

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

PTE-S Nr. 21

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

Berichtszeitraum: 1. Juli - 31. Dezember 2010

Projektträger Karlsruhe
Wassertechnologie und Entsorgung
(PTKA-WTE)

März 2011

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

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 bei 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.

Da Referat 726 eine koordinierende Zuständigkeit für Strahlenforschung übertragen bekam, werden seit 2002 auch **Strahlenforschungsvorhaben** gefördert. Diese sind ebenfalls in Teil 2 aufgeführt.

Inhaltsverzeichnis

1 Stilllegungsprojekte des BMBF	1
1.1 AVR.....	1
1.2 Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe	5
HDB	6
KNK	8
MZFR.....	10
WAK	12
1.3 THTR 300	15
1.4 Projekt MAREN bei GKSS	19
2 FuE-Vorhaben „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“	23
2.1 Fördervorhaben	23
2.2 Formalisierte Zwischenberichte	27
2.3 Ausführende Forschungsstellen	109

1 Stilllegungsprojekte des BMBF

1.2 AVR

Zuwendungsempfänger: Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor GmbH, Wilhelm-Johnen-Straße, 52428 Jülich	
Vorhabensbezeichnung: Vollständiger Abbau der AVR-Anlage	
Laufzeit des Vorhabens: 1987 bis 2015	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010
Gesamtkosten des Vorhabens: 443,7 Mio. €	Projektleiter: Dipl.-Ing. Rittscher

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Der AVR - Versuchsreaktor ist ein heliumgekühlter graphitmoderierter Hochtemperaturreaktor mit kugelförmigen Brennelementen ("Kugelhaufenreaktor"). Der Reaktor war die erste ausschließlich in der Bundesrepublik Deutschland entwickelte Kernkraftanlage. Seine thermische Leistung betrug 46 MW, die elektrische Bruttoleistung 15 MW. Aufgabe der Anlage war es, den sicheren Betrieb und die Verfügbarkeit dieses neuen Reaktortyps zu demonstrieren, Komponenten und insbesondere HTR-Brennelemente zu erproben sowie reaktortypbezogene Experimente durchzuführen. Der Standort des Reaktors grenzt unmittelbar an das Gelände des Forschungszentrums Jülich (FZJ). Nach 21 Betriebsjahren wurde die Anlage Ende 1988 abgeschaltet. Zwischenzeitlich sind die Brennelemente aus der Anlage entfernt und ein Großteil der Einbauten demontiert. Nach der jetzigen Planung soll die Kraftwerksanlage vollständig zurückgebaut werden, nachdem der Reaktorbehälter (RB) als Ganzes gezogen und außerhalb der Anlage bis zu seiner späteren Zerlegung zwischengelagert worden ist.

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Die +38-m und +34-m-Bühne des Schutzbehälters sind komplett demontiert. Nachdem die *Abschirmtüre der Gebläse, Haupt-/Bypassklappen und Abschaltstabantriebe* auf der +11-m-Bühne entfernt waren, konnte durch Aussägen der Abschirmschotte an den Kühlgasgebläsen die Zugänglichkeit zum *Reaktorbehälter-Dom* hergestellt werden. Die dort platzierten Abschirmsteine werden entfernt.

Die *Gasvorreinigung* ist demontiert. Aus der Ringkanalabschirmung konnten im Berichtszeitraum weitere 75 Fässer Granulat abgesaugt und konventionell entsorgt werden.

Auf der +25-m-Bühne des Schutzbehälters, im Ringraum sowie im +17-m-Rundgang zwischen Schutzbehälter und Bioschild wurden die Komponenten der *E- und MSR-Technik* demontiert.

Die Errichtung der *Reaktorbehälter-Zwischenlagerhalle* ist abgeschlossen. Bis zur Einlagerung des Reaktorbehälters ist vorgesehen, die Lagerhalle für die Aufbewahrung der Großkomponenten der Reaktorbehälterhandhabung zu nutzen.

Trotz der derzeit noch vorhandenen Einschränkungen bei der Einlagerung radioaktiver Reststoffe in die Lagerhalle 5 gibt es auf Grund der vom FZJ bereitgestellten Zwischenlagerkapazitäten zurzeit keine negativen Auswirkungen auf den Demontageablauf. FZJ rechnet damit, dass die Einschränkungen in Kürze aufgehoben werden.

Aktueller Hinweis: Mit Schreiben vom 31.01.2011 (außerhalb des Berichtszeitraumes) teilte das FZJ der AVR mit, dass die Halle ab sofort „uneingeschränkt“ genutzt werden kann.

Der *Betrieb* der Restanlagen verlief im Berichtszeitraum ohne Besonderheiten.

Das Messprogramm zur Überwachung der *Bodenkontamination des Betriebsgeländes* wird gemäß den behördlichen Vorgaben weiter kontinuierlich durchgeführt.

Der *Wechselschichtdienst* wird unverändert fortgesetzt.

3. Geplante Weiterarbeit

- Weiterführung der Demontearbeiten der elektro- und verfahrenstechnischen Anlagenteile im Schutzbehälter
- Demontage des Verschluss-Systems 1
- Entfernen der Abschirmplatten am Reaktorbehälter
- Demontage der Mischkühler
- Einkürzen und Verschweißen der Rohrleitungen am Reaktorbehälter
- Einbau von Komponenten zur Reaktorbehälterhandhabung

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

Kosten bisher (von 1987 bis 2009):	342,9 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum Januar-Juni 2010:	8,0 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum Juli-Dezember 2010:	16,0 Mio. €
Zukünftige Kosten:	<u>76,8 Mio. €</u>
	443,7 Mio. €

Geldgeber: Bund 90 %, Land 10 % (bis 31.03.2003)
Bund 70 %, Land 30 % (ab 01.04.2003)

1.3 Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Rückbau- und Entsorgungsgesellschaft mbH

Zuwendungsempfänger: Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Rückbau- und Entsorgungsgesellschaft mbH, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen	
Vorhabensbezeichnung: Stilllegung von Teilanlagen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB)	
Laufzeit des Vorhabens: 1994 bis 2030	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010
Gesamtkosten des Vorhabens: 113,0 Mio. €	Projektleiter: Dipl.-Ing. Ebeling

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Die Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) ist seit dem 01.07.2009 ein Betriebsteil der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Rückbau- und Entsorgungsgesellschaft (WAK GmbH). Die Aufgabe der HDB ist die Entsorgung von radioaktiven Abfällen und Reststoffen der im Rückbau befindlichen Anlagen der WAK GmbH (z. B. KNK, MZFR, HZ), der zurückzunehmenden Abfälle aus der Wiederaufarbeitung der Kernbrennstoffe sowie ihrer eigenen Abfälle und der am Standort vorhandenen Einrichtungen und Anlagen:

- Betriebsabfälle und Reststoffe vom KIT
- Abfälle des Europäischen Instituts für Transurane (ITU)
- Landessammelstelle Baden-Württemberg (LSSStBW)

Dementsprechend orientieren sich die technische Auslegung sowie die zugehörigen Genehmigungen in erster Linie an den standortbezogenen Entsorgungsaufgaben. Darüber hinaus erbringt die HDB im Rahmen freier Kapazitäten Konditionierungsleistungen für Dritte.

Gegenwärtig werden von der HDB folgende Anlagen betrieben:

- LAW-Eindampfung I und II
- Zementierung I und II
- LAW-Verschrottung
- MAW-Verschrottung
- Geräte-Dekontamination
- Verbrennungsanlage
- Reststofflager
- Zwischenlager für wärmeentwickelnde und nicht wärmeentwickelnde Abfallgebinde
- Analytische Anlagen:
Radiochemisches Labor
Fassmess-Anlage
Freimess-Labor.

Parallel zum Fortschritt der Rückbauarbeiten an den Reaktoren MZFR und KNK wurden / werden nicht mehr benötigte Anlagen der HDB bereits zurückgebaut. Die gesamte Anlage soll nach Erfüllung ihrer Aufgaben bis zum Jahre 2030 beseitigt werden.

Im Rahmen der Integration des ehemaligen Stilllegungsbereichs des FZK in die WAK-GmbH wird die vorliegende Kostenschätzung derzeit auf Basis des erreichten Projektfortschritts re-

vidiert. Bis zum Abschluss der Erstellung der Kostenschätzung werden die bisherige Laufzeit und Gesamtkosten beibehalten.

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

- MAW-Eindampfanlage, Bau 555
Die weiteren Rückbau-Maßnahmen sind vom Rückbau der alten LAW-Eindampfung (s. u.) abhängig.
- LAW-Eindampfungsanlage I und Zementierung II, Bau 545
Das Genehmigungsverfahren für den Rückbau ruht, da in der Anlage die Entsorgung des Flüssigabfalls aus dem Betrieb der VEK durchgeführt wird.
- Abwasser-Sammelstation Y561 C1, Bau 561
Für die zu entsorgenden Massen der Gebäudestruktur wurde ein Antrag auf Freigabe nach §29 gestellt.

3. Geplante Weiterarbeit

- LAW-Eindampfung I und Zementierung II, Bau 545
Nach Abschluss des VEK Betriebes (geplant für I/2011) sowie nach der Verarbeitung des Flüssigabfalls in der LAW-Eindampfung I und Zementierung II wird das Genehmigungsverfahren in 2011 wieder aktiviert, um mit den Rückbauarbeiten zu beginnen.
- Abwasser-Sammelstation Y561 C1, Bau 561
Aufgrund der Überprüfung, ob das Gebäude zur Zwischenlagerung von Primärabschirmungssegmenten aus der KNK genutzt werden kann, wurde der Abbruch des Gebäudes in 2010 zurückgestellt. Die Entscheidung bzgl. einer weiteren Nutzung des Gebäudes bzw. zum Abbruch wird Anfang 2011 getroffen werden.

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

Keine.

5. Kosten

Kosten bisher (von 1994 bis 06/2010):	12,6 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	0,4 Mio. €
Zukünftige Kosten:	100,0 Mio. €
Geldgeber:	Bund 90 %, Land BW 10 %

Zuwendungsempfänger: Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Rückbau- und Entsorgungsgesellschaft mbH, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen	
Vorhabensbezeichnung: Stilllegung der Kompakten Natriumgekühlten Kernreaktoranlage (KNK)	
Laufzeit des Vorhabens: 1992 bis 2013	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010
Gesamtkosten des Vorhabens: 315,3 Mio. €	Projektleiter: 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.

Das Kühlsystem der KNK war in zwei Primär- und Sekundärkreisläufe aufgeteilt, die mittels Natrium die im Reaktor erzeugte Wärme an die tertiären Wasser-Dampf-Kreisläufe übertragen. Der dort erzeugte Dampf betrieb einen Turbogenerator.

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)
- 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“)

Die Rückbauarbeiten im Rahmen der ersten 8 Stilllegungsgenehmigungen sind vollständig abgeschlossen.

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Die Rückbaumaßnahme 2 der 9. SG 2 gliedert sich in Demontage der Wärmeisolierung sowie den Abbau und Entsorgung der Primärabschirmung.

Das Werkzeugträgersystem wurde in der Einhausung in Betrieb gesetzt und die Container-schleuse wurde abgenommen. Die Inbetriebsetzung aller Komponenten in der Einhausung wurde im September 2010 mit Gutachterbeteiligung abgeschlossen. Anschließend wurde mit der Demontage der Wärmeisolierung begonnen. Ende November waren ca. 5 Mg Schamottsteine gelöst und aus der Einhausung ausgeschleust. Die Arbeiten zum Trennen des Linerblechs und der Stehbolzen wurden eingeleitet.

Im Mock-Up wurde Ende Oktober 2010 das Hebewerkzeug übernommen und mit der Erprobung begonnen. Nach KNK-internen Tests wurde die Erprobung ab Dezember 2010 vom Gutachter begleitet.

Für das atomrechtliche Aufsichts- und Genehmigungsverfahren wurde die Ausführungsbeschreibung (AB) 2.4 „Vorbereitende Arbeiten zum Ausbau der Primärabschirmung“ erstellt und eingereicht.

Zur Vorbereitung des Rückbaus des Biologischen Schildes wurden die Leistungsbeschreibungen für die Beschaffung des Abbruchbaggers, eines Hubwerks, der Elektroversorgung sowie eine Leistungsbeschreibung für Vorversuche mit dem Hot-Wire-Verfahren zur Zerlegung des Schalungstanks erstellt.

Die Konzeptüberprüfung zur Optimierung des Rückbaus der Primärabschirmung und des Biologischen Schildes durch die Energiewerke Nord GmbH (EWN) wurde durchgeführt.

Die vierte von insgesamt sechs kleinen Kühlfallen wurde in 16 Segmente zerlegt und diese anschließend komplett gewaschen.

Für die große Kühlfalle wurden Entsorgungskonzepte geprüft.

3. Geplante Weiterarbeit

9. SG: Abbau Reaktortank, Primärabschirmung, Biol. Schild:
Abschluss der Demontage der Wärmeisolierung. Schulung und Erprobung des Hebewerkzeugs im Mock-Up für den Ausbau der Primärabschirmung; Fortsetzung der Planung für den Abbau des Biologischen Schildes. Einreichung der Ausführungsbeschreibungen 2.5 „Ausbau und Zerlegung der Primärabschirmung“

10. SG: Abbau Restsysteme, Dekontamination, Abriss Gebäude:
Einreichung Sicherheitsbericht

Kühlfallen: Zerlegung und Waschen der Zerlegeteile der fünften Kühlfalle.

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

S. Neff/WAK GmbH: „KNK- Rückbau eines Forschungsreaktors“, KIT-Vorlesungsreihe "Rückbau kerntechnischer Anlagen“, 15.12.2010, Karlsruhe

5. Kosten

Kosten bisher (von 1992 bis 06/2010):	279,3 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	6,1 Mio. €
Zukünftige Kosten:	29,9 Mio. €
Geldgeber:	Bund 90 %, Land 10 %

Zuwendungsempfänger: Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Rückbau- und Entsorgungsgesellschaft mbH, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen	
Vorhabensbezeichnung: Stilllegung des Mehrzweck-Forschungsreaktors (MZFR)	
Laufzeit des Vorhabens: 1985 bis 2012	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010
Gesamtkosten des Vorhabens: 311,4 Mio. €	Projektleiter: Dipl.-Ing. Eisenmann

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Der Mehrzweckforschungsreaktor im Forschungszentrum Karlsruhe war ein schwerwassergekühlter und –moderierter Druckwasser-Reaktor (elektrische Bruttoleistung 57 MWel). 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 D₂O-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).

Im Rahmen der Integration des ehemaligen Stilllegungsbereichs des FZK in die WAK-GmbH wurde die vorliegende Projektkostenschätzung auf Basis des erreichten Projektfortschritts revidiert. Die Revision, die Änderungen in der Laufzeit und den Gesamtkosten des Vorhabens ausweist, wird derzeit von einem externen Dritten begutachtet. Bis zum Abschluss der Begutachtung - voraussichtlich im 1. Halbjahr 2011 - werden die bisherige Laufzeit und Gesamtkosten beibehalten.

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Abbruch des aktivierten Teils des Biologischen Schildes im Reaktorgebäude:

Beim Rückbau des aktivierten Teils des Biologischen Schildes wurden im Reaktorgebäude in 2010 ca. 160 Mg des Schwerbetons abgebaut, verpackt und ausgeschleust.

Tätigkeiten in anderen Gebäuden:

Reststoffe aus dem Beckenhaus wurden in Produktionsstahlcontainer verfüllt. Im Beckenhaus wurden orientierende Wischtestproben durchgeführt, um die Bereiche festzulegen, die vorge-reinigt werden müssen.

Im Behälterhaus wurden die Demontearbeiten an der Infrastruktur fortgeführt.

Im Montage- und Lagergebäude wurden alle Betonsockel (Behälterfundamente) beprobt und abgetragen, der Abtrag der Beschichtung an Decken und Wänden fortgesetzt.

Das betriebliche Regelwerk wurde an die Anforderungen aus dem betrieblichen Übergang zur WAK GmbH angepasst.

3. Geplante Weiterarbeit

8. SG - Rückbau aktivierter Teil des Biol. Schildes, Dekontamination und Abriss Gebäude:

Demontage und Verpacken des aktivierten Betons; Planung zum Gebäudeabriss und den begleitenden Beprobungen zur Freigabe nach § 29 StrlSchV des abgebauten Betonschutts; vorbereitende Dekontaminationsarbeiten in Nebengebäuden; Planung und Durchführung der Vereinfachung/des Rückbaus betrieblicher Systeme (Lüftung, E-Versorgung).

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

J. Dux, B. Eisenmann, J. Fleisch, A. Graf-Frank, J. Minges, W. Pfeifer, E. Prectl, M. Urban/WAK GmbH: „Decommissioning and Dismantling of Prototype Reactors and Fuel Cycle Facilities at the German Karlsruhe Site – Progress and new Challenges“, WM2010 Conference, March 7-11, 2010, Phoenix, AZ

5. Kosten

Kosten bisher (von 1985 bis 06/2010):	282,7 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	7,7 Mio. €
Zukünftige Kosten:	21,0 Mio. €
Geldgeber:	Bund 100 %

Zuwendungsempfänger: Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Rückbau- und Entsorgungsgesellschaft mbH, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen	
Vorhabensbezeichnung: Stilllegung und Rückbau der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (StiWAK)	
Laufzeit des Vorhabens: 1991 bis 2023 (2035)	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.631,0 Mio. €	Projektleiter: Dr. Fleisch

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 heutige 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 selbst hat bis Ende 2005 die Errichtung der Verglasungseinrichtung Karlsruhe (VEK) abgewickelt.

Für die Abwicklung des Gesamtprojektes Stilllegung und Rückbau WAK einschließlich der Errichtung und des Betriebes der VEK ist seit dem 1.1.2006 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. Seit 01.01.2008 liegt eine neue Projektkostenschätzung vor, die auch neu hinzugekommene Entsorgungsaufgaben (Zwischenlagerung und die Herstellung der Endlagerfähigkeit), teilweise im Auftrag Dritter, abdeckt.

Der Rückbau der WAK erfolgt in sechs technisch überschaubaren 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 nach Verglasungsende: Durch die Außerbetriebnahme von Anlagenteilen und die Anpassung des Betriebshandbuches sollen die betrieblichen Aktivitäten auf das Niveau eines reinen Rückbauprojektes reduziert: Dieser Schritt ist eingeleitet.
5. Stufenweiser Rückbau der HAWC-Lagergebäude LAVA/HWL und der VEK: Dies erfolgt in 10 Rückbaubereichen (RB), die jeweils einzeln zu genehmigen sind. Die Errichtung des HWL-Anbaus Süd (RB 5.1) ist abgeschlossen, die fernhantierte Demontage der MAW-Behälter mit HWL, Raum 6 (RB 5.2) läuft.
6. Konventioneller Abriss der Gebäude und Rekultivierung des Geländes.

Vor der Durchführung der Schritte 4, 5 und 6 wurden ca. 60 m³ HAWC ($9 \cdot 10^{17}$ Bq β -, γ -Strahler und $8 \cdot 10^{15}$ Bq α -Strahler) in 2009/2010 in der VEK verglast.

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Der Betrieb der *Verglasungsanlage Karlsruhe (VEK)* wurde mit der Produktion der 140. Kokille am 25.11.2010 eingestellt. Davon wurden 17 Kokillen im Rahmen des Spül- und Abfahrprogramms zur Aktivitätsreduzierung der kontaminierten Komponenten in der LAVA und VEK produziert.

Im zweiten Halbjahr 2010 wurden aus dem *Prozessgebäude (Schritt 3)* entsprechend dem Rückbauprogramm, ca. 68 Mg Demontagemasse (Stahlbau, Beton und Kabel) ausgebracht.

Im Rahmen der *Deregulierung nach Verglasungsende (Schritt 4)* wurden die Detailplanungen für Lüftung und Elektrotechnik sowie die Umsetzung von Maßnahmen zur Asbestsanierung, dem baulichen Brandschutz und der Demontage lüftungstechnischer Komponenten in der ELMA abgeschlossen.

Im Schritt 5 wurde der fernhantierte Rückbau der MAW-Behälter HWL (*HAWC-Anlagen RB 5.2*) fortgeführt. Die Genehmigung für den Rückbau der HAWC-Anlagen (Schritt 5.3) wurde am 08.12.2010 erteilt. Die Planungen für weitere Rückbaubereiche sind in Arbeit.

3. Geplante Weiterarbeit

WAK-Rückbau:

VEK: Befüllung des fünften CASTOR-Behälters und der Transport der fünf CASTOR-Behälter in das Zwischenlager Nord im 1. Quartal. Aufnahme der verfahrens- und leitetechnischen Außerbetriebnahme.

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

Schritt 4: Fortführung der Umsetzung der Deregulierungsmaßnahmen.

Schritt 5: Fortführung der fernhantierten Demontage der MAW-Behälter. Erhalt von Gutachten und Genehmigung für den Rückbau des RB 5.4 (LAVA-Zellen L3-L5). Genehmigungsplanung für den fernhantierten Rückbau der VEK.

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

J. Dux, B. Eisenmann, J. Fleisch, A. Graf-Frank, J. Minges, W. Pfeifer, E. Prechtel, M. Urban/WAK GmbH: „Decommissioning and Dismantling of Prototype Reactors and Fuel Cycle Facilities at the German Karlsruhe Site – Progress and new Challenges“, WM2010 Conference, March 7-11, 2010, Phoenix, AZ

J. Fleisch, W. Gruenewald, G. Roth, W. Tobie, S. Weisenburger, M. Weishaupt/WAK GmbH: „Radioactive Start-up of the German VEK Vitrification Plant“, WM2010 Conference, March 7-11, 2010, Phoenix, AZ

5. Kosten

Kosten bisher (von 07/1991 bis 06/2010):	1.592,0 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	40,3 Mio. €
Zukünftige Kosten (PKS 2007):	998,7 Mio. €
Geldgeber:	Bund, Land, Industrie

1.4 THTR 300

Zuwendungsempfänger: Hochtemperatur-Kernkraftwerk GmbH, Siegenbeckstraße 10, 59071 Hamm	
Vorhabensbezeichnung: Geordnete Restabwicklung des Projektes THTR 300	
Laufzeit des Vorhabens: 1997 bis 2009 Fortführung gemäß Rahmenvertrag	Berichtszeitraum: <i>Jahresbericht 2010</i>
Gesamtkosten des Vorhabens: 94,5 Mio. €	Projektleiter: 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 2010 ist für die sicher eingeschlossene Anlage THTR 300:

das 21. Jahr nach der Abschaltung,

das 15. Jahr nach der Beendigung der Entladung des Reaktorkerns,

das 13. 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 festangestellte technische Mitarbeiter der HKG betraut.

Im Berichtsjahr 2010 war kein meldepflichtiges Ereignis zu verzeichnen.

2010 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 ist hierfür bislang der Salzstock Gorleben vorgesehen. Gemäß der im Juni 2001 zwischen der Bundesregierung und den kernkraftwerksbetreibenden Energieversorgungsunternehmen unterschriebenen Konsensvereinbarung sind die Erkundungsarbeiten im Salzstock Gorleben unterbrochen. Die Bundesregierung wird die notwendigen Maßnahmen ergreifen, um während dieses Moratoriums die bisherigen Planungsergebnisse und somit den Standort Gorleben zu sichern. Sie geht davon aus, dass ein Endlager für wärmeentwickelnde Abfälle erst ab dem Jahr 2035 zur Verfügung stehen wird. Das Moratorium ist beendet worden und die Erkundungsarbeiten werden seit Ende 2010 weitergeführt.

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 noch von einer Inbetriebnahme im Jahr 2014 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

Für die kommenden Jahre sind weitere Ausbaumaßnahmen von Anlagenteilen, die für den Erhaltungsbetrieb oder für den späteren Abbau der Anlage THTR 300 nicht erforderlich sind, vorgesehen. Dies betrifft u. a. Armaturen, Pumpen, Kabel und Motoren. 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:	47 Mio. €
Geldgeber:	Bund, Land NRW, Gesellschafter der HKG

1.5 Projekt MAREN bei GKSS

Zuwendungsempfänger: GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH, Postfach 11 60, 21494 Geesthacht	
Vorhabensbezeichnung: Entsorgung radioaktiver Reststoffe (Projekt MAREN-1)	
Laufzeit des Vorhabens: 2002 bis 2012	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010
Gesamtkosten des Vorhabens: 36,8 Mio. €	Projektleiter: 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. In der Zuständigkeit des HZG befinden sich außerdem Teile des stillgelegten Forschungsreaktors FRG-2 sowie die in Zwischenlagerung befindlichen radioaktiven Komponenten des stillgelegten Kernenergieforschungsschiffes NS Otto Hahn (OH).

Im Projekt MAREN-1 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.

Die zu MAREN-1 zählenden Arbeitspakete gliedern sich in die 3 Gruppen:

- I. Schwach- und mittelradioaktive Reststoffe und Abfälle
 - OH feste LAW/MAW (221, 222)
 - FRG feste LAW/MAW (231, 232)
 - FRG flüssige Abfälle (236)
- II. Kernbrennstoffe und zugehörige Reststoffe
 - OH bestrahlte Versuchsbrennstäbe (223)
 - OH-HAWC bei WAK (224)
 - FRG, Rücknahme von Abfällen aus Dounreay (233)
 - FRG, Entsorgung BE (235)
- III. Administrativer Bereich, bauliche Maßnahmen (227, 237, 238, 239, 240)

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Während des Berichtszeitraumes wurden folgende Arbeiten mit Priorität abgewickelt:

- Konditionierung feste radioaktive Abfälle (221, 231)
Sachverständigentätigkeiten, Dokumentation und Vorbereitung Rückführung abgefertigter Gebinde. Einleitende Arbeiten Mengenerhöhung

- FRG-MAW Reflektoren, Steuerstäbe (232)
Bestandsaufnahme, Charakterisierung sowie Konzeptentwicklung Konditionierung,
- Entsorgung FRG- Brennelemente (235)
Im 2. Halbjahr wurden 45 Stück abgebrannte Brennelemente in die USA ausgeführt
- Vorbereitung Stilllegung und Rückbau (240)
Dokumentation und statische Untersuchungen hinsichtlich Rückbau Reaktor und Heißes Labor, Modernisierung der Zugangskontroll- und der Personensucheinrichtung für die kerntechnischen Bereiche im Hinblick auf zu erwartende behördliche Auflagen
- Demontearbeiten (238)
Vorbereitung bzw. erfolgter Rückbau diverser FRG-1- Strahlrohre und Experimentiereinrichtungen, Demontage Versorgungsleitungen und Meldeeinrichtungen der Versuchshalle im Reaktorgebäude, Demontage und ggf. Freimessung von nicht für die Nachbetriebsphase notwendigen Kleingeräten und Ausstattungen
- Aufarbeitung OH-Brennstäbe aus Bestrahlungsexperimenten (223)
Anlagentechnische Ertüchtigungsmaßnahmen für die Handhabung der Brennstäbe, Verpackung und Transport der Brennstäbe nach Cadarache zwecks Einbringung und Rückführung zur vorgesehenen längerfristigen Zwischenlagerung in das ZLN
- Betriebsabwässer (236)
Abtransport und Konditionierung von 50 m³ Betriebsabwässer durch GNS/FZJ
- Längerfristige Zwischenlagerung (227, 237, 238, 239)
Notwendige Wartungs- und Infrastrukturmaßnahmen (Wartung / Instandhaltung / Ertüchtigung im Heißen Labor und in den Lagerbereichen, Sachverständigentätigkeit), Beschaffung mobile Freimesseinrichtung

3. Geplante Weiterarbeit

- Konditionierung LAW (221, 231): Verbrennung, Einschmelzung und HD- Verpressung von FRG- und OH-Abfällen, Rückführung abgefertigter Gebinde, Datenübertragung Dokumentation, Mengenerhöhung;
- Konditionierung MAW (232): Koordinierung, Sortierung, Behälterbeschaffung und Vorbereitung Konditionierung
- Demontearbeiten (238): Verpackung und Transport diverser Beamlines, Demontage von Komponenten der KNQ und Kleingeräten,
- Vorbereitung Stilllegung und Rückbau (240): Kosten- und Prozessplanung, Erstellung von Unterlagen für Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Einrichtungen unter Beachtung des Stands der Technik. Sachverständigentätigkeit und Koordination
- Längerfristige Zwischenlagerung, bauliche Maßnahmen (227, 237, 238, 239): Bereitstellung erforderlicher Infrastrukturmaßnahmen, Gewährleistung der sicheren Zwischenlagerung

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

Keine.

