schneidet. Diese werden durch die nachlaufende mit Hartmetalllamellen bestückte Trommel herausgeschlagen. Erste Untersuchungen am KIT haben gezeigt, dass die Schneidkräfte einer vollbestückten Trommel mit Diamantsägeblättern im Nennbetriebsfall für einen Beton C30/37 bei 2000 N liegen. Diese Kräfte übersteigen die Belastbarkeit des Manipulators und müssen durch eine Minimierung der Anzahl an Sägeblättern sowie einer höheren Drehzahl angepasst werden.

#### *AP3: Steuerung und Anpassung des Manipulators an die neue Entwicklung*

In Kooperation mit der EnBW wurde ein entsprechendes Trägersystem im CAD konstruiert und auf die dynamische und statische Belastbarkeit hin überprüft. Im Vordergrund der Konstruktion standen dabei eine vereinfachte Handhabbarkeit in engen Räumen sowie das Erreichen von Raumhöhen bis zu 4 m.

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

##### *AP2: Optimierung und Weiterentwicklung Dekontaminationsverfahren*

Nach abschließenden Untersuchungen zum Einsatz von Diamantsägeblättern wird ein geeignetes Antriebskonzept für die Fräseinheit ausgewählt. Dabei soll das Arbeitspaket b) abgeschlossen werden

##### *AP3: Steuerung und Anpassung des Manipulators an die neue Entwicklung*

Im Mittelpunkt der Arbeiten stehen die Optimierung und die Montage des Trägersystems.

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

Keine.

<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 31.10.2013	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<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

AP2: Optimierung und Weiterentwicklung Dekontaminationsverfahren

Nach den ersten praktischen Fräsversuchen mit einer Bodenfräse (2,2 kW) im Kernkraftwerk Obrigheim (KWO), wurde beschlossen eine Fräse mit höherer Motorleistung zu verwenden. In Anlehnung an die gegenwärtig laufenden Versuche am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), wurde die gleiche Maschine (CT 250 / 7,5kW) ausgewählt.

Für den Einsatz der Fräse an der Wand sind die Rückschlagkräfte auf die Fräse sowie die damit auf das Trägersystem wirkenden Beanspruchungen von großer Bedeutung. Daraus resultiert eine Mindestzustellkraft, welche unbedingt eingehalten werden muss, um eine qualitative Dekontamination der Betonoberflächen zu erreichen. Zur Bestimmung dieser Parameter wur-

de ein entsprechendes Fahrgestell konstruiert. Die Fräse wird dabei über ein verstellbares Federsystem in einen Rahmen montiert. Dieser wird mit Hilfe einer Antriebseinheit über den Boden geführt.

Zur Optimierung des Dekontaminationsverfahrens wurde in Zusammenarbeit mit dem KIT beschlossen, eine Kombination von zwei nacheinander laufenden Frästrommeln als Bearbeitungssystem zu verwenden. Jedoch ist die erste Trommel mit Diamantsägeblättern bestückt, um entsprechende Rillen von 1 cm Tiefe vorzuschneiden, welche die nachlaufende lamellenbestückte Trommel herausschlagen soll. Das entwickelte Fahrgestell wurde dabei so konzipiert, dass auch die nötigen Zustellkräfte der Trommel mit den Diamantsägeblättern bestimmt werden können.

AP3: Steuerung und Anpassung des Manipulators an die neue Entwicklung

Es wurden erste konstruktive Entwicklungen für einen geeigneten Manipulator der Fräseinheit getätigt. Dabei wurden hauptsächlich die CAD-Entwürfe auf ihre statische und dynamische Belastbarkeit hin überprüft. In Zusammenarbeit mit dem KIT hat sich dabei ein Trägersystem, bestehend aus zwei Teleskophubsäulen und einem zusätzlich integrierten Spindelhub, als vorteilhaft erwiesen. Die Fixierung des Systems soll über Saugplatten erfolgen, wobei die Zustellkraft mit Hilfe eines separaten Pneumatikzylinders erreicht wird. Das System kann dabei Raumhöhen von bis zu 4m erreichen.

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

AP2: Optimierung und Weiterentwicklung Dekontaminationsverfahren

Es sollen erste Dekontaminierungsarbeiten mit dem entwickelten Fahrgestell im Maschinenhaus am KWO durchgeführt werden. Der Schwerpunkt wird dabei auf der Optimierung der nötigen Anzahl an Diamantsägeblättern liegen. Hier soll zusammen mit dem KIT der optimale Betriebspunkt der Fräseinheit bestimmt werden, um den Abschluss des Arbeitspaketes 2 zu erreichen.

AP3: Steuerung und Anpassung des Manipulators an die neue Entwicklung

In Kooperation mit dem KIT wird die abschließende Konstruktion des Manipulators realisiert. Weiterhin wird eine automatische Steuerung des Manipulators für die Dekontaminierung der Wände angestrebt.

AP4: Optimierung der verfahrenstechnischen Kette

Beginn des Arbeitspaketes für die Planung und Optimierung zum Abtransport des entstehenden Staubes.

#### **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 30.09.2013	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<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* wurden die Untersuchungen zum Ausgasungsverhalten von unbestrahltem AVR-Reflektorgraphit unter Inertgas mit Vergleichsuntersuchungen an der neuen Thermowaagenanlage weitgehend abgeschlossen. Dabei wurden erhebliche Mengen an Wasserdampf festgestellt, welcher im Graphit gebunden ist und Einfluss auf die Freisetzung von Tritium durch Isotopenaustausch nehmen kann. Neben der erwarteten Freisetzung von CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub> wurde auch Methan schon während der Aufheizphase beobachtet. Dies ist für die potentielle Freisetzung von organischem <sup>14</sup>C aus einbetonierten Graphitabfällen von Bedeutung, da es nicht im Beton zurückgehalten wird. Außerdem wurden umfangreiche Strukturanalysen durchgeführt und deutsche, wie auch russische Graphite auf aktivierbare Verunreinigungen sowie physi-/chemisorbierte Gase untersucht. Graphit aus dem Rossendorfer Forschungsreaktor ist mittlerweile auch verfügbar.

In *Arbeitspaket 2* wurde die Aktivitätsverteilung in den Graphit- und Kohlesteinstrukturen des THTR anhand von Betriebsdaten sowie Konstruktionsunterlagen und Materialeigenschaften unterschiedlicher Graphitqualitäten mit dem Monte-Carlo-Programm MCNP für die wesentlichen Aktivierungsprodukte bestimmt. Die zu erwartenden <sup>14</sup>C-Konzentrationen sind in den unteren Seiten- und Bodenreflektorbereichen am Höchsten. Nach genauere Auswertung von Messungen zur Freisetzung von Wignerenergie wurde das bisherige Modell einer einstufigen Bindungsenergie für strahleninduzierte Defekte auf ein Mehrstufenmodell erweitert. Die Ausheilprozesse beginnen bei ca. 200 °C und laufen bis über 600 °C ab. Eine molekulardynamische Modellierung zeigt, dass auch das über einen n,γ-Aktivierungsprozess aus <sup>13</sup>C entstehende <sup>14</sup>C durch Rückstoß über mehrere Gitterebenen in das Zwischengitter verlagert wird und durch Kaskadenprozesse bzw. Sekundärstöße weitere Versetzungen und Gitterdefekte generiert.

In *Arbeitspaket 3* wurden die Messverfahren zum Nachweis von <sup>14</sup>C und Tritium in der Gasphase von ausgelagerten Graphitproben weiter verbessert und die Nachweisgrenzen bestimmt. Angesichts der geringen Volumina der mit Kunststoffdeckeln verschlossenen Glasflaschen mit Bohrmehl aus dem AVR-Seitenreflektor wurden Gasproben über eingestochene Kanülen entnommen und mit unterschiedlichen Reagenzien ausgeschüttelt, um eine Differenzierung zwischen HTO, HT, <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>, <sup>14</sup>CO und <sup>14</sup>CH<sub>4</sub> vornehmen zu können. Die gemessenen Werte für <sup>14</sup>C liegen im Bereich der Nachweisgrenzen und deuten auf sehr niedrige <sup>14</sup>C-Freisetzungen hin unter den Lagerbedingungen innerhalb der Probeflaschen hin. Für Tritium wurden Werte von 10<sup>-5</sup> bis 10<sup>-6</sup> vom Inventar der Graphitproben gemessen, wobei sich eine Tendenz zur Wiedereinstellung eines dynamischen Gleichgewichts nach Probenahme zeigt. Zur systematischen Untersuchung dieses Sachverhaltes wurden neue Auslagerungsversuche mit unterschiedlichen Graphitmengen, Luftfeuchtegehalten und Lagertemperaturen angesetzt.

In *Arbeitspaket 4* wurden ausgewählte Graphitsorten in Geopolymer eingebettet. Dabei wurden auch die Korngrößen variiert. In den folgenden Messungen wurden physiko-mechanische Eigenschaften wie Dichte, Zug- und Druckfestigkeiten, Mikrohärtigkeit, Bruchfestigkeit sowie Mikro- und Phasenstruktur auch mit SEM und EDX untersucht. Die bislang ermittelten Druckfestigkeiten sind mit den Anforderungen für KONRAD kompatibel.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Die Hintergründe zur Erstellung der Annahmekriterien für graphitische Abfälle in KONRAD werden vertieft untersucht. Erste Analysen sind auch für den aus dem Forschungsreaktor Rossendorf angelieferten Graphit geplant, welcher ursprünglich in Russland hergestellt wurde. Die Analysen an unbestrahlten und bestrahlten Graphiten aus dem russischen Forschungsreaktor bei MEPhi werden fortgesetzt.

Die molekulardynamische Modellierung wird auf höhere Temperaturen mit Wanderung/Rekombination der strahleninduzierten Zwischengitteratome erweitert. Außerdem wird angestrebt, auch die Korngrenzen der Kristallite in die Modellierung einzubeziehen.

Die Beprobung der bei unterschiedlichen Atmosphären, Feuchtegraden und Temperaturen ausgelagerten AVR-Graphitpulver wird fortgesetzt. Die Probenahme am TRIGA-Reflektor ist mit den zuständigen Stellen abgestimmt und wird im nächsten Berichtszeitraum erfolgen. Die Analysetechnik wird weiter verfeinert, um die Nachweisgrenzen auch statistisch abzusichern. Außerdem ist der Einsatz eines Gaschromatographen zur Bestimmung der Gaszusammensetzung in den Probeflaschen geplant.

Das Auslaugverhalten von in Geopolymeren eingebettetem Graphit soll durch Diffusionsversuche geklärt werden.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

N. Girke, "Content of <sup>14</sup>C and some other radionuclides in graphite thermal column of the research reactor IRT MEPhi", Annual MEPhi Conference, 30.01.-04.02.2012, Moskau

CarboDISP-Projektdarstellung bei NEA 45<sup>th</sup> Radioactive Waste Management Committee, W. von Lensa, 20 March 2012, OECD Conference Centre, Paris

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Verein für Verfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e. V., Bautzner Landstr. 128, 01328 Dresden		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 8801</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Elektrochemische Verfahrensentwicklung zur Reinigung von organischen, C-14-belasteten Abfall und Reststofflösungen		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.03.2011 bis 31.10.2012	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 178.198,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dipl.-Chem. Friedrich	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Zielstellung des Vorhabens besteht in der Entwicklung eines elektrochemischen Verfahrens zur Reinigung von Rest- und Abfallstofflösungen, die mit organischen C-14-haltigen Verbindungen kontaminiert sind. Der in den Kontaminanten gebundene radioaktive Kohlenstoff soll dabei durch Elektrolyse an inerten Anoden mit sehr hoher Sauerstoffüberspannung in C-14-CO<sub>2</sub> überführt und nachfolgend in Form von Carbonaten fixiert werden.

