

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

**PTE-S Nr. 25**

BMBF-Stillegungsprojekte und  
BMBF geförderte FuE zu  
„Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“

Berichtszeitraum: 1. Juli - 31. Dezember 2012

Projektträger Karlsruhe  
Wassertechnologie und Entsorgung  
(PTKA-WTE)

**März 2013**



## **PTE-S Berichte**

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

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

Die Fortschrittsberichtsreihen behandeln folgende Themenschwerpunkte:

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

Die Fortschrittsberichtsreihen sind online verfügbar

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

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



# Vorwort

Das KIT ist im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) sowie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) Projektträger für den Programmbereich „Entsorgung“.

Dieser Auftrag umfasst die Förderkonzepte „Forschungsförderung zur Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen“ und „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“. Im Rahmen dieses Auftrages betreut der Projektträger PTKA-WTE u. a. für BMBF, Referat 726, die FuE-Vorhaben zu Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen.

Der vorliegende Fortschrittsbericht dokumentiert Stand und Ergebnisse dieser FuE-Vorhaben und darüber hinaus der Stilllegungsprojekte, die aus dem im Geschäftsbereich des BMBF befindlichen Stilllegungstitel finanziert werden. Er wird von PTKA-WTE *halbjährlich* herausgegeben, um den auf der vorangehenden Seite genannten Personenkreis über die durchgeführten Arbeiten zu informieren.

Der Bericht ist folgendermaßen aufgebaut:

**Teil 1** stellt die **Stilllegungsprojekte** des BMBF in Form von formalisierten Zwischenberichten dar und zwar

- das Projekt AVR am Standort Jülich
- die Projekte des HDB, KNK, MZFR und WAK am Standort Karlsruhe
- die Restabwicklung des THTR 300
- Projekt MAREN beim HZ Geesthacht, vormals GKSS.

Der Stilllegungszustand des BER I am HMI ist seit 1974 unverändert. Daher entfällt die zuletzt in PTE-S Nr. 3 erfolgte Darstellung.

Das Stilllegungsprojekt des Forschungsreaktors TRIGA Heidelberg II ist seit dem 31.12.2006 abgeschlossen, daher entfällt die zuletzt in PTE-S Nr. 13 erfolgte Darstellung.

Die Verantwortung für die Schließung der Schachttanlage Asse ist am 01.01.2009 an das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit übergegangen, daher entfällt die zuletzt in PTE-S Nr. 16 erfolgte Darstellung.

Das Stilllegungsprojekt des Forschungsreaktors MERLIN ist seit dem 31.12.2009 abgeschlossen, daher entfällt die zuletzt in PTE-S Nr. 19 erfolgte Darstellung.

**Teil 2** behandelt die **FuE-Vorhaben** des Förderkonzepts „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“, gliedert nach

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



# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Stilllegungsprojekte des BMBF .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 AVR.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe .....</b>	<b>5</b>
HDB .....	6
KNK .....	8
MZFR.....	10
WAK .....	12
<b>1.3 THTR 300 .....</b>	<b>15</b>
<b>1.4 MAREN .....</b>	<b>19</b>
<b>2 FuE-Vorhaben „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“ .....</b>	<b>23</b>
<b>2.1 Fördervorhaben .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2 Formalisierte Zwischenberichte .....</b>	<b>27</b>
<b>2.3 Ausführende Forschungsstellen .....</b>	<b>117</b>





# **1 Stilllegungsprojekte des BMBF**

## **1.2 AVR**

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor GmbH, Wilhelm-Johnen-Straße, 52428 Jülich	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Vollständiger Rückbau der AVR-Anlage	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 1987 bis 2017	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2012 bis 31.12.2012
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 482,3 Mio. €	<b>Projektleiter:</b> Dipl.-Ing. Rittscher

## 1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Die Arbeitsgemeinschaft Versuchs-Reaktor (AVR GmbH) hat gemäß einer Verwaltungsvereinbarung vom 25.02./13.03.2003 zwischen Bund und Land NRW die Aufgabe, das 1988 abgeschaltete Versuchskernkraftwerk in Jülich vollständig zurückzubauen und die notwendigen Entsorgungstätigkeiten durchzuführen. Alleinige Gesellschafterin der AVR GmbH ist die bundeseigene Energiewerke Nord GmbH. Die AVR ist institutionelle Zuwendungsempfängerin des BMBF (zu 70 %) und des Landes NRW (zu 30 %). Die Aufwendungen zur Erfüllung der ihr übertragenen Aufgaben sind durch ungedeckelte Finanzierungszusagen der Zuwendungsgeber gesichert. Der Zuwendungsbedarf wird in den jährlich verhandelten Wirtschaftsplänen ausgewiesen.

## 2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Alle für den genehmigten Betrieb der Anlage erforderlichen Instandhaltungsarbeiten und wiederkehrenden Prüfungen wurden termingerecht und ohne Beanstandung durchgeführt. Das Messprogramm zur Überwachung der Bodenkontamination des Betriebsgeländes wurde und wird gemäß den behördlichen Vorgaben kontinuierlich durchgeführt.

Nach der erfolgreichen Funktionsprüfung der komplett montierten Litzenhebertechnik in der Materialschleuse (Ausheben, Kippen und Ablegen des Reaktorbehälters mit einem 140 Mg schweren Dummy sowie Belastungstest am oberen Anschlagmittel des Reaktorbehälters bis 1600 Mg Zugkraft) ist das System seit Ende 2012 einsatzbereit. Die Transporttrasse für den radgeführten Transport des Reaktorbehälters auf dem AVR- und FZJ-Gelände ist fertig gestellt. Unmittelbar vor dem Transport werden die noch erforderlichen Sicherungsmaßnahmen durchgeführt.

Im Folgenden werden repräsentativ einige Vorhaben genannt, die im Berichtszeitraum fertiggestellt wurden oder kurz vor Fertigstellung sind:

- Demontage der Beton- und Stahlbaustrukturen der 25 m Bühne
- Verschweißen der Verschlusskappen am Reaktorbehälterdom
- Rasterung und radiologische Freimessung des Bio-Schildes
- Einschweißen von drei Messstutzen zu Analysenzwecken
- Setzen von 200 Schneid- und Transportbohrungen im Bioschild 2, um die Reaktorbehältertransportöffnung herstellen zu können
- Demontage von Anlagenteilen im Ringraum

Die Vielzahl der in den Arbeitsbereichen Schutzbehälter, Materialschleuse, Warme Werkstatt und Außenbereich durchzuführenden Vorhaben, ist nur mit versetzten Einsatzzeiten und temporär Zwei-Schicht-Betrieb zu realisieren.

### 3. Geplante Weiterarbeit

- Demontage der Betonstrukturen der 21-m-Bühne
- Entfernen des Betonkragens Bioschild 2 in der Materialschleuse
- Beseitigung der Störkanten im Ringraum von 38 m - 17 m

### 4. Erfindungen, Verbesserungen, Schutzrechte, Berichte, Veröffentlichungen, Internationales

Controllingberichte an BMBF, BMF (Bund) und MIWF (Land)  
Sachstandsberichte an BMBF, BMF (Bund) und MIWF (Land)

### 5. Kosten

Nach der Projektbewertung von August 2008 ergaben sich Gesamtprojektkosten auf der Preisbasis 2008 in Höhe von 245 Mio. EUR ohne Endlagerkosten und eine Gesamtprojektlaufzeit bis 2015 seit der Übernahme der AVR durch die EWN im Jahre 2003. Der aktuellen Prognose der AVR zur Folge, verlängert sich die Projektlaufzeit bis 2017. Die Gesamtprojektkosten erhöhen sich ohne Endlagerkosten um 38,6 Mio. € (inkl. 3,625 Mio. € Betriebskosten für die Zwischenlagerhallen nach Projektende). Eine weitere verlässliche Abschätzung erfolgt im Laufe des Wirtschaftsjahres 2013. Nach dem Herausheben des Reaktorbehälters und der anschließenden Bestandsaufnahme der tatsächlichen Kontaminationen in den Gebäude- und Bodenstrukturen kann das Restprojekt abschließend bewertet werden.

Kosten bisher (von 1987 bis 2011):	387,4 Mio. €
Kosten Januar-Dezember 2012:	20,8 Mio. €
Zukünftige Kosten bis 2017:	<u>74,1 Mio. €</u>
	482,3 Mio. €

Geldgeber:

Bund 90 %, Land NRW 10 % (bis 31.03.2003)

Bund 70 %, Land NRW 30 % (ab 01.04.2003)

Bemerkungen:

Seit 4. Oktober 2011 sind die Grenzwerte zur Freigabe von Strontium 90 von 2,0 auf 0,6 Bq/g herabgesetzt worden. Dies kann zu erheblichen Mehrkosten führen.

Im November 2012 wurden in den Aufsichtsräten der FZJ-, EWN- und AVR GmbH Beschlüsse gefasst, die die jeweiligen Geschäftsführungen auffordern, ein umsetzungsfähiges Konzept für die Zusammenlegung der Altlastenprojekte am Standort Jülich vorzulegen.



### **1.3 Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Rückbau- und Entsorgungsgesellschaft mbH**

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Rückbau- und Entsorgungsgesellschaft mbH, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Stilllegung von Teilanlagen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB)	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 1994 bis 2030	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2012 bis 31.12.2012
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 113,0 Mio. €	<b>Projektleiter:</b> Dipl.-Ing. Ebeling

## 1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Die Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Rückbau- und Entsorgungsgesellschaft (WAK GmbH) betreibt Anlagen zur Entsorgung von radioaktiven Abfällen und Reststoffen aus den Rückbau- und Entsorgungsprojekten der Gesellschaft sowie weiterer am Standort vorhandenen Einrichtungen (KIT, ITU, LSSStBW). Im Rahmen freier Kapazitäten erbringt sie im geringen Umfang Konditionierungsleistungen für Dritte.

Gegenwärtig werden von der HDB folgende Anlagen betrieben:

- LAW-Eindampfung I und II
- Zementierung
- LAW-Verschrottung
- MAW-Verschrottung
- Geräte-Dekontamination
- Verbrennungsanlage
- Reststofflager
- Zwischenlager für radioaktive Reststoffe und Abfälle
- Analytische Anlagen: Radiochemisches Labor, Fassmess-Anlage, Freimess-Labor.

Parallel zum Fortschritt der Arbeiten bei den Rückbauprojekten der WAK GmbH wurden/werden nicht mehr benötigte Anlagen zurückgebaut.

## 2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

### LAW-Eindampfungsanlage und Zementierung, Bau 545:

Die Antragsunterlagen (Sicherheitsbericht) wurden aktualisiert und bei der Genehmigungsbehörde eingereicht.

### 3. Geplante Weiterarbeit

LAW-Eindampfung I und Zementierung II (Bau 545):  
Antragstellung und Begutachtung.

### 4. Erfindungen, Verbesserungen, Schutzrechte, Berichte, Veröffentlichungen, Internationales

Felix Himmerkus, Cornelia Rittmeyer/WAK GmbH: „Karlsruhe Database for Radioactive Wastes-Accounting and Management System for Radioactive Waste Treatment“, Waste Management Conference, Februar/März 2012, Phoenix, Arizona, USA

### 5. Kosten

Kosten bisher (von 1994 bis 12/2011):	13,5 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum (01.01.-31.12.2012):	2,5 Mio. €
Zukünftige Kosten:	* 97,3 Mio. €
Geldgeber:	Bund 90 %, Land BW 10 %

Der vorliegende Bericht bezieht sich ausschließlich auf Bau- und Rückbauprojekte der HDB und wird derzeit auf Basis des erreichten Stands der Reststoffverarbeitung und Rückbauprojekte am Standort aktualisiert.

\* Ausgangsbasis FZK, nicht aktualisiert, überarbeitete Projektkostenschätzung 2013

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Rückbau- und Entsorgungsgesellschaft mbH, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Stilllegung der Kompakten Natriumgekühlten Kernreaktoranlage (KNK)	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 1992 bis 2019	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2012 bis 31.12.2012
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 378 Mio. €	<b>Projektleiter:</b> Dipl.-Ing. Graf

## 1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Die Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage KNK war ein Versuchskernkraftwerk mit 20 MW elektrischer Leistung auf dem Gelände des Forschungszentrums Karlsruhe. Die Anlage wurde zunächst von 1971 bis 1974 mit einem thermischen Kern als KNK I und dann ab 1977 mit einem schnellen Kern als Schnellbrüterkraftwerk KNK II betrieben.

Die KNK-Anlage wurde im August 1991 abgeschaltet. Das Stilllegungskonzept sieht vor, die Anlage in 10 Stilllegungsgenehmigungen (SG) vollständig abzubauen:

- Abbau Sekundärsysteme, Tertiärsystem, Objektschutz, Blendenverstelleinrichtung, Wechselmaschine; Entsorgung von Brennelementen, Primär- u. Sekundärnatrium; Umstellung der E-Versorgung; Abriss von Gebäuden; Abbau der Primärsysteme (1.- 8. SG sind vollständig abgeschlossen)
- Ausbau Reaktortank und Abbau biologischer Schild (9. SG)
- Abbau Hilfssysteme, Freimessen und ggf. Dekontamination der restlichen Gebäude (10. SG)
- Konventioneller Abbruch und Rekultivierung des Geländes („Grüne Wiese“)

## 2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Eine Rückbaumaßnahme der 9. SG beinhaltet die Demontage der Wärmeisolierung sowie den Abbau und die Entsorgung der Primärabschirmung.

Nach Abschluss der Schulungs- und Erprobungsprogramme wurde das Hebewerkzeug in die KNK-Anlage verbracht.

Die Komponenten für den Abbau der Primärabschirmung wurden in der KNK-Anlage erfolgreich montiert und in Betrieb genommen.

Die Überprüfungen der Zerlegeparameter für das Bandsägewerkzeug haben begonnen.



### 3. Geplante Weiterarbeit

#### 9. SG:

Nach Abschluss der Parameteranpassung und der Inbetriebsetzung der Komponenten im Verbund beginnt der Ausbau der Primärabschirmungssegmente.

Fortsetzung der Planung für den Abbau des Biologischen Schildes.

### 4. Erfindungen, Verbesserungen, Schutzrechte, Berichte, Veröffentlichungen, Internationales

Anja Graf, Uwe Stutz, Holger Petrick/WAK GmbH; Pauls Hosking, NDSL Nuclear Decommissioning Services Ltd (Vereinigtes Königreich): “Cold Trap Dismantling and Sodium Removal at a Fast Breeder Reactor”, Waste Management Conference, Februar/März 2012, Phoenix, Arizona, USA

Anja Graf/WAK GmbH: „Compact Sodium-Cooled Nuclear Reactor (KNK) – Current Status of the Decommissioning –“, 12<sup>th</sup> Meeting of the WANO FBR Group, Juni 2012, Eggenstein-Leopoldshafen

### 5. Kosten

Kosten bisher (von 1992 bis 12/2011):	296,9 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum: (01.01.-31.12.2012)	11,9 Mio. €
Zukünftige Kosten:	* 69,2 Mio. €
Geldgeber:	Bund 90 %, Land 10 %

\* Ausgangsbasis FZK, nicht aktualisiert, überarbeitete Projektkostenschätzung 2013

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Rückbau- und Entsorgungsgesellschaft mbH, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Stilllegung des Mehrzweck-Forschungsreaktors (MZFR)	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 1985 bis 2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2012 bis 31.12.2012
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 351 Mio. €	<b>Projektleiter:</b> Dr. Fleisch

## 1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Der Mehrzweckforschungsreaktor im Forschungszentrum Karlsruhe war ein schwerwassergekühlter und -moderierter Druckwasser-Reaktor (elektrische Bruttoleistung 57 MW<sub>el</sub>). Von 1965 bis 1984 diente er u. a. als Testreaktor zur Entwicklung von Schwerwasser-Systemen und zur Erprobung von Brennelementen. Neben der Stromerzeugung diente ein Teil der erzeugten Wärme zur Gebäudeheizung. Nach der Abschaltung 1984 wurden die Brennelemente entladen und bis 1987 das Schwerwasser aus der Anlage entfernt. Mit der eigentlichen Stilllegung wurde 1985 begonnen.

Das Konzept sieht einen vollständigen Rückbau in acht Stilllegungsgenehmigungen (SG) vor:

- Außerbetriebnahme aller nicht benötigter Systeme, Trocknung der D<sub>2</sub>O-Systeme, Reduzierung weiterhin benötigter Hilfsanlagen, Abbau Heizwasserversorgung; Demontage von Kraftwerksanlage, Abwasseraufbereitung, Notstromanlage; Abriss der Kühltürme; Demontage Reaktorhilfssysteme, Abbau Sekundärsystems im Reaktorgebäude, Dekontamination Primärsystem; Abbau Zaunanlage; Demontage Primärsystem und Reaktorsysteme im Reaktorgebäude; Fernbediente Demontage Reaktordruckbehälter mit Einbauten (1.-7. SG). Diese Schritte sind abgeschlossen.
- Abbruch des aktivierten Teils des Biologischen Schildes, Dekontamination und Abriss der Gebäude (8. SG).

## 2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Im ehemaligen Beckenhaus wurden die Oberflächenaktivitätsmessungen sowie die entsprechenden Kontrollmessungen durch den Gutachter in den ehemaligen Lagerbecken sowie in Beckenhalle und in den Außenbereichen abgeschlossen. Der Gebäudeabriss hat begonnen.

Die Demontage der alten Lüftungseinrichtungen und Montage einer entsprechenden Ersatzlüftung im Reaktorgebäude wurde weitgehend abgeschlossen. Ebenfalls weitgehend durchgeführt wurden die Demontage von elektrischen Einrichtungen sowie die parallele Montage von Ersatzmaßnahmen (z. B. Notbeleuchtung, Baustromverteilung).

Insgesamt wurden in 2012 jeweils ca. 400 Mg Metall und Beton sowie ca. 10.150 m Kabel demontiert und an ca. 9.000 m<sup>2</sup> Dekontaminationsmaßnahmen bzw. Vorabmessungen durchgeführt sowie ca. 8.000 m<sup>2</sup> „freigemessen“.

### 3. Geplante Weiterarbeit

#### 8. SG:

Im Rahmen der 8. Stilllegungsgenehmigung werden restliche Demontgearbeiten der Infrastruktur sowie Dekomaßnahmen im Reaktor- und den Hilfsanlagegebäuden durchgeführt sowie die für den Rückbau erforderlichen infrastrukturellen Ersatzmaßnahmen umgesetzt.

In einzelnen Gebäuden werden die Freimessarbeiten sowie der konventionelle Abriss insbesondere des Beckenhauses fortgesetzt.

### 4. Erfindungen, Verbesserungen, Schutzrechte, Berichte, Veröffentlichungen, Internationales

Erwin Prechtel, Beata Eisenmann, Joachim Fleisch, Manfred Urban, Werner Süßdorf/WAK GmbH: „Experience in Remote Demolition of the Activated Biological Shielding of the Multi-Purpose Research Reactor (MZFR) on the German Karlsruhe Site“, Waste Management Conference, Februar/März 2012, Phoenix, Arizona, USA

### 5. Kosten

Kosten bisher (von 1985 bis 12/2011):	304,9 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum (01.01.-31.12.2012):	18,5 Mio. €
Zukünftige Kosten:	* 27,5 Mio. €
Geldgeber:	Bund 100 %

\* Ausgangsbasis FZK, nicht aktualisiert, überarbeitete Projektkostenschätzung 2013

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Rückbau- und Entsorgungsgesellschaft mbH, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Stilllegung und Rückbau der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (StiWAK)	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 1991 bis 2023 (2035)	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2012 bis 31.12.2012
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 2.631 Mio. €	<b>Projektleiter:</b> Dr. J. Dux

### 1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Die Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK) wurde von 1967 bis 1971 als Pilotanlage zur Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente auf dem Gelände des Forschungszentrums Karlsruhe errichtet und von der heutigen WAK Rückbau- und Entsorgungsgesellschaft mbH im Auftrag des Forschungszentrums Karlsruhe betrieben. Die WAK wurde nach 20-jähriger Aufarbeitungsphase Mitte 1991 außer Betrieb genommen. In dieser Zeit waren 208 t Kernbrennstoffe bis zu einem maximalen Abbrand von 40 GWd/tU wiederaufgearbeitet worden.

Seit Mitte 1991 läuft das Projekt „Stilllegung und Rückbau der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (StiWAK). Die WAK GmbH hat bis Ende 2005 im Auftrag des Forschungszentrums Karlsruhe den Restbetrieb der Anlagen einschließlich der Lagerung der hochradioaktiven Spaltproduktlösung (HAWC) sowie die Stilllegung und den Rückbau aller Einrichtungen und Anlagenteile auf dem WAK-Gelände durchgeführt. Das Forschungszentrum hat bis Ende 2005 die Errichtung der Verglasungseinrichtung Karlsruhe (VEK) abgewickelt.

Für die weitere Abwicklung des Gesamtprojektes Stilllegung und Rückbau WAK einschließlich der Errichtung und des Betriebes der VEK ist seit dem 01.01.2006 die WAK Rückbau- und Entsorgungsgesellschaft mbH allein verantwortlich; hierzu wurden die genehmigungs-, vermögens- und zuwendungsrechtlichen Voraussetzungen geschaffen. Als Tochter des Bundesunternehmens EWN GmbH ist die WAK GmbH heute institutioneller Zuwendungsempfänger.

Der Rückbau der WAK erfolgt in sechs technisch abgegrenzten Schritten:

1. Außerbetriebnahme funktionsloser Systeme im Prozessgebäude: Dieser Schritt ist abgeschlossen.
2. Demontage von Prozesssystemen ohne Fernhantierung, Außerbetriebnahme und Abbau bereits stillgelegter Anlagenteile im Prozessgebäude: Dieser Schritt ist abgeschlossen.
3. Stufenweiser Rückbau aller Einrichtungen im Prozessgebäude unabhängig von der HAWC-Lagerung und HAWC-Entsorgung: Alle Anlagenteile sind ausgebaut. Die Dekontamination der Gebäude-Innenstruktur läuft.
4. Deregulierung von LAVA/HWL und der VEK nach HAWC-Entsorgung: Durch die Außerbetriebnahme von Anlagenteilen und die Anpassung des Betriebshandbuchs sollen die betrieblichen Aktivitäten auf das Niveau eines reinen Rückbauprojektes reduziert werden: Dieser Schritt ist in der Ausführung.
5. Stufenweiser Rückbau von LAVA/HWL und VEK: Dies erfolgt in 10 Rückbaubereichen (RB), die jeweils einzeln zu genehmigen sind:
  - RB 5.1: Die Errichtung des HWL-Anbaus Süd ist abgeschlossen.
  - RB 5.2: Der Rückbau der MAW-Behälter und sonstiger Einrichtungen im HWL Raum 6 ist abgeschlossen.
  - RB 5.3: Die Außerbetriebnahmen und die Umschlussmaßnahmen im HWL sind abgeschlossen, die Vorbereitungsarbeiten zur Demontage der HAWC-Lagerbehälter sind angelaufen.
  - RB 5.4: Die Demontage des HA-Labors konnte abgeschlossen werden, die Montage der notwendigen Neueinrichtungen laufen.
  - RB 5.8: Die Planungen zum fernhantierten Rückbau der VEK wurden fortgeführt.
  - RB 5.9: Für erste vorgezogene Maßnahmen wurde ein Genehmigungsantrag gestellt.
6. Konventioneller Abriss der Gebäude und Rekultivierung des Geländes.

Vor der Durchführung der Schritte 4, 5 und 6 wurden ca. 60 m<sup>3</sup> HAWC ( $9 \cdot 10^{17}$  Bq  $\beta$ -,  $\gamma$ -Strahler und  $8 \cdot 10^{15}$  Bq  $\alpha$ -Strahler) in 2009/2010 in der VEK erfolgreich verglast. 2011 wurden die Glaskokillen im Zwischenlager der EWN GmbH bei Lubmin eingelagert.

## 2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Auf Grund der nach VEK-Betrieb in der Anlage verbliebenen Spülflüssigkeit (ca. 3 m<sup>3</sup> mit einer Gesamtaktivität von ca. 1\*10<sup>16</sup> Bq) wurden die Einrichtungen zur Leckage Beherrschung (Füllstands- und Temperaturüberwachung, Fördereinrichtungen etc.) bis zur Eintrocknung der Flüssigkeiten im Dezember 2012 weiter betrieben. Der Restbetrieb des Prozessgebäudes und der Lagereinrichtungen wurde bestimmungsgemäß geführt.

Die Demontage- und Dekontaminationsarbeiten in den Prozesszellen des Prozessgebäudes (Schritt 3) wurden planmäßig fortgeführt. Es wurden ca. 246 Mg Demontagemassen ausgebracht und an ca. 1.774 m<sup>2</sup> Kontaminationen der Gebäudestrukturen abgetragen.

Im Zuge der Deregulierung (Schritt 4) wurde der Restbetrieb der LAVA auf den notwendigen Stilllegungsbetrieb weiter reduziert. Die Außerbetriebnahme nicht mehr erforderlicher betrieblicher Einrichtungen der Medien- und Energieversorgung sowie der Überwachungseinrichtungen wurden fortgesetzt. Die wesentlichen Außerbetriebnahmen und Demontagemassnahmen in der LAVA und der VEK wurden weitgehend abgeschlossen.