5. Kosten

Kosten bisher (seit 01/2002):	32,8 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	5,0 Mio. €
Zukünftige Kosten:	4,0 Mio. €
Geldgeber:	Bund 90 %, Länder 10 %

2 FuE-Vorhaben „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“

2.1 Fördervorhaben

* 02 S 8335	Biologische Wirkung niedriger Dosen ionisierender Strahlung	Technische Universität Darmstadt	📖 28
* 02 S 8355	Molekulare und zelluläre Wirkung dicht ionisierender Strahlen	Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH, Darmstadt	📖 30
02 S 8376	Bestimmung von Endlager-relevanten, langlebigen Radionukliden mittels radiometrischer und spezieller massenspektrometrischer Verfahren	TU München	📖 32
* 02 S 8416	Das Phänomen der Hyperradiosensitivität und deren Modulation durch den Radioprotektor Phosphotyrosin	Eberhard-Karls-Universität Tübingen	📖 34
02 S 8437	Verbundprojekt: Metal Matrix Composites als Schneidwerkstoff für Metallverbundstrukturen beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen	Leibniz Universität Hannover	📖 36
02 S 8447	Verbundprojekt: Metal Matrix Composites als Schneidwerkstoff für Metallverbundstrukturen beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen	BÜDIAM Diamantwerkzeuge, Eschenburg	📖 38
* 02 S 8457	Untersuchung von epigenetischen Effekten nach Bestrahlung menschlicher Zellen	Ludwig-Maximilians-Universität München	📖 40
* 02 S 8467	Regulationsmechanismen eukaryotischer DNA Replikation nach Bestrahlung	Universitätsklinikum Essen	📖 42
* 02 S 8477	Regulation der Nicht-homologen Endverknüpfung durch post-translationelle Modifikation	Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	📖 44
02 S 8487	Konstruktion, Herstellung, Beschichtung, Prüfung und Handhabung langzeitstabiler Gebinde zur sicheren Lagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen	Leibniz Universität Hannover	📖 46
* 02 S 8497	Induktion und Transmission von genetischen Schäden nach Hoch-LET Bestrahlung: In vivo und in vitro Untersuchungen	Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH, Darmstadt	📖 48

02 S 8507	Verfahren zur selektiven Tritium-Extraktion aus wässrigen Abfalllösungen und langzeitstabilen Bindung auf einem Träger	TU München	📖 50
02 S 8517	Uranaufnahme	Friedrich-Schiller-Universität Jena	📖 52
02 S 8528	Verbundprojekt: Maßnahmen zur Strahlenschutzvorsorge radioaktiv belasteter Großflächen durch Sanierung mittels Phytoremediation und anschließende Verwertung der belasteten Pflanzenreststoffe (PHYTOREST)	Friedrich-Schiller-Universität Jena	📖 54
02 S 8538	Verbundprojekt: Maßnahmen zur Strahlenschutzvorsorge radioaktiv belasteter Großflächen durch Sanierung mittels Phytoremediation und anschließender Verwertung der belasteten Pflanzenreststoffe (PHYTOREST)	TU Dresden	📖 56
02 S 8548	Verbundprojekt: MANOLA - Manipulatorgesteuerter Oberflächenabtrag durch Lasertechnologie	Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	📖 58
02 S 8558	Verbundprojekt: MANOLA - Manipulatorgesteuerter Oberflächenabtrag durch Lasertechnologie	TU Dresden	📖 60
02 S 8578	Strahlenschutzaspekte bei der Auswahl von Abbau- und Dekontaminationstechniken	GRS Köln	📖 62
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)	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin	📖 64
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)	WTI Wissenschaftlich-Technische Ingenieurberatung GmbH, Jülich	📖 66
02 S 8608	ASTU Automatische Seilsägetechnologie für Unterwasserdemontage	Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	📖 68
02 S 8619	EDV-Programm zur Unterstützung und Dokumentation der Gebäudefreigabe kerntechnischer Anlagen (PUG)	Brenk Systemplanung GmbH, Aachen	📖 70
02 S 8629	Prozessentwicklung zur trockenen Bearbeitung von metallischen und mineralischen Strukturen beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (ProBeSt)	Leibniz Universität Hannover	📖 72
02 S 8639	Neue Verfahrenstechnik zur Dekontamination und Probenahme in kontaminierten Rohrleitungen mittels Vibrationstechnik	SAT Kerntechnik GmbH, Worms	📖 74

02 S 8649	Verbundprojekt: Innovativer Abbruch massiger Stahlbetonstrukturen (INAS)	HERRENKNECHT AG, Schwanau	📖 76
02 S 8659	Verbundprojekt: Innovativer Abbruch massiger Stahlbetonstrukturen (INAS)	Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	📖 78
02 S 8669	Nutzung von Bremsstrahlungsinformationen für die zerstörungsfreie Charakterisierung radioaktiver Abfälle	TU München	📖 80
02 S 8679	Status quo der Lagerung ausgedienter Brennelemente aus stillgelegten / rückgebauten deutschen Forschungsreaktoren und Strategie (Lösungsansatz) zu deren künftigen Behandlung / Lagerung	DBE Technology GmbH, Peine	📖 82
02 S 8689	TENORM-Sanierung im Spannungsfeld zwischen Experteneinschätzungen und Alltagswahrnehmung - TESSA	Leibniz Universität Hannover	📖 84
02 S 8699	Innovative Lichtbogenverfahren für die Stilllegung und den Rückbau kerntechnischer Anlagen - Hot-Wire-Plasmaschneiden und Lichtbogen-Sauerstoff-Impulsschneiden (Inno-Cut)	Leibniz Universität Hannover	📖 86
02 S 8709	Verbundprojekt: Ablation kontaminierter Oberflächen zementgebundener Bauteile beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (MACOS)	Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	📖 88
02 S 8719	Verbundprojekt: Ablation kontaminierter Oberflächen zementgebundener Bauteile beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (MACOS)	Sondervermögen Großforschung beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	📖 90
02 S 8720	Verbundprojekt: Qualifizierung thermisch gespritzter Korrosionsschutzschichten für dickwandige Behälterkomponenten (QUAKOS)	Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Krefeld	📖 92
02 S 8730	Verbundprojekt: Qualifizierung thermisch gespritzter Korrosionsschutzschichten für dickwandige Behälterkomponenten (QUAKOS)	Leibniz Universität Hannover	📖 94
02 S 8740	Erprobung elektrochemischer Abtragstechnologien für den Rückbau stark armierter Betonstrukturen und das Zertrennen starkwandiger Bauteile in kerntechnischen Anlagen	Verein für Verfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e. V., Dresden	📖 96
02 S 8750	Verbundprojekt Schneidladung: Schneidladung als Zerlegeverfahren beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen und Qualifizierung im kerntechnischen Umfeld	Leibniz Universität Hannover	📖 98
02 S 8760	Verbundprojekt Schneidladung: Schneidladung als Zerlegeverfahren beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen und Qualifizierung im kerntechnischen Umfeld	Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mit beschränkter Haftung, Ottobrunn	📖 100
02 S 8770	Verbundprojekt AKOF: Optimierung der verfahrenstechnischen Kette „Abtrag kontaminierter Flächen“ unter dem Aspekt Maximierung der Abtragsleistung	Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	📖 102

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

EnBW Energie Baden-Württemberg AG, Karlsruhe  104

02 S 8790 Entsorgung von bestrahltem Graphit

Forschungszentrum Jülich GmbH  106

*** Strahlenforschungsvorhaben**

2.2 Formalisierte Zwischenberichte

Zuwendungsempfänger: Technische Universität Darmstadt, Karolinenplatz 5, 64289 Darmstadt		Förderkennzeichen: 02 S 8335
Vorhabensbezeichnung: Biologische Wirkung niedriger Dosen ionisierender Strahlung		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2005 bis 31.12.2011	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 658.911,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Löbrich	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Vorhaben hat zum Ziel, eine auf mechanistischer Grundlage basierende Abschätzung der Gefährdung durch niedrige Dosen ionisierender Strahlung zu erhalten. Dies ist für geeignete Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor zivilisatorischer Strahlenbelastung und für eine wissenschaftlich fundierte Festlegung von Grenzwerten für den Umgang mit und die Entsorgung von radioaktivem Material essentiell. Um verlässliche Vorhersagen über das Krebsrisiko in dem für den Strahlenschutz relevanten Dosisbereich von wenigen mSv machen zu können, müssen die für hohe Strahlendosen bekannten Risiken zu niedrigen Dosen hin extrapoliert werden. Dazu bedarf es eines mechanistischen Verständnisses der nach Bestrahlung mit niedrigen Dosen ablaufenden zellulären Prozesse, die zu für die Krebsentstehung relevanten genetischen Veränderungen führen. Ziel des Vorhabens ist es, solche genetischen Veränderungen im Bereich niedriger Dosen durch Untersuchungen an bestrahlten Personen zu erfassen und in einen quantitativen Zusammenhang zur Strahlendosis zu stellen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

In Menschen sollen zu verschiedenen Zeiten nach Exposition mit niedriger Strahlendosis DNA-Doppelstrangbrüche (DSBs) mittels Immunfluoreszenznachweis erfasst und mit dem Reparaturvermögen der einzelnen Individuen korreliert werden. Diese *in vivo* Studien sollen durch Zellkulturexperimente ergänzt werden, welche zum Ziel haben, die biologische Auswirkung der nach niedrigen Strahlendosen auftretenden DSBs zu ergründen und so einen direkten Bezug zur Krebsentstehung herzustellen.

Das Gesamtvorhaben wird in 4 Arbeitspakete eingeteilt.

Die Arbeitspakete 1 und 2 beinhalten Untersuchungen zum Nachweis von DSBs in bestrahlten Personen und sollen in Zusammenarbeit mit den Instituten der Radiologischen Klinik der Universität des Saarlandes durchgeführt werden. Diese *in vivo* Studien sollen es ermöglichen, eine individuelle Bewertung der Strahlenreaktion und einer sich daraus ergebenden Risikoabschätzung vorzunehmen.

Die Arbeitspakete 3 und 4 stellen Experimente mit Zellen in Kultur dar. Sie tragen maßgeblich dazu bei, die biologische Auswirkung einer ausbleibenden oder eingeschränkten DSB Reparatur zu bewerten und somit einen direkteren Zusammenhang zwischen der Strahlenexposition und einer möglichen Krebsentstehung aufzustellen.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP4: G1/S-Checkpoint-Messungen in lebenden Zellen

In vorangegangenen Arbeiten wurde gezeigt, dass der G1/S-Checkpoint Limitierungen aufweist. Da seine vollständige Aktivierung relativ langsam erfolgt, gelangen in den ersten 4-6 h nach Bestrahlung Zellen mit einer beträchtlichen Anzahl an unreparierten DNA-Doppelstrangbrüchen (DSBs) in die S-Phase. Mittels Life Cell Imaging wurden diese Zellen durch die S-Phase hinweg verfolgt und beobachtet, dass das Gesamtlevel an DSBs im Laufe der S-Phase ansteigt und dass dieser Anstieg mit kürzer werdender Reparaturzeit in G1 zunimmt. Eine genauere Analyse einzelner Zellen ergab, dass die Strahlen-induzierten DSBs während der S-Phase nahezu vollständig repariert werden, so dass die Erhöhung des Gesamtlevels an DSBs durch die Induktion neuer DSBs im Zuge der Replikation zustande kommt. Dies ist vermutlich auf die Induktion von Strahlen-induzierten Schäden wie Basenschäden und Einzelstrangbrüche zurückzuführen, deren Reparatur vor der Replikation ebenfalls nicht abgeschlossen werden konnte. Im Anschluss stellte sich die Frage nach dem Reparaturmechanismus, über den die Strahlen-induzierten und die Replikations-assoziierten DSBs während der S-Phase repariert werden. Um einen ersten Einblick in diese Fragestellung zu erhalten, wurde die an dem Nicht-homologen End-joining beteiligte DNA-PK chemisch inhibiert und erneut Reparaturkinetiken in lebenden Zellen in der S-Phase nach Bestrahlung in G1 aufgenommen. Dabei zeigte sich, dass die Strahlen-induzierten DSBs über die gesamte S-Phase erhalten blieben, also nicht über den Weg der Homologen Rekombination repariert werden konnten. Parallel durchgeführte chromosomale Studien ergaben eine Erhöhung des Levels an Chromosomenbrüchen in der Mitose gegenüber Reparatur-profizienten WT-Zellen, was damit konsistent ist, dass in G1-induzierte DSBs – sofern sie nicht während der S-Phase repariert werden – zur Entstehung von Chromosomenaberrationen beitragen. Im Gegensatz zur Erhöhung der Strahlen-induzierten DSBs wurde nach DNA-PK-Inhibition nur eine leichte Erhöhung der Replikations-assoziierten DSBs während der S-Phase beobachtet. Dieser geringere Effekt könnte darauf zurückzuführen sein, dass das Nicht-homologe End-joining nach der Replikation nur eine untergeordnete Rolle spielt und der Großteil der Replikations-assoziierten DSBs über Homologe Rekombination repariert wird.

4. Geplante Weiterarbeiten

TP1: DSB-Reparatur nach niedrigen Dosen ionisierender Strahlung

Vorangegangene Arbeiten zeigten, dass sich das DSB-Reparaturvermögen nach niedrigen Dosen durch oxidativen Stress stimulieren lässt. Im Folgenden soll nun untersucht werden, inwieweit eine Vorbestrahlung mit niedrigen Dosen die Reparatur von durch eine höhere Dosis induzierten DSBs beeinflusst.

TP2: Zellzyklus-Messungen in lebenden Zellen

Die Limitierungen des G1/S- und des G2/M-Checkpoints werfen die Frage nach den zellulären Konsequenzen in den nachfolgenden Zellzyklen auf. In Life Cell Imaging-Experimenten sollen daher Zellen nach Bestrahlung in der G1- bzw. der G2-Phase über mehrere Zellzyklen hinweg verfolgt werden.

5. Berichte, Veröffentlichungen

S. Grudzenski, A. Raths, S. Conrad, C. Rube, M. Löbrich. Proc Natl Acad Sci U S A. 2010 Aug 10; 107(32):14205-10

Zuwendungsempfänger: GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Planck- straße 1, 64291 Darmstadt		Förderkennzeichen: 02 S 8355
Vorhabensbezeichnung: Molekulare und zelluläre Wirkung dicht ionisierender Strahlen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2006 bis 31.12.2011	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 2.933.630,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Kraft	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Wissenschaftliche Forschungsziele sind molekular-, zell-, gewebe- und populationsrelevante Grundlagenforschung mit dicht ionisierender Strahlung, um die Mechanismen der Strahlenwirkung aufzuklären und den Strahlenschutz zu erweitern. Die Risikofaktoren ionisierender Strahlung sollen präzisiert werden, um auf der biomedizintechnischen Seite die Methoden der Strahlentherapie in der Tumormedizin und der Behandlung entzündlicher Prozesse weiter zu entwickeln.

Für diese Arbeiten werden zwei Arbeitsgruppen an der TUD eingerichtet, die thematisch sowohl in die Forschung der TUD als auch der GSI integriert sind. Um methodisch den höchsten Stand der Wissenschaft zu halten, ist eine enge Zusammenarbeit mit den vorhandenen Lehrstühlen der TUD geplant. Dazu gehört auch die Vertretung des neuen Gebiets in der Lehre, d. h. in Vorlesungen und in Praktika, sowie die Betreuung von Diplom- und Doktorarbeiten. Eine enge Zusammenarbeit mit der Bionik und der Physik sowie der Biotechnologie der FH ist auch in der Studentenausbildung geplant. Langfristig wird angestrebt, einen Studiengang Biophysik/Strahlenbiologie anzubieten.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Schwerpunkte der Forschungsvorhaben an der GSI sind folgende Untersuchungen:

- primäre Strahlen-induzierte DNA-Veränderungen (Strahlplatz Mikroskopie) und komplexe Ionen-induzierte DNA-Schäden, Reparatur- und Signalübertragung,
- Zelluläre Strahlenreaktion: Proteinbiochemie, Zellzyklusanalyse und Zelltod (RBW)
- Experimente am Mikrostrahl zur Wirkung kleiner Dosen

An der TUD sind folgende Schwerpunkte geplant:

- Erweiterung der Strahlenarten (Alpha-Teilchen)
- Strahlenwirkung Niedrigdosisbereich / Biomarker Strahlenschutz
- Reparatur / Zelluläre Strahlenwirkung / Membran / Signalübertragung / Gewebeeffekte
- Regeneration

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Von der Arbeitsgruppe „Molekulare Strahlenbiologie“ wurden weitere Diplomarbeiten und Forschungspraktikanten betreut. Weiterhin beteiligte sich die Arbeitsgruppe im WS 10/11 an der Durchführung des Moduls „Team und Präsentation“ im Rahmen des Bachelor-Studiengangs des Fachbereichs Biologie.

Die Forschung der Arbeitsgruppe „Molekulare Strahlenbiologie“ beschäftigte sich im aktuellen Berichtszeitraum in erster Linie mit der Wahl des Reparaturweges bei der Reparatur von DNA-Doppelstrangbrüchen in Abhängigkeit von der Komplexität des Bruches. Dazu wurden die Reparaturkinetiken von G2-Phase-Zellen nach der Behandlung mit Agenzien, die Brüche unterschiedlicher

Komplexität erzeugen, verglichen. Es zeigte sich, dass durch Etoposid induzierte „einfache“ Brüche schneller repariert werden, als durch Röntgenstrahlung induzierte Brüche. Dagegen ergaben Untersuchungen in Zusammenarbeit mit der GSI Biophysik, dass durch Kohlenstoff-Ionen induzierte, „komplexe“ Brüche sehr langsam repariert werden, was eine direkte Abhängigkeit der Geschwindigkeit der Reparatur von der Komplexität nahelegt. Während nach Etoposid-Behandlung NHEJ den vorherrschenden Reparaturweg darstellt, nimmt mit zunehmender Komplexität der Anteil der resektierten und somit über HR reparierten Brüche zu. Dazu konsistent steigt auch die Größe des Reparaturdefekts bei einer Artemis-Defizienz mit der Komplexität der Brüche. Aus diesen Arbeiten ergab sich das Modell, dass die Geschwindigkeit der Reparatur der entscheidende Schritt bei der Wahl des Reparaturweges ist und dass diese sowohl von der Lokalisation des Bruchs - wie in vorherigen Berichtszeiträumen gezeigt werden konnte - innerhalb des Chromatins als auch von dessen Komplexität abhängt.

Nach dem Ende der Umbauten ist die AG „Molekulare Zellbiologie“ voll arbeitsfähig. Mit einem neuen Spinning Disk Konfokalmikroskop, das auch Lasermikrobestrahlung ermöglicht, wurde gezielt die Reparatur von heterochromatischen DNA Schäden untersucht. Die Prozesse der Chromatin-Dekondensation wurden mit Ergebnissen der GSI Arbeitsgruppen verglichen. Die Kooperation mit der GSI und der AG Chen (MDC, Berlin) untersucht die Induktion und Reparatur auf genomischer Ebene mit Hochdurchsatz-Sequenzierung der DNA. In diesem Projekt werden die Lokalisationen von Doppelstrangbrüchen verglichen, welche durch ionisierende und UV-Strahlung induziert werden. Darüber hinaus wurden weitere Untersuchungen zur Lokalisation von poly-ADP Ribosylierung, welche nach Bestrahlung am Schadensort auftritt, durchgeführt und es zeigte sich, dass diese Marker vermehrt im Heterochromatin auftauchen. Im Projekt zur der Veränderung der Chromatinstruktur nach DNA Schädigung konnte gezeigt werden, dass HP1 ein Chromatin Modulator zeitlich versetzt zur Schadensstelle rekrutiert wird. Zuletzt konnten quantitative FRAP Daten für die Modellierung der Rekrutierungsexperimente (in Zusammenarbeit mit AG Drossel, TU Darmstadt) gewonnen werden. Diese Daten werden momentan analysiert und den Modellen zugeführt.

Seit WS 2008/2009 wurde die Vorlesung/Übung/Praktikum "Zellbiologie" im Rahmen des Bachelor-Studiengangs und die Vorlesung/Seminar und Praktikumseinheit „Molekulare Zellbiologie“ im Diplomstudiengang regelmäßig abgehalten. Darüber hinaus werden Studenten in unserem Labor betreut, welche in der Thematik dieses Projektes arbeiteten. Im WS haben die ersten Diplomstudenten angefangen und im kommenden SS werden neue Doktoranden anfangen.

4. Geplante Weiterarbeiten

Im SS 2011 werden beide TUD-Arbeitsgruppen die Betreuung weiterer Diplomarbeiten und Forschungspraktikanten sowie erster Bachelorarbeiten aus dem Fachbereich Biologie der TUD übernehmen. Die Forschung der „Molekularen Strahlenbiologie“ wird sich mit den Reparaturmechanismen zur Beseitigung „komplexer“ DSBs nach Röntgen- und nach Schwerionenstrahlung beschäftigen. Die Untersuchung des Zusammenspiels von Artemis mit CtIP soll dabei weitere mechanistische Einblicke ermöglichen. Die „Molekulare Zellbiologie“ wird DNA Schäden im Heterochromatin mit Schwerpunkt unterschiedliche Induktionsrate und Persistenz der Schäden untersuchen. Es soll geklärt werden, wieweit die DNA Reparatur in Heterochromatin besondere Signalwege und Reparaturfaktoren benötigt (e.g., MBDs, Poly-ADP Ribose und HP1s).

5. Berichte, Veröffentlichungen

A. Shibata, S. Conrad, J. Birraux, V. Geuting, O. Barton, A. Ismail, A. Kakaroukas, K. Meek, G. Taucher-Scholz, M. Löbrich, P.A. Jeggo, 2011, EMBO J., in press.
R. M. Martin, M. C. Cardoso, 2010, FASEB J. 24 (4): 1066-1072 (Epub 2009 Nov)

Zuwendungsempfänger: Technische Universität München, Arcisstr. 21, 80333 München		Förderkennzeichen: 02 S 8376
Vorhabensbezeichnung: Bestimmung von Endlager-relevanten, langlebigen Radionukliden mittels radiometrischer und spezieller massenspektrometrischer Verfahren		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2006 bis 31.12.2010	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 973.314,00 EUR	Projektleiter: Dr. Lierse von Gostomski	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist die Bestimmung schwer messbarer, langlebiger Radionuklide wie z. B. ^{10}Be , ^{41}Ca , ^{79}Se , ^{93}Mo , welche für Betrachtungen zur Langzeitsicherheit von Endlagerstätten und zur Beurteilung der radiologischen Belastung des Menschen und der Umwelt ein unerlässlicher Gesichtspunkt sind. Solch langlebige Nuklide sind in Abfallströmen zwar deklarationspflichtig, aber experimentell schwer zugänglich. Die üblichen Abschätzungen über Modelle sind aufgrund fehlender experimenteller Datenbasis fehlerbehaftet. Das Vorhaben soll experimentelle Methoden erarbeiten, um solch schwer messbare Nuklide verlässlich quantifizieren zu können und die Datenbasis für künftige Modellrechnungen zu verbessern.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Ausarbeitung von Trennungsgängen für die zu quantifizierenden Nuklide zur Abtrennung der Fremdaktivitäten unter Berücksichtigung der besonderen Probenmatrices und der nachfolgenden Analytik

AP2: Optimierung der Beschleuniger-Massenspektrometrie (AMS) hinsichtlich der Isobarenseparation

AP3: Präparation von Realproben nach 1. und Messung mit AMS nach 2

AP4: Optimierung der hochauflösenden induktiv-gekoppelten Massenspektrometrie (ICP-RMS) analog 2

AP5: Präparation von Realproben nach 1. und Messung mit ICP-HRMS nach 4.

AP6: Radiochemische Neutronenaktivierungsanalyse für Nuklide, welche dadurch theoretisch zugänglich sind

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Von ^{41}Ca (aus Borosilicatglas von Absorberstäben isoliert) ist noch die Bestimmung der Halbwertszeit vorgesehen. Dazu wurde kürzlich die MS-Analytik bei einer Arbeitsgruppe in Australien abgeschlossen. Die experimentellen Arbeiten zur Aktivitätsmessung bei der PTB sind ebenfalls im Abschluss befindlich.

Für die Halbwertszeitbestimmung von $^{166\text{m}}\text{Ho}$ wurden bei der PTB die experimentellen Arbeiten zur Aktivitätsmessung begonnen. Für die MS-Analytik hat die australische Arbeitsgruppe (siehe ^{41}Ca) ihre Unterstützung zugesagt (vorbehaltlich der Möglichkeit, eine Probe unkompliziert nach Australien zu verbringen – dies wird zum Zeitpunkt der Berichterstellung geprüft).

NAA-Arbeiten zur Bestimmung von ^{129}I .

Der Abschlussbericht des Projektes ist in Bearbeitung.

Ergebnisse:

Experimentelle Ergebnisse zum ^{176}Lu und ^{41}Ca (jeweils Halbwertszeitbestimmung) und zur NAA-Analytik von ^{129}I stehen vor der Auswertung.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Anfertigung einer Publikation für die Halbwertszeit von ^{41}Ca .
- Anfertigung einer Publikation für die Halbwertszeit von ^{176}Lu .
- Anfertigung einer Publikation für die NAA-Analytik von ^{129}I .
- Aktivitäts- und MS-Messungen für die Halbwertszeitbestimmung von $^{166\text{m}}\text{Ho}$.
- Bolometrie für ^{79}Se in einer französischen Arbeitsgruppe (für spät 2011/2012).

5. Berichte, Veröffentlichungen

Vortrag zur Halbwertszeitbestimmung von ^{79}Se bei 6. *RCA* & 23. *SAAGAS* in Dresden.
Abschlussbericht des Projektes

Zuwendungsempfänger: Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Wilhelmstr. 7, 72074 Tübingen		Förderkennzeichen: 02 S 8416
Vorhabensbezeichnung: Das Phänomen der Hyperradiosensitivität und deren Modulation durch den Radioprotektor Phosphotyrosin		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2007 bis 30.11.2010	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 30.11.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 220.644,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Rodemann	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Phänomen der Hyperradiosensitivität (HRS) im niederen Strahlendosisbereich spricht für eine hohe biologische Wirksamkeit der so genannten „*low-dose*“-Strahlung. Das Projekt zielt darauf ab, die zugrunde liegenden Mechanismen zu erarbeiten und Möglichkeiten zu finden die Hyperradiosensitivität und die Persistenz von DNA-Schäden nach „*low-dose*“-Bestrahlung zu unterdrücken.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Im Berichtszeitraum 6-12/2010 wurden weitere molekularbiologische Untersuchungen zur Rolle von EGFR und Bedeutung von pTyr als Radioprotektor im niederen Strahlendosisbereich durchgeführt. Als spezifische Parameter wurden hierbei die Aktivierung der ATM-Kinase im niederen Dosisbereich 0-100 mGy (0, 10, 20, 50, 100 mGy) im Vergleich zu einer Kontrolldosis von 2000 mGy analysiert und die Beeinflussung durch Phospho-Tyrosin ermittelt. Des Weiteren wurden auf Basis des in früheren Berichtszeiträumen ermittelten, radioprotektiven Effekts von Phospho-Tyrosin verschiedene Wiederholungsexperimente unter spezifischen Bedingungen durchgeführt, um eine statistische Überprüfung des Effekts zu ermöglichen.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

3.1 Aktivierung der ATM-Kinase im niedrigen Dosisbereich

Die ATM-Kinase spielt als Sensor für DNA-Doppelstrangbrüche eine entscheidende Rolle in der Induktion des mit DNA-Schädigung einhergehenden Zellzyklusarrest einerseits und der Induktion der DNA-Doppelstrangbruch-Reparatur hauptsächlich von komplexen DNA-Doppelstrangbrüchen im Kontext der *slow repair component* eine entscheidende Rolle. Hierzu ist die Aktivierung der ATM-Kinase durch Phosphorylierung am Serin-Rest 1981 notwendig. Mithilfe von spezifischen Antikörpern gegen phosphoryliertes Serin an Position 1981 ist ein molekularbiologisches Werkzeug gegeben, um mithilfe von Western-Blot-Analysen eine Dosisabhängigkeit der Aktivierung der ATM-Kinase zu ermitteln. Anhand von A549-Zellen wurde im Dosisbereich von 0-100 mGy unter Einbeziehung einer Kontrolldosis von 1000 mGy die ATM-Phosphorylierung an S-1981 überprüft. Wie schon in vorhergehenden Projektberichten mitgeteilt, zeigte sich auch hier ein Schwellendosiswert für die Induktion der ATM-Phosphorylierung, der im Bereich von 20-50 mGy liegt. Unterhalb dieses Schwellenwertes ist in der Mehrzahl der Experimente keine Phosphorylierung festzustellen. Diese Ergebnisse decken sich mit den früher erhobenen Befunden zur Aktivierung der DNA-PK im Dosisbereich von 0-100 mGy.

3.2 Untersuchung des Acetylierungs- und Phosphorylierungsmusters des Histon-Proteins H3

Das Histon-Proteins H3 ist für die Kondensation des DNA-Doppelstrangs eine entscheidende Komponente und ist ebenso eine wichtige Zielstruktur für Proteinmodifikationen, die im Zuge von DNA-Schädigung auftreten. So ist bekannt, dass nach Induktion eines DNA-Doppelstrangbruchs das Histon-Protein H3 durch Acetylierungs- bzw. Phosphorylierungsreaktionen modifiziert wird, um die Öffnung der DNA, die

für eine erfolgreiche DNA-Doppelstrang-Reparatur notwendig ist, zu ermöglichen. Insbesondere die Acetylierung am Lysinrest 9 und die Phosphorylierung am Serinrest 10 sind entscheidende Modifikationen des H3-Proteins, welche für die Öffnung der DNA entscheidend sind. Somit kann durch den Einsatz von spezifischen Antikörpern, die gegen das acetylierte Lysin an Position 9 bzw. das phosphorylierte Serin in Position 10 gerichtet sind, die H3-Proteinmodifikation nach DNA-Schädigung untersucht werden.

Vor diesem Hintergrund wurde im Dosisbereich von 0-100 mGy die H3-Proteinmodifikation durch Acetylierung bzw. Phosphorylierung an A549-Zellen untersucht. Des Weiteren wurde überprüft, inwiefern durch pTyr-Vorbehandlung und nachfolgender Exposition der Zellen im niederen Dosisbereich eine Öffnung der DNA durch H3-Acetylierung/Phosphorylierung induzierbar ist. Die Proben- bzw. Datenanalyse hierzu ist noch nicht abgeschlossen, sodass noch keine Aussage darüber getroffen werden kann, inwiefern die genannten H3-Modifikationen zu dem Aktivierungsmuster der DNA-PK bzw. ATM-Kinase im niederen Dosisbereich von 0-100 mGy korrelieren.