Mit den Entwicklungsarbeiten soll ein wesentlicher Beitrag zur Verbesserung der Freigabemöglichkeiten radioaktiver Abfälle sowie zur Verringerung von Entsorgungs- und Endlagerkosten geleistet werden. Hierdurch ergibt sich ein enger Bezug zu weiteren Fördervorhaben des Bundes auf dem Gebiet der Entsorgung radioaktiv kontaminierter flüssiger Abfälle.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Recherche zu Art und Vorkommen C-14-kontaminierter Abfall- und Reststofflösungen, Bereitstellung von ausgewählten Kleinstmengen
- AP2: Untersuchungen zur elektrochemischen Totaloxidation an Modellverbindungen, elektrochemische Messungen und Grundlagenuntersuchungen im Labor
- AP3: Aufbau und Betrieb eines Laborteststandes im Kleinstmaßstab zur Totaloxidation von Modelllösungen
- AP4: Erprobung der elektrochemischen Mineralisation von organischen Komponenten und Separierung des freigesetzten C-14 an ausgewählten Originalproben mittels Membranelektrolysezelle
- AP5: Zwischen- und Abschlussberichte, Patentarbeit

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Die Recherchen des Nachauftragnehmers zum Aufkommen an C-14-markierten Reststoffen bei Landessammelstellen, Industrieunternehmen und Forschungseinrichtungen wurden im Berichtszeitraum fortgesetzt. Hinsichtlich des Abfallaufkommens an C-14-markierten Verbindungen sind zusätzlich zum bereits recherchierten stofflichen Spektrum organischer oder gemischt wässriger C-14-Abfälle auch bestimmte Glykolether, Abprodukte der C-14-Methanolsynthese, wie Formaldehyd und Ameisensäure sowie kontaminierte Pumpenöle relevant. Die Recherchen zum Mengenaufkommen konnten infolge Verzögerungen beim Rücklauf auf entsprechende Anfragen noch nicht abgeschlossen werden.
- AP2: Die elektrochemisch-kinetischen Untersuchungen zur Totalmineralisation wurden fortgesetzt und auf weitere Substanzen ausgedehnt. Die elektrochemische Umsetzung der untersuchten Verbindungen konnte jeweils sowohl an Platin- als auch an Diamantanoden nachgewiesen werden. Während Platin für die (total)Oxidation von niederen primären Alkoholen ein leistungsfähiges Anodenmaterial darstellt, sind Diamantanoden für die Oxidation aromatischer Verbindungen eindeutig zu bevorzugen.
- AP3: Im Berichtszeitraum wurden zahlreiche Versuchsreihen zur elektrochemischen Totaloxidation einer Reihe organischer Verbindungen durchgeführt, wobei die umzusetzenden Verbindungen entsprechend den Rechercheergebnissen für C-14-kontaminierte/C-14-markierte Verbindungen ausgewählt wurden. Dabei wurden Elektrolytensystem, Anodenmaterial und Temperatur variiert. Die Auswertung erfolgte auf der Basis von CSB- (Chemischer Sauerstoffbedarf) und TOC- (Total Organic Carbon) Analysen. Entsprechend der vorliegenden Ergebnisse sind saure Elektrolyten klar zu bevorzugen, wobei höhere Reaktionstemperaturen in den meisten Fällen ebenfalls von Vorteil waren. Bei Umsätzen von >90 % konnten Stromausbeuten zwischen 40 – 95 % erreicht werden.
- AP4: Im Zuge der Bearbeitung des AP4 wurden zunächst spezifische Ausrüstungen beschafft.
- AP5: AP5 wurde entsprechend Erfordernis bearbeitet.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Die Recherchen zum Mengenaufkommen werden fortgesetzt und abgeschlossen.
- AP2: Die elektrochemischen Grundlagenuntersuchungen wurden abgesehen von einigen ergänzend durchzuführenden Messreihen abgeschlossen.
- AP3: Die kleinmaßstäblichen Elektrolyseversuche werden fortgesetzt und abgeschlossen.
- AP4: Die Bearbeitung soll entsprechend Arbeitsprogramm erfolgen.
- AP5: AP5 wird entsprechend Erfordernis planmäßig bearbeitet.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

<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 30.04.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 708.166,00 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

AP1: (abgeschlossen).

AP2:

- Erfassung der Geräte- und Maschinenausstattung (abgeschlossen).  
Die zu untersuchenden Geräte und Maschinen setzen sich aus Großschere, Container-Schere, Paketpresse, Polypgreifer, Alligator-Schere und Kabelschälmaschine zusammen.
- Erfassung der (ggf.) bisherigen Überwachungsmechanismen (abgeschlossen).  
Der Gesetzgeber sieht (noch) keine verbindliche Radioaktivitätsüberwachung in Deutschland vor. Es findet eine freiwillige und somit eine relativ lückenhafte Überwachung statt. Zum Einsatz kommen hierbei Portalmesssysteme (Plastik-Szintillationssonden) für Materialanlieferungen per Straße (LkW) und Schiene (Wagon).
- Erfassung der maßgeblichen Belastungen für einen Sensor (läuft).  
In einem ersten Durchlauf wurden mit Hilfe von Beschleunigungssensoren die einwirkenden mechanischen Belastungen auf einen Sensor gemessen. Weitere Messungen zu mechanischen Belastungen, Freiluftbedingungen und Temperatureinflüssen werden in einem Teststand durchgeführt.

AP3:

- Messsensorik, Messsystem und Messpunkte definieren, anpassen und vor Ort testen (läuft).  
Zur Erfassung der ionisierenden Strahlung wurden neben der entsprechenden Messtechnik (Photomultiplier, Serial Micro Channel, Software, Messrechner, etc.) zwei Plastikszintillationssonden (400x250x50 mm und 600x400x50 mm) und eine Szintillationssonde mit NaJ-Kristall angeschafft. Diese sehr empfindlichen Sensoren ermöglichen die Detektion von Beta- und Gamma-Strahlung. Die Plastikszintillationssonden sind robust und frei in der Gestaltung ihrer Größe und Geometrie.
- Die Messpunkte werden bei der Integration des Gesamtsystems in den Beispielanlagenbetrieb beim Kooperationspartner in Abstimmung mit den Geräte-/Maschinen- und Sensorherstellern und den Ergebnissen aus dem Teststand erfolgen.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

AP4:

- Konzept der Aufzeichnung und Protokollierung festlegen. Standardablaufschritte definieren
- Recherche zum Umgang mit radioaktivem Abfall in Deutschland
- Recherche zum Umgang mit radioaktivem Abfall von internationalen Behörden.
- Ausarbeitung eines Alarmplans/Leitfadens

AP5:

- Entwicklung eines Prototyps (Teststand)
- Der Teststand simuliert den Materialfluss in den unterschiedlichen Geräten und Maschinen der Schrottverarbeitung. Der Teststand besteht im Einzelnen aus den Komponenten Laufband mit Getriebe und Motor, Aufgabe- und Auffangeinrichtung für die verschiedenen Schrottformen (Späne, Mischschrott, Industrie und Abbruchschrott und gepresste Schrottpakete), Messsensoren (Plastik-Szintillationssonden und NaJ-Kristall mit variablen (Höhe, Neigung, Winkel) Trägerkonstruktionen, Messtechnik (Messrechner, Software, etc.) und radioaktiven Präparaten.

Geplante Versuchsreihen:

- Impulsrate als Funktion der Detektoroberfläche
- Impulsrate als Funktion der Messposition
- Impulse als Funktion der Messzeit
- Messung des Abschirmverhaltens unterschiedlicher Schrottsorten
- Einfluss mechanischer Schwingbelastung am Detektor während der Messung.

Für die Beantragung einer Umgangsgenehmigung für radioaktive Präparate bedarf es einer „Bescheinigung der Fachkunde im Strahlenschutz“. Diese Bescheinigung wurde nach erfolgreicher Teilnahme am Strahlenschutzkurs ST 110 vom Regierungspräsidium Karlsruhe ausgestellt.

### 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> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<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 Görisch 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

AP1:

- abgeschlossen.

AP2:

- abgeschlossen.

AP3:

- In Zusammenarbeit mit den Projektpartnern wurden Gespräche mit verschiedenen Herstellern von Radioaktivitätsmessanlagen über die Anforderungen und die Anbringung der Messanlagen an den diversen Maschinen geführt. Im speziellen wurde die Anbringung der Messanlagen an der Schrottschere, an der Containerschere und der Paketpresse untersucht. Es wurde vereinbart, dass vor allem die Containerschere näher untersucht werden soll, da dieses mobile Gerät immer größere Bedeutung in der Branche gewinnt.
- Messsensorik, Messsystem und Messpunkte definieren, anpassen und vor Ort testen. Diese Arbeiten laufen noch.

AP4:

- Es wurde mit der Erstellung eines Konzeptes zur Messaufzeichnung und Protokollierung begonnen. Erste Standardablaufschritte wurden definiert. Diese Arbeiten laufen noch.

AP5:

- Auf dem Versuchsgelände des KIT in Hochstetten wurde mit der Errichtung eines Teststandes begonnen.
- Es wurden verschiedene Schrottsorten (Späne, Mischschrott, Industrie und Abbruchschrott und gepresste Schrottpakete) an den Teststand des KIT nach Hochstetten geliefert.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

AP4:

- Konzept der Messaufzeichnung und Protokollierung weiterentwickeln. Standardablaufschritte definieren.

AP5:

- Weiterer Aufbau des Teststandes. Einzelheiten s. Bericht des KIT.
- Durchführen von Testreihen. Geplante Versuchsreihen:
  - Impulsrate als Funktion der Detektoroberfläche
  - Impulsrate als Funktion der Messposition
  - Impulse als Funktion der Messzeit
  - Messung des Abschirmverhaltens unterschiedlicher Schrottsorten
  - Einfluss mechanischer Schwingbelastung am Detektor während der Messung

### 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 30.04.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<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

AP1: (abgeschlossen)

AP2: Die betrachteten Schrott- und Metallplätze haben in der Regel folgende Geräte- und Maschinenausstattung:

Schrottschere:	Hier werden vor allem Kernschrott, Kupol, Mischschrott, Kesselbleche, Behälter, Schienen verarbeitet. Die Durchsatzleistung beträgt ca. 10 – 130 t/Stunde, abhängig von Maschine und Material.
Containerschere:	Hier werden vor allem Kernschrott, Kupol, Mischschrott, Kesselbleche, Behälter verarbeitet. Die Durchsatzleistung beträgt ca. 6-20 t/Stunde, abhängig von Maschine und Material.
Paketpresse:	Hier werden vor allem Stanz- und Neublechabfälle, Tiefziehbleche, pressbarer Leichtschrott und NE-Metalle verarbeitet. Die Durchsatzleistung beträgt ca. 1 – 20 t/Stunde, abhängig von Maschine und Material.
Alligatorschere:	Hier werden vor allem Leichtschrott, NE-Metalle, Elektrokabel verarbeitet. Die Durchsatzleistung beträgt ca. 200 kg /Stunde, abhängig von Maschine und Material.
Kabelschälmaschine:	Hier werden vor allem Elektrokabel verarbeitet. Die Durchsatzleistung beträgt ca. 100 kg /Stunde, abhängig von Maschine und Material.