Im Schritt 5 wurden die geplanten Demontage- und Dekontaminationsarbeiten im HA-Labor sowie den angrenzenden Räumen erfolgreich abgeschlossen. Mit der Montage der Neueinrichtungen für die fernhantierte Demontage der Einrichtungen in den LAVA-Zellen wurde begonnen. Die Erstellung von Antragsunterlagen zum fernhantierten Rückbau der VEK wurde fortgeführt. Der Genehmigungsantrag für vorgezogene manuelle Demontagen in der VEK (RB 5.9a) wurde bei der Genehmigungsbehörde eingereicht.

## 3. Geplante Weiterarbeit

Schritt 3: Fortführen der Demontearbeiten in Zellen und Räumen. Fortführung radiologischer Messungen und Dekontaminationsarbeiten.

Schritt 4: Abschluss der Deregulierungsmaßnahmen.

Schritt 5: RB 5.3: Abschluss der vorbereitenden Maßnahmen zur Demontage der HAWC-Lagerbehälter und Herstellung des Wanddurchbruches zu ersten HAWC-Behältern.

RB 5.4: Abschluss der Montagen und Inbetriebsetzung von Neueinrichtungen für die fernhantierte Demontage der Zelleneinrichtungen.

RB 5.8: Fortführung der Genehmigungsplanung für den fernhantierten Rückbau der VEK.

RB 5.9a: Erteilung der Genehmigung und Beginn der vorgezogenen manuellen Demontagen in der VEK.

## 4. Erfindungen, Verbesserungen, Schutzrechte, Berichte, Veröffentlichungen, Internationales

Joachim Dux, Joachim Fleisch, Bernhard Latzko, Norbert Rohleder/WAK GmbH: „Plant Decontamination as a Precondition of the Remote Dismantling Concept of the Karlsruhe Vitrification Plant VEK“, Waste Management Conference, Februar/März 2012, Phoenix, Arizona, USA

Holger Tietze-Jaensch, Stephan Schneider, Dirk Bosbach, Yuliya Aksyutina, Forschungszentrum Jülich GmbH; Rene Gauthier, Alexander Eissler/WAK GmbH: „Principles of Product Quality Control of German Radioactive Waste Forms from Reprocessing of Spent Fuel: Vitrification, Compaction & Numerical Simulation“, Waste Management Conference, Februar/März 2012, Phoenix, Arizona, USA

Joachim Dux/WAK GmbH: „Projekt StiWAK: Rückbau der Wiederaufarbeitungsanlage – Eine Bestandsaufnahme“, 84. Sitzung des Arbeitskreises „HAW-Produkte“, 29. März 2012

Joachim Dux/WAK GmbH: „Anpassung der Lüftungstechnik beim Rückbau einer Anlage des Kernbrennstoffkreislaufes - Konkrete Beispiele“, Kompetenzseminar „Lüftungstechnische Anlagen im kerntechnischen Bereich“, 03./04. Mai 2012, Aachen

Joachim Dux/WAK GmbH: „Decommissioning and Dismantling of the Karlsruhe Prototype Spent Fuel Reprocessing Facility (WAK) – Status of the Project“, 12<sup>th</sup> Meeting of the WANO FBR Group, Juni 2012, Eggenstein-Leopoldshafen

S. Pölz, H. Geckeis, Karlsruher Institut für Technologie (KIT); M. Urban/WAK GmbH: „Numerische Effizienzkalibrierung von Teilkörperzählern mit Hilfe von Anthropomorphen Phantomen“, Jahrestagung Kerntechnik, 22. – 24. Mai, Stuttgart

## 5. Kosten

Kosten bisher (von 07/1991 bis 12/2011):	1.711,7 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum (01.01.-31.12.2012):	41,2 Mio. €
Zukünftige Kosten (PKS 2007):	878,1 Mio. €
Geldgeber:	Bund, Land, Industrie



## **1.4 THTR 300**

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Hochtemperatur-Kernkraftwerk GmbH, Siegenbeckstraße 10, 59071 Hamm	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Geordnete Restabwicklung des Projektes THTR 300	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 1997 bis 2009 Fortführung gemäß Rahmenvertrag	<b>Berichtszeitraum:</b> <i>Jahresbericht 2012</i>
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 94,5 Mio. €	<b>Projektleiter:</b> Dr. G. Dietrich

## 1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Die Anlage THTR 300 war als Prototyp für Kernkraftwerke mit Kugelhaufen-Hochtemperaturreaktor errichtet worden. Sie war ein mit Helium gekühlter grafitmoderierter Reaktor mit kugelförmigen keramischen Betriebselementen. Es handelte sich um eine Zweikreisanlage, bestehend aus einem Helium-Primärkühlkreislauf mit nach geschaltetem Wasserdampfkreislauf und trockener Rückkühlung. Zum 1. September 1989 wurde der Beschluss zur Stilllegung der Anlage und Überführung in den sicheren Einschluss gefasst. In der Zeit von September 1989 bis September 1997 wurden das Genehmigungsverfahren zur Stilllegung, die Reaktorkernentladung und die Herstellung des sicheren Einschlusses durchgeführt. Zum 01.10.1997 wurde der Erhaltungsbetrieb der sicher eingeschlossenen Anlage THTR 300 aufgenommen.

Die sicher eingeschlossene Anlage THTR 300 besteht noch aus den Gebäuden

- Reaktorhalle
- Reaktorbetriebsgebäude
- Reaktorhilfsgebäude

mit den darin vorhandenen Anlagenteilen sowie

- dem Meldepult, aufgestellt beim Hauptpfortner des benachbarten Kraftwerkes Westfalen der RWE Power AG
- den Übertragungswegen für leittechnische Signale von den Gebäuden der sicher eingeschlossenen Anlage zum Meldepult
- der Tiefendrainage im Erdreich, außen um die Gebäude verlegt
- dem temporär einzurichtenden Umladebereich außerhalb der Gebäude für die Umladung von Transport- und Lagerbehältern.

Alle übrigen baulichen Anlagen und Anlagenteile des Kernkraftwerkes THTR 300 wie das Maschinenhaus, das Elektroanlagengebäude, die Notstromdieselanlage, die Trafoanlagen, die Zellenkühltürme, die über- und unterirdischen Verbindungen u. s. w. wurden aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes entlassen.

Die Brennelemente sind aus der Anlage THTR 300 abtransportiert worden. Lediglich innerhalb des Spannbetonreaktordruckbehälters befindet sich noch ein durch Entladung technisch nicht entfernbarer Rest von < 2,5 kg.

Es bestehen keine Anforderungen mehr auf Grund der nuklearen Sicherheit, des Reaktorbetriebes oder des Umganges mit Kernbrennstoffen. Alle während des Leistungsversuchsbetriebes druck- und aktivitätsführenden Anlagenteile sind drucklos, kalt und dauerhaft verschlossen, so dass auf Grund von betriebs- oder verfahrenstechnischen Bedingungen praktisch keine



Möglichkeit mehr für eine Freisetzung radioaktiver Stoffe besteht. Da der Reaktorkern leer ist und die Brennelemente vom Standort entfernt sind, ist insbesondere Kritikalität ausgeschlossen. Die Rückhaltung radioaktiver Stoffe geschieht weitgehend passiv als sicherer Einschluss. Auch sind keine Sofortmaßnahmen mehr erforderlich, um die Rückhaltung radioaktiver Stoffe in der Anlage sicherzustellen.

Die Dauer des sicheren Einschlusses ist genehmigungsseitig nicht befristet. Im Jahr 2017 ist die Behörde zu unterrichten ob der sichere Einschluss fortgesetzt wird oder die sicher eingeschlossene Anlage THTR 300 endgültig beseitigt werden soll.

Im Erhaltungsbetrieb werden Einrichtungen betrieben, die der Erhaltung und Überwachung des sicheren Einschlusses dienen. Er umfasst ständige und nichtständige Tätigkeiten und Maßnahmen.

Ständige Tätigkeiten oder Maßnahmen sind:

- die Unterdruckhaltung im ständigen Kontrollbereich
- die Trocknung der Luft im ständigen Kontrollbereich, so dass unzulässige Korrosionsschäden an den Anlagenteilen des sicheren Einschlusses vermieden werden
- die Überwachung der Fortluft im Zusammenhang mit der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft
- die Haltung des Schichtenwasserniveaus
- die Überwachung des Betriebes von Einrichtungen.

Nichtständige Tätigkeiten oder Maßnahmen sind:

- die Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen
- der Abbau von Anlagenteilen
- die Rücknahme von radioaktiven Abfällen, die aus der Anlage THTR 300 stammen
- die Lagerung von verpackten radioaktiven bearbeiteten und nicht bearbeiteten Abfällen oder Anlagenteilen, die aus der Anlage THTR 300 stammen
- die Umladung von Transport- und Lagerbehälter
- die Kontrolle des gesammelten Abwassers und seine Abgabe.

Für diese Tätigkeiten sind gegebenenfalls Zustimmungen der Aufsichtsbehörde oder eventuell separate Genehmigungen einzuholen.

## **2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum**

Das Berichtsjahr 2012 ist für die sicher eingeschlossene Anlage THTR 300:

- das 23. Jahr nach der Abschaltung
- das 17. Jahr nach der Beendigung der Entladung des Reaktorkerns
- das 15. Jahr des sicheren Einschlusses.

Die Verfügbarkeit der lufttechnischen Anlagen und der Fortluftbilanzierungseinrichtungen, für die eine Mindestverfügbarkeit mit der Genehmigung für den Erhaltungsbetrieb vorgegeben wurden, liegen weit über den geforderten Mindestwerten. Mit der Durchführung des Erhaltungsbetriebes sind zwei festgestellte technische Mitarbeiter der HKG betraut.

Im Berichtsjahr 2012 war kein meldepflichtiges Ereignis zu verzeichnen.

2012 fiel in der sicher eingeschlossenen Anlage kein zu entsorgendes Abwasser an und somit trat auch keine Aktivitätsabgabe in die Umgebung über diesen Pfad auf.

Die Aktivitätsableitungen mit der Fortluft sind im Vergleich mit dem Vorjahr praktisch konstant. Die genehmigten Ableitungsgrenzwerte wurden weit unterschritten.

Eine Belastung der Umgebung durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus der sicher eingeschlossenen Anlage THTR 300 fand – wie auch in den Vorjahren – praktisch nicht statt. Die Messergebnisse weisen für Aerosole und C14 Werte unter der Nachweisgrenze aus. Lediglich H3 liegt mit 0,01 % des genehmigten Ableitungsgrenzwertes über der Nachweisgrenze.

Die verkehrsrechtliche Zulassung der Transport- und Lagerbehältern CASTOR THTR/AVR gilt bis 2017.

Die Planungen und Maßnahmen der HKG für die Entsorgung der abgebrannten THTR-Brennelemente sind weiterhin darauf ausgerichtet, diese nach der Zwischenlagerung im Transportbehälterlager Ahaus in einem von der Bundesrepublik Deutschland zu errichtenden Endlager zu deponieren.

Als Endlager war hierfür bislang der Salzstock Gorleben vorgesehen. Die für die Zwischenlagerung genutzten CASTOR-Behälter wurden in einer Studie des Forschungszentrums Jülich auf ihre Eignung für die Direkte Endlagerung untersucht. Sie sind als Alternative zum Referenzkonzept zur Einlagerung in POLLUX-Behältern oder in Gussfässern geeignet.

Für die Endlagerung vieler der in und beim Rückbau der Anlage THTR 300 anfallenden radioaktiven Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung kommt die ehemalige Eisenerzgrube Konrad in Betracht. Es wird offiziell derzeit von einer Inbetriebnahme nicht vor 2019 ausgegangen.

Für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung stehen der HKG ausreichende Kapazitäten im internen Lager des THTR 300 sowie im Abfalllager Gorleben zur Verfügung.

### **3. Geplante Weiterarbeit**

Der Erhaltungsbetrieb der sicher eingeschlossenen Anlage wird weitergeführt. Teile des Geländes werden für eine anderweitige konventionelle Nutzung vorgesehen, sofern diese Aktivitäten rückwirkungsfrei auf die sicher eingeschlossene Anlage sind.

### **4. Erfindungen, Verbesserungen, Schutzrechte, Berichte, Veröffentlichungen, Internationales**

Keine.

### **5. Kosten**

Restmittel für die Projektlaufzeit:	40 Mio. €
Geldgeber:	Bund, Land NRW, Gesellschafter der HKG

## **1.5 MAREN**

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Helmholtz-Zentrum Geesthacht GmbH, Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH, Max-Planck-Str. 1, 21502 Geesthacht	
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Stilllegung und Abbau FRG 1+2 und Heißes Labor Entsorgung radioaktiver Reststoffe (Projekt MAREN)	
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 2002 bis 2019	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2012 bis 31.12.2012
<b>Gesamtkosten des Vorhabens:</b> 93,1 Mio. €	<b>Projektleiter:</b> N. Stehr

## 1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH (HZG), vormals GKSS Forschungszentrum GmbH, ist Betreiber des Forschungsreaktors FRG-1, des Bereiches „Heißes Labor“ (HL) sowie der Landessammelstelle für die Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle. Nach planmäßiger Beendigung des FRG-1- Leistungsbetriebs am 28. Juni 2010 erfolgte der Übergang in die Nachbetriebsphase. Das Stilllegungskonzept sieht einen vollständigen Abbau der Anlagen einschließlich der Teile des stillgelegten Forschungsreaktors FRG-2 vor.

In der Zuständigkeit des HZG befinden sich außerdem die in Zwischenlagerung befindlichen radioaktiven Komponenten des stillgelegten Kernenergieforschungsschiffes NS Otto Hahn (OH). Im Projekt werden kurzfristig notwendige Maßnahmen, die dringlich und zur Aufrechterhaltung der nuklearen Sicherheit am Standort erforderlich sind, abgewickelt. Die aus dem Betrieb der kerntechnischen Anlagen angefallenen und anfallenden radioaktiven Reststoffe und Abfälle unterliegen im Rahmen des Projektes der Sammlung, Bilanzierung, Konditionierung und Zwischenlagerung bis zur späteren Entsorgung in ein Endlager. Dies trägt dazu bei, die gesetzlichen Vorgaben zur Verwertung radioaktiver Reststoffe und Beseitigung radioaktiver Abfälle zu erfüllen.

Das Projekt MAREN gliedert sich in folgende Teilprojekte:

- Stilllegung und Abbau FRG 1 + 2  
Vorbereitung, Demontage, Konditionierung und Überführung in ein Bundesendlager
- Stilllegung und Abbau Heißes Labor (HL)  
Vorbereitung, Demontage, Konditionierung und Überführung in ein Bundesendlager
- Management und Entsorgung von Altlasten aus dem Betrieb FRG-1 und FRG-1 sowie der Wiederaufarbeitung (WA) bestrahlter Versuchsbrennstäbe der Otto Hahn, Konditionierung der aus der WA anfallenden Abfälle, Zwischenlagerung der Abfälle, Überführung in ein Bundesendlager
- Betrieb und Stilllegung Bereitstellungshalle, HAKONA und Landessammelstelle  
Vorbereitung, Konditionierung und Überführung in ein Bundesendlager
- Projektleitung und Administration

## 2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Während des Berichtszeitraumes wurden folgende Arbeiten mit Priorität abgewickelt:

- Durchführung FRG- Brennelemente- Transport 2012 zum US-DOE,
- Konditionierung LAW: Bearbeitung einer weiteren Charge bei WAK, Dokumentation,
- FRG-MAW Reflektoren, Steuerstäbe: Charakterisierung, Ertüchtigungsmaßnahmen Anlagen,

- Vorplanung und Erstellung von Unterlagen: Ausschreibung und Auftragsvergabe einer Konzept- und Entwurfsplanung für Abbau und Entsorgung des OH-RDB,
- Vorplanung und Erstellen Unterlagen: Erstellung von Unterlagen für die Stilllegungs- und Abbaugenehmigung, sicherheitstechnische Bewertungen,
- Betriebsabwässer: Abtransport betrieblicher Abwässer zur Konditionierung bei FZJ,
- Vorbereitung Abbau: Modernisierung der Alarm und Kontrolleinrichtungen für die kerntechnischen Bereiche im Hinblick auf zu erwartende behördliche Auflagen, Ertüchtigung, Beschaffung und Modernisierung Messeinrichtungen, Materialbehandlung, Dekontbeschichtungsarbeiten,
- Demontearbeiten: Verpackung und Transport der Experimentiereinrichtungen PNR, POLDI und SANS-2 nach St. Petersburg / Gatchina,
- Vorbereitung und Durchführung von Veranstaltungen der Reihe „HZG im Dialog“ mit aktuellen Themen zur Stilllegung und zum Abbau des abgeschalteten Forschungsreaktors,
- Betrieb und Lagerung der FRG- und OH-Abfälle: Notwendige Wartungs- und Infrastrukturmaßnahmen inkl. Sachverständigentätigkeit (Wartung / Instandhaltung / Modernisierung / Optimierung) der Lagerbereiche,
- Nach Beendigung von Asbestsanierungsarbeiten wurde der Abriss des Gebäudeanbaus Schaltwarte durchgeführt.

### 3. Geplante Weiterarbeit

- Konditionierung LAW: Verbrennung, Einschmelzung und HD-Verpressung von FRG- und OH-Abfällen, Rückführung abgefertigter Gebinde, Dokumentation,
- Vorplanung und Erstellung von Unterlagen: Einreichung der Antragsunterlagen für Stilllegung und Abbau, Sachverständigentätigkeit und Koordination,
- Vorbereitungen zur Konditionierung mittelradioaktiver Abfälle,
- Demontearbeiten: Abbau sowie Verpackung und Transport weiterer Beamlines,
- Vorplanung und Erstellung von Unterlagen: Vorlage Konzept- und Entwurfsplanung für Abbau und Entsorgung des OH-RDB,
- Vorbereitung Stilllegung und Abbau: Kosten- und Prozessplanung, Ertüchtigung und Modernisierung Messeinrichtungen, Materialbehandlung und Infrastruktur,
- Betrieb und Lagerung der FRG- und OH-Abfälle: Bauliche Maßnahmen: Bereitstellung erforderlicher Infrastrukturmaßnahmen, Gewährleistung der sicheren Lagerung.

### 4. Erfindungen, Verbesserungen, Schutzrechte, Berichte, Veröffentlichungen, Internationales

Keine.

### 5. Kosten

Kosten bisher (von 2002 bis 06/2012):	42,5 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	5,4 Mio. €
Zukünftige Kosten:	45,2 Mio. €
Geldgeber:	Bund 90 %, Länder 10 %



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

### 2.1 Fördervorhaben

<b>02 S 8538</b>	Verbundprojekt: Maßnahmen zur Strahlenschutzvorsorge radioaktiv belasteter Großflächen durch Sanierung mittels Phytoremediation und anschließender Verwertung der belasteten Pflanzenreststoffe (PHYTOREST)	<b>TU Dresden</b>	📖 28
<b>02 S 8588</b>	Handhabungs- und Transportkonzepte zur Entsorgung radioaktiver Reststoffe aus Stilllegung und Rückbau: Entwicklung rechnerischer Analysemethoden für stoßdämpfende Strukturen beim Anprall oder Absturz von Abfallgebinden (ENREA)	<b>Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin</b>	📖 30
<b>02 S 8598</b>	Qualifikation und Erprobung von stoßdämpfenden Strukturen und Materialien zur Optimierung/Reduzierung der Beanspruchung von Verpackungen zur Entsorgung radioaktiver Reststoffe aus Stilllegung und Rückbau (QUEST)	<b>WTI Wissenschaftlich-Technische Ingenieurberatung GmbH, Jülich</b>	📖 32
<b>02 S 8608</b>	ASTU Automatische Seilsägetechnologie für Unterwasserdemontage	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 34
<b>02 S 8649</b>	Verbundprojekt: Innovativer Abbruch massiger Stahlbetonstrukturen (INAS)	<b>HERRENKNECHT AG, Schwanau</b>	📖 36
<b>02 S 8659</b>	Verbundprojekt: Innovativer Abbruch massiger Stahlbetonstrukturen (INAS)	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 38
<b>02 S 8669</b>	Nutzung von Bremsstrahlungsinformationen für die zerstörungsfreie Charakterisierung radioaktiver Abfälle	<b>TU München</b>	📖 40
<b>02 S 8689</b>	TENORM-Sanierung im Spannungsfeld zwischen Experteneinschätzungen und Alltagswahrnehmung - TESSA	<b>Leibniz Universität Hannover</b>	📖 42
<b>02 S 8699</b>	Innovative Lichtbogenverfahren für die Stilllegung und den Rückbau kerntechnischer Anlagen - Hot-Wire-Plasmaschneiden und Lichtbogen-Sauerstoff-Impulsschneiden (Inno-Cut)	<b>Leibniz Universität Hannover</b>	📖 44

<b>02 S 8709</b>	Verbundprojekt: Ablation kontaminierter Oberflächen zementgebundener Bauteile beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (MACOS)	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 46
<b>02 S 8719</b>	Verbundprojekt: Ablation kontaminierter Oberflächen zementgebundener Bauteile beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (MACOS)	<b>Sondervermögen Großforschung beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 48
<b>02 S 8720</b>	Verbundprojekt: Qualifizierung thermisch gespritzter Korrosionsschutzschichten für dickwandige Behälterkomponenten (QUAKOS)	<b>Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Krefeld</b>	📖 50
<b>02 S 8730</b>	Verbundprojekt: Qualifizierung thermisch gespritzter Korrosionsschutzschichten für dickwandige Behälterkomponenten (QUAKOS)	<b>Leibniz Universität Hannover</b>	📖 52
<b>02 S 8750</b>	Verbundprojekt Schneidladung: Schneidladung als Zerlegeverfahren beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen und Qualifizierung im kerntechnischen Umfeld	<b>Leibniz Universität Hannover</b>	📖 54
<b>02 S 8760</b>	Verbundprojekt Schneidladung: Schneidladung als Zerlegeverfahren beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen und Qualifizierung im kerntechnischen Umfeld	<b>Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mit beschränkter Haftung, Ottobrunn</b>	📖 56
<b>02 S 8770</b>	Verbundprojekt AKOF: Optimierung der verfahrenstechnischen Kette „Abtrag kontaminierter Flächen“ unter dem Aspekt Maximierung der Abtragsleistung	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 58
<b>02 S 8780</b>	Verbundprojekt AKOF: Optimierung der verfahrenstechnischen Kette „Abtrag kontaminierter Flächen“ unter dem Aspekt Maximierung der Abtragsleistung	<b>EnBW Energie Baden-Württemberg AG, Karlsruhe</b>	📖 60
<b>02 S 8790</b>	Entsorgung von bestrahltem Graphit	<b>Forschungszentrum Jülich GmbH</b>	📖 62
<b>02 S 8801</b>	Elektrochemische Verfahrensentwicklung zur Reinigung von organischen, C-14-belasteten Abfall- und Reststofflösungen	<b>Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e.V., Dresden</b>	📖 64
<b>02 S 8821</b>	Überwachungssystem mit integrierter Messsensorik für radioaktiv belastete Eisen- und Nichteisenschrotte (MEREN)	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 66
<b>02 S 8831</b>	Überwachungssystem mit integrierter Messsensorik für radioaktiv belastete Eisen- und Nichteisenschrotte (MEREN)	<b>Schrott-Wetzel GmbH, Mannheim</b>	📖 68
<b>02 S 8841</b>	Überwachungssystem mit integrierter Messsensorik für radioaktiv belastete Eisen- und Nichteisenschrotte (MEREN)	<b>Dr.-Ing. Uwe Görisch GmbH, Karlsruhe</b>	📖 70
<b>02 S 8851</b>	Internationale Rückbautechniken und Managementmethoden für kerntechnische Anlagen – Eine wissenschaftliche Analyse des internationalen Standes der Technik (IRMKA)	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 72