3.3 Zelluläre Überlebensanalysen nach Phosphotyrosin-Vorbehandlung im niedrigen Strahlendosisbereich
Wie im Ergebnisbericht 4-8/2010 bereits dokumentiert, ist die Überprüfung des radioprotektiven Effekts von Phospho-Tyrosin speziell im niederen Dosisbereich ein wesentlicher Fokus des Projekts. Wie bereits berichtet, zeigte sich im Niederdosis-Bereich von 10-20 mGy eine überraschend hohe Inaktivierung der Klonogenität von A549-Zellen (Fig. 1). Höhere Dosen, d.h. 50 und 100 mGy, zeigten dagegen keinen signifikanten Unterschied im Überleben zur unbestrahlten Kontrolle. Bei der Kontrolldosis 2000 mGy / 2 Gy war das Überleben der A549-Zellen – wie zu erwarten – deutlich reduziert. In den bisherigen Untersuchungen war ein konstanter signifikanter radioprotektiver von pTyr bei 100 mGy und 2000 mGy zu beobachten. Aus bisher nicht verstandenen Gründen zeigte sich bei der Dosis von 20 mGy je nach experimentellem Ansatz kein oder ein schwach bis mittelmäßig ausgeprägter radioprotektiver Effekt von pTyr. Hinzu kam, dass überraschenderweise bei der Dosis 50 mGy keine Radioprotektion festgestellt werden konnte. Dementsprechend konnte bislang postuliert werden, dass ein konstanter und signifikanter radioprotektiver Effekt im niederen Dosisbereich zumindest im Rahmen der bisher durchgeführten experimentellen Serie erst ab einer Dosis von 100 mGy sicher zu beobachten war.

Vor diesem Hintergrund wurden Wiederholungsexperimente durchgeführt, um eine ausreichend statistisch gesicherte Aussage bzgl. des Vorhandenseins oder Nichtvorhandenseins eines potenziell radioprotektiven Effekts von Phospho-Tyrosin im Dosisbereich von 10, 20 und 50 mGy machen zu können. Die hierzu vorgenommenen Experimente befinden sich noch in der Datenanalyse und statistischen Auswertung.

3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse des Berichtszeitraums

Die Ergebnisse der im Berichtszeitraum 6-12/2010 durchgeführten Analysen werden, da die Datenerhebung und –auswertung noch nicht abgeschlossen ist, im Abschlussbericht für dieses Projekt dargestellt und diskutiert. Ein besonderes Augenmerk wird hierbei auf die Ausprägung des radioprotektiven Effekts von Phospho-Tyrosin im Kontext der molekularbiologischen Analysen gelegt. Die Gesamtdiskussion der i. R. dieses Forschungsprojektes erzielten Ergebnisse wird eine Aussage darüber erlauben, in welcher Form und bis zu welcher Ausprägung der im Dosisbereich von > 100 mGy gesicherte radioprotektive Effekt von Phospho-Tyrosin auch im Niederdosisbereich von 0-100 mGy gegeben ist.

4. Geplante Weiterarbeiten

Mit der Analyse der in diesem Bericht dargestellten Experimente ist der experimentelle Teil des Projekts weitestgehend abgeschlossen. Entsprechend der abschließenden Datenanalyse sind u.U. spezifische Ergänzungsexperimente i.R. von kostenneutralen Zusatzuntersuchungen erforderlich, um die erhobenen Befunde bzgl. spezifischer Aussagen weiter zu sichern.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

Zuwendungsempfänger: Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		Förderkennzeichen: 02 S 8437
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Metal Matrix Composites als Schneidwerkstoff für Metallverbundstrukturen beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2007 bis 31.10.2010	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.10.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 482.046,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Bach	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

In der Bundesrepublik Deutschland befinden sich zurzeit 17 Kernkraftwerke im Rückbau, wovon das Kernkraftwerk Niederaichbach und der HDR in Karlstein bereits vollständig demontiert und die "Grüne Wiese" wieder hergestellt werden konnten. Hierbei konnten umfangreiche Erfahrungen gesammelt werden, so dass aus heutiger Sicht keine grundsätzlichen technischen Schwierigkeiten beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen mehr bestehen.

Die Zerlegung von radiologisch belasteten Großkomponenten bleibt jedoch eine schwierige Aufgabe. Zum Einen müssen diese Arbeiten zumeist fern hantiert bzw. automatisiert durchgeführt werden, zum Anderen sind die Abmessungen groß und die Strukturen und Einbausituationen komplex. Sofern die etablierten Verfahren, wie thermisches Schneiden, Nippeln, Sägen, Seilsägen usw., hier nicht oder nur mit reduzierter Leistungsfähigkeit eingesetzt werden können, sind diese Arbeiten zum Teil nur unter hohen zeitlichen und finanziellen Aufwendungen zu realisieren.

Das Forschungsvorhaben setzt an diesem Punkt an: Ziel des Verbundprojektes ist die Entwicklung von flexiblen und kostengünstigen Werkzeugen zum Rückbau von Stahl- bzw. Stahl-Verbund-Komponenten (armierter Schwerstbeton, verlorene Schalungen) basierend auf dem Trennschleifprozess.

Hierzu werden zunächst Hartstoffe qualifiziert, die als Alternative zum Diamant, neben Beton, auch gegenüber Stahl eine hohe Schnittleistung und Standzeit aufweisen. Anschließend werden Hartstoffsegmente als Metall-Matrix-Komposite entwickelt und gefertigt, wiederum experimentell mit einem zu entwickelnden Prüfstand qualifiziert und schließlich an Wand- und Schwertsägen sowie an eine Seilschleifmaschine adaptiert und praxisnah getestet.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Grundlagenuntersuchungen zum Schneidverhalten von Hartstoffen an Stahl und CrNi-Stahl
- a.) Fertigung der Reibstifte mit Hartstoff-Einlage sowie der Stahl-Probekörper
 - b.) Inbetriebnahme und Einregelung des Tribometer-Messstandes
 - c.) Durchführung von Erosionsversuchen
 - d.) Erfassung des quantitativen Verschleißes an Hartstoff und Probekörper, Bestimmung der Verschleißmodi
- AP2: Untersuchungen zum Schneidverhalten von unterschiedlichen Schneidstofflegierungen
- a.) Herstellung der Schneidsegmente

- b.) Aufbau und Inbetriebnahme eines Prüfstandes zur Untersuchung der Schneideigenschaften von Einzel-Schneidsegmenten
- c.) Durchführung von Schneidversuchen
- d.) Erfassung des quantitativen Verschleißes an Schneidsegmenten und Stahlproben, Bestimmung der Verschleißmodi

AP3: Entwicklung, Konstruktion und Fertigung von Schneidgeräten zum Trennen von Stahl und CrNi-Stahl sowie Praxistests

AP4: Abschlusspräsentation und Abschlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP3:

In der Laufzeitverlängerung im zweiten Halbjahr 2010 wurden Sägeversuche an der Steinsäge durchgeführt. Die Fa. Büdiam Diamantwerkzeuge produzierten dafür Sägeblätter mit variablen Co-Bindungen und Wolframcarbidzusätzen. Als Schneidstoffe wurden Diamant sowie verschiedene kubische Bornitride geprüft. Die Sägeblätter wurden im Anschluss der Versuche auf einem Messtisch im Durchmesser vermessen. Die Durchmesseränderung diente dabei als wichtiges Bewertungsmerkmal für den Verschleiß des Sägeblattes. Des Weiteren wurden die Sägeblätter mikroskopisch ausgewertet. In den Versuchen wurden ebenfalls das durch das Sägeblatt zerspannte Werkstoffvolumen und die notwendige Schnittzeit ermittelt. Da Verschleiß an den Sägeblättern erst bei längeren Schnittzeiten und hohem Spanvolumen zu interpretierbaren Aussagen führt, sind die Versuche mit hohem Zeitaufwand verbunden. Im Rahmen der Versuche wurde eine Studienarbeit angefertigt.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP4:

Eine noch geplante Wärmebildauswertung am trockenen Schnitt soll die örtlichen Beanspruchungen am Einzelsegment zeigen. Gegenwärtig erfolgen die Zusammenstellung der Ergebnisse und die Erstellung des Abschlussberichtes. Dieser soll termingerecht bis Ende März eingereicht werden.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

Zuwendungsempfänger: BÜDIAM Diamantwerkzeuge R. und N. Büttner GmbH, Industriestr. 5a, 35713 Eschenburg		Förderkennzeichen: 02 S 8447
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Metal Matrix Composites als Schneidwerkstoff für Metallverbundstrukturen beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2007 bis 31.10.2010	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.10.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 300.480,00 EUR	Projektleiter: Dipl.-Ing. Knotte	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

In der Bundesrepublik Deutschland befinden sich zurzeit 17 Kernkraftwerke im Rückbau. Hierbei konnten umfangreiche Erfahrungen gesammelt werden, so dass aus heutiger Sicht keine grundsätzlichen technischen Schwierigkeiten beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen mehr bestehen.

Die Zerlegung von radiologisch belasteten Großkomponenten bleibt jedoch eine schwierige Aufgabe. Das Forschungsvorhaben setzt an diesem Punkt an: Ziel des Verbundprojektes ist die Entwicklung von flexiblen und kostengünstigen Werkzeugen zum Rückbau von Stahl- bzw. Stahl-Verbund-Komponenten (armierter Schwerstbeton, verlorene Schalungen) basierend auf dem Trennschleifprozess.

Hierzu werden zunächst Hartstoffe qualifiziert, die als Alternative zum Diamant, neben Beton, auch gegenüber Stahl eine hohe Schnittleistung und Standzeit aufweisen. Anschließend werden Hartstoffsegmente als Metall-Matrix-Komposite (MMC) entwickelt und gefertigt, wiederum experimentell mit einem zu entwickelnden Prüfstand qualifiziert und schließlich an Wand- und Schwertsägen sowie an eine Seilschleifmaschine adaptiert und praxisnah getestet.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Grundlagenuntersuchungen zum Schneidverhalten von Hartstoffen an Stahl und CrNi-Stahl

- a.) Fertigung der Reibstifte mit Hartstoff-Einlage sowie der Stahl-Probekörper
- b.) Inbetriebnahme und Einregelung des Tribometer-Messstandes
- c.) Durchführung von Erosionsversuchen
- d.) Erfassung des quantitativen Verschleißes an Hartstoff und Probekörper, Bestimmung der Verschleißmodi

AP2: Untersuchungen zum Schneidverhalten von unterschiedlichen Schneidstofflegierungen

- a.) Herstellung der Schneidsegmente
- b.) Aufbau und Inbetriebnahme eines Prüfstandes zur Untersuchung der Schneideigenschaften von Einzel-Schneidsegmenten
- c.) Durchführung von Schneidversuchen
- d.) Erfassung des quantitativen Verschleißes an Schneidsegmenten und Stahlproben, Bestimmung der Verschleißmodi

AP3: Entwicklung, Konstruktion und Fertigung von Schneidgeräten zum Trennen von Stahl und CrNi-Stahl sowie Praxistests

AP4: Abschlusspräsentation und Abschlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP2:

In der verbliebenen Projektlaufzeit im zweiten Halbjahr 2010 wurden weitere Proben analog den Abmessungen von Einzelschneidsegmenten von Sägeblättern für die tribologische Einzeluntersuchungen an den Projektpartner geliefert. Gefertigt wurden Proben mit variablen Co-Bindungen und Wolframcarbidzusätzen. Als Schneidstoffe wurde Diamant sowie verschiedene kubische Bornitride als zugesetzt. Um die Dichte dieser Materialkombinationen zu optimieren, wurden ebenfalls verschiedene Sinterregimes getestet. Ziel war es eine möglichst hohe Dichte und Härte der Materialien zu realisieren. Es wurde getestet ob sich diese Eigenschaften unter anderem auch durch heißisostatisches Pressen signifikant verbessern lassen.

AP3:

Auf der Grundlage der Ergebnisse der tribologischen Einzeluntersuchungen der Proben erfolgte die Auswahl von geeigneten Materialkombinationen. Aus diesen wurden mit den optimierten Sinterparametern Schneidsegmente gefertigt und Sägeblätter belegt. Diese wurden dann für praxisnahe Schneidversuche an den Projektpartner geliefert.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP4:

Gegenwärtig erfolgen die Zusammenstellung der Ergebnisse und die Erstellung des Abschlussberichtes. Dieser soll termingerecht bis Ende März eingereicht werden.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

Zuwendungsempfänger: Ludwig-Maximilians-Universität München, Geschwister-Scholl-Platz 1, 80539 München		Förderkennzeichen: 02 S 8457
Vorhabensbezeichnung: Untersuchung von epigenetischen Effekten nach Bestrahlung menschlicher Zellen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2007 bis 31.12.2010	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 325.105,00 EUR	Projektleiter: Dr. Friedl	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Projektes ist eine detaillierte qualitative und quantitative Analyse von strahleninduzierten lokalen (d. h. im Bereich der geschädigten DNA) und globalen (d. h. zellkernweiten) Veränderungen in Histonmodifikations-Mustern. Dies soll das Verständnis für die Rolle epigenetischer Prozesse bei der Strahlenkanzerogenese erhöhen. Lokale Veränderungen der Histonmodifikationen sollen durch Immunnachweis an γ -H2AX-dekorierten Chromatinbereichen nach Ionen-Mikrobestrahlung untersucht werden. Mittels quantitativer Western-Analyse sollen zudem globale Veränderungen erfasst werden. Durch genetische Methoden und Lokalisierungsexperimente sollen Informationen zu Ursachen und Folgen der beobachteten Veränderungen gewonnen werden. An Modellsystemen mit veränderter Chromatinstruktur soll zudem der Einfluss der Chromatinstruktur auf die zelluläre Reaktionen nach Strahlenschäden analysiert werden. Die Zusammenarbeit von Strahlenbiologen, Zellbiologen und Kernphysikern soll eine interdisziplinäre Aus- und Weiterbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses für die strahlenbiologische Forschung ermöglichen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Analyse von lokalen Histonveränderungen in γ -H2AX-dekorierten Chromatinbereichen
- AP2: Analyse von globalen Histonveränderungen nach Ionen- und γ -Bestrahlung
- AP3: Charakterisierung von Ursachen und Folgen veränderter Histonmodifikationsmuster nach Bestrahlung
- AP4: Einfluss artifizieller Veränderungen der Chromatinstruktur auf die Bildung von Reparatur- und Signalfoci

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Die bislang generierten Datensätze zu Histonveränderungen in verschiedenen Zellsystemen wurden mit Hilfe der ICA-Methode ausgewertet. Eine Publikation ist in Vorbereitung.

AP2: Für drei Histonmodifikationen wurden signifikante Änderungen nachgewiesen und in 2-3 unabhängigen Experimenten reproduziert. Eine Publikation ist in Vorbereitung

AP3: Die Akkumulierung einer Kandidaten-Demethylase an Ionenschäden konnte bislang nicht gezeigt werden. Nach siRNA-Herunterregulation wurden ebenfalls keine Veränderungen der strahleninduzierten Verluste.

AP4: Die Arbeiten zu artifiziellen Chromatinveränderungen wurden abgeschlossen.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP1, AP2, AP4:

Die Auswertungen der vorhandenen Mikroskopiedaten bzw. Western Blot-Ergebnisse werden gegenwärtig für den Abschlussbericht und Publikationen zusammengefasst.

AP3:

Wir führen noch eine abschließende Experimentreihe zur Kandidaten-Demethylase durch.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

Zuwendungsempfänger: Universität Duisburg-Essen, Universitätsklinikum Essen, Hufelandstraße 55, 45147 Essen		Förderkennzeichen: 02 S 8467
Vorhabensbezeichnung: Regulationsmechanismen eukaryotischer DNA Replikation nach Bestrahlung		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2007 bis 30.09.2010	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 30.09.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 445.852,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Iliakis	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel 1: Es wird die Hypothese getestet, dass DNA-PKcs einen unmittelbaren und direkten Mechanismus für die Hemmung der DNA-Replikation durch eine lokale Hemmung der Replikationinitiation liefert.

Ziel 2: Es wird die Hypothese überprüft, dass DNA-PKcs zur Erholung der von ATM induzierten Hemmung der DNA-Replikation beiträgt.

Ziel 3: Es wird die Hypothese überprüft, dass DNA-PKcs in der Lage ist, Funktionen im DNA-Metabolismus umzuschalten, wenn sie DNA-Doppelstrangbrüche entdeckt und sich dadurch von einem Aktivator der DNA-Replikation zu einem wirkungsvollen Inhibitor umwandelt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP3.1: Aufreinigung von TAG, DNA-PK, DNA-PKcs, RPA und Topo I

AP3.2: Etablierung eines in vivo und in vitro DNA-Replikations-Initiationstests und Anwendung in verschiedenen Zelllinien

AP3.3: Überprüfung funktionaler Veränderungen im TAG durch DNA-PK

AP3.4: ATM-Aktivitätsmessungen nach Bestrahlung in verschiedenen Zelllinien

AP3.5: Alkalische Saccharose Gradientenzentrifugation für Messungen von Replikationsinitiation

AP3.6: Effekte von Koffein, Wortmannin und KU55933 auf strahleninduzierte Replikationsinhibierung

AP3.7: Präinitiationstestverfahren und die Rolle von DNA-PK an der Replikationsgabel zu testen

AP3.8: Modulation der DNA-PK-Aktivität durch Phosphorylierung

AP3.9: Charakterisierung der DNA-PK Autophosphorylierung

AP3.10: Kooperation von Ku und DNA-PKcs in DNA-PKcs Autophosphorylierung

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Zum Ziel 2:

Untersuchung auf mutmaßliche Überaktivierung von ATR bei DNA-PKcs-Defizienz:

In der Vergangenheit gaben vorläufige Ergebnisse erste Hinweise darauf, dass bei humanen DNA-PKcs defizienten Zellen eine stärkere Aktivierung von ATR nach Bestrahlung auftritt. Detaillierte Untersuchungen in DNA-PKcs-defizienten sowie in DNA-PKcs-profizienten Zellen zeigten, dass eine DNA-PKcs-Defizienz tatsächlich mit einer andauernden ATR-Aktivierung einhergeht. Diese persistente Aktivierung von ATR konnte über einen Zeitraum von 12 Stunden nach Bestrahlung über die Detektion von phosphoryliertem Chk1 (pChk1) nachgewiesen werden. Im Gegensatz dazu war in dem gleichen Zeitraum bei DNA-PKcs profizienten Zellen kein oder nur ein äußerst schwaches pChk1-Signal zu beobachten. Die Resultate dieser Experimente unterstützen die Hypothese der Überaktivierung von ATR in DNA-PKcs defizienten Zellen, welche auch durch Experimente im Zusammenhang mit der ATR-Inhibition durch Koffein festgestellt werden konnte.

Untersuchungen zur ATR-Überaktivierung unter dem Einfluss von CtIP:

In einem Teil unserer vergangenen Arbeiten konnten wir zeigen, dass eine Reduktion von CtIP in DNA-PKcs defizienten Zellen zu einer leichten Erholung von der andauernden Inhibition der DNA-Replikation führte. Um weiterhin zu untersuchen, ob CtIP einen Einfluss auf die permanente Aktivität von ATR hat, führten wir Knockdown-Experimente in DNA-PKcs defizienten und profizienten Zellen durch und untersuchten anschließend die ATR-Aktivität über die Detektion von pChk1. Wir konnten nachweisen, dass eine Reduktion von CtIP (transienter Knockdown in M059J und M059K-Zellen sowie stabiler Knockdown in HTC116 wt und DNA-PKcs^{-/-} Zellen) in DNA-PKcs defizienten Zellen mit einer deutlichen Reduktion des pChk-Signals im Western Blot einhergeht. Eine Reduktion von CtIP in DNA-PKcs profizienten Zellen verursachte dagegen keine Veränderung, so dass weiterhin das Signal von pChk1 in diesen Zellen ausblieb. Diese Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass eine Reduktion von CtIP die Wechselwirkung dieses Proteins mit dem MRN-Komplex, der für die Resektion von Bruchenden der DNA verantwortlich ist, stark einschränkt oder unterbindet. Dadurch wird die Bildung von einzelsträngigen DNA-Bereichen reduziert, welche ihrerseits das Signal für die Aktivierung der ATR Kinase darstellen. Auf der Basis dieser Resultate lässt sich vermuten, dass CtIP in der persistenten Checkpointaktivierung in DNA-PKcs defizienten Zellen involviert ist.

4. Geplante Weiterarbeiten

Projekt läuft aus. Daher entfällt dieser Teil des Berichtes.

5. Berichte, Veröffentlichungen

S. Raschke, J. Guan und G. Iliakis: Application of Alkaline Sucrose Gradient Centrifugation in the Analysis of DNA Replication after DNA Damage. In: Methods in Molecular Biology – DNA Replication. Humana Press, USA, Vol. 521: 329-342, 2009.

Zuwendungsempfänger: Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe		Förderkennzeichen: 02 S 8477
Vorhabensbezeichnung: Regulation der Nicht-homologen Endverknüpfung durch post-translationelle Modifikationen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2007 bis 30.09.2011	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 30.09.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 799.901,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Puchta	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Gesamtziel:

- Analyse von Signalwegen, welche die Doppelstrangbruchreparatur beeinflussen.
- Ermittlung der Bedeutung von Signaltransduktionsvorgängen für die Doppelstrangbruchreparatur

Bezug zu förderpolitischen Zielen:

- Das Vorhaben dient dem Kompetenzerhalt und der Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses

Wissenschaftliche und/oder technische Ziele:

- Analyse von Reparaturfaktoren auf post-translationelle Modifikationen
- Analyse der Auswirkungen der post-translationellen Veränderungen auf die Assoziation mit anderen Reparaturfaktoren
- Analyse der Auswirkungen der post-translationellen Veränderungen auf die Doppelstrangbruchreparatur

Bezug zu anderen Arbeiten:

- Untersuchungen zur zellulären Strahlenreaktion bilden einen Forschungsschwerpunkt in der Arbeitsgruppe Blattner am Institut für Genetik. In den nächsten Jahren soll dabei besonders die Doppelstrangbruchreparatur untersucht werden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Analyse von NHEJ Proteinen auf strahlenbedingte Veränderungen

AP2: Kartierung der veränderten Stellen

AP3: Bestimmung der modifizierenden Enzyme

AP4: Auswirkungen der Veränderungen auf Protein-Protein Wechselwirkungen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im vergangenen Berichtszeitraum haben wir die zuvor beobachtete Assoziation des Brustkrebsproteins BRCA1 mit Ku80 weiter untermauert. Außerdem konnten wir eine starke Abhängigkeit der Doppelstrang-Bruchreparatur vom Brustkrebsgen BRCA1 nachweisen. Da die meisten der untersuchten Zellen in der G1 Phase waren, deutet dies auf eine Beteiligung von

BRCA1 am NHEJ-Reparaturweg hin. Mithilfe von Chromatinimmunpräzipitationen (CHIP) konnten wir ferner nachweisen, dass Ku80 nach einem Doppelstrangbruch an den DNA-Schaden bindet. Diese Bindung war nach einer Reduzierung der BRCA1-Proteinmenge wesentlich verringert, was deutlich darauf hinweist, dass BRCA1 für die Bindung von Ku80 an den Doppelstrangbruch benötigt wird. Außerdem haben wir Mutanten von Ku80 hergestellt, bei denen wir mögliche Ubiquitinierungsstellen entfernt haben. Diese Mutanten untersuchen wir gegenwärtig darauf hin, ob sie noch ubiquitiniert werden können.

Daneben haben wir die physiologische Bedeutung der Ubiquitinierung des XLF Proteins, eines weiteren Reparaturfaktors der Doppelstrangbruchreparatur untersucht. Hier beobachteten wir, dass die Ubiquitinierung von XLF einen deutlichen Einfluss sowohl auf die Assoziation von XLF mit den Reparaturfaktoren XRCC4 und Ligase 4 als auch auf die Assoziation des XLF Proteins mit der DNA im Bereich des Doppelstrangbruchs hat. Ferner beobachteten wir eine biphasische Bindung des XLF-Proteins an DNA im Bereich eines Doppelstrangbruchs. So sahen wir zu frühen Zeitpunkten im Bereich von 30 Minuten bis 1 Stunde eine schwache, aber deutliche Bindung von XLF an die geschädigte DNA. Nach ca. 2 Stunden war diese Assoziation nicht mehr zu erkennen. Allerdings sahen wir wiederholt zu 4 und 6 Stunden nach Auslösung eines Doppelstrangbruchs die Assoziation von XLF mit dem Doppelstrangbruch. Diese Assoziation war nicht nur wesentlich stärker als die frühe Assoziation, sondern hing auch deutlich von der Gegenwart ausreichender Mengen des Brustkrebsproteins BRCA1 ab. Damit ist es sehr wahrscheinlich, dass die Gegenwart von BRCA1 für die späte Bindung von XLF an den Doppelstrangbruch erforderlich ist. Ferner beobachteten wir, dass XLF in Gegenwart von Ubiquitinmutanten, welche keine Ubiquitinketten mehr bilden können, das XLF-Protein nicht mehr an einen Doppelstrangbruch binden kann, was auf eine regulatorische Rolle der Ubiquitinierung des XLF-Proteins für die Assoziation mit einem Doppelstrangbruch hinweist.

4. Geplante Weiterarbeiten

Im Hinblick auf die Charakterisierung der Ubiquitinierung von Ku80, werden wir uns weiterhin bemühen, die Ubiquitinierungsstelle zu bestimmen. Ferner werden wir untersuchen, ob die Ubiquitinierung von Ku80 die Bindung des Proteins an die geschädigte DNA beeinflusst. Außerdem wäre nachzuweisen, ob die Ubiquitinierung von Ku80 durch BRCA1 auch unter physiologischen Bedingungen stattfindet.

Neben der Ubiquitinierungsstelle von Ku80 ist auch die Ubiquitinierungsstelle des XLF-Proteins noch immer unbekannt. Ferner ist es noch nicht untersucht, ob sich die Bindung von XLF an XRCC4/Ligase4 nach einem Doppelstrangbruch verändert und inwiefern diese Veränderung von der Ubiquitinierung abhängt. Außerdem wäre noch nachzuweisen, ob die Ubiquitinierung von XLF durch BRCA1 auch unter physiologischen Bedingungen stattfindet.

Außerdem werden wir die Daten für zwei Veröffentlichungen zusammenfassen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

Zuwendungsempfänger: Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		Förderkennzeichen: 02 S 8487
Vorhabensbezeichnung: Konstruktion, Herstellung, Beschichtung, Prüfung und Handhabung langzeitstabiler Gebinde zur sicheren Lagerung von schwach- und mittlradioaktiven Abfällen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2007 bis 30.09.2010	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 30.09.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 931.686,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Bach	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist die Qualifizierung einer Prozesskette für die Herstellung von Gebinden zur Lagerung von schwach- und mittlradioaktiven Abfällen, die eine langfristige Integrität der Behälter insbesondere hinsichtlich Werkstoffauswahl, konstruktiver Auslegung, Fertigung und Korrosionsschutz gewährleistet und somit eine sichere Handhabung, einen sicheren Transport sowie eine sichere Lagerung der Gebinde ermöglicht. Die zu den einzelnen Aspekten erzielten Vorhabensergebnisse sollen im letzten Vorhabensabschnitt zur Herstellung eines Demonstrators in Form eines 200-l-Muster-Behälters führen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte sind:

AP1: Evaluation der Prozesskette am Beispiel 200-l-Gebinde

AP2: Konstruktion eines 200-l-Abfallbehälters

AP3: Versuche zur Fügetechnik

AP4: Entwicklung und Applikation von Korrosionsschutzschichten

AP5: Korrosions- und Klimaprüfungen

AP6: Metallografische Analytik

AP7: Herstellung eines 200-l-Musterbehälters

AP8: Berichterstellung

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im letzten Projektabschnitt wurden die im Lichtklimaprüfschrank durchgeführten Versuche unter Einfluss von Wärme, Feuchtigkeit und Licht ausgewertet und zum Transfer in die Praxis durch angepasste Klimaversuche am Beispiel der Klimawerte Hannover erweitert. Der Schwerpunkt lag auf dem Vergleich der beiden zur Verfügung stehenden Lacksysteme 3F700-90100 // 6HD180-01004 sowie der Kombination 3D060-07035 // 6D180E-01004, einem High-Solid-System und einem acrylharzbasierten System.

Anhand der Ergebnisse aus den schweißversuchen konnte ein Pflichtenkatalog mit Hinweisen und Empfehlungen zur sachgerechten Durchführung der Schweißarbeiten erstellt werden, welches die innovativen Schweißverfahren ForceArc[®] und ColdArc[®] vergleichend zum konventionellen MAG-Schweißen berücksichtigt.

Zum Abschluss des Bearbeitungszeitraumes wurden Demonstratorbauteile in Form von 200-L-Gebinden hergestellt, die auf den im Projekt gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich einer korrosionsschutzgerechten Gestaltung basieren und die Potentiale der neuen Schweißverfahren verdeutlichen.

4. Geplante Weiterarbeiten

Erstellung des Abschlussberichtes zum Projekt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

Zuwendungsempfänger: GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Planckstraße 1, 64291 Darmstadt		Förderkennzeichen: 02 S 8497
Vorhabensbezeichnung: Induktion und Transmission von genetischen Schäden nach Hoch-LET Bestrahlung: In vivo und in vitro Untersuchungen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2007 bis 31.01.2012	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 1.049.595,00 EUR	Projektleiter: Dr. Ritter	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das primäre Ziel unseres interdisziplinären Forschungsvorhabens ist es, zu einer realistischen Bewertung des genetischen Risikos dicht ionisierender Strahlung beizutragen. Im Forschungsvorhaben werden insbesondere strukturelle Chromosomenaberrationen, die ein Charakteristikum von Krebszellen sind, mit modernsten molekular-zytogenetischen Methoden analysiert. Weiterhin wird untersucht, welche Rolle den Telomeren bzw. den radikalischen Verbindungen bei der Entstehung der genetischen Instabilität zukommt, die ein Schlüsselmechanismus in der Entwicklung von Normalgewebszellen zu Krebszellen ist. Neben der Bearbeitung dieser wissenschaftlichen Fragestellungen hat das Projekt das Ziel, zum Kompetenzerhalt in der Strahlenforschung beizutragen. Um dieses Ziel zu erreichen, erhalten die am Forschungsvorhaben beteiligten Studenten und jungen Nachwuchswissenschaftler eine intensive strahlenbiologische Aus- bzw. Weiterbildung und in Vorlesungen und Praktika wird um potentiellen wissenschaftlichen Nachwuchs geworben.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Erzeugung genetischer Schäden in humanen hämatopoetischen Zellen durch Ionenstrahlen (GSI).
 AP2: Analyse der genetischen Stabilität/Instabilität normaler menschlicher Fibroblasten (GSI).
 AP3: Rolle reaktiver Spezies und der endogenen antioxidativen Kapazität bei der Entstehung genetischer Instabilität in den Nachkommen von bestrahlten menschlichen Fibroblasten (Technische Universität Darmstadt (TUD); GSI).
 AP4: Rolle der Telomere für die Entstehung genetischer Instabilität (Deutsches Krebsforschungszentrum (DKFZ); GSI).
 AP5: Chromosomenschäden in Lymphozyten von Prostatakarzinompatienten sowie in Prostatakarzinomzelllinien (Universitätsmedizin Göttingen (UMG); GSI).