Erfassung von Alarmplänen beim Betrieb von bestehenden Radioaktivitätsmessanlagen. Die Erfassung erbrachte das Ergebnis, dass es in Deutschland keine einheitliche Regelung der Auslöseschwelle bei den Radioaktivitätsmessanlagen gibt. Die meisten Landesämter empfehlen ab einer Überschreitung von 5  $\mu\text{Sv/h}$  eine Sicherstellung des anliefernden Fahrzeugs. Das Bureau of International Recycling empfiehlt ab einer Überschreitung von 50  $\mu\text{Sv/h}$  eine Sicherstellung des anliefernden Fahrzeugs.

AP3:

- Es wurden Messungen zu der maßgeblichen Belastung für einen Sensor vor Ort auf dem Schrottplatz durchgeführt. Weitere Messungen laufen derzeit noch.
- Die Messpunkte werden bei der Integration des Gesamtsystems in den Beispielanlagenbetrieb beim Kooperationspartner in Abstimmung mit den Geräte-/Maschinen- und Sensorherstellern und den Ergebnissen aus dem Teststand erfolgen.

#### 4. Geplante Weiterarbeiten

AP4:

- Konzept der Aufzeichnung und Protokollierung festlegen. Standardablaufschritte definieren.
- Recherche zum Umgang mit radioaktivem Abfall in Deutschland
- Recherche zum Umgang mit radioaktivem Abfall von internationalen Behörden
- Ausarbeitung eines Alarmplans/Leitfadens

AP5:

- Entwicklung eines Prototyps (Teststand am KIT)
- Der Teststand simuliert den Materialfluss in den unterschiedlichen Geräten und Maschinen der Schrottverarbeitung. Der Teststand besteht im Einzelnen aus den Komponenten Laufband mit Getriebe und Motor, Aufgabe- und Auffangeinrichtung für die verschiedenen Schrottformen (Späne, Mischschrott, Industrie und Abbruchschrott und gepresste Schrottpakete), Messsensoren (Plastik-Szintillationssonden und NaJ-Kristall mit variablen (Höhe, Neigung, Winkel) Trägerkonstruktionen, Messtechnik (Messrechner, Software, etc.) und radioaktiven Präparaten.
- Durchführung von Versuchsreihen am Teststand

#### 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 31.07.2013	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<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**

AP1 konnte im Berichtszeitraum abschließend bearbeitet werden. Hierzu wurden die Schwerpunkte Vertragswesen und zukünftige Energieversorgung bearbeitet. Ebenfalls wurde der Rückbau in der Bundesrepublik Deutschland (AP2), auch in Bezug auf das Genehmigungsverfahren, analysiert.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Neben abschließenden Betrachtungen der Bundesrepublik Deutschland wird nun das weltweite Geschehen im Bereich des Rückbaus kerntechnischer Anlagen analysiert (AP3). Aufbauend auf den Untersuchungen aus AP2 und AP3 werden dann im AP4 die aktuellen Forschungs- und Entwicklungsergebnisse analysiert.

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

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> AREVA NP 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> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 296.946,00 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

##### AP1.3

Am Institut für Massivbau und Baustofftechnologie wurden die Untersuchungen an den Mustergemischen aus Abrasivmittel und austenitischem bzw. ferritischem Schnitffugenmaterial abgeschlossen. Die Auswertung der Untersuchungsergebnisse zeigt eine Streuung relevanter Gemischeigenschaften wie Feuchte und Korngrößenverteilung innerhalb gewisser Grenzen.

##### AP1.4/1.6/1.7/1.9

Es wurden Betonproben unter Beimischung von Abrasivgemisch erstellt, derzeit werden die Proben analysiert. Damit einhergehend erfolgt eine Optimierung der eingebrachten Betonbestandteile mit Hinblick auf die Einhaltung der für eine Endlagerung in Schacht KONRAD geforderten Eigenschaften. Mit Hinblick auf die Endlagerung wird eine Betonzusammensetzung unter Ausschluss organischer Beigaben entwickelt.

##### AP1.5

Die Radioaktivität im Vergussbeton wurde rechnerisch ermittelt, es wurden die Zusammenhänge zwischen den beteiligten Parametern bei der Betonverfüllung von KONRAD-Containern identifiziert und dargestellt.

#### b) Gemischseparation

##### AP2.1

Es wurden mögliche Separationstechniken identifiziert und hinsichtlich ihrer theoretischen Effizienz und Anwendbarkeit unter realistischen Einsatzbedingungen bewertet. Daraufhin wurden erste Verfahren ausgeschlossen (z. B. Filter- bzw. Siebtechniken).

##### AP2.3

Die verbliebenen möglichen Separationsverfahren werden jetzt, zunächst experimentell, getestet um Erkenntnisse über eine mögliche Realisierung und eine mögliche Kombination verschiedener Separationstechniken zur Wirkungsgrad-Steigerung zu gewinnen. Dazu werden die zur Verfügung gestellten Mustergemische aus AP2.2 genutzt.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

##### AP1.7/1.9

Die Analyse von Betonproben wird im Rahmen der Gemischoptimierung fortgeführt.

##### AP2.4/2.5

Die Ergebnisse aus AP2.3 werden analysiert. Anhand der gewonnenen Erkenntnisse wird das bestgeeignete Separationsverfahren für eine produktreife Umsetzung ausgewählt.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Auf der Jahrestagung Kerntechnik 2012 in Stuttgart wurde ein Vortrag zum aktuellen Stand des Forschungsprojektes von Jan Bruhn (AREVA) gehalten.

<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 30.06.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 667.088,00 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: Optimierung des Gemisches und Durchführung von Technikumsexperimenten  
 AP1.7: 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

AP1.1:

Im Rahmen von Arbeitspaket 1.1 wurde durch den Projektpartner KIT-IMB ein umfangreicher Fragenkatalog erarbeitet in dem die Anforderungen und technischen Randbedingungen denen der zu entwickelnde Verfüllbeton unterliegt ermittelt wurden. Weiterhin wurden in dem Fragenkatalog mögliche Szenarien für die verfahrenstechnische Abwicklung der Betonherstellung und Betonverfüllung skizziert und darauf aufbauend, mögliche Umsetzungsmethoden mit dem Projektpartner AREVA diskutiert.

AP1.3:

Die Untersuchungen der durch den Projektpartner AREVA zur Verfügung gestellten Mustermaterialien (Schüttgut von zwei verschiedenen Schnitt Stahlmaterialien) in räumlicher Auflösung wurden fortgesetzt und für diese Chargen abgeschlossen. Das Probenmaterial wurde auf den Feuchtegehalt untersucht um räumliche Unterschiede innerhalb der Schüttkörper darzustellen. In gleicher räumlicher Auflösung wurden die Korngrößenverteilungen in den einzelnen Bereichen bestimmt, um die Veränderung des Strahlguts und die Gehalte an Stahlspänen und

deren spezifische Korngröße zu erfassen. Dieser Datensatz dient auch zur Dokumentation der Bandbreite des Abrasivmaterials innerhalb der Schüttkörper um daraus die Grenzparameter für die unter Arbeitspaket 1.4 zu entwickelnden Betonmischungen ableiten zu können. Weiterhin wurden exemplarische Proben mittels Auf- und Durchlichtmikroskopie charakterisiert.

AP1.4:

Auf der Grundlage der in Arbeitspaket 1.3 festgestellten Unterschiede der Eigenschaften der Abrasivgemische war es Zielsetzung von AP1.4 eine Bindemittel-Grundmischung zu entwickeln, die in ihren Frisch- und Festbetoneigenschaften möglichst unempfindlich auf Streuungen des zugegebenen, in seinen Eigenschaften stark streuenden Abrasivgemischs reagiert. Die hierzu entwickelte Mischung besteht aus Zement, Flugasche, verschiedenen Quarzmehlen, organischen Zusatzmitteln und Wasser. Den organischen Additiven kommt dabei eine wichtige Rolle bei der Aussteuerung der Frischbetoneigenschaften infolge der stark schwankenden Abrasivgemischeigenschaften zu. Im Rahmen einer Arbeitsbesprechung am 02.03.2012 in Karlsruhe wurde den Projektpartnern diese Grundmischung durch KIT-IMB vorgestellt. In Ergänzung zum Fragenkatalog aus AP1.1 wurde im Rahmen der Arbeitsbesprechung vom Projektpartner AREVA der Wunsch geäußert, auf die Zugabe organischer Additive zum Beton vollständig zu verzichten. Vor diesem Hintergrund laufen derzeit umfangreiche Parameterstudien zur Entwicklung einer neuen Grundmischung, die auch ohne Additivzugabe gleichmäßige Frisch- und Festbetoneigenschaften bei stark streuenden Abrasiveigenschaften gewährleistet. Dies ist im Vergleich zum ursprünglich gewählten Ansatz jedoch als deutlich schwieriger zu bewerten.

Im Hinblick auf die verfahrenstechnische Umsetzung der Betonherstellung wurde im Rahmen der Arbeitsbesprechung am 02.03.2012 durch KIT-IMB ein methodischer Ansatz vorgestellt und dessen weitere Ausarbeitung gemeinsam mit den anderen Projektpartnern beschlossen. Der Ansatz besteht aus einem Trockenbetonsilo in dem die oben beschriebene Bindemittel-Grundmischung trocken vorgehalten wird. Diese wird über eine Druckluftleitung in einen gekapselten Mischer gefördert, der sich unmittelbar über dem zu verfüllenden Behälter befindet. Das kontaminierte Abrasivgemisch wird in einer Fassaufgabestation der Anlage zugeführt. Hierbei wird das Abrasivgemisch zunächst homogenisiert und mit Wasser gemischt über eine Pumpe dem Mischer zugeführt. Die Verfahrenstechnik der Herstellung wird derzeit erarbeitet. Die Grundmischung muss an diese Verfahrenstechnik angepasst werden. Hierzu laufen derzeit ebenfalls umfangreiche Untersuchungen.

AP2.1 und AP2.3:

Es wurde eine Recherche durchgeführt, indem allgemeine Möglichkeiten, die für eine Separation von Partikeln in Betracht kommen könnten, zusammengetragen wurden. Anhand der Untersuchungen aus AP1.3 wird für eine erste mechanische Grobsortierung, eine Separation anhand der Sinkgeschwindigkeiten der einzelnen Fraktionen der Mischung näher analysiert. Hierfür sind erste prototypische Versuche durchgeführt worden.

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

AP1.3:

Von AREVA wurde eine weitere Charge Mustergemisch zur Verfügung gestellt. Dieses Material wird in gleicher Weise wie die bisherigen Chargen dreidimensional aus dem Schüttkörper beprobt, auf Feuchtegehaltsunterschiede, Korngrößenverteilung (mittels Lasergranulometrie und Siebung) sowie mikroskopisch untersucht werden. Aus diesem Schüttkörper soll dann in gleicher Auflösung jeweils genügend Abrasivmaterial gewonnen werden um damit die möglichen Endglieder von Mischungsentwürfen herstellen und untersuchen zu können bzw. die bisherigen Mischungsentwürfe verifizieren oder falsifizieren zu können (AP1.4).

AP1.4:

Der Schwerpunkt der weiteren Arbeiten bildet die Entwicklung einer neuen, Additiv-freien Grundmischung. Hierzu werden künstliche Abrasivmischungen durch gezielte Mahlung des Roh-Abrasivs hergestellt um die Grenzwerte der zulässigen Materialstreuung für die entwickelte Grundmischung zu identifizieren. In einem nächsten Schritt wird die Grundmischung auf die festgelegte Verfahrenstechnik der Betonherstellung und Betonförderung angepasst. Aus den Ergebnissen von AP1.3 wird abschließend ein Mustergemisch festgelegt, das bei den Technikumsexperimenten (AP1.6) eingesetzt werden soll.

