

**Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft**

PTE-S Nr. 10

Halbjahresbericht über den Stand der
BMBF-Stillegungsprojekte
und der vom BMBF geförderten FuE-Arbeiten zu
„Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“

Berichtszeitraum: 01. Januar - 30. Juni 2005

Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe
Bereich Wassertechnologie und Entsorgung
im Auftrag des
Bundesministeriums für Bildung und Forschung

**Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
September 2005**

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. Eine Weitergabe des Berichtes oder seines Inhaltes an Dritte bedarf der Zustimmung des Projektträgers des BMBF.

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

Vorwort

Die Forschungszentrum Karlsruhe GmbH ist im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) 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 WTE u. a. für BMBF, Referat 413, 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 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

- die Projekte MERLIN und AVR am Standort Jülich
- die Projekte des HDB, KNK, MZFR und WAK am Standort Karlsruhe
- die Restabwicklung des THTR 300
- die Schließung der Schachanlage Asse
- die Stilllegung des Forschungsreaktors TRIGA Heidelberg II
- 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.

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 413 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 FZ Jülich.....	1
Merlin.....	2
AVR	4
1.2 FZ Karlsruhe.....	7
HDB	8
KNK	10
MZFR.....	12
WAK	14
1.3 THTR 300	17
1.4 Schachtanlage Asse.....	21
1.5 TRIGA Heidelberg II	25
1.5 Projekt MAREN bei GKSS.....	29
2 FuE-Vorhaben „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“	33
2.1 Fördervorhaben	33
2.2 Formalisierte Zwischenberichte	37
2.3 Ausführende Forschungsstellen	97

1 Stilllegungsprojekte des BMBF

1.1 FZ Jülich

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Jülich GmbH, Postfach 11 60, 52412 Jülich	
Vorhabensbezeichnung: Stilllegung und Abbau des Forschungsreaktors FRJ-1 (MERLIN)	
Laufzeit des Vorhabens: 1996 bis 2006	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005
Gesamtkosten des Vorhabens: 25,3 Mio. €	Projektleiter: Dipl.-Ing. Stahn

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Beim Forschungsreaktor FRJ-1 (MERLIN) handelte es sich um einen mit Leichtwasser moderierten und gekühlten Schwimmbad-Reaktor britischer Bauart. Er wurde von 1958 bis 1962 auf dem Gelände des Forschungszentrums errichtet. Seit 1964 wurde er zur Durchführung von Experimenten betrieben.

Nach ca. 21 Betriebsjahren wurde der Forschungsreaktor 1985 endgültig abgeschaltet und in den Stillstandsbetrieb überführt. Noch im gleichen Jahr wurden die Brennelemente aus der Anlage entfernt und nach einer Zwischenlagerung zur Wiederaufarbeitung verbracht.

Mit der kontinuierlichen Planung und Ausführung entscheidender Abbautätigkeiten wurde erst 1996 begonnen. Der Rückbau der Anlage erfolgt auf der Basis mehrerer Teilgenehmigungen, die inhaltlich im wesentlichen wie folgt abgegrenzt sind:

1. Abbau der Kühlkreisläufe und Experimentiereinrichtungen
2. Ausbau der Reaktortankeinbauten
3. Abbau des Reaktorblocks
4. Freimessung und Freigabe der Reaktorhalle

Die Rückbauarbeiten, die sich aus den Positionen 1. und 3. ergeben, sind vollständig abgeschlossen.

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Im ersten Halbjahr 2005 hat sich durch Beschluss des Vorstandes das Projektziel geändert. Der Forschungsreaktor soll nicht mehr bis zur „Grünen Wiese“ zurückgebaut werden. Stattdessen soll die Reaktorhalle nach der Freimessung und Freigabe sowie Entlassung aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes (AtG) als konventionelle Halle genutzt werden.

Der Rückbau des FRJ-1 ist mittlerweile weit fortgeschritten. Nach Rückbau des Reaktorblocks, der Ende 2003 abgeschlossen wurde, wurde mit Vorbereitungsmaßnahmen zur Freimessung der Reaktorhalle begonnen. Vor diesem Hintergrund wurden im ersten Halbjahr 2005 im Wesentlichen die nachfolgenden Tätigkeiten durchgeführt:

1. Rückbau elektrotechnischer Versorgungseinrichtungen und Montage von Provisorien

Der Rückbau der elektrotechnischen Versorgungseinrichtungen und die Montage von Provisorien, z. B. in Form von Notbeleuchtung, Baustellenbeleuchtung, Baustromversorgung, wurde vorläufig abgeschlossen. Die restliche Freischaltung und der restliche Abbau erfolgen sukzessive mit Außerbetriebnahme der zurzeit immer noch benötigten Komponenten, z. B. Umluftgebläse, Schleusentore, Hallenkran.

2. Rückbau der Einhausung um den ehemaligen Reaktorblock

Die Einhausung, die, gemeinsam mit den vorhandenen Lüftungsanlagen AS1 und AS2, noch zur Vermeidung von Kontaminationsausbreitung bei den Dekontaminationsstätigkeiten verwendet wurde, wurde mittlerweile abgebaut und wird für eine weitere Verwendung vorgehalten.

3. Demontage der Medienver- und entsorgungsleitungen und sonstiger Einrichtungen, im wesentlichen

- vollständiger Rückbau des Feuerlöschsystems und Schaffung einer Ersatzlösung,
- Abbau aller Versorgungssysteme, z. B. Druckluft, Frischwasser,
- Demontage des Sumpfbehälters einschl. der zugehörigen Rohrleitungen,
- Abbau von Lüftungskanälen in Zwischen- und Experimentierebene und
- Entkernung und Teilabbau des Rangierverteilterraumes.

Das Gesamtpaket bzgl. der Demontage der Medienver- und entsorgungsleitungen und sonstiger Einrichtungen wurde im Berichtszeitraum zu ca. 80 % abgeschlossen.

4. Dekontamination der Reaktorhalle FRJ-1

Der Umfang der ursprünglich angedachten Dekontaminationsarbeiten wurde im Berichtszeitraum zu ca. 75 % abgeschlossen. Im Zuge der Durchführung dieser Dekontaminationsarbeiten wurde jedoch festgestellt, dass die Kontamination teilweise sehr weit in die Decken- bzw. Wandstruktur eingedrungen ist. Im Rahmen der Voruntersuchung konnte dies nicht festgestellt werden, da diese Bereiche vorher unzugänglich waren. Aufgrund dieser Entwicklung müssen die Dekontaminationsmaßnahmen erheblich erweitert werden. Zur vollständigen Beseitigung der Kontaminationen aus diesen Bereichen - Voraussetzung für die Freimessung der ehemaligen Reaktorhalle - ist in einem definierten Raumbereich die Entfernung von Decken und Innenwänden erforderlich. Ob die nun erforderlichen zusätzlichen Maßnahmen Einfluss auf den Abschlussstermin des Projektes haben, wird sich im nächsten halben Jahr herausstellen.

5. Qualifizierung des In-situ-Messgeräts für die Freimessung der Reaktorhalle

Mit Bezug auf die Qualifizierung des In-situ-Messverfahrens für die Freimessung der Reaktorhalle des FRJ-1 wurde mit den Arbeiten Anfang 2005 begonnen. Die Abnahme wird im Beisein von Aufsichtsbehörde und Gutachter in der 2. Jahreshälfte 2005 an der In-situ-Gammaspektrometrie-Kalibrierwand K-RISK der Universität Regensburg stattfinden.

Neben dem oben aufgeführten Tätigkeitsspektrum wurden im ersten Halbjahr 2005 verschiedene Planungstätigkeiten durchgeführt. Diese betrafen u. a. die Durchführung der erweiterten Dekontaminationsmaßnahmen (s. o.). Darüber hinaus wurden sowohl für den Abbau des Fortluftkamins als auch für den Abbau der Reaktorwarte Detail-Ablaufpläne erstellt und zur Zustimmung der Aufsichtsbehörde eingereicht. Parallel zu den Planungstätigkeiten wurde mit der Erstellung der entsprechenden Anfrageunterlagen begonnen.

3. Geplante Weiterarbeit

Die Demontage der Medienver- und entsorgungsleitungen und sonstiger Einrichtungen wird wie geplant fortgesetzt. Entsprechendes gilt für die zurzeit stattfindenden Dekontaminationsarbeiten.

Nach Abschluss der Planungsarbeiten für die erweiterten Dekontaminationsmaßnahmen wird ein entsprechender Antrag an die Aufsichtsbehörde gestellt. Bei den geplanten Maßnahmen sollen vorrangig Werkzeuge und Hilfsmittel verwendet werden, die sich beim Abbau des Reaktorblocks bewährt haben. Nach Durchführung der erweiterten Dekontaminationsmaßnahmen durch Abbruch der festgelegten Wände und Decken wird noch einmal eine verfeinerte Reinigungs- und Dekontaminationsstufe nachgeschaltet. Bis zu diesem Zeitpunkt wird das In-situ-Messverfahren qualifiziert sein und mit den ersten Messungen kann begonnen werden.

Auf Grundlage der sich zurzeit in Bearbeitung befindlichen Anfrageunterlagen (s. o.) werden die entsprechenden Arbeiten Anfang der 2. Jahreshälfte 2005 ausgeschrieben.

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

Sachstandsberichte an BMBF (Bund) und MSWWF (Land).

5. Kosten

Kosten bisher (von 1996 bis 2004):	20,38 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum (Ansatz 2005):	ca. 1,80 Mio. €
Zukünftige Kosten:	ca. 3,12 Mio. €
Geldgeber:	Bund 90 %, Land 10 %

Zuwendungsempfänger: AVR GmbH, Postfach 11 60, 52412 Jülich	
Vorhabensbezeichnung: Vollständiger Abbau des AVR	
Laufzeit des Vorhabens: 1987 bis 2012	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005
Gesamtkosten des Vorhabens: 398,7 Mio. €	Projektleiter: Dipl.-Ing. Rittscher

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Der Versuchsreaktor AVR 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 als Ganzes gezogen und außerhalb der Anlage bis zu seiner späteren Zerlegung zwischengelagert worden ist.

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Im Berichtszeitraum wurde die Demontage von Reaktorhilfssystemen im Schutzbehälter fortgeführt. Die obersten Bühnen wurden als Vorbereitung auf die geplanten Änderungen am oberen Schutzbehälter und zur Demontage der Bühnen weiter frei geräumt. Mit der Demontage der Vakuumpumpe als Hauptstrahlenquelle wurde begonnen. Im Beschickungsraum unterhalb des Reaktorbehälters wurde eine Vielzahl von Komponenten und Abschirmungen abgebaut als Vorbereitung auf die Demontage der Beschickungswände.

Der Bau der Materialschleuse als neuer Transportweg aus dem Reaktorgebäude schreitet voran. Im Berichtszeitraum wurden die Fundamentarbeiten abgeschlossen und mit den Stahlhochbauarbeiten begonnen. Ein neuer Genehmigungsantrag zum vollständigen Abbau der Anlage wurde fertig gestellt und im Februar eingereicht.

Der Betrieb der Restanlagen einschließlich des Messprogramms zur Überwachung der Bodenkontamination des Anlagengeländes verlief im Berichtszeitraum ohne Besonderheiten. Die Änderungsarbeiten und Neuinstallationen zur Fernüberwachung der Anlage nach dem Wegfall des Wechselschichtdienstes wurden fertig gestellt. Der Schichtdienst wird zunächst wegen der umfangreichen Bautätigkeiten beibehalten.

3. Geplante Weiterarbeit

- Weiterführung der Demontearbeiten der elektro- und verfahrenstechnischen Anlagenteile im Schutzbehälter
- Abbau der Zugabewand der Beschickungsanlage
- Weiterbau der Materialschleuse
- Weiterplanung und Durchführung von Versuchen zur Verfüllung des Reaktorbehälters mit Porenleichtbeton

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

Keine zitierfähigen Berichte bzw. Publikationen.

5. Kosten

Kosten bisher (von 1987 bis 2004):	217,9 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum (Januar-Juni 2005):	9,6 Mio. €
Zukünftige Kosten:	<u>171,2 Mio. €</u>
	398,7 Mio. €

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

1.2 FZ Karlsruhe

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe	
Vorhabensbezeichnung: Stilllegung von Teilanlagen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB)	
Laufzeit des Vorhabens: 1994 bis 2030	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005
Gesamtkosten des Vorhabens: 113,0 Mio. €	Projektleiter: Dipl.-Ing. Funk

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Die Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) ist dem Geschäftsbereich Stilllegung nuklearer Anlagen des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH zugeordnet. Ihre Aufgabe ist die Entsorgung von radioaktiven Abfällen und Reststoffen des Forschungszentrums sowie der am Standort vorhandenen Einrichtungen und Anlagen:

- Betriebsabfälle und Reststoffe aus dem Rückbau der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK)
- Abfälle des Europäischen Instituts für Transurane (ITU)
- Betriebsabfälle und Reststoffe aus dem Rückbau der Reaktoren MZFR und KNK
- 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
- Zementierung
- LAW-Verschrottung
- MAW-Verschrottung
- Geräte-Dekontamination
- Verbrennungsanlage
- Reststofflager
- Zwischenlager für wärmeentwickelnde und nicht wärmeentwickelnde Abfallgebinde
- Freimesslabor
- Radiochemisches Labor.

Parallel zum Fortschritt der Rückbauarbeiten bei WAK, MZFR und KNK werden nicht mehr benötigte Anlagen der HDB bereits zurückgebaut. Die gesamte Anlage soll nach Erfüllung ihrer Aufgaben bis zum Jahre 2030 beseitigt werden.

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Es fanden weiterhin keine Rückbaumaßnahmen statt.

- MAW-Eindampfanlage, Bau 555
Die weiteren Rückbau-Maßnahmen sind vom Rückbau der alten LAW-Eindampfung (s. u.) abhängig.
- LAW-Eindampfungsanlage und Zementierung II, Bau 545
Da an der Ende 2003 in Betrieb genommenen neuen Anlage (III) Schäden aufgetreten sind, die derzeit beseitigt werden, wird die alte Anlage (II) mindestens bis Spätjahr 2005 weiter genutzt. Die Rückbauarbeiten sind daher zurückgestellt worden.
Der Sicherheitsbericht befindet sich noch in der Begutachtung.

3. Geplante Weiterarbeit

LAW-Eindampfung (Bau 545): Keine Aktivitäten (s. o.)

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

keine

5. Kosten

Kosten bisher (von 1994 bis 12/2004):	11,96 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	0,02 Mio. €
Zukünftige Kosten:	101,02 Mio. €
Geldgeber:	Bund 90 %, Land 10 %

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe	
Vorhabensbezeichnung: Stilllegung der Kompakten Natriumgekühlten Kernreaktoranlage (KNK)	
Laufzeit des Vorhabens: 1992 bis 2009	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005
Gesamtkosten des Vorhabens: 298,0 Mio. €	Projektleiter: Dipl.-Ing. Graffunder

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. Eigentümer der Anlage ist das Forschungszentrum Karlsruhe, Betreiber die Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft mbH (KBG).

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 übertrugen. Der dort erzeugte Dampf betrieb einen Turbogenerator.

Die KNK-Anlage wurde im August 1991 abgeschaltet. Das Stilllegungskonzept sieht vor, die Anlage in 10 Schritten gemäss dem folgenden Plan und entsprechend in 10 Stilllegungsgenehmigungen (SG) vollständig abzubauen (grüne Wiese):

1. Entsorgen der Brennelemente (Betriebs-Genehmigung)
2. Abbau des Tertiärsystems (1. SG)
3. Abbau des Objektschutzes (2. SG)
4. Entsorgung des Sekundärnatriums und Abbau der Blendenverstellereinrichtung (3. SG)
5. Entsorgung des Primärnatriums und Abbau der Wechselmaschine (4. SG)
6. Abbau der Sekundärsysteme (5. SG)
7. Umstellung der E-Versorgung und Abriss von Gebäuden (6. SG)
8. Verbleibende Arbeiten zum Abbau der Primärsysteme (7. SG)
9. Abbau der Primärsysteme (8. SG)
10. Ausbau Reaktortank und Abbau biologischer Schild (9. SG)
11. Abbau Hilfssysteme, Freimessen und Abriss der restlichen Gebäude bis zur „grünen Wiese“ (10. SG)

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

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Im Rahmen der 9. SG wurde mit den Demontearbeiten begonnen. Anfang April 2005 war die Demontage des Thermoschockblechs oberhalb des Reaktors abgeschlossen (64 Teile). Die Teile wurden in Waschkörbe verpackt und sind im Pufferlager eingelagert. Seit April wird am Reflektor, dem schwersten (ca. 12 t) und am höchsten aktivierten Einbauteil, gearbeitet. Bisher wurden 9 Teile des oberen Schusses mit maximalen Schnitttiefen von 160 mm ausgefräst. Die ausgefrästen Teile werden

jeweils mit dem Zerlegewerkzeug (ZWZ) aus dem Reaktortank transportiert, an den Belademanipulator übergeben und in die Waschkörbe geladen. Dabei wird ein strenger Beladeplan eingehalten, um die Anzahl der Waschkörbe zu minimieren (Minimierung der Endlagerkosten). Insgesamt wurden bisher 9 Körbe mit Abfall erzeugt, davon 4 Körbe mit Reflektorteilen. Ein Korb mit Reflektorteilen weist Dosisleistungen von bis zu 630 mSv/h in Kontakt auf.

Bei den bisherigen Arbeiten hat sich gezeigt, dass sowohl die Handlingzeiten als auch die eigentlichen Schnittzeiten unterschätzt wurden. Aufgrund der verzögerten Demontage hat der Generalunternehmer eine Analyse der Gründe für Verzögerungen beim Zerlegen des Reaktortanks präsentiert und einen Maßnahmenkatalog zur Beschleunigung der Demontage sowie ein Versuchsprogramm zur Verifizierung der vorgeschlagenen Maßnahmen vorgestellt, die nun abgearbeitet werden. U. a. werden Werkzeuge und Module modifiziert und das ZWZ wartungsfreundlicher gestaltet. Diese Ertüchtigungs- und Verbesserungsmaßnahmen sollen im August 2005 abgeschlossen sein. Danach erfolgt eine Neubewertung des Terminplans. Daneben laufen übergeordnete Planungen zum Strahlenschutz, zur Klassifizierung und Verpackung der Reststoffe sowie Abstimmungen mit dem Gutachter zum teilweise geänderten Abbaukonzept.

Für die Rückholung der sieben Kühlfallen von HDB mit anschließender Nachzerlegung bei KNK ist das TÜV-Gutachten im Entwurf fertig und soll in Kürze bei KNK eingehen. Mit dem letzten Nachtrag an den GU wurde auch der Vertragstermin für den Abschluss der Demontage des Reaktortanks (Paket 1) neu festgelegt, und zwar auf den 28.02.06, was einer Verschiebung des ursprünglichen Termins um 35 Monate entspricht. Nach aktuellem Projektterminplan verschiebt sich dieser Termin aber auf Oktober 2006 unter der Maßgabe, dass die zuvor aufgeführten Maßnahmen zur Beschleunigung greifen. Unmittelbar an die Demontage des Reaktortanks schließen sich die Demontagen zu Paket 2 an. Die Gesamtdemontagedauer von Paket 2 (Beginn Demontage Wärmeisolierung bis Ende Demontage Biologischer Schild mit Einbauten) wird mit drei Jahren angesetzt. Durch die Neustrukturierung des GU-Vertrages und die Verlängerung der Projektlaufzeit kommt es zur Erhöhung der Projekt- und Restbetriebskosten. Der Endtermin ist daher von 2007 auf Dezember 2009 verschoben worden.

3. Geplante Weiterarbeit

9. SG: (Demontage Reaktortank/Bioschild): Fortsetzung Demontage Reaktortank mit Reflektor/Thermischer Schild; Abschluss Planung Abbau Wärmeisolierung.
 10. SG: Revision Sicherheitsbericht.
 Kühlfallen: Erteilung Genehmigung; Freigabe Ausführungsbeschreibung; Beschaffung der Hardware, Zerlegung/Waschen 1. Kühlfalle.

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

Hillebrand, I.; Brockmann, K.; Minges, J.; Pfeifer, W.; Benkert, J.; Willmann, F.: Rückbau der Kompakten Natriumgekühlten Kernreaktoranlage (KNK) - Kalte Inbetriebsetzung und Durchführung der ersten Schritte. 7. Internat. Symposium 'Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle' (KONTEC 2005), Berlin, 20.-22.04.2005

Pfeifer, W.; Hillebrand, I.; Brockmann, K.; Minges, J.: Decommissioning KNK - First Steps in Dismantling of the High Activated Reactor Vessel. 8th WANO FBR Group Meeting, FZK Karlsruhe, May 31 - June 1, 2005

5. Kosten

Kosten bisher (von 1992 bis 12/2004):	218,6 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	3,0 Mio. €
Zukünftige Kosten:	76,4 Mio. €
Geldgeber:	Bund 90 %, Land 10 %

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe	
Vorhabensbezeichnung: Stilllegung des Mehrzweck-Forschungsreaktors MZFR	
Laufzeit des Vorhabens: 1985 bis 2009	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005
Gesamtkosten des Vorhabens: 285,5 Mio. €	Projektleiter: Dipl.-Ing. Eisenmann

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Der Mehrzweckforschungsreaktor im Forschungszentrum Karlsruhe war ein schwerwassergekühlter und –moderierter Druckwasser-Reaktor. Von 1965 bis 1984 diente er u. a. als Testreaktor zur Entwicklung von Schwerwasser-Kernkraftwerken 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 das Schwerwasser aus der Anlage entfernt. Mit der eigentlichen Stilllegung wurde 1985 begonnen.

Das Stilllegungskonzept sieht die Beseitigung in den folgenden acht Schritten vor, die mit Teilgenehmigungen (TSG) abgewickelt werden:

- 1./2. Außerbetriebnahme aller nicht benötigten Systeme, Trocknung aller D₂O-Systeme, Reduzierung der weiterhin benötigten Hilfsanlagen, Abbau der Heizwasserversorgung
3. Demontage der Kraftwerksanlage, der Abwasseraufbereitung, der Notstromanlage und Abriss der Kühltürme
4. Demontage der Reaktorhilfssysteme, Abbau des Sekundärsystems im Reaktorgebäude, Dekontamination des Primärsystems
5. Abbau der Zaunanlage
6. Demontage des Primärsystems und der Reaktorsysteme im Reaktorgebäude
7. Fernbediente Demontage des Reaktordruckbehälters mit Einbauten
8. Dekontamination und Abriss der Gebäude.