<b>02 S 8861</b>	Neuartige Entsorgungswege für Abrasivmittel aus der Wasserstrahl-Schneidtechnik	<b>AREVA NP GmbH, Erlangen</b>	📖 74
<b>02 S 8871</b>	Neuartige Entsorgungswege für Abrasivmittel aus der Wasserstrahl-Schneidtechnik	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 76
<b>02 S 8881</b>	Manipulatorgesteuertes Freimessen von Oberflächen	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 78
<b>02 S 8891</b>	Untersuchungen zum emissionsarmen Abtrag von Lackschichten mittels Laserstrahlung (LaColor)	<b>TU Dresden</b>	📖 80
<b>02 S 8901</b>	Untersuchungen zum emissionsarmen Abtrag von Lackschichten mittels Laserstrahlung (LaColor)	<b>TU Bergakademie Freiberg</b>	📖 82
<b>02 S 8911</b>	Aufbau eines Simulationsmodells zur Qualifizierung eines neuen Vibrationsverfahrens für Dekontamination von Rohrleitungen	<b>SAT Kerntechnik GmbH, Worms</b>	📖 84
<b>02 S 8921</b>	Aufbau eines Simulationsmodells zur Qualifizierung eines neuen Vibrationsverfahrens für Dekontamination von Rohrleitungen	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 86
<b>02 S 9001</b>	Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung des Nuklidinventars in bituminierten Abfallgebinden	<b>TU München</b>	📖 88
<b>02 S 9012A</b>	Erhebung von Nuklidvektoren in komplexen radiochemischen Laboren mit Unterstützung durch ein Programm zur Gebäudefreigabe (RaChaG)	<b>Brenk Systemplanung GmbH, Aachen</b>	📖 90
<b>02 S 9012B</b>	Erhebung von Nuklidvektoren in komplexen radiochemischen Laboren mit Unterstützung durch ein Programm zur Gebäudefreigabe (RaChaG)	<b>TU München</b>	📖 92
<b>02 S 9022A</b>	Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging)	<b>Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen</b>	📖 94
<b>02 S 9022B</b>	Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging)	<b>Forschungszentrum Jülich GmbH</b>	📖 96
<b>02 S 9022C</b>	Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging)	<b>Siemens Aktiengesellschaft, München</b>	📖 98
<b>02 S 9032A</b>	Verbundprojekt: Zerlegung von Reaktorkomponenten aus Zirkalloy beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (ZIRKUSS)	<b>NUKEM Technologies GmbH</b>	📖 100
<b>02 S 9032B</b>	Verbundprojekt: Zerlegung von Reaktorkomponenten aus Zirkalloy beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (ZIRKUSS)	<b>Leibniz Universität Hannover</b>	📖 102

<b>02 S 9042</b>	Rückbau von Forschungs- und Leistungsreaktoren Entwicklung eines automatisierten Verfahrens zur Berechnung der Aktivitätsverteilungen und Ortdosis- leistungen in kerntechnischen Anlagen am Beispiel des Forschungsreaktors FRJ-2 in Jülich	<b>Rheinisch- Westfälische Tech- nische Hochschule Aachen</b>	📖 104
<b>02 S 9052A</b>	Bestimmung und Validierung von nuklearen Daten von Actiniden zur zerstörungsfreien Spaltanalyse in Abfallproben durch prompt Gamma Neutronenaktivie- rungsanalyse (PGAA-Actinide)	<b>Forschungszentrum Jülich GmbH</b>	📖 106
<b>02 S 9052B</b>	Bestimmung und Validierung von nuklearen Daten von Actiniden zur zerstörungsfreien Spaltanalyse in Abfallproben durch prompt Gamma Neutronenaktivie- rungsanalyse (PGAA-Actinide)	<b>TU München</b>	📖 108
<b>02 S 9062</b>	Technische, wirtschaftliche, soziale und politische Fragen durch den Rückbau eines Kernkraftwerks auf regionaler und lokaler Ebene – Analyse aktueller Bei- spiele in Baden-Württemberg zur Erstellung eines Zukunftsmodells (FoRK)	<b>Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</b>	📖 110
<b>02 S 9072A</b>	Verbundprojekt: Automatisierte Zerlegung von Reak- tordruckbehältereinbauten mit Hilfe von Unterwasser- Robotertechnik (AZURo)	<b>AREVA NP GmbH, Erlangen</b>	📖 112
<b>02 S 9072B</b>	Verbundprojekt: Automatisierte Zerlegung von Reak- tordruckbehältereinbauten mit Hilfe von Unterwasser- Robotertechnik (AZURo)	<b>Fraunhofer- Gesellschaft zur Förderung der an- gewandten For- schung e. V., Mün- chen</b>	📖 114

## **2.2 Formalisierte Zwischenberichte**

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Technische Universität Dresden, Helmholtzstr. 10, 01069 Dresden		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 8538</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Maßnahmen zur Strahlenschutzvorsorge radioaktiv belasteter Großflächen durch Sanierung mittels Phytoremediation und anschließender Verwertung der belasteten Pflanzenreststoffe (PHYTOREST)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.05.2008 bis 30.11.2012	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2012 bis 30.11.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 744.363,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Werner	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im geplanten Vorhaben sollen sanfte, bioverträgliche Methoden für eine langfristige Sanierung von schwach oder moderat mit SM/R belasteten Großflächen zum Einsatz kommen. Weitere Ziele des geplanten Verbundvorhabens bestehen in einer stofflichen Bilanzierung der SM/R im System Boden-Grundwasser-Pflanze und der Untersuchung des Einflusses geochemischer Barrieren sowie der Findung von Wegen zur Verwertung der schadstoffbelasteten Pflanzenreste nach der Ernte. Als Lösungsansatz zur Verwertung des belasteten Pflanzenmaterials soll eine biotechnische Entfrachtung untersucht werden.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Grundlagenuntersuchungen der Entfrachtung von verschiedenem Pflanzenmaterial
- AP2: Analytik der Metalle in den Stoffströmen aus den Entfrachtungs- und Verwertungsversuchen
- AP3: Untersuchung verschiedener Prozessparameter der Entfrachtung
- AP4: Durchführung von Grundlagenversuchen zur Vergärung
- AP5: Orientierende Versuche zur Entfrachtung des Pflanzenmaterials im Reaktormaßstab
- AP6: Optimierung der Reaktorversuche zur Entfrachtung
- AP7: Entwicklung von Verfahrensvorschlägen

Das hier dargestellte Untersuchungsprogramm entspricht dem Programm, das in den Projektanträgen bereits ausführlich dargestellt wurde bzw. den Zeitplänen, die zum 01.08.2008 (nach Änderungen durch Kürzungen bei der Abfallwirtschaft) bzw. zum 18.10.2010, an den Projektträger eingereicht wurden.

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

*AP1: Pflanzenversuche auf dem Testfeld Gessenwiese*

Auswertung der Ergebnisse der Pflanzversuche auf dem Testfeld Gessenwiese (Abschluss der Arbeiten)

*AP2: Analytik der Metalle in den Pflanzen sowie in den Stoffströmen aus den Entfrachtungs- und Verwertungsversuchen*

- Weiterführung und Abschluss der Analytik des beladenen Pflanzenmaterials der letzten Ernten vom Testfeld Gessenwiese (Abschluss der Arbeiten)
- Weiterführung der analytischen Untersuchungen zur Bindung der SMR an das beladene Pflanzenmaterial sowie zu den Entfrachtungsversuchen

*AP3: Keim- und Pflanzenversuche in SMR-dotierten Böden bzw. in Testfeldeboden*

Beendigung der Auswertung der letzten Topfversuche mit Testfeldeboden (Abschluss der Arbeiten)

*AP4: Durchführung von Versuchen zur alkoholischen Gärung von SMR-belasteten Pflanzen*

Beendigung der Auswertung der letzten Gärversuche aus den Ernten der Testfeldversuche (Abschluss der Arbeiten)

*AP5: Untersuchung der Bindung der SMR an das beladene Pflanzenmaterial*

- Abschluss der Versuche mit dem Pflanzenmaterial aus den Testfeldversuchen sowie von deren Auswertung
- Weiterführung der Analytik aus den Versuchen mit Verwertungsrückständen (Aschen, Schlämme, Schlempen)

*AP6: Untersuchung verschiedener Prozessparameter der Entfrachtung*

- Analytische Untersuchungen der Ergebnisse aus den Entfrachtungsversuchen mit verschiedenen Säuren
- Untersuchung weiterer Prozessparameter der Entfrachtung, so mit ausgewählten Entfrachtungslösungen, mit verschiedenen Partikelgrößen, sowie bei verschiedenen Raumbelastungen
- Untersuchung des Einflusses der Durchmischung als wichtigen Parameter für eine spätere Reaktorauswahl

*AP7: Zusammenschrift der Ergebnisse in Form einer Promotionsarbeit*

- Zusammenfassung der Ergebnisse der zahlreichen durchgeführten Topf- und Feldversuche, sowie der Verwertungsversuche in Form einer Promotionsarbeit

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

Auswertung aller Versuche und Zusammenschrift des Forschungsberichtes an den Projektträger.

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

Gemeinsame Vorträge erfolgten zur Tagung „GeoHannover 2012“, zum Jenaer Sanierungskolloquium 2012, weitere Vorstellungen der Ergebnisse bei einem deutsch-tschechischen Treffen zur Phytoremediation, bei einem Treffen zur Sanierung von Bergbaualtlasten, sowie bei einem Treffen zur Grundwassersanierung.

- Erscheinen eines gemeinsamen wissenschaftlichen Beitrages in der internationalen Fachzeitschrift „Hydrometallurgy“ unter der Rubrik Remediation von Bergbaualtlasten.
- Geplante gemeinsame Vorstellung der Ergebnisse auf der „KONTEC 2013“ in Dresden sowie auf der „IBS 2013“ in Chile.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM), Unter den Eichen 87, 12205 Berlin		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8588</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Handhabungs- und Transportkonzepte zur Entsorgung radioaktiver Reststoffe aus Stilllegung und Rückbau: Entwicklung rechnerischer Analysemethoden für stoßdämpfende Strukturen beim Aufprall oder Absturz von Abfallgebinden (ENREA)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.10.2008 bis 30.09.2013	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 781.245,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr.-Ing. Völzke	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist die Bereitstellung verbesserter Werkzeuge für Beanspruchungs- und Sicherheitsanalysen an Behältern zur unfallsicheren Handhabung radioaktiver Stoffe bei Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen auf Grundlage der lastmindernden Wirkung von stoßdämpfenden Strukturen. Dazu werden maßgebende Werkstoffparameter für typische Stoßdämpferwerkstoffe bei verschiedenen Beanspruchungsgeschwindigkeiten und Temperaturen systematisch experimentell bestimmt. Mit diesen Daten werden Materialmodelle zur numerischen Analyse mittels der Finite Elemente (FE) - Methode entwickelt und implementiert, so dass die präzisere Bestimmung der Beanspruchungen der beteiligten Stoßpartner möglich wird. In zielgerichteten Bauteilversuchen werden schließlich Berechnungsergebnisse verifiziert. Durch die Bereitstellung einer breiten Palette belastbarer Werkstoffparameter sowie validierter Analysemethoden zur präziseren Bestimmung der Beanspruchungen von Behältern können Sicherheitsreserven präzisiert, Konstruktionen optimiert, Kosten gesenkt und Genehmigungs- und Zulassungsverfahren beschleunigt werden.

Eine Zusammenarbeit erfolgt mit der Fa. WTI - Wissenschaftlich-Technische Ingenieurberatung GmbH, Jülich als Zuwendungsempfänger des Forschungsvorhabens „Qualifikation und Erprobung von stoßdämpfenden Strukturen zur Optimierung/Reduzierung der Beanspruchung von Verpackungen zur Entsorgung radioaktiver Reststoffe aus Stilllegung und Rückbau (QUEST)“, Förderkennzeichen 02 S 8598.

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Drucklast-Verformungskennlinien bei konstanten Dehnraten an einem servohydraulischen Stoßprüfstand für Probenwürfel aus PU-Schaum, Dämpferbeton und Holz mit den Parametern Dehnrates, Temperatur, Probengröße und Werkstoffqualität mit und ohne Querdehnungsbehinderung. Vorversuche an Aluminiumquadern.
- AP2: Drucklast-Verformungskennlinien bei veränderlichen Dehnraten am geführten Fallprüfstand für Probenwürfel aus PU-Schaum, Polymerbeton und Holz mit den Parametern Kompressionsgrad, Temperatur, Probengröße und Werkstoffqualität. Vorversuche an Aluminiumquadern.
- AP3: Modellversuche am geführten Fallprüfstand der BAM oder im Freifall mit Dämpferbetonplatten unter Einwirkungen kugelförmiger, zylindrischer und kubischer Aufprallkörper.
- AP4: Begleitende FE – Berechnungen: Erstellung von FE-Strukturmodellen zur Voraus- und Nachberechnung der Versuche; Neu- bzw. Weiterentwicklung und Implementierung von Materialmodellen für FE-Systeme.

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Experimentelle Arbeiten / Datenauswertung:

- Koordination der Herstellung von 9 Proben (120x40x50 cm<sup>3</sup>) aus Dämpferbetonsteinen für Standard-Eindringversuche und Einrichtung des Versuchsaufbaus am Führungsfallprüfstand. Durchführung von Vorversuchen und Optimierung der Probeneinfassung.
- Erstellung der Versuchskonfiguration für den Großversuch: Betreuung des Einbaus einer Dämpferbetonplatte (240x240x50 cm<sup>3</sup>) in einem steifen Rahmen mit Grundplatte; Konstruktion und Fertigung des Rahmens; Instrumentierung des Fundaments und der Fallmasse. Handhabung der 22 t Fallmasse und Abwurf aus 5 m Höhe. Auswertung der Beschleunigungssensoren sowie der High-Speed-Punktverfolgung. Photogrammetrische Vermessung des Eindringbereiches.
- Abschluss der noch ausstehenden temperierten Stauchversuche an Holzproben (Phase II); Erreichen der Soll-Kompression von ca. 70 % für alle Probenorientierungen durch modulare Anpassung der Fallmasse bei konstanter Fallhöhe.

Materialmodellentwicklung und Nachrechnungen der Versuche:

- Erweiterung des bisherigen Materialmodells für Dämpferbeton um Schädigungsmechanismen. Anpassung der Parameter durch Simulation der vollflächigen Stauchversuche und Eindring-Vorversuche. Erstellung eines FE-Modells für den Großversuch und Ermittlung der Fallhöhe über die Soll-Deformation durch Vorausberechnungen.
- Entwicklung und Implementierung eines Materialmodells für Holz. Berücksichtigung mehrachsiger Spannungszustände, transversal isotroper Materialeigenschaften, Dehnrate, Temperatur. Validierung mit Ein-Elemente-Simulationen. Erste Rechnungen mit vorläufigen Materialdaten und realer Probengeometrie. Untersuchung von Modelleigenschaften (Dichteskalierung, Reibung, Elementierung, Dämpfung).

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- Abschluss der Versuchsphase III (Durchführung der Standard-Eindringversuche an insgesamt 18 Dämpferbetonplatten)
- Auswertung und Nachrechnung der Eindringversuche. Entwicklung eines geeigneten Algorithmus zur Optimierung der Parameter des Materialmodells für Dämpferbeton durch Simulation aller Stauch- und Eindringversuche
- Numerische und abschließende experimentelle Untersuchungen zur Erfassung weiterer Einflussfaktoren im Dämpferbetonmodell (Reibung, Steinfugen)
- Weiterführung und systematischer Abschluss der Simulation des Verhaltens von PU-Schaum. Erweiterung des Modells für unterschiedliche Schaumwerkstoffe und Temperaturen. Zusammenfassung und Gegenüberstellung aller experimentellen und numerischen Daten
- Datenimplementierung in das Materialmodell für Holz anhand der Stauchversuche aus Phasen I und II. Nachrechnung der Stauchversuche. Verifikation des Materialmodells insbesondere durch Nachrechnung von Schichtholzproben und Versuchen der Phase II. Abschließende Zusammenfassung der experimentellen und numerischen Ergebnisse einschließlich quantitativer Bewertung der erstellten Modelle
- Systematischer Vergleich der stoßdämpfenden Eigenschaften der drei Werkstoffe unter Berücksichtigung von Bauteilorientierung, Temperatur sowie Belastungsgeschwindigkeit und -höhe

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Germar Eisenacher, Robert Scheidemann, Martin Neumann, Bernhard Droste, Holger Völzke: Dynamic crushing characteristics of spruce wood under large deformations. Wood Science and Technology, DOI 10.1007/s00226-012-0508-5

<b>Zuwendungsempfänger:</b> WTI Wissenschaftlich-Technische Ingenieurberatung GmbH, Karl-Heinz-Beckurts-Str. 8, 52428 Jülich		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 8598</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Qualifikation und Erprobung von stoßdämpfenden Strukturen und Materialien zur Optimierung/Reduzierung der Beanspruchung von Verpackungen zur Entsorgung radioaktiver Reststoffe aus Stilllegung und Rückbau (QUEST)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.11.2008 bis 30.09.2013	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 689.449,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dipl.-Ing. Vallentin	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Bei der Auslegung von Verpackungen für radioaktive Reststoffe aus der Entsorgung sowie der Stilllegung und dem Rückbau von kerntechnischen Anlagen müssen Abstürze aus verschiedenen Höhen auf unterschiedliche Untergründe berücksichtigt werden. Zur Optimierung und Reduzierung der Beanspruchung in den Verpackungen soll zukünftig ein Nachweiskonzept etabliert werden, mit dem eine geschlossene dynamische Simulation des Aufpralls möglich ist.

Wesentliche Voraussetzung für die Anwendung dieser Methodik ist, dass die Eigenschaften der stoßdämpfenden Materialien bekannt und durch entsprechende numerische Formulierungen an die Berechnungsmethode adaptiert sind.

Ziel dieses Vorhabens ist es, entsprechende rechnerische Analysemethoden zu entwickeln.

Eine Zusammenarbeit erfolgt mit der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin als Zuwendungsempfänger für das Forschungsvorhaben ENREA (Förderkennzeichen 02 S 8588).

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Ermittlung von Last-Verformungskennlinien an Materialproben aus PU-Schaum, Holz und Dämpferbeton bei max. fünf konstanten Dehnraten (max. 3000 mm/s) und unterschiedlichen Temperaturen. Dabei werden die Last-Verformungskennlinien bei sowohl vollständiger Querdehnungsbehinderung, als auch ohne Querdehnungsbehinderung, aber auch der Einfluss der Probengröße gemessen und analysiert.
- AP2: Ermittlung von Last-Verformungskennlinien an Materialproben aus PU-Schaum, Holz und Dämpferbeton bei unterschiedlichen Temperaturen bei Belastung einem geführten Fallprüfstand. Dabei werden Last-Verformungskennlinien bei vollständiger Querdehnungsbehinderung durchgeführt und analysiert.  
Die Stoßlast wird abhängig vom Material und der vorgesehenen Verformungsgeschwindigkeit mit veränderlichen Massen und Abwurfhöhen durchgeführt.
- AP3: Durchführung von Eindringversuchen mit unterschiedlichen Probekörpern an plattenförmigen stoßdämpfenden Bauteilen aus Dämpferbeton.
- AP4: Parallel zu den experimentellen Untersuchungen werden Materialgesetze auf ihre Eignung zur Beschreibung des Werkstoffverhaltens analysiert. Für die Implementierung der ermittelten Werkstoffkennwerte in die identifizierten Materialgesetze werden die experimentellen Beobachtungen ausgewertet und zur Verifizierung verwendet.
- AP5: Erstellung des Abschlussberichtes.



### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Turnusgemäß hat am 20. November 2012 das 9. Projektgespräch stattgefunden. Die Aktivitäten der beteiligten Projektpartner wurden im Rahmen von Fachvorträgen in Anwesenheit des Projektträgers dargestellt und die weiteren Aktivitäten aufeinander abgestimmt.

In der zweiten Jahreshälfte 2012 wurde nach umfangreichen Vorbereitungen ein geeigneter Testbehälter als Fallmasse durch die GNS bereitgestellt. Diese Fallmasse mit mehr als 20 t Gesamtgewicht wurde bei einem Großversuch am 15. Oktober 2012 auf dem Fallversuchsstand der BAM in Berlin-Horstwalde erfolgreich eingesetzt. Mit der Fallmasse wurden der Absturz und die Eindringung eines Behälters in ein Dämpferbetonfundament aus einer Höhe von 5 m realitätsnah abgebildet. Die Messdaten wurden durch die BAM aufgenommen und werden den Projektpartnern für die Weiterverarbeitung bereitgestellt.

Die Untersuchungen mit dem geführten Fallprüfstand (2. Phase) wurden – bei variablen Fallhöhen und Fallmassen – mit den Proben aus PU-Schaum, Dämpferbeton und Holz zum Abschluss gebracht. Die Messdaten wurden durch die BAM aufgenommen und werden für die Weiterbearbeitung bereitgestellt. Nach der Auswertung der Messdaten aus den Versuchen mit dem hydraulisch gesteuerten Versuchsaufbau wurden Fließkurven und ein erster Satz von Parametern für PU-Schaum FR 3718 erstellt. Die Schar der Fließkurven berücksichtigt alle Temperaturen von  $-40\text{ °C}$  bis  $+90\text{ °C}$ . Zusätzlich wurde die Abhängigkeit des Materials von der Dehngeschwindigkeit in die Materialformulierung eingearbeitet. Weitere Überprüfungen des Materialverhaltens von PU-Schaum und der verschiedenen Möglichkeiten zur numerischen Simulation sind derzeit in der Bearbeitung.

Die benötigten Stahlbauteile zur Fertigung der Rahmen für die Verprobung von Dämpferbeton wurden in 2012 beschafft. Eine Reihe von Eindringversuchen mit zylindrischem und abgerundetem Dorn als Probekörper sind im Berichtszeitraum bereits durchgeführt worden.

Aufgrund der umfangreichen Vorbereitungen für den ursprünglich nicht geplanten Großversuch im Oktober 2012 und durch einen deutlich höheren Aufwand bei der Aufbereitung und Auswertung der Messdaten wurde die Laufzeit des Vorhabens in Abstimmung mit dem Projektträger bis zum 30. September 2013 kostenneutral verlängert.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- Aufbereitung der Versuchsergebnisse aus den abgeschlossenen Stauchversuchen der BAM .
- Auswertung der Datenbasis zur Erstellung von Materialparametern und Fließkurven für PU-Schaum und Dämpferbeton.
- Fortsetzung der Parameteridentifikation zur Anpassung von möglichen Materialformulierungen für die spätere dynamische Nachrechnung der Stauchversuche.
- Analyse der Messdaten aus den Versuchen mit Holzproben zur Festlegung einer Materialformulierung für die dynamischen Simulationen.
- Analyse aller Rohdaten für eine numerische Bearbeitung mit dem Ziel, umfangreiche und eingehende Simulationsrechnungen mit den Probenmaterialien durchzuführen.
- Sukzessive Nachrechnung aller dynamischen Stauchversuche durch FE-Simulationsmethoden.
- Verfeinerung der Vorgehensweise bei der Parameteridentifikation für die gefundenen Materialgesetze.
- Bewertung der gefundenen Parameter für die numerischen Simulationen.
- Erstellung des Abschlussberichtes.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

<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> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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

Es wurden weitere Versuchsreihen mit genauer Aufnahme des Eingriffswinkels an eckigen und runden Proben durchgeführt, um dessen Verlauf über die Zeit genauer zu erfassen. Es stellte sich heraus, dass der Verlauf des Eingriffswinkels über der Zeit relativ konstant gehalten wird. Dies spricht entgegen der Erwartung, dass bei großem Einfallswinkel sehr viel mehr abgetragen wird, als bei geringerem Eingriffswinkel. Es zeigt sich also, dass der Eingriffswinkel sich weniger signifikant auf den Trennprozess, bzw. auf die Trennzeit auswirkt. Zur Verifizierung werden weitere Versuchsreihen mit Winkelaufnahme durchgeführt.

#### Arbeitspaket 4: Modellerstellung

Es wurde begonnen aus den ermittelten Daten, die durch die Grundlagen- und speziellen Leistungsuntersuchungen gewonnen wurden, ein Modell zu erstellen, 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.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

#### Arbeitspaket 5: Strömungsuntersuchungen

Die Strömungsverhältnisse sollen innerhalb der Seilsägeföhrung und Schnittflächen sowie in deren Umgebung untersucht werden um Optimierungen vornehmen zu können.

#### Arbeitspaket 6: Korrosionsverhalten und Wasserchemie

Korrosionsverursachende Einschlüsse in den Schnittflächen sowie in deren Umgebung sollen untersucht werden, um Optimierungen vornehmen zu können.

Des Weiteren wird mit dem Bau einer Tauchseilsäge, wie es in Arbeitspaket 8 beschrieben wird, begonnen.

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

Es wurde ein Beitrag zur KONTEC 2011 veröffentlicht.

<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 31.12.2012	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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 zweiten Halbjahr 2012 lag der Fokus im Projekt INAS auf der Durchführung von Feldversuchen. Dazu wurde nach ersten Funktionstests im Labor (AP5) die Anlage auf das Versuchsgelände des TMB transportiert. Nach Applikation des Demonstrators an das Trägergerät (Bagger) sowie erfolgreicher Inbetriebnahme wurden in ersten Testreihen Versuche zum Abtrag von unbewehrtem Beton mittels der ausgewählten angeregten Hinterschneidtechnik durchgeführt. In weiteren Testreihen wurde anschließend der Abtrag von Stahlbeton durch die sondierte Frästechnologie erprobt. Hierbei wurde der für das Projekt INAS entwickelte Fräskopf eingesetzt.

Die prinzipielle Funktion der evaluierten Abtragsverfahren wurde bereits in den vorangegangenen Testreihen (AP2) bestätigt. Das Ziel in den AP5 und 6 war die Erprobung des neu entwickelten Abtragswerkzeuges an einem mobilen System, dem Demonstrator. Durch die modifizierte Systemsteifigkeit aufgrund der geänderten Geometrie, der Integration von Gelenken zur Schaffung erforderlicher Freiheitsgrade sowie die Fixierung des Demonstrators einzig durch das Trägergerät war mit einer Veränderung des Schneidverhaltens zu rechnen. Des Weiteren wurde erwartet, dass es durch die Ausarbeitung einer bis zu 30 cm tiefen Nut zu weiteren Beeinträchtigungen des Schneidverhaltens kommt. Die Auswirkungen waren zu ermitteln und negativ Einflüsse wenn möglich zu beheben.