AP2.3:

Aufbauend auf den ersten ausgeführten prototypischen Versuchen, wird momentan ein erster größerer Versuchstand aufgebaut. Anhand einer aufwärtsgerichteten Strömung wird die Möglichkeit einer Grobsortierung der Gemisch-Fraktionen, anhand unterschiedlicher Sinkgeschwindigkeiten, untersucht.

Parallel wird nach einem Verfahren gesucht, mit dem der Anteil bzw. Restanteil an metallischem Material in der Mischung, auch nach der Separation, ermittelt werden kann.

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

Bruhn, J. H.; Müller, H. S.; Gentes, S.; „Minimierung von Sekundärabfall aus der Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidetechnik“, Compact, Jahrestagung Kerntechnik 2012, Stuttgart;

Auf der Jahrestagung Kerntechnik 2012 wurde ein Vortrag zum Stand des Forschungsprojektes gehalten. Zur KONTEC 2013 wurde ein Beitrag 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> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 1.039.254,00,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Wörn	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Aufbauend auf dem Projekt MANOLA (Manipulatorgesteuerter 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:

In AP1 wurde die Inbetriebnahme und Ansteuerung des 3D-Scanners abgeschlossen. Hinsichtlich des Leitstands verzögert sich die Lieferung einzelner Komponenten, Arbeiten bzgl. Visualisierung und Interaktion werden daher vorerst auf Ersatzsystemen durchgeführt.

In AP2 wurden grundlegende Konzepte zur Verarbeitung der Scandaten erarbeitet. Durch Verzögerungen bei der Inbetriebnahme des 3D-Scanners konnten diese aber bisher noch nicht auf die gegebenen Scanner-Eigenschaften optimiert werden.

In AP4 wurden detaillierte 3D-Modelle sowie die zugehörigen Kinematik-Modelle für das Transportsystem und den Manipulator erstellt. Ebenso wurde eine parametrisierbare Simulation der Bewegungsabläufe des Manipulators realisiert.

Im Berichtszeitraum wurden am TMB folgende Arbeiten durchgeführt:

Im vergangenen Berichtszeitraum wurden die Grundlagenuntersuchungen innerhalb AP1 sowie die Recherche zum Stand der Technik beim sog. „Freimessen“ abgeschlossen. Ein grundsätzliches Konzept für den Aufbau des neuen Detektorkopfes konnte erarbeitet werden.

Zusätzlich zu den laut Antrag vorgesehenen Arbeitspaketen wurde der Manipulator aus Sicherheitsgründen weiter optimiert. Die Inbetriebnahme der eingesetzten Komponenten steht noch aus. Aufgrund dessen wird mit AP2 erst im folgenden Berichtszeitraum begonnen. Außerdem wurde mit dem Bau eines Saugplattenteststandes begonnen. Das Kraftübertragungsverhalten der Vakuumsaugplatten des Manipulators soll unter verschiedenen Randbedingungen näher untersucht werden.

In AP3 wurden grundsätzliche Konzepte für die Ausführung eines Schnellkuppelsystems auf ihre Machbarkeit hin untersucht. Die Arbeiten innerhalb AP3 sollen im nachfolgenden Berichtszeitraum vertieft werden.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Am IPR wird im Rahmen von AP2 mit der robusten Extraktion und Repräsentation befahrbarer Flächen aus dem Umweltmodell begonnen. In AP4 werden Algorithmen zur Bahnplanung unter Berücksichtigung des erstellten Bewegungsmodells erarbeitet. In AP5 werden erste Konzepte zur intuitiven Visualisierung und Interaktion erstellt.

Im nachfolgenden Berichtszeitraum wird am TMB mit AP2 begonnen. Die Einzelbewegungen des Manipulators können dann nach der Inbetriebnahme zusätzlicher Komponenten am Manipulator näher untersucht werden. Die Arbeiten innerhalb AP3 und am Saugplattenteststand werden währenddessen weitergeführt. Zudem werden die Arbeiten innerhalb AP4 und AP5, die in engem Zusammenhang mit AP3 stehen, aufgenommen.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

S. Notheis, P. Kern, M. Mende, B. Hein, H. Wörn, S. Gentes: „Towards an Autonomous Manipulator System for Decontamination and Release Measurement“, *8th IEEE/ASME Int. Conf. on Mechatronic and Embedded Systems and Applications (MESA)*, 2012

<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> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<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, sodass 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: Recherche zu PCB und möglichen Reaktionsprodukten zur Abschätzung des Gefährdungspotentials, Auslegung der Filtersysteme und Analyse der Möglichkeiten zur Vermeidung/Reduzierung von PCB und PCDD/F im technologischen Prozess.
- AP DD-2: Konzeption der Versuchsanlage zur Laserdekontamination PCB-haltiger Lackschichten
- AP DD-3: Realisierung der Versuchsanlage, einschließlich der erforderlichen Peripherie, wie Filter-, Absauganlage und Analytik
- AP DD-4: Durchführung der Experimente, Optimierung des Prozesses
- AP DD-5: Großflächiger Demonstrationsversuch
- AP DD-6: Erstellung des Abschlussberichtes

### 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. Betrachtet wird die Bildung von Polychlorierten Dioxinen (PCDD) im Temperaturbereich von 600 °C bis 800 °C nach dem Präkursormodell und Polychlorierten Furanen (PCDF) im Temperaturbereich von 250 °C bis 500 °C durch die De-novo-Synthese. Hier sind konservativ Temperaturbereiche aus den verschiedenen Literaturquellen abgeleitet worden, die durch Versuche (Arbeitspaket DD-4) konkretisiert werden. Ausgehend von der Literatur ist das Gefährdungspotential des PCB-Inventars kerntechnischer Anlagen

als sehr hoch einzustufen. Die dazu notwendigen Berechnungsmodelle und Daten sind recherchiert worden. Entsprechend sind für die Experimente Filter und Katalysator zur Rückhaltung der potenziell entstehenden Stoffe bestimmt worden. Zur Optimierung des Laserabtragprozesses und der gewünschten größtmöglichen Zersetzung der PCB sind verschiedene Möglichkeiten zur Vermeidung und Reduzierung der PCB und PCDD/F ermittelt worden, die im weiteren Projektverlauf getestet werden. Für eine schnelle Gefahrenerkennung bei Versuchen mit PCB-haltigen Materialien sind Schnelltests ermittelt worden. Zudem fand eine Recherche und Auswertung zum Stand von Wissenschaft und Technik der Laserdekontamination statt.

(Arbeitspaket DD-2)

Die Versuchsanlage zur Laserdekontamination PCB-haltiger Lackschichten wurde auf Basis der unter DD-1 ermittelten Sicherheitsbestimmungen und Vorschriften konzipiert. Ein Drei-Barrieren-System zur Rückhaltung chemisch-toxischer Stoffe, bestehend aus dem Laser-Arbeitskopf (VORATOR), einer Sicherheitsbox und einer Einhausung, ist im Detail erarbeitet worden und befindet sich derzeit im Aufbau (DD-3). Bei der Konstruktion des VORATOR sind viele Erkenntnisse der Vorgängerprojekte (LASABA und MANOLA) eingeflossen. Zudem wurde für ein breites Spektrum an Parametervariationen eine einfache Demontage und Austauschbarkeit der Bauteile realisiert. Der Prozess des Laserabtrags von Lack wurde mit COMSOL Multiphysics simuliert, das Strömungsverhalten im VORATOR wurde mit ANSYS CFX simuliert. Die Funktion aller Komponenten des Versuchstandes wurde auf ihre Kompatibilität und Funktion mittels SolidWorks simuliert. Die Konzeption der Versuchsanlage ist von der Arbeitssicherheit der TU Dresden bewilligt worden.

(Arbeitspaket DD-3)

Entsprechend der Konzeption des Arbeitspaketes DD-2 wurde die Versuchsanlage, einschließlich der erforderlichen Peripherie, wie Filter-, Absauganlage und Analytik errichtet. Die Einhausung befindet sich derzeit im Aufbau, VORATOR und Sicherheitsbox wurden bereits in Betrieb gesetzt. Inbetriebnahmeversuche sind zur Funktionsprüfung der Geräte durchgeführt worden.

(Arbeitspaket DD-4)

Lackabtrag-Experimente wurden vorbereitet. Dazu wurden Betonsteine künstlich gealtert und mit unterschiedlich starken Lackschichten überzogen. Versuche zur Bestimmung von Stoffwerten des Lackes wurden durchgeführt zur Bestimmung der chemischen Zusammensetzung des Lackes, der Verbrennungsprodukte, der Aktivierungsenergie zur Lackverbrennung, Verbrennungsprodukte und Transmissionskoeffizient im Wellenlängenbereich des Diodenlasers. Diese Daten sind Grundlage für die mathematische Modellierung der Laserdekontamination mittels COMSOL Multiphysics.

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

- Durchführung von Versuchen zum Lackabtrag
- Bearbeitung von Fragestellungen aus der Literaturrecherche durch Versuche
- Makroskopische Optimierung der Laserdekontamination von Lackschichten
- Mikroskopische Optimierung der Laserdekontamination von Lackschichten
- Weiterentwicklung der COMSOL-Simulation
- Vorbereitungen der experimentellen Kopplung der Versuchsanlage mit der vom Projektpartner TU Bergakademie Freiberg entwickelten Messtechnik.

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

Keine.

<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> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<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

Ausgehend von der Literaturrecherche zu Reaktionsmechanismen polychlorierter Dibenzodioxine sowie -furanen ist bei der Verbrennung organischer Stoffe unter Anwesenheit chlorierter Verbindungen mit der Bildung von PCDDs/PCDFs im Temperaturbereich zwischen 250 und 800 °C bei erhöhten Verweilzeiten (Sekunden) im Rahmen der Chemie der unvollständigen Verbrennung zu rechnen. Die Verbrennung von polychlorierten Biphenylen unter diesen Parametern kann zur vermehrten Bildung polychlorierter Dibenzofurane führen, wobei vier wesentliche Reaktionswege, alle im Temperaturbereich oberhalb 400 °C, festgestellt wurden:

- die Bildung durch Abspaltung von ortho-Cl<sub>2</sub>
- die Bildung durch Abspaltung von ortho-HCl
- die Bildung durch Abspaltung von HCl mit 2,3-Shift
- sowie die Bildung durch Abspaltung von ortho-H<sub>2</sub>

Weiterhin besteht die Möglichkeit der ab-initio Kontamination technischer PCB mit PCDFs sowie im geringeren Umfang mit PCDDs. Der Abtraglaser muss folgerichtig die vollständige Zerstörung dieser drei Stoffgruppen gewährleisten.

Das LIF- Verfahren zur Detektion des CCl- Radikals als Indikatorradikal des vollständigen Abbaus dieser Stoffe wird an einem Vormisch- sowie einem Diffusionsbrenner über die vollständige Verbrennung von Monochlormethan und Chlorethen entwickelt. Die hierfür notwendige Brenner-technik sowie die entsprechend ausgelegten Massendurchflussmesser sind bestellt bzw. bereits geliefert. Da bei der Verbrennung dieser chlorierten Verbindungen HCl sowie u. A. im geringen Umfang Phosgen entsteht und die Einsatzstoffe selbst ein außerordentliches Gefährdungspotential aufweisen, ist der Versuchsstand mit entsprechend bemessenen Arbeitsschutzmaßnahmen auszustatten. Ein Abzugssystem mit integrierter Adsorption der entstehenden toxischen Gase ist hierfür als zielführendste technologische Maßnahme bestimmt worden. Die notwendigen Adsorbentien wurden entsprechend der Ergebnisse von Chemkin- Simulationen ausgelegt und das Gesamtsystem bestellt.