Die ersten 6 Schritte sind abgeschlossen.

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Zur Durchführung des 7. Stilllegungsschritts (7. SG) wurde nach der Erteilung der Genehmigung am 07.01.1999 die Baustelle für die RDB-Zerlegung eingerichtet. Die stabförmigen Komponenten oberhalb und innerhalb des RDB sind entfernt. Die Trockenzerlegung Teil 1 (Zerlegung des RDB-Deckels) und Teil 2 (Oberer Füllkörper und Füllkörpertraging) wurden in 2003 abgeschlossen. Der Zerlegebereich wurde dekontaminiert, die Erprobungen am VAK-Teststand wurden 2004 abgeschlossen. Die Erprobung eines zusätzlichen Unterwassertrennschleifers in einem Versuchsaufbau am MZFR wurde im Mai 2005 abgeschlossen. Da sich das Verfahren jedoch als sehr zeitaufwändig herausgestellt hat, wird als weiteres Back-up-Verfahren das CAMC-Verfahren (Contact-Arc-Metal-Cutting) vorgesehen. Hierfür wurden die ersten Testschnitte zum Nachweis der Eignung für MZFR durchgeführt. Die Planung und Fertigung der Komponenten zur Adaption auf den bei der Unterwasserzerlegung eingesetzten Werkzeugträger wird durchgeführt.

Der Einbau und die Inbetriebsetzung der Systeme und Gewerke der Nasszerlegeeinrichtungen im MZFR sind im August 2004 erfolgt, so dass im September planmäßig mit der Unterwasserzerlegung begonnen werden konnte. Bis zum Juni 2005 konnten die verbliebenen fünf Trennröhre unter Wasser zerlegt werden, die Moderatorfall- und Ringleitung ausgebaut und der gesamte Moderatorbehälter mit dem Plasmaschneidverfahren zurückgebaut werden. Alle diese Teile sind inzwischen endlagergerecht verpackt. Die qualifizierten Zerlegeverfahren zur Unterwasserzerlegung haben sich bewährt, die Plasmaschneidanlage arbeitet sehr zuverlässig und effizient. Hierdurch wurden aufgetretene technische Schwierigkeiten sicher beherrscht.

Mitte Juni 2005 wurde der erste Plasmatremschnitt am Thermischen Schild erfolgreich durchgeführt. Dessen Zerlegung wird durch verschiedene Faktoren, die beim ersten Tremschnitt festgestellt wurden bzw. nicht auszuschließen sind, erschwert (Fugenspalt zwischen RDB-Unterteil und Thermischem Schild ist kleiner als in Dokumentation dargestellt und mit Sedimenten aus dem Reaktorbetrieb verunreinigt; führt möglicherweise zu Schlackeanhaftungen). Aufgrund der starken Verschmutzungen und Ablagerungen aus der Betriebszeit müssen zusätzliche Reinigungsarbeiten durchgeführt werden. Verzögerungen für das Gesamtprojekt durch die aus vorgenannten Erschwernissen aufgetretenen Verzögerungen sind zu erwarten.

Die Fertigung der Einrichtungen zum letzten Schritt der 7. Stilllegungsgenehmigung, der Zerlegung der unteren Füllkörper und des Unterteils des Reaktordruckgefäßes, hat bis Ende Juni 2005 einen Fertigungsstand von ca. 90 % erreicht. Das Zerlegekonzept wurde dem Gutachter und der Aufsichtsbehörde vorgestellt und Detailfragen zur geplanten Durchführung erläutert. Die Demontage der RDB-Isolierung wird in einem Teststand ab dem 3. Quartal 2005 erprobt.

Die Revision 2 der Antragsunterlagen der 8. SG wurde mit Behörde und Gutachter besprochen. Der Gutachtenentwurf zum 8. Stilllegungsschritt wurde am 07.07.05 vom Gutachter vorgelegt. Auf Grund der Finanzmittelsituation 2004/05 mussten die Planungsarbeiten zur 8. SG auch für 2005 gestoppt werden, um die Planziele der 7. SG erreichen zu können. Die Planungsarbeiten zur 8. SG mussten sich auf das zur Genehmigung unumgängliche Maß beschränken. Dies führt zu Verzögerungen ab 2006 ff.

3. Geplante Weiterarbeit

7. SG (Zerlegung RDB mit Einbauten):

Zerlegung Thermischer Schild, Versuche zum Einsatz des CAMC-Verfahrens, Tests zur Trockenzerlegung Teil 3, insbes. Isolierungsdemontage.

8. SG (Rückbau des aktivierten Teils des Biologischen Schildes, Dekont. und Abriss Gebäude):

Planungsleistungen zu den Ausschreibungsunterlagen für Geräte und Teststand zum Rückbau des Biologischen Schildes.

Bearbeitung des Gutachtens; aufgrund der Mittelsituation keine weiterführenden Maßnahmen.

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

Fecht, N.; Scheffler, B.; Loeb, A.; Eisenmann, B.: Abenteuer unter Wasser - Plasmabrenner zerlegt Forschungsreaktor. VDW Technik Themendienst 01/2005

5. Kosten

Kosten bisher (von 1985 bis 12/2004):	222,6 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	2,9 Mio. €
Zukünftige Kosten:	60,0 Mio. €
Geldgeber:	Bund 100 %

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe	
Vorhabensbezeichnung: Stilllegung und Rückbau der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK)	
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.1991 bis 31.12.2014	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.045,1 Mio. €	Projektleiter: Dr. Katzenmeier (Rückb.); Dr. Fleisch (VEK)

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Die Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe wurde von 1967 bis 1971 als Pilotanlage zur Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente auf dem Gelände des Forschungszentrums errichtet und dann von der WAK Betriebsgesellschaft mbH betrieben, die bis heute den Restbetrieb einschließlich der Lagerung der hochradioaktiven Spaltproduktlösungen (HAWC) und nun die Stilllegung und den Rückbau aller Einrichtungen und Anlagenteile auf dem WAK-Gelände durchführt. Die WAK wurde nach 20-jährigem Betrieb Mitte 1991 außer Betrieb genommen. In dieser Zeit waren 208 t Kernbrennstoffe bis zu einem maximalen Abbrand von 40 GWd/tU wiederaufgearbeitet worden. Für die Abwicklung des Gesamtprojektes Stilllegung und Rückbau WAK ist das Forschungszentrum verantwortlich. Der Rückbau mit dem Endziel „grüne Wiese“ ist in sechs Schritte aufgeteilt:

1. Deregulierungsmaßnahmen: Außerbetriebnahme funktionslos gewordener Verfahrensbereiche und Anpassung an den reduzierten Anlagenzustand (abgeschlossen).
2. Erste Rückbaumaßnahmen im Prozessgebäude: Demontage von Prozesssystemen ohne Fernhantierung, Außerbetriebnahme und Abbau bereits stillgelegter Anlagenteile (abgeschlossen).
3. Stufenweiser Rückbau aller Einrichtungen im Prozessgebäude unabhängig von der HAWC-Lagerung und Entsorgung mit dem Ziel der Aufhebung des Kontrollbereiches: Beginn mit der vorwiegend fernbedienten Ausräumung der Prozesszellen (in Arbeit), Auslagerung der Laboratorien aus dem Prozessgebäude (abgeschlossen), Entkopplung des HAWC-Reservelagers (HWL) vom Prozessgebäude (in Arbeit), Rückbau der Hilfs- und Nebeneinrichtungen incl. Barrieren, Feindekontamination und Freimessen aller Räume.
4. Deregulierung der HAWC-Lageranlagen (LAVA, HWL) und der Verglasungseinrichtung Karlsruhe (VEK) nach Abschluss der HAWC-Verglasung, s. u. (Konzeptplanung in Arbeit).
5. Rückbau aller Einrichtungen des HAWC-Lagerbereiches LAVA/HWL, der VEK und der restlichen Anlagen der WAK bis zur Kontrollbereichsauflösung (Konzeptplanung in Arbeit).
6. Konventioneller Abriss der Gebäude und der restlichen Anlagen nach Aufhebung der Kontroll- und Strahlenschutzbereiche sowie Rekultivierung des Geländes.

Als Voraussetzung zur Durchführung des Rückbaus der HAWC-Lager muss der noch in der LAVA lagernde HAWC entsorgt werden. Zur Beseitigung dieses flüssigen Abfalls (ca. 60 m³ mit einem Aktivitätsinventar von 9*10¹⁷ Bq β -, γ -Strahler und 8*10¹⁵ Bq α -Strahler) wird vor Ort die Verglasungseinrichtung Karlsruhe (VEK) errichtet. Bis zum Abschluss der Verglasung muss der HAWC-Lagerbetrieb routinemäßig weitergeführt werden.

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Im Projekt Rückbau WAK lag der Schwerpunkt der Arbeiten im Prozessgebäude (PG) weiterhin auf dem Freischneiden von Betondurchführungen mit kontaminierten Rohrleitungen, dem großflächigen

Wandabtrag sowie der Demontage von Kabeltrassen und Medienleitungen in diversen Zellen und Betriebsräumen. Die Freimess-Arbeiten im Laboranbau sind abgeschlossen. Das Probenahme-Programm in allen Räumen des PG (Aktivität, Asbest, PCB) ist weiter in Arbeit, der Umbau der Lüftungsanlage wird geplant. Der Rohbau des HWL-Anbaus Süd (zur Erschließung des HAWC-Lagers HWL zum späteren Rückbau) ist weit fortgeschritten. Die technischen Einrichtungen im neuen Kontrollbereichszugang (Erweiterung LAVA-Sozialtrakt) wurden in Betrieb genommen. Das Gutachten für den fernbedienten Rückbau der MAW-Lagerbehälter im HWL nach Ende der Verglasung liegt vor, die Begutachtung zum Antrag auf fern bediente Demontage der HAWC-Behälter in HWL und LAVA läuft. Die maschinentechnischen Einrichtungen der VEK wurden abgenommen, die Dokumentation übergeben. Die Lüftungsanlage ist in Betrieb. Die Funktionsprüfungen des Prozessleitsystems wurden fortgesetzt. Der Rohrleitungsbau ist abgeschlossen; die Mediensysteme sind in Betrieb. Die Durchstrahlungsprüfungen im Zellenbereich und Abgascaisson sind beendet. Für die erste und zweite Teilbetriebsgenehmigung wurden die Unterlagen revidiert bzw. erstellt.

3. Geplante Weiterarbeit

WAK-Rückbau:

Schritt 3: Restdemontage u. Dekontamination 1.OG/2.OG, Fortsetzung Wandabtrag und Sägen der Beton-Durchführungsblöcke EG/1.OG/2.OG, Abtrennung Boden- und Wand-Liner, Reststoff-Austrag Lüftungs-Leitungen, Kabel, Dübel u. a.;

Auslagerung Emissionsüberwachung u. Strahlenschutz aus dem PG: Aufbau und Einrichtung Container, Einbau/Inbetriebnahme neue Emissions-Messanlage, Abschalten alte Anlage.

Schritt 5: Errichtung Rohbau u. Innenausbau HWL-Anbau Süd, Gen. Demontage MAW-Behälter, Begutachtung Antrag Demontage HAWC-Behälter, Umbau MAW-Abwasserleitung

VEK:

Antragsunterlagen für 2. Teilbetriebsgenehm. (TBG): Begutachtung Betriebliche Regelungen; Gutachten u. Genehmigung 1. TBG;

Restarbeiten/Dokumentation Maschinen-, Verfahrens-, Elektro-, Leit- und Lüftungstechnik;

Kalte Inbetriebsetzung: Funktionsprüfungen und Inbetr.; Ausbildung Personal für 1./2. TBG;

Zwischenlagerung: Klärung Zwischenlagerung, Genehmigung Transportbereitstellung.

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

Stollenwerk, A.; Hanschke, C.; Schiele, C.: Messstrategien für die In-situ-Gammaspektrometrie bei Freimessungen von Gebäuden und Bodenflächen nach §29 StrlSchV. KONTEC, Berlin, April 2005

Dutzi, G.; Praxl, H.: Stand der laufenden Rückbaumaßnahmen im Prozessgebäude der WAK. KONTEC, Berlin, April 2005

Taube, M.; Kuper, J.; Schwanzer, S.; Kuttruf, H.: Abschirmprüfung in der Verglasungseinrichtung Karlsruhe - Vom Konzept bis zur messtechnischen Überprüfung der Gebäude- und Komponentenauslegung. Jahrestagung Kerntechnik 2005, Nürnberg, 10.-12. Mai 2005

Fleisch, J.; Roth, G.; Tobie, W.; Weishaupt, M.: Verglasungsanlage VEK - Funktionsprüfungen und Schritte der Inbetriebnahme bis zur Aufnahme des aktiven Verglasungsbetriebs. dto

Birringer, K. J.; Heger, K.; Hendrich, K.; Lumpp, W.; Weishaupt, M.: Nach dem Verglasungsbetrieb kommt die Stilllegung. Umsetzung von Rückbauerfahrungen beim Anlagenbau am Beispiel der Verglasungsanlage Karlsruhe – VEK. JK 2005, s. o.

5. Kosten

Kosten bisher (von 7/1991 bis 12/2004):	1.110,9 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	43,0 Mio. €
Zukünftige Kosten:	891,3 Mio. €
Geldgeber:	WAK-Fonds 100 %, danach Bund 91,8 %, Land 8,2 %

1.2 THTR 300

Zuwendungsempfänger: Hochtemperatur-Kernkraftwerk GmbH, Siegenbeckstraße 10, 59071 Hamm	
Vorhabensbezeichnung: Geordnete Restabwicklung des Projektes THTR 300	
Laufzeit des Vorhabens: 1997 bis 2009	Berichtszeitraum: <i>Jahresbericht 2004</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 Betriebs-elementen. Es handelte sich um eine Zweikreisanlage, bestehend aus einem Helium-Primärkühlkreislauf mit nachgeschaltetem 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 wurde 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 Hauptpförtner 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 Elektroanlagegebäude, 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 entfernbare 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 zunächst für 30 Jahre vorgesehen. 10 Jahre vorher ist die Entscheidung zu fällen, ob der sichere Einschluss fortgesetzt wird oder die sicher eingeschlossene Anlage THTR 300 entgültig 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 2004 ist für die sicher eingeschlossene Anlage THTR 300:

- das 15. Jahr nach der Abschaltung,
- das 9. Jahr nach der Beendigung der Entladung des Reaktorkerns,
- das 7. 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 fest angestellte technische Mitarbeiter der HKG betraut.

Im Berichtsjahr 2004 war kein meldepflichtiges Ereignis zu verzeichnen.

2004 fiel in der sicher eingeschlossenen Anlage kein zu entsorgendes Abwasser an und somit trat auch keine Aktivitätsabgabe in die Umgebung über diesen Pfad ein. 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 im wesentlichen Werte unter der Nachweisgrenze aus.

Aus dem Überwachungsbereich wurden 3 Frischdampfarmaturen, 17 Armaturenantriebe (AUMA) und 2 Absperrarmaturen ausgebaut, freigemessen und einer konventionellen Weiternutzung zugeführt.

Darüber hinaus konnten Kleinkomponenten (u. a. Dosierpumpen, Absperrventile etc.) einer Hochschule für wissenschaftliche Zwecke zur Verfügung gestellt werden.

Seit 1999 laufen im Brennelementzwischenlager Ahaus Nacharbeiten an den dort eingelagerten Castor THTR/AVR-Behältern zur Beseitigung von Korrosionsschäden.

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. die Kälteanlagen, Armaturen, Pumpen, Motore und Messumformer. 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:

63 Mio. €

Geldgeber:

Bund, Land NRW, Gesellschafter der HKG

1.3 Schachtanlage Asse

Zuwendungsempfänger: GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH, Ingolstädter Landstraße 1, 85764 Neuherberg	
Vorhabensbezeichnung: Schließung der Schachtanlage Asse (ehemals: Fortsetzung der Verfüllung der Südflanke der Schachtanlage Asse)	
Laufzeit des Vorhabens: 1993 bis 2013	Berichtszeitraum: 01.11.2004 bis 31.05.2005
Gesamtkosten des Vorhabens: 469 Mio. €	Projektleiter: Dipl.-Ing. Kappei

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Die während der Zeit der Salzgewinnung zwischen 1916 und 1964 im Jüngeren Steinsalz auf der Südflanke des Asse-Sattels entstandenen Abbaukammern zwischen der 750- und 490-m-Sohle haben nach der Einstellung der Einlagerung radioaktiver Abfälle Ende 1978 und der Beendigung der FuE-Arbeiten seit Mitte 1995 keine Verwendung mehr. Aufgrund von Empfehlungen der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe als Gutachter der Bergbehörde werden diese Hohlräume zur langfristigen Stabilisierung des Grubengebäudes seit August 1995 mit Rückstandssalz der Halde des ehemaligen Kalibergwerkes Ronnenberg bei Hannover verfüllt.

Für eine weitere Nutzung der noch verbleibenden Hohlräume in der Schachtanlage Asse, z. B. für die Durchführung von FuE-Arbeiten, besteht mittlerweile kein Bedarf mehr. Das bedeutet, dass die Schließung der Schachtanlage Asse herbeizuführen ist.

Die Schließung des Bergwerkes erfolgt auf der Grundlage des Bundesberggesetzes. Als Voraussetzung dafür ist dem Landesbergamt Clausthal-Zellerfeld ein Abschlussbetriebsplan vorzulegen, dem ein Sicherheitsbericht beizufügen ist, der den Nachweis der Langzeitsicherheit für die Anlage enthält. Sämtliche auf der Schachtanlage Asse noch durchzuführenden Arbeiten erfolgen im Rahmen einer Bundesbaumaßnahme. Deshalb wurde die bereits bestehende Baumaßnahme „Fortsetzung der Verfüllung der Südflanke der Schachtanlage Asse“ inhaltlich erweitert und in die Baumaßnahme „Schließung der Schachtanlage Asse“ überführt.

Diese Baumaßnahme untergliedert sich in 18 Teile:

- Teil 1: Baustelleneinrichtung beim Lieferanten des Versatzmaterials
- Teil 2: Umbaumaßnahmen am Gleisanschluss
- Teil 3: Baustelleneinrichtung auf der Schachtanlage Asse
- Teil 4: Bergmännische Erstellung von Strecken und Bohrungen
- Teil 5: Geotechnische Instrumentierung für die Überwachung
- Teil 6: Verfüllmaßnahme und baubegleitende Überwachung
- Teil 7: Rückbau der Baustelleneinrichtung
- Teil 8: Bauleitung
- Teil 9A: Arbeiten zur Gewährleistung der Standsicherheit während der Betriebsphase
- Teil 9B: Arbeiten als Voraussetzung zur Erstellung des Langzeitsicherheitsnachweises für die Schachtanlage Asse
- Teil 10: Arbeiten gemäß zugelassenem Rahmenbetriebsplan „Zukünftige Arbeiten auf der Schachtanlage Asse“
- Teil 11: Personal
- Teil 12: Infrastrukturelle Aufwendungen Asse
- Teil 13: Resthohlraumverfüllung

- Teil 14: Geotechnische und hydrogeologische Überwachung der Resthohlraumverfüllung
- Teil 15: Rückbau unter Tage
- Teil 16: Rückbau, Verfüllung und Verschluss der Tagesschächte
- Teil 17: Verfüllung der Tagesbohrungen
- Teil 18: Infrastrukturelle Leistungen der GSF

2. Stand des Projektes

2.1 Verfüllung der Abbaue in der Südflanke der Schachtanlage Asse

Die Verfüllung der Abbaue und Abbaubegleitstrecken in der Südflanke der Schachtanlage Asse fand am 15. April 2004 ein vorläufiges Ende, da die Abbauhohlräume fast vollständig verfüllt sind. Im Berichtszeitraum wurden rund 46.000 Tonnen in die Hohlräume auf den 511-m- und 490-m-Sohlen pneumatisch eingebracht. Seit Beginn der Maßnahme im August 1995 wurden damit insgesamt 2.153.000 Tonnen Verfüllmaterial von der Halde Ronneberg in die Abbaue in der Südflanke der Schachtanlage Asse eingebaut.

Am 20. April 2004 begannen die Arbeiten zum Verfüllen des Tiefenaufschlusses unterhalb der 775-m-Sohle mit einer wöchentlichen Fördermenge von rund 1.150 Tonnen. Die ersten 6.900 Tonnen Verfüllmaterial wurden in ehemalige Laugespeicherstrecken verblasen.

2.2 Betriebliche Arbeiten

Die Menge der aufgefangenen Steinsalzlösung beträgt nach wie vor rund 12 m³ pro Tag. Die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Lösung bleiben unverändert. Die Lösung wird jedoch nicht mehr dem Verfüllmaterial zugegeben sondern gespeichert.

Auf der 700-m-Sohle begannen die Arbeiten zum Bau einer Baustoffanlage bzw. zur Salzspeicherung für die Baustoffproduktion. Auf der 490-m-Sohle wurden Hohlräume zur Aufnahme der neu einzurichtenden Werkstätten erstellt. Zum Teil zogen diese Werkstätten von der 800-m-Sohle zur 490-m-Sohle um.

Die geotechnische Überwachung der gebirgsmechanischen Ist-Zustände des Tragverhaltens der Haupttragelemente – der Pfeiler – des Grubengebäudes an der Asse - Südflanke wurde im Berichtszeitraum fortgeführt. Die Verformungsmessungen an den Pfeilern zeigen nach wie vor hohe Pfeilerstauchungsraten, vornehmlich auf den oberen, noch nicht versetzten Sohlen. Im versetzten Bereich setzt sich die Verlangsamung der Stauchungsgeschwindigkeit fort. Die zeitliche Entwicklung des Spannungszustandes in den Tragelementen ist nach wie vor durch ständig ablaufende Spannungsumlagerungen im Tragsystem infolge von Entfestigungsprozessen gekennzeichnet. Die installierten Spannungsmesssysteme und deren Verteilung über das Baufeld der Asse - Südflanke lassen infolge der durch den Versatz bewirkten Konturstabilisierung der Pfeiler eine Vergleichmäßigung des Belastungszustandes über das gesamte Baufeld erkennen. Dieser sich deutlich abzeichnende Trend bestätigt die positive Wirkung der Versatzmaßnahme auf den Erhalt der Resttragfähigkeit der Tragelemente. Damit wurde ein wesentlicher Beitrag zur Gewährleistung der Sicherheit der Schachtanlage Asse in der Betriebsphase geleistet.