Durch die weiteren Testreihen mit der angeregten Hinterschneidung in den AP5 und 6 konnte die Eignung dieser Technologie zum Abtrag von unbewehrtem Beton bestätigt werden. Es wurde eine hohe Abtragsleistung bei vertretbaren Reaktionskräften erzielt. Im Vergleich zu den vorangegangenen Grundlagenversuchen wurden dennoch Differenzen aufgrund der ungünstigeren Systemsteifigkeit festgestellt. So war der Einfluss der Werkzeuganregung durch zu großes Systemspiel geringer als erwartet. Weiterhin wirkte sich der höhere Betonverbund in tiefen Lagen ebenso wie eine nicht optimale Abraumförderung negativ auf die Abtragsleistung, respektive auf die Reaktionskräfte aus.

Beim Fräsprozess zum Abtrag von Stahlbeton ist es mit den heute zur Verfügung stehenden Fräsworkstoffen essentiell wichtig, die Schnittparameter (Spindeldrehzahl, Vorschub und Zustellung) auf die Betonzusammensetzung abzustimmen und über den gesamten Prozessverlauf konstant zu halten. Der Einfluss der Systemsteifigkeit wurde bei den durchgeführten Testreihen im AP6 besonders deutlich. Durch die Vielzahl der Gelenke im Demonstrator und Trägergerät ist eine ausreichende Sicherstellung der vorgenannten Parameter sowie der Schnittkantenposition schwer zu bewerkstelligen. Ein weiteres Problem stellt der Abrasivverschleiß der Wendeschneidplatten dar. Hier kann durch eine Variation der Schneidstoffzusammensetzung und eine Anpassung der Schneidkantengeometrie das Verschleißverhalten ggf. optimiert werden.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Die Projektlaufzeit endete einschließlich der Verlängerung zum 31.12.2012. Im Nachgang werden die Ergebnisse der Testreihen aus den AP5 und 6 ausgewertet und der Abschlussbericht geschrieben. Die Erkenntnisse und Ergebnisse aus dem Projekt INAS werden somit zur weiteren Verwendung dokumentiert.

### **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 31.12.2012	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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

AP5: Funktionstest des Prototyps im Labor (gemeinsam mit der Herrenknecht AG)  
Nach der Inbetriebnahme des Manipulators wurde die gesamte Funktionsfähigkeit im Labor überprüft. Grundlegende Probleme konnten dabei ausgeschlossen werden.

AP6: In-situ-Testreihe (gemeinsam mit der Herrenknecht AG)

Im zweiten Halbjahr 2012 lag der Fokus im Projekt INAS auf der Durchführung von Feldversuchen. Im Anschluss an das AP5 wurde die Anlage auf das Versuchsgelände des TMB transportiert. Nach Applikation des Demonstrators an das Trägergerät (Bagger) sowie erfolgreicher Inbetriebnahme wurden in ersten Testreihen Versuche zum Abtrag von unbewehrtem Beton mittels der angeregten Hinterschneidtechnik durchgeführt. In weiteren Testreihen wurde anschließend der Abtrag von Stahlbeton durch die sondierte Frästechnologie erprobt. Hierbei wurde der für das Projekt INAS entwickelte Fräskopf eingesetzt.

Die prinzipielle Funktion der evaluierten Abtragsverfahren wurde bereits in den vorangegangenen Testreihen (AP2) bestätigt. Das Ziel im AP6 war die Erprobung des neu entwickelten Abtragswerkzeuges an einem mobilen System, dem Demonstrator. Durch die modifizierte Systemsteifigkeit aufgrund der geänderten Geometrie, der Integration von Gelenken zur Schaffung erforderlicher Freiheitsgrade sowie die Fixierung des Demonstrators einzig durch das Trägergerät war mit einer Veränderung des Schneidverhaltens zu rechnen. Des Weiteren wurde erwartet, dass es durch die Ausarbeitung einer bis zu 30 cm tiefen Nut zu weiteren Beeinträchtigungen des Schneidverhaltens kommt. Die Auswirkungen der vorgenannten Änderungen gegenüber den Testständen im AP2 sowie daraus resultierende negative Einflüsse wurden ermittelt und soweit möglich behoben. Durch die weiteren Testreihen mit der angeregten Hinterschneidung konnte die Eignung dieser Technologie zum Abtrag von unbewehrtem Beton bestätigt werden. Es wurde eine hohe Abtragsleistung bei vertretbaren Reaktionskräften erzielt. Im Vergleich zu den vorangegangenen Grundlagenversuchen wurden dennoch Differenzen aufgrund der ungünstigeren Systemsteifigkeit festgestellt. So war der Einfluss der Werkzeuganregung durch zu großes Systemspiel geringer als erwartet. Weiterhin wirkte sich der höhere Betonverbund in tiefen Lagen ebenso wie eine nicht optimale Abraumförderung negativ auf die Abtragsleistung, respektive auf die Reaktionskräfte aus.

Beim Fräsprozess zum Abtrag von Stahlbeton ist es mit den heute zur Verfügung stehenden Fräsworkstoffen essentiell wichtig, die Schnittparameter (Spindeldrehzahl, Vorschub und Zustellung) auf die Betonzusammensetzung abzustimmen und über den gesamten Prozessverlauf konstant zu halten. Der Einfluss der Systemsteifigkeit wurde bei den durchgeführten Testreihen im AP 6 besonders deutlich. Durch die Vielzahl der Gelenke im Demonstrator und Trägergerät ist eine ausreichende Sicherstellung der vorgenannten Parameter sowie der Schnittkantenposition schwer zu bewerkstelligen. Ein weiteres Problem stellt der Abrasivverschleiß der Wendeschneidplatten dar. Hier kann durch eine Variation der Schneidstoffzusammensetzung und eine Anpassung der Schneidkantengeometrie das Verschleißverhalten ggf. optimiert werden.

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

Die Projektlaufzeit, einschließlich der Verlängerung, endete zum 31.12.2012. Im Nachgang werden die Ergebnisse der Testreihen aus den AP5 und 6 ausgewertet, mit den Ergebnissen aus dem AP2 verglichen und bewertet. Des Weiteren wird der Abschlussbericht erstellt und die Erkenntnisse aus dem Projekt INAS zur weiteren Verwendung dokumentiert.

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

Derzeit keine - in naher Zukunft ist die Veröffentlichung der Projektergebnisse in der Fachzeitschrift „Tiefbau“ oder vergleichbar geplant.

<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 31.12.2012	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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 wurde der Einfluss der Messgeometrie auf die registrierten Gamma-Spektren untersucht. Hierfür wurden Messreihen mit Gamma- und Beta-Strahlern bei variierendem Probe-Detektor-Abstand und bei Positionierung der Probe außerhalb der Symmetrieachse durchgeführt. Es zeigte sich erwartungsgemäß, dass der Beitrag durch Rückstreuung der Gamma-Strahlung starken Einfluss auf die Form des Spektrums nimmt. Dieser betrug zwischen verschiedenen Messungen bis zu 100 %. Für Beta-Strahler zeigte sich die Form des Spektrums hingegen als sehr „unempfindlich“. Die Position der Probe bezüglich der Symmetrieachse hatte vor allem im niederenergetischen Energiebereich deutliche Auswirkungen auf das Spektrum. Beide Ergebnisse unterstreichen nochmals das Erfordernis einer möglichst genauen und detaillierten Beschreibung der Messgeometrie, um die Gamma-Spektren möglichst exakt rechnerisch nachbilden zu können. Dies ist eine der Voraussetzungen für die erfolgreiche Anwendung des im Rahmen des Vorhabens entwickelten qualitativen Verfahrens zur Identifizierung von Beta-Strahlern aus gemessenen Gamma-Spektren.

Weitere Messungen wurden an zwei 200-L Gebinden (mittlere Dichte 1,0 bzw. 2,0 g/cm<sup>3</sup>) mit mehreren <sup>90</sup>Sr/<sup>90</sup>Y-Quellen durchgeführt. Damit wurde gezeigt, dass in einem Aktivitätsbereich von einigen kBq bis zu 2 TBq durch eine Korrektur bezüglich der Absorptionseigenschaften der Matrix, das gemessene Spektrum korrekt in das entsprechende gemessene Spektrum ohne Absorber überführt werden kann. Letzteres wurde auch für Messungen im Labormaßstab mit den Nukliden <sup>99</sup>Tc, <sup>170</sup>Tm und <sup>90</sup>Sr/<sup>90</sup>Y verifiziert. Dies bestätigte die Durchführbarkeit einer weiteren Voraussetzung für eine erfolgreiche Anwendung des entwickelten Auswerteverfahrens.

Parallel zu den Messungen wurde ein Modell zur mathematischen Beschreibung von Spektren untersucht, welches die Grundlage für eine spätere quantitative Analyse bilden kann. Eine entscheidende Komponente dieses Modells ist die durch eine Matrix beschriebene sogenannte Apparatefunktion. Sie führt eine monoenergetische Linie durch Faltung mit dieser Apparatefunktion in eine Verteilung über, die diese Linie im Detektor erzeugen würde. Die einzelnen Matrixelemente müssen folglich u. a. alle Eigenschaften des Detektors, der Messgeometrie etc. korrekt beschreiben. Durch Integration über alle von der Quelle emittierte Energien wird das gemessene Spektrum berechnet.

Mit diesen abschließenden Messungen wurde nochmals die prinzipielle Umsetzbarkeit einiger Voraussetzungen für die Anwendbarkeit des entwickelten Auswerteverfahrens verifiziert. Mit Abschluss des Vorhabens konnte somit die Grundlage für die Entwicklung eines automatisierten Verfahrens zur qualitativen und quantitativen Bestimmung von Beta-Strahlern in radioaktiven Abfallgebinden geschaffen werden.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Das Vorhaben wird mit Erstellung des Abschlussberichts abgeschlossen.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

<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> 01.07.2012 bis 31.07.2012	
<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**

AP8:

Aufgrund der Erkenntnisse, die durch den Abgleich der Interviewergebnisse erarbeitet wurden, wurde von der Erstellung eines Handlungsleitfadens für Strahlenschutzexperten abgesehen. Stattdessen wurden für die ermittelten Problemfelder Empfehlungen mit Best-Practice-Beispielen erstellt. Alle Ergebnisse werden im Endbericht zusammengefasst.

### **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 30.09.2012	
<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

- Mit dem LSI-Brenner wurden Schneidversuche an Proben aus unlegiertem sowie Chrom-Nickel Stahl an Atmosphäre durchgeführt. Im Rahmen dieser Versuche zeigte sich der erhebliche Einfluss der freien Schneiddrahtlänge (Stick-Out) auf den LSI-Prozess. Mit zunehmendem Stick-Out reduziert sich die im Lichtbogen umsetzbare Leistung. Während bei unlegiertem Stahl durch die autogene Verbrennung des Werkstoffes zusätzliche Energie in den Schneidprozess eingebracht wird, ist der Anteil der Oxidationsenergie an der im Schnitt umgesetzten Gesamtenergie bei Chrom-Nickel Stählen sehr gering. Bis zu einer Materialstärke von 40 mm lassen sich, auf Grund der bei Chrom-Nickel Stählen geringeren Wärmeableitung aus der Schnittfuge, bei beiden Werkstoffen vergleichbare Schneidleistungen erzielen. Bei höheren Materialstärken wird die geringere Wärmeeinbringung nicht mehr vollständig durch die schlechtere Wärmeleitfähigkeit des Werkstoffes kompensiert. Aus diesem Grund ist die maximale Schnitttiefe bei diesen Stählen auf etwa 70 mm begrenzt, wohingegen bei unlegiertem Stahl 100 mm erreicht werden konnten.
- Im Anschluss wurde die Schneidleistung des LSI-Verfahrens bei der Verwendung von Fülldrähten mit reaktiven Metallpulvern untersucht. Es zeigte sich, dass eine Steigerung der Schnitttiefe möglich war. Während der Einfluss von Aluminiumpulver auf die Schnittleistung nur gering war, ließ sich durch den Einsatz eines mit Thermit (Eisenoxid und Aluminiumpulver) gefüllten Doppelmantelfülldrahtes die erzielte Schnitttiefe bei ansonsten unveränderten Schneidparametern um etwa 30 % steigern. Durch die Verwendung eines mit Magnesiumpulver gefüllten Drahtes konnte die Schnitttiefe sogar annähernd verdoppelt werden.
- Abschließend wurde untersucht, ob mit dem LSI-Brenner auch Schnitte unter Wasserabdeckung durchgeführt werden können. Es zeigte sich, dass der LSI-Brenner unter Wasser nicht erfolgreich gezündet werden konnte. Aus diesem Grund wurde der Brenner mit einer zusätzlichen Manschette versehen, durch die ein Gaspolster um den Schneiddraht erzeugt wurde. Durch diese Modifikation konnte ein Lichtbogen zwischen dem Werkstück und dem Schneiddraht gezündet werden. Die von diesem Lichtbogen freigesetzte Energiemenge reicht, durch die starke Wärmeabfuhr vom Werkstück an das umgebende Wasser, nur aus um den Zusatzdraht aufzuschmelzen. Ein nennenswerter Einbrand in die Werkstückoberfläche konnte nicht realisiert werden.
- Die Auswertung der durchgeführten Versuchsreihen ergab, dass beim LSI-Schneiden die Schnitttiefe fast ausschließlich durch den maximalen Stick-Out des Drahtes aus dem Brenner limitiert wird, bei dem ein Zünden des Lichtbogens im Kurzschluss möglich ist. Dieser erreichte nach Optimierung der Stromquelleneinstellungen einen Wert von 144 mm. Die während der einzelnen Versuchsreihen erfassten Strom- und Spannungsverläufe zeigten jedoch, dass sich bei den zur Verfügung stehenden Stromquellen der Kurzschlussstrom beim Zünden des Lichtbogens nicht wirkungsvoll begrenzen ließ. Hierdurch wurde ein Hochbrennen des Drahtes begünstigt und der maximal mögliche Stick-Out des Schneiddrahtes reduziert. Es ist somit anzunehmen, dass sich dieser Wert und somit die erzielbaren Schnitttiefen durch die Entwicklung einer für das LSI-Schneiden optimierten Stromquelle weiter steigern lassen.
- Es wurden Versuche zum Lochstechen in unlegiertem Baustahl mit dem Hot-Wire Brenner durchgeführt.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Erstellung des Abschlussberichts.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Petersen, M.: Beitrag zur Steigerung der Leistungsfähigkeit des Hot-Wire-Plasmaschneidens an Atmosphäre und unter Wasser, Dissertation, Leibniz Universität Hannover, PZH-Verlag, 2012, ISBN 978-3-943104-65-3  
Erfolgreiche Einreichung einer Veröffentlichung zur KONTEC 2013

<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 28.02.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 677.624,80 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 wurden Probekörper zur dielektrischen Vermessung hergestellt, konditioniert und durch den Projektpartner vermessen. Die Konditionierung von Betonquadern (150x150x73 mm) erfolgte in den in Betrieb genommenen Klimaboxen am IMB bei 20 °C Raumtemperatur und Umgebungsfeuchten von ca. 2 % r.F. bis ca. 99 % r.F. bis zur Erreichung der Ausgleichsfeuchte. Die Feuchtegehalte der Proben wurden an deren Schalhaut- sowie Sägeschnittfläche ebenfalls messtechnisch erfasst. Diese Daten werden nach Abschluss aller Untersuchungen kalibriert und dienen als Datengrundlage für die weitere praktische Anwendung der Methode.

Die im vorangegangenen Berichtszeitraum ermittelten physikalischen Materialparameter des Betons wurden ausgewertet und im Hinblick auf mögliche Einflüsse bei Ablationsversuchen durch ergänzende Untersuchungen

erweitert. Hierbei wurde insbesondere die Porenstruktur der hergestellten sowie der aus dem Kernkraftwerk Zwentendorf gewonnenen Betonprobekörper untersucht. Im Rahmen einer weiteren Messkampagne an Ablationsversuchen wurde in der vorliegenden Berichtsphase gezielt die Reproduzierbarkeit der Methode untersucht. Hierbei zeigte sich, dass Verunreinigungen im Hohlleiter während der Mikrowellenbestrahlung die Ausbildung eines Lichtbogens, d. h. eines Kurzschlusses begünstigen können. Dies machte weitere anlagentechnische Anpassungen seitens des Projektpartners erforderlich. Die ablatierten Proben, d.h. die Probekörper sowie die Ausbruchstücke wurden am IMB eingehend untersucht.

Im Rahmen der Vorbereitung von Ablationsversuchen an konditionierten Probekörpern erfolgte die Erprobung weiterer Temperaturmesssonden zur Aufzeichnung des Temperaturprofils im Beton unter Mikrowellenbestrahlung. Aufgrund von lokalen konzentrierten Energiefeldern, infolge der Reflexion durch metallische Thermoelemente, wurden faseroptische Messsonden auf deren Anwendbarkeit hin untersucht. Hierbei zeigte sich, dass Löcher für Sonden senkrecht zur Mikrowellenbestrahlung als „Sollbruchstelle“ einen deutlichen Einfluss auf das Ablationsverhalten darstellen. Des Weiteren erwiesen sich Sonden zur Messung des Dampfdruckes im Beton durch Mikrowellenbestrahlung nach einer Literaturrecherche sowie nach Rücksprache mit Forschenden in diesem Gebiet als nicht zielführend. Hingegen ermöglicht die optische Verformungsmessung der Oberflächen von Probekörpern unter Mikrowellenbestrahlung, den Einfluss von dampf- und temperaturinduzierten Verformungen getrennt voneinander zu untersuchen. Hierfür wurden am IMB erfolgreiche Voruntersuchungen zur prinzipiellen Anwendbarkeit eines opt. Messsystems durchgeführt und dieses Messsystem inzwischen beschafft.

Zur numerischen Abbildung des Ablationsverhaltens mithilfe des Softwarepaketes DIANA wurden weitere Probekörper hergestellt, um die hierfür notwendigen Materialparameter zu ermitteln. Vorab sind dabei erste Betonmodelle zur Untersuchung der Spannungsentwicklung durch mikrowelleninduzierte Temperaturgradienten untersucht worden.

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

Die laufenden Arbeiten im Teilprojekt des IMB liegen derzeit geringfügig hinter dem Zeitplan. Dies ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass das gesamte Feuchteconditionierungskonzept aufgrund veränderter Bestrahlungsbedingungen (kleinere Probengeometrien und stark erhöhte Probenanzahl gegenüber dem ursprünglichen Antrag) angepasst werden musste und die Steuerung der Mikrowellenanlage für die Ablationsversuche noch weiterer Optimierung bedarf. In Absprache mit dem Projektpartner IHM wird eine konzentrierte Messkampagne zum Ablationsverhalten durchgeführt. Weiterhin wird in Zusammenarbeit mit dem Projektpartner IHM die dielektrische Vermessung der konditionierten Probekörper nach weiteren Hochtemperaturmessungen abgeschlossen. Parallel hierzu wird die Entwicklung eines Messkonzepts zur Erfassung der ablationsrelevanten Kenngrößen (Feuchtegehalt, Wärmeentwicklung, Dehnungen, Material-Ausbruchmenge in Abhängigkeit der Mikrowellenleistung) fortgeführt.

Im Rahmen der Untersuchung des Ablationsverhaltens sollen weitere Probekörper aus Mörtel sowie großformatigere Probekörper hergestellt werden.

Nach erfolgreichem Abschluss der Ablationsversuche soll unter Berücksichtigung der gemessenen Kenngrößen, der Materialzusammensetzung und der Bestrahlungsleistung ein Materialmodell zur Beschreibung des Ablationsverhaltens erarbeitet und in das Softwarepaket DIANA eingearbeitet 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:

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 28.02.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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 bisher entwickelten Hohlleiterantennen getestet. Für die Steghohlleiterantenne wurde das Design nochmals optimiert und neue Antennenkonzepte mit geeigneten Anpasselementen zur effizienteren Energieeinkopplung entwickelt. Das Quarzfenster, das zwischen Magnetron und Antenne zum Schutz des Magnetrons vor Staub und Feuchte installiert wurde, musste entfernt werden, weil wiederholt Arcing am Fenster aufgetreten war. Alternativ wurde am Ausgang der Antenne eine Teflon-Platte eingebaut, die, neben der Schutzwirkung, bei geeigneter Dicke auch die Impedanzanpassung der Antenne an den Beton verbessert.

Der Teststand für die im ersten Halbjahr 2013 geplanten Ablationsversuche mit dem IMB wurde weiter optimiert. Zur Steuerung und Messdatenerfassung wurde eine LabView-Software entwickelt und befindet sich im Moment in der Testphase. Diese erlaubt unter anderem die Aufzeichnung der Mikrowellenleistung und von Temperaturkurven an verschiedenen räumlichen Stellen während der Mikrowellenbestrahlung der Betonproben. Dazu wurden verschiedene Konfigurationen entworfen und mit CST Microwave Studio/Comsol Multiphysics umfangreiche Simulationen durchgeführt.

Gegen Ende des Berichtszeitraums wurden damit begonnen, die vom Projektpartner gefertigten und unterschiedlich konditionierten Betonproben dielektrisch zu charakterisieren im Frequenzbereich von 1 bis 20 GHz und von Raumtemperatur bis 95 °C bei nassen Betonproben bzw. bis 150 °C bei trockenen Betonproben.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Die breitbandige und temperaturabhängige dielektrische Charakterisierung der unterschiedlichen Betonproben werden im nächsten Berichtszeitraum abgeschlossen und entsprechend ausgewertet. Aufgrund der gemessenen geringen dielektrischen Verlustfaktoren wurden weitere Messungen mit einer empfindlicheren Messmethode initiiert, die allerdings nur Messungen bei 2,45 GHz ermöglicht. Auf Basis der Auswertergebnisse der laufenden breitbandigen Messungen sollten ausgewählte Proben auch mit der empfindlicheren Methode bei Temperaturen bis ca. 700 °C vermessen werden.

Mit den konditionierten Proben werden im 1. Halbjahr 2013 die Ablationsversuche im beschriebenen Teststand beginnen. Parallel soll die Modellbildung und Simulation weiter verbessert werden, um den Mechanismus der Betonablation weiter auf den Grund zu gehen. Es ist geplant, in das bis jetzt aufgestellte Modell, das die Mikrowellenerwärmung des Betons und seine thermoelastischen Auswirkungen beschreibt, durch ein Porendruckmodell zu erweitern. Auch soll die Materialmodellierung des Betons mittels dielektrischer Mischungsregeln und Homogenisierungsverfahren weiter verfolgt werden.

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

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, PAMM, 12, 351-353, 2012

<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> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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, Kaltgasspritzten, Lichtbogendrahtspritzten) 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 und sollen ein weiteres Mal überarbeitet werden, da die angestrebten Ergebnisse auch bei der zweiten Beschichtung nicht die erforderliche Qualität: Korrosionsfreiheit nach dem Wassertest, nicht vollständig erreicht wurden. Problem dabei ist die Reproduzierbarkeit der Qualität der erzielten Beschichtungen. Es müssen noch weitere Parameter des Verfahrens überprüft und geändert werden. 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: Die Beschichtung der Kleinkomponenten muss ein weiteres Mal durchgeführt 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, nach Abschluss von AP2.
- 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> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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

Untersuchung der von der Fa. Siempelkamp hergestellten und von Sulzer/Metco beschichteten Behälterbauteile: Gute Beschichtungsergebnisse (keine Korrosion in den Radien des Behälterinnenprofils nach dem Wassertest) mit den zwei Spritzwerkstoffen, nämlich 1. Diamalloy 2001 (Hersteller Fa. Sulzer Metco) Beschichtungsverfahren: HVOF-GF, sowie 2. Höganäs 1660.02 (Hersteller Fa. Höganäs GmbH), Beschichtungsverfahren: HVOF-LF, (1 Halbjahr 2012): Reproduktion dieser Ergebnisse durch Beschichtung von zwei Behälterflanschen, Einsatz jeweils der oben genannten Werkstoffe mit den jeweiligen Verfahren. Dabei wurde auch der Einfluss unterschiedlicher Rauheiten des Grundwerkstoffs auf den Schichtaufbau mit abgeprüft (Einstellen verschiedener Rauheiten durch Strahlen mit unterschiedlichen Strahlmitteln in vier Segmenten der Behälterflansche).

Ergebnis Wassertest: keine guten Ergebnisse; Korrosionserscheinungen traten bei beiden Flanschen in allen abgeprüften Segmenten auf; kein Einfluss der Rauheit des Grundwerkstoffes auf den Schichtaufbau im Hinblick auf die Korrosion; bei dem mit Diamalloy 2001 im HVOF-GF-Verfahren beschichteten Flansch konnte Schichtablösung in dem ungestrahlten sowie in dem Segment mit der kleinsten Rauheit festgestellt werden; entsprechendes konnte bei dem mit Höganäs 1660.02 beschichteten Flansch nicht beobachtet werden.

Weiterhin ist die Frage der Reproduzierbarkeit zu klären!