Zur Quantifizierung der PCB/PCDD/PCDFs ist neben der Kopplung von hochauflösender Gaschromatographie und hochauflösender Massenspektrometrie (HRGC/HRMS) eine Vielzahl an Labortechnik zur Extraktion und Matrixabtrennung nötig. Weiterhin ist für jedes zu quantifizierende Kongener ein isotonenmarkierter Standard nötig. Es wird geprüft, inwieweit sich diese Technik am Institut realisieren lässt oder ob ggf. auf zertifizierte AnalySELaboratorien zurückgegriffen wird.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- Aufbau des Teststandes
- Durchführung von Orientierungsmessungen und Optimierung des Teststandes
- Vergleichende Messung der laserinduzierten Fluoreszenz an Vormisch- und Diffusionsflammen
- Prüfung/Entwicklung von Konzepten zur Probenahme der Hauptreaktionsprodukte sowie deren Analytik
- Begleitende Recherchen zu Reaktionsmechanismen chlorierter Kohlenwasserstoffe sowie deren LIF- Eigenschaften
- Begleitung von Versuchen zum Lackabtrag an der TU Dresden zum erfolgreichen Einbinden der Messtechnik an die Anlage

### 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> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 283.000,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Büchler-Roder	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Koordination und Dokumentation
- AP2: Problemanalyse
- AP3: Simulationsmodell
- AP4: Nutzergerechte Schnittstellen
- AP5: Validierung
- AP6: Öffentlichkeitsarbeit und Verbreitung von Ergebnissen

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Am Projekt sind seitens KIT Institute, Institut für Informationsmanagement im Ingenieurwesen (IMI), als Projektkoordinator, und Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB) beteiligt. Am 31. Januar 2012 fand das erste Projekttreffen statt und bis zum Zwischenbericht noch zwei weitere, am 14. März und 21. Juni 2012, an denen die Projektabwicklung in regelmäßigen Abständen besprochen wurde. Projekttreffen wurden regelmäßig alle zwei Monate durchgeführt.
- AP2: Bezüglich der Teilaufgabe TA 2.1 und 2.2 führte das TMB Versuche unter Laborbedingungen durch. Die für das Vibrationsverfahren relevanten Einflussfaktoren wurden identifiziert und mit Sat. Kerntechnik diskutiert, ihre Wertebereiche wurden definiert und in eine Anforderungsliste fürs Simulationsmodell zusammengefasst.
- AP3: Beim IMI wurde geeignete CAD- und Simulations-Software ausgewählt. Die erste geometrische Modellierung wurde erstellt. Erste Annahmen zur Bildung der Teilsimulationsmodelle wurden getroffen.
- AP4: Die nutzergerechte Parametrisierung der Teilsimulationsmodelle wurde mit KIT diskutiert.
- AP6: Die Firma sat. Kerntechnik hat mit IMI und TMB einen Projekt-Flyer entworfen. Der Flyer wurde am Stand der Firma sat. Kerntechnik auf der Jahrestagung Kerntechnik 2012 in Stuttgart präsentiert.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Im Rahmen der regelmäßigen Projekttreffen wird das nächste Treffen im September 2012 sein.
- AP2: Werkstattversuche werden fortgesetzt.
- AP3: Die Berechnungsergebnisse des Simulationsmodells werden mit den Werkstattversuchen verglichen, um die Teilsimulationsmodelle zu verbessern.
- AP4: Die nutzergerechten Schnittstellen werden weiter diskutiert.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

<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> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 876.840,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Dr. Ovtcharova	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Koordination und Dokumentation
- AP2: Problemanalyse
- AP3: Simulationsmodell
- AP4: Nutzergerechte Schnittstellen
- AP5: Validierung
- AP6: Öffentlichkeitsarbeit und Verbreitung von Ergebnissen

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im Rahmen des Projektes SimViDekont wurden regelmäßige Projekttreffen alle zwei Monate durchgeführt.

Am Institut TMB wurden die ca. 30 Versuche der Firma SAT Kerntechnik aus dem Vorgängerprojekt analysiert. Der Versuchsstand wurde von SAT übernommen und verschiedene Versuche zur Kalibrierung und Einarbeitung wurden durchgeführt. Im Rahmen der Versuche wurden für das Vibrationsverfahren folgende relevante Einflussfaktoren identifiziert: Härte (2 Versuche), Dicke (3 Versuche), Geometrie (4 Versuche), Drehzahl (4 Versuche), Unwuchtmasse (1 Versuch), Vorschub (1 Versuch), Abstand zwischen Werkzeug und Rohrrinnenwand (1 Versuch). Die Wertebereiche der Einflussfaktoren hat TMB definiert und in eine Anforderungsliste für das Simulationsmodell vom IMI zusammengefasst.

Am Institut IMI wurde das am Institut TMB vorhandene Werkzeug als Ausgangsgeometrie im CAD-System NX 7.5 nachmodelliert. Für den vorhandenen Werkzeugaufsatz wurde die Parametrisierung realisiert; wird der Rohrinnendurchmesser variiert, verändern sich automatisch der Außendurchmesser des Werkzeuges sowie dessen Länge und die Anzahl der Werkzeugkanten. Es wurden vier neue Konzepte für den Werkzeugaufsatz mit austauschbaren Kanten entwickelt und hinsichtlich Montage,

Teileanzahl, Einfachheit, Lamellensicherung, dynamischen Eigenschaften und der Realisierbarkeit der konischen Form miteinander verglichen.

In Anlehnung an die Versuchsergebnisse vom Institut TMB, wurden am Institut IMI Annahmen bezüglich der einzelnen Teilsimulationsmodelle getroffen. Die Bewegung des Werkzeuges bis zum ersten Kontakt kann als Überlagerung aus unwuchterregter Schwingung und Vorschub in Längsrichtung angenommen werden. Nach dem ersten Kontakt kommt es zur Rückwirkung des Rohres als Schwinger auf das Werkzeug als Erreger; das Rohr schwingt dann fremderregt. Ab diesem Zeitpunkt ist die Beschreibung der Bewegung des Gesamtsystems nur stochastisch möglich. Zur Beschreibung der Abtragungsprozesse stellt sich wegen der besonderen Natur der Ablagerung eine benutzerspezifische Definition ihres Materialmodells als notwendig heraus.

Weiterhin wurden am Institut IMI erste Teilsimulationsmodelle erstellt.

Die unwuchterregte Schwingung des Werkzeuges wurde mit dem ins CAD-System NX 7.5 integrierten Tool simuliert. Hierzu wurde das vereinfachte Baugruppenmodell, bestehend aus starren Verbindungen mit Masseneigenschaften, die mittels Gelenken miteinander verbunden sind, dynamisch untersucht. Das Mehrkörpersystem wurde durch die Bewegung der Unwucht zum freien Schwingen angeregt.

Bezüglich der Abtragung der Ablagerungen wurde ein Schadensmodell mit stark vereinfachter Geometrie des Werkzeugs mit der Abaqus-CAE-Software erstellt. Die Abtragung des Materials durch das Werkzeug wird über das Ausblenden von Elementen realisiert. Der Materialbruch erfolgt durch Rissausbreitung.

Zur Darstellung der Radioaktivität in der Umgebung des Rohres im Laufe des Dekontaminationsprozesses wurde ein akustisches Modell erstellt. Dabei werden zwei akustische Größen eingesetzt - die Tonwiederholungsfrequenz als Funktion der Entfernung von der Quelle und die Lautstärke zur Abbildung der zeitlichen Veränderung der Radioaktivität.

Zur Jahrestagung Kerntechnik von 22.05 bis 24.05.2012 in Stuttgart wurde ein Projekt-Flyer angefertigt und am KIT-Stand sowie am Stand der Firma sat. Kerntechnik präsentiert. Im Zentrum LESC wurden zwei Projektdemonstratoren (Kollisions- und Mehrkörpersimulationsmodell) in Virtueller Realität zur Verfügung gestellt. Das Projektposter wurde erstellt.

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

Das nächste Projekttreffen ist für September 2012 geplant.

Werkstattversuche und Untersuchungen der weiteren Einflussfaktoren werden fortgesetzt. Als neuer Einflussfaktor hier wird die Haftzugfestigkeit zwischen Ablagerung und Rohr untersucht und beschrieben.

Es ist geplant, anhand der durchgeführten Versuche laut Zeitplan bis Ende des Jahres die erste mathematische Beschreibung des Schwingungsverhaltens des Werkzeugs zu erstellen.

Die Aufgabenstellung wird präzisiert und eine Lösungsmethodik wird entwickelt. In einem iterativen Prozess werden die Berechnungen durchgeführt, Berechnungsergebnisse mit Werkstattversuchen verglichen und die erstellten Teilsimulationsmodelle erweitert und verbessert, um die Laborvorgänge ausreichend genau beschreiben zu können. Die ersten Simulationsergebnisse werden laut Zeitplan bis Ende des Jahres mit Versuchen verglichen.

Die nutzergerechten Schnittstellen werden hinsichtlich Parametrisierung und Darstellung so weiterentwickelt, dass die erzielten wissenschaftlichen Ergebnisse in der Praxis leicht genutzt und einem Nicht-Fachpublikum anschaulich präsentiert werden können.

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

Keine.

<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 Abfallgebänden		
<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> 01.03.2012 bis 30.06.2012	
<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 bituminiertes 200-L-Abfallgebände, 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 Abfallgebände
- AP3: Definition einer "aktiven" und "inaktiven" Bitumen-Modellmatrix
- AP4: Entwicklung eines zerstörenden Probennahmeverfahrens
- AP5: Entwicklung eines thermischen Aufschlussverfahrens
- AP6: Adaption einer Pyrolysekammer
- AP7: Optimierung des Aufschlussverfahrens
- AP8: Aufschluss und Analyse realer Proben
- AP9: Auswertung, Vergleich und Bericht

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im Berichtszeitraum wurden erste Literatur-Recherchen über Bitumen im Allgemeinen, über das bei RCM früher zur Fixierung von Verdampferkonzentraten verwendete Bitumen sowie über publizierte Verfahren zur Analytik (insbesondere zu Aufschlusstechniken) durchgeführt (AP1).

Um die bei RCM vorhandenen bituminierten Abfallgebände genauer beschreiben zu können, wurden jeweils segmentierte Gamma-Scans (SGS), digitale Radiogramme (DR) sowie Gamma-Transmissions-Computertomogramme (TCT) aufgenommen und ausgewertet. Auf Basis dieser Ergebnisse konnten Aus-

sagen über den Befüllungsgrad der Fässer, über eventuelle Inhomogenitäten der Bitumen-Matrix sowie über vorliegende Gamma-Strahler und ihre Verteilung im Gebinde erhalten werden (AP2).

Erste Versuche zur Charakterisierung von Bitumen-Proben wurden an inaktiven Modellmatrizes mit Musterbitumen (R95/40 und 70/100) der Firma Shell unternommen (AP3).