2.3 Strahlenschutz

Schwerpunkte der Arbeiten im Strahlenschutz sind die Überwachung der Aerosolaktivitätskonzentration (Radon-Folgeprodukte) in der Grubenluft und die radiologische Überwachung der zutretenden Salzlösung auf der 750-m-Sohle in der Nähe der Einlagerungskammern.

Die Ermittlung des Radionuklidinventars ist abgeschlossen. Der Abschlussbericht wurde der Behörde als prüffähige Unterlage übergeben. Das Inventar an chemischen und chemotoxischen Stoffen in den eingelagerten Abfällen ist ermittelt. Im Berichtszeitraum wurde eine revidierte Prüfunterlage im Entwurf erstellt, die die Hinweise der Behördengutachter berücksichtigt. Die Unterlage wurde im März 2004 der Behörde übergeben.

Die Strahlenschutzmessungen im Bereich der Schachtanlage Asse umfassen die Überwachung der Umweltradioaktivität sowie die betrieblichen Maßnahmen zum Schutz von Belegschaft und Bevölkerung. Diese Messungen wurden wie in den vergangenen Jahren fortgeführt. Über die Ergebnisse der Arbeiten wird der Bergbehörde in regelmäßigen Abständen berichtet. Darüber hinaus werden die wichtigsten Daten der betrieblichen Überwachung sowie die im Rahmen der betreibereigenen Umgebungüberwachung ermittelten Messergebnisse in den Jahresberichten „Strahlenschutz und Umgebungüberwachung im Bereich der Schachtanlage Asse“ veröffentlicht.

2.4 Projekt Langzeitsicherheit

Aus den Ergebnissen der gebirgsmechanischen Modellrechnungen leitet sich die Notwendigkeit ab, beim Einbau des Schutzfluides oberhalb der 700-m-Sohle zusätzliche technische Maßnahmen vorzusehen. Während des Einbaus werden die Tragelemente und der Versatz durchfeuchtet, so dass rechnerisch eine Beschleunigung der Deformationen eintreten kann. Dieser Beschleunigung ist möglichst entgegenzuwirken, da der bereits jetzt vorhandene gebirgsmechanische Zustand der Tragelemente höhere Verformungsraten nicht mehr unbegrenzt erlaubt. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Gebirgsmechanik, Leipzig (IfG) werden geeignete technische Varianten gebirgsmechanisch vorgeprüft.

Die Transportrechnungen mit den zwei Programmpaketen KAFKA und LOPOS zeigten, dass eine Anpassung der Pakete an den durch das IfG vorgegebenen Konvergenzablauf nötig war. Diese Anpassungen sind mittlerweile abgeschlossen, so dass mit beiden Programmen der Referenzfall gerechnet werden kann.

1.4 TRIGA Heidelberg II

Zuwendungsempfänger: Deutsches Krebsforschungszentrum, Postfach 10 19 49, 69009 Heidelberg	
Vorhabensbezeichnung: Stilllegung des Forschungsreaktors TRIGA HD II	
Laufzeit des Vorhabens: 2000 bis 2005	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005
Gesamtkosten des Vorhabens: 11 Mio. €	Projektleiter: Dipl.-Ing. Jünger-Gräf

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

1996 wurde beschlossen, den Forschungsreaktor TRIGA Heidelberg II nach Abschluss der noch laufenden Forschungsprojekte Ende 1999 endgültig abzuschalten.

Durch den Beschluss der amerikanischen Regierung, im Rahmen des RERTR-Programmes den hochangereicherten Brennstoff amerikanischen Ursprungs zurückzunehmen, war es möglich geworden, bis 2006 auch die Brennelemente (BE) des TRIGA HD II nach USA zurückzuführen. Teil des Rücknahmevertrags war die genaue Beschreibung der BE und Rechnungen zum Abbrand, zur Nachwärme und zu entstandenen Isotopen.

Für frische BE im Lager des TRIGA hatte sich zwischenzeitlich die Möglichkeit einer Abgabe an die TRIGA-Reaktoren in Mainz und Wien ergeben.

Im Mai 2000 wurde mit dem Firmenkonsortium NCS/GNS ein Vertrag über den Transport der BE nach Idaho Falls geschlossen, 2001 wurde der Transport durchgeführt.

Einige spezielle Komponenten für die Beladung der Brennelemente wurden von der Firma GNS gefertigt - so z. B. die BE-Ladeinheit, der Transfer-Behälter u. a. m. Eine Stahlblechwand, die den Bereich des Zyklotrons vom gesamten Beladebereich des Reaktors abtrennt, wurde errichtet. Diese Abtrennung wird während des eigentlichen Reaktorrückbaus bestehen bleiben.

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Trotz der zwischenzeitlich aufgetretenen Verzögerung sind im Projekt große Fortschritte zu verzeichnen:

- Der Kern des Reaktors (**TRIGA HD II**) und alle zugehörigen Komponenten im Reaktortank wurden ausgebaut und in einem eigens dafür gebauten Abschirmbehälter mit einem Spezialtransport zur Landessammelstelle gebracht.
- Das Kerntagegerüst und der Graphitreflektor sind im Ganzen herausgenommen worden, um Kontaminationen in der Halle zu vermeiden.
- Um die radioaktive Strahlung (Dosisleistung) zu reduzieren, wurden alle stark strahlenden Teile (dies sind vor allem Edelstahlteile) in einem kleinen Behälter mit dicker Abschirmung zur LSSt gegeben.
- Der Maschinenraum ist vollständig ausgeräumt, alle Komponenten sind über die HDB im Forschungszentrum Karlsruhe bearbeitet bzw. im DKFZ freigemessen worden.
- Das B- Labor (Reaktorteil) ist vollständig ausgeräumt. Die Beschickungsanlage der Wasserrohrpost ist herausgenommen und an die LSSt abgegeben. Die kontaminierten Heißen Zellen (Bleiburgen) gingen ebenfalls an die LSSt.
- Im unteren Teil der Bleiburgen waren Isotopentresore (in Beton gegossen) eingebaut, was vorher nicht bekannt war; diese mussten mit Hilfe eines Spezialwerkzeuges ausgebaut werden.
- Die Einhausung in der Reaktorhalle ist aufgebaut und von Gutachter und Behörde abgenommen. Die Lüftungsanlagen mit Filtern für die Einhausung sind in Funktion.
- Der Reaktortank aus Aluminium ist ausgebaut und in Stücke von ca. 1 m x 1 m zerlegt. Diese werden nach einer Orientierungsmessung freigegeben bzw. über LSSt entsorgt.
- Die Arbeitsbühne im Reaktorbecken ist aufgebaut, die Betonarbeiten zur Demontage des Biologischen Schildes, Teil A (oberer, inaktiver Teil) ist bis auf einen Meter abgebaut.
- Die Beprobung von Teil B (unterer, aktivierter Teil) wird in Kürze beginnen.
- Die vorbereitenden Arbeiten zur Einrichtung eines Kontrollbereichs im **TRIGA HD I** sind abgeschlossen.
- Der Sicherheitsbericht zum Rückbau des TRIGA HD I ist erstellt und der Behörde und dem Gutachter eingereicht; das Gutachten steht aus.
- Die radiologische Iststandsaufnahme wird durchgeführt.

3. Kosten

Kosten insgesamt:

11 Mio. €

Geldgeber:

Bund 90 %, Land 10 %

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 2009	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005
Gesamtkosten des Vorhabens: 33,3 Mio. €	Projektleiter: Stehr

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

GKSS Forschungszentrum GmbH ist Betreiber des Forschungsreaktors FRG-1 und der Ländersammelstelle für die Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle. In der Zuständigkeit von GKSS befinden sich außerdem Teile des stillgelegten Forschungsreaktors FRG-2 sowie die in Zwischenlagerung befindlichen radioaktiven Komponenten des stillgelegten Kernenergieforschungsschiffes NS Otto Hahn (OH).

Die aus dem Betrieb der kerntechnischen Anlagen angefallenen und anfallenden radioaktiven Reststoffe und Abfälle unterliegen im Rahmen des Projektes MAREN-1 der Sammlung, Bilanzierung, Konditionierung und Zwischenlagerung bis zur späteren Entsorgung in ein Endlager. MAREN-1 trägt dazu bei, die gesetzlichen Vorgaben zur Verwertung radioaktiver Reststoffe und Beseitigung radioaktiver Abfälle zu erfüllen. Durch zeitnahes Abfallmanagement werden bei absehbarer Teuerung Kosteneinsparungen erwartet und erforderliche Zwischenlagerkapazität geschaffen.

Die zu MAREN 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, Abwasseraufbereitungsanlage (236, 238)

- 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 und personalkapazitätsverstärkende Maßnahmen).

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Während des Berichtszeitraumes wurden folgende Arbeiten mit Priorität abgewickelt:

- Konditionierung feste radioaktive Abfälle (221, 231)
Konditionierungsarbeiten und Verbrennung der restlichen FRG-Harze und OHA-Abfälle sowie Analysen und ggf. Trocknung der bereits konditionierten Gebinde bei FZK/HDB
- Abwasseraufbereitungsanlage (238)
Planungen einer Eigenkonditionierung wurden aus technischen Gründen und aus Kostenaspekten verworfen.
- Aufarbeitung bestrahlter OH-Versuchsbrennstäbe (223)
Übergabe von VPU für die Genehmigung von Fertigung und Einsatz Kapseln und Kapselköcher zum Transport. Abstimmung mit EWN und FZK betr. Zwischenlagerung Lubmin. Vertragsvorbereitung GKSS/FZK.
- Rücknahme Dounray (233)
Probennahme und Ergebnispräsentation sowie Sachverständigenprüfung ist erfolgt.
- Längerfristige Zwischenlagerung (227, 237, 239)
Weitere Abwicklung notwendiger Wartungs- und Infrastrukturmaßnahmen (Wartung / Instandhaltung im Heißen Labor, Vorbereitung Rückbau Bleizellen im Heißen Labor, Sachverständigentätigkeit).

3. Geplante Weiterarbeit

- Konditionierung LAW (221, 231): Verbrennung FRG-Harze und OH-Abfälle, HD-Verpressung, Durchführung der restlichen Konditionierungsarbeiten;
- Abwasser (236): Abtransport betrieblicher Abwässer zur Fremdaufbereitung bei FZJ;
- OH-Brennstäbe (223): Herbeiführung der Vertragsvereinbarung zur WA mit Areva-Cogema bzw. Vertragsabschluss für die Zwischenlagerung in Deutschland;
- Konditionierung MAW (221, 231, 232): Datenzusammenstellung, Konzept- und Informationsbearbeitung, Koordinierung;
- Längerfristige Zwischenlagerung (227, 237, 239): Bereitstellung erforderlicher Infrastrukturmaßnahmen, Gewährleistung der sicheren Zwischenlagerung.

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

keine

5. Kosten

Kosten bisher (seit 01/2002 insgesamt):	12,6 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	0,2 Mio. €
Zukünftige Kosten:	20,7 Mio. €
Geldgeber:	Bund 90 %, Länder 10 %

2 FuE-Vorhaben „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“

2.1 Fördervorhaben

02 S 7910	Verbundprojekt: Kontaminierter Beton: Rückbau kerntechnischer Anlagen - Eindringen von Radionukliden in Betonoberflächen und Freisetzung eingedrungener Aktivität aus Bauschutt und Beton	Universität Fride- riciana zu Karls- ruhe (TH)	📖 38
02 S 7951	Entsorgung von Beryllium / Berylliumoxid und Cadmium aus Forschungsreaktoren	TU München	📖 40
02 S 7991	Entwicklung emissionsarmer und kostengünstiger Verfahrens- und Handhabungstechniken für Dekontaminations- und Abtragverfahren	Universität Han- nover	📖 42
02 S 8011	Forschungsvorhaben zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen. Weiterführende Untersuchungen (FORM III)	Siempelkamp, Kre- feld	📖 44
02 S 8021	Entwicklung von Beurteilungsmethoden für Transport- und Lagerbehälter mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen -Abschließende Untersuchungen (EBER III)-	BAM, Berlin	📖 46
02 S 8031	Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation	Brenk Systempla- nung, Aachen	📖 48
02 S 8041	Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation	Siempelkamp Nuk- leartechnik GmbH, Krefeld	📖 50
02 S 8071	Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation	Rheinisch-West- fälische Technische Hochschule Aachen	📖 52
02 S 8081	Verbundprojekt: Verbesserung von Richtigkeit und Genauigkeit bei der Bestimmung des Nuklidinventars für die Deklaration und Freimessung von Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Einrichtungen	TU München	📖 54
02 S 8091	Verbundprojekt: Verbesserung von Richtigkeit und Genauigkeit bei der Bestimmung des Nuklidinventars für die Deklaration und Freimessung von Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Einrichtungen	FZ Jülich	📖 56
02 S 8102	Erweiterung der Einsatzgrenzen modularer Schneidtechnologien für den kostengünstigen Rückbau kerntechnischer Anlagen, EMOS	Universität Han- nover	📖 58

- | | | | |
|--------------------|---|---|------|
| 02 S 8112 | Abdichtung von Wegsamkeiten in Salzformationen mit kristallisierenden Evaporitmaterialien (AISKRIS-TALL) | DBE Technology GmbH, Peine | 📖 60 |
| 02 S 8122 | Verbundprojekt: Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abprodukt-Konditionierung | TU Dresden | 📖 62 |
| * 02 S 8132 | Biologische Wirkung niedriger Dosen ionisierender Strahlung | Universität des Saarlandes | 📖 64 |
| 02 S 8142 | Selektive Tritium-Extraktion aus Wasser und Bindung auf einen Träger | TU München | 📖 66 |
| 02 S 8152 | Messmethoden zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle und zur Freimessung von Reststoffen aus der Stilllegung kerntechnischer Anlagen (MESRAB) | Rheinisch-Westfälische TH Aachen | 📖 68 |
| 02 S 8162 | Verbundprojekt: Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abprodukt-Konditionierung | Laserinstitut Mittelsachsen e.V., Mittweida | 📖 70 |
| 02 S 8172 | Entwicklung eines Konditionierungsverfahrens für Kernbrennstoffe aus dem Siemens-Unterrichts-Reaktor (SUR) | STEAG encotec GmbH, Essen | 📖 72 |
| 02 S 8182 | Untersuchungen zur Strahlenschutz-Vorsorge für radionuklidbelastetes Substrat: Mikrobieller Beitrag zur Bioakkumulation aus Bauschutt | Friedrich-Schiller-Universität, Jena | 📖 74 |
| * 02 S 8203 | Genetische Wirkung dicht ionisierender Strahlen | Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH, Darmstadt | 📖 76 |
| * 02 S 8213 | Mechanismen der Zytotoxizität durch Alpha-Strahlung in humanen normalen und malignen hämatopoetischen Zellen | Universitätsklinikum Düsseldorf | 📖 78 |
| * 02 S 8223 | Inaktivierung von Mdm2 nach ionisierender Strahlung – Aufklärung der Signaltransduktionskette | Universität Fride-riciana zu Karlsruhe (TH) | 📖 80 |
| 02 S 8234 | Vorstudie über die Rückführung der Wiederaufarbeitungsabfälle von Brennelementen deutscher Forschungsreaktoren aus der WA DOUNREAY in Schottland (RETURN) | DBE Technology GmbH, Peine | 📖 82 |
| 02 S 8244 | Entsorgung von Thoriumverbindungen, Teilprojekt 1 – Erstellung einer Entscheidungsgrundlage zur Verwertung/Entsorgung von Thoriumverbindungen | Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rosendorf, Dresden | 📖 84 |
| * 02 S 8254 | Checkpoint Manipulation als Strategie für den Strahlenschutz und für die Strahlensensibilisierung von Säugetierzellen | Universitätsklinikum Essen | 📖 86 |

- | | | | |
|--------------------|--|---|------|
| * 02 S 8264 | Anpassung einer Ionen-Mikrostrahleinrichtung für Untersuchungen zur Dynamik von geschädigten DNA-Regionen und zur Rekrutierung von Reparaturfaktoren | Ludwig-Maximilians-Universität München | 📖 88 |
| 02 S 8274 | Fallversuche mit Brennelement-/HAW-Transport- und Lagerbehältern in Originalgröße | Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin | 📖 90 |
| 02 S 8284 | Untersuchungen zur Sicherheit gegen Behälterkorrosion in Langzeitzwischenlagern | Universität Hannover | 📖 92 |
| 02 S 8294 | Kontrolle biologischer Untersuchungen bei der Dekontamination heterogener, schwach radioaktiv kontaminierter Geosubstrate für die Strahlenschutzvorsorge | Friedrich-Schiller-Universität Jena | 📖 94 |

*** Strahlenforschungsvorhaben**

2.2 Formalisierte Zwischenberichte

Zuwendungsempfänger: Universität Fridericiana zu Karlsruhe (TH), Kaiserstraße 12, 76128 Karlsruhe		Förderkennzeichen: 02 S 7910
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Kontaminierter Beton: Rückbau kerntechnischer Anlagen - Eindringen von Radionukliden in Betonoberflächen und Freisetzung eingedrungener Aktivität aus Bauschutt und Beton		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2000 bis 28.02.2005	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 28.02.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 711.300,57 EUR	Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Müller	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist es, erhebliche Kosteneinsparungen bei Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen zu erreichen. Durch experimentelle Untersuchungen zum Eindringverhalten der Radionuklide in Betonoberflächen, sowie durch Experimente zur Verteilung und Bindung der Kontaminanten an Zementsteinphasen und Zuschlag lassen sich Folgerungen hinsichtlich einer verbesserten Anwendung von Verfahren zur Dekontamination und Freigabemessung ziehen. Die Kenntnis des Freisetzungsverhaltens bestimmt maßgeblich die Annahmen, die bei radiologischen Betrachtungen der Verwertung oder Ablagerung von Bauschutt getroffen werden können, und beeinflusst damit entscheidend die Festlegungen zur Freigabe. Auslaugungsexperimente mit betonangreifenden Wässern vorwiegend natürlicher Zusammensetzung sollen dafür eine gesicherte Datenbasis schaffen.

Das Projekt erfolgt in Zusammenarbeit mit der Fa. Brenk Systemplanung, Aachen und VTKA Rosendorf e.V.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Forschungsprojekt ist in 4 Arbeitspakete (AP) gegliedert:

AP I: Eindringverhalten von Radionukliden in Betonoberflächen

AP II: Verteilung und Bindung der Radionuklide an Zementsteinphasen und Zuschlag

AP III: Wiederverwertung von Abbruchbeton

AP IV: Freisetzungverhalten von Radionukliden aus Bauschutt

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP I:

- Fortsetzung der Schleifarbeiten zur Ermittlung der maximalen Eindringtiefe von I-nat und Cs-nat beim kapillaren Saugen des Betons C 30/37. Die größte Eindringtiefe zeigt erwartungsgemäß Cäsium. Das Jodtiefenprofil zeigt ein ausgeprägtes Maximum in einigen Millimetern Tiefe.

AP III:

- Beendigung der Auslaugversuche der mit natürlichem Cs, Sr, I und Co beaufschlagten Betonkörper C 30/37 mit betonangreifenden Wässern (pH 5, Mg- und sulfathaltig). Cs-nat und Sr-nat zeigen

hierbei keine signifikante Abhängigkeit vom Eluenten, wohingegen Iod beim Angriff magnesiumhaltiger Wässer weniger stark gelaugt wird.

- Die noch ausstehenden Tiefenprofile von Co-60 und Cs-137 im Beton C 20/25 nach Diffusion und kapillarem Saugen wurden ermittelt. Der qualitative Verlauf dieser Tiefenprofile entspricht denen im Beton der Festigkeitsklasse C 30/37.
- Der Beton aus dem KKW Gundremmingen wurde gebrochen und in verschiedene, in der Betontechnologie übliche Korngruppen fraktioniert. Das Brechgut wurde bei konstantem pH-Wert unter nichtabrasiven Bedingungen mit Deionat und mit betonangreifenden Wässern eluiert. Betonangreifende Wässer fördern die Mobilisierbarkeit von Cs-137, während für das Co-60 keine Abhängigkeit von der Zusammensetzung der betonangreifenden Wässer festzustellen ist.
- Herstellung von Laborbeton C 30/37 mit homogener Verteilung von Cs-nat; anschließende Auftrennung des Betons in Korngruppen, um die Verteilung von Cs in Abhängigkeit von der Korngruppe zu untersuchen.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP I – AP IV:

- Untersuchung der Verteilung von Cs-nat in den verschiedenen, in der Betontechnologie üblichen Kornklassen.
- Zusammenfassung der Ergebnisse und Erstellung des Projektabschlussberichts.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Fleischer, K.; Herold, G.; Raptis, K.; Neumann, A.; Müller, H.S.; Knappik, R.: Penetration and leaching studies of radionuclides in concrete and hardened cement paste. *Advances in Nuclear and Radiochemistry*, S.M. Qaim and H.H. Coenen (eds), Extended Abstracts NRC 6, ISBN 3-89336-362-9, pp. 590 - 592, 2004.

Neumann, A.; Herold, G.; Müller, H.S.: Untersuchungen zum Eindringverhalten von Cäsium-, Cobalt-, Iod- und Strontiumlösungen in zementgebundene Werkstoffe, GDCh-Monographie Bauchemie, Bd. 31, pp. 238 - 242, 2004.

Raptis, K.; Fleischer, K.; Herold, G.; Knappik, R.; Müller, H.S.: Investigations of penetration mechanisms of radionuclides in concrete and their leaching behaviour. *Proceedings of the 4th International Seminar on Radioactive Waste Products (RADWAP 2002)*, ISBN 3-89336-335-1, pp. 405 – 408, 2003.

Raptis, K.; Fleischer, K.; Herold, G.; Knappik, R.; Müller, H.S.: Penetration behaviour of relevant nuclides in Concrete. 6. Internationales Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegeabfälle“ KONTEC, ISBN 3-9806415-6-2, pp 530 – 545, 2003.

Fleischer, K.; Herold, G.: Eindringverhalten von Radionukliden in Beton. 3. Workshop RCA im Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e. V.: „Radiochemische Analytik bei Betrieb und Rückbau kerntechnischer Anlagen, der Deklaration von Abfällen und im Strahlenschutz“; April 2004.