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Die Untersuchung von Chromosomenschäden in Lymphozyten gesunder Spender nach einer ex vivo Bestrahlung mit Röntgen- bzw. Ionenstrahlen wurde abgeschlossen, die Daten zusammengefasst und eine Publikation eingereicht (Lee et al., siehe Abschnitt 5). Darüber hinaus wurde eine theoretische Modellierung der Daten in Zusammenarbeit mit Frau Prof. Gudowska-Nowak (Jagiellonian Universität, Krakau, Polen) durchgeführt und die Ergebnisse auf dem 38. Scientific Assembly of the Committee on Space Research (COSPAR) in Bremen vorgestellt.
 Die Forschungsarbeiten über strahleninduzierte chromosomale Veränderungen in hämatopoetischen Stamm- und Progenitorzellen (HSPC) wurden abgeschlossen und im Rahmen einer Diplomarbeit und einer Doktorarbeit niedergeschrieben.
- AP2: Die Untersuchungen zur der genetischen Stabilität/Instabilität normaler menschlicher Fibroblasten wurden abgeschlossen und die Ergebnisse im Rahmen einer Dissertation zusammengefasst.
- AP3: Die Langzeitkultivierung der Nachkommen bestrahlter humaner Fibroblasten (Röntgenstrahlen, Stickstoffionen) wurde fortgesetzt und in regelmäßigen Abständen die zelluläre ATP Menge gemessen. Dabei zeigte sich, dass in den unbestrahlten Zellen die Menge an ATP über den gesamten Untersuchungszeitraum (200 Tage) relativ konstant blieb (ca. 4×10^{-15} mol pro Zelle), während in den Nachkommen be-

strahlter Zellen am Tag 15 und Tag 28 eine ca. 2-fach erhöhte Menge vorlag. Diese fiel danach auf das Kontrollniveau ab (Tag 48 bis 128). An den späteren Untersuchungszeitpunkten (Tag 158 und 193) war die ATP Menge in den bestrahlten Proben niedriger als in den Kontrollen.

AP4: Da in den Fibroblasten eine "versteckte" Mykoplasmeninfektion vorlag, mussten die Röntgenlangzeitexperimente wiederholt werden. Wiederum wurde mit 0, 2 und 8 Gy bestrahlt und die Telomerlängen analysiert. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass in wt VH7 Fibroblasten in 2 von 3 Experimenten eine Telomerverkürzung auftrat, in einem Experiment war keine Verkürzung nachweisbar. Auch in VH7-tert Zellen wurde keine Telomerverkürzung beobachtet.

In einem weiteren Versuch wurden VH7 Fibroblasten mit 2 bzw. 8 Gy Stickstoffionen bestrahlt und nach 3 sowie nach 90 Tagen die Telomere angefärbt und mit der Messung der Telomerlänge(n) begonnen.

AP5: Lymphozytenpräparate von zwei Prostatakarzinompatienten wurden mit der mBAND Methode angefärbt und die Häufigkeit von intra-chromosomalen Schäden bestimmt. Weiterhin wurden Blutproben von Patienten 1 bzw. 3 Jahre nach Beendigung der Therapie erhalten, Chromosomenpräparate hergestellt und mit der mFISH Methode angefärbt.

Normale primäre Prostataepithelzellen (PrEC) wurden mit Röntgenstrahlen (mit bzw. ohne Selenitvorbehandlung) bestrahlt und ein erstes Experiment mit Ionenstrahlen (Stickstoffionen, ohne Selenitvorbehandlung) durchgeführt und das Zellüberleben sowie der Anteil seneszenten Zellen bestimmt. Der Koloniebildungstest zeigte, wie erwartet, dass PrEC strahlenempfindlicher als Prostatakarzinomzellen (PC-3, DU-145) sind. Bestrahlung mit und ohne Selenitvorbehandlung induzierte keine Seneszenz. Weiterhin wurden als Parameter für den antioxidativen Status der PrEC Zellen sowie der Tumorzelllinien PC-3 und DU-145 die Konzentration von Glutathion (pro Zelle) und die Aktivität der Superoxid-Dismutase bestimmt.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP1: Basierend auf den für HSPC erhobenen Daten, d. h. der Messung der Aberrationsrate nach einer Exposition mit Röntgenstrahlen, monoenergetischen Kohlenstoffionen (100 MeV/u) sowie Kohlenstoffionen eines ausgedehnten Bragg-Peaks (114-158MeV/u), soll eine Publikation vorbereitet werden.

AP2: Es ist geplant, die für IMR90 Zellen erhaltenen Daten zur Veröffentlichung einzureichen.

AP3: Letzte Messungen (Analyse des mitochondrialen Protenoms) werden durchgeführt und eine Publikation vorbereitet.

AP4: Die Analyse der Telomerlänge(n) in VH7 Fibroblasten nach Bestrahlung mit Stickstoffionen wird beendet.

AP5: Die Untersuchung von Chromosomenaberrationen in Lymphozyten von Prostatakarzinompatienten mit Hilfe der mBand Methode wird abgeschlossen und eine Publikation vorbereitet. Weitere Blutproben im Zeitraum von 2 bis 3 Jahren nach Therapieende werden genommen und mit Hilfe der mFISH Technik analysiert.

Die Experimente mit Prostatakarzinomzelllinien und Prostataepithelzellen werden abgeschlossen und eine Publikation wird vorbereitet.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Bauer L.: Untersuchungen zur Reparatur von Strahlenschäden in humanen hämatopoetischen Stamm- und Progenitorzellen nach Einwirkung von dünn- und dicht-ionisierender Strahlung. Diplomarbeit, Technische Universität Darmstadt, Fachbereich Biologie (2010).

Deperas-Standylo J., Lee R., Ayriyan A., Nasonova E., Ritter S. and Gudowska-Nowak E.: Time-course of aberrations and their distribution: impact of LET and track structure. *European. Physical Journal D* 60:93-90 (2010).

Hartel C.: Qualitative and quantitative investigation of the cytogenetic effects of densely ionizing radiation in vitro and in vivo. Doktorarbeit, Technische Universität Darmstadt, Fachbereich Physik (2010).

Hartel C., Lee R., Sommer S., Durante M. and Ritter S.: Biodosimetry using chromosomal aberrations after in vivo exposure to sparsely and densely ionizing radiation. *ATW Journal for Nuclear Power* 55:481-483 (2010).

Lee R., Nasonova E., Hartel C., Durante M. and Ritter S.: Chromosome aberration measurements in mitotic and G2-PCC lymphocytes at the standard sampling time of 48 hours underestimate the effectiveness of high LET particles. *Radiation and Environmental Biophysics* (submitted).

Zuwendungsempfänger: TU München, Arcisstraße 21, 80333 München		Förderkennzeichen: 02 S 8507
Vorhabensbezeichnung: Verfahren zur selektiven Tritium-Extraktion aus wässrigen Abfalllösungen und langzeitstabilen Bindung auf einem Träger		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2007 bis 31.12.2010	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 583.747,00 EUR	Projektleiter: Dr. Jurkin	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das radioaktive Wasserstoffisotop Tritium, kann bisher nicht selektiv aus Wasser extrahiert werden. Dadurch entsteht bei tritiumhaltigen Prozesslösungen, die beim Rückbau kerntechnischer Anlagen in großen Mengen anfallen, ein akutes Großvolumen-Überwachungsproblem. Ein spontan erfolgender Tritium-Übergang in die Atmosphäre, durch den stattfindenden Isotopenaustausch zwischen Wassermolekülen in flüssigem und gasförmigem Zustand, verkompliziert die Handhabung der meist hochaktiven Prozesslösungen zusätzlich. Bei Untersuchungen zur elektrolytischen Akkumulation von Tritium in wässrigen Lösungen, unter dem BMBF Förderkennzeichen 02S8142, wurden wiederholt hohe Tritium-Separationsfaktoren von bis zu 20 gemessen. Im Rahmen dieses Vorhabens des Instituts und Lehrstuhls für Radiochemie, TU München, sollen weitere Untersuchungen über die beobachtbaren Anreicherungsphänomene durchgeführt werden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Etablieren eines Referenzsystems als absoluten Bezugspunkt der Separationsfaktoren (Elektrolyse).
- AP2: Präzisierung der Separationsfaktoren unterschiedlicher Metalle in Bezug auf das Referenzsystem.
- AP3: Optimierung der Prozessbedingungen für die bestgeeigneten Elektrodenmaterialien (Elektrolyse).
- AP4: Bestimmung des Rückhaltevermögens und der Verteilungsfaktoren anorganischer und organischer H-Rezeptoren.
- AP5: Zusammenführung der Projektzweige zur „aktiven“ und „passiven“ Tritium-Anreicherung (AP6).
- AP6: Optimierung des Verfahrens unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten.
- AP7: Abschlussbericht und Dokumentation.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Das Ziel der experimentellen Tätigkeiten bestand vorwiegend darin, die Reproduzierbarkeit jener Elektrolyseversuche mit Elektrodenkombinationen mit hohen Tritium-Separationsfaktoren ($\beta > 25$) zu überprüfen sowie die Konstanz der systemspezifischen Wasserstoffisotopen-Trennleistung über einen längeren Zeitraum hinweg zu überwachen. Da ins-

besondere bei hohen Separationsfaktoren eine signifikante Diskrepanz zwischen theoretischen Berechnungen (Y. Ogata et al. Fusion Sci. Technol. **2005**, 48, 136-139) und experimentellen Daten aus Batch-Experimenten zu verzeichnen ist, erlauben diese Experimente Aussagen darüber, ob diese Abweichungen auf systemspezifischen, nicht reproduzierbaren Schwankungen beruhen oder das von Ogata et al. vorgeschlagene Modell lediglich für $\beta < 15$ belastbare Ergebnisse liefert (Update AP2).

Anhand eines oktapolaren Elektrolyseaufbaus wurden nach umfassender Reinigung und Dichtheitsprüfung wurde zunächst die Kombination von Platinanoden mit Nickelkathoden untersucht. Hierbei wurde über einen Zeitraum von 48 Tagen ein elektrodenmaterialspezifischer Separationsfaktor von $\beta = 30 \pm 1$ ermittelt. Dieser Wert ist in hervorragender Übereinstimmung mit Daten aus diskontinuierlichen Experimenten ($\beta = 29$) und bestätigt erneut die Reproduzierbarkeit der bis dato angewandten Elektrolyseversuche.

Theoretischen Berechnungen (Metallhydrid-Gleichgewichtskonstanten) zufolge sollte die Kombination Pt-Anode/Mo-Kathode die Separationsfaktoren des Systems Pt/Fe mit der bisher größten Trennleistung übertreffen. Das System Pt/Mo wurde bisher lediglich im Batch-Betrieb untersucht und blieb mit einem Separationsfaktor von $\beta = 21$ hinter den Erwartungen zurück. Anhand eines kontinuierlichen Elektrolyseexperiments über 39 Tage wurde nun ein systemspezifischer Tritium-Separationsfaktor von $\beta = 25 \pm 2$ ermittelt (oktapolare Anordnung). Die Ergebnisse der kontinuierlichen Experimente weisen darauf hin, dass die von Ogata et al. ermittelten Separationsfaktoren in der Praxis systematisch überschritten werden. Hierbei gilt es zu klären, ob die Abweichung auf Dampfdruckisotopieeffekte zurückzuführen ist (Update AP2). Mit einer gemessen an der Verwendung von Fe-Elektroden zwar vergleichbaren Trennleistung - jedoch erheblich höheren Beschaffungskosten - stellen Nickel oder Molybdän entsprechend den genannten Ergebnissen keine wirtschaftlich sinnvollen Alternativen dar (Update AP7).

Ausgewählte Daten zur Entwicklung der Elektrolyseapparatur und deren Validierung anhand von Pt-Elektroden wurden im Rahmen der „9th International Conference on Tritium Science and Technology“ präsentiert (Update AP8).

4. Geplante Weiterarbeiten

Aufgrund der sehr zeitaufwendigen Kryosublimation von anorganischen Verbindungen und Sacchariden ist es nicht gelungen, die bisher ermittelten Tritium-Anreicherungs-faktoren zuverlässig zu reproduzieren (passive Anreicherung, AP4 und 5). Das Augenmerk weiterer Untersuchungen liegt deshalb in der Wiederholung einiger Kryosublimationsversuche anhand vielversprechender Verbindungen (z. B. Agartine und Gelatine) und deren Einbindung in die aktive Tritium-Akkumulation (AP6). Die Dokumentation der Experimente erfolgt laufend und wird im Rahmen eines Abschlussberichts zusammengefasst. Die Veröffentlichung ausgewählter Versuchsergebnisse in Fachzeitschriften ist ebenfalls vorgesehen (AP8).

Die Dokumentation der Experimente erfolgt laufend und wird im Rahmen eines Abschlussberichts zusammengefasst. Die Veröffentlichung ausgewählter Versuchsergebnisse in einer Fachzeitschrift ist ebenfalls vorgesehen (AP8).

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

Zuwendungsempfänger: Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fürstengraben 1, 07743 Jena		Förderkennzeichen: 02 S 8517
Vorhabensbezeichnung: Uraufnahme		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2007 bis 30.09.2010	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 30.09.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 253.992,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Kothe	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Vorhaben dient der Identifizierung von Transportproteinen zur Uraufnahme in lebende Zellen. Dabei werden einerseits Bakterien untersucht, die eine hohe Mutationsrate und metabolische Diversität besitzen und für die Uraufnahme in die Zelle nachgewiesen ist. Isolierte Gene könnte für die Erzeugung gentechnisch veränderter Pflanzen zur Phytoextraktion genutzt werden. Andererseits werden Pilze mit bekannt hoher Akkumulation von Radioisotopen untersucht. Die Identifizierung von Transportern in diesem System könnte dazu dienen, die entsprechenden Homologen in Pflanzen zu suchen, so dass die Verwendung natürlicher, nicht gentechnisch veränderter Pflanzen zur Phytoextraktion möglich wäre, da Pilze als eukaryontische System verwandte Mechanismen besitzen können.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die Arbeiten werden in Teilzielen verfolgt:

- AP1: Identifizierung der Bindungs- und Ablagerungsorte für Uran in Bakterien inklusive der Analyse der vorliegenden Uranverbindungen auf molekularer Ebene.
- AP2: Identifizierung der Bindungs- und Ablagerungsorte für Uran in Pilzen inklusive der Analyse der vorliegenden Uranverbindungen auf molekularer Ebene.
- AP3: Identifizierung des Urantransportsystems in Bakterien und Pilzen sowie Charakterisierung der transport- und bindungsrelevanten Proteine.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im Rahmen der Untersuchungen zur Wechselwirkung von Uran mit *Schizophyllum commune* konnten die Bindungskapazität und die Bindungsform bestimmt sowie das akkumulierte Uran lokalisiert werden. Die Ergebnisse belegen die hohe Bindungskapazität von *Schizophyllum commune* für Uran und beweisen eine dominierende Wechselwirkung von Uran mit organischen Phosphaten. Darüber hinaus belegen elektronenmikroskopische Untersuchungen die Akkumulation von Uran auf und in den Zellen. Somit wurde die Uraufnahme in *Schizophyllum commune* im letzten Förderzeitraum des Vorhabens erfolgreich bestimmt. Damit liessen sich weiterführende Arbeiten besonders gut in diesem Modellorganismus untersuchen. Ein zukünftiges Projekt könnte die hier erzeugten Arbeiten optimal nutzen. Das Transkriptom und Proteom dieses Pilzes wurde auf spezifisch exprimierte Gene untersucht und einige interessante Gene konnten so identifiziert werden.

Dazu zählt auch ein Transporter aus der Familie der MATE-Proteine aus *Schizophyllum*, dessen Homolog im Mykorrhizapilz *Tricholoma vaccinum* in der Lage ist, sowohl Kationen wie auch negativ geladene Moleküle und Pflanzen-Sekundärmetabolite zu transportieren.

Zusätzlich konnten in Bakterien potentiell Metall-bindende Protein vorhergesagt und eines experimentell bestätigt werden.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten sind abgeschlossen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Raudaskoski M, Kothe E. 2010. Basidiomycete mating type genes and pheromone signaling. *Euk. Cell* 9, 847-859.

Ohm RA, de Jong JF, Lugones LG, Aerts A, Kothe E, Stajich JE, de Vries RP, Record E, Levasseur A, Baker SE, Bartholomew KA, Coutinho PM, Erdmann S, Fowler TJ, Gathman AC, Lombard V, Henrissat B, Knabe N, Kües U, Lilly WW, Lindquist E, Lucas S, Magnuson JK, Piumi F, Raudaskoski M, Salamov A, Schmutz J, Schwarze FW, vanKuyk PA, Horton JS, Grigoriev IV, Wösten HAB. 2010. Formation of mushrooms and lignocellulose degradation encoded in the genome sequence of *Schizophyllum commune*. *Nature Biotech.* 28, 957-963

Iordache V, Kothe E, Neagoe A, Gherghel F (2011) A conceptual framework for up-scaling ecological processes and application to ectomycorrhizal fungi. In: Rai M, Varma A (eds.) *Diversity and Biotechnology of Ectomycorrhizae*, *Soil Biology* 25, Springer-Verlag Heidelberg

Ding Y, Liang S, Leia J, Chen L, Kothe E, Ma A (2010) *Agrobacterium tumefaciens* mediated fused *egfp-hph* gene expression under the control of *gpd* promoter in *Pleurotus ostreatus*. *Microbiological Research*, published ahead of print, doi:10.1016/j.micres.2010.07.001

Schmidt A, Hagen M, Schütze E, Schmidt A, Kothe E (2010) *In silico* prediction of potential metallothioneins and metallothioneins in actinobacteria. *J. Basic Microbiol.*, 50, 562–569

Gube M (2009) Ontogeny and phylogeny of gasteroid members of Agaricaceae (Basidiomycetes). Dissertation, Friedrich-Schiller-Universität Jena

Erdmann S (2009) Expression and localization of G-protein coupled pheromone receptor Bar2 in the basidiomycete *Schizophyllum commune*. Dissertation, Friedrich-Schiller-Universität Jena

Asiimwe T (2010) Molecular characterization of a fungal aldehyde dehydrogenase in the *Tricholoma vaccinum*-spruce ectomycorrhiza. Dissertation, Friedrich-Schiller-Universität Jena

Schmidt A (2010) Superoxiddismutasen aus Streptomyceten. Dissertation, Friedrich-Schiller-Universität Jena

Schlunk I (2010) Charakterisierung des MATE-Transporters Mte 1 und Etablierung eines Transformationssystems für den Ektomykorrhiza-Pilz *Tricholoma vaccinum*. Dissertation, Friedrich-Schiller-Universität Jena

Herzlieb C (2010) Untersuchung von Transportern der MATE-Familie des Homobasidiomyceten *Schizophyllum commune*. Diplomarbeit, Friedrich-Schiller-Universität Jena

Koch S (2010) Regulation einer nickelhaltigen Superoxid-Dismutase in schwermetallresistenten Streptomyceten. Diplomarbeit, Friedrich-Schiller-Universität Jena

Gierer S (2010) Identifizierung von Genen der Schwermetallresistenz in *Streptomyces mirabilis* P16B-1. Diplomarbeit, Friedrich-Schiller-Universität Jena

Phieler R (2010) Charakterisierung eines hypothetischen Methallothioneins aus *Streptomyces* in *E. coli*. Diplomarbeit, Friedrich-Schiller-Universität Jena

Steiniger S (2010) Der Einfluss von Ras auf *Schizophyllum commune*. Magisterarbeit, Friedrich-Schiller-Universität Jena

Tischer J (2010) Wachstum verschiedener Hefestämme auf metall- und schwermetallhaltigen Nährmedien. Bachelorarbeit, Friedrich-Schiller-Universität Jena

Zuwendungsempfänger: Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fürstengraben 1, 07743 Jena		Förderkennzeichen: 02 S 8528
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Maßnahmen zur Strahlenschutzvorsorge radioaktiv belasteter Großflächen durch Sanierung mittels Phytoremediation und anschließende Verwertung der belasteten Pflanzenreststoffe (PHYTOREST)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2008 bis 28.02.2011	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 353.152,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Büchel	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Projektvorhaben baut auf den Erkenntnissen und technischen Installationen des BMBF-Projektes „**Kontrolle biologischer** Untersuchungen bei der Dekontamination heterogener, schwach radioaktiv kontaminierter **Geosubstrate** für die Strahlenschutzvorsorge“ (KOBIOGEO, Förderkennzeichen 02S8294) auf.

Im aktuellen Projektvorhaben soll eine Strahlenschutz-Vorsorge durch „Bioremediation“ von ehemals bergbaulich beeinflussten Bodenoberflächen, die ein radiotoxisches Verstärkungspotential durch das kombinierte Auftreten von Radionukliden und Schwermetallen aufweisen, erreicht werden.

Dabei soll der Remediationserfolg gegenüber bisher bekannten Verfahren der Phytoremediation durch biochemische und biologische Zusatzpräparate sowie eine Steigerung des genetischen Potentials durch eine gezielte Wahl von Phytoakkumulatoren und Phytoexkludern verbessert werden. Innerhalb dieses Verbundvorhabens sollen auch Wege zur Verwertung der schadstoffbelasteten Pflanzenreste nach der Ernte aufgezeigt werden, was der Minimierung von Abfällen, der Energiegewinnung und dem stofflichen Recycling dient (Projektteil TU Dresden).

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Aufbauend auf den bisherigen Erkenntnissen werden durch die Installation von Lysimetern, Grundwassermessstellen und bodenhydrologischen Messplätzen (Sickerwassermessstellen, automatische Probennehmer) auf einem neu eingerichteten Teil des Testfeldes „Gessenwiese“ in Ostthüringen die Stoffflüsse und Frachten der Radionuklide/Schwermetalle (R/SM) im System Pflanze-Boden-Wasser unter dem Einsatz verschiedener biologischer Additive bilanziert. Um die Möglichkeiten der Phytoremediation abschätzen zu können, werden Redoxbedingungen quantifiziert und Transportmechanismen von R/SM identifiziert und charakterisiert.

Auf Grundlage von Topfversuchen werden spezifische Pflanzenmuster (Genotypen/Diversität) von R/SM-Akkumulatoren mit hoher Biomasseproduktion charakterisiert. Durch biologische und biochemische Zusatzpräparate werden die Resistenzmechanismen der Pflanzen gegenüber R/SM aktiviert und modifiziert.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Laborversuche

In einem Gefäßversuch wurden die Exkluderpflanzen *Festuca rubra*, Mais und Sudangras (*Sorghum bicolor*) als Mono- und Polykultur auf ihr Potential zur R/SM-Stabilisierung untersucht. Hierbei wurden zur Erhöhung der Stresstoleranz Bor-2-Aminoethanol, Cholin sowie Mycorrhiza-/Streptomyceszusätze eingesetzt.

In einem weiteren Gefäßversuch wurden die Genotypen Sonnenblume, Triticale und Indischer Senf mit und ohne Verwendung biologischer Additive (Mycorrhiza, Streptomyces) auf ihr R/SM-Extraktionspotential untersucht. Es wurden Lebendzellzahlen im Boden untersucht und Fluoreszenzmessungen zur Abschätzung der Stresstoleranz durchgeführt.

Testfeld Gessenwiese

Die Ernte von Triticale und Indischer Senf im Feld erfolgte nach jeweils ca. dreimonatiger Vegetationszeit im Juli 2010 und Oktober 2010. Anschließend erfolgte die Aussaat der winterfesten Pflanze *Vicia Faba* zur Vermeidung erosionsbedingten Austrages und zur Stabilisierung des Nährstoffangebotes im Boden. Aus dem abgeernteten Pflanzenmaterial wurden die Biomassen (Frischgewicht, Trockengewicht) der einzelnen Pflanzenkompartimente (Frucht, Spross, Wurzel) ermittelt und der agrartechnische Ertrag [t/ha/Ernte] für die unterschiedlichen Bodenbehandlungsstrategien bestimmt. Das Extraktionspotential der Genotypen wurde aus den Pflanzenkonzentrationen und dem Ertrag bestimmt [kg/ha/a]. Es wurden Biokonzentrationsfaktoren sowie Translokationsfaktoren mit Literaturdaten verglichen. Die nach den Ernten erfolgten Bodenuntersuchungen liefern Aussagen zu Mobilitätsänderungen der R/SM im Substrat. Aus der Kombination der R/SM-Gehalte im Boden, in den Pflanzen und der Wasserphase wurden R/SM-Stoffflüsse und Frachten im System Pflanze-Boden-Wasser berechnet (mg/m^2 , kg/ha, kg/l/ha). Hydrochemische Stichtagsbeprobungen wurden für Grundwasser, Sickerwasser und Bodenwasser im Juli und September 2010 durchgeführt.

4. Geplante Weiterarbeiten

Laborversuche

Weiterführende Gefäßversuche mit den Exkluderpflanzen Sudangras und Mais sowie verschiedenen Düngerstrategien sollen Ergebnisse hinsichtlich der Erhöhung der Biomasseproduktion und Immobilisierung der R/SM liefern.

Testfeld Gessenwiese

Im Feldmaßstab sollen mit den Exkluderpflanzen Sudangras und/oder Mais die Stoffflüsse und Frachten der SM/R im System Pflanze-Boden-Grundwasser deutlich reduziert werden.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Mirgorodsky, D., Ollivier, D., Merten, D., Büchel, G., Willscher, S., Wittig, J., Jablonski, L., Werner, P. (2010): Improvement of phytoremediation of metal-contaminated substrates and gainful utilisation of contaminated plant material. 9th symposium on remediation: "Microbial impact on element mobility", Jena/ Germany, October 4-5, 2010, p.49.

Mirgorodsky, D., Ollivier, D., Merten, D., Büchel, G. (2010): Heavy metal and radionuclide balances in a phytoremediation field study. 9th symposium on remediation: "Microbial impact on element mobility", Jena/ Germany, October 4-5, 2010, p.37.

Mirgorodsky, D., Ollivier, D., Merten, D., Büchel, G. (2010): Phytoremediation for soils contaminated with radionuclides and heavy metals. Proceedings of the 11th Int. Conf. on Management of Soil, Groundwater and Sediment, Salzburg/Austria, September 22.-24., 2010.

Mirgorodsky, D., Ollivier, D., Merten, D., Büchel, G., Willscher, S., Wittig, J., Jablonski, L., Werner, P. (2010): Phytoremediation experiments on a slightly contaminated test field of a former uranium mining site. Proceedings of IMWA 2010: "Mine Water & Innovative Thinking", Sydney/Canada, September 05.-09., 2010; pp. 587-590.

Mirgorodsky, D., Ollivier, D., Merten, D., Bergmann, H., Büchel, G., Willscher, S., Wittig, J., Jablonski, L., Werner, P. (2010): Maßnahmen zur Strahlenschutzvorsorge radioaktiv belasteter Großflächen durch Sanierung mittels Phytoremediation und anschließende Verwertung der belasteten Pflanzenreststoffe (PHYTOREST). atw-International Journal for Nuclear Power 12: 774-778.

Zuwendungsempfänger: Technische Universität Dresden, Helmholtzstr. 10, 01069 Dresden		Förderkennzeichen: 02 S 8538
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Maßnahmen zur Strahlenschutzvorsorge radioaktiv belasteter Großflächen durch Sanierung mittels Phytoremediation und anschließender Verwertung der belasteten Pflanzenreststoffe (PHYTOREST)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2008 bis 30.04.2011	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 461.386,00 EUR	Projektleiter: 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 im Projektantrag bereits ausführlich dargestellt wurde.

Der Balkenplan entspricht dem Zeitplan, der zum 01.08.2008 (nach Änderungen durch Kürzungen bei der Abfallwirtschaft) an den Projektträger eingereicht wurde.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Pflanzenversuche auf dem Testfeld Gessenwiese

- Ernten auf in Zusammenarbeit mit der Universität Jena bepflanzten Testflächen: Juli 2010 22.5 kg Triticale (FM) und etwa 6 kg Brassica juncea (FM), im Oktober 2010 nochmals 19 kg Triticale und 0.7 kg Brassica juncea (FM), sowie etwa 50 kg Helianthus annuus.
- Testfeldversuche mit Helianthus tuberosus: Ernte der Pflanzen im Oktober 2010. Eine Zugabe von Kompost verbessert die Bodenstruktur. Durch Blattdüngung von Helianthus tu-

berosus v.a. mit N wurden die höchsten Erträge mit 123 dt/ha Gesamtmasse und davon 58 dt/ha Knollenanteil erzielt (vergleichbar kommerziellen Erträgen). Für Solanum tuberosum beste Erträge bei Zugabe von Kompost erzielt (485 dt/ha). Der erzielte Ertrag lag um 16.6 % höher als der in Deutschland angegebene mittlere Ertragswert. Bei Kompostzugabe Bildung von ca. 10 % mehr großen Knollen gegenüber „nur“-NPK-Düngung.