Folgende Versuche wurden ausgearbeitet und durchgeführt:

- Bestrahlung von inaktiven Bitumen mit einer Co-60-Quelle (ca. 1 Gy/h), um eventuelle Veränderungen in der Matrix-Verzweigung durch die Strahlung zu simulieren. Die Bestrahlungsdauer betrug 12 und 72 Stunden.
- Es wurden DTA/TG-Analysen der verschiedenen inaktiven Bitumenproben angefertigt, um sich ein Bild vom thermischen Verhalten der Matrix machen zu können. Hierbei wurde unter zwei Bedingungen gearbeitet (Vorarbeiten für AP5):
  - Unter Luft-Sauerstoff (Laborluft)
  - Unter Inertgas (Stickstoff), um eine mit der Verbrennung verbundene Flammenbildung, die einen eventuellen Austrag von Nukliden bedeuten würde, zu vermeiden.
- Parallel zu den Bestrahlungsversuchen wurden erste inaktive Probennahmeveruche an den Musterbitumen (R95/40 und 70/100) unternommen (AP4).

Im ersten Vorhabensabschnitt wurden von 7 realen Fässern Gamma-Scans analysiert. Diese bilden die Grundlage für die nachfolgenden Arbeiten. Aus den Scans konnten Aussagen über die Aktivitätsverteilung und insbesondere das Vorliegen von Hotspots gewonnen werden.

Aussagen über die Matrix-Homogenität und die Füllhöhe der ausgesuchten Abfallgebände konnten durch Messungen mittels Digitaler Radiographie (DR) getroffen werden. Hier wurden anhand der gewonnenen Ergebnisse bislang keine Unregelmäßigkeiten durch Fremdkörper oder Lufteinschlüsse gefunden. Für die geplanten Test-Probennahmen bedeutet dies, dass von einer homogenen Matrix auszugehen ist.

Am inaktiven, wie auch am bestrahlten Bitumen wurden Vorversuche zum thermischen Verhalten mittels DTA/TG durchgeführt. Hierbei konnten keine nennenswerten Unterschiede von bestrahltem und unbestrahltem Bitumen erkannt werden. Allerdings lassen sich diese Befunde nur bedingt auf Gebinde übertragen, in denen hohe Alpha-Aktivitäten vorliegen und möglicherweise zu anderen Radiolyse-Effekten führen. Erwartungsgemäß konnten deutliche Unterschiede zwischen den DTA/TG-Messungen unter Luft-Sauerstoff und unter Inertgas beobachtet werden. Während es unter Luft-Sauerstoff mehrfach zu exothermen Reaktionen (z. B. Verbrennungen) kam, waren solche Effekte unter Stickstoff-Atmosphäre nicht messbar. Es wurden nicht nur Differenzen im exothermen Verhalten gefunden, sondern auch in den benötigten Temperaturen. Bei der Veraschung unter Luft-Sauerstoff betrug der Rückstand bei ca. 600 °C etwa 2,8 % der Ausgangsmasse, so dass ab dieser Temperatur die Matrixabtrennung als erfolgreich angesehen werden kann. Unter Stickstoff-Atmosphäre betrug der Rückstand bei 600 °C noch etwa 27,3 %. Erst bei einer Temperatur von ca. 900 °C ergab sich ein ähnliches Ergebnis (2,9 %) wie unter Luft-Sauerstoff. Dies kann möglicherweise durch Einsatz eines anderen Inert-Gases, z. B. Argon, umgangen werden.

Erste Versuche zur Probennahme an einer inaktiven Bitumen-Matrix mit einem beheizten Eisenrohr gestalteten sich vergleichsweise schwierig. Hier besteht noch erheblicher Verbesserungsbedarf. Zwar war es möglich, mit dem beheizten Eisenrohr aus dem Shell-Musterbitumen eine Probe zu ziehen, jedoch war dieses Verfahren sehr kraft- und zeitaufwendig und sicher auf 200-L-Abfallgebände routinemäßig nicht anwendbar.

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

Die Versuche zur Probennahme mittels Bohrverfahren sollen anhand inaktiver Bitumen-Matrix fortgesetzt werden. Dabei werden unterschiedliche Verfahren zur Kühlung eingesetzt. Es ist vorgesehen, die beim Bundesamt für Strahlenschutz vorliegenden Erfahrungen mit dem Durchbohren von bituminierten Schichten im Bereich des Versuchsendlagers Asse zu nutzen. Begleitende Literatur-Recherchen sollen die Arbeiten begleiten.

Die im Rahmen des sogenannten SUR-Vorhabens“ (BMBF FKZ 02S8172) gewonnenen Erfahrungen zur Veraschung von Kohlenstoff-reichen Proben sollen zur Konstruktion einer Pyrolysekammer eingesetzt werden, welche die Behandlung von Bitumen-Proben ohne signifikante Veränderung des radioaktiven Inventars erlaubt.

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

Keine.

<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> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<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. NV bilden die Grundlage für das Freigabeverfahren, die Vorgehensweise zu ihrer Herleitung unterscheidet sich erheblich je nach Art der Anlage (Kernkraftwerk, Anlage des Brennstoffkreislaufs, radiochemisches Labor usw.).

AP2: Adaptierung des Programms zur Unterstützung der Gebäudefreigabe für die Anwendung in der RCM. Ein von BS entwickeltes derartiges Programm ist für die Anwendung in der RCM anzupassen.

AP3: Erarbeitung einer optimierten Beprobungsstrategie für die radiologische Charakterisierung der RCM. Da die in den einzelnen Labors vorhandenen Radionuklide und die Kontaminationsverteilung (Digestorien, Ausgüsse, sonstige Oberflächen usw.) nicht bekannt ist und nicht erschlossen werden kann, wird eine Auswahl sinnvoller Mess- und Probenahmeorte identifiziert. Proben werden genommen und gamma-spektrometrisch sowie bzgl. Sondernukliden ausgewertet.

AP4: Anwendung des Programms zur Unterstützung der Gebäudefreigabe für die Unterstützung bei der Beprobung. Das in AP2 genannte Programm wird genutzt, um alle Beprobungsergebnisse und sonstigen Messdaten aufzunehmen, zu verarbeiten und zu visualisieren.

AP5: Erarbeitung einer Vorgehensweise für die Bildung von Nuklidvektoren für die RCM. Basierend auf den Ergebnissen insb. von AP1 und AP3 wird ein Verfahren abgeleitet, das zur Festlegung ausreichend konservativ gewählter NV in radiochemischen Labors geeignet ist.

AP6: Darstellung statistischer Messverfahren für die Gebäudefreigabe und Prüfung von deren Anwendbarkeit für die RCM. In Fortführung von AP5 werden Methoden dargestellt, wie aus nicht flächendeckenden Messungen auf die Einhaltung der Freigabewerte für Gebäude geschlossen werden kann, auch wenn eine eher heterogene Kontaminationsverteilung wie in der RCM vorliegt.

AP7: Exemplarische Begleitung von Freigaben mittels des Programms zur Unterstützung der Gebäudefreigabe einschl. Erstellung der Dokumentation zur Freigabe. Das in AP2 genannte Programm wird zur Unterstützung im Freigabeverfahren eingesetzt, indem die Datenauswertung und Generierung der Dokumentation für die ausgewählten Räume hiermit automatisch durchgeführt werden.

AP8: Begleitung der Beräumung im Flachbau der RCM zwecks Überprüfung der Vorgehensweise und der Ergebnisse. Diese Arbeiten werden erst in Angriff genommen, wenn die entsprechenden Tätigkeiten im Hauptbau weitgehend abgeschlossen sein werden.

AP9: Dokumentation des Vorhabens

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

AP1: Grundlagen zur Bildung von Nuklidvektoren (NV) existieren in DIN 25457 (Messverfahren zur Freigabe) sowie in div. Freigabeverfahren für kerntechnische Anlagen. Eine direkte Übernahme vorhandener Bildungsverfahren ist wegen der Besonderheiten eines radiochemischen Labors (heterogener, sehr lokalisierter Umgang, wechselnde Radionuklide usw.) nicht möglich. Grundlagen wurden zusammengestellt.

AP2: Zusammen mit der RCM wurden 6 repräsentative Labors des Hauptbaus ausgewählt, die jeweils über eine unterschiedlichen Betriebshistorie verfügen und alle Arten von Radionukliden abdecken (Sr-90, H-3, Actinide, U, kurzlebige Isotope, C-14). Das in einer Basisversion vorliegende Programm wurde auf die zu untersuchenden Räume und die Freigabeoptionen eingerichtet (Bezeichnung „RaChaG“ von Programm zur Radiologischen Charakterisierung von Gebäuden). Die Raumgeometrien wurden übernommen. Alle gewonnenen Messergebnisse werden nun unmittelbar in die Datenbank eingepflegt und können somit jederzeit ausgewertet und visualisiert werden.

AP3: In den ausgewählten Labors der RCM wurden diverse orientierende Messungen mit verschiedenen Messverfahren durchgeführt. Mit der Erarbeitung einer allgemein anwendbaren Beprobungsstrategie wurde begonnen.

AP4: Bereits vorliegende Beprobungs- und sonstige Messergebnisse wurden in RaChaG eingegeben.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Die Weiterarbeit im 2. Halbjahr 2012 richtet sich vorwiegend auf die Verbreiterung der Datenbasis in den ausgewählten Labors. Im Rahmen von AP3 werden weitere Beprobungen und Messungen durchgeführt, und es werden Sondernuklidanalysen in Auftrag gegeben. Die Datenbasis in RaChaG wird entsprechend ergänzt (AP4), so dass erste Auswertungen hinsichtlich der Einhaltung von Freigabewerten bzw. Dekontaminationsbedarf möglich sein werden. Mit der Entwicklung von allgemein anwendbaren Verfahren zur NV-Bildung in radiochemischen Labors (AP5) wird begonnen.

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

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Technische Universität München, Arcisstr. 21, 80333 München		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9012B</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Erhebung von Nuklidvektoren in komplexen radiochemischen Laboren mit Unterstützung durch ein Programm zur Gebäudefreigabe (RaChaG)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.01.2012 bis 31.12.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.01.2012 bis 30.06.2012	
<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. Während die Definition und Anwendung von Nuklidvektoren bei kerntechnischen Anlagen (Kernkraftwerken, Forschungsreaktoren, Anlagen des Brennstoffkreislaufs) heute ein Standardverfahren ist, um für bestimmte Bereiche (Systeme, Räume usw.) die bei Freigaben bzw. dem Umgang mit radioaktiven Abfällen zu berücksichtigenden Radionuklide sowie deren Aktivitätsanteile zu definieren, ist dies bei radiochemischen Laboren, bei denen die Nutzung häufig von Raum zu Raum verschieden und auch über die Betriebshistorie hinweg sehr heterogen ist, längst nicht der Fall. Dies hat zur Folge, dass die in kerntechnischen Anlagen anwendbaren Verfahren zur Bestimmung von Nuklidvektoren in radiochemischen Laboratorien nicht oder nur sehr eingeschränkt anwendbar sind. Die Erfahrungen mit Freigaben sehr komplexer radiochemischer Laboratorien in Deutschland sind außerdem nicht allzu umfangreich.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Erarbeitung von Grundlagen für die Bildung von Nuklidvektoren in komplexen radiochemischen Labors
- AP2: Adaptierung von PUG für die Anwendung in der RCM
- AP3: Erarbeitung einer optimierten Beprobungsstrategie für die radiologische Charakterisierung der RCM
- AP4: Anwendung von PUG 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 PUG einschl. Erstellung der Dokumentation zur Freigabe
- AP8: Begleitung der Beräumung im Flachbau zwecks Überprüfung der Vorgehensweise und der Ergebnisse
- AP9: Dokumentation des Vorhabens

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im Berichtszeitraum wurden erste Recherchen über die Betriebshistorie durchgeführt, um somit eine Auswahl der Labors mit möglichst heterogenem Nuklidumgang zu treffen (AP1). Hierfür wurden einerseits ehemalige und noch tätige Mitarbeiter der Radiochemie befragt. Andererseits wurde auf die vorhandene Dokumentation in Form von Laborjournalen, Entsorgungspapieren, etc. zurückgegriffen.