Herold, G.; Neumann, A.; Fleischer, K.; Knappik, R.; Müller, H.S.: The leaching and penetration behaviour of chosen radionuclides with reference to the matrix of concrete. 7th International Symposium "Conditioning of Radioactive Operational & Decommissioning Wastes" including 7th Status Report of BMBF „Decommissioning and Dismantling of Nuclear Facilities“ April, 20 – 22, 2005.

Zuwendungsempfänger: TU München, Arcisstraße 21, 80333 München		Förderkennzeichen: 02 S 7951
Vorhabensbezeichnung: Entsorgung von Beryllium / Berylliumoxid und Cadmium aus Forschungsreaktoren		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2001 bis 31.08.2005	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 1.609.754,94 EUR	Projektleiter: Dr. Lierse von Gostomski	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist eine genaue Inventarisierung und Charakterisierung von Beryllium und Cadmium in deutschen Forschungsreaktoren, insbesondere hinsichtlich des enthaltenen radioaktiven Inventars. Für enthaltenes Tritium sollen Freisetzungsszenarien dargestellt und Konditionierungskonzepte entwickelt werden, welche geeignete Rückhaltungsmöglichkeiten für das radioaktive Inventar beinhalten.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte sind:

1. Klare Beschreibung des Entsorgungsproblems für Be und Cd-Bauteile aus deutschen Forschungsreaktoren mit Bestandsaufnahme und Charakterisierung der in Deutschland mit Neutronen bestrahlten und zur Entsorgung anstehenden Materialmengen.
2. Bestimmung des radioaktiven Inventars, zunächst durch Abschätzungen auf Basis von Spezifikationen der Material-Hersteller und von Betreiberangaben zu Neutronen-Fluenz und –Energiespektren, anschließend mittels zerstörungsfreier und invasiver Messverfahren an realen Proben aus dem Forschungsreaktor Garching FRM.
3. Experimentelle Bestimmung der Freisetzung von Tritium aus realen Be-Proben unter den Bedingungen eines bestimmungsgemäßen Lagerbetriebs (Zwischen- und Endlager) und des Störfalles „Brand“.
4. Entwicklung geeigneter Techniken zur Rückhaltung von Tritium aus Be.
5. Quantitative Darstellung von Szenarien zur Freisetzung radioaktiver Stoffe unter gegebenen Zwischen- und Endlagerbedingungen.
6. Entwicklung eines integrierten Handhabungs- und Verpackungskonzepts für Be- und Cd-Teile und nach Möglichkeit Erprobung im heißen Betrieb (Miniaturmaßstab)
7. Entwicklung eines umfassenden Konditionierungs- und Entsorgungskonzepts unter besonderer Berücksichtigung einer späteren Qualifizierungsmöglichkeit.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Fortführung und Abschluss der Tritium-Freisetzung-Versuche zum bestimmungsgemäßen Lagerbetrieb.
- Ermittlung eines abdeckenden Nuklidinventars der Be-Reflektorelemente.
- Durchführung von Tritium-Freisetzungsversuchen zum Störfall „Brand“: Die Experimente ergaben eine Freisetzung von $3,6E+04$ Bq/g HTO/T₂O und $2,5E+05$ Bq/g HT/T₂.
- Durchführung von Experimenten mit verschiedenen Absorbermaterialien zur Tritium-Rückhaltung: Umwandlung von HTO/T₂O zu HT/T₂ mit Cu Ca, CaO, BaO. Die Experimente ergaben kein zufrieden stellendes Ergebnis.
- Radiologische Endauslegung und Fertigung des Behälters vom Typ MOSAIK II-15 EI / Pb 60 und Auslegung des Tragkorbs zur Aufnahme von 24 Beryllium-Elementen.
Die Ergebnisse der Berechnungen zum Temperaturprofil der Be-Reflektoren im Störfall „Brand“ als Vorgabe für H-3-Freisetzungsuntersuchungen (Methode: CFD-Programm ANSYS CFX-5) erlauben es nicht, ein Schmelzen der Bleiabschirmung des zu verwendenden Gussbehälters sicher auszuschließen. Daher wurden die Rechnungen sowohl mit einer intakten als auch mit einer geschmolzenen Bleiabschirmung durchgeführt und ergaben, dass sich die Be-Reflektoren bei einer intakten Bleiabschirmung auf ca. 80 °C, bei einem Schmelzen der Bleiabschirmung auf bis über 300 °C erwärmen.
- Eine Prüfung des vorliegenden Konditionierungskonzeptes hinsichtlich der vorläufigen Endlagerungsbedingungen Konrad ergibt, dass nach derzeitigem Kenntnisstand ohne weiterführende Maßnahmen (wie z. B. Abklinglagerung, höher qualifizierte Abfallproduktgruppe und/oder Abfallbehälterklasse, Mischung mit anderen Abfällen) oder eine Einzelfallprüfung durch das BfS der Gussbehälter mit den 24 Be-Reflektoren gegenwärtig nicht endlagerfähig sein wird. Gegen die längerfristige Zwischenlagerung der Be-Reflektoren ergeben sich aufgrund des vorliegenden Konditionierungskonzeptes nach derzeitigem Kenntnisstand keine Bedenken.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Validierung einzelner Tritium-Freisetzungsversuche.
- Fertigung des Tragkorbs.
- Hinsichtlich der Endlagerfähigkeit des entstehenden Abfallgebindes mit den 24 Be-Reflektoren ist beabsichtigt, das im Rahmen des Vorhabens erarbeitete Konditionierungskonzept mit dem bayerischen StMUGV und dem BfS abschließend abzustimmen.
- Erstellung der Abschlussberichte für Be und Cd.

5. Berichte, Veröffentlichungen

KONTEC, Berlin

Zuwendungsempfänger: Universität Hannover, Welfengarten 1, 30060 Hannover		Förderkennzeichen: 02 S 7991
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung emissionsarmer und kostengünstiger Verfahrens- und Handhabungstechniken für Dekontaminations- und Abtragverfahren		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2001 bis 30.09.2005	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 898.598,38 EUR	Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Bach	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Rahmen des Forschungsvorhabens sollen prototypische und neue Verfahren zum Abtragen von mineralischen Werkstoffen neu- und weiterentwickelt, optimiert und für den Realeinsatz qualifiziert werden. Ziel ist dabei die Minimierung von Schadstoffaustrag und Abtrag-/Trennzeit, die flexible Einsetzbarkeit und die Reduzierung der Kosten.

Die Verfahren sind:

1. Trockeneis-Laserstrahl-Entschichten: Erweiterung des Einsatzbereiches, Qualifizierung zum personengeführten Einsatz, Optimierung des Verfahrens, Erprobung für neue Anwendungsfälle (Materialien).
2. Betonabtrag mit dem Hochleistungsdiodenlaser: Optimierung für das Abtragen von Beton unter Realbedingungen.
3. Abtragen und Trennen von asbesthaltigen Werkstoffen mit dem Neodym:YAG Laser: Optimierung für den Einsatz in kerntechnischen Anlagen unter Realbedingung.

Die Verfahren werden in Zusammenarbeit mit den Betreibern kerntechnischer Anlagen, die diese Entwicklungen beim Rückbau Ihrer Anlagen einzusetzen planen, durchgeführt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Block 1: Entwicklung und Untersuchung der Verfahren:

1. Trockeneis-Laserstrahl-Entschichten
2. Laserstrahlabtragen unter besonderer Berücksichtigung von Hochleistungsdiodenlasern
3. Laserbearbeitung an asbesthaltigen Materialien

Block 2: Vergleich der Verfahren zum Abtragen von Beton nach Stand von Wissenschaft und Technik

- 1.1 Charakterisierung des Einsatzbereiches
- 1.2 Handhabung
- 1.3 Charakterisierung der Emissionen und Rückkontamination
- 1.4 Vergleich der Kosten
2. Ermittlung der Größen
3. Darstellung der Ergebnisse der Vergleichsuntersuchungen

Block 3: Darstellung und Verbreitung der Ergebnisse

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Trockeneis-Laserstrahlen:

- Untersuchungen zur Abtragleistung der vorhandenen Strahldüsen bei einer Laserleistung bis 1,9 kW zum Abtrag von Lack und Beton abgeschlossen
- Ermittlung der Intensitätsverteilung vorhandener Trockeneisstrahldüsen durch Eindringversuche und Druckverteilung durch Staudruckmessungen an unterschiedlichen Flachstrahldüsen zur Maximierung der Abtragleistung
- Konstruktion und Fertigung einer neuen Trockeneisstrahldüse auf Basis von empirischen Untersuchungen zur Intensitätsverteilung/Druckverteilung und Ergebnissen der numerischen Strömungssimulation
- Konstruktion einer Vor-Ort Absaugung für das Trockeneis-Laserstrahl-Freihandgerät und Adaption an einen leistungsfähigen, mobilen Industriestaubsauger
- Modifikation des Versuchsaufbaus für Thermographieuntersuchungen

Die Programmpunkte „Laserstrahlabtragen unter besonderer Berücksichtigung von Hochleistungsdiodenlasern“ und „Laserbearbeitung an asbesthaltigen Materialien“ sind abgeschlossen.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Weiterentwicklung der Düsengeometrie durch numerische Strömungssimulation auf Basis der empirischen Ergebnisse
- Erprobung der neuen Trockeneisstrahldüse zum Abtragen von Beton und experimentelle Überprüfung der Intensitätsverteilung/Druckverteilung über den Strahlquerschnitt
- Vergleichende Ermittlung der Temperaturverteilung auf der Bauteiloberfläche mit einer Thermographiekamera für neue und vorhandene Trockeneisstrahldüsen
- Ermittlung von Leistungsdaten zum Abtrag von Betonoberflächen und Lackschichten mit einer Laserleistung bis 4 kW
- Erprobung und Weiterentwicklung der neuen Vor-Ort Absaugung unter Verwendung eines leistungsfähigen Industriestaubsaugers
- Abschließende Untersuchungen zum Trockeneis-Laserstrahl-Verfahren
- Aufarbeitung und Darstellung der Ergebnisse im Abschlussbericht

5. Berichte, Veröffentlichungen

Im Berichtszeitraum von 01/2005 bis 06/2005:

Bach, Fr.-W; Brüggemann, P.; Verseemann, R.: Abtragen und Entschichten von mineralischen und organischen Werkstoffen; 7. Internationales Symposium: „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle“, KONTEC 2005, 20.-22. April 2005, Berlin

Verseemann, R.; Fr.-W. Bach, G. Kremer, P. Brüggemann: Research and Development Results for Dismantling and Decontamination Application. Waste Management Symposium WM05, 27. Februar – 3. März 2005, Tucson, Arizona

geplant:

Bach, Fr.-W; Brüggemann, P.; Verseemann, R.: Dry ice laser beam blasting; Advanced Laser Applications Information Exchange, July 6-7, 2005, Las Vegas, Nevada

Zuwendungsempfänger: Siempelkamp Gießerei GmbH & Co., Siempelkampstraße 45, 47725 Krefeld		Förderkennzeichen: 02 S 8011
Vorhabensbezeichnung: Forschungsvorhaben zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen. Weiterführende Untersuchungen (FORM III)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2001 bis 31.12.2005	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 1.054.850,00 EUR	Projektleiter: Dr. Bounin	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Beim Rückbau kerntechnischer Anlagen werden in Zukunft vermehrt radioaktive metallische Reststoffe anfallen, die von einer konventionellen Wiederverwertung ausgeschlossen sind. In den abschließenden Untersuchungen (FORM III) wird die Abhängigkeit der Werkstoffeigenschaften von der chemischen Zusammensetzung bei der Reststoffverwertung statistisch abgesichert. Darüber hinaus werden Gusskörper (Hohlprofile) mit erhöhtem Recyclinganteil gefertigt, welche die Großausführungen der in Frage kommenden Behälter repräsentativ abdecken. Zur Bestimmung der Sicherheitsreserven werden Serien von Fallversuchen gezielt bis zum Versagen durchgeführt. Ein MOSAIK-II-Behälter wird in einem Fallversuch nach Anforderungen der Abfallbehälterklasse II geprüft (5m-Fall bei -20 °C). Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin, als Zuwendungsempfänger des Vorhabens "Entwicklung von Beurteilungsmethoden für Transport- und Lagerbehälter mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen - Abschließende Untersuchungen (EBER III)", Förderkennzeichen: 02 S 8021.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- I Werkstofftechnische Untersuchungen an Probenplatten: Ermittlung statischer Kennwerte und Gefügeuntersuchungen für Einflussgrößenberechnung. Festlegung Sonderwerkstoff für Behälter-Dummies (Hohlprofile). Quantifizierung Einfluss Kerben auf Bruchzähigkeit.
- II Bruchmechanische Werkstoffbewertung unter Störfallbedingungen: Fertigung Hohlprofil aus FORM-Werkstoff für Probennahme. Ermittlung Werkstoffkennwerte bei RT und -20 °C .
- III Optimierung Behälterdesign und Strukturanalyse: Maßnahmen zur Reduzierung der dynamischen Beanspruchungen unter Impakt. Verbesserungen in der Idealisierung des Fundamentverhaltens in der dynamischen FEA und der Interaktion von Fundament und Behälter.
- IV Mechanische Prüfungen Gusskörper: Fertigung und mechanische Prüfungen der Hohlprofile. Einbringen von großen Kerben. Schrittweise Bestimmung der Fallhöhe, die zur Rissinitiierung führt.
- V Mechanische Prüfungen Referenzbehälter: Fertigung eines optimierten MOSAIK II Behälters inkl. Einbringen von Kerben. Einbringen eines neuen Satz Kerben in vorhandenen Gusscontainer FORM II. Fallprüfungen beider Behälter unter Bedingungen nach ABK II (5 m-Fall bei -20 °C).
- VI Nachuntersuchungen: Probennahme aus Hohlprofilen und beiden Referenzbehältern. Untersuchungen auf Rissinitiierung. Zug- und Bruchmechanik-Eigenschaften im Stück.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Die Bestimmung der Bruchzähigkeit der Hohlprofile (Dummy-Gusscontainer) wurde abgeschlossen. Um die Bruchzähigkeit für vier untersuchte Materialzustände nach der sog. K-Methode zu bestimmen, musste die Prüftemperatur auf -40 °C abgesenkt werden. Die Endlageranforderungen sehen -20 °C vor.
- Weitere Hohlprofile der Serie C wurden gefertigt und an die BAM (zur Durchführung von Fallversuchen im Parallelvorhaben EBER III) übergeben. Mit den Hohlprofilen wurden alle geplanten 8 Fallversuche bei -40 °C durchgeführt. In der Serie B mit dem flachen Boden und der Serie C mit überstehenden Randstreifen im Boden befinden sich an allen Stellen der erwarteten Spannungsmaxima Kerben von 16 mm Tiefe (10 % der Wanddicke, durchlaufend über die gesamte Länge der Hohlprofile).
- Die Versuche erfolgten in 4 Schritten mit je 1 Hohlprofil der Serien B und C. Versuchsbegleitend wurde unmittelbar nach den Versuchen den Hohlprofilen an den gekerbten Stellen Schliffproben entnommen. Im ersten Schritt der Versuchsserie betrug die Fallhöhe **0,8 m**. Für die im 0,8-m-Fall auftretenden Spannungen musste für die gekerbten Hohlprofile entsprechend der Vorausberechnung schon mit Rissinitiierung gerechnet werden. Bei B1 zeigten die meisten, bei C1 nur einige der Proben eine Rissinitiierung (bis zu einigen Millimetern lang). In allen Fällen kam es zum Rissstopp.
- Die zweite Versuchsserie (Fallhöhe **3,2 m**) wurde mit dem Ziel doppelt so hoher Spannungen wie in Serie 1 festgelegt. Das Teil B2 zerbrach, das Teil C2 zerstörte das Fundament. Dies resultiert trotz größerer Fallhöhe in gleich hohen Spannungen wie in C1. Wo Rissinitiierung auftrat, kam es auch hier in allen Fällen zum Rissstopp.
- Die Fallhöhe (**1,8 m**) der dritten Serie wurde mit dem Ziel 1,5-facher Spannungen von Serie 1 festgelegt. Hohlprofil B3 blieb ganz und zeigte an allen Proben Rissinitiierung und Rissstopp. Einer der gekerbten Querschnitte hatte einen kompletten Durchriss. Die Fallhöhe (**0,2 m**) der vierten Serie wurde mit dem Ziel halbiertes Spannungen im Vergleich zu Serie 1 festgelegt. Bei dieser unterkritischen Beanspruchung gab es keine Rissinitiierung.
- Zur weiteren Abklärung der Randbedingungen für die Hauptversuche durch die BAM, führte Siempelkamp Fallversuche mit zylindrischen Gussbehältern durch. Mit Kerben von jeweils 15 mm Tiefe (10 % der Wandstärke) wurden ein ferritischer Behälter aus 5 m Höhe und ein hochperlitischer Behälter aus 0,8 m getestet. Der ferritische Behälter zeigte keine Rissinitiierung, der perlitische Behälter hatte 1 bis 2 mm große Risse und Rissstopp. Die Recyclingquote des noch zu fertigenden zylindrischen Gussbehälters für den Versuch bei der BAM wurde gleich hoch wie für den Gusscontainer FORM II festgelegt. Die Fallhöhe wird 0,8 m betragen.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Fertigung des zylindrischen Gussbehälters FORM III und Übergabe an die BAM.
- Berechnung des Gusscontainers mit gegenüber FORM II verbesserten Codes und Festlegung der Tiefe für den 2. Satz Kerben. Einbringen der Kerben und Übergabe an die BAM.
- Nach den Fallversuchen Bestimmung der Kennwerte in beiden Versuchskörpern.

5. Berichte, Veröffentlichungen

D. Bounin, W. Kleinkröger, U. Quade: Lagerbehälter mit optimierter Verwertung metallischer Reststoffe. KONTEC, 22.-22. 04.2005, Berlin

A. Naser, R. Vallentin, D. Bounin, D. Schreiber: Optimization of cast iron containers for final repository conditions, 10.-12.05.2005, Nürnberg

Zuwendungsempfänger: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Unter den Eichen 87, 12200 Berlin		Förderkennzeichen: 02 S 8021
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung von Beurteilungsmethoden für Transport- und Lagerbehälter mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen - Abschließende Untersuchungen (EBER III)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2001 bis 31.12.2005	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 387.698,73 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Droste	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Rezyklierung radioaktiven Metallschrottes aus dem Rückbau kerntechnischer Anlagen erlaubt, die Menge des endzulagernden Materials und die Kosten für die Endlagerung zu reduzieren. Die Methoden der sicherheitstechnischen Bewertung von Transport- und Lagerbehältern mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen wurden in den Vorhaben EBER (02 S 7584) und EBER II (02 S 7788) entwickelt. Zur endgültigen Absicherung der Werkstoffeinsatzgrenzen in einem sicherheitstechnischen Bewertungskonzept sollen diese Methoden unabhängig vom Endlagerstandort formuliert, auf beliebige Aufprallfundamente übertragen und auf zylindrische Lagerbehälter erweitert werden. Dazu ist die Behälterbeanspruchungsanalyse weiterzuentwickeln. Noch offene Fragen in der werkstoffmechanischen Beurteilung sollen durch experimentelle Untersuchungen an Gussbauteilen beantwortet werden.

Zusammenarbeit mit der Fa. Siempelkamp Gießerei GmbH & Co. KG, Krefeld als Zuwendungsempfänger des „Forschungsvorhabens zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen – Abschließende Untersuchungen (FORM III)“, Förderkennzeichen 02 S 8011.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- I. Experimentelle Untersuchungen zum Fallfundament
(Untersuchung der Ankopplung und Bauausführung des Auflagefundamentes, Ermittlung der Beanspruchungshöhe in Hohlprofilen als Modellbauteile)
- II. Untersuchung künstlich vorgeschädigter Bauteile bei kritischer Belastung
- III. Untersuchung künstlich vorgeschädigter Bauteile bei Überlast
- IV. Weiterentwicklung der Beanspruchungsanalyse
(Analyse des Einflusses des Fallfundamentes und von Behälterinnenmassen, Variation der Behälterfallposition, Übertragung auf andere reale Untergründe)
- V. Weiterentwicklung des bruchmechanischen Bewertungskonzeptes
(Untersuchung dreidimensionaler Werkstofffehlergeometrien, Werkstofffehler bei zylindrischen Behälterformen, Schlussfolgerungen aus den Untersuchungen mit vorgeschädigten Bauteilen)
- VI. Verifizierung des Sicherheitskonzeptes
(Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Fallversuchen mit vorgeschädigten Prototypbehältern sowie Vergleich mit Berechnungsergebnissen)

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von 8 Fallversuchen mit definiert vorgeschädigten Hohlprofilen der Serien B und C. Die Vorbereitung jedes Hohlprofils erforderte die Applizierung von Dehnmessstreifen und Beschleunigungsaufnehmern. Mit jedem Hohlprofil wurde genau ein Falltest auf ein im Vorhaben definiertes Betonfundament durchgeführt, das die Anforderungen aus den Endlagerungsbedingungen für die Schachanlage Konrad erfüllt. Dazu wurden die 3,8 Mg schweren Gussteile auf -40 °C gekühlt. Die Fallhöhe ergab sich aus Vorabrechnungen der Falltests und nach jedem Versuch durchgeführten Nachuntersuchungen, um zu bestimmen, ob es an den eingebrachten Kerben zu einer Rissinitiierung kam. Bei unterkritischer Belastung der Kerben wurden keine Anrisse gefunden. Bei kritischer Belastung traten z. T. Anrisse von einigen Millimetern Länge auf. Bei Überlast wurden je nach Höhe der überkritischen Rissbeanspruchung Einzelrisse bis hin zum Durchriss gefunden.
- Detaillierte Auswertung der Versuche durch numerische Simulation mit Berücksichtigung des beim Versuch aufgetretenen Auftreffwinkels, da die Versuchsergebnisse stark von auch sehr kleinen Auftreffwinkeln $< 1^\circ$ abhängen. In dynamischen bruchmechanischen Berechnungen wurde für jeden als scharfen Riss modellierten Kerb der dynamische Spannungsintensitätsfaktor berechnet.
- Abschluss der Beanspruchungsanalyse zu Innenmassen. Es wurden numerische Simulationen mit Dummy-Massen in Gussbehältern durchgeführt. Die Interaktion der Innenmasse mit dem Deckelsystem kann Einfluss auf die Dichtheit des Behälters haben. Die sich aus der Bewegung der Innenmasse ergebenden zusätzlichen Belastungen müssen bei der Auslegung der Verschraubung des Deckeldichtsystems berücksichtigt werden.
- Abschluss der Übertragbarkeitsbetrachtungen auf andere reale Untergründe. Zur Übertragung der Vorhabensergebnisse, die vor allem am Beispiel des Endlagers Konrad ermittelt wurden, wird eine Übertragungsprozedur vorgeschlagen, die auf numerischen Simulationstechniken beruht und für einen möglichen anderen Lagerstandort einfache bodenmechanische Untersuchungen erfordert.
- Vorbereitung von zwei Verifikationsversuchen mit Großbehältern. Planung und Beschaffung des Fallfundaments für bis zu 20 Mg schwere Behälter. Planung der Behälterkühlung. Erstellen von Messstellenplänen für die Versuche.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Schlussfolgerungen aus den Untersuchungen an den vorgeschädigten Hohlprofilen (u. a. im Hinblick auf die Größe und Lage rissartiger Fehlstellen in Gussbauteilen und die zerstörungsfreie Prüfung für ein Qualitätssicherungsprogramm)
- Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Fallversuche mit dem Gusscontainer FORM II und einem Gussbehälter vom Typ FORM III
- Erstellen des Abschlussberichtes

5. Berichte, Veröffentlichungen

Zencker, U., Qiao, L., Droste, B.: Development of assessment methods for transport and storage containers with a higher content of recycled metal. *Packaging, Transport, Storage and Security of Radioactive Material (RAMTRANS)* 15 (2004), Nos. 3-4, pp. 215-221.