Analytik der Metalle in den Pflanzen sowie in den Stoffströmen aus den Entfrachtungs- und Verwertungsversuchen (AP1+2)

- Weiterführung der Analytik des beladenen Pflanzenmaterials
- Analytik der Proben aus den Biogasversuchen, aus den Versuchen zur thermischen Verwertung, sowie aus den Untersuchungen zur Bindung der SMR an das beladene Pflanzenmaterial.

Keim- und Pflanzenversuche in SMR-dotierten Böden bzw. in Testfeldböden

Die verschiedenen Versuchsreihen (s. Bericht 07/2010) wurden im 2. Halbjahr 2010 beendet.

- Optimum für das Wachstum von Helianthus tuberosus ist pH 6. Bis pH 5 besteht Toleranz der Pflanzen beim Wachstum, aber bereits eine verminderte Knollenbildung (16 %, 1,4 % und 1 % der Kontrolle ohne SMR); SMR- Transferfaktoren entsprechen den Literaturdaten
- Mit Helianthus tuberosus in Testfeldböden mit verschiedenen Bodenverbesserern und Komplexbildnern wurden die besten Ergebnisse bezüglich der Erträge (Knollen) bei Zugabe von Kompost, Kalk und Sand erzielt (Verbesserung der Bodenstruktur)
- Beta vulgaris zeigt ein gutes Wachstum auf dem Testfeldsubstrat. In die Rüben verstärkt aufgenommen wurden Al, Cr, Fe, Mn, Co, Ni, Zn, As, Cd, U (60 µg/kg); in den Spross Mn (>1 g/kg), Ni, Zn, As, Cd.

Durchführung von Biogasversuchen mit SMR-beladenem Pflanzenmaterial vom Testfeld (AP4)

- Durchführung weiterer Biogasversuche mit Triticale und Brassica juncea vom Testfeld (Ernte 2010). Beste Biogas- Ausbeute mit B. juncea (117 NL/kg FM). Der Faulschlamm stellt eine Senke für die SMR aus dem beladenen Pflanzensubstrat dar.

Durchführung alternativer Verbrennungsversuche (AP5)

- Eine gute thermische Verwertung von Helianthus annuus vom Testfeld ist möglich.
- Untersuchung der Verteilung der SMR in den verschiedenen Stoffströmen bei der Verbrennung (Spross). U wird zu 80 % in den Aschen akkumuliert. Die restlichen Anteile sind sowohl im Rauchgas (19 %) als auch im Flugstaub (1 %) enthalten.

Untersuchung der Bindung der SMR an das beladene Pflanzenmaterial

- U in Helianthus annuus ist z. T. durch Ionenaustausch gebunden (evtl. Zellwände), z. T. bis zu 25 % leicht austauschbar. Bis zu 77 % des U zählen zum extrahierbaren Anteil.

4. Geplante Weiterarbeiten

Eine Weiterführung der Versuche gemäß Untersuchungsprogramm (Punkt 2) ist geplant.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Vorträge bzw. ein gemeinsames Poster erfolgten beim Symposium der International Mine Water Association im September 2010 in Sydney, Kanada, eine Veröffentlichung in „Mine Water and Innovative Thinking“, Eds. C. Wolkersdorfer, A. Freund, IMWA and CBU Press (2010) S. 587-90, sowie beim 9. Jenaer Sanierungskolloquium 2010 (s. Anlagen). Publikation eines Fachbeitrages in der Zeitschrift atw (2010) 55 (12) S. 774-778.

Zuwendungsempfänger: Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe		Förderkennzeichen: 02 S 8548
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: MANOLA - Manipulatorgesteuerter Oberflächenabtrag durch Lasertechnologie		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2008 bis 31.10.2011	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 349.347,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Gentes	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Aufbauend auf ersten Grundlagenversuchen wird ein kompakter Manipulator gebaut werden, der 2-dimensional an Wänden und Decken klettern kann und dabei Anbaugeräte mitführt. Durch eine entsprechende Fernbedienung wird das Anbaugerät - im Rahmen dieses Verbundprojekt ein Laser - einen definierten Arbeitsbereich autark bearbeiten, bzw. dekontaminieren können. Das Gesamtsystem wird durch einen ferngesteuerten Wagen bewegt werden können.

Das Vorhaben MANOLA baut als Folgevorhaben auf dem Vorhaben AMANDA auf und wird in Zusammenarbeit mit der TU Dresden - Teilbereich Laser - realisiert.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Bedarfsanalyse – Einwirkende Kräfte; Bewegungsabläufe
- AP2: Grundlagenuntersuchungen – Gewichtsreduzierung; Vakuumplatten
- AP3: Simulationsstudien – Kinematik und Konstruktion Grundträgersystem
- AP4: Bau Grundmodul – Bau des durch AP1 bis 3 definierten Grundmoduls
- AP5: Versuchsphase – Versuche zur Steuerung bzw. Bewegungsabläufe
- AP6: Transportwagen – Entwicklung und Bau des Transportwagens
- AP7: Positionserkennung – Automatisierte Positionserkennung
- AP8: Intelligente Steuerung – Erfassung Oberfläche; Erfassung Störungen
- AP9: Messergebnisse – Erfassung von Messergebnissen; Visualisierung
- AP10: Testphase und Praxiseinsatz – Testphase ohne Anbaugerät
- AP11: Testphase und Praxiseinsatz – Testphase mit Anbaugerät
- AP12: Schlussbericht – Zusammenfassung wissenschaftlicher Ergebnisse

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP4: Bau Grundmodul

Nachdem bei Einzeltests an den mechanischen Komponenten festgestellt wurde, dass die erwünschten Ergebnisse nicht zufriedenstellend erzielt werden können, mussten Anpassungen am Trägersystem vorgenommen werden. Es mussten Neuplanungen und Neuberechnungen durchgeführt werden, die mit einem erheblichen Aufwand verbunden waren.

Die Hauptarbeiten am Grundmodul konnten in diesem Berichtszeitraum abgeschlossen werden. Änderungen an einzelnen Grundmodul-Komponenten ergaben dadurch optimierte mechanische Funktionen, die für die Bewegungsabläufe des Manipulators von hoher Bedeutung sind. So wurde z. B. anstelle einer Schwalbenschwanzführung, die bislang auf dem Rahmen des Manipulator-Oberwagens montiert war und für verschiedene Bewegungen des Manipulators eine hohe Genauigkeit aufweisen muss, eine Linearführung eingebaut. Derzeit erfolgt eine weitere Optimierung des Gesamtsystems. Das Grundmodul wird dabei stetig modifiziert und geringfügig den aktuellen Anforderungen angepasst.

AP5: Versuchsphase

Einzelabläufe der Manipulator-Komponenten bzgl. deren mechanischer Eigenschaften wurden bereits im vergangenen Berichtszeitraum untersucht. Verschiedene Grundmodul-Komponenten mussten daraufhin optimiert werden. In diesem Berichtszeitraum erfolgten nochmals Einzeltests zu den Grundmodul-Komponenten. Das Lasermodul konnte noch nicht an den Manipulator angebaut werden, da vorab vom Projektpartner Tests zur Untersuchung der optimalen Brennweite zwischen Laseroptik und zu bearbeitender Oberfläche vorgenommen werden mussten. Sobald diese Tests abgeschlossen sind kann die Fertigstellung des Lasermoduls erfolgen. Im kommenden Berichtszeitraum soll dann das Lasermodul an den Manipulator angebaut und getestet werden.

AP6: Transportwagen

Bereits im vergangenen Berichtszeitraum wurde mit der Entwicklung und dem Bau des Transportwagens begonnen. An dieser Stelle konnten jedoch lediglich Arbeiten durchgeführt werden, die keine Abhängigkeiten zu AP4 „Bau Grundmodul“ aufweisen. Aufbauend auf den Ergebnissen aus AP4 „Bau Grundmodul“ sowie AP5 „Versuchsphase“ wurden in diesem Berichtszeitraum das Chassis des Transportwagens sowie die Aufnahmevorrichtung zum Transport des Manipulators auf dem Wagen fertig gestellt. Sofern erforderlich wird aufgrund weiterer Optimierung am Trägersystem auch der Transportwagen entsprechend angepasst werden.

AP8: Intelligente Steuerung

Die intelligente Steuerung wurde in diesem Berichtszeitraum, zusammen mit der Hardware, unter Anwendung des erarbeiteten Programmcodes, weiterentwickelt, angepasst und getestet. Die Programmteile der verschiedenen Pneumatik- und Vakuumkomponenten sowie Antriebe und Sensoren wurden in einem Hauptprogramm zusammengeführt. In dieses Hauptprogramm wird dann im kommenden Berichtszeitraum der Programmteil für den Laser integriert werden.

AP9: Messergebnisse

Die Erarbeitung der automatischen Erfassung, Dokumentation und Weitergabe von Mess- und Arbeitsergebnissen mit zweidimensionaler Visualisierung wurde in Abstimmung mit dem Aufbau der intelligenten Steuerung weitergeführt. Im weiteren Verlauf der Testphase werden nun die jeweils im Betrieb gewonnenen Messergebnisse als Input für die Steuerung weiterverarbeitet und dienen zugleich dem Bediener als Referenz (z.B. Information über die Lage des Gerätes auf der Wand, etc.)

AP10: Testphase und Praxiseinsatz (ohne Anbaugerät)

Im vorliegenden Berichtszeitraum wurde mit der Testphase begonnen. Nach Abschluss der Hauptarbeiten am Grundmodul, inklusive des Einbaus der Antriebs- und Steuereinheiten sowie einschließlich der erforderlichen, vorläufigen Verkabelung der Einzelkomponenten, wurde die Ansteuerung der einzelnen Komponenten getestet. Anhand der im Testbetrieb gewonnenen Erkenntnisse wird das Gesamtsystem derzeit weiter optimiert. Ein Praxiseinsatz des Gerätes ohne Anbaugerät ist bislang noch nicht erfolgt.

4. Geplante Weiterarbeiten

Im folgenden Berichtszeitraum werden der Transportwagen und das Trägergerät weiter optimiert. Die Optimierung erfolgt auf Basis der Erkenntnisse, die in der Testphase gewonnen werden. Des Weiteren wird die Steuerung weiterentwickelt und auf die möglicherweise noch nicht berücksichtigten Anforderungen, die sich aus dem Testbetrieb ergeben, weiter angepasst. Darüber hinaus wird der Laserarbeitskopf angebaut und in die vorhandene Steuerung des Trägergerätes integriert. Im nächsten Schritt werden dann Trägergerät und Arbeitskopf in einer Einheit getestet. Da der Laser ortsgebunden in Dresden steht, werden die ersten gemeinsamen Tests am KIT durchgeführt. Der Laser soll im Testbetrieb durch ein Leuchtmittel (Glühlampe / Diode) simuliert werden. Die Sensorik des Laserarbeitskopfes hingegen wird sich jedoch bereits am Laserarbeitskopf befinden und mit getestet werden können.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Jahrestagung Kerntechnik 2011, Berlin

Im Berichtszeitraum wurde ein schriftlicher Beitrag mit dem Titel „MANOLA – Vorstellung des Manipulator- und Transportwagensystems“ zur Jahrestagung Kerntechnik 2011 in Berlin eingereicht und angenommen.

Zuwendungsempfänger: Technische Universität Dresden, Helmholtzstr. 10, 01069 Dresden		Förderkennzeichen: 02 S 8558
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: MANOLA - Manipulatorgesteuerter Oberflächenabtrag durch Lasertechnologie		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2008 bis 30.06.2011	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 438.813,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Hurtado	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Es ist das Ziel der Projektarbeiten, die an der TU Dresden entwickelte laserbasierte Dekontaminations-technologie mit einem fernsteuerbaren Manipulatorsystem zu kombinieren, so dass das Verfahren für die industrielle Anwendung tauglich wird. Verbundpartner: Universität Karlsruhe, Prof. Technologie und Management des Rückbaus kerntechnischer Anlagen (Manipulatorsystem).

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Bedarfsanalyse: Festlegen der technischen Anforderungen an den manipulatorgetragenen Laserarbeitskopf
- AP2: Grundlagenuntersuchungen: Ermittlung der optimalen Auslegung des 10-kW-Arbeitskopfes, der Sensorik und der Fernbedienelemente
- AP3: Codeentwicklung: Weiterentwicklung der Simulationssoftware für die Interaktion Laser – Betonwand und der Abtragsprozesse
- AP4: Bau Laserbearbeitungskopf: Fertigung des Arbeitskopfes
- AP5: Bau Sensorik: Fertigung der Sensorik für den Laserarbeitskopf
- AP6: Versuchsphase: Experimentelle Untersuchung der Funktionalität des Abtrags- und des Sensorsystems
- AP7: Positionserkennung: Entwicklung und Implementierung der Abtragstiefen-Erkennung
- AP8+9: Intelligente Steuerung und Messwerterfassung: Implementierung einer intelligenten Prozesssteuerung, Erfassung und Dokumentation der Arbeitsergebnisse
- AP10+11: Testphase: praxisnahe Erprobung der Einzelkomponenten und des Gesamtsystems
- AP12: Schlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1:

Da in kerntechnischen Anlagen Betonoberflächen mit Schutzlacken bestrichen sind, ist es von Interesse ob sich diese Schichten vor der Dekontamination der Betons ebenfalls mit dem Lasersystem abtragen lassen. Aus diesem Grund wurde ergänzend zum Betonabtrag untersucht, welche Auswirkungen eine Dekont-Lackschicht auf der Betonoberfläche auf den Abtragsprozess hat. Im Fokus steht dabei die Frage, in welchem Umfang dabei Toxine (z. B. Dioxinen und Furanen - PCDD/F) freigesetzt werden oder entstehen, bzw. ob durch optimierte Laserführung die Entstehung toxischer bzw. karzinogener Stoffe vermieden werden kann. Dazu wurden Recherchen zu Polychlorierten Biphenylen (PCB) sowie zur Bildung von Dioxinen und Furanen (PCDD/F) aus PCB beim thermischen Abtrag der Schutzlacke durchgeführt. Ergebnis: Aus den gewonnen Erkenntnissen lässt sich die Möglichkeit ab-

leiten, die in Kernkraftwerken verwendeten Dekont-Lacke mit Hilfe des Lasersystem ohne Freisetzung bedenklicher Substanzen abzutragen.

AP2:

Parallel zur Recherche wurden erste experimentelle Untersuchungen zum Abtrag von mit Schutzlacken überzogenen Betonoberflächen durchgeführt. Ergebnis: Die Temperaturmessungen zeigen, dass die zur schadlosen Zersetzung der PCB's erforderlichen Temperaturen (= Schadlosmachung) mit dem Laser sicher erreicht werden können.

AP3:

Die Arbeiten zur mathematischen Simulation des Abtragsprozesses werden weiter geführt.

AP4:

Die Schnellkupplung und die Halterungen für die Optik werden zurzeit gefertigt. Im Anschluss daran kann die Montage der Komponenten des Laserabtragssystems am Manipulator erfolgen.

AP5:

Die Schnittstellen und die Art der Datenübergabe zwischen den beiden Programmteilen der TUD und des KIT wurden festgelegt. Die programmtechnische Erfassung der Sensorikmessdaten wird zurzeit erstellt. Es wurde eine Kalibrierung der kapazitiven und der Ultraschallsensoren vorgenommen, welche für die messtechnische Kontrolle des Bereiches vor dem Laserbearbeitungskopf vorgesehen sind.

AP6:

Es wurden Untersuchungen zum Betonabtrag an senkrechten Wänden und Decken durchgeführt (die vorherigen Grundlagenuntersuchungen erfolgten zum Großteil auf ebenen Flächen). Ergebnis: Bezüglich der späteren Anwendung zeigten sich hierbei keine Einschränkungen, d. h. es ist sowohl ein horizontaler als auch vertikaler Abtrag an der Wand möglich. Ebenso unproblematisch ist das Abtragen über Kopf an der Decke.

Neben der Kalibrierung wurden Tests zur Funktionalität der Sensorsysteme durchgeführt. Mit den kapazitiven Sensoren können kleine aus der Wand ragende Objekte (z.B. Schrauben, Bolzen) im Abstand von ca. 1 cm problemlos erkannt werden. Die Tests mit den Ultraschallsensoren zeigen ebenfalls positive Ergebnisse. Das Erkennen von Wänden und größeren Objekten vor dem Laserarbeitskopf ist bis zu einer Entfernung von 35 cm möglich. Tests mit dem Laserscanner müssen noch durchgeführt werden. Im Anschluss wird das Gesamtsystem in Kombination mit dem Manipulator getestet.

AP8+9:

Die Messdaten werden aufgezeichnet, somit ist eine komplette Dokumentation des Abtragsprozesses möglich. Mit Hilfe des Laserscanners ist auch die direkte Messung der Abtragtiefe bzw. des Abtragsvolumens möglich.

AP10+11:

An der TUD wird z. Z. mit der Errichtung der Testwand begonnen.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Zusammenbau der beiden Systeme Manipulator und Laserbearbeitungskopf einschließlich der zugehörigen Mess-, Steuer- und Regeltechnik
- Praktische Versuche zur Steuerung und Verwendung der Sensorik ohne Einsatz des Leistungslasers in Karlsruhe.
- Im Anschluss daran Versuche mit dem Gesamtsystem, einschließlich Leistungslaser, an der TU Dresden
- Versuche zum Abtrag von Originalbeton mit und ohne Originalschutz-Lack. Hierfür werden von einem, sich zurzeit im Rückbau befindlichem Kernkraftwerk Betonproben mit Lack zur Verfügung gestellt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Vortrag auf KONTEC 2009, Vortrag auf ICONE 2009, Vortrag auf JTK 2010, Poster Vortrag auf KONTEC 2011.

Auftragnehmer: GRS, Schwertnergasse 1, 50667 Köln		Förderkennzeichen: 02 S 8578
Vorhabensbezeichnung: Strahlenschutzaspekte bei der Auswahl von Abbau- und Dekontaminationstechniken		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2008 bis 31.12.2010	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtkosten des Vorhabens: 312.611,00 EUR	Projektleiter: Dr. Kaulard	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des vorliegenden Vorhabens ist es, strahlenschutzrelevante Informationen und Erfahrungen beim Einsatz gängiger Abbau- und Dekontaminationstechniken – schwerpunktmäßig in deutschen Stilllegungsprojekten – zu sammeln, aufzubereiten und als Fachbericht bereitzustellen. Aufbauend auf den deutschen Erfahrungen wird der Fachbericht darüber hinaus einen generischen Prozess zur Auswahl einer konkreten Technik beschreiben, so dass der Fachbericht insgesamt als Orientierungshilfe bei der Auswahl von Abbau- und Dekontaminationstechniken mit Schwerpunkte Aspekte des Strahlenschutzes dient.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Die Durchführung des Projektes erfolgt in sieben Arbeitspaketen (AP). Diese werden entsprechend ihren Abhängigkeiten sequentiell oder parallel bearbeitet. Folgende Arbeitspakete sind vorgesehen:

- AP1: Literaturrecherche
- AP2: Festlegung der strahlenschutzrelevanten Aspekte bei Abbau- und Dekontaminationstechniken („Datenerfassungsbögen“)
- AP3: Erfassung strahlenschutzrelevanter Erfahrungen beim Einsatz von Abbau- und Dekontaminationstechniken („Datenerfassung in der Praxis“)
- AP4: Auswertung der strahlenschutzrelevanten Daten und Erfahrungen
- AP5: Erstellung des Fachberichts
- AP6: Aufbau und Betreuung eines Unterstützernetzwerkes
- AP7: Verfolgung nationaler und internationaler Entwicklungen

Erläuterung zu AP6: Durch einen intensiven Erfahrungs- und Informationsaustausch mit Beteiligten deutscher Stilllegungsprojekte soll ein hoher Praxisbezug des Fachberichts und eine möglichst umfassende Berücksichtigung deutscher Erfahrungen erreicht werden. Hierzu wird ein so genanntes „Unterstützernetzwerk“ aufgebaut, in dem Informationen zum Vorhaben und zu wichtigen Fachfragen in Form von E-Mail, einer Internetplattform und Workshops ausgetauscht werden sollen.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im Berichtszeitraum wurde die Bearbeitung des Vorhabens abgeschlossen. Hierbei wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

AP1: Beendet.

AP2: Beendet.

AP3: Die Erfassung relevanter Daten wurde abgeschlossen. Im Rahmen der Datensammlung zeigte sich insgesamt, dass strahlenschutzrelevante Daten (z. B. Expositionsdaten) im Allgemeinen nicht bezogen auf die eingesetzten Techniken, sondern bezogen auf Abbaugewerke erfasst werden. Entsprechend fiel der Umfang der verfügbaren Daten geringer aus als ursprünglich angenommen. Damit besitzen die zusammengestellten Daten stärker beispielhaften Charakter und untermauern bzw. illustrieren die Aussagen zu den verschiedenen Abbau- und Dekontaminationstechniken.

AP4: Die Auswertung der zusammengestellten Daten wurde abgeschlossen.

AP5: Im Berichtszeitraum wurde der endgültiger Entwurf des Fachberichts erstellt und den Teilnehmern des Workshops vom 10. Juni 2010 zur Kommentierung zugesandt. Thematisch behandelt der Fachbericht einen idealisierten Auswahlprozess, beschreibt und erläutert strahlenschutzrelevante Eigenschaften gängiger Abbau- und Dekontaminationstechniken und stellt hierzu Beispiele aus der Stilllegungspraxis bereit. Bei der Erstellung des Entwurfs des Fachberichtes wurden dabei die Erkenntnisse und Daten aus nationalen und internationalen Stilllegungsprojekten sowie die vielfältigen Anmerkungen und Anregungen der Teilnehmer des Workshops vom 10. Juni 2010 mit Vertretern deutscher und dänischer Stilllegungsprojekte berücksichtigt.

AP6: Am 10. Juni 2010 fand ein Workshop unter Beteiligung verschiedener deutscher und dänischer Stilllegungsprojekte statt, um einen ersten Arbeitsentwurf des Fachberichts zu diskutieren. Der im Berichtszeitraum erstellte endgültige Entwurf wurde den Teilnehmern des Workshops zur Kommentierung zugeleitet; entsprechende Rückäußerungen wurden in die Endfassung des Fachberichtes eingearbeitet. Ursprünglich war ein abschließender Workshop Ende 2010 zur Diskussion der Endfassung des Fachberichtes vorgesehen. Eine entsprechende Abfrage bei den Teilnehmern des Workshops vom 10. Juni 2010 ergab, dass kein Bedarf für einen solchen Workshop mehr bestand, so dass auf dessen Durchführung verzichtet wurde.

AP7: Arbeiten zur Verfolgung nationaler und internationaler Entwicklungen wurden im Berichtszeitraum mit Blick auf die Erstellung des Fachberichtes und die Auswertung noch verfügbar gewordener Daten nicht mehr durchgeführt.

4. Geplante Weiterarbeiten

Das Vorhaben endet planmäßig zum 31.12.2010, so dass keine weiteren Arbeiten geplant sind.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Im Berichtszeitraum fanden keine Veröffentlichungen statt. Allerdings wird der Fachbericht Anfang 2011 als GRS-Bericht veröffentlicht.

Zuwendungsempfänger: Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM), Unter den Eichen 87, 12205 Berlin		Förderkennzeichen: 02 S 8588
Vorhabensbezeichnung: Handhabungs- und Transportkonzepte zur Entsorgung radioaktiver Reststoffe aus Stilllegung und Rückbau: Entwicklung rechnerischer Analysemethoden für stoßdämpfende Strukturen beim Aufprall oder Absturz von Abfallgebinden (ENREA)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2008 bis 31.12.2011	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 656.483,00 EUR	Projektleiter: Dr. 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

- Kalibrierung der Messtechnik zur Erfassung von Aufweitungskräften; Vorversuche zur Handhabung der entsprechend erweiterten Prüfeinrichtung und zur Datenauswertung
- Durchführung von Versuchen mit Querdehnungsbehinderung bei konstanten Dehnraten:
 - Durchführung und Abschluss aller in der Projektphase I bei Raumtemperatur geplanten Holzversuche: Ermittlung der Spannungs-Dehnungs-Beziehungen parallel und senkrecht zur Belastungsrichtung für 5 Geschwindigkeiten [0.02 mm/s – 3 m/s] für Schicht- und Massivholzproben; letztere wurden parallel, quer und schräg (5 verschiedene Winkel) zur Faser belastet; Ermittlung relevanter statistischer Kennwerte und Quantifizierung des Einflusses der Geschwindigkeit und der Probenkonfiguration auf die resultierenden, gemittelten Fließkurven
 - Durchführung und Abschluss der noch ausstehenden Stauchversuche an PU-Schaum und Dämpferbeton bei Raumtemperatur unter hohen Geschwindigkeiten: Quantifizierung der dynamischen Verfestigung auf Fließkurven parallel und senkrecht zur Belastungsrichtung
 - Durchführung und Abschluss der temperierten Versuche (-40 °C und +90 °C) an PU-Schaumproben für 3 unterschiedliche Geschwindigkeiten [0.5 mm/s bis 3 m/s]; Erstellen von dehnratenabhängigen Fließkurven für das Temperaturspektrum
- Konzipierung der Prüfeinrichtung für Probenkörper mit 20 cm Kantenlänge; Überarbeitung des Designs der Einspannvorrichtung mit Validierung der mechanischen Auslegung
- Entwicklung einer Strategie mit dem Kooperationspartner zum quantitativen Vergleich zwischen Messung und numerischer Simulation; Entwurf und Diskussion einer gemeinsamen Spezifikation
- Simulation der PU-Schaum-Versuche mit Berücksichtigung der Dehnratenabhängigkeit durch Abaqus-Modelle: Im Ergebnis gute Übereinstimmung mit den Messergebnissen
- Simulation der Dämpferbetonversuche: Kein Materialmodell der Abaqus-Bibliothek kann alle relevanten Versuchscharakteristika wiedergeben
- Evaluation der potentiellen Materialmodelle zur Simulation der Holzversuche: Die in den Standardbibliotheken implementierten Materialgesetze sind zur Abbildung des gemessenen Werkstoffverhaltens nur bedingt geeignet

4. Geplante Weiterarbeiten

- Durchführung und Auswertung der querdehnungsbehinderten Versuche an temperierten Holzproben (Abschluss der Versuche am servohydraulischen Prüfstand)
- Herstellung von Einspannvorrichtung, Druckquader und Druckstück für Versuche mit Proben der Kantenlänge 20 cm an einer 5MN Druckprüfmaschine und experimentelle Voruntersuchungen zur Kalibrierung und Handhabung dieser Prüfeinrichtung
- Weiterführung der Planung und Konstruktion der Prüfapparatur am geführten Fallprüfstand (Projektphase 2 und 3); Vorversuche zur Anpassung der Messtechnik und zur Festlegung der Versuchsabläufe
- Spezifikation eines Fehlermaßes zum systematischen Vergleich von experimentellen und numerischen Ergebnissen
- Entwicklung eines Materialmodells zur Simulation des Verhaltens von Holz
- Auswahl und Anwendung von LS-Dyna Materialmodellen zur Simulation der Dämpferbetonversuche

5. Berichte, Veröffentlichungen

Kasperek, E., Scheidemann, R., Zencker, U., Wolff, D., Völzke, H.: Effect of dynamic loading on compressional behaviour of damping concrete, PATRAM 2010 (16th International Symposium on the Packaging and Transport of Radioactive Materials), London, GB, 3.-8.10.2010

Zuwendungsempfänger: WTI Wissenschaftlich-Technische Ingenieurberatung GmbH, Karl-Heinz-Beckurts-Str. 8, 52428 Jülich		Förderkennzeichen: 02 S 8598
Vorhabensbezeichnung: Qualifikation und Erprobung von stoßdämpfenden Strukturen und Materialien zur Optimierung/Reduzierung der Beanspruchung von Verpackungen zur Entsorgung radioaktiver Reststoffe aus Stilllegung und Rückbau (QUEST)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2008 bis 31.12.2011	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 458.849,00 EUR	Projektleiter: 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 durch Freifallgewichte. Dabei werden Last-Verformungskennlinien bei vollständiger Querdehnungsbehinderung, als auch ohne Querdehnungsbehinderung und auch der Einfluss der Probengröße gemessen und analysiert
- AP3: Durchführung von Modellversuchen an kleinmaßstäblichen Referenzstrukturen von stoßdämpfenden Komponenten.
- AP4: Parallel zu den experimentellen Untersuchungen werden Materialgesetze auf ihre Eignung zur Beschreibung des Werkstoffverhaltens hin untersucht. 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

Die Aktivitäten der beteiligten Projektpartner (BAM, GNS, WTI) wurden im Rahmen von Projektgesprächen und Arbeitstreffen regelmäßig aufeinander abgestimmt.

Bei dem 5. Projektgespräch am 30. November 2010 in Essen wurde festgestellt, dass nur noch die Probenherstellung von Dämpferbetonplatten in 2011 aussteht, sobald bei der BAM die entsprechenden Versuche anlaufen.

In dem abgelaufenen Zeitraum wurden ca. 300 Versuche an Proben durchgeführt. Dabei wurden die Lagerungsrandbedingungen, die Temperatur, die Orientierung und die Art des Probenmaterials variiert. Die dabei gewonnenen Rohdaten der Messungen liegen vor. Die Auswertung der bis zu fünf verschiedenen Belastungsgeschwindigkeiten und der unterschiedlichen Probenmaterialien wird nach einem vorgegebenen Schema durchgeführt. Dadurch wird sichergestellt, dass die Abweichungen zwischen Experiment und Simulation einen nachvollziehbaren minimalen Wert annehmen.