#### 2. Durchführung von elektrochemischen Untersuchungen mittels Impedanzspektroskopie:

Messungen an senkrechten und waagerechten Flächen sowie in den Radien des Behälterprofils, durch die Geometrie des Behälterbauteils sind keine Messungen mit Messzellen, die flüssige Elektrolyte enthalten, möglich. Durchführung der Messungen mit Gelpolstern. Die Methode erlaubt eine gute Charakterisierung der Beschichtung in den unterschiedlichen Bereichen des Behälterbauteils.

Untersuchung der Oberflächentopografie mittels Digitalmikroskopie.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

#### AP3: Weitere Untersuchungen der Beschichtungsproben

- Weiterhin mechanische Prüfungen (Haftzugfestigkeitsuntersuchungen, Härteprüfungen)

#### AP4: Beschichtung von Kleinkomponenten

- weitere Beschichtungsversuche zur Verifikation des Spritzparameter zur Verbesserung der Reproduzierbarkeit
- Fortführung der Charakterisierung der erzeugten Beschichtungen mit elektrochemischen Untersuchungen mittels Impedanzspektroskopie
- Untersuchung der Oberflächentopografie mittels Digitalmikroskop

#### AP5: Beschichtung der Großkomponente

#### AP6: Erprobung von Reparaturbeschichtungen:

- Die Bearbeitung von Punkt 5 und 6 hängt entscheidend von der Prozesssicherheit beim Beschichten der Behälterbauteil ab, die noch nicht erreicht werden konnte.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

S. Behrens (Vortragende), T. Hassel, Fr.-W. Bach: „Untersuchungen zur Korrosionsschutzbeschichtung von Lagerbehältern für radioaktive Abfälle“, DGM Fortbildungsseminar „Bauteilschädigung durch Korrosion“, Köln 28./29.11.2012

<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> 01.07.2012 bis 30.09.2012	
<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**

Die abschließenden Untersuchungen zu den Schneidladungsschneiden beschränkten sich auf die Untersuchung zum Risiko einer Kontaminationsverschleppung. Die übrigen Untersuchungen wurden vorab abgeschlossen.

- Kontaminationsverschleppung: Die Analyse der Staubzusammensetzung in den Probeschalen wurde abgeschlossen. Mittels Raster-Elektronenstrahl-Mikroskopie (REM) wurden nach Elementen der Beschichtungsstoffe gesucht.

Ergebnis dieser Untersuchungen war, dass beim Trennen der Probeplatten mit einem Trennschleifer in 83 % der Probeschalen Partikel der Beschichtung detektiert werden konnten. Die Probeschalen ohne Beschichtungselemente variierten dabei stark, weshalb an den meisten Messstellen eine Kontamination nicht ausgeschlossen werden kann. Beim Trennen mit Schneidladungen wurden in allen Versuchsdurchgängen in allen Probeschalen Teile der Beschichtungen gefunden.

Die REM-Untersuchungen zeigten darüber hinaus, dass die Partikel beim Trennen mit Trennschleifern deutlich größer waren als bei den Versuchen mit Schneidladungen. Die geringen Partikelgrößen beim Trennen mit Schneidladungen wurden bereits in vorhergehenden Versuchen festgestellt. Durch die geringere Masse der freigesetzten Partikel besitzen diese eine höhere Mobilität und können sich homogener im Versuchsraum verteilen.

Insgesamt ist das Risiko einer Kontaminationsverschleppung ähnlich hoch.

- Die Versuchskabine wurde vom Sprengplatz der IABG in Lichtenau zurück nach Hannover ans Institut für Werkstoffkunde gebracht und steht für zukünftige Forschungsvorhaben zur Verfügung.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Erstellung des Abschlussberichts.

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

Erfolgreiche Einreichung einer Veröffentlichung zur KONTEC 2013.

<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> 01.07.2012 bis 30.09.2012	
<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.

### *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**

- Fertigstellung eines Modells zum Abschätzen der Blast-Wirkung beim Verwenden von Schneidladungen in geschlossenen Räumen
- Fortsetzung der Modellier- und Simulationsarbeiten zur Bestimmung des schädigenden Einflusses der Verwendung von Schneidladungen auf die Tragfähigkeit von bewehrten dickwandigen Betonstrukturen
- Versuchsplanung zur Verifikation der vorher genannten Berechnungen (Entwurf eines Probekörpers aus Stahlbeton inkl. eingebetteter Sensorik, Ausführungsplanung, Herstellung (extern vergeben)
- Sprengversuche am Standort Lichtenau
- Auswertung der Messergebnisse aus den Anspengversuchen, Abgleich mit den entwickelten Modellen
- Dokumentation, Erstellung des Abschlussberichts zum Vorhaben

**4. Geplante Weiterarbeiten**

Keine, Projektende.

**5. Berichte, Veröffentlichungen**

Eingereicht und bewilligt: Poster Präsentation auf der Kontec 2013.

<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> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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  
Zum Abtrag von Betonoberflächen durch den Einsatz von Hartmetalllamellen und Diamantsägeblättern, wurde der Einsatz einer kombinierten Fräseinheit beschlossen. Hierfür wurde eine konstruktive Lösung entworfen, welches die Aufnahme von zwei hintereinander betriebenen Frästrommeln ermöglicht. Die Fertigung des Doppeltrommel-Gehäuses mit den Lagern erfolgte durch die Firma Contec GmbH. Der Antrieb wird durch zwei Hydraulikmotoren ermöglicht, welche unabhängig angesteuert werden können. Die Hydraulikmotoren reduzieren die durch den Manipulator zu bewegende Masse um 40 %. In Kooperation mit der Energie Baden-Württemberg (EnBW) wurde die optimale Bestückung an Diamantsägeblättern bestimmt. Die Versuche zur maximalen Abtragtiefe durch den Einsatz von Diamantsägeblättern bei konstantem Maschinengewicht (130 kg) erfolgten am KIT. Für eine Bestückung < 32 Stück wurden Schnitttiefen von 8 – 10 mm für einen C30/37 Beton erreicht. Die Versuche durch die EnBW am Kernkraft Obrigheim (KWO) ergaben, dass mindestens 30

Blätter für eine erfolgreiche Dekontamination in einem Arbeitsgang nötig sind. Resultierend aus diesen Versuchen konnte die ideale Werkzeugbestückung erzielt werden. Das Arbeitspaket b) wurde durch die Entwicklung des Doppeltrommel-Gehäuses mit der kombinierten Lösung aus Diamantsägeblättern und Hartmetalllamellen abgeschlossen.

AP3: Steuerung und Anpassung des Manipulators an die neue Entwicklung

In Kooperation mit der EnBW begann die Konstruktion und Montage des Trägersystems am KWO. Hierfür wurden die elektrischen Hubsäulen, welche die Werkzeugeinheit bis zu einer Höhe von 4 m verfahren können, auf eine Grundplatte mit den Abmessungen 700x1300x20 mm befestigt. Die Grundplatte ist mit einem Raupentransportwagen verschraubt. Der Raupentransportwagen ermöglicht das Befahren von Treppen und das Erreichen von schwer zugänglichen Räumen. Zusätzlich erfolgte die Montage der Führungseinheiten für das Werkzeugsystem. Die Zustellung der Fräseinheit erfolgt über Gleitlagerschlitten, welche spezielle Polymer-Schalen gegen eventuell auftretende Staubbelastung besitzen. Die Masse des Gesamtsystems ist jedoch derzeit für den Raupentransportwagen (max. Beladung 600 kg) zu hoch.

AP4: Optimierung der verfahrenstechnischen Kette

Ausgehend von den Fräsversuchen der kombinierten Werkzeugeinheit am Versuchsstand des KIT wurden die Dichte und die abzusaugende Masse an Staub bestimmt. Anschließend wurde die nötige Saugleistung für ein Absaugsystem mit integriertem Zyklonabscheider berechnet. Bei der Optimierung zur Absaugung, Separation und Verpackung von kontaminierten Partikeln wurden die Schwerpunkte auf die Filtertechnik, den Aufbau der Saugleitung und die Leistung des Saugaggregates festgelegt.

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

AP3: Steuerung und Anpassung des Manipulators an die neue Entwicklung

Im Mittelpunkt der Arbeiten stehen die Abschlussarbeiten zum Aufbau des Trägersystems. Im Vordergrund stehen die Installation der Saugereinrichtung, die Einrichtung der elektronischen Steuerung sowie die Endmontage der Werkzeugeinheit. Weiterhin muss das Gesamtsystem leichter gestaltet werden, dabei werden, falls zulässig, bestimmte Stahlkomponenten schlanker ausgelegt und durch Aluminiumbauteile ersetzt.

AP4: Optimierung der verfahrenstechnischen Kette

Aufbau des Absaugsystems auf Grundlage der Berechnungen hinsichtlich der Saugleistung und den dazugehörigen Druckverlusten. Umsetzung der Optimierungsmöglichkeiten zur Verbesserung der verfahrenstechnischen Kette

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

Annahme Poster Vortrag und Paper zur KONTEC 2013 in Dresden

<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> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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

Das Abtragsverhalten von Diamantsägeblättern und Schlaglamellen wurde jeweils einzeln, als auch in Kombination unter verschiedenen Parametern untersucht und eine optimale Lösung für die Anordnung ermittelt. Untersucht wurden sowohl die nötige Anzahl im Eingriff befindlicher Sägeblätter, die benötigte Flächenpressung beider Werkzeuge, als auch eine Fräsbildverfeinerung durch eine Variation des Vorschubwinkels der Nachbearbeitung mit Schlaglamellen. Wobei letzteres den Arbeitsaufwand nicht durch die Vorteile aufwiegen kann. Die Ergebnisse der Untersuchung wurden gemeinsam mit dem KIT betrachtet und letztlich eine optimale Sägeblattanzahl von 30 ermittelt. Für die Kombination aus Diamantsägetrommel und

Hartmetalllamellen konnte eine Abtragtiefe von 8-10mm in einem Arbeitsgang erreicht werden. Somit ist das Arbeitspaket 2 durch die Entwicklung des Doppeltrommelgehäuses abgeschlossen, da das Dekontaminationsverfahren an die Anforderungen (10 mm Abtrag) angepasst und weiterentwickelt wurde.

AP3: Steuerung und Anpassung des Manipulators an die neue Entwicklung

Nach abschließenden Konstruktionsarbeiten wurde in Zusammenarbeit mit dem KIT begonnen, das Trägersystem, das aus zwei Teleskophubsäulen und einem Spindelhub besteht, für die Bodenfräse aufzubauen. Über einen Raupentransportwagen soll es auch möglich sein, Räume dekontaminieren zu können, die aufgrund Ihres Standortes nicht per Aufzug erreichbar sind.

Da das Manipulatorgewicht die maximale Zuladung des Raupentransportwagens überschritt, wurde beschlossen, zu einer Leichtbauweise zu wechseln, weshalb das Trägersystem noch nicht vollständig zusammengesetzt ist. Deshalb konnte noch keine Praxiserprobung stattfinden. Die Entwicklung der Steuerung des Systems konnte ebenfalls noch nicht abgeschlossen werden.

AP4: Optimierung der verfahrenstechnischen Kette

Für die Optimierung der verfahrenstechnischen Kette wurden erste Arbeitsschritte im Maschinenhaus begonnen, um den entstehenden Staub zu messen. Abtragsmessungen ergaben dabei Werte von etwa 170 kg/h. Da der Abtrag nicht überwiegend Staub, sondern fast zu 50 % aus kleineren Brocken besteht, werden mehr Probleme für die Absaugung, als vorhersehbar gewesen sind, erwartet.

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

AP3: Steuerung und Anpassung des Manipulators an die neue Entwicklung

In Zusammenarbeit mit dem KIT werden die noch fehlenden Bauteile des Trägersystems eingebaut und anschließend ersten Praxistests unterzogen. Die Steuerung des Systems wird entwickelt.

AP4: Optimierung der verfahrenstechnischen Kette

Fortführende Arbeiten im Maschinenhaus für die Planung und Optimierung zum Abtransport des entstehenden Staubes werden durchgeführt.

A5: Umfangreiche großmaßstäbliche Versuche - Praxiserprobung am Institut TMB und im Kernkraftwerk Obrigheim

Beginn des Arbeitspakets 4 ist angestrebt, soweit es der Fortschritt der anderen Arbeitspakete ermöglicht.

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

Einreichung Poster Vortrag/Paper für Kontec 2013

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Forschungszentrum Jülich GmbH, Leo-Brandt-Straße, 52428 Jülich		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 8790</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Entsorgung von bestrahltem Graphit		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.10.2010 bis 30.09.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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 wurde die radiologische Charakterisierung der von der AVR GmbH gelieferten Graphitproben fortgesetzt. Es wurde die Aktivität der Gamma- und Betastrahler bestimmt, wobei letztere nur durch Verbrennung einer Probe in einer geeigneten Verbrennungsapparatur, Auffangen der Gase und anschließende Flüssigszintillationszählung möglich ist. Diese Analysen sind notwendig, um die Freisetzung von Radionukliden in den mit diesen Proben angesetzten Langzeitversuchen bestimmen zu können. Im Rahmen einer speziellen Studie wurde die Ableitung der Garantiewerte für das Endlager KONRAD unter dem Fokus auf die flüchtigen Radionuklide Tritium und Radiokarbon näher beschrieben. Diese ergeben sich aus der Sicherheitsanalyse für den bestimmungsgemäßen Betrieb des Endlagers auf der Basis eines Modellszenarios der Einlagerung.

In Arbeitspaket 2 wurde der Wechselwirkungsmechanismus von aus dem natürlich vorkommenden Kohlenstoffisotop  $^{13}\text{C}$  entstehenden  $^{14}\text{C}$  im Kristallgitter molekular-dynamisch untersucht. Unter Zugrundelegung der während des Aktivierungsprozesses von  $^{13}\text{C}$  durch Neutronen bei nachfolgender Gamma-Emission auftretenden Rückstoßenergien (max. 42 keV) wurde auf atomistischer Ebene das Verhalten und der Transport dieses Radionuklids simuliert. Es wurde festgestellt, dass es zur Bildung von Zwischengitter-Konfigurationen sowie zur Verformung und Schädigung der Gitterebenen kommt. Die visualisierte Simulation zeigt, dass das Radionuklid  $^{14}\text{C}$  in statu nascendi nach mehrfachen Versetzungen am Ende des Transportweges einen hohen Energieverlust erleidet. Die primäre Reichweite der  $^{14}\text{C}$ -Atome beträgt mehrere hundert Angström. Es wurde damit begonnen den Einfluss von Temperaturerhöhungen und von Korngrenzen auf die Wanderung von Zwischengitteratomen näher zu untersuchen.

In Arbeitspaket 3 wurden die Messverfahren zum Nachweis von  $^{14}\text{C}$  und Tritium in der Gasphase von ausgelagerten Graphitproben weiter verbessert und die Nachweisgrenzen bestimmt. Die Beprobung der Gasatmosphäre der 13,7 Jahre alten Probenflaschen mit Bohrmehl aus dem Graphitreflektor des AVR-Reaktors wurde fortgesetzt. Gaschromatographisch konnte keine Tritium- oder  $^{14}\text{C}$ -Aktivität festgestellt werden. Die Nachweisgrenze des Radioaktivitätsdetektors beträgt allerdings nur 5000 Bq/l. Genauere Radioaktivitätsmesswerte wurden durch Absorption von Proben aus der Gasatmosphäre in verschiedenen Flüssigkeiten mit anschließender Flüssigszintillationszählung erzielt. Dabei wurde festgestellt, dass Tritium vorwiegend als tritierter Wasserdampf (HTO) und  $^{14}\text{C}$  als  $^{14}\text{CO}_2$  vorliegen.

In Arbeitspaket 4 wurden ausgewählte Graphitsorten in Geopolymer eingebettet. Geopolymere bilden eine stabile Matrix gegenüber Feuer und Korrosion. Als Vergussmittel in KONRAD Containern kann das Geopolymer so nicht nur zur Fixierung der eingebrachten Fässer oder sonstigen Abfällen genutzt werden, sondern ermöglicht zusätzlich die Einbringung aktivierter Graphitabfälle in den Container als Bestandteil des Geopolymers. Die Menge an Graphit die auf diese Weise verwendet werden kann, hängt von der spezifischen  $^{14}\text{C}$ -Aktivität ab. Effizient können nur schwach aktivierte  $^{14}\text{C}$ -Abfälle verwendet werden. Kristallographische Untersuchungen an Geopolymer-/Graphitmischen wurden mittels Pulverdiffraktometrie (XRD) durchgeführt. Dazu wurden Proben der Ausgangsmaterialien, das ausgehärtete Geopolymer mit und ohne Graphit-Zuschlag und das Geopolymer mit Sand als Zuschlag gemessen.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Die Hintergründe zur Erstellung der Annahmekriterien für graphitische Abfälle in KONRAD werden ergänzend in Bezug auf Aktivitätsgrenzwerte, die sich aus der Störfallanalyse ergeben, untersucht. Ausgasungs- und Auslaugungsversuche sind auch für den aus dem Forschungsreaktor Rossendorf angelieferten Graphit geplant. Der Vorteil besteht in der Verwendung größerer Probemengen, da im Gegensatz zu anderen bestrahlten Graphitproben ein größerer Materialvorrat zur Verfügung steht. Auch ist die spezifische Aktivität höher als bei den bisher untersuchten Proben aus der thermischen Säule der FRJ-1 (MERLIN), sodass der Nachweis potentieller Tritium- und  $^{14}\text{C}$ -Freisetzungen erleichtert wird. Die Untersuchungen an den bereits unter verschiedenen Atmosphären und Temperaturen gelagerten Graphitproben und an in Geopolymeren eingebetteten bestrahlten Graphit werden fortgesetzt.

Neuere Ergebnisse aus der Kooperation mit dem russischen Forschungsinstitut MEPhi deuten auf eine hohe Heterogenität der Aktivitätsverteilung von Tritium in den untersuchten Proben aus russischen RBMK- und Forschungsreaktoren hin. Dies ist bei der Interpretation von Vergleichsmessungen zu berücksichtigen.

Die molekulardynamische Modellierung wurde auf höhere Temperaturen mit Wanderung/Rekombination der strahleninduzierten Zwischengitteratome erweitert. Es wird analysiert, welcher Anteil von  $^{14}\text{C}$ -Atomen als Zwischengitteratome endet und wie viele eine stabile Position im Kristallgitter einnehmen. Außerdem werden Oberflächeneffekte in die Modellierung einbezogen, um auch das Verhalten von  $^{14}\text{C}$  zu untersuchen, welches durch Aktivierung von Stickstoff [ $^{14}\text{N}(n,p)^{14}\text{C}$ ] oder Sauerstoff [ $^{17}\text{O}(n,\alpha)^{14}\text{C}$ ] entsteht.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

D. Vulpius, K. Baginski, C. Fischer, B. Thomauske: Location and chemical bond of radionuclides in neutron-irradiated nuclear graphite, J. Nucl. Mater. (zur Veröffentlichung akzeptiert)

<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 31.03.2013	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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 und abgeschlossen. Die Recherchen zum Mengenaufkommen ließen Schwerpunkte bei industriellen Anwendern im Pflanzenschutz- und Pharmabereich sowie bei Landessammelstellen erkennen. Es wurden Volumina von bis zu mehreren 100 l je Verbindungstyp meist in Form wässriger Lösungen oder gemischt wässriger Systeme recherchiert.
- AP2: Die elektrochemisch-kinetischen Untersuchungen zur Totalmineralisation wurden fortgesetzt und abgeschlossen. 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: Die Versuchsreihen zur elektrochemischen Totaloxidation einer Reihe organischer Verbindungen innerhalb von batch-Versuchen wurden ebenfalls abgeschlossen. Bei jeweils einheitlicher Versuchsdauer konnten Umsätzen von >90 % und Stromausbeuten zwischen 40 – 95 % erreicht werden, wobei die niedrigeren Werte für verdünnte wässrige Lösungen substituierter Aromaten erhalten wurden.
- AP4: Im Zuge der Bearbeitung des AP4 wurden alle spezifische Ausrüstungen beschafft oder in der Hauswerkstatt gefertigt und der Aufbau des Laborteststandes für die Dauerversuche begonnen.
- AP5: AP5 wurde entsprechend Erfordernis bearbeitet.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Die Arbeiten sind größtenteils abgeschlossen. Einzelne verspätete Rückläufe von Anfragen werden noch in den Recherchebericht eingearbeitet.
- AP2: Die elektrochemischen Grundlagenuntersuchungen wurden abgesehen von wenigen ergänzend durchzuführenden Messreihen abgeschlossen.
- AP3: Die kleinmaßstäblichen Elektrolyseversuche wurden bis auf einzelne zusätzliche Kontrollversuche abgeschlossen.
- AP4: Die Bearbeitung erfolgt entsprechend geänderten zeitlichem Ablaufplan im Rahmen der kostenneutralen Verlängerung der Laufzeit.
- 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> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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-Wetzell 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).
- Erfassung der (ggf.) bisherigen Überwachungsmechanismen (abgeschlossen)
- Erfassung der maßgeblichen Belastungen für einen Sensor (läuft)
- 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)  
Zwei Plastikszintillationssonden (400x250x50 mm und 600x400x50 mm) und eine Szintillationssonde mit NaJ-Kristall wurden angeschafft.
- 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. Leider konnte eine Umgangsgenehmigung bisher noch nicht ausgestellt werden. Dies führte zu Verzögerungen im Projektablauf.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Durch die fehlende Umgangsgenehmigung und der dadurch entstandenen zeitlichen Verzögerung im Projektablauf werden Arbeitspakete zum Teil vorgezogen. Für die Lieferung der radioaktiven Präparate und der strahlenschutztechnischen Überwachung beim Teststand wird ein Dritter beauftragt. Zeitgleich zum Teststand werden weitere Messsensoren für die unterschiedlichen Geräte und Maschinen auf dem Schrottplatz konzipiert und bestellt. Des Weiteren wird die Datenübertragung per Funktechnologie vorangetrieben. So kann parallel zum Teststand, die konstruktive Anbringung und die kabellose Vernetzung der Messtechnik erprobt werden.

Im Teststand wird der Materialfluss in den unterschiedlichen Geräten und Maschinen der Schrottverarbeitung simuliert. Der Teststand besteht im Einzelnen aus den Komponenten programmierbares 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

### 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> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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: Messsensorik, Messsystem und Messpunkte definieren, anpassen und vor Ort testen. Diese Arbeiten laufen noch.

AP4/AP5:

- Es wurde mit der Erstellung eines Konzeptes zur Messaufzeichnung und Protokollierung begonnen. Erste Standardablaufschritte wurden definiert. Diese Arbeiten laufen noch.
- 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 (für den Partner KIT). Leider konnte eine Umgangsgenehmigung bisher noch nicht ausgestellt werden. Dies führte zu Verzögerungen im Projektablauf (vor allem auf Seiten des Partners KIT)

### 4. Geplante Weiterarbeiten

AP4:

- Konzept der Messaufzeichnung und Protokollierung weiterentwickeln. Standardablaufschritte definieren.

AP4/AP5:

Durch die fehlende Umgangsgenehmigung und der dadurch entstandenen zeitlichen Verzögerung im Projektablauf (s. o.) werden Arbeitspakete zum Teil vorgezogen. Für die Lieferung der radioaktiven Präparate und der strahlenschutztechnischen Überwachung beim Teststand wird ein Dritter beauftragt. Zeitgleich zum Teststand werden weitere Messsensoren für die unterschiedlichen Geräte und Maschinen auf dem Schrottplatz konzipiert und bestellt. des Weiteren wird die Datenübertragung per Funktechnologie vorangetrieben. So kann parallel zum Teststand, die konstruktive Anbringung und die kabellose Vernetzung der Messtechnik erprobt werden.

Im Teststand wird der Materialfluss in den unterschiedlichen Geräten und Maschinen der Schrottverarbeitung simuliert. Der Teststand besteht im Einzelnen aus den Komponenten programmierbares 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

### 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> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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-Wetzell 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:

- 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 (für den Partner KIT). Leider konnte eine Umgangsgenehmigung bisher noch nicht ausgestellt werden. Dies führte zu Verzögerungen im Projektablauf (vor allem auf Seiten des Partners KIT)

AP4:

- Konzept der Aufzeichnung und Protokollierung festlegen. Standardablaufschritte definieren (läuft)
- Recherche zum Umgang mit radioaktivem Abfall in Deutschland (läuft)
- Recherche zum Umgang mit radioaktivem Abfall von internationalen Behörden (läuft)

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Durch die fehlende Umgangsgenehmigung und der dadurch entstandenen zeitlichen Verzögerung im Projektablauf (s. o.) werden Arbeitspakete zum Teil vorgezogen. Für die Lieferung der radioaktiven Präparate und der strahlenschutztechnischen Überwachung beim Teststand wird ein Dritter beauftragt. Zeitgleich zum Teststand werden weitere Messsensoren für die unterschiedlichen Geräte und Maschinen auf dem Schrottplatz konzipiert und bestellt. Des Weiteren wird die Datenübertragung per Funktechnologie vorangetrieben. So kann parallel zum Teststand, die konstruktive Anbringung und die kabellose Vernetzung der Messtechnik erprobt werden.