Zencker, U., Qiao, L., Droste, B.: Entwicklung von Beurteilungsmethoden für Transport- und Lagerbehälter mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen – Ein zusammenfassender Überblick. *Tagungs-CDROM zur KONTEC 2005, Berlin, 20.-22. April 2005.*

Zuwendungsempfänger: Brenk Systemplanung GmbH, Heider-Hof-Weg 23, 52035 Aachen		Förderkennzeichen: 02 S 8031
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.12.2001 bis 31.03.2005	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 31.03.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 231.937,27 EUR	Projektleiter: Dr. Brenk	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Zielsetzung des Vorhabens ist es, eine mobil einsetzbare Pilotanlage zur Aufbereitung von radioaktiv kontaminierten Bauschutt bzw. mineralischen Reststoffen zu entwickeln.

Die Entwicklung der Verfahrenstechnik erfolgt mit der übergeordneten Zielsetzung, Kosteneinsparungen bei Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen, vor allem solcher im Geschäftsbereich des BMBF, BMWA (aber auch privatwirtschaftlicher Energie-Versorgungsunternehmen) zu erreichen, indem der Anteil an endzulagernden Bauschutt durch Separierung nicht-radioaktiver Stoffe reduziert wird.

Im ersten Teil des Vorhabens kommen die als Einstiegs-Testmaterial besonders geeigneten COMAS-Reststoffe (Testmaterial aus der Simulation von Kernschmelzen) zum Einsatz. Im zweiten Teil wird das Versuchsprogramm auf mengenmäßig bedeutende kontaminierte Bauschutte ausgeweitet. Die Anlage wird im Rahmen des geplanten Vorhabens bis zur kommerziellen Einsatzfähigkeit entwickelt werden.

Dieses Vorhaben wird im Verbund mit folgenden Vorhaben durchgeführt:

- 02 S 8041 der Siempelkamp Nukleartechnik GmbH (SNT)
- 02 S 8051 der Wismut GmbH (W)
- 02 S 8061 des Forschungszentrum Jülich - Institut für Sicherheitsforschung und Reaktortechnik (ISR)
- 02 S 8071 der RWTH Aachen - Lehr- und Forschungsgebiet Aufbereitung mineralischer Rohstoffe (AMR)

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Phase I bis III: Erarbeitung der Grundlagen der Aktivitätsseparation (Testmaterial: COMAS-Reststoffe)

- AP I/2: Literaturrecherchen zum Stand der Technik der Verfahren bzw. Techniken zur Behandlung mineralischer kontaminierter Reststoffe, des Bauschuttrecycling beim Rückbau von Kernkraftwerken und der KEMA-Anlage
- AP I/3: Unterstützung bei der Charakterisierung der COMAS-Reststoffe
- AP M: Marktanalyse zur Aktivitätsseparation
- AP II/2: Unterstützung bei der Installation und Inbetriebnahme der trockenen mechanischen Verfahrenstechnik in der CARLA-Halle
- AP II/3: Konzept und Spezifikation des notwendigen Arbeitsschutzes zur Verarbeitung von kontaminierten Materialien
- AP III/2: Charakterisierung der Stoffströme nach der Separation
- AP III/3: Bewertung des Separationserfolges

Phase IV bis VI: Weiterentwicklung der Verfahrenstechnik, Herstellung der kommerziellen Betriebstauglichkeit (Testmaterial: diverse Bauschutttypen)

- AP IV/1, IV/2: Probenbeschaffung und bei Bedarf Unterstützung bei der Charakterisierung der Bauschuttproben und bei entsprechenden Laborversuchen zur trockenen mechanischen Aufbereitung
- APVI/1: Optimierung und Bewertung der Pilotanlage im Hinblick auf verfahrenstechnische und betriebswirtschaftliche Kosten im Zusammenhang mit volkswirtschaftlichen bzw. externen Kosten
- AP VI/3: Unterstützende Arbeiten zur Durchführung diverser Genehmigungs- und Zulassungsverfahren als Voraussetzung für die kommerzielle Einsatzfähigkeit der Anlage zur Aktivitätsseparation

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Bei den durchgeführten Testreihen mit aktiviertem Schwerbeton aus dem Biologischen Schild des Forschungsreaktors (FRJ-1) Merlin und Bauschutt/Beton aus dem Rückbau des Brennstoffzellenlabors (BZL) sowie aus anderen kerntechnischen Anlagen, insbesondere aus Rückbauprojekten, wurden Separationserfolge zwischen 20 und 70 % insbesondere durch den Einsatz der neu entwickelten radio-metrischen Sortierung erzielt. Durch die direkte Separation der Aktivität aus dem Bauschutt kann der Separationserfolg im Vergleich zu reinen Zerkleinerungs- und Klassierprozessen wesentlich verbessert werden. Vorlaufende Behandlungsschritte, bei denen das Material anderweitig zerkleinert, sortiert, umgeschüttet oder aufbereitet wurde, führt zu einer mit der Zahl der Behandlungsschritte zunehmenden Homogenisierung der Aktivitätsverteilung, wodurch die Abtrennung freigebarerer Materialchargen erschwert wird.

Falls die Anlage nicht direkt in den Rückbauprozess integriert werden kann, was wünschenswert wäre, sollte die genaue Entstehungs- und Vorbehandlungshistorie des Materials dokumentiert werden.

Die Betreiber von Stilllegungs- und Rückbauprojekten können durch den Einsatz der AST-Anlage Zwischen- und Endlagerkosten einsparen. Abgesehen von den Aufbereitungskosten durch die Anlage können bei Separationserfolgen von 25 bis 75 % und Endlager- bzw. Entsorgungskosten von 20.000 bis 30.000 €/Mg Einsparungen von ca. 5.000 bis 22.000 €/Mg realisiert werden. Hierbei bleiben die Kosten der AST-Behandlung und der Administration sowie die Kosten für eine Deponierung der freigegebenen Produkte unberücksichtigt, da solche Kosten von verschiedenen Faktoren, z. B. der Chargengröße, abhängen.

Die Ergebnisse aus den Arbeiten zur Optimierung und Bewertung der Pilotanlage und zur Marktanalyse zeigen, dass unter Berücksichtigung notwendiger Modifikationen die Anlage marktwirtschaftlich betrieben werden kann.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Erstellung des Abschlussberichts ist abzuschließen und es soll die AST-Technologie durch den Einsatz bei nukleartechnischen Rückbauprojekten vermarktet werden. In diesem Rahmen wurde bzw. wird AST auf mehreren Fachtagungen z. B. KONTEC 2005 oder der 37. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V. sowie in Fachgesprächen präsentiert.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Meier-Kortwig, Diedenhofen, Maischak, Fachinger, Schartmann, Kießig, Schreiter:

Aufbereitung radioaktiver mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation, Tagungsband KONTEC 2003, S. 656

Meier-Kortwig, Steinwarz, Schartmann, Cramer, Brenk, Diedenhofen, Wotruba:

Aufbereitung radioaktiver mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation, Tagungsband KONTEC 2005, S. 539

Zuwendungsempfänger: Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Siempelkampstr. 45, 47803 Krefeld		Förderkennzeichen: 02 S 8041
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.12.2001 bis 31.03.2005	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 31.03.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 470.670,29 EUR	Projektleiter: Dr.-Ing. Meier-Kortwig	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Zielsetzung des Vorhabens ist es, eine mobil einsetzbare Pilotanlage zur Aufbereitung von radioaktiv kontaminierten Bauschutten bzw. mineralischen Reststoffen zu entwickeln.

Die Entwicklung der Verfahrenstechnik erfolgt mit der übergeordneten Zielsetzung, Kosteneinsparungen bei Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen, vor allem solcher im Geschäftsbereich des BMBF, BMWA (aber auch privatwirtschaftlicher Energie-Versorgungsunternehmen) zu erreichen, indem der Anteil an endzulagernden Bauschutten durch Separierung nicht-radioaktiver Stoffe reduziert wird.

Im ersten Teil des Vorhabens kommen die als Einstiegs-Testmaterial besonders geeigneten COMAS-Reststoffe (Testmaterial aus der Simulation von Kernschmelzen) zum Einsatz. Im zweiten Teil wird das Versuchsprogramm auf mengenmäßig bedeutende kontaminierte Bauschutte ausgeweitet. Die Anlage wird im Rahmen des geplanten Vorhabens bis zur kommerziellen Einsatzfähigkeit entwickelt werden.

Dieses Vorhaben wird im Verbund mit folgenden Vorhaben durchgeführt:

- 02S8051 der Wismut GmbH (W)
- 02S8031 der Brenk Systemplanung GmbH (BS)
- 02S8061 des Forschungszentrums Jülich - Institut für Sicherheitsforschung und Reaktortechnik (ISR)
- 02S8071 der RWTH Aachen - Lehr- und Forschungsgebiet Aufbereitung mineralischer Rohstoffe (AMR)

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Phase I bis III: Erarbeitung der Grundlagen der Aktivitätsseparation (Testmaterial: COMAS-Reststoffe)

- API/1: Einholung der zur Durchführung des Vorhabens notwendigen Genehmigungen
- API/3 bis I/5: Unterstützende Arbeiten zur Charakterisierung der COMAS-Reststoffe (Testmaterial der ersten Vorhabenshälfte), zu den Laborversuchen und zur Auswahl der Verfahrenstechnik zur Aufbereitung der COMAS-Reststoffe
- APII/1, II/2: Unterstützende Arbeiten bei der Installation und Inbetriebnahme der trockenen mechanischen Verfahrenstechnik in der CARLA-Halle
- APII/3: Spezifizierung und Konzeptionierung des notwendigen Arbeitsschutzes zur Verarbeitung von kontaminierten Materialien
- APIII/1 bis III/3: Unterstützende Arbeiten zur Optimierung der trockenen mechanischen Verfahrenstechnik (Aufbereitungstests, Charakterisierung der Stoffströme)

APIII/4:	Optimierung des Verfahrensgangs anhand größerer Probemengen (Aufbereitung der gesamten COMAS-Reststoffe)
Phase IV bis VI:	Weiterentwicklung der Verfahrenstechnik, Herstellung der kommerziellen Betriebstauglichkeit (Testmaterial: diverse Bauschutttypen)
APIV/1, IV/2:	Unterstützende Tätigkeiten bei der Charakterisierung bedeutender Bauschuttproben und bei entsprechenden Laborversuchen zur trockenen mechanischen Aufbereitung
AP V, VI/1, VI/2:	Unterstützende Arbeiten zur Erweiterung, Modifizierung und Optimierung der Anlagentechnik sowie Auslegung und Realisierung als mobile Einheit
AP VI/3:	Unterstützende Arbeiten zur Durchführung diverser Genehmigungs- und Zulassungsverfahren als Voraussetzung für die kommerzielle Einsatzfähigkeit der Anlage zur Aktivitätsseparation
AP KO:	Koordination des gesamten Verbundvorhabens

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im 1. Halbjahr 2005 erfolgte die Nachbereitung des Versuchsbetriebes. Im Zuge dieser Arbeiten wurden verschiedene Veröffentlichungen sowie der Endbericht des Forschungsvorhabens mit unseren Partnern Brenk Systemplanung und RWTH-Aachen erstellt.

Zum Abschluss des Vorhabens lässt sich feststellen, dass es gelungen ist, eine verfahrenstechnische Lösung zur erfolgreichen Aufbereitung von radioaktivem Bauschutt zu entwickeln. Die praktische Einsatzfähigkeit der Anlage wurde im Pilotmaßstab am Forschungszentrum Jülich bewiesen. Dies zeigten insbesondere Versuchschargen, die mit einem Durchsatz von ca. 1 t/h erfolgreich aufbereitet wurden, mit dem Resultat, dass ein bedeutender Anteil des aufgegebenen Bauschutts einer Freigabe zugeführt werden konnte.

Hohe Separationserfolge wurden hierbei insbesondere durch den Einsatz der radiometrischen Sortierung ermöglicht. Durch die direkte Separation der Aktivität aus dem Bauschutt kann der Separationserfolg im Vergleich zu reinen Zerkleinerungs- und Klassierprozessen wesentlich verbessert werden.

Somit sind durch den Einsatz der AST-Anlage bedeutende Einsparungen zu erzielen. Insbesondere bei einer frühzeitigen Integration der AST-Anlage in das gesamte Rückbaukonzept können Einsparungen in folgenden Bereichen erzielt werden:

- Rückbau,
- Abfall-Handling und Verwaltung,
- Zwischenlagerung,
- Freimessung
- etc.

4. Geplante Weiterarbeiten

Kurzfristig erfolgt die Fertigstellung des Abschlussberichtes. Mit dem Start der Vermarktung der AST-Anlage wird diese vor verschiedenem Publikum präsentiert.

5. Berichte, Veröffentlichungen

AST-SNT-B01: Arbeitsbericht - Erfahrungswerte der Testsortierung

Meier-Kortwig, Diedenhofen, Schartmann et al.: „Aufbereitung radioaktiver mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation“, KONTEC 2003 – 6. Internationales Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle“, Berlin, S. 656

Meier-Kortwig, Steinwarz, Schartmann, Cramer, Brenk, Diedenhofen, Wotruba:

Aufbereitung radioaktiver mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation, KONTEC 2005 – 7. Internationales Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle“, Berlin, S. 539

Zuwendungsempfänger: Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Templergraben 55, 52056 Aachen		Förderkennzeichen: 02 S 8071
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.12.2001 bis 31.03.2005	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 31.03.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 878.845,10 EUR	Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Wotruba	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Zielsetzung des Vorhabens ist es, eine mobil einsetzbare Pilotanlage zur Aufbereitung von radioaktiv kontaminierten Bauschutten bzw. mineralischen Reststoffen zu entwickeln.

Die Entwicklung der Verfahrenstechnik erfolgt mit der übergeordneten Zielsetzung, Kosteneinsparungen bei Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen, vor allem solcher im Geschäftsbereich des BMBF, BMWA (aber auch privatwirtschaftlicher Energieversorgungsunternehmen) zu erreichen, indem der Anteil an endzulagernden Bauschutten durch Separierung nicht-radioaktiver Stoffe reduziert wird.

Im ersten Teil des Vorhabens kommen die als Einstiegs-Testmaterial besonders geeigneten COMAS-Reststoffe (Testmaterial aus der Simulation von Kernschmelzen) zum Einsatz. Im zweiten Teil wird das Versuchsprogramm auf mengenmäßig bedeutende kontaminierte Bauschutte ausgeweitet. Die Anlage wird im Rahmen des geplanten Vorhabens bis zur kommerziellen Einsatzfähigkeit entwickelt werden.

Dieses Vorhaben wird im Verbund mit folgenden Vorhaben durchgeführt:

- 02S8051 der Wismut GmbH (W)
- 02S8031 der Brenk Systemplanung GmbH (BS)
- 02S8061 des Forschungszentrums Jülich - Institut für Sicherheitsforschung und Reaktortechnik (ISR)
- 02S8041 der Siempelkamp Nukleartechnik GmbH (SNT)

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Phase I bis III: Erarbeitung der Grundlagen der Aktivitätsseparation (Testmaterial: COMAS-Reststoffe)

- API/1: Beschaffung von technischen Einrichtungen für die Vorversuche
- API/2: Literaturrecherche zur konventionellem Aufbereitung von Bauschutten und zur Uranerzaufbereitung. Recherche zur FRANKA- Zerkleinerungsanlage
- API/3: Überprüfung und Bewertung der ausgewählten Proben. Auswahl, Beschaffung und Analyse von nicht aktiviertem Versuchsmaterial
- API/4: Laborversuche zu den Verfahrensschritten der mechanischen Aufbereitung. Technikumsversuche zur Zerkleinerung, Klassierung und Sortierung
- API/5: Auswahl der Verfahrenstechnik zur Aufbereitung der COMAS-Reststoffe
- APII/1, II/2: Komponentenbeschaffung und Aufbau einer lauffähigen Prozesskette zur Aufbereitung der COMAS-Reststoffe

- APIII/1 bis III/4: Weitere Aufbereitungstests und Aufbereitung der gesamten COMAS-Reststoffe
- Phase IV bis VI: Weiterentwicklung der Verfahrenstechnik, Herstellung der kommerziellen Betriebstauglichkeit (Testmaterial: diverse Bauschutttypen)**
- APIV/1, IV/2: Charakterisierung bedeutender Bauschuttproben und Durchführung von Laborversuchen zur trockenen mechanischen Aufbereitung
- AP V, VI/1, VI/2: Erweiterung, Modifizierung und Optimierung der Anlagentechnik sowie Auslegung und Realisierung der Pilotanlage als mobile Einheit mit modularem Aufbau.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im 1. Halbjahr 2005 wurden die Versuchsergebnisse und –daten des Pilotbetriebes der AST-Anlage im Forschungszentrum Jülich ausgewertet: Es war gelungen, eine mobil einsetzbare Pilotanlage zur Aufbereitung von radioaktiv aktiviertem und kontaminiertem Bauschutt zu entwickeln. Mit der Anlage wurden Massendurchsätze bis zu 1 t/h erzielt.

Insbesondere durch den Einsatz der neu entwickelten radiometrischen Sortierung konnten im Vergleich zu reinen Zerkleinerungs- und Klassierprozessen, Separationserfolge von teilweise über 70 % erzielt werden. Ein weiterer Vorteil dieser Sortiertechnik liegt in der Nachvollziehbarkeit der Einzelmessungen und der variablen Einstellung der Trenngrenzen.

Die gesamte Verfahrenstechnik wurde dekontaminiert und vorübergehend eingelagert.

In Zusammenarbeit mit den Projektpartnern Siempelkamp und Brenk Systemplanung wurden Veröffentlichungen und der Endbericht des Forschungsvorhabens erstellt.

Detaillierte Versuchsergebnisse sind der Veröffentlichung auf der KONTEC 2005 und dem Abschlussbericht zu entnehmen.

4. Geplante Weiterarbeiten

Gesamtbewertung der durchgeführten Pilotversuche und Definition von Optimierungspotentialen sowie mögliche verfahrenstechnische Anpassungen der AST Anlage. Verfassen von Veröffentlichungen sowie Abschluss des Projektes. Kurzfristig erfolgt die Fertigstellung des Abschlussberichtes. Unterstützung bei der Vermarktung der AST-Anlage sowie Entwurf von Projektskizzen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Meier-Kortwig, Diedenhofen, Schartmann et. al.: „Aufbereitung radioaktiver mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation“, KONTEC 2003 – 6. Internationales Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle, Berlin

Meier-Kortwig, Wotruba, Diedenhofen et. al.: „Aufbereitung radioaktiver mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation“, KONTEC 2005 – 7. Internationales Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle“, Berlin

Zuwendungsempfänger: TU München, Arcisstraße 21, 80290 München		Förderkennzeichen: 02 S 8081
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Verbesserung von Richtigkeit und Genauigkeit bei der Bestimmung des Nuklidinventars für die Deklaration und Freimessung von Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Einrichtungen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2001 bis 30.06.2005	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 468.152,14 EUR	Projektleiter: Dr. Bücherl	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Gemeinschaftsvorhabens mit dem Forschungszentrum Jülich GmbH ist sowohl die auf einer Kategorisierung von Rückbauabfällen und eingesetzter Messmethoden basierende Entwicklung eines Softwarepakets zur Reduktion des Aufwands für Kalibrierung, Auswertung und QA/QC als auch die Verbesserung von Präzision und Richtigkeit bei der Deklaration und Freimessung der Abfälle. Damit kann der Anwender Informationen oder Angaben zum individuellen Messobjekt bei der Inventaranalyse quantitativ verwerten. So lassen sich die Unsicherheiten bzgl. der Übereinstimmung der Eigenschaften des Messobjektes und der verwendeten Kalibrierung deutlich reduzieren.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte sind:

1. Erstellung der Gesamtkonzeption, der Festlegung von Randbedingungen und Einzelzielen sowie der Auswahl von geeigneten Analyse- und Auswertemethoden. (AP 1)
2. Erweiterung und Modifikation des vorhandenen Messsystems für Freimessaufgaben. (AP 2)
3. Entwicklung von Programmmodulen für die Erzeugung beliebiger Objekte und die Berechnung des Photonenflusses für ein beliebiges Referenzobjekt sowie von verschiedenen benötigten Hilfs- und Testprogrammen und von Datenbankmodulen. (AP 3 und 4)
4. Erprobung der Leistungsfähigkeit des Gesamtprogramms. (AP 6 und 7)
5. Erstellung von Abschlussbericht und Dokumentation.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Das im Rahmen des FuE-Vorhabens entwickelte Programmpaket „SWGGamma“ besteht aus einer einheitlichen Oberfläche, in die einzelne Module eingebunden sind. Diese Module übernehmen jeweils eine spezifische Aufgabe (z. B. Detektorsimulation, Messsimulation, Datenanalyse etc.) und wurden weitestgehend unabhängig von der Oberfläche entwickelt. Die Einbindung erfolgte erst nach einem erfolgreichen externen Funktionstest des Moduls, bei dem auch die genaue Schnittstellenbeschreibung zwischen Modul und Hauptprogramm (im wesentlichen der Oberfläche) festgelegt wurde.