Im Zuge der Nachrechnungen der Vorversuche an Aluminium ohne Querdehnungsbehinderung sind die numerischen Simulationen erfolgreich abgeschlossen worden. Mit Hilfe von geeigneten Materialgesetzen und Materialparametern des verwendeten Aluminiums stimmen Experiment und Simulation für die untersuchten Belastungsgeschwindigkeiten gut überein. Die Arbeiten zur Auswertung und Nachrechnung der Versuche an den Materialproben aus PU-Schaum, Holz und Dämpferbeton sind angelaufen. Dazu wurden zunächst mögliche in LS-DYNA implementierte Materialgesetze auf ihre Eignung hin untersucht.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Begleitung der Erweiterung des Fallprüfstandes und des Einbaus der Dämpferbeton-Steine an der Fall-Versuchsanlage der BAM in Horstwalde.
- Begleitung der Versuchsdurchführung mit den diversen Probenmaterialien am Stoßprüfstand.
- Fortsetzung der Auswertung der Versuchsergebnisse aus den bereits durchgeführten Untersuchungen.
- Aufbereitung der Messergebnisse für die numerischen Analysen und die Modellierung der dynamischen Simulationsrechnungen.
- Sukzessive Nachrechnung der noch laufenden dynamischen Versuche am Stoßprüfstand mit numerischen Simulationsmethoden.
- Fortsetzung der Parameteridentifikation zur Anpassung von möglichen Materialgesetzen für die dynamischen Probenanalysen.
- Verfeinerung der Vorgehensweise bei der Parameteridentifikation für die gefundenen Materialgesetze.
- Bewertung der gefundenen Parameter für die numerischen Simulationen.
- Im Rahmen der KONTEC-Tagung und der Jahrestagung Kerntechnik 2011 sind Vorträge angemeldet und angenommen worden.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Schopphoff E., Vallentin R., Steegmanns M., Hüggenberg M.: Contribution to Further Development of Simulation Methods for Impact Limiting Materials and Structures – A Report on the Situation from the German QUEST-Project, PATRAM 2010 (16th International Symposium on the Packaging and Transport of Radioactive Materials), London, GB, 3.-.8.10.2010

Zuwendungsempfänger: Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe		Förderkennzeichen: 02 S 8608
Vorhabensbezeichnung: ASTU Automatische Seilsägetechnologie für Unterwasserdemontage		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2009 bis 29.02.2012	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 250.345,00 EUR	Projektleiter: 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

AP2: Grundlagenversuche

Auf Grundlage des neuen Versuchskonzeptes wurden weitere Versuchsreihen an Stahl (S235JR) durchgeführt. Eine Reihe besteht aus elf Schnittproben, die jeweils mit dem gleichen Seil geschnitten werden. Somit sind die Reihen vergleichbar und die Ergebnisse können interpretiert werden.

Die einzelnen Versuchsreihen wurden jeweils mit einem neuen Seil (9,5 m) geschnitten. Als Geometrievarianten wurden hochkant und quer liegende rechteckige, sowie runde Querschnitte untersucht. Dabei hat sich herausgestellt, dass runder Stahl (S235JR) am „besten“ zu schneiden ist. Ebenfalls sehr gut war der rechteckige querliegende Stahl. Im Gegensatz dazu war der hochkant liegende, nur unter hohem Verschleiß und damit steigender Sägezeit zu trennen. Anscheinend spielt die Eingriffslänge eine wichtige Rolle. Es hat sich gezeigt dass, je kürzer die Eingriffslänge ist, desto mehr Verschleiß am Diamantseil entsteht.

Ebenfalls wurde ein anderer interessanter Effekt beobachtet. Das Seil wurde in den Versuchen immer ca. 1-mal pro m eingedreht. Nach einem Seilriss wurde vergessen das Seil wieder neu einzudrehen, so dass es nahezu unverdrillt weiter gesägt hat.

Dies bewirkte eine Absenkung der Sägezeit um volle 25 %. Nachdem der Fehler bemerkt worden und das Seil wieder verdrillt war, stieg die Trennzeit wieder rapide an. Um den Effekt weiter zu untersuchen werden momentan Versuchsreihen mit jeweils verdrilltem und unverdrilltem Seil durchgeführt.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP3: Spezielle Leistungsuntersuchungen

Im nachfolgenden Berichtszeitraum wird nach Abschluss der Grundlagenuntersuchungen das Arbeitspaket 3 mit den speziellen Leistungsuntersuchungen begonnen. Dabei soll eine Variation von Material und Geometrie durchgeführt werden, um damit die Modellerstellung durchzuführen. Als Materialvariation ist Stahl (S235JR) sowie Edelstahl (1.4301) vorgesehen. Bei der Geometrievariation sollen vor allem der Unterschied zwischen runden und eckigen Profilen untersucht werden, um Kanteneinflüsse besser berücksichtigen zu können. Ebenfalls sollen zusammengesetzte Geometrien untersucht werden, damit das Modell ein höheres Maß an Aussagekraft gewinnt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Es wurde ein Beitrag zur KONTEC 2011 eingereicht und angenommen.

Zuwendungsempfänger: Brenk Systemplanung GmbH, Heider-Hof-Weg 23, 52080 Aachen		Förderkennzeichen: 02 S 8619
Vorhabensbezeichnung: EDV-Programm zur Unterstützung und Dokumentation der Gebäudefreigabe kerntechnischer Anlagen (PUG)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2009 bis 31.03.2011	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 254.000,00 EUR	Projektleiter: Dr. Schartmann	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines Programms zur softwaretechnischen Unterstützung des Freigabeprozesses an stehenden Gebäudestrukturen. Mit Hilfe eines derartigen Programms können viele Schritte des Freigabeprozesses automatisiert werden. Dies gilt insbesondere für die sehr zeitaufwändigen Schritte

- Erfassung und Übernahme der Raumgeometrie,
- Erstellen der Mess- und Beprobungspläne,
- Erfassung und Übernahme der Mess- und Beprobungsergebnisse sowie
- Erstellen der Freigabedokumentation.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit der Zuordnung und Visualisierung aller im Prozess erzielten Informationen und Messergebnisse jeweils zu den entsprechenden Flächen, wodurch diese Informationen über den gesamten Freigabeprozess, der sich über viele Jahre hinziehen kann, stets abrufbar sind. Die CAD-Zeichnungen der Anlage können jeweils dem aktuellen Anlagenzustand, der sich ggf. durch Umbauarbeiten geändert hat, angepasst werden.

Verbunden mit dieser Automatisierung und Visualisierung können die Freigabeprozesse mit höherer Prozesssicherheit und trotzdem beschleunigt und damit kostengünstiger durchgeführt werden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Analyse und Definition der Anforderungen
- AP2: Architektur der Software
- AP3: Erstellung eines Objektmodells
- AP4: Implementierung
 - AP4.1: Aspekte
 - AP4.2: Auswertemodul
 - AP4.3: Importschnittstellen
 - AP4.4: Dokumentation, Berichte und Exportschnittstellen
 - AP4.5: Andere Geschäftslogik
 - AP4.6: Datenbank
 - AP4.7: Grafische Benutzerschnittstelle
- AP5: Integrationstest
- AP6: Abschlussdokumentation

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1 bis AP3:

Die Arbeitspakete wurden vor dem Berichtszeitraum abgeschlossen.

AP4: Implementierung

Für die Implementierung der Software sind im Rahmen der Planung des Vorhabens insgesamt sieben Einzelpakete identifiziert worden. Die Implementierung der Zugriffsschicht zur *Datenbank* sowie der *Aspekte* wurde vor dem Berichtszeitraum abgeschlossen. Der Softwareentwurf wurde weiter verfeinert, um Rückkopplungen zwischen den Modulen zu vermeiden oder zu minimieren. Dies vereinfacht nicht nur die parallele Implementierung, sondern dient auch dem Softwareentwurf, da damit die Entwicklungsprinzipien Kapselung und lose Kopplung durchgesetzt werden.

Die vorgesehenen Möglichkeiten zur *Auswertung* der in der Datenbank vorliegenden Daten wurden im Berichtszeitraum weitgehend implementiert. Bei den abgeschlossenen Auswertungen handelt es sich im Einzelnen um: Bestimmung des Flächendeckungsgrads, Bestimmung des Eindringverhaltens aus Tiefenprofilen, Verifizierung des Nuklidvektors, Zerfallskorrektur sowie Statistische Auswertungen kombinierter und nicht flächendeckender Messungen.

Die für die Übernahme von Messdaten vorgesehenen *Importschnittstellen* wurden im Berichtszeitraum implementiert. Es wurde ein allgemeines Verfahren entwickelt, welches erlaubt, Daten aus Textdateien, Excel-Dateien und Datenbanken einzulesen und in die Datenbank zu übertragen. Der Importvorgang wird durch Konfigurationsdateien gesteuert, in denen die Zuordnung zwischen Quellformat und Datenbankstruktur hinterlegt ist, da damit flexibel auf unterschiedliche Datenformate reagiert werden kann.

Die im Rahmen des Vorhabens vorgesehenen Möglichkeiten zur *Dokumentationen* (Erstellung von *Berichten*) wurden weitgehend umgesetzt. Die Umsetzung basiert auf einer in Word 2007 oder Word 2010 erstellten Vorlage, die die Struktur und den Inhalt des Dokuments so weit wie möglich vorgibt und mit Hilfe von definierten Platzhaltern den Bezug zu den Daten in der PUG-Datenbank beschreibt. Für diese Platzhalter wurde eine Benennungsmethode entwickelt, die eine angemessene Strukturierung der Vorlage erlaubt und vom Ersteller der Vorlage keine Detailkenntnisse der Datenbankstruktur verlangt. Die verfügbaren Platzhalter (d. h. ihre Bezeichnung und der Zusammenhang zur Datenbank) sind durch die Implementierung vorgegeben. Die Vorlage wird durch den Bearbeiter in gewohnter Umgebung erstellt und vollständig gemäß seinen Vorstellungen oder gemäß den Anforderungen gestaltet und formatiert. Das eigentliche Berichtsdokument wird im Rahmen von PUG durch Auswahl eines Raums und der gewünschten Vorlage erstellt und als Word-Dokument gespeichert. Eine Weiterverarbeitung und Kontrolle dieses Dokuments erfolgt dann außerhalb von PUG.

Die *graphische Benutzerschnittstelle* (GUI) wird auf Basis der Windows Presentation Foundation (WPF) von Microsoft erstellt. Die WPF zeichnet sich, neben einer auf Vektorgraphik basierten Präsentation, durch die Möglichkeit der kompletten Trennung von Layout und Logik aus. Zur Durchsetzung dieser Trennung wird das Model-View-Viewmodel (MVVM) Entwurfsmuster verwendet. Die bereits zuvor entwickelte Infrastruktur der GUI auf Basis dieses MVVM-Musters wurde im Rahmen dieser Berichtsperiode erweitert. Für die GUI wurde eine für alle Bereiche anwendbare Benutzerführung entworfen. Zur Gestaltung der GUI wurden entsprechende Styles hinterlegt, die an zentraler Stelle zusammengefasst sind und daher leicht angepasst werden können. Die Implementierungsarbeiten zu diesem Paket wurden im Berichtszeitraum sukzessive weitergeführt und decken bereits den größten Teil der erforderlichen Formulare zur Interaktion mit dem Benutzer ab.

Sonstige Arbeiten befassten sich mit der Authentifizierung der Benutzer und ihre Zuordnung zu datenbankseitigen Rollen für unterschiedliche Datenbankplattformen. Außerdem wurden für alle zuvor genannten Bereiche Komponententests implementiert, um so die Schnittstellen der einzelnen Module zuverlässig überprüfen zu können.

4. Geplante Weiterarbeiten

Weiterführung der Arbeiten mit Schwerpunkt auf AP4 - Implementierung der Graphischen Benutzerschnittstelle, AP5 - Integrationstests und AP6 - Abschlussdokumentation. Es ist vorgesehen diese Arbeiten bis zum Ende der nächsten Berichtsperiode abzuschließen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

Zuwendungsempfänger: Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		Förderkennzeichen: 02 S 8629
Vorhabensbezeichnung: Prozessentwicklung zur trockenen Bearbeitung von metallischen und mineralischen Strukturen beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (ProBeSt)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2009 bis 30.06.2012	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 275.294,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Denkena	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP3: Die Ergebnisse hinsichtlich der Werkzeugtemperaturen in Abhängigkeit des Materials, der Schnittgeschwindigkeit und der Kontaktlänge beim trockenen Seilschleifen metallischer Strukturen wurden im aktuellen Berichtszeitraum verifiziert. Die erstmalige Untersuchung von Schnittgeschwindigkeiten $v_c < 16$ m/s zeigte allerdings, dass die Werkzeugtemperaturen auch in diesem Schnittgeschwindigkeitsbereich vergleichsweise niedrige Werte erreichen können. Durch die Variation des Vorschubdrucks wurden Zeitspanflächen bis $Q'_w = 0,117$ m²/h in reinen Stahlstrukturen realisiert. Die Werkzeugtemperaturen lagen hierbei nicht über $T_{WZ} = 230$ °C, die Werkstücktemperaturen nicht über $T_{WST} = 430$ °C. Da diese Temperaturen von sehr kleinen Wärmequellen (den Diamanten) hervorgerufen werden, ist an den Diamanten mit z. T. deutlich erhöhten Temperaturen zu rechnen. Aus dem resultierenden mikroskopischen Diamantzustand, welcher anhand von REM-Aufnahmen ermittelt wird, lassen sich in Abhängigkeit der gewählten Einstellparameter unterschiedliche starke Ausprägungen thermisch induzierter Verschleißformen identifizieren. Kritische Zustände des gesamten Schneidstoffbelags werden nur unter ungünstigen Einstellparameterkombinationen erreicht. Sensibler als die Diamanten reagiert die Seilgummierung auf erhöhte Werkzeug- und Umgebungstemperaturen.

AP4: Erste Untersuchungen, in welchen die Kaltluft dem Seilschleifwerkzeug aus zwei Wirbelrohren tangential ohne Einhausung zugeführt wurde, zeigten keine signifikante Reduzierung der resultierenden Werkzeugtemperaturen. Daher wurde ein separates Kühlsystem entwickelt, bei welchem das Seilschleifwerkzeug durch eine eng begrenzte Umhausung geführt wird. Dieser Raum wird zusätzlich mit PU-Schaumstoff isoliert und mit bis zu vier Wirbelrohren gekühlt, deren Kälteleistung über Kühlgeneratoren variiert werden kann. Untersuchungen mit zwei Wirbelrohren nach Austritt des Werkzeugs aus dem Werkstück zeigen, dass die Werkzeugtemperatur um teilweise mehr als 70 °C gesenkt werden kann.

AP5: Im Rahmen von AP5 sind Komponenten entwickelt worden, welche die abgedichtete Einhausung der Schnittfuge beim Trennen quaderförmiger Werkstücke erlauben. Erste Feldversuche zeigen, dass dieses System Stauberfassungsgrade um 99 % realisieren kann.

AP6: Im Rahmen von AP6 sind erste Seilschleifperlen mit einer metallischen Bindematrix und mono- bzw. polykristallinem CBN hergestellt und in Seilschleifuntersuchungen eingesetzt worden. Hierbei zeigte sich, dass diese neuartigen Seilschleifperlen einem extrem hohen mechanischen Verschleiß unterliegen sind.

AP7: Vom Projektpartner Husqvarna ist eine mobile, tauchend arbeitende Seilschleifmaschine entwickelt worden, welche noch im ersten Halbjahr 2011 zur Verfügung stehen soll. Ihre Konstruktion ist flexibel genug um die neu entwickelte Kühleinheit aufzunehmen und an Werkstückgeometrien bis 1,2 m Durchmesser angepasst zu werden.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP4: In AP4 werden weitere Untersuchungen mit einer variierten Anzahl Wirbelrohren sowie mit geänderter Zuführposition erfolgen. Die Ergebnisse des AP4 ermöglichen die Spezifikation des für den gegebenen Anwendungsfall idealen Kühlsystems. Zudem sind die maximale Leistungsfähigkeit sowie die relevanten Einstellparameter bekannt, mit denen das Kühlsystem an geänderte Trennaufgaben angepasst werden kann.

AP5: In AP5 wird das Absaugsystem unter Laborbedingungen in Trennschleifuntersuchungen eingesetzt. Ziel ist es, auch hier einen Stauberfassungsgrad um 99 % zu realisieren. Durch die Integration des bestehenden Kühlsystems in das Absaugsystem wird hier sowohl die Anforderung an eine parallele Reinigung des Seilschleifwerkzeugs mittels Druckluft berücksichtigt als auch frühzeitig dem Ziel des AP8 Rechnung getragen.

AP6: Ursprüngliches Ziel des AP6 war es, Seilschleifwerkzeuge mit alternativen Schneidstoffen herzustellen und einzusetzen. Aufgrund der Ergebnisse aus AP4 und AP6 ist zu diskutieren, ob eine Anpassung dieses Arbeitspaketes mit Fokus auf eine angepasste Seilgummierung bzw. eine alternative Vergussmasse mit höherer thermischer Stabilität zielführender sein kann. Das Konsortium wird das weitere Vorgehen auf dem nächsten Projekttreffen abstimmen und dem BMBF vorlegen.

AP7: In den weiteren Arbeiten an AP7 wird ermittelt, inwiefern eine möglichst große Flexibilität im Hinblick auf die Bauteilgröße mit der neu konstruierten, mobilen Seilschleifmaschine gewährleistet werden kann. Zudem muss die Kombination der Maschine mit dem in AP5 entwickelten Absaugungssystem umgesetzt werden.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Der Vortrag mit dem Titel „Prozessentwicklung für die trockene Seilschleifbearbeitung metallischer Strukturen beim Rückbau kerntechnischer Anlagen“ zur KONTEC 2011 in Dresden wurde angenommen. Die Veröffentlichung des entsprechenden Beitrags erfolgt im Tagungsband der KONTEC 2011. Der Vortrag wird im Rahmen der Session 2 „Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen“ gehalten.

Zuwendungsempfänger: SAT Kerntechnik GmbH, Vangionenstr. 15, 67547 Worms		Förderkennzeichen: 02 S 8639
Vorhabensbezeichnung: Neue Verfahrenstechnik zur Dekontamination und Probenahme in kontaminierten Rohrleitungen mittels Vibrationstechnik		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2009 bis 30.04.2011	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 297.800,00 EUR	Projektleiter: Dipl.-Ing. Gese	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Zum Entfernen von Ablagerungen und Verkrustungen in Rohren werden in der Regel unterschiedliche Strahlverfahren zum Ablösen der Ablagerungen eingesetzt. Normalerweise geschieht dies im Trocken- oder Nassverfahren, wobei die eingesetzten Hilfsstoffe beim Reinigungsvorgang durch die gelösten Ablagerungen kontaminiert werden und somit anschließend als Sekundär-Abfall anfallen.

In diesem Forschungsvorhaben wird ein auf der Vibrationstechnologie basierendes, mechanisches Abtragverfahren zum Entfernen der Rohr-Ablagerungen entwickelt. Ziel ist es, durch den Wegfall der Hilfsstoffe, die immer als kontaminiertes Sekundär-Abfallprodukt anfallen, einen effizienteren, umweltfreundlicheren und schnelleren Dekontaminationsprozess zu ermöglichen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Entwurf und Aufbau eines Versuchsstandes
- AP2: Simulieren von Ablagerungen in Rohrabschnitten und Durchführung von Versuchen zum Herauslösen derselben aus den Rohren
- AP3: Entwicklung eines Werkzeuges zum Herauslösen der Ablagerungen
- AP4: Entwurf und Umsetzung eines Konzeptes zum Bewegen des Werkzeuges durch das Rohr
- AP5: Entwicklung eines Konzeptes zum Abtransport der gelösten kontaminierten Ablagerungen aus dem Rohr
- AP6: Untersuchungen zur Bestimmung der Zusammenhänge zwischen den Prozessgrößen und Einflussfaktoren
- AP7: Sicherstellung einer restlosen Dekontamination der Rohre
- AP8: Bau und Validierung des Prototyps
- AP9: Dokumentation und Schlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP2:

Die nachgebildeten Ablagerungen decken bestimmte Eigenschaften der Originalablagerungen ab. So ist die Härte eine wichtige Charakterisierungsgröße der Ablagerungen. Diese wurde mittels modifizierter Brinellhärtemessverfahren an Zementstein ermittelt. Hierzu wurden der Einfluss des Wasser/Zement-Wertes und der Trocknungszeit auf Härte und Sprödigkeit untersucht. Basierend auf diesen Untersuchungen werden die Ablagerungen in den Hauptuntersuchungen ausgewählt, in Rohren nachgebildet und der Abtragprozess an diesen untersucht.

AP5:

Das Konzept zur Kompensation der Staubbildung sieht ein Sauggerät vor, das am offenen Ende des Rohres angeflanscht ist, den auftretenden Staub und die Ablagerungen direkt in einen Auffangbehälter transportiert und deshalb eine sichere Handhabung der kontaminierten Rückstände gewährleistet. Um das Sauggerät für den Transport des Abtraggutes auszulegen, ist eine Information über die auftretenden Korngrößen und Menge des gebildeten Staubes erforderlich. Hierzu wurden bisher die Abhängigkeiten der entstehenden Korngrößen des Abtraggutes in Abhängigkeit der Prozessgrößen Vorschub und Frequenz ermittelt. Dazu wurde das Abtraggut nach durchgeführten Abtragversuchen analysiert und die Korngrößen mit Hilfe von Sieben bestimmt.

AP6:

Wichtig für das Verständnis und die Qualifizierung von neuen Verfahren sind Kenntnisse über die Einflussfaktoren, die in diesem Fall den Prozess, die Ablagerung und das Werkzeug betreffen. Die durchgeführten Voruntersuchungen an nachgebildeten Ablagerungen haben bisher folgende Einflussfaktoren aufgezeigt:

- Härte und Dicke der Ablagerungen
- Werkzeuggeometrie
- Vorschubkraft des Werkzeugträgers
- Drehzahl und Masse der Unwucht des Werkzeugträgers
- Abstand des Werkzeugs von der Rohrrinnenwand
- Haftverbund zwischen Ablagerung und Rohrrinnenwand
- Einschlagrichtung des Werkzeuges auf die Ablagerungen
- Rotation des Werkzeugträgers
- Einspannbedingungen des Rohres
- Korngröße der heraus gelösten Ablagerungen
- Einfluss der Erdbeschleunigung

Um die Wirkung dieser Einflussfaktoren auf den Abtragprozess näher zu untersuchen, wurde zunächst in Voruntersuchungen der für die Variation der Parameter interessante Bereich bestimmt. Anschließend wurden Ablagerungen unterschiedlicher Härte und Dicke in Rohren nachgebildet und die Abtragversuche an diesen durchgeführt. Bisher wurden in zahlreichen Versuchen die Wirkungen der Prozessgrößen auf den Abtragprozess ermittelt. Es konnte gezeigt werden, dass der Vorschub und die Frequenz des Werkzeugträgers einen großen Einfluss besitzen.

Bei nicht idealer Wahl der Prozessparameter kann auch nach mehrmaligen Versuchsdurchläufen kein zufriedenstellendes Dekontaminationsergebnis erzielt werden. Dagegen konnte bei der richtigen Wahl schon bei einem ersten Versuchsdurchlauf eine annähernd 100 %ige Dekontamination der Rohre erreicht werden. Der Einfluss der Härte der Ablagerungen wurde bislang in zwei Variationen untersucht. Es hat sich beispielsweise gezeigt, dass die Ablagerungen doppelter Härte bei gleicher Parametereinstellung effektiver entfernt werden konnten. Der Grund hierfür konnte in der Analyse der zuvor durchgeführten Härteuntersuchungen gefunden werden. Diese haben ergeben, dass die nachgebildeten härteren Ablagerungen auch eine größere Sprödigkeit besitzen. Infolgedessen ist die Abtragleistung bei Erreichen der Bruchgrenze größer als bei weniger harten bzw. spröden Ablagerungen.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP6:

Es werden zurzeit in systematischen Untersuchungen die Wirkungen der bereits ermittelten Einflussfaktoren auf den Abtragprozess untersucht.

5. Berichte, Veröffentlichungen

KONTEC 2011, Dresden

Im Berichtszeitraum wurde ein schriftlicher Beitrag mit dem Titel „Dekontamination von Rohrleitungen mittels Vibration“ zur KONTEC 2011 in Dresden eingereicht und angenommen.

Zuwendungsempfänger: HERRENKNECHT AG, Schlehenweg 2, 77963 Schwanau		Förderkennzeichen: 02 S 8649
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Innovativer Abbruch massiger Stahlbetonstrukturen (INAS)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2009 bis 30.06.2012	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 691.348,00 EUR	Projektleiter: Dipl.-Ing. Edelmann	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

In einer Kooperation des Instituts für Fahrzeugtechnik und Mobile Arbeitsmaschinen (Mobima) 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 endlagerechter 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

In den vorangegangenen Untersuchungen über verschiedene Schneid- und Abtragstechniken wurde der reine Betonabtrag mittels eines angeregten Hinterschneidwerkzeugs in Kombination mit einem Fräswerkzeug zum Abtragen des Bewehrungsstahls als das Verfahren mit dem größten Potential für die Abtragsaufgabe gesehen.

Nachdem wir im ersten Quartal des Jahres 2010 die Machbarkeit des effizienten Abtrags des Betonanteils mittels angeregter Hinterschneidplatte bestätigt haben, haben wir im zweiten Quartal 2010 im Forschungsvorhabens INAS das Hauptaugenmerk auf die Erarbeitung und den Aufbau eines Versuchsstandes zum Fräsen von Stahlbeton sowie eines detaillierteren Konzeptes für das gesamte Schneidwerkzeug gelegt.

Fräsen von Stahlbeton:

Zur Untersuchung des Fräsverfahrens in Bezug auf Stahlbetonfräsen wurde ein Versuchsstand gebaut mit dem an verschiedenen Versuchskörpern Fräsversuche mit wiederum verschiedenen Fräswerkzeugen und Wendeschneidplatten durchgeführt werden können. Gleichzeitig werden bei den Versuchen die auftretenden Kräfte in allen Richtungen sowie die benötigte Antriebsleistung gemessen. Das Ziel der Versuche ist neben den auftretenden Reaktionskräften beim Fräsen das allgemeine Werkzeugverhalten in Hinsicht auf Standzeit, Fräswerkstoff und optimaler Fräsparameter zu ermitteln. Erste Vorversuche zeigen das durch die Wahl des Wendeschneidplattenwerkstoffes (HM, CBN oder PKD) deren Zusammensetzung sowie der Geometrie der Wendeschneidplatte entscheidende Unterschiede in der Standzeit erreicht werden können.

Gesamtschneidwerkzeug:

Die Verfahrenskombination von Fräsen und einer angeregten Hinterschneidplatte in einem Werkzeug bringen eine Vielzahl von technischen Problemen mit sich. Dabei sind rotatorische und translatorische Bewegungen zu realisieren wozu gleichzeitig die verhältnismäßig hohen, stark dynamischen Schnittlasten aufzunehmen sind. Hier wurde das Gesamtkonzept in einzelne Aufgaben getrennt (Dichtung, Lagerung, Antrieb, Anregung) und die Diskussion mit den jeweiligen Spezialisten begonnen.

4. Geplante Weiterarbeiten

Zur Bestätigung des Stahlbetonabtrags mittels Fräsen werden Versuchsreihen mit verschiedenen Schneidwerkstoffen und Maschinenparametern durchgeführt. Parallel werden die aufgenommenen Daten analysiert und die Kräfte, Abtragsleistung und Standzeiten untersucht.

Auf der Basis der Versuchsergebnisse beim Stahlbetonfräsen werden die bestehenden Konzepte mit den heutigen Verfahren zum Tiefenabtrag von Stahlbeton gegenübergestellt und bewertet. Die Gegenüberstellung wird in Form einer QFD ausgeführt, um alle Einflüsse und Kriterien zu erfassen. Das Ziel dabei ist das Potential des bestehenden Konzepts, welches momentan im Wesentlichen durch den Fräsprozess eingeschränkt wird, im Vergleich zu den in AP1 erarbeiteten alternativen Konzepten und den heutigen Stand der Technik zu ermitteln. Aufbauend auf die Ergebnisse der Gegenüberstellung erfolgt gegebenenfalls eine Umorientierung oder Anpassung des Schneidwerkzeugkonzeptes.

Im Anschluss an die Gegenüberstellung der Verfahren wird das Werkzeugkonzept detailliert und die einzelnen technischen Fragestellungen gelöst. Die einzelnen Komponenten werden konstruiert und ausgelegt. Zudem wird die Einbindung des Werkzeuges in den Manipulator mit den erforderlichen Kinematiken im bestehenden Lastenheft weiter detailliert und die Absaugeinrichtung entsprechend der Werkzeugbewegungen und Geometrie ausgearbeitet.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

Zuwendungsempfänger: Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe		Förderkennzeichen: 02 S 8659
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Innovativer Abbruch massiger Stahlbetonstrukturen (INAS)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2009 bis 30.09.2012	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 716.238,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Gentes	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

In einer Kooperation des Instituts für Fahrzeugtechnik und Mobile Arbeitsmaschinen (Mobi-ma) 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 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 abzutragen und dabei den Personaleinsatz zu minimieren.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Recherche zum Stand der Technik und Konzepterarbeitung des neuen Schneidgerätes
Für den reinen Betonabtrag mittels angeregter Hinterschneidtechnik wurden mehrere Werkzeugkonzepte erstellt. Des Weiteren wurden Werkzeugvarianten für den Stahlabtrag erarbeitet und die Implementierung in die angeregten Werkzeugkonzepte untersucht.
- AP2: Verifikation der angestrebten Schneidtechnologie
Aufbauend auf den vorangegangenen Untersuchungen wurde das Fräsen von Stahlbeton als Verfahren mit dem größten Potential identifiziert. Um diese Annahme zu bestätigen, wurde ein entsprechender Prüfstand aufgebaut, eingerichtet und getestet.
- AP3: Konzeption, Auslegung, Fertigung und Montage der Manipulatoranbindung
Die Anforderungsliste für die Anbindung des Schneidgeräts an ein geeignetes Trägergerät wurde mittels erster Erkenntnisse aus den Abtragversuchen überarbeitet bzw. angepasst. Weiterhin wurde das Konzept der Manipulatoranbindung in einem ersten Entwurf umgesetzt.
- AP4: Entwicklung, Fertigung und Montage der Fördereinrichtung für den Abraum
Analog dem AP3 wurde das Konzept der Abraumförderung angepasst und in Teilbereichen optimiert. Für die Versuchsanlage der pneumatischen Förderung wurden einzelne Komponenten bemessen.