Bei der RCM sind im Hauptgebäude auf den beiden Stockwerken EG und 1. OG Radionuklidlabors vorhanden. Für diese Labors existiert gemäß §3 (2. Strahlenschutzverordnung) eine Umgangsgenehmigung, welche für die einzelnen Stockwerke unterschiedliche Aktivitätslevel beinhaltet. Dem Bescheid folgend ist im Erdgeschoss das 1E+6-fache der Freigrenzen und im 1. Obergeschoss das 1E+3-fache genehmigt. Dementsprechend wurden 4 Labors aus dem EG und 2 Labors aus dem 1. OG dem Projekt zugeordnet.

Während im Erdgeschoss ausschließlich Beta-Strahler gehandhabt wurden (mit Ausnahme E012), kommen in den beiden Labors im ersten Obergeschoss auch Alpha-Strahler in der Historie vor. Um die Aussagen bezgl. der gehandhabten Nuklide zu verifizieren, wurden orientierende Messungen vor Ort in den einzelnen Labors mit einem In-situ-Gamma-Spektrometer, dem Falcon5000 der Firma Canberra, durchgeführt. Außerdem wurden auch Proben genommen und mittels Alpha-, Beta- (Liquid Scintillation Counting, LSC) und Gamma-Spektroskopie untersucht. Im Falle der ersten beiden Verfahren geht der Messung jeweils ein relativ aufwendiges Aufschlussprozedere voraus, da die Proben unterschiedlichster Natur und auch meist schwerlöslich sind. So wurden einfache Wischtestfilter, PVC- und Holz-Proben sowie Kork und Tape-Reste als Materialproben gesammelt und analysiert.

In den beiden Labors E014 und E018 sind großflächige Kontaminationen durch den Umgang mit  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ -Generatoren aufgetreten, welche trotz stattgefundenen, erfolgreichen Dekontaminationsarbeiten zweifelsfrei nachweisbar sind. Das Labor E012 weist in einem Abzug eine eingedrungene U-Kontamination durch den Umgang mit U-Folien im Rahmen von Messexperimenten auf. Im Labor 106, im ersten Obergeschoss der RCM, konnte eine Kontamination eines kleineren Teilbereiches des Bodens mit  $^{152/154}\text{Eu}$  gefunden werden, welche im Einklang mit der eruierten Betriebshistorie ist. Im Labor 108 konnten die Nuklide  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{14}\text{C}$  und  $^{79}\text{Se}$  detektiert werden.

Allgemein stellt sich die Zusammenstellung der stattgefundenen Experimente und der hierbei eingesetzten Nuklide erwartungsgemäß sehr aufwendig dar, da nicht nur eine Vielzahl von radioaktiven Elementen gehandhabt wurden, sondern auch die Nutzung der Labors mehrere Dekaden überspannt.

Die gewonnenen Erkenntnisse über die komplex-nuklidische Umgebung der Labors werden raumspezifisch in das von der Firma Brenk Systemplanung entwickelte Programm zur Freigabe (PUG) eingepflegt. Auf diese Weise wird eine Datenbank auf Basis der Betriebshistorie sowohl qualitativer als auch quantitativer Messungen sowie den gesetzlichen Rahmenbedingungen aufgebaut, welche den Vorgang der Freigabe erheblich vereinfacht.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Im Folgenden sind die weitere Vervollständigung der Betriebshistorie, weitere orientierende Messungen inkl. qualitativer Probenahmen sowie das weitere Pflegen der Datenbank geplant. Anhand der Ergebnisse wird Schritt für Schritt bereits eine Beprobungsstrategie entworfen, welche eine effiziente und zeitsparende Vorgehensweise für sämtliche im Verlauf des Projektes anfallende Arbeiten sichern soll.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Temp- lergraben 55, 52062 Aachen		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 9022A</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioakti- ver Abfälle (Neutron Imaging)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.05.2012 bis 30.04.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.05.2012 bis 30.06.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 912.828,00 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**

- Organisation, Planung und Durchführung des Kick-off Meeting des Verbundprojekts am 09.05.2012
- Vereinbarungen und Planungen mit den Kooperationspartnern für den Aufbau der Testeinrichtung zu Neutronenradiographie mit schnellen Neutronen
- Erstellung des Simulationsmodells (MCNP) für den Aufbau der Radiographieanlage
- Vorbereitende Planung zur Herrichtung der Laborräume im Forschungszentrum Jülich
- Festlegung von Anforderungen und Schnittstellen für die Bildrekonstruktionssoftware

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

- Literaturrecherche über den Stand von Wissenschaft und Technik der Neutronenradiographie mit schnellen Neutronen. Im Wesentlichen geht es hierbei um die Entwicklung und den Aufbau des Neutronen-Konverters bzw. den Aufbau des Detektorsystems. Es stehen 3 Konzepte zur Auswahl, die in Absprache mit den Verbundpartnern auf ihre Eignung hin überprüft werden sollen
- Unterstützung des FZJ-Partners bei der Vorbereitung des Bestrahlungsraums. Hierzu werden verschiedene Aufbauvarianten für die Anlage, auf Basis verschiedener Simulationen vorgeschlagen
- Simulation der Neutronenradiographie-Anlage bzw. derer Komponenten. Insbesondere des Neutronen- und Photonentransportes im Konverter und Detektor
- Literaturrecherche zu Inversionsalgorithmen und Erstellung einer Übersicht

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

Keine.

<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> 01.05.2012 bis 30.06.2012	
<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**

- Vereinbarungen und Planungen mit den Kooperationspartnern für den Aufbau der Testeinrichtung zu Neutronenradiographie mit schnellen Neutronen wurden während ein Kick-off Meeting des Verbundprojekts am 09.05.2012 getroffen
- Der Genehmigungsantrag zum Betrieb eines 14 MeV Neutronengenerators wurde bei der zuständigen Behörde gestellt
- Der 14 MeV Neutronengenerator wurde bei der Fa. Sodern (EADS) bestellt und sollte Anfang Dezember 2012 geliefert werden

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

- Literaturrecherche über den Stand von Wissenschaft und Technik der Neutronenradiographie mit schnellen Neutronen. Ein wesentlicher Teil der Recherche wird sich mit amorphem Silizium basierten Flat-Panels als Auslesedetektoren, mit Konverter-Materialien und mit Wavelength Shifting Fibers als optischen Lichtleitern befassen, die die Grundkomponenten des Detektors bilden sollen
- Vorbereitung des Bestrahlungsraums mit entsprechenden Strahlenschutz- und Sicherheitsmaßnahmen für den Betrieb des 14 MeV Neutronengenerators
- Aufbau der Neutronenradiographie-Anlage. Auslegung der Neutronen/Gamma-Abschirmung für den Neutronengenerator und den Detektor

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

Keine.

<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> 01.05.2012 bis 30.06.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 301.246,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. Cura	

## 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**

- Grundlegende Planungen für eine integrierte Software zur Simulation und Auswertung der Experimente wurden durchgeführt
- Die Lizenz für die Simulationssoftware MCNP wurde erworben

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

- Koordination in der Softwareentwicklung mit den Projektpartnern, insbesondere Entwurf einer gemeinsamen Datenschnittstelle
- Entwicklung einer automatisierten Testumgebung um umfassende Parameterstudien in der vorab Simulation durchführen zu können.
- Erstellen von simulierten „Detektorbildern“ als Datengrundlage für die Aachener Partner zur Entwicklung der Rekonstruktionsalgorithmen

### **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 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> 01.06.2012 bis 30.06.2012	
<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 Zerlege-verfahren für den Rückbau von Bauteilen, die aus Zirkalloy gefertigt wurden. Um eine Entzündung des Zirkalloys auszuschließen, müssen die Mechanismen, die zu einem solchen Metallbrand führen können, für die einzelnen Zerlegeverfahren strukturiert analysiert werden und die Randbedingungen, unter denen ein sicherer Einsatz des jeweiligen Zerlegeverfahrens möglich ist, verifiziert werden. Die Ergebnisse sollen derart genutzt werden, dass bei künftigen nationalen und internationalen Rückbauprojekten für die Zerlegung von zirkalloyhaltigen Bauteilen deutlich schnellere und kostengünstigere Zerlegeverfahren eingesetzt werden können und somit ein Wettbewerbsvorteil erzielt werden kann.

Basierend auf einer Analyse der theoretischen Grundlagen soll ein Prozessmodell erstellt werden, in dem die Prozessparameter, -mechanismen und Randbedingungen dargestellt werden, die zu einem Zirkalloybrand führen können. Parallel zu der theoretischen Betrachtung werden Versuche durchgeführt, in denen das Entzündungsverhalten von Zirkalloy in Abhängigkeit von Temperatur, Partikelgröße und Umgebungsmedium analysiert wird. Weiterhin werden Schneidversuche mit thermischen und mechanischen Trennverfahren durchgeführt, um die relevanten Eingangsdaten für das Prozessmodell zu bestimmen. Wichtige Eingangsdaten sind in diesem Zusammenhang beispielsweise die entstehenden Partikel oder Spangrößen und die maximalen Bauteiltemperaturen in Abhängigkeit von den Leistungsparametern des Zerlegeverfahrens und des Umgebungsmediums. Des Weiteren werden die Risiken durch die entstehenden Emissionen, die einen Einfluss auf die Sicherheit des Zerlegevorganges haben (z. B. Wasserstoffentwicklung), betrachtet.

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

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

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

- Ein externes Kick-Off-Meeting mit dem Projektpartner „Institut für Werkstoffkunde der Leibniz-Universität Hannover“ wurde durchgeführt. Der Terminplan und die gemeinsamen Arbeiten wurden aufeinander abgestimmt.
- Das Projektteam bei NUKEM Technologies wurde zusammengestellt. Ein internes Kick-Off-Meeting wurde durchgeführt, in dem die Mitglieder des Projektteams mit den Intentionen und dem Arbeitsplan des Forschungsvorhabens bekannt gemacht wurde.
- Für Punkt 1 und 2 (Literaturrecherche) wurden die primären Rechercherichtungen definiert. Mit der Recherche wurde begonnen.
- Für Punkt 3 wurden Kontakte zu nationalen Lieferanten für Spezialmaterialien aufgenommen. Parallel wurde Kontakte für Lieferanten aus dem russischen Bereich ermittelt, um dort Anfragen bezüglich möglicher Probenlieferungen stellen zu können.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Die geplanten und im Antrag beschriebenen Arbeiten werden planmäßig begonnen.

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

Abstract für die KONTEC 2013 gemeinsam mit dem Institut für Werkstoffkunde der Leibniz-Universität Hannover wurde eingereicht. Bescheid steht noch aus.