Im Berichtszeitraum wurde das Modul zur automatischen Analyse von Zählratenverteilungen aus dem segmentierten Gamma-Scanning eingebunden. In zahlreichen Testläufen wurden vereinzelte „Bugs“ aufgedeckt und behoben. Dies erforderte z. T. erhebliche Nachbesserungen an bereits geprüften Programmteilen. In diesem Zusammenhang wurde auch Wert darauf gelegt, Erweiterungen, die nicht im Rahmen des Projekts zu berücksichtigen waren, zu einem späteren Zeitpunkt möglichst einfach integrieren zu können.

Als Neuerung wurde ein weiterer Programmabschnitt eingefügt, der eine Auswertung unter der Annahme einer homogenen Dichte (bestimmt aus Wägung und bekanntem Füllvolumen) und einer homogenen Aktivitätsverteilung auf der Grundlage der Summenpeaks für die verschiedenen Nuklide bzw. Energielinien durchführt. Dieses Ergebnis entspricht in etwa den Ergebnissen, die mit den bisher in den meisten Fällen angewandten Auswerteverfahren bestimmt wird und dient als Vergleichsgrundlage.

Das externe Modul zur automatischen Auswertung von Messdaten aus der Digitalen Radiographie wurde weiter entwickelt und getestet und steht vor der Einbindung in das Hauptprogramm.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Entwicklungsarbeiten an dem Projekt sind weitestgehend abgeschlossen.

Die Einbindung des Moduls für die automatische Auswertung von Messdaten aus der Digitalen Radiographie erfolgt derzeit parallel zur Erstellung der Dokumentation und des Abschlussberichts. Die entsprechenden Schnittstellen hierfür sind bereits implementiert.

Weitere Tests durch Einsatz des Programmpakets in der Praxis bei RCM werden durchgeführt. Die dabei erzielten Ergebnisse werden in den Abschlussbericht einfließen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

T. Bücherl, A. Elhardt, G. Caspary, „A simulation based approach for the quantitative evaluation of data from non-destructive assay of radioactive waste“, Proceedings of the WM'05, February 27 – March 3, 2005, Tucson, Arizona, USA.

T. Bücherl, A. Elhardt, G. Caspary, „Quantitative zerstörungsfreie Charakterisierung radioaktiver Abfallgebinde unter Berücksichtigung aller verfügbarer Information“, Proceedings KONTEC 2005, 7. Internationales Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle“ einschließlich 7. Statusbericht des BMBF „Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen“, 20. – 22. April, 2005, Berlin.

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Straße, 52425 Jülich		Förderkennzeichen: 02 S 8091
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Verbesserung von Richtigkeit und Genauigkeit bei der Bestimmung des Nuklidinventars für die Deklaration und Freimessung von Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Einrichtungen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.11.2001 bis 30.06.2005	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 357.480,00 EUR	Projektleiter: Dr. Caspary	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Gemeinschaftsvorhabens mit der TU München ist sowohl die auf einer Kategorisierung von Rückbauabfällen und eingesetzter Messmethoden basierende Entwicklung eines Softwarepakets zur Reduktion des Aufwands für Kalibrierung, Auswertung und QA/QC als auch die Verbesserung von Präzision und Richtigkeit bei der Deklaration und Freimessung der Abfälle. Damit kann der Anwender Informationen oder Angaben zum individuellen Messobjekt bei der Inventaranalyse quantitativ verwerten. So lassen sich die Unsicherheiten bzgl. der Übereinstimmung der Eigenschaften des Messobjektes und der verwendeten Kalibrierung deutlich reduzieren.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte sind:

1. Kategorisierung von Rückbauabfällen und Messmethoden.
2. Entwicklung eines Programmmoduls zur Charakterisierung eines beliebigen Detektorsystems.
3. Erweiterung des vorhandenen Messsystems für Freimessungen.
4. Erprobung der Leistungsfähigkeit des Gesamtprogramms.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

An der Dokumentation des Detektor-Moduls (der Projektpartner RCM – 02S8081 – ist für das Abfallgebinde zuständig) und der Dokumentation des Effizienzmoduls bestehend aus Simulationsmodul, Interpretations- und Interpolationsmodul wurde weitergearbeitet.

Die Arbeiten zur Validierung des Gesamtprogramms wurden abgeschlossen.

Darunter fallen: Messungen der Punktquelleneffizienz, Gamma-Scanning-Messungen, Tomografien und Freimessungen mit verschiedenen Systemen zur Erarbeitung einer Datenbasis für die Validierung und Bewertung der Leistungsfähigkeit des Gesamtprogramms.

4. Geplante Weiterarbeiten

Das Projekt ist abgeschlossen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

„Quantitative zerstörungsfreie Charakterisierung radioaktiver Abfallgebinde unter Berücksichtigung aller verfügbarer Informationen“, KONTEC 2005, Berlin, Deutschland

Zuwendungsempfänger: Universität Hannover, Welfengarten 1, 30060 Hannover		Förderkennzeichen: 02 S 8102
Vorhabensbezeichnung: Erweiterung der Einsatzgrenzen modularer Schneidtechnologien für den kostengünstigen Rückbau kerntechnischer Anlagen, EMOS		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2002 bis 28.02.2006	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 1.691.437,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Bach	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Vorhabensziel ist die Entwicklung und Qualifizierung von Schneidwerkzeugen für den Rückbau kerntechnischer Anlagen. Es werden Laserstrahlschneiden, Wasserabrasivstrahlschneiden (WAS) und Kontakt-Lichtbogen-Metall-Trennschleifen (CAMG) über ihre bisherigen Einsatzgrenzen hinaus weiter entwickelt und hinsichtlich der Schadstoffemissionen sowie des kostengünstigen und flexiblen Einsatzes optimiert. Ausgerichtet an den Bedürfnissen des Rückbaus werden personengebundene und fernhantierbare Schneidwerkzeuge entwickelt, die sich durch ihren modularen Aufbau und eine integrierte Prozess- und/oder Ergebniskontrolle (In-situ-Messung) auszeichnen. Die drei Schneidtechniken decken den Großteil der Rückbauaufgaben, angefangen bei Betonteilen (WAS), über Dünnschleif- (Laser), bis hin zum Dickblechbereich (WAS, CAMG), sowohl an Atmosphäre und als auch unter Wasser ab. Der modulare Aufbau gewährleistet eine schnelle Anpassung an die unterschiedlichen Aufgaben.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

1. Laserstrahlschneiden

- Erweiterung der Leistungsfähigkeit des handgeführten Laserstrahlschneidens
- Entwicklung eines flexiblen Modul-Baukasten-Systems, Entwicklung neuartiger Laserschneiddüsen für das Modulsystem
- Qualifizierung der Düsen für Schneidprozesse an CrNi-Stahl und für den handgeführten Betrieb bei Blechdicken >30 mm

2. Wasserabrasivstrahlschneiden

- Wasserabrasivinjektor- /suspensionsstrahlschneiden an Atmosphäre und unter Wasser
- Leistungssteigerung der beiden Wasserabrasivstrahlverfahren und Untersuchung zur Strahlstabilität und Strahlreichweite

3. Contact-Arc-Metal-Grinding

- Entwicklung und Aufbau einer CAMG-Schneideinrichtung zur Zerlegung metallischer Reaktorkomponenten
- Entwicklung neuer CAMG-Werkzeugelektroden, -Geometrien und -Beschichtungen, Untersuchungen des Werkzeugelektrodenverschleißes
- Entwicklung eines CAMG-Handgerätes für den Atmosphäreneinsatz

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Laserstrahlschneiden

Es wurden Untersuchungen zur Regelung des Schneidprozesses an Edelstahlblechen bis 8 mm Dicke durchgeführt.

Die Auswertesoftware wurde getestet und verbessert, Regelungsfrequenzen bis 3,3 kHz sind derzeit erzielbar, die Regelung funktioniert reproduzierbar, d. h. z. B. bei erkanntem Nichtdurchschnitt wird die Laserleistung erhöht, bis ein sicherer Durchschnitt gewährleistet werden kann.

Das modulare Laserhandgerät (LHG) wurde gefertigt und Spiegeloptiken (Paraboloide) hergestellt; eine Schnittstelle zum Laser wurde zur Fertigung gegeben.

Weiterhin wurde eine Schnittstelle des LHG zum Laser konstruiert und befindet sich derzeit in der Fertigung.

Es wurden Recherchen zu Parallelstrahldüsen als Basis für die Berechnung der Düsen durchgeführt und erste Düsenkonturen berechnet.

Wasserabrasivstrahlschneiden

Beim Handhabungssystem für den mobilen Einsatz kann die Vorschubgeschwindigkeit durch einen Getriebemotor stufenlos zwischen 0 und 300 mm/min eingestellt werden; sie deckt somit einen für diese Schneidverfahren typischen Geschwindigkeitsbereich ab. Für Arbeitsdrücke von 70 MPa beim WASS-Verfahren und 200 MPa beim WAIS-Verfahren konnten erste Schnitte an Stahl und Aluminium erfolgreich durchgeführt werden.

Durch den Einsatz des neuen WAIS-Schneidkopfes in Kombination mit einer 400 MPa-Kolbenpumpe konnte die Schneidleistung/Strahlreichweite gesteigert werden. Die maximale Schnitttiefe von 400 mm in CrNi-Stahl war deutlich höher als erwartet (300 mm). Somit ergibt sich die Möglichkeit, das WAIS-Verfahren als Alternative zum WASS-Verfahren für Zerlegeaufgaben einzusetzen.

CAMG

Die Analyse der bei dem CAMG-Prozess entstehenden Hydrosole und Sedimente ergab, dass mehr als 10 % des Schnittfugenmaterials zunächst in Schwebelagung bleibt und nur langsam aussedimentiert. Zudem wurde die Partikelgrößenverteilung der sedimentierten und suspendierten Partikel ermittelt.

Mit Hilfe angepasster elektrischer Leistung konnte die maximale Schnitttiefe auf 130 mm gesteigert werden. Zudem wurden in Absprache mit Industrievertretern Untersuchungen an unterschiedlichen Geometrien durchgeführt, u. a. an einem realen Pumpengehäuse.

Hinsichtlich der Optimierung von Elektrodenwerkstoff und Geometrie wurden durch Analyse der Verschleißmechanismen weitere Erkenntnisse zur Steigerung der Standzeit gewonnen, die in das Elektrodendesign eingeflossen sind.

4. Geplante Weiterarbeiten

Laserstrahlschneiden

- Verfeinerung des Regelalgorithmus für größere Blechdicken
- Untersuchungen zum Unterwasserlaserstrahlschneiden in einer Druckkammer
- Entwicklung weiterer Düsen
- Schneiduntersuchungen an dicken Blechen mittels neu entwickelter Düsentechnik

Wasserabrasivstrahlschneiden

- Erweiterung der WAS-Anlagen mit dem konstruierten Dosiersystem für den Einsatz von Polymeradditiven zur Verbesserung der Strahlstabilität.
- Untersuchungen zum Einfluss von Abrasivmitteln und Polymeren auf die Strahlstabilität und Strahlreichweite bei beiden Strahlverfahren. Dabei soll insbesondere auf den Einfluss von Hohlräumen auf Strahlstabilität eingegangen werden.
- Für das Schneiden von Hohlstrukturen sollen geeignete Schneidstrategien entwickelt werden. Zielsetzung ist hierbei das Trennen von komplexen Strukturen.

CAMG

- Aufbau einer Verschleißsensorik
- Untersuchungen zu den Möglichkeiten und Grenzen beim Schneiden von doppel- und mehrwandigen Strukturen mittels CAMG
- Untersuchungen zu den Möglichkeiten und Grenzen beim Schneiden von Aluminium mittels CAMG
- Entwicklung eines CAMG-Handgerätes für den Atmosphäreinsatz
- Untersuchungen über notwendige Randbedingungen zur Gewährleistung eines stabilen Prozesses an Atmosphäre
- Praxistest des CAMG-Handgerätes

5. Berichte, Veröffentlichungen

Verseman, R.; Fr.-W. Bach, G. Kremer, P. Brüggemann: Research and Development Results for Dismantling and Decontamination Application. Waste Management Symposium WM05, Tucson Arizona, 27. Februar – 3. März 2005

Drygalla, M.; H. Haferkamp, M. Hustedt, et al.: Neue Einsatzmöglichkeiten der Lasertechnik für Zerlegeaufgaben in kerntechnischen Anlagen. To be published in: Conference Proceedings, KONTEC 2005, 20.-22. April 2005, 2005

Louis, H.; Peter, D.; Senne, T.: Weiterentwicklungen des Wasserabrasivstrahlschneidens als universelle Zerlegetechnik. Conference Proceedings, KONTEC 2005, Berlin, 20.-22. April 2005.

Bach, Fr.-W.; Verseman, R.; Kremer, G.: Kontakt-Lichtbogen-Metall-Trennschleifen - ein Verfahren zum Zerlegen großer Wandstärken. Conference Proceedings, KONTEC 2005, 20.-22. April 2005, 2005

Auftragnehmer: DBE Technology GmbH, Eschenstraße 55, 31201 Peine		Förderkennzeichen: 02 S 8112	
Vorhabensbezeichnung: Abdichtung von Wegsamkeiten in Salzformationen mit kristallisierenden Evaporitmineralen (AISKRISTALL)			
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen			
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2002 bis 31.12.2005		Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 994.956,00 EUR		Projektleiter: Dr. Engelhardt	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Für Endlager radioaktiver Abfälle und Deponien im Salzgestein soll ein arteigenes Verschlussmaterial entwickelt werden, das im Sinne eines Konstruktionswerkstoffes verwendet werden kann. Die Erhärtung basiert auf der Bildung von Salzhydraten in Folge der Reaktion von Evaporitmineralen mit salinaren Lösungen. Geeignete Rezepturen sind durch Indexversuche und geochemische Modellierungen zu identifizieren. Anschließend sind technologische Aspekte der Herstellung und hydraulischen Förderung auf der Basis von Labor- und Technikumsversuchen zu untersuchen. Das Materialverhalten ist auf der Grundlage mathematischer Modelle zu beschreiben, auf dessen Grundlage eine Sicherheitsnachweisführung möglich ist. Gefügeuntersuchungen sowie mineralogische Phasenanalysen erfolgen zur Absicherung von Prognosen über das Langzeitverhalten. Eine standortspezifische Auslegung einer Permeationsbarriere und ein Katalog von QS-Maßnahmen bilden den Projektabschluss.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Untersuchungsprogramm umfasst folgende Schwerpunkte:

- Identifikation geeigneter Rezepturen (Baustoffzusammensetzungen)
- Untersuchung der Verarbeitbarkeit und in situ erreichbarer Qualitäten, z. B. der Fest Materialeigenschaften (Festigkeit, Steifigkeit, Dilatanz-, Kriechverhalten) sowie Permeabilität
- Entwicklung von Materialmodellen auf der Basis gezielter Untersuchungen zur Materialqualität
- Untersuchungen des Gefügebauaufbaus und Phasenbestandes zur Absicherung von Prognosen zum Langzeitverhalten
- Modellhafte Auslegung einer Permeationsbarriere und Aufstellung eines Katalogs von Qualitätssicherungsmaßnahmen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Würde im Forschungsbergwerk (FB) Asse Lösung in Kontakt mit den eingelagerten Abfällen kommen, so wäre eine Kontamination dieser Lösung mit Radionukliden nicht auszuschließen. Zur dauerhaften Fixierung ggf. auftretender radioaktiv kontaminierter Salzlösung wurden unterschiedliche Baustoffsysteme betrachtet, beispielsweise hydraulisch abbindende Baustoffe (Salz- und Solebetone), Magnesiabinder, Gelsysteme, Baustoffe auf der Basis von Calciumsulfat und Baustoffsysteme, die im Rahmen von AISKRISTALL entwickelt wurden.

Neben der Kapazität die radioaktiv kontaminierte Lösung zu fixieren, wurden die Baustoffe unter Berücksichtigung zahlreicher weiterer Materialeigenschaften bewertet, wie die Pumpbarkeit in Rohrleitungen (hydraulischer Transport), die Entstehung von Überschuss- und Überstandslösung („Baustoffbluten“) sowie die chemische Verträglichkeit mit dem Schutzfluid, das zur Stützung des Grubengebäudes eingebracht werden soll und Magnesiabinderrezepturen, die als Verfüllmaterial und zur Erstellung von Strömungsbarrieren vorgesehen sind. Es wurde geprüft, ob die Baustoffe mit den im FB Asse zur Verfügung stehenden Misch- und Fördereinrichtungen in der geforderten Qualität hergestellt und in die vorgesehenen Grubenbaue transportiert werden können. Des Weiteren wurde die Art der Anlieferung, die erforderliche Lagerungstechnik, die Möglichkeit der Einbringung erforderlicher Ausgangsstoffe über die pneumatische Förderleitung sowie die Qualitätssicherung der Ausgangsstoffe und der Baustoffe bewertet.

Als Resultat der Bewertung sämtlicher Kriterien wurde festgestellt, dass Rezepturen mit Kieserit und Magnesiumoxid, die im Rahmen dieses Vorhabens entwickelt wurden, die Voraussetzungen zur Fixierung radioaktiv kontaminierter Salzlösung am Besten erfüllen. Als weitere Arbeiten erfolgten daher Optimierungen von Baustoffrezepturen im Hinblick auf ein möglichst hohes Lösungs-zu-Feststoffverhältnis bei Gewährleistung der Anforderungen an die Materialeigenschaften.

4. Geplante Weiterarbeiten

Das weitere Arbeitsprogramm kann in folgende Schwerpunkte gegliedert werden:

- Durchführung von Messungen zur Quantifizierung des Kriech-/Kompaktionsverhaltens einer ausgewählten Baustoffrezeptur
- Fortführung der Erstellung eines Kataloges von QS-Maßnahmen

Des Weiteren werden die Untersuchungsergebnisse in einem Abschlussbericht zusammenfassend bewertet und dokumentiert.

5. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: TU Dresden, Mommsenstr. 13, 01062 Dresden		Förderkennzeichen: 02 S 8122
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abprodukt-Konditionierung		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2002 bis 31.12.2005	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 1.475.389,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Knorr	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Es wird die Entwicklung und Erprobung eines Verfahrens vorgesehen, das der radioaktiven Dekontamination von Beton und Sedimenten im Oberflächenbereich dient. Dazu sollen Laser so eingesetzt werden, dass die Abtragung und die Konditionierung der abgelösten radioaktiven Partikel in einem Technologieschritt erfolgt.

Verbundprojekt mit Kooperationspartner Laserinstitut Mittelsachsen e.V. (LIM), Förderkennzeichen 02S8162 und Unterauftragnehmer der TUD: VKTA Rossendorf e.V.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP I: Zusammenstellung kontaminierter/aktivierter silikatischer Strukturen von kerntechnischen Anlagen einschließlich Charakterisierung der Materialeigenschaften, Radionuklide und Nuklidverteilung
- AP II: Auswahl von Referenzfällen für Laserablation
- AP III: Herstellung und Charakterisierung von silikatischen Referenzproben
- AP IV: Ermittlung technisch-technologischer Parameter der Laserablation an inaktiven Referenzproben
- AP V: Untersuchungen zur Konditionierung der Ablationsprodukte, gegebenenfalls unter Einsatz von Zusatzstoffen als Matrixbildner
- AP VI: Aufbau eines Leistungslasers im Kontrollbereich des Kernreaktors der TU Dresden
- AP VII: Laserablation mit simultaner Konditionierung radioaktiver Referenzproben
- AP VIII: Aufstellen der Aktivitätsbilanz
- AP IX: Charakterisierung der Ablationsprodukte
- AP X: Bewertung des Verfahrens hinsichtlich Anwendungsgebieten, verfahrenstechnischer Durchführbarkeit und Produktgüte.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Beginn der Untersuchungen zum Abdampf- und Kondensationsverhalten der Radionuklide Cs-137, Co-60 und Sr-85 im Temperaturbereich bis 2500 °C unter Kurzzeitbedingungen (Minutenbereich) und Aufstellen der Aktivitätsbilanzen nach Laserbearbeitung (Nuklide im Beton, in der erstarrten Betonschmelze, abgedampfte Nuklide in Abhängigkeit der Betonoberflächentemperatur/Laserleistung und der Laser-Einwirkzeit): Sr-85 und Co-60 können radiologisch nicht im Abgasstrom nachgewiesen werden, die gesamte Aktivität lässt sich in der Betonschmelze nachweisen. Cs-137 dampft in geringem Maße ab. Dieser Anteil lässt sich jedoch auf Grund der im Laserstrahl erfolgten elektrischen Aufladung vollständig durch ein elektrisches Feld in unmittelbarer Nähe zum Freisetzungsort selektiv in einer Kältefalle abscheiden. Diese Ergebnisse müssen noch statistisch abgesichert werden.

Weiterentwicklung und Erprobung der selektiven Nuklidabscheidung im elektrischen Feld (Patentanmeldung). Dadurch kann eine Kontamination des Absaugsystems verhindert werden.

Fortführung der Arbeiten zur Optimierung des Schmelzeabtrages, insbesondere unter dem Aspekt der Auslaugfestigkeit der verglasten Abprodukte hat als Ergebnis eine Parameter-Matrix zur optimalen Laserstrahlführung (Leistung, Vorschubgeschwindigkeit, ...) in Abhängigkeit von der Betonsorte (Silicatanteil).

Bestätigung, dass ein Diodenlaser unter Berücksichtigung aller Einflussgrößen (Flexibilität, Preis-Leistungs-Verhältnis, Laserwellenlänge) optimal für die Dekontamination von Betonoberflächen geeignet ist.

Fortführung der Erprobung der Glasmatrixbildner zur Verbesserung der Verglasungseigenschaften von silicatarmen Betonen. Ergebnis: Glasbildner reagieren unter Lasereinwirkung gut mit der Betonmatrix und erzeugen so einen fest haftenden Glasfilm.

4. Geplante Weiterarbeiten

Fortführung der Arbeiten entsprechend Antrag mit folgenden Arbeitspaketen:

AP VIII (3), (4), (5), IX (Elution) und X. Schwerpunkte: Untersuchungen mit radioaktiven Proben, Aktivitätsbilanzen.