4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Recherche zum Stand der Technik und Konzepterarbeitung des neuen Schneidgerätes
Ausgehend von den Ergebnissen der durchzuführenden Stahlbeton-Fräsversuche (AP2) wird das erzielbare Potential den anderen Konzeptideen aus AP1 sowie dem aktuellen Stand der Technik gegenübergestellt und bewertet. Entsprechend diesem Ergebnis erfolgt ggf. eine Konzeptanpassung oder –überarbeitung.
- AP2: Verifikation der angestrebten Schneidtechnologie
Zur Verifikation des Stahlbetonabtrags durch Fräsen werden Versuchsreihen mit verschiedenen Schneidwerkstoff- und Maschinenparametern durchgeführt. Parallel zu den Versuchen erfolgt deren Auswertung in Bezug auf die Reaktionskräfte und die Abtragsleistung bzw. –eigenschaften.
- AP3: Konzeption, Auslegung, Fertigung und Montage der Manipulatoranbindung
An Hand der im AP2 ermittelten Ergebnisse und dem zur Anwendung kommenden Werkzeug-Gesamtkonzept aus AP1 wird die Manipulatoranbindung konstruiert und ausgelegt.
- AP4: Entwicklung, Fertigung und Montage der Fördereinrichtung für den Abraum
Mit Festlegung des Werkzeugkonzeptes und der Manipulatoranbindung sind die Randbedingungen für die Auslegung und Einbindung der Förderanlage an das Manipulatorwerkzeug gegeben. Die einzelnen Komponenten der Fördereinrichtung werden konstruiert, gefertigt und zur Prozesskette zusammengefügt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

Zuwendungsempfänger: Technische Universität München, Arcisstr. 21, 80333 München		Förderkennzeichen: 02 S 8669
Vorhabensbezeichnung: Nutzung von Bremsstrahlungsinformationen für die zerstörungsfreie Charakterisierung radioaktiver Abfälle		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2009 bis 30.09.2012	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 422.758,00 EUR	Projektleiter: 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 β -Strahlern in radioaktiven Abfallgebinden geschaffen werden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Literaturrecherche
Identifikation des aktuellen Stands der Technik
- AP2: Identifikation relevanter β -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 β -Strahlern
Auswahl von β -Strahlern, die bei RCM verfügbar sind, und Durchführung von Messungen in gut beschriebener Geometrie
- AP5: Erweiterte Testmessungen mit γ - und β -Strahlern
Messungen zur Erzeugung kombinierter Bremsstrahlungs- und γ -Spektren
- AP6: Auswertung der Testmessungen
Auswertung der Messergebnisse. Die Möglichkeiten von Identifikation und ggf. auch Quantifikation von β -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 ein neuer hochreiner Germanium (HPGe)-Detektor als Ersatz für den defekten Detektor des segmentierten Gamma-Scanners beschafft, in das Messsystem integriert, in Betrieb genommen und die erforderlichen umfangreichen Kalibrationen für die verschiedenen Messgeometrien (Nutzung unterschiedlicher Kollimatoren) durchgeführt. Bedingt durch diesen Ausfall mussten die Messungen an realen Abfallgebänden verschoben werden. Das Hauptaugenmerk lag folglich weiterhin auf den Untersuchungen im Labormaßstab, d. h. der Verwendung von Gamma- und Beta-strahlenden Radionukliden ohne absorbierendes Material, und hier speziell auf der Untersuchung der folgenden Fragestellungen:

- Wann ist ein Beta-Strahler in einem Spektrum in Anwesenheit Gamma-strahlender Nuklide (z. B. ^{60}Co , ^{137}Cs) erkennbar?
- Kann durch einen Fit geeigneter Funktionen an die Gamma-Spektren ein Kriterium für den Nachweis von Beta-Strahlern gefunden werden?

Messungen mit Beta- und Gamma-Strahlern unterschiedlicher Aktivität lieferten erste Werte für das Aktivitätsverhältnis der beiden Emissionsarten, das einen Nachweis der Beta-Strahler noch ermöglicht. Die Einbeziehung weiterer Einflussgrößen in diese Untersuchungen, wie Übergangswahrscheinlichkeiten der Strahler, energieabhängige Nachweiseffizienz des eingesetzten Detektorsystems, Lage der charakteristischen Gamma-Linien, Bremsstrahlungsspektrum, absorbierende Schichten etc. wird derzeit durchgeführt.

Für die Auswertung der Spektren wurde in einem ersten Schritt der Fit einer einfachen Exponentialfunktion an verschiedene gemessene Spektren untersucht. Trotz erster positiver Ergebnisse stellt diese Funktion nur einen ersten Ansatz dar, der noch ausgebaut und weiter untersucht werden muss, da verschiedene Effekte (wie z. B. Absorption in der Matrix) noch nicht berücksichtigt sind.

Die durchgeführten Messungen mit gleichzeitig vorhandenen Beta- und Gamma-Strahlern zeigten als ein interessantes Ergebnis das Vorhandensein von Summationseffekten. D. h. die charakteristischen Gamma-Peaks (z. B. von ^{60}Co) weisen auf der höherenergetischen Seite eine Schulter auf, die abhängig von der Aktivität des Beta-Strahlers mehr oder weniger ausgeprägt ist. Auch dieser Effekt könnte zur Identifizierung von Beta-Strahlern herangezogen werden. Einschränkend ist aber festzustellen, dass dies höchstwahrscheinlich nur möglich sein wird, wenn die Beta-Strahler in Abfallmatrizes geringer Dichte enthalten sind. In weiteren Untersuchungen soll dies noch überprüft werden.

Eine umfangreiche Bibliothek von Beta-Strahlern ist nunmehr vorhanden. Diese wird derzeit auf relevante Strahler eingeschränkt, d. h. hinsichtlich der Halbwertszeiten, der Übergangswahrscheinlichkeiten und der Bremsstrahlungsspektren (maximale Energie) bewertet.

4. Geplante Weiterarbeiten

Der Einsatz des Simulationsprogramms EGS (Electron Gamma Shower) weist noch einige Probleme auf. Diese sollen aber durch Erfahrungsaustausch mit anderen Nutzern dieses kostenfrei erhältlichen Programms gelöst werden und eine extensive Unterstützung bei der Beantwortung der Fragestellungen durch Simulationsrechnungen erfolgen.

Die beiden Hauptfragestellungen, deren Bearbeitung weiter geführt wird, sind in Abschnitt 3 aufgeführt. Mit der Wiederverfügbarkeit des segmentierten Gamma-Scanners werden die Untersuchungen auf reale bzw. künstlich erstellte Abfallgebände (200-L Fässer) ausgedehnt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

Auftragnehmer: DBE Technology GmbH, Eschenstr. 55, 31224 Peine		Förderkennzeichen: 02 S 8679	
Vorhabensbezeichnung: Status quo der Lagerung ausgedienter Brennelemente aus stillgelegten / rückgebauten deutschen Forschungsreaktoren und Strategie (Lösungsansatz) zu deren künftigen Behandlung / Lagerung			
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen			
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2009 bis 31.08.2011		Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 124.793,00 EUR		Projektleiter: Dipl.-Ing. Tholen	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ausgediente Brennelemente aus deutschen Forschungsreaktoren werden nach bisheriger Regelung/Vereinbarung entweder in die USA oder andere Länder zwecks Verbleib bzw. Wiederaufarbeitung verbracht oder sie werden für einen auf maximal 40 Jahre begrenzten Zeitraum in CASTOR-Behältern zwischengelagert. Für die in Deutschland zu entsorgenden Forschungsreaktorbrennelemente (FR-BE) gibt es derzeit keine über den Zeitraum der begrenzten Zwischenlagerung hinausgehenden Planungen.

Gesamtziel dieses Vorhabens ist es, für die Gesamtheit der in Deutschland zu entsorgenden ausgedienten Forschungsreaktorbrennelemente (FR-BE) eine umfassende Beschreibung des derzeitigen Status quo der Lagerung bzw. Behandlung dieser Brennelemente zu erstellen und darauf aufbauend einen Lösungsansatz für deren künftige Behandlung/Lagerung zu entwickeln, der über den auf 40 Jahren begrenzten Zeitraum der Zwischenlagerung hinausgeht.

Für die in Deutschland zu entsorgenden FR-BE erfolgt eine aktuelle Bestandsaufnahme und eine Beschreibung der Datenbasis zu den FR-BE hinsichtlich der Eigenschaften für eine endgültige Entsorgung. Im Anschluss daran werden Untersuchungen zur Beurteilung der Notwendigkeit von Anpassungsmaßnahmen an CASTOR-Behältern für die FR-BE Entsorgung durchgeführt. Im nächsten Schritt werden Lösungsansätze und Technische Konzepte für eine Entsorgung der FR-BE entwickelt. Das Vorhaben schließt mit einer Zusammenfassung und mit Empfehlungen für Handlungsoptionen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Aktuelle Bestandsaufnahme und zusammenfassende Beschreibung der in Deutschland zu entsorgenden FR-BE
- AP2: Beschreibung der Datenbasis zu den FR-BE hinsichtlich der Eigenschaften für eine endgültige Entsorgung
- AP3: Untersuchungen zur Beurteilung der Notwendigkeit von Anpassungsmaßnahmen an CASTOR-Behältern für FR-BE Entsorgung
- AP4: Lösungsansätze und Technische Konzepte für eine Entsorgung der FR-BE
- AP5: Zusammenfassung und Empfehlung

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die Bearbeitung des AP1 wurde abgeschlossen. Im AP1 erfolgte eine aktualisierte Bestandsaufnahme und eine zusammenfassende Beschreibung der in Deutschland zu entsorgenden FR-BE. Der derzeit verfügbare Stand zum Abfallmengengerüst wurde aktualisiert und ggf. ergänzt. Gleiches gilt für die Charakterisierung der Abfälle hinsichtlich der chemischen, radiologischen und thermischen Eigenschaften und das Inventar (Gesamtaktivitäten, Massen, Volumina) der FR-BE.

Die Bearbeitung der AP2 und AP3 wurde fortgesetzt.

Im AP2 erfolgt eine ausführliche Beschreibung der Datenbasis zu den FR-BE hinsichtlich der Eigenschaften für eine Entsorgung. Schwerpunkte dabei sind Angaben zu Aktivitäten relevanter Nuklide, zur Kritikalitätssicherheit und hydrolytischen Beständigkeit der FR-BE und Radionuklidfreisetzung aus den FR-BE. Weiterhin erfolgt eine ausführliche Beschreibung der CASTOR-Behälter hinsichtlich Handhabbarkeit, mechanischer Eigenschaften und Integrität, d. h. der Dichtheit, auch unter Endlagerungsbedingungen. In diesem Zusammenhang erfolgt eine systematische Zusammenstellung der Ergebnisse früherer Forschungsarbeiten.

Im AP3 werden Untersuchungen zur Beurteilung der Notwendigkeit von Anpassungsmaßnahmen an CASTOR-Behälter mit FR-BE angestellt im Hinblick auf deren Verwendung zur Endlagerung von FR-BE. Dies erfolgt unter Berücksichtigung der relevanten sicherheitstechnischen Anforderungen Unterkritikalität, Dosisleistung, Integrität, Temperatur und Gasbildung.

Es wurde mit der Bearbeitung des AP4 begonnen.

Im AP4 werden auf Basis der in den AP1 bis AP3 ermittelten Daten Lösungsansätze und technische Konzepte für eine Entsorgung der FR-BE erstellt. In diesem Zusammenhang erfolgen Untersuchungen zur Endlagerung von FR-BE im Wirtsgestein Salz und Ton. Auf dieser Basis werden Lösungsansätze und technische Konzepte zur Integration dieser Abfallart in bereits bestehende Endlagerkonzeptionen beschrieben und es wird die Betriebs- und Langzeitsicherheit bewertet.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Bearbeitung der AP2, AP3 und AP4 wird fortgesetzt.

Abschließend werden im AP5 die Ergebnisse der Studie zusammengefasst. Dies beinhaltet insbesondere die Identifizierung gegebenenfalls notwendiger Untersuchungen zu sicherheitstechnisch relevanten Themen und die Formulierung von Empfehlungen für konkrete Konzept- und Planungsschritte.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

Zuwendungsempfänger: Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		Förderkennzeichen: 02 S 8689
Vorhabensbezeichnung: TENORM-Sanierung im Spannungsfeld zwischen Experteneinschätzungen und Alltagswahrnehmung - TESSA		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2009 bis 30.09.2011	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 253.400,00 EUR	Projektleiter: 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 angeereicherten Varianten (NORM/TENORM).

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Die Analyse der radiologischen Quellentexte und der strahlenschutzrechtliche Regelwerke wurde fortgeführt. Die Texte wurden auf ihre Darstellung der jeweiligen Schutzziele, die Bewertungsgrundlagen sowie auf die Besonderheiten der Terminologie im Strahlenschutz hin untersucht.

- AP2: Die Literaturanalyse zur sozialwissenschaftlichen Risikoforschung ist mit der Erschließung neuer Quellen aus dem Bereich der Wissenssoziologie und der Katastrophensoziologie systematisch fortgeführt worden. Die Analyse der Medienberichterstattung in zwei lokalen Tageszeitungen im Raum Hannover ist abgeschlossen. Anhand zentraler Aussagen und Schlüsselbegriffe lassen sich grundlegende Übereinstimmungen mit der Forschungsliteratur konstatieren.
- AP3: Aus mehreren Probe-Interviewleitfäden wurde jeweils ein Leitfaden für Anwohner und für Experten erarbeitet. Der Interviewleitfaden für die Experten fokussiert auf Widersprüche in den Regelwerken und in der Kommunikation der fachkundigen Personen, der Anwohner-Leitfaden rückt mithilfe von Erzähl-Stimuli die persönliche Erfahrungsebene in den Mittelpunkt.
- AP4: Es wurden mehrere explorative Interviews mit Anwohnern und Experten geführt. Die Gespräche lieferten brauchbare Ergebnisse hinsichtlich der thematischen Schwerpunktsetzung in den folgenden ausführlicheren Interviews.
- AP5: Sechs Anwohner aus dem Hannoveraner Stadtteil List wurden interviewt. Das entspricht der Hälfte des Samples und erfasst Betroffene in unterschiedlichen Lebenslagen. In den nächsten Wochen werden weitere Interviewtermine in Hannover und Sachsen wahrgenommen.
- AP6: Es wurden elf Interviews mit Strahlenschutz- und Sanierungsexperten in Hannover und in Sachsen geführt. Die bisherige Auswahl umfasst Experten aus der öffentlichen Verwaltung, Gutachter sowie betriebliche Spezialisten für Strahlenschutz und Risikokommunikation. Dabei zeichnet sich bis jetzt ab, dass die unterschiedliche Rechtslage in Niedersachsen und in Sachsen in Bezug auf den Umgang mit radiologischen Hinterlassenschaften die Handlungssicherheit der Akteure entscheidend beeinflusst. Während die Zuständigkeit und der Umgang mit den Hinterlassenschaften des Uranerzbergbaus in Sachsen und Thüringen durch das Wismut-Gesetz, das VOAS und die HaldAO geregelt wird, führt die bisher fehlende gesetzliche Regelung im Umgang mit industriellen radiologischen Altlasten für das gesamte Bundesgebiet zu Unklarheiten bei den lokalen Behörden in Hannover.
- AP7: Die Interviews aus Hannover wurden inzwischen ausgewertet. Dieser Schritt beinhaltete die Reduktion der Aussagen auf zentrale Aspekte und die Markierung von Schlüsselsätzen. Notizen zum Gesprächsverlauf und zum sozialen Hintergrund der Person komplettieren das Vorgehen.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Weitere Literatur- und Medienanalyse (speziell für Sachsen)
- Durchführung von Interviews mit Anwohner (Hannover und Sachsen)
- Beginn der Durchführung von Interviews mit Experten
- Auswertung der Interviews und Dokumentation der Ergebnisse
- Erstellung eines integrativen Leitfadens zur Risikokommunikation für Sanierungs- und Strahlenschutzexperten

5. Berichte, Veröffentlichungen

König, C. Riebe, B., Rieger, M. (2010): TENORM-Sanierung im Spannungsfeld zwischen Experteneinschätzung und Alltagswahrnehmung. in A. Neu, A. Bayer, T. Steinkopff (Hrsg.): Natürliche und künstliche Radionuklide in unserer Umwelt, 42. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Borkum 26. – 30. September 2010, S. 140–145, Publikationsreihe Fortschritte im Strahlenschutz, TÜV Media GmbH, Köln.

Zuwendungsempfänger: Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		Förderkennzeichen: 02 S 8699
Vorhabensbezeichnung: Innovative Lichtbogenverfahren für die Stilllegung und den Rückbau kerntechnischer Anlagen - Hot-Wire-Plasmaschneiden und Lichtbogen-Sauerstoff-Impulsschneiden (Inno-Cut)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2009 bis 30.09.2012	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 978.389,00 EUR	Projektleiter: 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. Komplet 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 Schnittiefe zu nutzen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

- Schneiden mit Hot-Wire an Atmosphäre: Untersuchung der Wirkung von exothermen Reaktionen zur Verbesserung des Schneidverfahrens durch reaktive Pulver oder Fülldrähte.
- Prozessentwicklung des Schneidens mit Hot-Wire 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 des gleichen Equipments zum Bohren.
- Lichtbogen-Sauerstoff-Impuls-Schneiden: Untersuchungen zum Lichtbogen-Sauerstoff-Impulsschneiden.
- Untersuchungen zur Ausnutzung exothermer Reaktionen zur Leistungssteigerung als integratives Element im Zusatzwerkstoff: Entwicklung von exothermen Fülldrähten auf Thermit bzw. Magnesiumbasis zur Leistungssteigerung beim Schneidprozess

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Durchführung von umfangreichen experimentellen Untersuchungen zur Wirkung der zugeführten reinen Zusatzpulver. Hierbei zeigte sich, dass insbesondere die Zugabe von Aluminiumpulver zum Schneidprozess zu einer Erhöhung der maximalen Schneidtiefe führen kann. Die Höhe der Leistungssteigerung hängt dabei jedoch von vielen Faktoren, wie z. B. dem Ort der Pulverzuführung, der Pulvermenge, dem Prozessgas und der geometrischen Struktur der zu trennenden Probe ab. Beim Schneiden an Versuchsblechen aus massivem Baustahl ist die Zunahme der Schneidtiefe durch Zugabe von Aluminiumpulver geringer (bis zu 17 %) als

beim Schneiden von Plattenpaketen mit 10 mm Luftspalt zwischen den 5 mm dicken Blechen (ca. 30 %). Der Grund für die größere Wirkung des Zusatzpulvers beim Schneiden von Blechpaketen wird in der Tatsache vermutet, dass aufgrund der größeren Prozesszone, der längeren Schneidfront und den daraus resultierenden geringeren Temperaturen der Sauerstoff effizienter mit dem Pulver reagieren kann. Als Herausforderung bei allen Schneidversuchen mit Pulverzuführung erwiesen sich die genaue Positionierung des Pulverstrahls relativ zum Hot-Wire-Prozess sowie die Beherrschung der deutlich gestiegenen Prozessemissionen infolge des Pulvereinsatzes.

- Neben dem Einsatz von pulverförmigen Zusatzmaterial wurden auch Untersuchungen mit drahtförmigen Zusatzwerkstoffen durchgeführt. Hierbei zeigte sich, dass die Zugabe von Aluminium- oder Magnesiumdrähten als stromführende Drahtelektrode keine Erhöhung der Schneidleistung mit sich bringt. Der Einsatz der Aluminiumdrahtelektrode führte dabei sogar zu einer Verringerung der Schneidleistung und mit der Magnesiumelektrode waren aufgrund der zu großen Abbrandgeschwindigkeit der Elektrode keine sinnvollen Schneidversuche möglich.
- Aufgrund der Tatsache, dass die Zuführung eines pulverförmigen Zusatzwerkstoffes nur mit großem Positionieraufwand möglich ist und auch starke Emissionen verursacht, wurde weiterhin untersucht, welchen Effekt die Zugabe von Aluminium oder Magnesium in Form eines besser zu handhabenden Kaltdrahts auf die Schneidleistung hat. Hierbei wurde festgestellt, dass die Zugabe des Kaltdrahts zu keiner signifikanten Steigerung der Schneidleistung führte. Der Grund für den Unterschied im Vergleich zur Zugabe von Pulver ist vermutlich die geringere Oberfläche der Drähte und somit die verringerte Reaktionsfläche zur Oxidation.
- Weiterhin wurden Schneidversuche durchgeführt, die den Einfluss der konventionellen Schneidparameter, wie z. B. des Prozessgasdrucks, der Verschleißteile, der Drahtposition relativ zum Brenner und der Schneidgeschwindigkeit, untersuchen.
- Da die Emissionen durch den Einsatz der Zusatzpulver gestiegen sind, wurde eine zusätzlich Absaugeinrichtung über dem Brenner angeordnet, welche die Staubemissionen absaugen soll und die gleichzeitig auch Teil der Versuchseinrichtung zur Bestimmung der Prozessemissionen ist. Die Messung der Prozessemissionen erfolgt nach endgültiger Fertigstellung der Absaugeinrichtung vermutlich ab Frühsommer 2011.
- Die geplanten Arbeiten zur Erstellung und dem Einsatz von Doppelmantelfülldrähten mit Thermitgemischfüllung haben sich aufgrund eines technischen Defekts an der Drahtziehenanlage verzögert und sind jetzt für das Frühjahr 2011 geplant.
- Es wurde mit ersten Versuchen zum Hot-Wire-Schneiden unter Wasserabdeckung begonnen. Hierbei wurde festgestellt, dass die Schneidleistung wie erwartet geringer ist als an Atmosphäre und dass das Zünden des Lichtbogens unter Wasser derzeit noch nicht realisiert werden konnte. Hierzu müssen Untersuchungen zur Erstellung eines geeigneten Zündregimes und zum Aufbau einer stabilen Gaskaverne unter Wasser durchgeführt werden. Weiterhin musste die Führungsanlage für die Durchführung der Unterwasserschneidversuche auch noch geringfügig modifiziert werden.
- Die CAD-Konstruktion des LSI-Schneidbrenners wurde weiter geführt, so dass nach Durchlaufen mehrerer konstruktiver Optimierungsschritte die Fertigung des ersten funktionstüchtigen Prototyps für den Frühsommer 2011 geplant ist.

4. Geplante Weiterarbeiten

Hot-Wire-Schneiden an Atmosphäre

- Fülldrahtherstellung (Weiterführung)
- Kombination mit reaktiven Fülldrähten

Hot-Wire-Schneiden unter Wasser

- Prozessentwicklung
- Konstruktion und Aufbau des Werkzeuges und Versuchsstandes
- Einsatz von reaktiven Fülldrähten

LSI Schneiden

- Brennerentwicklung (Weiterführung)
- Brennerfertigung
- Aufbau des Versuchsstandes

Messungen der Prozessemissionen beim Hot-Wire-Schneiden

Prozessanalyse

- Stromspannungsanalysen

5. Berichte, Veröffentlichungen

T. Hassel, M. Petersen, Prof. Fr.-W. Bach: Sonderlösungen zum thermischen Trennen im Bereich des Rückbaus kerntechnischer Anlagen; Vortrag auf dem 4. Symposium „Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen“, Hannover, 02.11.2010 – 03.11.2010

Zuwendungsempfänger: Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe		Förderkennzeichen: 02 S 8709
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Ablation kontaminierter Oberflächen zementgebundener Bauteile beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (MACOS)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2010 bis 28.02.2013	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 630.584,00 EUR	Projektleiter: 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 Oktober 2010 ergab sich als Folge zahlreicher Vorgespräche mit dem Kraftwerksbetreiber E.ON und der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) die Möglichkeit zur Entnahme von Betonproben an Gebäudeteilen des Kernkraftwerks Stade. Die Bohrkernentnahmen aus dem freigemessenen Hilfsanlagegebäude des Kernkraftwerks wurden im Hinblick auf die Berücksichtigung von Umwelteinflüssen an drei verschiedenen Gebäudeseiten vorgenommen. Die Materialuntersuchungen an diesen Bohrkernen, zur

Charakterisierung und Quantifizierung der maßgebenden Materialkenngrößen (Betondruckfestigkeit, Wasseraufnahmevermögen, Wasserdampfdurchlässigkeit, Porenstruktur etc.), werden derzeit durchgeführt.

Im Zusammenhang mit der zerstörungsfreien Messung von Feuchte im Beton wurden am IMB Sonden der Firma Franz Ludwig, im Rahmen einer Versuchsserie bei verschiedenen Umgebungsfeuchten, eingehend untersucht. Diese Sonden messen die Bauteilfeuchte indirekt über eine Keramik, die in Kontakt mit dem Messmedium steht und einer Mikrowellenstrahlung ausgesetzt ist. Das Verfahren erwies sich im aktuellen Entwicklungsstadium für die Messung von Feuchte im Beton als „noch nicht ausgereift“. Ein weiteres Verfahren zur Erfassung der Feuchte im Bauteilinneren wird derzeit im KIT-internen Zentrum für Materialfeuchte (CMM) entwickelt. Das sog. „Taube-Kabel“ ist ein Time Domain Reflektometrie-Verfahren (TDR). Vorversuche zum Einsatz im Beton werden derzeit abgestimmt.

Zur Abschätzung der Feuchteentwicklung im Beton wurden mit dem numerischen Simulationsprogramm DELPHIN erste Berechnungen an Probekörpern aus Beton bei verschiedenen Umgebungsfeuchten durchgeführt. Die Berechnungen zur Ermittlung des Feuchtetransports in den Probekörpern zeigten eine gute Übereinstimmung mit den abgeschlossenen Versuchen. Das Programm DELPHIN berücksichtigt den gekoppelten Transport von Wärme, Stoffen und Feuchte in kapillarporösen Materialien und erweist sich somit als geeignetes Werkzeug, um Transportvorgänge im Beton unter verschiedenen Randbedingungen zu untersuchen.

Im Hinblick auf die Konditionierung und anschließenden Mikrowellenbestrahlung von Betonproben unter definierten Klimabedingungen erfolgte bei verschiedenen Containervertrieben eine Einholung von Angeboten zur Beschaffung von klimatisierten Containern mit unterschiedlichen Größen und Kühlleistungen.

Nach dem Ausscheiden des ursprünglichen Projektleiters Herrn Dr. habil. Feher und des Sachbearbeiters Herrn Dr. Stanculovic vom Institut für Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnik (IHM) erfolgte am 10.12.2010 ein erstes Treffen mit den neuen Projektpartnern Herrn Dr. Link und Herrn Dr. Melcher. Dabei wurden die weitere Vorgehensweise und die nächsten Schritte zur Erreichung der Projektvorgaben abgestimmt. Im Zuge weiterer Treffen zur Abstimmung der geplanten Versuche wurden Koaxialsonden des IMB zur Bestimmung von bauteilspezifischen, feuchteabhängigen dielektrischen Konstanten, leihweise an das IHM übergeben und Versuchsserien geplant.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Arbeiten im Teilprojekt des Instituts für Massivbau und Baustofftechnologie sind im Zeitplan. Die Schwerpunkte der nun folgenden Berichtsphase im Rahmen von Arbeitspaket II liegen in der Herstellung neuer Prüfkörper aus Beton unter gezielter Variation der zu untersuchenden Parameter und in weiteren Untersuchungen der gewonnenen Bohrkernausstände. Die zerstörungsfreie Messung der Betonfeuchte sowie die Art der Messung von Dehnungen während der Versuche sind Gegenstand der aktuellen Untersuchungen und bis zur Probekörperherstellung abschließend zu klären. Darüber hinaus sollen weitere Altbetonproben aus Bauwerken beschafft und bereits eingelagerte Probekörper auf passende Größen zu gesägt und konditioniert werden. Diese sind hinsichtlich ihrer betontechnologischen Zusammensetzung, ihren mechanischen Eigenschaften und ihren hygroskopischen Zuständen unter den gegebenen Randbedingungen zu untersuchen. Dabei wird insbesondere der Bewehrungsgehalt erfasst, da dieser einen großen Einfluss auf die Ausbreitung und Reflexion der Mikrowellenstrahlen hat.

Des Weiteren werden die o. g. klimatisierten Container nach Bestelleingang entsprechend einer optimalen Probeneinlagerung, unter Berücksichtigung der Bedürfnisse für die Versuchsdurchführung mit der Mikrowellenanlage, eingerichtet.

5. Berichte, Veröffentlichungen

In der bisherigen Bearbeitungszeit sind keine Berichte, Konferenzbeiträge und Veröffentlichungen in Zeitschriften o. ä. publiziert worden. Die Veröffentlichungen beschränken sich auf einen Arbeitsvortrag im Kraftwerk Stade.

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

Zuwendungsempfänger: Sondervermögen Großforschung beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen		Förderkennzeichen: 02 S 8719
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Ablation kontaminierter Oberflächen zementgebundener Bauteile beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (MACOS)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2010 bis 28.02.2013	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 945.788,00 EUR	Projektleiter: 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

Das ursprünglich vorgesehene Konzept mit einer Kopplung von mehreren Magnetrons über eine spezielle zylindrische Struktur und der Fokussierung der Mikrowellenstrahlung durch eine dielektrische Linse wurde aus verschiedenen Gründen verworfen. Zum einen müsste die Mikrowellenstrahlung der einzelnen Magnetrons in Phase durch die dielektrische Linse strahlen, was, falls überhaupt möglich, nur durch großen zusätzlichen Aufwand realisierbar ist. Zum zweiten ist ein verlustarmer, dielektrischer Werkstoff mit gleichzeitig guter Wärmeleitfähigkeit notwendig, aus dem sich eine geeignete Linse in der notwendigen Größe fertigen lässt. Eine Linse aus Teflon, wie ursprünglich vorgesehen, würde der thermischen und mechanischen Belastung nicht standhalten. Zum dritten ist die erzielbare Mikrowellenleistungsdichte mit dieser Methode nicht höher als die, welche in einem Standard Rechteckhohlleiter erreichbar ist. D. h. in dem weiteren Projektverlauf wird ein neues Design basierend auf dem Standard Rechteckhohlleiter WR340 mit geeigneter Antenne und Abschirmung erstellt und aufgebaut.