<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> 01.06.2012 bis 30.06.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 552.456,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Bach	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die „Grüne Wiese“ ist im Bereich kerntechnischer Anlagen ein feststehender Begriff. Er beschreibt das Ziel, welches nach dem Ende der technisch-wirtschaftlichen Lebensdauer eines Kernkraftwerkes und dem anschließenden Rückbau erreicht werden soll. Bereits vor Inbetriebnahme eines Kernkraftwerkes ist es in Deutschland erforderlich, ein Konzept für dessen Stilllegung erarbeitet zu haben. Der Rückbau kerntechnischer Anlagen ist dabei in Deutschland grundsätzlich eine technisch gelöste Aufgabe, welche jedoch aufgrund komplexer Randbedingungen große Kosten und einen hohen Zeitaufwand verursacht.

Neben nationalen, überwiegend politisch bestimmten Rückbauprojekten werden auch international viele Kernkraftwerke zurückgebaut. Diese Rückbauprojekte resultieren aus den regulären Laufzeitenden der Anlagen. Beim Rückbau dieser Anlagen ist Deutschland know-how-Träger. Eine Reihe deutscher Firmen nutzen diese Erfahrungen als Dienstleister und unterstützen oder beraten bei Rückbauprojekten im Ausland.

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. Zirkalloy findet sich aufgrund seines geringen Neutroneneinfangquerschnittes und der guten Korrosionsbeständigkeit u. a. in den Hüllrohren der Brennstäbe sowie in bestimmten Reaktoreinbauten. 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 bisher keine systematischen wissenschaftlichen Untersuchungen zu den Eigenschaften der entstehenden Stäube infolge des thermischen Trennens existieren. Die Zerlegung von Strukturen aus Zirkalloy erfolgt somit bisher rein mechanisch, mittels hydraulischen Scherens oder Sägens, wobei ebenfalls Späne entstehen. Zum Einsatz von mechanischen Trennverfahren müssen die Manipulatoren deutlich höhere Tragkräfte und Steifigkeiten aufweisen als es bei der Verwendung von thermischen Verfahren der Fall wäre. Die prinzipielle Eignung thermischer Schneidverfahren, wie z. B. Laserstrahlschneiden oder Plasmaschneiden, zum Trennen von Zirkalloy an Atmosphäre und unter Wasser ist dabei durch einige Veröffentlichungen bewiesen, wobei jedoch nicht auf die Emissionen eingegangen wurde.

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**

- Es wurde mit dem Anlagenaufbau und der Modifikation des Manipulatorsystems begonnen
- Der Kooperationsbedarf mit dem Verbundpartner (NUKEM Technologies) wurde abgestimmt

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

- Abschluss des Anlagenaufbaus
- Durchführen von Schneidversuchen an Atmosphäre mit mechanischen Trennverfahren
- Durchführen von Schneidversuchen an Atmosphäre mit autogenen Brennschneiden

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

Keine.



## 2.3 Ausführende Forschungsstellen

- |  |  |     |
|--|--|-----|
| <b>AREVA NP GmbH, Paul-Gossen-Str. 100, 91052 Erlangen</b>                                       |  |     |
| 02 S 8861  | Neuartige Entsorgungswege für Abrasivmittel aus der Wasserstrahl-Schneidtechnik  | 82  |
| <b>Brenk Systemplanung GmbH, Heider-Hof-Weg 23, 52080 Aachen</b>                                 |  |     |
| 02 S 9012A   | Erhebung von Nuklidvektoren in komplexen radiochemischen Laboren mit Unterstützung durch ein Programm zur Gebäudefreigabe (RaChaG)   | 98  |
| <b>Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Unter den Eichen 87, 12205 Berlin</b> |  |     |
| 02 S 8588  | Handhabungs- und Transportkonzepte zur Entsorgung radioaktiver Reststoffe aus Stilllegung und Rückbau: Entwicklung rechnerischer Analysemethoden für stoßdämpfende Strukturen beim Anprall oder Absturz von Abfallgebinden (ENREA) | 34  |
| <b>Dr.-Ing. Uwe Görisch GmbH, Am Heegwald 4, 76227 Karlsruhe</b>                                 |  |     |
| 02 S 8841  | Überwachungssystem mit integrierter Messsensorik für radioaktiv belastete Eisen- und Nichteisenschrotte (MEREN)  | 78  |
| <b>EnBW Energie Baden-Württemberg AG, Durlacher Allee 93, 76131 Karlsruhe</b>                    |  |     |
| 02 S 8780  | Verbundprojekt AKOF: Optimierung der verfahrenstechnischen Kette „Abtrag kontaminierter Flächen“ unter dem Aspekt Maximierung der Abtragsleistung  | 68  |
| <b>Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Straße, 52428 Jülich</b>                        |  |     |
| 02 S 8790  | Entsorgung von bestrahltem Graphit   | 70  |
| 02 S 9022B   | Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging)  | 104 |
| <b>Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fürstengraben 1, 07743 Jena</b>                          |  |     |
| 02 S 8528  | Verbundprojekt: Maßnahmen zur Strahlenschutzvorsorge radioaktiv belasteter Großflächen durch Sanierung mittels Phytoremediation und anschließende Verwertung der belasteten Pflanzenreststoffe (PHY-TOREST)                        | 30  |
| <b>GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Planckstraße 1, 64291 Darmstadt</b>            |  |     |
| 02 S 8497  | Induktion und Transmission von genetischen Schäden nach Hoch-LET Bestrahlung: In vivo und in vitro Untersuchungen<br>- <i>Strahlenforschung</i>  | 28  |
| <b>HERRENKNECHT AG, Schlehenweg 2, 77963 Schwanau</b>  |  |     |
| 02 S 8649  | Verbundprojekt: Innovativer Abbruch massiger Stahlbetonstrukturen (INAS)   | 42  |

<b>Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mit beschränkter Haftung, Einsteinstr. 20, 85521 Ottobrunn</b>
---

- |                  |  |    |
|------------------|--|----|
| <b>02 S 8760</b> | Verbundprojekt Schneidladung: Schneidladung als Zerlegeverfahren beim Rückbau kerntechnischer Anlagen und Qualifizierung im kerntechnischen Umfeld | 64 |
|------------------|--|----|

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

- |                  |  |    |
|------------------|--|----|
| <b>02 S 8608</b> | ASTU Automatisierte Seilsägetechnologie für Unterwasserdemontage   | 38 |
| <b>02 S 8659</b> | Verbundprojekt: Innovativer Abbruch massiger Stahlbetonstrukturen (INAS)   | 44 |
| <b>02 S 8709</b> | Verbundprojekt: Ablation kontaminierter Oberflächen zementgebundener Bauteile beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (MACOS)   | 52 |
| <b>02 S 8770</b> | Verbundprojekt AKOF: Optimierung der verfahrenstechnischen Kette „Abtrag kontaminierter Flächen“ unter dem Aspekt Maximierung der Abtragsleistung                  | 66 |
| <b>02 S 8821</b> | Überwachungssystem mit integrierter Messsensorik für radioaktiv belastete Eisen- und Nichteisenschrotte (MEREN)  | 74 |
| <b>02 S 8851</b> | Internationale Rückbautechniken und Managementmethoden für kerntechnische Anlagen – Eine wissenschaftliche Analyse des internationalen Standes der Technik (IRMKA) | 80 |
| <b>02 S 8871</b> | Neuartige Entsorgungswege für Abrasivmittel aus der Wasserstrahl-Schneidtechnik  | 84 |
| <b>02 S 8881</b> | Manipulatorgesteuertes Freimessen von Oberflächen  | 86 |
| <b>02 S 8921</b> | Aufbau eines Simulationsmodells zur Qualifizierung eines neuen Vibrationsverfahrens für Dekontamination von Rohrleitungen  | 94 |

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

- |                   |  |     |
|-------------------|--|-----|
| <b>02 S 8629</b>  | Prozessentwicklung zur trockenen Bearbeitung von metallischen und mineralischen Strukturen beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (ProBeSt)                                  | 40  |
| <b>02 S 8689</b>  | TENORM-Sanierung im Spannungsfeld zwischen Experteneinschätzungen und Alltagswahrnehmung - TESSA   | 48  |
| <b>02 S 8699</b>  | Innovative Lichtbogenverfahren für die Stilllegung und den Rückbau kerntechnischer Anlagen - Hot-Wire-Plasmaschneiden und Lichtbogen-Sauerstoff-Impulsschneiden (Inno-Cut) | 50  |
| <b>02 S 8730</b>  | Verbundprojekt: Qualifizierung thermisch gespritzter Korrosionsschutzschichten für dickwandige Behälterkomponenten (QUAKOS)  | 58  |
| <b>02 S 8750</b>  | Verbundprojekt Schneidladung: Schneidladung als Zerlegeverfahren beim Rückbau kerntechnischer Anlagen und Qualifizierung im kerntechnischen Umfeld                         | 62  |
| <b>02 S 9032B</b> | Verbundprojekt: Zerlegung von Reaktorkomponenten aus Zirkalloy beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (ZIRKUSS)  | 110 |

<b>NUKEM Technologies GmbH, Industriestr. 13, 63755 Alzenau</b>
---

- |                   |   |     |
|-------------------|---|-----|
| <b>02 S 9032A</b> | Verbundprojekt: Zerlegung von Reaktorkomponenten aus Zirkalloy beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (ZIRKUSS) | 108 |
|-------------------|---|-----|

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

- 02 S 9022A Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging)  102

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

- 02 S 8911 Aufbau eines Simulationsmodells zur Qualifizierung eines neuen Vibrationsverfahrens für Dekontamination von Rohrleitungen  92

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

- 02 S 8831 Überwachungssystem mit integrierter Messsensorik für radioaktiv belastete Eisen- und Nichteisenschrotte (MEREN)  76

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

- 02 S 9022C Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging)  106

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

- 02 S 8720 Verbundprojekt: Qualifizierung thermisch gespritzter Korrosionsschutzschichten für dickwandige Behälterkomponenten (QUAKOS)  56

**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)  54

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

- 02 S 8901 Untersuchungen zum emissionsarmen Abtrag von Lackschichten mittels Laserstrahlung (LaColor)  90

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

- 02 S 8538 Verbundprojekt: Maßnahmen zur Strahlenschutzvorsorge radioaktiv belasteter Großflächen durch Sanierung mittels Phytoremediation und anschließender Verwertung der belasteten Pflanzenreststoffe (PHYTOREST)  32

- 02 S 8891 Untersuchungen zum emissionsarmen Abtrag von Lackschichten mittels Laserstrahlung (LaColor)  88

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

- 02 S 8669 Nutzung von Bremsstrahlungsinformationen für die zerstörungsfreie Charakterisierung radioaktiver Abfälle  46

- 02 S 9001 Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung des Nuklidinventars in bituminierten Abfallgebinden  96

- 02 S 9012B Erhebung von Nuklidvektoren in komplexen radiochemischen Laboren mit Unterstützung durch ein Programm zur Gebäudefreigabe (RaChaG)  100

**Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e. V., Bautzner  
Landstr. 128, 01328 Dresden**

- 02 S 8740** Erprobung elektromechanischer Abtragstechnologien für den Rückbau stark armierter Betonstrukturen und das Zerlegen starkwandiger Bauteile in kerntechnischen Anlagen  60
- 02 S 8801** Elektrochemische Verfahrensentwicklung zur Reinigung von organischen, C-14-belasteten Abfall- und Reststofflösungen  72

**WTI Wissenschaftlich-Technische Ingenieurberatung GmbH, Karl-Heinz-  
Beckurts-Str. 8, 52428 Jülich**

- 02 S 8598** Qualifikation und Erprobung von stoßdämpfenden Strukturen und Materialien zur Optimierung/Reduzierung der Beanspruchung von Verpackungen zur Entsorgung radioaktiver Reststoffe aus Stilllegung und Rückbau (QUEST)  36