Erstellen des Abschlussberichtes.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Vortrag auf Tagung KONTEC 2005

Zuwendungsempfänger: Universität des Saarlandes, Im Stadtwald, 66041 Saarbrücken		Förderkennzeichen: 02 S 8132
Vorhabensbezeichnung: Biologische Wirkung niedriger Dosen ionisierender Strahlung		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2002 bis 31.07.2005	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 495.416,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Löbrich	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Vorhaben hat zum Ziel, eine auf mechanistischer Grundlage basierende Abschätzung der Gefährdung niedriger Dosen ionisierender Strahlung zu erhalten. Dazu sollen genetische Veränderungen im Bereich niedriger Dosen erfasst und in einen quantitativen Zusammenhang zur Strahlendosis gestellt werden. Die zu erhaltenden Ergebnisse werden eine kritische Überprüfung des gegenwärtig bei der Beurteilung des Strahlenrisikos angewandten „Linear-No-Threshold“-Modells zulassen und damit einen wichtigen Beitrag zur verbesserten Risikoabschätzung niedriger Strahlendosen leisten.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

In menschlichen Zellen sollen nach Exposition mit Röntgenstrahlung bzw. mit α -Teilchen das Auftreten von DNA-Doppelstrangbrüchen (DSB), von stabilen und instabilen chromosomalen Veränderungen sowie von Mutationen quantifiziert werden.

Das Gesamtvorhaben wird in 8 Arbeitspakete eingeteilt:

Die Arbeitspakete 1 - 4 beinhalten Messungen zum Auftreten und zur Reparatur von DSB, wobei besonderes Gewicht auf Studien mit niedriger Strahlendosis oder niedriger Dosisleistung und auf Untersuchungen zur Fehlreparatur von DSBs und zur Reparatur von DSBs in definierten Genomregionen gelegt ist.

Die Arbeitspakete 5 und 6 beschreiben Studien zur Messung stabiler und instabiler chromosomaler Veränderungen. Dabei soll das Verfahren einer Vielfarben-Fluoreszenz-In-situ-Hybridisierung auf untransformierte, jedoch immortalisierte, menschliche Fibroblasten angewandt werden.

In den Arbeitspaketen 7 und 8 sind Studien zur Analyse strahleninduzierter Mutationen vorgesehen. Dabei sollen Zellen, die auf Grund der Bestrahlung einen Funktionsverlust des Hypoxanthin-Guanin-Phosphoribosyl-Transferase-(HPRT)-Gens aufweisen, am Selektionslocus molekular charakterisiert werden. Dies wird darüber Aufschluss geben können, welche molekularen Mechanismen der Schadensinduktion und -reparatur für das Auftreten strahleninduzierter Mutationen verantwortlich sind.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Zur Aufklärung der Reparaturmechanismen nach niedrigen Strahlendosen (Arbeitspakete 1 und 2) wurden Röntgenstrahlen und α -Teilchen verwendet. Mit dem in unserem Labor etablierten immunfluoreszenzmikroskopischen Verfahren wurde das zeitliche Verhalten der DSB-Reparatur in Abhängigkeit von der initialen Strahlenschädigung untersucht. Dabei stellt das Verschwinden von γ -H2AX-Foci die Reparatur von DSBs dar (siehe frühere Zwischenberichte). Bei einer Bestrahlung mit dünn ionisierenden Röntgenstrahlen werden die induzierten DSBs stochastisch über den ganzen Zellkern verteilt. Reparaturkinetiken bei hohen Dosen (> 20 mGy) zeigen, dass in Wildtypzellen nach 24 h alle induzierten DSBs wieder repariert sind. DSBs, die durch sehr niedrige Strahlendosen (ca. 2 mGy) erzeugt wurden, werden dagegen nicht repariert. Dies zeigt, dass die Reparatur von DSBs nach Röntgenstrahlen dosisabhängig ist. Liegt nach Bestrahlung nur in jeder zehnten Zelle (entspricht einer Dosis von 2 mGy) ein DSB vor, wird keine Reparatur initiiert. Ist die verwendete Dosis jedoch so hoch, dass in jeder Zelle ein DSB induziert wird (entspricht einer Dosis

von 20 mGy), kommt es zu einer vollständigen Reparatur der Brüche. Nach einer 20 mGy-Bestrahlung ist die einzelne Zelle einem größeren biologischen Stress ausgesetzt als nach einer 2 mGy-Bestrahlung, da neben dem auftretenden DSB ein größerer Anteil an Einzelstrangbrüchen und Basenschäden erzeugt wird. Dieser erhöhte Stresspegel nach einer 20 mGy-Bestrahlung reicht aus, um die Reparatur anzuschalten. Reparaturkinetiken nach α -Teilchen-Bestrahlung, bei der wie bei einer 2 mGy-Röntgenbestrahlung nur jede zehnte Zelle einen γ -H2AX-Focus aufweist, zeigen nach kurzen Zeiten (bis zu 4 h) keine Reparatur. Allerdings werden nach langen Reparaturzeiten (bis zu 3 Tage) alle DSBs repariert. Bei einer α -Teilchen-Bestrahlung werden Schäden entlang der Bahn des Teilchens durch den Zellkern induziert. Aufgrund des hohen LET (linearer Energietransfer) des Teilchens können neben Einzelstrangbrüchen und Basenschäden mehrere DSBs innerhalb der Bahnspur des Teilchens auftreten. Selbst wenn nur jede zehnte Zelle von einem α -Teilchen getroffen wird (bei sehr niedriger Fluenz / Dosis), reicht der biologische Stress innerhalb der einzelnen Zelle aus, um die Reparatur zu initiieren. Das vermeintliche Ausbleiben der DSB-Reparatur nach kurzen Zeiten ist darauf zurückzuführen, dass nach einer kollimierten α -Teilchen-Bestrahlung die Bahnspur senkrecht durch die Zelle verläuft. Die induzierten DSBs liegen in der Bahnspur übereinander, so dass sich die γ -H2AX-Signale für die einzelnen DSBs in der Immunfluoreszenzmikroskopie überlagern. Wird ein DSB innerhalb der Bahnspur repariert, wird die Reparatur nicht durch das Verschwinden eines γ -H2AX-Focus sichtbar. Es findet also vermeintlich keine Reparatur statt. Erst wenn alle DSBs in der Bahnspur repariert sind, verschwindet der Focus, und die Reparatur wird nach außen hin sichtbar. Weiterhin wurden Untersuchungen durchgeführt, die zur Klärung der erhöhten biologischen Wirksamkeit niederenergetischer Röntgenstrahlung beitragen. Dabei wurden Reparaturkinetiken von Wildtypzellen nach niederenergetischer Röntgenbestrahlung und nach hochenergetischer γ -Bestrahlung erstellt. Es zeigte sich, dass durch niederenergetische Röntgenstrahlen induzierte Brüche langsamer repariert werden als Brüche, die von γ -Strahlung herrührten. Diese langsamere Reparatur lässt sich möglicherweise auf einen höheren Anteil an komplexen Brüchen (DSBs, in deren direkter Nähe weitere Einzelstrangbrüche und Basenschäden vorliegen) zurückführen. Bei Verwendung einer Zelllinie mit einem Defekt in der Reparatur komplexer DSBs sollten demzufolge vermehrt unreparierte DSBs zu finden sein. In den durchgeführten Experimenten wurde dieser höhere Anteil an unreparierten DSBs nach niederenergetischer Röntgenstrahlung tatsächlich gefunden. Die höhere biologische Wirkung dieser Strahlenart lässt sich damit zumindest zum Teil auf einen höheren Anteil an komplexen DSBs zurückführen.

4. Geplante Weiterarbeiten

Das Projekt endet am 31.07.2005. Der Abschlussbericht wird innerhalb von 6 Monaten erstellt. Des weiteren wurde ein Anschlussvorhaben beantragt. Mit diesem Vorhaben soll an das noch laufende Projekt angeknüpft werden. Dabei sollen bisher an Zellkulturen durchgeführte Untersuchungen zum Nachweis kleinster Strahlendosen und zur Aufdeckung der biologischen Wirkungen geringer Dosen auf die *in vivo*-Situation übertragen werden. Hierdurch wird es möglich werden, die Strahlenbelastung bei diagnostischen, therapeutischen und beruflich bedingten Strahlenexpositionen direkt zu quantifizieren und zwar in einem Dosisbereich, für den bisher keine Untersuchungen durchgeführt werden konnten. Neben diesen *in vivo*-Arbeiten sollen mit Zellkulturrexperimenten wichtige Beiträge zu einem mechanistischen Verständnis der DSB Reparatur erbracht werden. Dabei liegen die Schwerpunkte zum Einen auf Experimenten, welche die biologische Bedeutung unreparierter DSBs untersuchen und somit einen besseren Bezug zwischen strahleninduzierten DSBs und der Krebsentstehung herstellen können. Zum anderen sollen durch ein neuartiges, sogenanntes Lebendzellmikroskopieverfahren die molekularen Mechanismen des Reparaturvorganges aufgeklärt werden.

5. Berichte, Veröffentlichungen

- Jeggo, P.A. und Löbrich, M. (2005), Cell Cycle 4, 359-362
- Löbrich, M., Rief, N., Kühne, M., Heckmann, M., Fleckenstein, J., Rube, C. und Uder, M. (2005), Proc. Natl. Acad. Sci. USA 102, 8789-8790
- Löbrich, M. und Jeggo, P.A. (2005), DNA Repair 4, 749-759

Zuwendungsempfänger: TU München, Arcisstr. 21, 80290 München		Förderkennzeichen: 02 S 8142
Vorhabensbezeichnung: Selektive Tritium-Extraktion aus Wasser und Bindung auf einen Träger		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2002 bis 31.08.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 1.217.979,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Türler	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Gemeinschaftsvorhabens des Instituts für Radiochemie, TU München, mit dem Institut für Analytische Chemie, Chemo- und Biosensorik, der Universität Regensburg, ist die selektive Tritium-Extraktion aus Wasser und die Bindung von Tritium auf einem Träger. Bisher ist es nicht möglich das radioaktive Isotop Tritium aus tritiumhaltigen Prozesslösungen zu entfernen. Grundlage des vorliegenden Projekts ist die beobachtete Anreicherung von Tritium auf Biomolekülen von ca. einem Faktor 2. Im Projekt sollen die Mechanismen dieses Phänomens aufgeklärt und das darin enthaltene Anwendungspotential auf anorganische Tritiumakzeptoren übertragen werden. Besondere Beachtung muss dabei der Tritium-Analytik in wässrigen Systemen durch das Studium des Wasserstoff-Isotopieeffekts bei der Solvent-Solute-Trennung geschenkt werden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte (AS) sind:

1. Literaturstudie zu den Themen: Protonenbeweglichkeit, starke und schwache Wasserstoffbrückenbindungen (AP 1).
2. Austauschstöchiometrie und Austauschgeschwindigkeit bei organischen Rezeptoren (AP 2 und 3).
3. Methodenvergleich und Präzisierung des Isotopieeffekts bei der Solvent-Solute-Trennung (AP4 und 5).
4. Rückhaltevermögen organischer H-Rezeptoren (AP 6).
5. Auswahl und Studie anorganischer H-Rezeptoren (AP 7).
6. Verteilungsfaktoren und Austauschkinetik anorganischer H-Rezeptoren.
7. Abschlussbericht und Dokumentation

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Kryosublimationsversuche: Mit nicht gelierten und gelierten Agartinen (eine pflanzliche Gelatine aus Agar Agar) ergaben sich sehr hohe Anreicherungsfaktoren von 6,2 und 3,8. Reines Agar Agar zeigt eine Anreicherung von 1,6. Zum direkten Vergleich mit einem tierischen Produkt wurde reine Gelatine untersucht, wobei ebenfalls eine signifikante Anreicherung (Faktor 2,6) bestimmt werden konnte. Hingegen ergab sich mit Trockenhefe keinerlei Anreicherung von Tritium aus wässrigen Lösungen.

Bipolare Elektrolyse: Es gelang, Anreicherungen von deutlich über einem Faktor 3 reproduzierbar darzustellen. Nach einem weiteren Optimierungsschritt der Versuchsanordnung können nun Anreicherungsfaktoren zwischen 6 und 7 realisiert werden. Von vorrangigem Interesse ist dabei derzeit der exponentielle, zeitliche Verlauf der Anreicherungskurve. Um die maßgeblichen Einflussfaktoren auf diesen Verlauf bestimmen zu können, wird der Versuchsaufbau weiter optimiert (Entwicklung eines neuen, variablen Designs der Elektrolysezelle; Anpassung des Kühlsystems; Integration eines Füllstandmesssystems; Temperaturmessung an unterschiedlichen Punkten der Apparatur; Einbau eines automatischen „Notabschaltsystems“ (Nachtbetrieb); Verbesserung und gleichzeitige Vereinfachung der Messwertfassung etc.) (AS 5).

Gelfiltrationsversuche (UA Uni Regensburg): Mit DNA wurde nur geringe Anreicherung von Tritium (1,2) gefunden. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass HTO ohne Zusatz einer weiteren Verbindung durch Sephadex (vgl. Bericht 2/04) nicht angereichert wird.

4. Geplante Weiterarbeiten

In Regensburg werden die Gelfiltrations-Versuche mit DNA optimiert, wobei vor allem Lösungsmittelleffekte ausgeschlossen werden sollen.

Die bisher durchgeführten Anreicherungsversuche mit Agar Agar und Gelatine sollen mittels Kryosublimation weiter untersucht werden. Unter anderem werden Mannose und Glucose eingesetzt werden, da die oben genannte Agartine mit Mannose versetzt ist. Diese Versuche sollen klären, ob die beobachtete Anreicherung dem Agar Agar oder dem Zuckermolekül zuzuordnen ist. In Zusammenarbeit mit Dr. Beyer vom Lehrstuhl für Physikalische Chemie wird der Austausch von Tritium an Zuckermolekülen modelliert, um über die berechneten Parameter wie Nullpunkts- und Schwingungsenergie Hinweise auf eine bevorzugte Tritiumsubstitution im Vergleich zu Wasserstoff zu erhalten. Nach Abschluss der Umbauten der Elektrolyseanordnung ist geplant, den Abstand zwischen den Elektroden und der Membran der Elektrolysezelle gezielt zu variieren (respektive das Zellvolumen/Membrandicke und die Elektrodenfläche). Des Weiteren finden sowohl Eisen als auch Edelstahl als Membran- bzw. Elektrodenmaterial ihren Einsatz. Um bei einer Vielzahl an Variations- und Kombinationsmöglichkeiten die Anzahl der nötigen Experimente dennoch so klein als möglich zu halten, wird die Optimierung des Verfahrens mittels statistischer Versuchsplanung durchgeführt (Multisimplex, DOE).

5. Berichte, Veröffentlichungen

Wierczinski, B. et al., Vortrag KONTEC '05, Berlin, 20.-22.04.2005

Zuwendungsempfänger: Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Temp- lergraben 55, 52056 Aachen		Förderkennzeichen: 02 S 8152
Vorhabensbezeichnung: Messmethoden zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle und zur Freimessung von Rest- stoffen aus der Stilllegung kerntechnischer Anlagen (MESRAB)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2002 bis 31.07.2005	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 250.156,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Odoj	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Ziel des Vorhabens ist die Ermittlung des derzeitigen Standes der zerstörungsfreien und zerstörenden Messverfahren inklusive ihrer Fehlergrenzen, sowie eines eventuellen zukünftigen Forschungsbedarfs im Bereich Charakterisierung von radioaktiven Abfällen und Freimessung von Reststoffen. Dies gilt sowohl für Neuentwicklungen als auch für Weiterentwicklung bereits vorhandener Verfahren. Grundvoraussetzung für das Erreichen des Ziels ist die Erfassung aller bekannten Verfahren und ihre Ordnung und Bewertung nach bestimmten Kriterien.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

1. Ermittlung aller bestehender Messverfahren.
2. Ermittlung des Bedarfs an Messverfahren.
3. Ermittlung existierender Lücken.
4. Generalisierte Bewertungen und Empfehlungen – Schreiben des Abschlussberichts.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Ermittlung und Bewertung der am Radiochemischen Laboratorium der Framatome ANP in Erlangen eingesetzten zerstörenden Verfahren zur Bestimmung von reinen Beta- und reinen Alpha-Strahlern in Abfallproben.

Am Radiochemischen Laboratorium der Framatome ANP Erlangen werden folgende Typen von Proben untersucht: wässrige Abfalllösungen, Beton, Erdreich, Borglas, Borcarbid, Kohle, Kugel-, Pulverharz, Verdampfer-, Filterkonzentrate, Metallproben, Metallspäne, Belag von Metallproben, Ionenaustauscher mit Filterhilfsstoffe, Filter und Wischtestproben. Vor dem Aufschluss werden je nach Ausgangszustand der Probe mechanische (Schütteln, Mahlen, Sägen, Fräsen) und/oder thermische Aufbereitungsschritte (Trocknung, Veraschen) eingesetzt, um eine ausreichende Homogenisierung der Probe in einer für die weitere Bearbeitung handhabbaren Form zu erreichen. Als Aufschlussverfahren dienen die klassischen Verfahren wie Säureaufschluss- und basischer bzw. saurer Schmelzaufschluss. Seit einigen Jahren wird zunehmend das Mikrowellendruckaufschlussverfahren beim Aufschließen von Proben verwendet.

Die Abtrennung von H-3 aus festen Proben erfolgt mittels Destillation nach Aufschlammung oder Aufschluss der Probe (Ausbeute: 100 %). Die Abtrennung von H-3 aus wässrigen Abfalllösungen erfolgt durch Destillation (Ausbeute: 100 %) oder durch Festphasenextraktion mit einer TritiumTM-Säule.

Die Abtrennung von C-14 aus wässrigen Abfalllösungen, Kugelharzen, Pulverharzen, Verdamp-

fer- und Filterkonzentraten erfolgt durch Oxidation der Probe mittels $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{K}_2\text{CrO}_4$ unter Rückflusskühlung. Das freigesetzte C-14 wird mittels Trägergas in NaOH übergeleitet und als CO_2 absorbiert. Die Abtrennung von C-14 aus Kohle erfolgt nach Verbrennen der Probe im Sauerstoffstrom und Absorption des freigesetzten CO_2 in NaOH. Zum Abtrennen von weiteren Fremdaktivitäten wird eine BaCO_3 -Fällung durchgeführt. Je nach Probenmatrix liegt die chemische Ausbeute zwischen 95 % und 100 %.

Die Abtrennung von Cl-36 aus wässrigen Abfalllösungen, Kugelharzen, Pulverharzen, Verdampfer- und Filterkonzentraten erfolgt durch Oxidation der Probe unter Rückflusskühlung und kann parallel mit der C-14 Abtrennung durchgeführt werden. Das freigesetzte Cl-36 wird mittels Trägergas in NaOH übergeleitet und absorbiert. Die Abtrennung von Fremdaktivitäten, insbesondere C-14, erfolgt durch die Ausfällung von BaCO_3 . Je nach Probenmatrix liegt die chemische Ausbeute zwischen 90 % und 100 %.

Die Abtrennung von Fe-55 aus Aufschlusslösungen erfolgt durch hintereinander geschaltete Hydroxidfällungen und durch Flüssig-Flüssig-Extraktion. Je nach Probenmatrix liegt die chemische Ausbeute zwischen 60 % und 95 %.

Die Analyse von Ni-63/59 wird meist zusätzlich zur Fe-55-Bestimmung durchgeführt. Ni-63/59 wird als Ni-Dimethylglyoximkomplex extrahiert. Je nach Probenmatrix liegt die chemische Ausbeute zwischen 50 % und 95 %.

Die Abtrennung von Sr-89/90 aus der Aufschlusslösung erfolgt durch hintereinander geschaltete Sulfat-, Karbonat- und Chromatfällung. Je nach Probenmatrix liegt die chemische Ausbeute zwischen 50 % und 75 %.

Zur Abtrennung von I-129 wird die Originalprobe unter Rückfluss aufgeschlossen und das durch Destillation freigesetzte Jod in eine NaOH-Lösung eingefangen. Anschließend wird das Jod mittels Toluol extrahiert und im Wasser rückextrahiert. Je nach Probenmatrix liegt die chemische Ausbeute zwischen 30 % und 70 %.

Der Nachweis von H-3, C-14, Fe-55, Ni-63 und Sr-89/90 erfolgt durch LSC. Der Nachweis von Ni-59 erfolgt über die Messung der Röntgenlinie bei 6.9 keV mit einem Si(Li)- oder LEGE-Detektor.

Die Actinoiden werden aus der Aufschlusslösung durch Flüssig-Flüssig-Extraktion mit Triisooctylamin in Toluol bzw. mit Trioctyl-Phosphinoxid in Cyclohexan oder neuerdings durch Festphasenextraktion mit EichromTM-Säulen abgetrennt.

Der Nachweis der Actinoiden, außer Pu-241, erfolgt nach der Präparation von Zählproben durch Elektrodeposition mittels Alpha-Spektrometrie. Die Bestimmung von Pu-241 erfolgt durch LSC.

Für die Analyse der Radionuklide wird eine Bearbeitungszeit zwischen 0.5 und 15 Tage (inklusive der Maßnahmen zur Qualitätssicherung) je nach Radionuklid und nach verwendetem Trenn- bzw. Messverfahren benötigt. Die Teilnahme an Ringversuchen sowie die Analyse von Kontrollproben durch Standardaddition dient zur Qualitätssicherung.

4. Geplante Weiterarbeiten

Erstellung des Endberichtes.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Messmethoden zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle und Freimessung von Reststoffen aus der Stilllegung kerntechnischer Anlagen (MESRAB) – Ermittlung und Bewertung des Stands von Wissenschaft und Technik, E. Mauerhofer, R. Odoj, KONTEC 2005, 7. Internationales Symposium "Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle", 20. – 22. April, 2005, Berlin –Germany, Tagungsband, S. 658.

Zuwendungsempfänger: Laserinstitut Mittelsachsen e.V., Technikumplatz 17, 09648 Mittweida		Förderkennzeichen: 02 S 8162
Vorhabensbezeichnung: Verbundprojekt: Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abprodukt-Konditionierung		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2002 bis 31.07.2005	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 371.385,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Exner	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Vorhabensziele:

- Untersuchung des Schmelzverhaltens von reinem und kontaminiertem Schwerbeton unter Einwirkung von Laserstrahlung.
- Entwicklung eines effizienten Verfahrens zum Abtrag der Schmelze bei gleichzeitiger Konditionierung des kontaminierten Materials.