Ein Magnetronkopf mit Zirkulator und Tuner wurde bereits bestellt und wird mit etwas Verzögerung Mitte Februar verfügbar sein.

Für die dielektrische Charakterisierung von Betonproben wurde ein Messplatz aufgebaut der mit Hilfe einer Koaxialmesssonde und einen vektoriiellen Netzwerkanalysator über einen Frequenzbereich von 50 MHz bis 20 GHz Messungen der Dielektrizitätskonstante und dem dielektrischen Verlustfaktor ermöglicht. Erste Messungen an Betonproben stehen kurz bevor.

4. Geplante Weiterarbeiten

Für das Mikrowellensystem wird ein neues Konzept basierend auf dem Standard WR340 Rechteckhohlleiter und geeigneter Antenne und Mikrowellenabschirmung entwickelt.

Mit der an KIT Campus Süd sich in Vorbereitung befindlichen Betonproben mit Variationen in Zusammensetzung, Feuchte und Armierung werden dielektrische Messungen mit der Koaxialmesssonde durchgeführt.

Mit dem Kooperationspartner vom KIT Campus Süd ist ein elektromagnetisch-thermischen Simulationsmodell in Vorbereitung. Ziel dieses Modells ist es bei einstrahlender Mikrowelle die Bestimmung des entstehenden Temperaturprofils innerhalb des Betons zu ermitteln um daraus Rückschlüsse auf die entstehenden thermischen Spannungen und Drücke zu erhalten, die letztendlich zur Ablation des Betons führen. Insbesondere müssen hierbei der physikalische Aufbau und die Materialeigenschaften des Betons beachtet werden.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Eine Posterpräsentation für die KONTEC 2011 in Dresden wird vorbereitet.

Zuwendungsempfänger: Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Siempelkampstr. 45, 47803 Krefeld		Förderkennzeichen: 02 S 8720
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Qualifizierung thermisch gespritzter Korrosionsschutzschichten für dickwandige Behälterkomponenten (QUAKOS)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2010 bis 31.05.2013	Berichtszeitraum: 01.06.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 333.280,00 EUR	Projektleiter: Dr. Tragsdorf	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Probeplatten wurden mittels HVOF und Lichtbogendrahtspritzen beschichtet
- AP2: Geometrie der Kleinkomponente ist in Absprache
- AP3: Geometrie der Großkomponente ist in Absprache
- AP4: Keine Aktivität
- AP5: Keine Aktivität

4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Bewertung der Beschichtungen an Probeplatten (Untersuchung beim IW Hannover)
Entscheidung über die Geometrie der Winkelgeometrien
- AP2: Abschluss der Diskussion der Geometrie der Kleinkomponente
- AP3: Keine
- AP4: Keine
- AP5: Keine

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

Zuwendungsempfänger: Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		Förderkennzeichen: 02 S 8730
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Qualifizierung thermisch gespritzter Korrosionsschutzschichten für dickwandige Behälterkomponenten (QUAKOS)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2010 bis 31.05.2013	Berichtszeitraum: 01.06.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 288.649,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. 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 Probestplatten hinsichtlich Schichtaufbau und Korrosionsschutz
 - Auswertung/Festlegung des Verfahrens
- AP4: Beschichtung einer Kleinkomponente
- Beschichtung, Untersuchungen hinsichtlich Schichtaufbau und Korrosionsschutz
 - 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

- AP1: Kick-Off-Meeting 07.09.10 in Mühlheim mit den Projekt Partnern Siempelkamp Nukleartechnik und Sulzer Metco, sowie Besprechung am 07.10.10 in Hannover:
- Definition der Randbedingungen für die vorhabensspezifische Zielsetzung,
 - Festlegung der weiteren Vorgehensweise
- AP2: Präsentation und Diskussion der bisherigen Ergebnisse aus dem Projekt SHARK.
- AP3: Untersuchungen am IW:
- Inbetriebnahme des Digitalmikroskops, erste Untersuchungen von thermisch gespritzten Beschichtungen
 - Beginn der Untersuchungen zur Eignung des Ferroxylytests als Porositätstest für die thermisch gespritzten Beschichtungen

4. Geplante Weiterarbeiten

- AP3: Auswahl der thermischen Spritzverfahren
- HVOF GF (**H**igh **V**elocity **O**xy **F**uel **G**aseous **F**uel) sowie HVOF LF (**L**iquid **F**uel)
 - Lichtbogenspritzen
 - Kaltgasspritzen
- Verwendung des firmeneigenen Spritzwerkstoffes Diamalloy 2001 der Fa. Sulzer Metco (weist dieselbe chemische Zusammensetzung auf, wie der Spritzwerkstoff Höganäs 1660.02, der im Projekt SHARK zu erfolgreicher Beschichtung des Versuchsbehälters geführt hatte)
 - Beschichtung planarer Probeplatten zur Prüfung unterschiedlicher Spritzparameter, anschließend Beschichtungen je zweier Boden- und Deckelbereiche um die Spritzparameter an Winkelgeometrien des Behälterprofils abzutesten.
 - Untersuchung aller Beschichtungen am IW: Korrosionsuntersuchungen bzw. metallografische Analysen hinsichtlich Schichtaufbau und Anhaftung, Untersuchungen der Oberfläche mittels Digitalmikroskop
 - Weiterhin Untersuchungen zur Eignung des Ferroxylytest als Porositätstest für die thermisch gespritzten Schichten.
- AP6: Erprobung von Reparaturbeschichtungen:
- Reparaturbeschichtungen an Probeplatten, Untersuchung der Reparaturstellen hinsichtlich Schichtaufbau Anhaftung und Porosität, Korrosionsuntersuchungen

5. Berichte, Veröffentlichungen

S. Behrens(Vortragende), M. Jendras, Thomas Hassel, Fr.-W. Bach: „Untersuchungen zur Korrosionsschutzbeschichtung von Lagerbehältern für radioaktive Abfälle“, DGM Fortbildungsseminar „Bauteilschädigung durch Korrosion“, Köln 01.-2.12.2010

Zuwendungsempfänger: Verein für Verfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e. V., Bautzner Landstr. 128, 01328 Dresden		Förderkennzeichen: 02 S 8740
Vorhabensbezeichnung: Erprobung elektrochemischer Abtragstechnologien für den Rückbau stark armierter Betonstrukturen und das Zertrennen starkwandiger Bauteile in kerntechnischen Anlagen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2010 bis 31.12.2011	Berichtszeitraum: 01.07.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 129.445,00 EUR	Projektleiter: Dipl.-Chem. Friedrich	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

AP2: Aufbau des Versuchsstandes

AP3: Elektrochemische Auflösung von Armierungsstählen in Beton

AP4: Bewertung, Konzeption eines technischen Entwicklungsvorhabens, Bericht

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Rechercheergebnisse zu den verwendeten Stahlsorten liegen vor. Die Bearbeitung des AP1 ist jedoch noch nicht abgeschlossen. Während für die Armierungen in Betonstrukturen zumeist konventionelle, teils höherfeste Baustähle verwendet wurden, kommen im Bereich des Reaktordruckgefäßes z. T. legierte Stähle zum Einsatz, die sich als schwierig beschaffbar erwiesen. Deshalb konnte auch die Fertigung von entsprechenden Prüfkörpern noch nicht wie vorgesehen realisiert werden.
- AP2: Die Arbeiten zum Aufbau des Versuchsstandes wurden entsprechend Vorhabenplanung realisiert. Die gerätetechnische Auslegung ist abgeschlossen, die notwendigen Beschaffungsaufträge für die zu beschaffenden Komponenten wurden ausgelöst. Aufgrund langer Lieferzeiten standen die Geräte am Ende des Berichtszeitraumes noch nicht für den Aufbau des Versuchsstandes zur Verfügung. Mit der Konstruktion weiterer Komponenten des Versuchsaufbaus wie Elektrodensysteme und Elektrolytzuführungen wurde begonnen.
- AP3: Die Bearbeitung des AP3 wurde teilweise vorgezogen. An mehreren Baustählen für Armierungen und am Stahl 15Kh2, der bei Reaktordruckgefäßen von Reaktoren des WWER-440-Typs zum Einsatz gelangt, wurden elektrochemische Untersuchungen zur Abhängigkeit der Auflös(e)-geschwindigkeit von Elektrolyttyp, Temperatur, Elektrodenpotential sowie weiteren Parametern durchgeführt. Dabei zeigten sich deutliche Abhängigkeiten von den Elektrolyteigenschaften. Bereits ohne hydrodynamische Unterstützung der Korrosionsreaktion wurde im untersuchten Potentialbereich Abtraggeschwindigkeiten in der Größenordnung mm/min ermittelt. Weitere Arbeiten am AP3 waren im Berichtszeitraum nicht vorgesehen.
- AP4: Eine Bearbeitung des AP4 war im Berichtszeitraum nicht vorgesehen.

4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Die Recherchen sowie die Beschaffung von Werkstoffproben und die Probenfertigung werden weitergeführt und sobald möglich abgeschlossen.
- AP2: Nach Lieferung der gerätetechnischen Komponenten erfolgen der Aufbau und die Inbetriebnahme des Teststandes. Weiterhin erfolgen die Fertigung der Elektrodensysteme und der Elektrolytzuführungen.
- AP3: Es werden zunächst noch weitere elektrochemische Untersuchungen an den relevanten Werkstoffen durchgeführt, insbesondere auch an Proben mit Sandwich-artigem Aufbau. Nach Fertigstellung des Teststandes werden die Abtragversuche aufgenommen.
- AP4: Im ersten Halbjahr 2011 sind keine diesbezüglichen Arbeiten vorgesehen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

Zuwendungsempfänger: Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		Förderkennzeichen: 02 S 8750
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt Schneidladung: Schneidladung als Zerlegeverfahren beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen und Qualifizierung im kerntechnischen Umfeld		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2010 bis 30.04.2012	Berichtszeitraum: 01.05.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 185.336,00 EUR	Projektleiter: 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

- 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

- Definition der Versuchsumgebung und Randbedingungen in Zusammenarbeit mit der Wiederaufbereitungsanlage Karlsruhe (WAK)
- Abstimmung und Wahl eines geeigneten Versuchsraums in Zusammenarbeit mit der Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH (IABG), Lichtenau
- Planung der Logistik zum Behältertransport von 2 Behältermodulen inklusive dem Be- und Entladen sowie Vorbereitung des Aufstellplatzes
- Auswahl und Bestellung eines geeigneten Verdünnersystems zur Erweiterung der Staub- und Aerosolmesstechnik

4. Geplante Weiterarbeiten

- Integration des Verdünnungssystems in die Staub- und Aerosolmesstechnik
- Konstruktion und Bau eines weiteren Behältermoduls
- Aufbau des Versuchsraums aus drei Behältermodulen
- Konstruktion und Fertigung eines geeigneten Staubfangtrichters
- Konstruktion und Fertigung eines Filtersystems zur Untersuchung der Gesamtstaubemissionen
- Konstruktion und Fertigung von Bodengefäßen zur Bestimmung des Niederschlagortes
- Durchführung von Referenzmessungen mit Trennschleifverfahren
- Transport der Versuchsraummodule zum Versuchsplatz der IABG
- Durchführung von Schneidladungsversuchen
- Auswertung der Versuchsergebnisse
- Rückbau des Versuchsraums

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

Zuwendungsempfänger: Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mit beschränkter Haftung, Einsteinstr. 20, 85521 Ottobrunn		Förderkennzeichen: 02 S 8760
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt Schneidladung: Schneidladung als Zerlegeverfahren beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen und Qualifizierung im kerntechnischen Umfeld		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2010 bis 30.04.2012	Berichtszeitraum: 01.05.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 584.528,00 EUR	Projektleiter: Dr. Kremer	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Definition der Randbedingungen

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

AP2: Festlegung von Kriterien und Grenzwerten

Zur Bewertung von Versuchen und Simulationen wird festgelegt:

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

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

AP3: Modellerstellung

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

AP4: Schneidversuche

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

AP5: Modell-Validierung

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

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

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

AP7: Abschließende Zusammenstellung der Dokumentation und Bewertung

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

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Identifikation der Rückbausituation bei der WAK. Im Einzelnen wurden behandelt:

- Raum 04, sowie die angrenzenden Räumen, die mit diesem Raum in einem funktionalen Zusammenhang stehen, sowie alle Zu- und Ableitungen
- Behandlung dieser Leitungen beim Rückbau
- Materialeigenschaften der Behälters
- Lüftungssystem im ursprünglichen Betrieb
- Lüftungssystem des Rückbaubetriebs

Erstellung von CAD-Modellen für die numerische Analyse

- Strahlenschutztor, Be- und Entlüftungsschlitze
- Aufnahme der Daten zur Strömungssituation im Rückbau – Lüftungssystem (Unterdrücke, Volumenstrom)

Recherche zu den relevanten Standards

- Festlegung auf den Schneidladungstyp (Handelsmarke)
- Recherche zur Rezeptur der Ladung
- Festlegung auf Schnurlängen der Schneidladung (Referenzwert)

Durchführung von Abschätzungsrechnungen für die Belastungen, die sich aus der Anwendung von Schneidladungen in Innenräumen ergeben.

Festlegung der als gefährdet zu behandelnden Teile des Gebäudes und dessen Ausrüstung.

Konzipieren von praktischen Versuchen in Lichtenau.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Konkretisierung der praktischen Versuche
- Berechnung der in den praktischen Versuchen erwarteten Belastungen
- Aufbau des Mockup
- Durchführung praktischer Versuche
- Auswertung der Messdaten
- Abgleich der Messergebnisse mit den berechneten Werten

5. Berichte, Veröffentlichungen

Angenommener Vortrag zur KONTEC 2011 (in Vorbereitung) „Schneidladung als Zerlegeverfahren beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen und Qualifizierung im kerntechnischen Umfeld“

Zuwendungsempfänger: Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe		Förderkennzeichen: 02 S 8770
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt AKOF: Optimierung der verfahrenstechnischen Kette „Abtrag kontaminierter Flächen“ unter dem Aspekt Maximierung der Abtragsleistung		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2010 bis 31.10.2013	Berichtszeitraum: 01.11.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 448.610,00 EUR	Projektleiter: 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

- Stand der Technik im Bereich Dekontaminationsverfahren
- Optimierung und Weiterentwicklung Dekontaminationsverfahren
- Steuerung und Anpassung des Manipulators an die neue Entwicklung
- Optimierung der verfahrenstechnischen Kette
- Umfangreiche großmaßstäbliche Versuche – Praxiserprobung am Institut TMB und im Kernkraftwerk Obrigheim

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Projektarbeit erst im Januar 2011 begonnen (Änderungsbescheid über Zuwendung vom 16.12.2010).

4. Geplante Weiterarbeiten

Es wird unmittelbar begonnen das Arbeitspaket a) Stand der Technik im Bereich Dekontaminationsverfahren zu bearbeiten. Dabei soll zusammen mit dem Projektpartner Energie Baden-Württemberg (EnBW) Recherchen zu Oberflächendekontaminationen von Betonen und Mauerwerken erfolgen. Weiterhin soll das Wissen zu kontaminierten Baustrukturen und dessen Dekontaminationsmöglichkeiten in eine aktuelle im Projekt zu erstellende Datenbank fließen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

Zuwendungsempfänger: EnBW Energie Baden-Württemberg AG, Durlacher Allee 93, 76131 Karlsruhe		Förderkennzeichen: 02 S 8780
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt AKOF: Optimierung der verfahrenstechnischen Kette „Abtrag kontaminierter Flächen“ unter dem Aspekt Maximierung der Abtragsleistung		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2010 bis 31.10.2013	Berichtszeitraum: 01.11.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 402.500,00 EUR	Projektleiter: 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 10mm in einem Arbeitsgang erreicht werden. Anschließend sind unter Verwendung eines geeigneten Trägersystems sowie Absaugvorrichtungen Praxiserprobungen im Kernkraftwerk Obrigheim geplant.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- a) Stand der Technik im Bereich Dekontaminationsverfahren
- b) Optimierung und Weiterentwicklung Dekontaminationsverfahren
- c) Steuerung und Anpassung des Manipulators an die neue Entwicklung
- d) Optimierung der verfahrenstechnischen Kette
- e) Umfangreiche großmaßstäbliche Versuche – Praxiserprobung am Institut TMB und im Kernkraftwerk Obrigheim

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Projektarbeit erst im Januar 2011 begonnen.

4. Geplante Weiterarbeiten

Es wird unmittelbar begonnen das Arbeitspaket a) Stand der Technik im Bereich Dekontaminationsverfahren zu bearbeiten. Dabei soll zusammen mit dem Projektpartner Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Recherchen zu Oberflächendekontaminationen von Betonen und Mauerwerken erfolgen. Weiterhin soll das Wissen zu kontaminierten Baustrukturen und dessen Dekontaminationsmöglichkeiten in ein aktuelle Datenbank fließen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine.

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Straße, 52428 Jülich		Förderkennzeichen: 02 S 8790
Vorhabensbezeichnung: Entsorgung von bestrahltem Graphit		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2010 bis 30.09.2013	Berichtszeitraum: 01.10.2010 bis 31.12.2010	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 860.334,00 EUR	Projektleiter: 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}C) und andere Aktivierungs- und Spaltprodukte (z. B. ^3H , ^{36}Cl , ^{79}Se , ^{99}Tc , ^{129}I , ^{135}Cs , ^{152}Eu , ^{154}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}C -haltiger Abfälle (max. 4 E14 Bq an ^{14}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}C -haltigen Abfälle. Insbesondere sind die Entstehungsprozesse von ^{14}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}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}C -haltigen Abfälle. Insbesondere sind die Entstehungsprozesse von ^{14}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}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}C -Freisetzung aus Graphit
- AP4: ^{14}C -Freisetzung aus Abfallgebinden

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im Arbeitspaket 1 wurde mit der Erfassung der in Deutschland verfügbaren Graphitmengen begonnen. Demnach existieren ca. 900 t an bestrahltem Graphit und Kohlestein. Die Hauptanteile stammen vom AVR (ca. 225 t) und THTR (ca. 550 t) sowie von diversen Forschungsreaktoren (Thermische Säulen und Reflektoren). Es zeichnet sich ab, dass die wesentlichen Kontaminationen an Radiokarbon im Kohlestein von AVR und THTR und nicht im graphitischen Material zu finden sind. Es ist mittlerweile gelungen, unbestrahlten Graphit und Kohlestein aus dem AVR und vom DIDO zu erhalten und für Neutronenaktivierungsanalysen zu nutzen. Außerdem wurde durch Elektronenmikroskop-Aufnahmen die Verteilung von Verunreinigungen untersucht. Eine Analyse des im Dezember 2010 erschienenen BfS-Berichts zu den KONRAD-Endlagerbedingungen wurde gestartet.

Arbeitspaket 2 beschränkte sich zunächst auf generische Untersuchungen zu potentiellen Aktivierungssequenzen im Hinblick auf Tritium, Radiokarbon, ^{36}Cl und Europium sowie die damit verbundenen Rückstoßenergien bei der Umwandlung der Isotope.

In Arbeitspaket 3 wurden die Experimente dahingehend überplant, dass nunmehr etwa 20 Jahre alte Graphit- und Kohlesteinproben aus dem AVR im Hinblick auf Freisetzung von Radiokarbon und Tritium und somit ein erheblicher Zeitraffereffekt genutzt werden können. Dazu werden die Beprobungs- und die Gasanalysetechniken getestet. Erste Elektrolyseexperimente an AVR Graphitbruchstücken wurden durchgeführt und befinden sich in Auswertung. MEPHI hat Vergleichsmessungen zu Tritium- und Radiokarbonfreisetzung an bereits 10 Jahre ausgelagerten Proben gestartet.

In Arbeitspaket 4 wurden Literaturstudien und erste Experimente zur Einbindung von Graphit in Geopolymer begonnen.

4. Geplante Weiterarbeiten

Der Transport von radioaktiven Graphit- und Kohlesteinproben ist der nächste wichtige Zwischenschritt. Nach der Beprobung der Gasatmosphären in den Probenbehältern können dann auch umfangreichere Auslagerungsversuche bei unterschiedlichen Lagerbedingungen gestartet werden. Experimente zur elektrolytischen Zersetzung von Graphit werden dahingehend erweitert, dass vollständige Massenbilanzen aller Reaktionen möglich sind.

Mit den Landessammelstellen werden Kontakte vertieft, um die vorhandenen Graphitmengen und die Bestrahlungsgeschichten und Provenienzen der graphitischen Abfälle genauer zu erfassen. Weitere Probennahmen werden abgeklärt.

Bei MEPHI werden ergänzende Untersuchungen zur Radiokarbonfreisetzung beim Aufmahlen und bei Erhitzung von Graphit weitergeführt. Hinreichende Genauigkeiten erfordern eine höhere Zahl von Experimenten.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Für das Waste Management (WM) Symposium 2011 in Phoenix, USA, wurde ein Vortrag zum CarboDISP-Projekt eingereicht. Ein Beitrag für die AtW ist in Vorbereitung.

2.3 Ausführende Forschungsstellen

- | | | |
|-----------|--|-----|
| | BÜDIAM Diamantwerkzeuge R. und N. Büttner GmbH, Industriestr. 5a, 35713 Eschenburg | |
| 02 S 8447 | Verbundprojekt: Metal Matrix Composites als Schneidwerkstoff für Metallverbundstrukturen beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen | 38 |
| | Brenk Systemplanung GmbH, Heider-Hof-Weg 23, 52080 Aachen | |
| 02 S 8619 | EDV-Programm zur Unterstützung und Dokumentation der Gebäudefreigabe kerntechnischer Anlagen (PUG) | 70 |
| | 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) | 64 |
| | DBE Technology GmbH, Eschenstr. 55, 31224 Peine | |
| 02 S 8679 | Status quo der Lagerung ausgedienter Brennelemente aus stillgelegten / rückgebauten deutschen Forschungsreaktoren und Strategie (Lösungsansatz) zu deren künftigen Behandlung / Lagerung | 82 |
| | 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 | 104 |
| | Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Wilhelmstr. 7, 72074 Tübingen | |
| 02 S 8416 | Das Phänomen der Hyperradiosensitivität und deren Modulation durch den Radioprotektor Phosphotyrosin - <i>Strahlenforschung</i> | 34 |
| | Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Straße, 52428 Jülich | |
| 02 S 8790 | Entsorgung von bestrahltem Graphit | 106 |
| | Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fürstengraben 1, 07743 Jena | |
| 02 S 8517 | Uranaufnahme | 52 |
| 02 S 8528 | Verbundprojekt: Maßnahmen zur Strahlenschutzvorsorge radioaktiv belasteter Großflächen durch Sanierung mittels Phytoremediation und anschließende Verwertung der belasteten Pflanzenreststoffe (PHYTOREST) | 54 |
| | Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mit beschränkter Haftung, Schwertnergasse 1, 50667 Köln | |
| 02 S 8578 | Strahlenschutzaspekte bei der Auswahl von Abbau- und Dekontaminationstechniken | 62 |
| | GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Planckstraße 1, 64291 Darmstadt | |
| 02 S 8355 | Molekulare und zelluläre Wirkung dicht ionisierender Strahlen - <i>Strahlenforschung</i> | 30 |
| 02 S 8497 | Induktion und Transmission von genetischen Schäden nach Hoch-LET Bestrahlung: In vivo und in vitro Untersuchungen - <i>Strahlenforschung</i> | 48 |

HERRENKNECHT AG, Schlehenweg 2, 77963 Schwanau

- | | | |
|-----------|--|----|
| 02 S 8649 | Verbundprojekt: Innovativer Abbruch massiger Stahlbetonstrukturen (INAS) | 76 |
|-----------|--|----|

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

- | | | |
|-----------|--|-----|
| 02 S 8760 | Verbundprojekt Schneidladung: Schneidladung als Zerlegeverfahren beim Rückbau kerntechnischer Anlagen und Qualifizierung im kerntechnischen Umfeld | 100 |
|-----------|--|-----|

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe
--

- | | | |
|-----------|---|-----|
| 02 S 8477 | Regulation der Nicht-homogenen Endverknüpfung durch post-translationelle Modifikation
- <i>Strahlenforschung</i> | 44 |
| 02 S 8548 | Verbundprojekt: MANOLA - Manipulatorgesteuerter Oberflächenabtrag durch Lasertechnologie | 58 |
| 02 S 8608 | ASTU Automatisierte Seilsägetechnologie für Unterwasserdemontage | 68 |
| 02 S 8659 | Verbundprojekt: Innovativer Abbruch massiger Stahlbetonstrukturen (INAS) | 78 |
| 02 S 8709 | Verbundprojekt: Ablation kontaminierter Oberflächen zementgebundener Bauteile beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (MACOS) | 88 |
| 02 S 8770 | Verbundprojekt AKOF: Optimierung der verfahrenstechnischen Kette „Abtrag kontaminierter Flächen“ unter dem Aspekt Maximierung der Abtragsleistung | 102 |

Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover

- | | | |
|-----------|--|----|
| 02 S 8437 | Verbundprojekt: Metal Matrix Composites als Schneidwerkstoff für Metallverbundstrukturen beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen | 36 |
| 02 S 8487 | Konstruktion, Herstellung, Beschichtung, Prüfung und Handhabung langzeitstabiler Gebinde zur sicheren Lagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen | 46 |
| 02 S 8629 | Prozessentwicklung zur trockenen Bearbeitung von metallischen und mineralischen Strukturen beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (ProBeSt) | 72 |
| 02 S 8689 | TENORM-Sanierung im Spannungsfeld zwischen Experteneinschätzungen und Alltagswahrnehmung - TESSA | 84 |
| 02 S 8699 | Innovative Lichtbogenverfahren für die Stilllegung und den Rückbau kerntechnischer Anlagen - Hot-Wire-Plasmaschneiden und Lichtbogen-Sauerstoff-Impulsschneiden (Inno-Cut) | 86 |
| 02 S 8730 | Verbundprojekt: Qualifizierung thermisch gespritzter Korrosionsschutzschichten für dickwandige Behälterkomponenten - QUOKAS | 94 |
| 02 S 8750 | Verbundprojekt Schneidladung: Schneidladung als Zerlegeverfahren beim Rückbau kerntechnischer Anlagen und Qualifizierung im kerntechnischen Umfeld | 98 |

Ludwig-Maximilians-Universität München, Geschwister-Scholl-Platz 1, 80539 München
--

- | | | |
|-----------|---|----|
| 02 S 8457 | Untersuchung von epigenetischen Effekten nach Bestrahlung menschlicher Zellen
- <i>Strahlenforschung</i> | 40 |
|-----------|---|----|

- | | | |
|---|---|----|
| SAT Kerntechnik GmbH, Vangionenstr. 15, 67547 Worms | | |
| 02 S 8639 | Neue Verfahrenstechnik zur Dekontamination und Probenahme in kontaminierten Rohrleitungen mittels Vibrationstechnik | 74 |
| Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Siempelkampstr. 45, 47803 Krefeld | | |
| 02 S 8720 | Verbundprojekt: Qualifizierung thermisch gespritzter Korrosionsschutzschichten für dickwandige Behälterkomponenten - QUOKAS | 92 |
| Sondervermögen Großforschung beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen | | |
| 02 S 8719 | Verbundprojekt: Ablation kontaminierter Oberflächen zementgebundener Bauteile beim Rückbau kerntechnischer Anlagen (MACOS) | 90 |
| Technische Universität Darmstadt, Karolinenplatz 5, 64289 Darmstadt | | |
| 02 S 8335 | Biologische Wirkung niedriger Dosen ionisierender Strahlung
- <i>Strahlenforschung</i> | 28 |
| Technische Universität Dresden, Helmholtzstr. 10, 01069 Dresden | | |
| 02 S 8538 | Verbundprojekt: Maßnahmen zur Strahlenschutzvorsorge radioaktiv belasteter Großflächen durch Sanierung mittels Phytoremediation und anschließender Verwertung der belasteten Pflanzenreststoffe (PHYTOREST) | 56 |
| 02 S 8558 | Verbundprojekt: MANOLA - Manipulatorgesteuerter Oberflächenabtrag durch Lasertechnologie | 60 |
| Technische Universität München, Arcisstraße 21, 80333 München | | |
| 02 S 8376 | Bestimmung von Endlager-relevanten, langlebigen Radionukliden mittels radiometrischer und spezieller massenspektrometrischer Verfahren | 32 |
| 02 S 8507 | Verfahren zur selektiven Tritium-Extraktion aus wässrigen Abfalllösungen und langzeitstabilen Bindung auf einem Träger | 50 |
| 02 S 8669 | Nutzung von Bremsstrahlungsinformationen für die zerstörungsfreie Charakterisierung radioaktiver Abfälle | 80 |
| Universität Duisburg-Essen, Universitätsklinikum Essen, Hufelandstraße 55, 45147 Essen | | |
| 02 S 8467 | Regulationsmechanismen eukaryotischer DNA Replikation nach Bestrahlung
- <i>Strahlenforschung</i> | 42 |
| Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e. V., Bautzner Landstr. 128, 01328 Dresden | | |
| 02 S 8740 | Erprobung elektromechanischer Abtragstechnologien für den Rückbau stark armierter Betonstrukturen und das Zerlegen starkwandiger Bauteile in kerntechnischen Anlagen | 96 |
| 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) | 66 |