Im Teststand wird der Materialfluss in den unterschiedlichen Geräten und Maschinen der Schrottverarbeitung simuliert. Der Teststand besteht im Einzelnen aus den Komponenten programmierbares 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

### 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> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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**

Im Berichtszeitraum wurden die weltweit bereits abgeschlossenen und derzeit noch laufenden Rückbauprojekte analysiert (AP3). Jedes Projekt wurde hinsichtlich Anlagenart, Betriebszeit, aktuellem Rückbaustand, Kosten und Besonderheiten, speziell in Bezug auf die eingesetzten Technologien, ausgewertet. Hierfür wurde auch in großem Maßstab Kontakt zu den jeweiligen Anlagenbetreibern und/oder Rückbauunternehmen aufgenommen.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus bereits bearbeiteten Arbeitspaketen liegt der Fokus nun auf der Analyse der aktuellen Forschungs- und Entwicklungsergebnisse (AP4), um daraus den zukünftigen Forschungs- und Entwicklungsbedarf abzuleiten (AP5).

### **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> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 593.892,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Arnold	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

#### a) Betonverfüllung

AP1.7/1.9:

Es wurden intensive Analysen von vollständig anorganischem Probebeton mit Abrasivgemisch-Anteil durchgeführt. Dabei wurden die Mischungsanteile variiert, um zum Einen die mögliche Streuung der Mischungseigenschaften bei der Anwendung im Verguss von Konrad-Containern mit Blick auf die Einhaltung von Anforderungen an die Endlagerung in Schacht Konrad zu simulieren, zum anderen um praktisch die maximal mögliche Einbindung von Abrasivgemisch in den Vergussbeton zu ermitteln.

Ergebnis: Eine ausreichende Prozesspräzision und Reproduzierbarkeit der Vergussqualität gewährleisten, dass die Anforderungen an den Vergussbeton jederzeit eingehalten werden können.

AP1.8:

Für die anstehenden realitätsnah dimensionierten Versuche zur Umsetzung des Vergussprozesses wurde Abrasivmittelgemisch bei WASS-Schneidversuchen hergestellt und eingelagert.

AP1.10:

Zur Durchführung von Technikumsversuchen wurde ein real anwendbarer Verguss-Prozess entwickelt. Erste Vorbereitungen wurden getroffen, um diesen Prozess in einer angemessen dimensionierten Versuchsumgebung möglichst realitätsgetreu erproben zu können.

#### b) Gemischseparation

AP2.4/2.5:

Eine Kombination aus Aufströmklassierung und Magnetabscheidung wurde als vielversprechende Kombination von Separationsverfahren zur Trennung von Abrasivmittel und Schnittfugenmaterial identifiziert. Mit dem Aufbau einer Versuchsvorrichtung zur Erprobung der Separationsverfahren wurde am KIT begonnen.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

AP1.10:

Die Anwendbarkeit des Vergussprozesses soll anhand eines realitätsnah dimensionierten Versuchsaufbaus dargestellt werden. Dazu werden die passenden Umgebungsparameter ausgewählt und eine Versuchsumgebung erstellt.

AP2.5:

Unter Verwendung der Versuchsvorrichtung soll die gewählte Verfahrenskombination erprobt werden. Dabei werden Kenntnisse zur Anwendbarkeit gesammelt sowie bei Bedarf der Anwendungsprozess optimiert und seine Effizienz gesteigert.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Auf der KONTEC 2013 in Dresden wird von den Projektpartnern eine Postersession mit Kurzvortrag zum aktuellen Stand des Forschungsvorhabens veranstaltet.

<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> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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 Zielparameter 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: Festlegung der Zielparameter Vergussbeton*

Auf Basis des zwischen den Projektpartnern KIT-IMB und AREVA entwickelten Fragenkatalogs wurden die wesentlichen Zielparameter für den Vergussbeton identifiziert und in gemeinsamen Absprachen die Mindestanforderungen festgelegt.

#### *Arbeitspaket 1.3: Untersuchung der Gemischeigenschaften*

Zur Ermittlung der Kornform des Abrasivmittels und der Abrasivgemische, sowie zur Identifikation von Veränderungen des Abrasivmittels durch den Schneidevorgang wurden Untersuchungen mit dem Rasterelektronenmikroskop durchgeführt.

Eine weitere, durch den Projektpartner AREVA zur Verfügung gestellte Charge Mustermaterial wurde fraktioniert und die Korngrößenverteilung sowie der jeweilige Feuchtegehalt der einzelnen Abschnitte bestimmt, um den bereits vorhandenen Datensatz zu erweitern. Hierdurch konnte insbesondere die zu erwartende Streuung der Materialeigenschaften näher eingegrenzt werden.

Zur Bestimmung der Grenzwerte der Materialstreuung der Abrasivgemische bezogen auf deren Korngrößenverteilung wurden durch Mahlung künstliche Abrasivgemische erzeugt, deren Korngrößenverteilung mittels Lasergranulometrie bestimmt und in den vorhandenen Datensatz eingearbeitet.

*Arbeitspaket 1.4: Auswahl eines Mischverfahrens und Mischungsentwicklung*

Die Entwicklung der Grundmischung vor dem Hintergrund, dass keine Additivzugabe gewünscht wird, wurde auf Basis der Korngrößenverteilung der Grundmischung vorangetrieben. Dazu wurde aus der einschlägigen Fachliteratur eine Beton-Soll-Sieblinie ermittelt mit der sich die gewünschten Betoneigenschaften erreichen lassen. Mittels Vorversuchen wurde dies erprobt und eingehend experimentell charakterisiert.

Die Verfahrenstechnik der Betonherstellung wurde durch KIT-IMB bis zum Status eines Pflichtenheftes fortgeführt. Das Pflichtenheft gibt Einblick in die grundlegende Systematik der Betonherstellung und enthält für alle Komponenten in diesem System die wesentlichen Merkmale und deren Mindestanforderungen. Das Pflichtenheft soll es dem Projektpartner AREVA ermöglichen einen Beton mit dauerhaft gleichbleibender Qualität herzustellen und dennoch im Hinblick auf sich ändernde Rahmenbedingungen bei unterschiedlichen Projekten flexibel zu bleiben.

*Arbeitspaket 1.6: Optimierung des Gemisches und Durchführung von Technikumsexperimenten*

Auf Basis der in Arbeitspaket 1.4 gewonnenen Erkenntnisse wurde ein Algorithmus entwickelt, mit dem sich auf Grundlage des in Arbeitspaket 1.3 angelegten Datensatzes eine optimale Grundmischung hinsichtlich minimaler Abweichungen von der Beton-Soll-Sieblinie bei sich ändernden Korngrößenverteilungen der Abrasivgemische ermitteln lässt. Die so ermittelte Grundmischung wurde mit den verschiedenen Abrasivgemischen auf die im Arbeitspaket 1.1 festgelegten Anforderungen untersucht. Die bisherigen Versuche lieferten durchweg die gewünschten Ergebnisse.

*Arbeitspakete 2.3 und 2.4: Separationsversuche/Vergleich und Bewertung der Versuche*

Durch die Erkenntnisse aus dem AP 1.3 und weiterführende Versuche, konnte gezeigt werden, dass die Spanpartikeln in den beiden Mustergemischen kleinere Partikelgrößen gegenüber dem verbrauchten Abrasiv besitzen. Durch farbliche Trennung konnte bei den Spanpartikeln ein mittlerer Durchmesser  $d_{50}$  von ca. 50  $\mu\text{m}$  gemessen werden. Der gemessene Wert im verbrauchten Abrasiv liegt bei etwa 230  $\mu\text{m}$ . Vergleichbare Ergebnisse sind auch bei der magnetischen Trennung des Gemischs mit ferritischem Stahl beobachtet worden. Durch die Überlappung der Partikelgrößenverteilung ist die Partikelgröße allein für die Separation jedoch nicht ausreichend. Aus den Beobachtungen der unterschiedlichen Sinkgeschwindigkeiten der einzelnen Fraktionen wurden Versuche mit einem Aufstromklassierer durchgeführt. Hiermit konnte die farbliche Trennung reproduziert werden, wobei die Ermittlung der Güte der Trennung noch aussteht. Parallel hierzu wurde ein Suspension-Kreislauf mit einem Magnetabscheider aufgebaut. Damit werden momentan Versuche ausgeführt um die Abtrennung der Spanpartikel in Suspension, insbesondere der Edelstahlspäne, zu erproben.

#### 4. Geplante Weiterarbeiten

*Arbeitspaket 1.6: Optimierung des Gemisches und Durchführung von Technikumsexperimenten*

Derzeit laufen weitere Untersuchungen mit Abrasivgemischen der dritten Charge, um die bisherigen Ergebnisse zu bestätigen.

Weiterhin wird derzeit intensiv ein Konzept für die Verfahrenstechnik zur praktischen Umsetzung der Betonherstellung entwickelt. Hierzu laufen u.a. experimentelle Untersuchungen sowie Gespräche mit Anbietern von Beton-Misch- und Fördertechnik.

*Arbeitspaket 2.3 und 2.4: Separationsversuche/Vergleich und Bewertung der Versuche*

Mit der Auswertung der Versuchsergebnisse aus dem Aufstromklassierer werden iterativ die Parameter (Strömungsgeschwindigkeit, Feststoffanteil, Strömungsquerschnitt) des Versuchstands angepasst. Im Aufgebauten Suspensions-Kreislauf sind weitere Arbeiten zur Steuerung nötig, insbesondere die Einstellung des Feststoffgehalts der Suspension. Durch Parametervariation werden die optimalen Betriebspunkte ermittelt und durch Koppelung die Güte der Separation überprüft.

#### 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;

Brandauer, M.; Haist, M.; Eckhardt, J.-D.; Bruhn, J. H.; Arnold, U.; Müller, H. S.; Gentes, S.; „Separation von Sekundärabfall aus der Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidetechnik“, Paper, KONTEC 2013, Dresden;

Auf der KONTEC 2013 in Dresden wird ein Kurzvortrag mit Poster zum aktuellen Stand des Forschungsvorhabens gehalten.

<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> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 1.039.254,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Wörn	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

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

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

*Im Berichtszeitraum wurden am IPR folgende Arbeiten durchgeführt:*

In AP1 wurde die Anbindung bisher fehlender SICK-Laserscanner implementiert. Das Arbeitspaket wurde mit der aufgrund von Lieferzeiten verzögerten Inbetriebnahme des Multi-Touch-Leitstandes abgeschlossen.

In AP2 wurden die Arbeiten zur robusten Extraktion und Repräsentation befahrbarer Flächen aus dem Umweltmodell fortgeführt.

In AP 4 wurde ein Algorithmus zur Bahnplanung konzipiert, der die in TMB-AP2 angegebenen Randbedingungen berücksichtigt. Zur Evaluation und Optimierung wurden ausgehend von TMB-AP1 zwei beispielhafte Testfälle modelliert.

In AP5 wurden erste Konzepte zur intuitiven Visualisierung und Interaktion erstellt.

*Im Berichtszeitraum wurden am TMB folgende Arbeiten durchgeführt:*

Die Optimierung des bestehenden Manipulatorsystems konnte im vergangenen Berichtszeitraum weiter vorangetrieben werden. Die Integration sowie Inbetriebnahme der neuen Komponenten ist erfolgt. Darauf aufbauend konnten in AP2 die Bewegungsabläufe sowie die hinterlegten Verfahrensätze zusammengestellt und dem Kooperationspartner übergeben werden.

In AP3 wurde ein Konzept für die Ausführung des Schnellkuppelsystems erarbeitet. Abhängig von AP4 sowie AP5 soll dieses weiter optimiert werden.

In AP4 sowie AP5 wurde ein grundsätzliches Konzept für den Aufbau des neuen Arbeitskopfes sowie für die Messplattenausbildung des Detektors erarbeitet.

Um das Kraftübertragungsverhalten der eingesetzten Vakuumsaugplatten unter verschiedenen Randbedingungen zu untersuchen wurde ein Teststand aufgebaut.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Am IPR werden innerhalb des AP4 die Bahnplanung anhand der Beispielszenarien evaluiert und optimiert. In AP2 werden die als befahrbar klassifizierten Flächen in eine für die Bahnplanung optimal geeignete Form überführt sowie Strategien zur optimalen Exploration entwickelt. In AP5 werden die Konzepte zur intuitiven Visualisierung und Interaktion implementiert und verfeinert. Im Rahmen von AP3 wird mit der Entwicklung von Algorithmen zur zuverlässigen Lokalisierung des Manipulators im Umweltmodell begonnen.

Am TMB werden die Arbeiten innerhalb AP3, AP4 sowie AP5 weitergeführt. Der Saugplattenteststand soll währenddessen weiter optimiert werden. Zusätzlich soll mit der Erarbeitung eines Konzepts zum Umbau der Aufnahmevorrichtung des Transportwagens begonnen werden. Der Umbau des Transportwagens ist zwingend erforderlich, um einen automatisierten Werkzeugwechsel zu ermöglichen.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

A. Stifi, P. Kern, A. Aminy, S. Gentes: "Technology and Management for Decommissioning of Nuclear Facilities – A Report from Germany", *Transactions "End of Use, European Nuclear Conference"*, Manchester, United Kingdom, 9 -12 December 2012

P. Kern, S. Gentes: "Manipulator Controlled Decontamination of Surfaces in Nuclear Power Plants", *IDI-Quarterly No.61, IDI QUARTERLY - Japanese Infrastructure Newsletter, Infrastructure Development Institute - JAPAN*, 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> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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 Versu-



che (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 geplant und ist fertiggestellt (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, das Strömungsverhalten im VORATOR mit ANSYS CFX 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 drei Barrieren Einhausung, Sicherheitsbox und VORATOR wurden in Betrieb gesetzt und durch Inbetriebnahmeversuche auf ihre Funktion geprüft worden.

(Arbeitspaket DD-4) Betonproben sind in einem Carbonatisierungsöfen künstlich auf 30 Jahre gealtert und anschließend mit Epoxydharzlack verschiedener Stärken beschichtet worden. Versuche zur Bestimmung von Stoffwerten des Lackes ergaben eine Bestimmung der chemischen Zusammensetzung des Lackes und der Verbrennungsprodukte, die Aktivierungsenergie zur Lackverbrennung, sowie optische Eigenschaften des Lackes. Zwei Versuchsregime zum Abtrag epoxidharzbeschichteter Probensteine mittels Laserstrahlung haben folgende Ergebnisse generiert: Temperaturprofile im VORATOR, Oberflächenstrukturanalysen und Abtragsvolumina, sowie Zünd- und Brennverhalten des Lackes unter Laserstrahlung. Diese Daten ermöglichen eine Verfeinerung der FEM-Modellierung der Laserdekontamination mittels COMSOL Multiphysics. Die Simulation dient der Extra- und Interpolation der Versuchsergebnisse.

#### **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
- Vorbereitung für Versuche mit PCB-haltigen Lacken
- Ertüchtigung der Abgasbeprobung für PCB/PCDD/F-haltige Abgase
- Vorbereitungen der experimentellen Kopplung der Versuchsanlage mit der vom Projektpartner TU Bergakademie Freiberg entwickelten Messtechnik.

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

Paper zur ICONTEC 21; Paper zur KONTEC 2013.

<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> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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

Die Entwicklung des LIF- Verfahrens zur Detektion des CCl-Radikals als Indikatorradikal des vollständigen Abbaus polychlorierter Biphenyle, Dibenzodioxine und Dibenzofurane soll an einem Diffusions- sowie Vormischbrenner über die Verbrennung eines Gemisches aus Methan sowie chlorierten Kohlenwasserstoffen erfolgen. Da sich herausgestellt hat, dass die gezielte Raumluftüberwachung auf Monochlormethan innerhalb der Arbeitsplatzgrenzwerte technisch nicht möglich ist, wurde stattdessen Dichlormethan gewählt. Diese Verbindung führt der Fachliteratur zufolge zu einer höheren CCl- Konzentration in der Flamme, was in Hinblick auf die Entwicklung des LIF- Verfahrens positiv ist. Weiterhin lässt sich Dichlormethan technisch selektiv innerhalb der MAK überwachen. Allerdings liegt Dichlormethan bei Raumtemperatur flüchtig vor, weshalb der Versuchsstand entsprechend angepasst werden musste, um die Verdampfung zu gewährleisten.

Der Versuchsstand mit Diffusionsbrenner, Dosier- und Verdampfungssystem für Dichlormethan, entsprechend ausgelegten Adsorbentien sowie Systemen zur Raumluftüberwachung für die Einsatz- und Reaktionsprodukte wurde fertig gestellt. Die methangestützte Verbrennung von Dichlormethan einschließlich aller Systeme an diesem Versuchsstand wurde erfolgreich getestet. Derzeit läuft die Einbindung des Versuchsstandes an das LIF- Messsystem. Der Laserstrahl des Farbstofflasers zur Anregung der CCl- Radikale muss über eine spezielle Optik in der Höhe verlegt werden. Weiterhin wird derzeit eine spezielle Quarzglasscheibe an die Seitenwand des Versuchsstandes angebracht, um den optischen Zugang für das Kamerasystem zu gewährleisten.

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 isopenmarkierter Standard erforderlich. Dies lässt sich nicht am Institut realisieren. Daher wurde entschieden, die Analyse der Messreihen an PCB-belasteten Lackschichten auf PCDD/PCDF von zertifizierten Umweltlaboratorien vornehmen zu lassen. Das Probenahmesystem am Versuchsstand der TU Dresden ist dafür in enger Abstimmung mit dem Analyselabor auszulegen, damit eine zertifizierte Beprobung des Abgases vorgenommen werden kann.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- 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> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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: Koordination und Dokumentation

Projekttreffen wurden regelmäßig alle zwei Monate mit den Projektbeteiligten, nämlich Institut für Informationsmanagement im Ingenieurwesen (IMI), Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB) und SAT Kerntechnik durchgeführt.

#### AP2: Problemanalyse

Die Einflussfaktoren wurden mit TMB und IMI diskutiert und ihre Wertebereiche definiert.

#### AP3: Simulationsmodell

Beim IMI wurde geeignete CAD- und Simulations-Software ausgewählt. Es wurde verschiedene Simulationen durchgeführt.

#### AP4: Nutzergerechte Schnittstellen

Die nutzergerechte Parametrisierung der Teilsimulationsmodelle wurde mit KIT diskutiert. Darüber hinaus wurde der Demonstrator zur visuellen und akustischen Wahrnehmung im LESC des IMIs vorgestellt.

#### AP6: Öffentlichkeitsarbeit und Verbreitung von Ergebnissen

Das Forschungsprojekt wurde im Rahmen „European Nuclear Conference“ in Manchester im Dezember 2012 präsentiert.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

#### AP1: Koordination und Dokumentation

Das nächste Projekttreffen ist für Februar 2013 geplant.

#### AP2: Problemanalyse

SAT Kerntechnik versucht das strukturmechanische Verhalten der realen kontaminierten Probe zu untersuchen und diese TMB und IMI zur Verfügung zu stellen.

#### AP3: AP3: Simulationsmodell

Die Simulation wird mit der FEM und MKS Modellierung weiter durchgeführt.

#### AP4: Nutzergerechte Schnittstellen

Die nutzergerechte Schnittstellen werden weiterdiskutiert.

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

Das Forschungsprojekt wurde im Rahmen „European Nuclear Conference ENC 2012“ in Manchester im Dezember 2012 angekündigt. Das Paper „Technology and Management for Decommissioning of Nuclear Facilities – A Report from Germany“.

<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> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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: Nutzgerechte Schnittstellen

AP5: Validierung

AP6: Öffentlichkeitsarbeit und Verbreitung von Ergebnissen

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Im Rahmen des Projektes SimViDekont wurden regelmäßige Projekttreffen alle zwei Monate durchgeführt.
- AP2: Die Einflussfaktoren wurden identifiziert, ihre Wertebereiche wurden definiert und in einer Liste für das Simulationsmodell zusammengefasst.
- AP3: Es wurden Mehrkörpersimulationen (MKS) mit dem Siemens NX 8 System unterschiedlicher Geometrien durchgeführt. Unter anderem wurden die Rohrrinnendurchmesser, die Außengeometrie des Werkzeuges, sowie dessen Länge und die Anzahl der Werkzeugkanten variiert. Dabei wurden die Geschwindigkeiten, Beschleunigungen und Wege des Werkzeuges analysiert. Auf diese Weise konnte das schwingungsmechanische Verhalten erfasst und anschließend mit den aus Versuchen gewonnenen Messergebnissen des TMB verglichen werden. Anhand dieses Vergleichs konnte das MKS Modell den realen Gegebenheiten angepasst werden.
- AP4: Ein Demonstrator zur visuellen und akustischen Beurteilung wurde im LESC vorgestellt. In diesem wird die Radioaktivität der Rohrproben mittels eines virtuellen Geigerzählers akustisch wahrnehmbar. Die Rohrproben können im virtuellen Raum bewegt werden und lassen den Anwender das Gefahrenpotential nachvollziehen.
- AP6: Das Forschungsprojekt wurde im Rahmen „European Nuclear Conference“ in Manchester im Dezember 2012 präsentiert (siehe Punkt 5).

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Das nächste Projekttreffen des Gesamtkonsortiums ist für Februar 2013 geplant.
- AP2: Im Rahmen der Werkstattversuche ist geplant, die Anordnung der Beschleunigungssensoren des Versuchstandes mittels Laser-Scanning-Vibrometrie zu überprüfen. Ein geeigneter Anbieter des Verfahrens wird gesucht.
- AP3: In Zukunft ist zwischen zwei Simulationsgebieten im Rahmen eines ganzheitlich „integrierten Simulationsmodell“ zu unterscheiden. Die MKS bildet die sog. Makrosimulation und beschreibt den gesamten Bewegungsablauf des Systems. Die Finite-Elemente-Methode (FEM) fällt in den Bereich der Mikrosimulationen und betrachtet vorerst die bruchmechanischen Vorgänge im System.
- AP4: Ein weiteres wichtiges Vorhaben ist das Erzeugen einer nutzergerechten Schnittstelle, um die gewonnenen Erkenntnisse zu präsentieren, sowie interessierten Personen verfügbar zu machen.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Stifi, A., Kern, P., Aminy, A., Gentes, S. (2012). “Technology and Management for Decommissioning of Nuclear Facilities – A Report from Germany”, Beitrag im Transactions “End of Use”, European Nuclear Conference”, 9 -12 December 2012, Manchester, United Kingdom

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Technische Universität München, Arcisstr. 21, 80333 München		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9001</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung des Nuklidinventars in bituminierten Abfallgebinden		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.03.2012 bis 28.02.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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 Ideen, Anregungen und Optimierungsmöglichkeiten zur Entwicklung eines zerstörenden Probennahmeverfahrens (AP4) und eines thermischen Aufschlussverfahrens (AP5) gesammelt, besprochen und hinterfragt.

Es wurden Vorversuche zur Probenentnahme (AP4) von Bitumen mittels Bohrverfahren durchgeführt, welche nur bedingt zufriedenstellend verliefen. Für die Versuche wurde inaktives Bitumen verwendet, welches entweder vor der Probenentnahme gekühlt oder erwärmt wurde.

Zur Kühlung wurde das inaktive Bitumen sowohl mit flüssigem als auch gasförmigem Stickstoff vorbehandelt. Durch die Vorbehandlungen war das Bitumen sehr spröde. Die Bohrungen erfolgten mit zwei Lochsäge-Aufsätzen (für Holz und für Beton/Plastik).

Der Unterschied zwischen beiden Aufsätzen war der, dass die Lochsäge für Holz eine Zählung aufwies. Die Vorgänge des Bohrens erforderten einen hohen Kraftaufwand und späten stark. Um die dadurch erhöhte Kontaminationsgefahr einzudämmen, sollten künftig Bohrungen mit gekühlten Bitumen unbedingt in einer geeigneten Box durchgeführt werden.

Es wurden auch Bohrversuche an warmem, inaktivem Bitumen durchgeführt. Hierfür wurde das Bitumen in einem Trockenschrank bei ca. 60 °C über Nacht eingestellt. Die Probenentnahme forderte auch in diesem Fall einen hohen Kraftaufwand und das Bitumen verschmierte und verklebte die Bohraufsätze.

Auf Grund der Erfahrungen, die mit dem Bohrverfahren gesammelt wurden, wird zurzeit an einem Probennahmesystem ohne Bohrwerkzeug gearbeitet.

Dieses System besteht aus einem „Opferrohr“, welches ein kleineres Probenentnahmerohr beinhaltet. Beide Rohre sollen in das zu beprobende Fass mit einer Hydraulik gedrückt werden. Das Probenrohr wird durch die Druck- und Zugvorrichtung wieder herausgezogen, wobei das Opferrohr im Fass zurückbleibt. An der Konstruktion und Optimierung dieses Systems wird derzeit gearbeitet. Erste Anwendungsversuche am inaktiven Bitumen und im kleineren Maßstab wurden erfolgreich durchgeführt.

Für die Matrixabtrennung (AP5) wurde ein System entwickelt, welches aus einem Pyrolyseofen besteht, an den ein Katalysator-/Nachverbrennungsofen gekoppelt ist. Die Pyrolyse in der gleichnamigen Kammer erfolgt in zwei Arbeitsschritten. Unter Stickstoff wird der Ofen langsam auf 600 °C hochgeheizt und unter Sauerstoff für eine bestimmte Zeit gehalten. Anschließend wird auf 800 °C geheizt.

Die Oxidation der Pyrolysegase ( $\text{NO}_x$ ;  $\text{CO}$ ;  $\text{SO}_x$ ; ...) erfolgt schließlich bei 600 bis 700 °C im Katalysator-/Nachverbrennungsofen. Die leichtflüchtigen Nuklide sollen in Waschflaschen, welche auf den Katalysator-/Nachverbrennungsofen folgen, absorbiert werden. Die erste Waschflasche wird als Kühlfalle verwendet und die zweite beinhaltet einen  $\text{CO}_2$ -Absorber. Somit wird gewährleistet, dass Iod, Selen, Tritium (erste Waschflasche) und radioaktiver Kohlendioxid (zweite Waschflasche) nicht verloren gehen.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Die Prüfung der Anwendbarkeit des Probennahmesystems (AP4) soll anhand inaktiver Bitumen-Matrizes durchgeführt werden. Die Vorversuche erfolgen zunächst im kleinen Maßstab. Hierfür sollen Bitumen-Behälter der Firma Shell AG mit einem Volumen von 5 bis 8 L eingesetzt werden. Anschließend sollen die Vorversuche und das Probennahmesystem auf 200-L-Abfallgebinde übertragen werden. Für diesen Fall ist eine Abfüllung von Bitumen in 200-L- Abfallfässern erforderlich.

Versuche zur Matrixabtrennung (AP5) mittels Pyrolyseofen sollen mit inaktivem Bitumen durchgeführt werden. Dabei soll schrittweise die einsetzbare Probenmenge ermittelt werden. Zudem sollen weitere Versuche mittels Pyrolysekammer und Plasmaofen durchgeführt werden.

### 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> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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.
- AP2: Adaptierung des Programms zur Unterstützung der Gebäudefreigabe für die Anwendung in der RCM.
- AP3: Erarbeitung einer optimierten Beprobungsstrategie für die radiologische Charakterisierung der RCM.
- AP4: Anwendung des Programms zur Unterstützung der Gebäudefreigabe für die Unterstützung bei der Beprobung.
- AP5: Erarbeitung einer Vorgehensweise für die Bildung von Nuklidvektoren für die RCM.
- AP6: Darstellung statistischer Messverfahren für die Gebäudefreigabe und Prüfung von deren Anwendbarkeit für die RCM.
- AP7: Exemplarische Begleitung von Freigaben mittels des Programms zur Unterstützung der Gebäudefreigabe einschl. Erstellung der Dokumentation zur Freigabe.
- AP8: Begleitung der Beräumung im Flachbau der RCM zwecks Überprüfung der Vorgehensweise und der Ergebnisse.
- AP9: Dokumentation des Vorhabens.

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Grundlagen zur Bildung von Nuklidvektoren (NV) gemäß in DIN 25457 (Messverfahren zur Freigabe) wurden zusammengestellt.
- AP2: Die ausgewählten 6 repräsentativen Labors des Hauptbaus der RCM (jew. mit deutlich unterschiedlicher Betriebshistorie) wurden im Programm zur Unterstützung der Gebäudefreigabe (RaChaG) aufgenommen (Übernahme der Orte bereits durchgeführter Messungen).
- AP3: Für die ausgewählten Labors der RCM wurde die vollständige bekannte Betriebshistorie mit der RCM zusammengetragen. Hierzu wurden Datenblätter entworfen, um die Datenangaben zu standardisieren und zu systematisieren. Die Labore wurden im Folgenden intensiv begangen insbesondere zur Identifikation von optisch auffälligen Stellen (z. B. ausgetauschter Bodenbelag, beschädigte Dekont-Beschichtungen, Verfärbungen etc.), an denen Proben zur Überprüfung von Kontamination sowie Feststellung von Eindringtiefen genommen werden können. Hierzu wurden auch die bislang vorliegenden Ergebnisse der mit verschiedenen Messverfahren durchgeführten orientierenden Messungen herangezogen. Es erfolgten die folgenden Beprobungen und Messungen: Probenahme an zugänglichen, auffälligen Stellen (Gegenstände aus Digestorien, Materialproben an beschädigte Bodenstellen, verschiedene Kratzproben); Messungen mit Kontaminationsmonitoren zur Identifikation von Stellen mit erhöhter Zählrate für nachfolgende Messungen ( $\beta/\gamma$  sowie  $\alpha$ ); unkollimierte und kollimierte Messungen mit In-situ-Gammaspektrometrie (ISG) vor Digestorien zur Beurteilung der Umgebungsstrahlung, Einstrahlung aus nebenliegenden Digestorien sowie Einstrahlung aus Nachbarräumen (Abfallfässer); kollimierte ISG-Messungen auf Verkehrswegen in ausgewählten Räumen (Auswertung steht noch aus); orientierende Messungen mit Alpha-Spektrometer an Stellen mit Alpha-Kontamination.
- AP4: Die weiteren Beprobungs- und Messergebnisse wurden in RaChaG eingegeben.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

Da der Neubau der RCM nicht wie geplant bereits fertiggestellt werden konnte, verzögert sich der Umzug der bestehenden Labore aus dem Haupt- und dem Flachbau erheblich. Die für dieses Vorhaben ausgewählten Räume werden dennoch im 1. Quartal 2013 soweit vorbereitet, dass Messungen am festen Inventar sowie an der Gebäudestruktur erfolgen können.

Die Weiterarbeit im 1. Halbjahr 2013 wird sich daher zunächst auf die weitere Auswertung der bereits vorliegenden Beprobungs- und Messergebnisse in den ausgewählten Laborräumen (AP3) und deren Übertragung ins Programm RaChaG (AP4) sowie auf theoretische Arbeiten zur Bildung von Nuklidvektoren unter Berücksichtigung der bereits vorliegenden Erkenntnisse (AP5) erstrecken.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Technische Universität München, Arcisstr. 21, 80333 München		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9012B</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Erhebung von Nuklidvektoren in komplexen radiochemischen Laboren mit Unterstützung durch ein Programm zur Gebäudefreigabe (RaChaG)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.01.2012 bis 31.12.2014	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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 Betriebs historie 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**

Die Grundlagen zur Bildung von Nuklidvektoren gemäß DIN 25457 wurden erarbeitet.

Die gewonnenen Erkenntnisse über die komplex-nuklidische Umgebung der Labors wurden raumspezifisch in das von der Firma Brenk Systemplanung entwickelte Programm zur Freigabe (PUG) eingepflegt.

Im Zuge der Erarbeitung einer optimalen Beprobungsstrategie wurden die in das Projekt RaChaG aufgenommenen Labore (1. OG: 106, 108; EG: E012, E014, E016, E018), nach der bereits erfolgten ersten Beprobung, gründlich katalogisiert, um besondere Gegebenheit wie z. B. erneuerte Fußbodenbeläge, überstrichenen Wände, beschädigte Arbeitsflächen etc. aufzunehmen. Die bereits erhaltenen Ergebnisse aus der ersten Beprobung (Alpha-, Beta- und Gamma-Spektrometrie) flossen direkt mit ein. Des Weiteren wurden In-situ-Messungen eben jener auffälligen Stellen durchgeführt, um evtl. eingedrungene Kontaminationen und deren Eindringtiefe zu messen. Zur Minimierung des Einflusses von Streustrahlung (aus benachbarten Laboren, angrenzenden Digestorien) wurden kollimierte Messungen mit einem in-situ Gammaskpektrometer durchgeführt und ausgewertet.

Die erhaltenen Ergebnisse wurden in PUG eingegeben.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Bedingt durch die Verzögerung bei der Fertigstellung des Neubaus der RCM, kann der Umzug des Altbaus nicht wie geplant durchgeführt werden und muss ebenfalls verschoben werden. Dies hat zur Folge, dass Inventar aus den dem Projekt zugeordneten Räumen zunächst nicht aus selbigen entfernt werden kann. Die Labore werden jedoch soweit vorbereitet, dass die Beprobung und Messung des festen Inventars und der Gebäudestruktur erfolgen kann. Das Augenmerk im 1. Halbjahr 2013 wird sich deswegen primär auf die Auswertung der erzielten Beprobungs- und Messergebnisse richten, sowie deren Aufnahme in PUG.

### **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> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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**

In der zweiten Jahreshälfte 2012 wurden verschiedene neutronenphysikalische Berechnungen mit MCNP und MCNPX sowie Photonentransportberechnungen mit GEANT 4 durchgeführt. Ziel dieser Simulationen war es den Neutronenfluss am Ort des Detektors in Abhängigkeit von der Systemgeometrie zu bestimmen und etwaige Störeinflüsse, die zu einem erhöhten Untergrund führen können, zu reduzieren. In Abstimmung mit den übrigen Verbundpartnern wurden hierzu mehrere Parameter ausgewählt und simuliert, wie etwa Position der Quelle im Targetraum oder Abschirmvariationen bezüglich Abmessungen und Materialien. Darüber hinaus wurde eine erste Version des Bildrekonstruktionsalgorithmus realisiert und anhand idealisierter zweidimensionaler Testfälle verifiziert. Dies wurde erreicht durch einen Vergleich mit einer klassischen Rekonstruktion eines Parallelstrahlbildes. Nach der erfolgreichen Verifizierung in 2D wurde der Algorithmus auf drei Dimensionen erweitert. Wieder wurden die Ergebnisse anhand idealisierter Testfälle verifiziert. Mit Hilfe des Algorithmus wurde anschließend eine Bewertung verschiedener Auflösungen und Systemgeometrien vorgenommen, mit dem Ziel geeignete Parameter für die weiteren Phasen des Projekts zu identifizieren.

Fortschritte kurz gefasst:

- Erstellung eines CAD-Modells der NISRA-Anlage
- Simulationsrechnungen mit MCNP, MCNPX und GEANT4 zur Bestimmung der Neutronen- und Photonenflüsse
- Erstellung einer ersten Version des Bildrekonstruktionsalgorithmus

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Für die erste Jahreshälfte 2013 ist der experimentelle Aufbau der NISRA-Anlage geplant. Die Vorbereitungen hierfür sind im FZJ im vollen Gange. Die Neutronenquelle und Detektor sind bestellt bzw. gekauft. Um den Aufbau zu unterstützen werden am INBK aktuelle Simulationen bzw. Berechnungen für den Strahlenschutz durchgeführt. Eine optimierte Abschirmung ist sowohl für die Reduzierung der Neutronenstrahlung außerhalb der Anlage als auch für die Vermeidung von Untergrundaktivität notwendig. CCES entwickelt zurzeit eine neue Version des Rekonstruktionsalgorithmus, in der auch Bildrauschroutinen implementiert werden.

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

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Forschungszentrum Jülich GmbH, Leo-Brandt-Straße, 52428 Jülich		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9022B</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.05.2012 bis 30.04.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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**

- Die Strahlenschutz- und Sicherheitsmaßnahmen für den Betrieb des 14 MeV Neutronengenerators im Bestrahlungsraum wurden durchgeführt.
- Die Genehmigung zum Betrieb des 14 MeV Neutronengenerators wurde von der zuständigen Behörde erteilt (Genehmigungsbescheid BS1/2012, Bezirksregierung Köln).
- Der Flat-Panel Detektor ohne Konverter wurde im Dezember 2012 geliefert.
- Der 14 MeV Neutronengenerator wird Mitte Januar 2013 geliefert.
- Die Literaturrecherche über den Stand von Wissenschaft und Technik der Neutronenradiographie mit schnellen Neutronen wurde abgeschlossen.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

- Montage des Referenzkonverters auf dem Flat-Panel-Detektor.
- Design und Auslegung der Neutronen/Gamma-Abschirmung für den Neutronengenerator und den Detektor mittels numerischen Simulationen (GEANT4).
- Aufbau der Neutronenradiographieanlage.
- Test der Funktionen der Grundkomponenten der Neutronenradiographieanlage.
- Simulation des Licht-Transports in dem Referenzkonverter/Flat-Panel-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> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 301.246,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. Schitthelm	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte seitens der Siemens AG sind:

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

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

- Mitarbeit an der Entwicklung eines MNCP Modells zur Simulation der Radiographieanlage
- Entwicklung eines Datenformats zum Austausch der Simulationsergebnisse mit der Rekonstruktionsgruppe
- Erstellung erster Detektorbilder als Grundlage für die Rekonstruktion

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

- Koordination in der Softwareentwicklung mit den Projektpartnern, erste Planung der Anlagensoftware
- Entwicklung einer automatisierten Testumgebung um umfassende Parameterstudien in der vorab Simulation durchführen zu können.
- Erstellen von weiteren 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> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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**

Bezugnehmend auf Abschnitt 2 wurden folgende Punkte bearbeitet:

Zu 1. Die Literaturrecherche zum Zündverhalten von Zirkalloy wurde durchgeführt. Die Ergebnisse fließen in Punkt 4 „Erstellung eines Prozessmodells für die exotherme Zirkalloyreaktion“ ein.

Zu 2. Die Literaturrecherche von Zirkalloy im kerntechnische Bereich wurde durchgeführt.

Zu 2. Der Forschungspartner „Institut für Werkstoffkunde der Leibniz-Universität Hannover“ wurde hinsichtlich der Beschaffung von Probenmaterial unterstützt. Die Beschaffung erfolgt durch das Institut für Werkstoffkunde direkt.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Ein Schwerpunkt der weiteren Arbeiten liegt in der Fertigstellung des Prozessmodells für die exotherme Zirkalloyreaktion. Zwecks Verifizierung des Modells ist ein Quercheck auf Expertenebene, mit dem Institut für Werkstoffkunde geplant.

Der zweite Schwerpunkt für den nächsten Berichtszeitraum liegt in der gemeinsamen Versuchsplannung / Durchführung mit dem Institut für Werkstoffkunde (Punkt 5).

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

Aktuell keine Veröffentlichungen.

Poster Vortrag auf die KONTEC 2013 ist gemeinsam mit dem Institut für Werkstoffkunde der Leibniz-Universität Hannover geplant.

<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> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<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 ein Wasserbecken für die Unterwasserschneidversuche mit unterschiedlichen Schneidtechnologien konstruiert und gefertigt. Das Wasserbecken wurde mit einem Schienensystem ausgestattet, über das die Werkzeuge handgeführt bewegt werden können. Das Wasserbecken verfügt über Sichtfenster, über die eine Prozessüberwachung durchgeführt werden kann.
- Die Abmessungen des Probenmaterials wurden festgelegt und der Gesamtbedarf an Probeplatten bestimmt.
- Es wurden, in Zusammenarbeit mit dem Kooperationspartner NUKEM Technologies, Angebote für das Probenmaterial (Zr702) eingeholt (international) und die Beschaffung ausgelöst.
- Die Bestellung des Feinstaubmessgerätes wurde ausgelöst und die zum Betrieb notwendige Umgangsgenehmigung für die Neutralisationsquelle wurde beantragt. Die Inbetriebnahme des Messsystems ist für das 2. Quartal 2013 geplant.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

- Durchführung von Referenzversuchen mit mechanischen Trennverfahren an Atmosphäre, unter Wasser und in einer Schutzgasatmosphäre.
- Ermittlung der durchschnittlichen Span- und Partikelgröße bei mechanischen Trennverfahren.
- Durchführen von Schneidversuchen an Atmosphäre mit dem autogenen Brennschneiden.

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

Erfolgreiche Einreichung einer Veröffentlichung zur KONTEC 2013.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Temp- lergraben 55, 52062 Aachen		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 9042</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Rückbau von Forschungs- und Leistungsreaktoren Entwicklung eines automatisierten Ver- fahrens zur Berechnung der Aktivitätsverteilungen und Ortsdosisleistungen in kerntechni- schen Anlagen am Beispiel des Forschungsreaktors FRJ-2 in Jülich		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.07.2012 bis 30.06.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.07.2012 bis 31.12.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 942.204,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Nabbi	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

Die Erreichung dieser Ziele wird am Beispiel des Forschungsreaktors FRJ-2 erprobt und demonstriert. Es besteht ein direkter Bezug zu derzeit laufenden Rückbaumaßnahmen und ganz besonders zur erteilten Rückbaugenehmigung für den Forschungsreaktor FRJ-2 und damit eine enge Kooperation mit dem Forschungszentrum Jülich. Des Weiteren gibt es - aufgrund des inhaltlichen Zusammenhangs - einen engen Bezug zu dem laufenden Projekt CARBO-DISP über die Quantifizierung und Entsorgung von bestrahltem Nukleargraphit aus Kernreaktoren. Darüber hinaus besteht seitens nationaler Unternehmen großes Interesse an der Nutzung und dem Einsatz der im Rahmen dieses Projekts laufenden Entwicklungen für Rückbaumaßnahmen.

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Im Rahmen des Arbeitspakets AP1 wurde eine Recherche bzw. eine Untersuchung der numerischen Simulationsprogramme für Kern-, Aktivierungs-, Strahlenfeldberechnungen durchgeführt. Im Ergebnis wurde, in Anlehnung an folgende Kriterien, das Monte-Carlo-basierte Programm MCNP als Hauptteil des gesamten Verfahrens für das Gebiet Neutronentransport gewählt:

- Flexibilität in der Geometrie- und Materialmodellierung
- Gekoppelte Neutronen- und Strahlentransportberechnung



- Einbindung punktgenauer Datenbibliotheken und Wirkungsquerschnittsdateien nach dem Stand der letzten internationalen Evaluierungen

- Flexibilität in der Schnittstellengestaltung zur Kopplung mit anderen Programmen.

Aufgrund der vorliegenden Erfahrungen und in Anlehnung an die internationalen Empfehlungen wurde das Programm ORIGEN für die Aktivierungsberechnungen gewählt.

AP2: Die erste Version des Geometriemodells des Forschungsreaktors FRJ-2 wurde generiert. Die Monte-Carlo-Berechnungen mit diesem MCNP-Modell des Reaktorblocks mit einem relativ hohen Detaillierungsgrad des Kernmodells zeigte, dass ein hoher Modellierungs- und Zeitaufwand (Simulationszeit) erforderlich ist, um eine ausreichend hohe statistische Sicherheit bzw. Genauigkeit bzgl. Neutronenfluss- bzw. Fluenzverteilung als Grundlage der Aktivierungsberechnungen zu erreichen. Zur Lösung dieses verfahrensbedingten Hindernisses wurden zwei verschiedene Rechenmodelle bzw. Vorgehensweisen entwickelt und angewandt.

- Im ersten Verfahren wurde der Effekt des hohen Detaillierungsgrads des Reaktorkerns auf die spektrale Verteilung des Flusses in den kernnahen und äußeren Strukturen untersucht. Dies zeigt eine deutliche Verbesserung der statistischen Genauigkeit der für die Aktivierung entscheidende Fluenzwerte und eine Reduzierung der Rechenzeit.
- Im zweiten Verfahren wurde das sogenannte SURFACE-Source-Verfahren (Quelltermverfahren) gewählt, wobei zunächst unter Beibehaltung des hochaufgelösten Kernmodells die spektrale und räumliche Flussverteilung an einer den Reaktorkern umfassenden Mantelfläche bestimmt wird. Im Ergebnis wurde das gesamte Modell des Reaktorblocks im Kernbereich geometrisch und physikalisch durch eine Quelldatei ersetzt, wodurch sich die zeitintensive Neutronentransportsimulation im Innenbereich zugunsten der Außenstrukturen erübrigte. Des Weiteren wurde im Hinblick auf die Erhöhung der statistischen Genauigkeit der MCNP-Berechnungen das Rechenverfahren durch Anwendung von Weight-Windows (Anwendung der Methode der Varianzreduzierung) in den einzelnen Zonen optimiert.

AP3: Im Hinblick auf die 3D-Visualisierung der Fluenz- und der Aktivitätsverteilung wurde im Rahmen des AP3 das komplexe CAD-Modell des FRJ-2 installiert und dessen Funktionalität erprobt. Parallel wurde an der Entwicklung eines Interface-Modells und eines Konvertierungsprogramms gearbeitet, dessen Ergebnis die Erstellung eines detaillierten MCNP-Modells des FRJ-2 aus CAD-Dateien ist. Damit wird die Kopplung der verschiedenen Programme über eine Plattform zur 3D-Darstellung der Aktivitätsverteilung in einem virtuellen FRJ-2 ermöglicht.

Ergebnisse:

- Nach dem Aufbau eines detaillierten MCNP-Modells des FRJ-2 wurden die ersten Neutronentransportsimulationen durchgeführt, um die Wirkung verschiedener Einflussgrößen auf die Fluenzverteilung und Rechengenauigkeit zu untersuchen. Die Anwendung eines homogenisierten Modells für den Reaktorkern bewirkte eine Verkürzung der Simulationszeit und Erhöhung der statistischen Rechengenauigkeit. Daraus ergab sich allerdings eine Veränderung der spektralen Verhältnisse in den inneren und äußeren Strukturen.
- Aus dem bestehenden CAD-Modell des Reaktors wurde mit Hilfe einer Programmroutine ein MCNP-Modell generiert. Damit wurde die erste Phase der Kopplung des CAD-Modells und des reaktorphys. Modells zur 3D-Visualisierung des Reaktors realisiert.
- Neutronentransport- und Fluenzberechnungen mit MCNP wurden unter Anwendung des Quelltermverfahrens durchgeführt. Kombiniert mit der Anwendung des Varianzreduzierungsverfahrens wurde dabei eine signifikante Reduzierung der Simulationszeit (um den Faktor 4) erreicht.

#### 4. Geplante Weiterarbeiten

- Zur Durchführung 3-dimensionaler Aktivierungsberechnungen werden im Allgemeinen die in die Datenbibliothek des Programms ORIGEN integrierten Standardwirkungsquerschnitte (isotopenspezifische Eingruppenwerte) verwendet. In der nächsten Projektphase werden diese über neue reaktorspezifischen Spektralberechnungen mit MCNP für die Strukturen des FRJ-2 neu generiert und in die ORIGEN-Bibliothek integriert. Dies erfolgt über die Entwicklung einer Kopplungsroutine für das Programm MCNP und die ORIGEN-Bibliothek.
- Das aus CAD-Dateien erstellte Geometriemodell des Reaktorblocks des FRJ-2 wird durch den Einbau zonen-spezifischen Materialzusammensetzung der einzelnen Strukturen zu einem vollständigen MCNP-Modell erweitert.
- Weitere Neutronentransportberechnungen werden durch Optimierung und Variation der Zonengewichte (Weight-Windows) durchgeführt, um die Effizienz der Simulationsberechnungen einerseits und die Genauigkeit der Fluenzwerte in Außenstrukturen des Reaktorblocks zu erhöhen.

#### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Forschungszentrum Jülich GmbH, Leo-Brandt-Straße, 52428 Jülich		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 9052A</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Bestimmung und Validierung von nuklearen Daten von Actiniden zur zerstörungsfreien Spaltanalyse in Abfallproben durch prompt Gamma Neutronenaktivierungsanalyse (PGAA_Actinide)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.08.2012 bis 31.07.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.08.2012 bis 31.12.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 577.812,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. Rossbach	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Es wurden bisher Bestrahlungsproben in Reinstaluminium und in Suprasil<sup>®</sup> Ampullen hergestellt. Es handelt sich hier um  $^{237}\text{NpO}_2$  und  $^{242}\text{PuO}_2$ , das zu je 5 bis 10 mg eingewogen und teilweise mit 2-3 mg Goldpulver als Neutronenmonitor versetzt war. Mit diesen Proben wurden jeweils zwei Messkampagnen (teilweise durch das EU-ERINDA Projekt gefördert) am Budapester Forschungsreaktor und an der Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz, FRM II in Garching mit kalten Neutronen durchgeführt. Die gewonnenen Spektren der Actinide wurden untergrundkorrigiert ausgewertet; die Selbstabsorption von Neutronen und Gammaquanten durch die Probe und das Verpackungsmaterial wurde ebenfalls berücksichtigt. Es wurden die integralen und partiellen Neutroneneinfangquerschnitte für beide Isotope bestimmt und mit Literaturwerten verglichen. Die Ergebnisse decken sich mit neueren Bestimmungen dieser Werte, soweit vorhanden. Leider konnte die Unsicherheit unserer Bestimmungen noch nicht wesentlich im Vergleich zu existierenden Daten verbessert werden. Deshalb ist vorgesehen, das Probenpräparationsverfahren insofern zu verbessern, dass die Gesamtunsicherheit allein von der Unsicherheit des Messprozesses bestimmt wird. Dadurch wird erwartet, die Unsicherheit in der Bestimmung der Einfangquerschnitte auf 2-3 % zu drücken.

Des Weiteren wurden die Messeinrichtungen für die PGAA in Budapest sowie am FRM II mit GEANT4 modelliert. Somit können erste Spektren simuliert und die Messanordnung auch in Ihren Parametern optimiert werden. Dieses dient als erster Schritt zu einer optimierten Auslegung des geplanten PGAA Messplatzes für schnelle Neutronen am FRM II. Die Ausschreibung einer Doktorandenstelle hat leider bisher noch nicht zur Gewinnung geeigneter Kandidaten geführt.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

- Verbesserte Probenpräparation für  $^{237}\text{NpO}_2$  und  $^{242}\text{PuO}_2$ .  $^{241}\text{Am}$  Proben werden von der PTB Braunschweig hergestellt und charakterisiert.
- Transport der Proben nach Budapest und München. Anschließendes Vermessen dieser Materialien mit kalten Neutronen und Auswertung der Spektren.
- Simulation des PGAA Messplatzes für schnelle Neutronen. Auslegung von Detektor, Abschirmung und Elektronik.
- Bestellung der Materialien und Aufbau in Garching. Erste Tests bis Ende 2013.
- Beschaffung weiterer Actiniden und Präparation für die Bestrahlung mit kalten und schnellen Neutronen. Bestimmung der integralen und partiellen Neutronenwirkungsquerschnitte.
- Integration der gewonnen Daten in ‚nuclear level schemes‘ durch Kooperation mit der Nuclear Data Group in Berkely National Laboratory, USA.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

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

C. Genreith, M. Rossbach, E. Mauerhofer, T. Belgya, G. Caspary: Measurement of thermal neutron capture cross sections of  $^{237}\text{Np}$  and  $^{242}\text{Pu}$  using prompt gamma neutron activation. J Radioanal Nucl Chem, DOI 10.1007/s10967-012-2080-8.

Vorträge: C. Genreith, M. Rossbach, E. Mauerhofer, T. Belgya: Prompt Gamma Characterization of Actinides ( $^{237}\text{Np}$ ), NUTECH 2011, 11.-14. September 2011

C. Genreith, M. Rossbach, E. Mauerhofer, T. Belgya: Prompt Gamma Characterization of Actinides ( $^{237}\text{Np}$ ,  $^{242}\text{Pu}$ ), MARC IX, 25.-30. März 2012, Kona, Hawaii, USA

Poster: M. Rossbach, C. Genreith, E. Mauerhofer, R.B. Firestone, Z. Révay, T. Belgya: Research Alliance for Validation of PGAA Actinide Nuclear Data, 16.-21. September 2012, Como, Italien.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Technische Universität München, Arcisstr. 21, 80333 München		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9052B</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Bestimmung und Validierung von nuklearen Daten von Actiniden zur zerstörungsfreien Spaltanalyse in Abfallproben durch prompt Gamma Neutronenaktivierungsanalyse (PGAA_Actinide)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.08.2012 bis 31.07.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.08.2012 bis 31.12.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 416.670,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dr. Neuhaus	

### 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

### 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Am PGAA Instrument wurde im August - Oktober 2012 eine massive Bleiabschirmung um den letzten Teil des Neutronenleiters entworfen, konstruiert und eingebaut. Dadurch hat sich der Gamma-Untergrund um Faktor 1.5 verbessert.

Es wurde bisher eine Messkampagne am PGAA, FRM II mit kalten Neutronen durchgeführt, die zweite ist von 31.1.-3.2. 2013 geplant. Die Bestrahlungsproben  $^{237}\text{NpO}_2$  und  $^{242}\text{PuO}_2$  wurden in Suprasil<sup>®</sup> Ampullen von FZJ hergestellt, das Gewicht der Proben betrug je 5 bis 10 mg. Teilweise wurde 2-3 mg Goldpulver als Neutronenmonitor zugegeben. Der Untergrund wurde sorgfältig vermessen und die Daten entsprechend korrigiert und ausgewertet (FZJ mit Unterstützung vom FRM II Partner).

Kick-off Meeting am FRM II von 11.09. bis 12.09.2012 für alle Actinide-Partner (FZJ, Center for Energy Research, Budapest, FRM II, Lawrence-Berkeley National Laboratory, Berkeley) organisiert durch den FRM II. Es wurden alle Arbeitspakete und Meilensteine des Projekts diskutiert und neue Lösungen vorgeschlagen, daneben Kurzvorträge zu den ersten Ergebnissen, zur Probenvorbereitung, zu nuklearen Datenbanken usw. gehalten.

Die Beschaffung des Detektors hat sich leider verzögert. Es gibt nur zwei mögliche HPGe Hersteller in Europa, Ortec und Canberra. Die Geometrie, die wir für den Detektor benötigen ist hierbei eine Sonderanfertigung (wir besitzen einen Szintillator für Compton-Unterdrückung, der sich für das Actinide-Projekt sehr gut eignet) und die Entwürfe entsprachen bis Ende 2012 nicht unseren Anforderungen. Dazu wurde der Canberra Ansprechpartner ersetzt und die Verhandlungen mussten wiederholt werden.

Aus Mitteln des FRM II wurde eine Mikro-Waage für das PGAA Actinide-Projekt beschafft. Der Betrieb der Waage wird aus dem Budget Verbrauchsmaterial des PGAA-Actinide Projekt finanziert.

Die Personalstelle des Projektes wurde zum 1.8.2012 durch Dr. Zsolt Révay besetzt.

#### 4. Geplante Weiterarbeiten

- Endgültige Beschaffung des Detektors, Testen, Kalibrieren, Datenaufnahme-Software muss angepasst werden.
- Weitere Messkampagnen im Jahr 2013 für neue Actiniden-Proben in neuen Behältern aus reinem Quarzglas. Die zwei gemessenen Proben  $^{237}\text{NpO}_2$  und  $^{242}\text{PuO}_2$  werden umgepackt und die Messung wiederholt mit höchstmöglichem Neutronenfluss um die Präzision zu verbessern. Konstruktion der Zählkammer.
- Konstruktion des PGAA-Instruments am NECTAR mit schnellen Neutronen (Strahlführung, mechanische Aufbauten).
- Beschaffung weiterer Standardmaterialien, Testmessungen und Präparation für die Bestrahlung mit kalten und schnellen Neutronen. Bestimmung der integralen und partiellen Neutronenwirkungsquerschnitte.
- Integration der gewonnenen Daten in ‚nuclear level schemes‘ durch Kooperation mit der Nuclear Data Group in Berkely National Laboratory, USA.
- Simulation des PGAA Messplatzes für schnelle Neutronen. Auslegung von Detektorabschirmung und Elektronik.

#### 5. Berichte, Veröffentlichungen

M. Rossbach, C. Genreith, Z. Révay, P. Kudejova: Determination of the thermal neutron capture cross section of trans-uranium actinides, Annual Report 2012, FRM II

Vortrag: Révay Zsolt: Determining Partial Gamma-Ray Production Cross-Sections In Cold Neutron Beams, IAEA Technical Meeting on Use of Neutron Beams for High Precision Nuclear Data Measurements, 10-14. Dezember 2012, Budapest, Centre for Energy Research,

Vortrag: Z. Révay, P. Kudejova, L. Canella, S. Söllradl: Prompt Gamma Activation Analysis using High-Flux Cold Neutron Beam, EuCheMS International Conference on Nuclear and Radiochemistry (NRC-8), 16.-21. September 2012, Como, Italien.

Vortrag P. Kudejova, I. Tomandl, L. Viererbl, A. Houben und Z. Révay: Prompt Gamma Activation Analysis close to Detection Limits, NRC-8, 16.-21. September 2012, Como, Italien.

Poster: M. Rossbach, C. Genreith, E. Mauerhofer, R.B. Firestone, Z. Révay, T. Belgya: Research Alliance for Validation of PGAA Actinide Nuclear Data, NRC-8, 16.-21. September 2012, Como, Italien.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe		<b>Förderkennzeichen:</b>  <b>02 S 9062</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Technische, wirtschaftliche, soziale und politische Fragen durch den Rückbau eines Kernkraftwerks auf regionaler und lokaler Ebene – Analyse aktueller Beispiele in Baden-Württemberg zur Erstellung eines Zukunftsmodells (FoRK)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.10.2012 bis 30.09.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.10.2012 bis 31.12.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 524.652,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Prof. Dr. Kramer	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

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

Analyse des Ist-Zustandes

AP1 Ing.:

Recherchen zur Erfassung derzeitig im Einsatz befindlicher Rückbauverfahren, geplanten Terminen- und Kostenrahmen aktueller Rückbauprojekte in Deutschland.

AP1 HG:

Literaturstudium zu folgenden Themenbereichen: wissenschaftstheoretische Erfassung des Strukturwandels, theoretische Ansätze zur Brücke zwischen Technik-Forschung und sozialwissenschaftlicher Forschung, (sozial-ökologische Forschung, Science and Technology Studies), nachhaltigkeits- und transformationsorientierte Partizipations- und Kooperationsforschung, Praxistheorien, Literatur zur Partizipationstheorien (z. B. Kritik an Habermas mit dem Modell des kooperativen Diskurses) und zur integrierten Stadtentwicklung.

Studium verschiedener Techniken Modellierung, z. B. die Verschränkung sozialer und räumlicher Dynamiken mit Flächennutzungsaspekten anhand von Multiagentensystemen.

Vorbereitungen des humangeographischen Geländepraktikums, das im Sommer 2013 mit KIT-Studierenden stattfinden wird.

Einarbeitung in das Thema politische Bildung in der Schule und Energiebildung in der Schule (für eine weitere Vertiefung in einer der Dissertationen).

Persönliche Kontaktaufnahme der Projektleiterin mit allen Bürgermeistern/innen der Untersuchungsgemeinden und Abstimmung der zukünftigen Befragungen.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

Ing.: Für den nächsten Berichtszeitraum sind die Aufbereitung der Ergebnisse und der Abschluss des AP1 Ing. geplant.

HG: In der Humangeographie sind die Weiterführung der o. g. Literaturstudien, die Durchführung des Praktikums und die Vorbereitung der Feldphase mit verschiedenen Befragungstechniken in den Untersuchungsgemeinden geplant.

Ebenso stehen die weitere Koordination der beiden Teilprojekte und der Abschluss des AP1 HG im Vordergrund.

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

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> AREVA NP GmbH, Paul-Gossen-Str. 100, 91052 Erlangen		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9072A</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Automatisierte Zerlegung von Reaktordruckbehältereinbauten mit Hilfe von Unterwasser-Robotertechnik (AZURo)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.10.2012 bis 30.09.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.10.2012 bis 31.12.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 2.093.401,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Oberhäuser	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

TP1: Grundlagen, Auswahl, Beschaffung

AP1.1 Spezifikation und Anforderungsanalyse

AP1.2 Beschreibung der Anwendung

AP1.3 Sicherheits- und Risikobewertung; Interventionskonzept

AP1.4 Auswahl Roboter

AP1.5 Beschaffung Roboter

TP2: Software und Steuerungsumgebung (Entwicklung und Implementierung)

AP2.1 Simulationsumgebung und GUI

AP2.2 Sensorintegration und Lageerkennung

AP2.3 Intelligente Automatisierungsmethoden, Paket 1

AP2.4 Intelligente Automatisierungsmethoden, Paket 2

TP3: Vorbereitung der Qualifizierung

AP3.1 Vorbereitung der Qualifizierungsumgebung

AP3.2 Inbetriebnahme und Vorversuche

TP4: Qualifizierung

AP4.1 Qualifizierung an Luft

AP4.2 Qualifizierung unter Wasser

AP4.3 Qualifizierung des Gesamtsystems

TP5: Dokumentation

AP5.1 Zusammenfassung und Dokumentation der Ergebnisse



### 3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

#### AP1.1 und AP1.2

Zur exakten Festlegung der Funktionen des Systems wird im Rahmen des Projekts ein entsprechendes Lastenheft erarbeitet. Diesbezüglich wurde ein Workshop durchgeführt, um im ersten Schritt die Inhalte zu umreißen. Ziele des Workshops waren die Festlegung von Referenzszenarien, sowie die Definition der Anforderungen an das Gesamtsystem und der einzelnen Teilsysteme.

#### AP1.4 und AP1.5

Im Rahmen einer detaillierten Recherche wurde eine am Markt verfügbare Lösung für einen Roboter gesucht, die zum einen ein Mindestmaß an Adaptionen erfordert, gleichzeitig jedoch die definierten Anforderungen bestmöglich erfüllt. Dahingehend wurden Roboter verschiedener Hersteller bewertet und über eine Entscheidungsmatrix eine Auswahl getroffen. Der ausgewählte Roboter wurde inklusive Steuerung als Standardware beschafft.

#### AP2.1

Die Recherche bezüglich eines zusätzlich benötigten Softwarepaketes führte zur Auswahl eines Produktes, das bereits von Haus aus über Roboter-spezifische Add-Ons verfügt.

#### AP3.1 und AP3.2

Bei AREVA wurde die Qualifikationsumgebung für das Robotersystem eingerichtet, wobei besonderes Augenmerk auf Sicherheit und Arbeitsschutz gelegt wurde. Es wurde eine entsprechende Abnahme durchgeführt. Der beschaffte Roboter wurde fachgerecht aufgebaut, mit einem Standard-Greifer zu Übungszwecken versehen und in Betrieb genommen. Im Nachgang wurden erste Versuche mit dem Roboter durchgeführt und ein erster rudimentärer Handhabeablauf programmiert.

### 4. Geplante Weiterarbeiten

#### AP1.1, AP1.2 und AP1.3

Die Erkenntnisse aus AP1.1 und AP1.2 werden verifiziert und in das Lastenheft überführt. In einem weiteren Schritt wird daraus das Pflichtenheft erarbeitet. Basierend auf dem Anwendungsszenario gemäß AP1.2 wird eine Sicherheits- und Risikobewertung durchgeführt und ein Interventionskonzept erarbeitet.

#### AP2.1, AP2.2 und AP2.3

Die Anforderungen gemäß AP1.1, 1.2 und 1.3 werden in einem flexiblen Steuerungs- und Programmierkonzept umgesetzt, und der erste Forschungsschwerpunkt bzgl. Automatisierungsmethoden wird festgelegt und bearbeitet.

#### AP3.1

Basierend auf den Erkenntnissen des Lasten- und Pflichtenheftes wird die Qualifizierungsumgebung erweitert und angepasst, sowie durch entsprechende Modelle und weiteres Zubehör ergänzt.

### 5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

<b>Zuwendungsempfänger:</b> Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V., Hansastr. 27c, 80686 München		<b>Förderkennzeichen:</b> <b>02 S 9072B</b>
<b>Vorhabensbezeichnung:</b> Verbundprojekt: Automatisierte Zerlegung von Reaktordruckbehältereinbauten mit Hilfe von Unterwasser-Robotertechnik (AZURo)		
<b>Zuordnung zum FuE-Programm:</b> Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
<b>Laufzeit des Vorhabens:</b> 01.10.2012 bis 30.09.2015	<b>Berichtszeitraum:</b> 01.10.2012 bis 31.12.2012	
<b>Gesamtförderbetrag des Vorhabens:</b> 579.661,00 EUR	<b>Projektleiter:</b> Dipl.-Ing. Berger	

## 1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

## 2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

TP1: Grundlagen, Auswahl, Beschaffung

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

TP2: Software und Steuerungsumgebung (Entwicklung und Implementierung)

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

TP3: Vorbereitung der Qualifizierung

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

TP4: Qualifizierung

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

TP5: Dokumentation

- AP5.1 Zusammenfassung und Dokumentation der Ergebnisse

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

#### AP1.1 und AP1.2

In einem Workshop wurde für das Lastenheft ein Benchmark-Szenario beschrieben und daraus die Anforderungen für das Gesamtsystem ermittelt. Des Weiteren wurden daraus die Anforderungen für die Teilsysteme festgelegt.

#### AP2.1

Im Zuge der Evaluierung einer geeigneten Software-Umgebung wurde beim Software-Vertreiber Dualis eine Schulung für Visual Components durchgeführt. Dabei wurden neben Grundfunktionalitäten auch spezielle Anpassungen an die Aufgabe untersucht und erste Machbarkeitsprüfungen durchgeführt, welche die Kernfunktionen der Anwendung abdecken.

#### AP2.2

Auf Basis des in den AP1.1 und AP1.2 definierten Benchmark-Szenarios wurde definiert, welche Sensorik für das Robotersystem nach aktuellem Kenntnisstand benötigt wird. Darauf aufbauend wurden Recherchen durchgeführt, welche Systeme am Markt verfügbar und am besten geeignet sind.

#### AP2.3 und AP2.4

Für die Erstellung der Automatisierungspakete wurden erste Konzepte zur Funktionsweise und Integration des Handhabungs-Systems und der Überwachungs-Systeme erstellt.

### **4. Geplante Weiterarbeiten**

#### AP1.1, AP1.2 und AP1.3

Das erstellte Benchmark-Szenario wird in weiteren Schritten sukzessive zu einem Lastenheft weiterentwickelt, welches in enger Abstimmung zwischen den Projektpartnern erstellt wird. Dazu wird sowohl das System als Ganzes als auch alle Einzelkomponenten betrachtet und ein gemeinsames Lastenheft für alle betrachteten Systeme erstellt. Darauf aufbauend wird ein Pflichtenheft erstellt sowie ein Interventions- und Sicherheitskonzept erarbeitet.

#### AP2.1

Gemäß den Anforderungen aus den AP1.1, 1.2 und 1.3 wird eine Software-Umgebung geschaffen mit der die Kommunikation zwischen den einzelnen Modulen hergestellt werden kann.

#### AP2.2, 2.3 und 2.4

In diesen Arbeitspaketen werden geeignete Sensoren und Bedienelemente ausgewählt, welche die Bedienbarkeit erhöhen. Diese werden entsprechend an ihre Aufgabe angepasst. Insbesondere die Applikation unter Wasser und die Anbindung an die weiteren Systeme ist ein Schwerpunkt dieser Arbeitspakete.



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

Keine.




## 2.3 Ausführende Forschungsstellen


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

- 02 S 8861 Neuartige Entsorgungswege für Abrasivmittel aus der Wasserstrahl-Schneidtechnik  74
- 02 S 9072A Verbundprojekt: Automatisierte Zerlegung von Reaktordruckbehälter-einbauten mit Hilfe von Unterwasser-Robotertechnik (AZURo)  112


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

- 02 S 9012A Erhebung von Nuklidvektoren in komplexen radiochemischen Laboren mit Unterstützung durch ein Programm zur Gebäudefreigabe (RaChaG)  90


### **Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Unter den Eichen 87, 12205 Berlin**

- 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)  30




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

- 02 S 8841 Überwachungssystem mit integrierter Messensorik für radioaktiv belastete Eisen- und Nichteisenschrotte (MEREN)  70


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

- 02 S 8780 Verbundprojekt AKOF: Optimierung der verfahrenstechnischen Kette „Abtrag kontaminierter Flächen“ unter dem Aspekt Maximierung der Abtragsleistung  60


### **Forschungszentrum Jülich GmbH, Leo-Brandt-Straße, 52428 Jülich**

- 02 S 8790 Entsorgung von bestrahltem Graphit  62
- 02 S 9022B Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging)  96
- 02 S 9052A Bestimmung und Validierung von nuklearen Daten von Actiniden zur zerstörungsfreien Spaltanalyse in Abfallproben durch prompt Gamma Neutronenaktivierungsanalyse (PGAA-Actinide)  106

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

- 02 S 9072B Verbundprojekt: Automatisierte Zerlegung von Reaktordruckbehälter-einbauten mit Hilfe von Unterwasser-Robotertechnik (AZURo)  114

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

- 02 S 8649 Verbundprojekt: Innovativer Abbruch massiger Stahlbetonstrukturen (INAS)  36

<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 | 📖 56 |
|------------------|--|------|

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

- |                  |   |       |
|------------------|---|-------|
| <b>02 S 8608</b> | ASTU Automatisierte Seilsägetechnologie für Unterwasserdemontage  | 📖 34  |
| <b>02 S 8659</b> | Verbundprojekt: Innovativer Abbruch massiger Stahlbetonstrukturen (INAS)  | 📖 38  |
| <b>02 S 8709</b> | Verbundprojekt: Ablation kontaminierter Oberflächen zementgebundener Bauteile beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (MACOS)  | 📖 46  |
| <b>02 S 8770</b> | Verbundprojekt AKOF: Optimierung der verfahrenstechnischen Kette „Abtrag kontaminierter Flächen“ unter dem Aspekt Maximierung der Abtragsleistung   | 📖 58  |
| <b>02 S 8821</b> | Überwachungssystem mit integrierter Messensorik für radioaktiv belastete Eisen- und Nichteisenschrotte (MEREN)  | 📖 66  |
| <b>02 S 8851</b> | Internationale Rückbautechniken und Managementmethoden für kerntechnische Anlagen – Eine wissenschaftliche Analyse des internationalen Standes der Technik (IRMKA)  | 📖 72  |
| <b>02 S 8871</b> | Neuartige Entsorgungswege für Abrasivmittel aus der Wasserstrahl-Schneidtechnik   | 📖 76  |
| <b>02 S 8881</b> | Manipulatorgesteuertes Freimessen von Oberflächen   | 📖 78  |
| <b>02 S 8921</b> | Aufbau eines Simulationsmodells zur Qualifizierung eines neuen Vibrationsverfahrens für Dekontamination von Rohrleitungen   | 📖 86  |
| <b>02 S 9062</b> | Technische, wirtschaftliche, soziale und politische Fragen durch den Rückbau eines Kernkraftwerks auf regionaler und lokaler Ebene – Analyse aktueller Beispiele in Baden-Württemberg zur Erstellung eines Zukunftsmodells (FoRK) | 📖 110 |

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

- |                   |  |       |
|-------------------|--|-------|
| <b>02 S 8689</b>  | TENORM-Sanierung im Spannungsfeld zwischen Experteneinschätzungen und Alltagswahrnehmung - TESSA   | 📖 42  |
| <b>02 S 8699</b>  | Innovative Lichtbogenverfahren für die Stilllegung und den Rückbau kerntechnischer Anlagen - Hot-Wire-Plasmaschneiden und Lichtbogen-Sauerstoff-Impulsschneiden (Inno-Cut) | 📖 44  |
| <b>02 S 8730</b>  | Verbundprojekt: Qualifizierung thermisch gespritzter Korrosionsschutzschichten für dickwandige Behälterkomponenten (QUAKOS)  | 📖 52  |
| <b>02 S 8750</b>  | Verbundprojekt Schneidladung: Schneidladung als Zerlegeverfahren beim Rückbau kerntechnischer Anlagen und Qualifizierung im kerntechnischen Umfeld                         | 📖 54  |
| <b>02 S 9032B</b> | Verbundprojekt: Zerlegung von Reaktorkomponenten aus Zirkalloy beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (ZIRKUSS)  | 📖 102 |

<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) | 📖 100 |
|-------------------|---|-------|

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

- 02 S 9022A Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging) 📖 94
- 02 S 9042 Rückbau von Forschungs- und Leistungsreaktoren Entwicklung eines automatisierten Verfahrens zur Berechnung der Aktivitätsverteilungen und Ortsdosisleistungen in kerntechnischen Anlagen am Beispiel des Forschungsreaktors FRJ-2 in Jülich 📖 104

<b>SAT Kerntechnik GmbH, Vangionenstr. 15, 67547 Worms</b>
--

- 02 S 8911 Aufbau eines Simulationsmodells zur Qualifizierung eines neuen Vibrationsverfahrens für Dekontamination von Rohrleitungen 📖 84

<b>Schrott-Wetzel GmbH, Ruhrorter Str. 40-46, 68219 Mannheim</b>
--

- 02 S 8831 Überwachungssystem mit integrierter Messsensorik für radioaktiv belastete Eisen- und Nichteisenschrotte (MEREN) 📖 68

<b>Siemens Aktiengesellschaft, Wittelsbacher Platz 2, 80333 München</b>
---

- 02 S 9022C Verbundprojekt: Radiographie mittels schneller Neutronen zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle (Neutron Imaging) 📖 98

<b>Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Siempelkampstr. 45, 47803 Krefeld</b>
---

- 02 S 8720 Verbundprojekt: Qualifizierung thermisch gespritzter Korrosionsschutzschichten für dickwandige Behälterkomponenten (QUAKOS) 📖 50

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

- 02 S 8719 Verbundprojekt: Ablation kontaminierter Oberflächen zementgebundener Bauteile beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (MACOS) 📖 48

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

- 02 S 8901 Untersuchungen zum emissionsarmen Abtrag von Lackschichten mittels Laserstrahlung (LaColor) 📖 82


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

- 02 S 8538 Verbundprojekt: Maßnahmen zur Strahlenschutzvorsorge radioaktiv belasteter Großflächen durch Sanierung mittels Phytoremediation und anschließender Verwertung der belasteten Pflanzenreststoffe (PHYTOREST) 📖 28
- 02 S 8891 Untersuchungen zum emissionsarmen Abtrag von Lackschichten mittels Laserstrahlung (LaColor) 📖 80


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

- 02 S 8669 Nutzung von Bremsstrahlungsinformationen für die zerstörungsfreie Charakterisierung radioaktiver Abfälle 📖 40
- 02 S 9001 Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung des Nuklidinventars in bituminierten Abfallgebinden 📖 88
- 02 S 9012B Erhebung von Nuklidvektoren in komplexen radiochemischen Laboren mit Unterstützung durch ein Programm zur Gebäudefreigabe (RaChaG) 📖 92
- 02 S 9052B Bestimmung und Validierung von nuklearen Daten von Actiniden zur zerstörungsfreien Spaltanalyse in Abfallproben durch prompt Gamma Neutronenaktivierungsanalyse (PGAA-Actinide) 📖 108

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

- 02 S 8801** Elektrochemische Verfahrensentwicklung zur Reinigung von organischen, C-14-belasteten Abfall- und Reststofflösungen  64

**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)  32