Bezug zu anderen Vorhaben:

- Verbundprojekt mit der Technischen Universität Dresden (TUD), Institut für Energietechnik, Förderkennzeichen 02S8122

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Programm des Laserinstitut Mittelsachsen e.V. gliedert sich in die AP's des Instituts für Energietechnik ein.

Arbeitspaket AP IV:

Ermittlung technisch-technologischer Parameter der Laserablation an inaktiven Referenzproben (jeweils für alle drei Laserstrahl-Wellenlängen)

- Entwicklung von Bearbeitungsparametern zum Erschmelzen von inaktivem Schwerbeton bis zu einer Tiefe von ca. 3mm
- Übertragung der Ergebnisse auf größere Flächen homogener Schmelze
- Chemische Analyse der erstarrten Schmelze
- Untersuchung zur Erhöhung der Effizienz des Verfahrens
- Entwicklung von Verfahren zum Trennen der schmelzflüssigen Phase vom Basismaterial unter Berücksichtigung der Bewertungskriterien

Arbeitspaket AP VI:

Aufbau und Inbetriebnahme des Leistungslasers an der TU Dresden

- Auswertung der vorliegende Ergebnisse als Grundlage für die Investitionsvorbereitung an der TU Dresden
- Aufbau und Inbetriebnahme des Leistungslasers
- Entwicklung von Zusatzgeräten und Messtechnik

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Vervollständigen des Parameterfeldes.
- Die abgetragenen Flächen wurden mit Hilfe der Lasertriangulation vermessen.
- Patentanmeldung des am LIM entwickelten Verfahrens.
- Die Arbeiten zur Literatur- und Patentrecherche sind aktualisiert und abgeschlossen.
- Präsentation der erzielten Ergebnisse auf der KONTEC 2005 und Veröffentlichung im Lasermagazin.

Ergebnisse:

Nach dem Vervollständigen des Parameterfeldes sind alle bisher erzeugten Abtragsflächen unter zu Hilfenahme der Lasertriangulationsmethode vermessen worden. Somit konnten Abtragstiefe, Abtragsvolumen und das Abtragsprofil bestimmt werden. Die derzeit mögliche Abtragsrate für gemischten Beton liegt bei einer Tiefe von 4,7 mm bei 682 cm³/h und für quarzitisches Beton bei einer Tiefe von 3,5 mm bei 508 cm³/h.

Die am LIM entwickelte Verfahren zum getakteten Abtrag der schmelzflüssigen Phase wurde zum Patent angemeldet.

Die Arbeiten zur Literatur- und Patentrecherche wurde aktualisiert und abgeschlossen.

Die erzielten Ergebnisse konnten erstmals auf der KONTEC 2005 präsentiert und im Lasermagazin Nr. 3, 2005, veröffentlicht werden.

4. Geplante Weiterarbeiten

Dokumentation und Anfertigen des Abschlussberichtes – das Projekt endet am 31.07.2005.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Exner, H.; Treptau, S.; Geißler, S.: Laserstrahliefenabtrag von Betonoberflächen mittels Hochleistungsdiodenlaser. Ein Beitrag zum Kooperationsprojekt „*Dekontamination silicatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abproduktkonditionierung*“, Tagungsband KONTEC 2005, 20.-22.04.2004, Berlin, S. 600-608

Treptau, S.; Geißler, S.; Exner, H.: Removal of concrete surfaces. Lasermagazin, No. 3, 2005, Magazin Verlag, S. 35

Auftragnehmer: STEAG encotec GmbH, Rüttenscheider Str. 1-3, 45128 Essen		Förderkennzeichen: 02 S 8172
Vorhabensbezeichnung: Entwicklung eines Konditionierungsverfahrens für Kernbrennstoffe aus dem Siemens-Unterrichts-Reaktor (SUR)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2002 bis 30.06.2006	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 1.465.899,00 EUR	Projektleiter: Taube	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

In Deutschland gibt es insgesamt zwölf Siemens-Unterrichts-Reaktoren (SUR). Ein Teil dieser Reaktoren ist bereits abgeschaltet, ein weiterer Teil plant die Abschaltung. Die SUR wurden bzw. werden von Fachhochschulen, Technischen Hochschulen, Universitäten und dem Forschungszentrum Karlsruhe betrieben. Die TU Dresden betreibt einen Ausbildungs-Kern-Reaktor (AKR).

Ziel dieses Vorhabens ist, ein Konditionierungsverfahren für den v. g. Kernbrennstoff zu entwickeln und anzuwenden, um im Anschluss das wiedergewonnene Uran dem Kernbrennstoffkreislauf zuzuführen.

Für die praktischen Durchführungen wurde das Institut für Radiochemie (RCM) der TU München im Rahmen des Gesamtvorhabens unterbeauftragt. RCM hat bereits im Vorfeld dieses Vorhabens im Auftrag des Forschungszentrums Jülich unter der Bestell-Nr. 021/41385637/930 Voruntersuchungen an einem Referenz-Brennelement durchgeführt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Für das Konditionierungsverfahren ist ein Verbrennen des Polyethylens mit nachfolgendem Blanden des zurückgewonnenen Kernbrennstoffes mittels Natur-Uran vorgesehen. Auf diese Weise werden das in den Brennstoffplatten enthaltene Polyethylen zerstört und der U-235 Gehalt des U_3O_8 (im Fall AKR UO_2) auf einen Wert < 5 Massen-% reduziert.

Das Programm ist in folgende Arbeitspakete untergliedert:

- AP1: Schaffung der genehmigungstechnischen Voraussetzungen
- AP2: Festlegung der Verfahrensabläufe
- AP3: Experimentelle Arbeiten
- AP4: Vertragswesen
- AP5: Projektmanagement

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Für die Konditionierung und die Weiterverarbeitung des Kernbrennstoffes müssen u. a. die genehmigungsrelevanten Voraussetzungen geschaffen werden. Ein entsprechender Antrag auf Genehmigungserweiterung nach § 9 AtG wurde durch RCM bei der zuständigen bayerischen Behörde bereits im Mai 2004 gestellt. Der verarbeitende Betrieb des konditionierten Kernbrennstoffes muss ein Zustimmungsverfahren durchlaufen. Es wurden die für die Antragstellung erforderlichen Abstimmungen und Arbeiten

durchgeführt. Ein entsprechender Antrag auf Zustimmung wurde durch den verarbeitenden Betrieb bei der zuständigen Behörde im Februar 2005 gestellt.

- AP2: Die Festlegungen zu den Verfahrensabläufen wurden weiterentwickelt. Hierzu gehören die Ausarbeitung der Anforderungen an das Uran-Produkt, das zum Blenden benötigte Uran, die Eingangskontrollen für die Brennelementplatten und das Blendmaterial, das mechanische Zerkleinern, die thermische Behandlung und die Parameter für das Blenden.
- AP3: Die Vorversuche mit inaktivem Polyethylen wurden erfolgreich abgeschlossen. Nach Erteilung der Betriebsgenehmigung für die Thermische Behandlungsanlage, die auch die Behandlung von Radionukliden zulässt, wurde eine Teilmenge (ca. 3 g) der Brennstoffplatte des SUR-Darmstadt auf inaktive Bestandteile untersucht (Kohlenstoff, Nickel, Eisen und Silizium).
- AP4: Die Abstimmungen von mehreren Vertragsentwürfen wie z. B. den Inhaberwechsel des Kernbrennstoffes, die Konditionierung, die Übereignung von Blendmaterial und die Lieferungen betreffend wurden fortgesetzt. Die Transportleistungen wurden auf Grundlage der neuen Randbedingungen angefragt und ausgewertet.
- AP5: Detailgespräche mit dem EVU, das Bereitschaft zeigt, den wieder gewonnenen Kernbrennstoff zu übernehmen, und dem Betrieb, der den konditionierten Kernbrennstoff für das EVU weiterverarbeitet, wurden fortgesetzt.

4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: RCM erledigt die aus den Gesprächen mit dem Gutachter anstehenden Arbeiten, so dass die technischen Voraussetzungen für die Erteilung der erweiterten Genehmigung geschaffen werden.
- AP2: Die Festlegungen zu den Verfahrensabläufen und Analysen werden mit dem Betrieb, der den konditionierten Kernbrennstoff für ein EVU weiterverarbeitet, vertiefend abgestimmt. Die Verfahrensabläufe werden mit U_3O_8 -Glührückstandsmengen aktiv erprobt.
- AP3: Der U_3O_8 -Austrag aus der Thermischen Behandlungsanlage wird untersucht. Bei diesen Experimenten wird z. B. Al_2O_3 zugesetzt, um eventuelle Staubfreisetzungen aufgrund thermischer Effekte beschreiben und Veraschungsparameter optimieren zu können. Weiterhin wird die Ofenkammer-Einrichtung modifiziert, um den Rußaustrag zu minimieren.
- AP4: Die Erstellungen der Vertragsentwürfe bzgl. der Planungsleistungen im Zustimmungsverfahren des Betriebes, der den konditionierten Kernbrennstoff weiterverarbeitet, des Inhaberwechsels des Kernbrennstoffes, der Konditionierung, der Übereignung von Blendmaterial und der Lieferungen werden weiterentwickelt.
- AP5: Es werden vertiefende Abstimmungsgespräche mit dem EVU unter Einbeziehung des Betriebes, der den konditionierten Kernbrennstoff weiterverarbeitet, durchgeführt, um die Randbedingungen für die Verträge einschl. der dazugehörigen Spezifikationen festzulegen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fürstengraben 1, 07740 Jena		Förderkennzeichen: 02 S 8182
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur Strahlenschutz-Vorsorge für radionuklidbelastetes Substrat: Mikrobieller Beitrag zur Bioakkumulation aus Bauschutt		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2003 bis 30.06.2006	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 599.999,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Kothe	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Vorhaben dient der Strahlenschutzvorsorge durch biologische Dekontamination radioaktiven Bauschutts unter Einsatz geeigneter Mikroben. Es wird auf einen Entzug der Radioisotopen/Schwermetalle durch pflanzliche Biomassen hingearbeitet, die dann verascht und in geringer Menge endgelagert werden können.

Das Vorhaben umfasst zunächst die Auswahl von Bakterien und Pilzen für Starterkulturen, die durch Isolierung vom Standort erhalten werden. Genetische Fingerprints zur Identifizierung und Kartierung am Standort werden daraus für ein mikrobiologisches Monitoring abgeleitet. Eine Versuchsanordnung im Labor und anschließend im mittleren Maßstab soll den Einfluss der Mikroben auf die Pflanzenextraktion validieren.

Neben der Publikation von Ergebnissen und Verwertung in der Lehre ist die Erteilung von Patenten für die erarbeiteten Verfahren Teil des Vorhabens.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Labor-Untersuchungen: Auswahl von Bakterien und Pilzen für Starterkulturen, Isolierungen vom Standort, Schwermetalltoleranzbestimmung, genetische Fingerprints zur Identifizierung und Kartierung am Standort.

Gefäßversuche: Substratbereitstellung zur Pflanzenextraktion, zur Kontrolle der eingebrachten Mikroben, zur Leistung der Mikroben in der Pflanzenextraktion und als Kontrolle ohne Biomaterial.

Lysimeterversuche: Einfluss der Beregnung und verschiedener Bepflanzung auf Dekontamination im Zusammenhang mit Bepflanzung, mikrobieller Inokulation und Kontrolle der Mikroben durch Antibiotika/Mykostatika.

Verfahrensbeschreibung: Die Umsetzung der erzielten Ergebnisse in eine Pilotanlage wird durch die WISUTEC GmbH vorbereitet. Alle Ergebnisse werden in der Lehre verbreitet.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die Arbeiten im Labormaßstab zur Identifizierung geeigneter Mikroben und die Bestimmung ihrer Schwermetallverträglichkeit sind abgeschlossen; ein innovatives Verfahren zum Mikrobiologischen Monitoring wurde vorbereitet und in ersten Analysen erfolgreich getestet. Dazu wurde die DNA-Extraktion aus Böden optimiert und ein CHIP für ein high-throughput-screening entwickelt und getestet. Für Pilze wird dieses Monitoring-Tool auf Schwermetall-responsive Gene erweitert.

Starterkulturen für Gefäß- und Lysimeteruntersuchungen wurden identifiziert und im Labormaßstab angezogen. Ihre Fähigkeit zur Konkurrenz im Schutt/Rohkompost-Gemisch wurde untersucht und die Mykorrhizierungsrate erhoben. Der Einfluss auf den Transfer von Radioisotopen und Schwermetallen (z. B. Strontium) in die Pflanze wurde untersucht. Die Lysimeter werden in dieser Pflanzperiode erstmals mit Sonnenblume und Mais bepflanzt, die sich in den Topfunteruchungen als für das Substrat geeignet erwiesen haben. Dabei wird ein Kontrollsubstrat (Haldenmaterial) mit ebenfalls hohem pH-Wert mitgeführt, um die Einflüsse der Kontamination auf Wachstum und Nachhaltigkeit der bakteriellen und pilzlichen Besiedlung nachvollziehen zu können.

4. Geplante Weiterarbeiten

Wie geplant sollen die Gefäßversuche und Lysimeteruntersuchungen weiter geführt werden:

2005/3-2005/8: Einrichten und erste Ernte der Gefäßversuche mit Bestimmung des Dekontaminationsfaktors in Abhängigkeit von Pflanzenart, Substratzusammensetzung, und Perkolation. Nachhaltigkeitsmessungen der eingebrachten Mikroben.

2005/9-11: Bericht zur Substratbesiedlung durch Mikroben in Gefäßversuchen

2005/12-2006/2: Überwinterung und Belastbarkeit der Gefäßversuche durch Witterung, Untersuchung der Notwendigkeit einer Neuinokulation mikrobieller Populationen. Vorbereitung der Lysimeter mit unterschiedlicher Bepflanzung/Inokulation und Beregnung. Falls notwendig, neue Substratzusammensetzung und neue Inokulation der Gefäße, neues Wasserregime.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Haferburg G, Reinicke M, Merten D, Büchel G & E Kothe, 2005. Identification of microbes suitable for heavy metal retention from acid mine drainage waters. *Journal of Geochemical Exploration*, Special Issue: Friese K, Dold B (Eds.) Biogeochemical Studies about the Environmental Impacts of Mining on Ground and Surface Waters. In Press.

Krause K. 2005. Wirtsspezifität und spezifische Genexpression in Mykorrhiza-Pilzen der Gattung *Tricholoma*. Dissertation, Universität Jena.

Zeggel L, Kießig G, Kothe E. 2005. Mikrobielle Leistungen in der Phytoremediation. Berichte des BMBF, Stilllegung kerntechnischer Anlagen. KONTEC 2005, Berlin.

Zuwendungsempfänger: Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH, Planckstraße 1, 64278 Darmstadt		Förderkennzeichen: 02 S 8203
Vorhabensbezeichnung: Genetische Wirkung dicht ionisierender Strahlen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2003 bis 30.06.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 1.357.473,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Kraft	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Forschungsvorhaben hat zum Ziel, verlässliche Daten zur Abschätzung der relativen biologischen Wirksamkeit (RBW) von dicht ionisierender Strahlung für die Induktion genetischer Veränderungen im Menschen zu erhalten. Hierzu werden vor allem *in vitro* Experimente mit primären menschlichen Zellen wie Lymphozyten und Hautfibroblasten durchgeführt. Die Ionenbestrahlungen erfolgen an den Beschleunigeranlagen der GSI. Als Maß der genetischen Veränderung werden Chromosomenschäden in Metaphasezellen sowie in Interphasezellen (G1- und G2-Phase) gemessen. Die *in vitro* erhaltenen Daten sollen dann mit Werten aus Patientenbestrahlungen (konventionelle Therapie und Kohlenstoffionentherapie) verglichen werden. Das Projekt hat darüber hinaus das Ziel, wissenschaftlichen Nachwuchs in der Strahlenforschung auszubilden und somit zum Kompetenzerhalt beizutragen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP 1:** Untersuchung der Induktion und Transmission von Chromosomenschäden in menschlichen T-Lymphozyten und Hautfibroblasten nach Teilchenbestrahlung (GSI Darmstadt).
AP 2: Messung der Strahlenempfindlichkeit von T- und B-Lymphozyten sowie von Makrophagen gegenüber dicht und dünn ionisierender Strahlung (Technische Universität Darmstadt).
AP 3: Untersuchungen zur Expression von Chromosomenschäden in T-Lymphozyten von Krebspatienten nach Bestrahlung mit Kohlenstoffionen oder Röntgenstrahlen (Universität Göttingen).
AP 4: Untersuchungen der strahleninduzierten genetischen Stabilität/Instabilität in Lymphozyten anhand der Messung der Telomeraseaktivität und der Bestimmung von Chromosomenschäden (Universitätsklinik Mannheim).

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP 1: Die im letzten Berichtszeitraum begonnenen Untersuchung von Chromosomenschäden in Lymphozyten eines gesunden Spenders nach Bestrahlung mit Röntgenstrahlen und Eisen-/Chromionen wurden abgeschlossen. Alle Experimente zeigen, dass die klassische Metaphasenanalyse, die 48 h nach Bestrahlung der Zellen durchgeführt wird, die genetische Wirkung von Ionenstrahlen stark unterschätzt, da schwer geschädigte Zellen erst zu späteren Zeitpunkten (> 60 h) in die Mitose eintreten. Schwergeschädigte Lymphozyten arretieren vor allem in der G2-Phase. Mit Hilfe der PCC-Methode wurden Chromosomenaberrationen auch in G2-Phasezellen gemessen. Diese bisherigen Experimente zeigen, dass die PCC¹⁾-Methode eine genauere Quantifizierung der Schäden erlaubt als die klassische Metaphasenanalyse.

Weiterhin wurden Langzeituntersuchungen in Fibroblasten nach Röntgen- und Kohlenstoffionenbestrahlung durchgeführt. Drei bis 7 Monate nach Bestrahlung erhöhte sich die Expression der Zellzyklusinhibitoren p21 und p16, die auch in seneszenten²⁾ Fibroblasten beobachtet wurde. Gleichzeitig stieg die Aberrationsrate an. Die M-FISH-Analyse zeigte, dass klonale sowie nicht-klonale Aberrationen entstanden. Letztere sind ein Indikator für genetische Instabilität. In einer Kultur, die ursprünglich mit einer hohen Röntgendosis bestrahlt worden war, traten außerdem vermehrt hypoploide³⁾ Zellen auf, sowie Veränderungen in der Morphologie und in der Proteinexpression (p21, p53).

AP 2: Es wurde mit der Trennung von B- und T-Lymphozyten begonnen und eine Reinheit der B-Zellfraktion von 75 % erreicht. Erste *in vitro* Experimente zeigen, dass B-Zellen etwa 4 Tage nach Stimulierung die erste Mitose erreichen. Röntgenbestrahlung bewirkt eine Zellzyklusverzögerung, die sich unter anderem in einem

niedrigeren Mitoseindex widerspiegelt. Chromosomenpräparate wurden hergestellt und werden zurzeit ausgewertet.

AP 3: Die Analyse von Chromosomenschäden in Lymphozyten gesunder Spender sowie von Prostatakarzinompatienten, die eine konventionelle Strahlentherapie erhielten, wurde abgeschlossen (jeweils 10 Personen). Die Untersuchung zeigte, dass im Blut aller zehn Patienten die spontane Aberrationsrate (d. h. vor der Therapie) höher war als im Blut gesunder Kontrollpersonen. Die entsprechenden Medianwerte betragen 0,025 bzw. 0,007 Aberrationen pro Zelle. In der Mitte der Therapie wurde nur bei 2 Patienten ein leichter Anstieg in der Anzahl von Chromosomenschäden beobachtet, während am Ende der Therapie bei fast allen Patienten höhere Werte gemessen wurden (Medianwert 0,044 im Vergleich zu 0,025 vor der Therapie). Überraschenderweise wurde ein Jahr nach der Therapie noch keine Abnahme in der Anzahl von Chromosomenschäden festgestellt. Die Untersuchungen sollen nun auf Patienten ausgedehnt werden, die mit IMRT bzw. Kohlenstoffionen-Boost und IMRT behandelt werden. Ein Ethikantrag wurde eingereicht und positiv beschieden.

Um die strahleninduzierte genomische Instabilität näher untersuchen zu können, wurde die Methode der Lymphozyten-Langzeitkultur etabliert. Bisher wurden Lymphozyten von 2 gesunden Spendern mit Röntgenstrahlen und 100 MeV/u Kohlenstoffionen bestrahlt und Proben für die Analyse von Chromosomenschäden sowie zur Bestimmung der Apoptoserate gesammelt. Zur Zeit erfolgt die Auswertung.

AP 4: Periphere Lymphozyten von 32 Prostatakarzinompatienten (vor bzw. im Verlauf der Strahlentherapie) und 6 gesunden Spendern wurden gesammelt mit dem Ziel, die individuelle Variation in der Telomeraseaktivität zu ermitteln. Erste Messungen von unstimulierten Lymphozyten zeigten, dass die eingesetzte PCR-ELISA Technik nicht sensitiv genug ist, um die geringe basale Telomeraseaktivität in ruhenden Zellen quantifizieren zu können. Ein empfindlicheres Nachweisverfahren, das auf real-time PCR basiert, wurde etabliert. Darüber hinaus wurde in Vorversuchen die Telomeraseaktivität in stimulierten und unstimulierten Lymphozyten eines jungen gesunden Spenders verglichen.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP 1: Im Frühjahr 2005 wurden Lymphozyten eines gesunden Spenders mit 100 MeV/u Kohlenstoffionen bestrahlt und zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Exposition Chromosomenpräparate (Metaphase und Interphase) hergestellt und Proben zur Apoptosemessung gesammelt. Dieses Experiment wird in den nächsten Monaten ausgewertet. Darüber hinaus soll eine detaillierte statistische Analyse der bisher für Lymphozyten erhobenen Datensätze erfolgen. Insbesondere soll die Verteilung der Schäden pro Zelle sowie die Anzahl der durch einen Teilchendurchgang erzeugten Aberrationen analysiert werden. In einem weiteren Langzeitexperiment mit normalen menschlichen Fibroblasten soll der Zusammenhang zwischen vorzeitiger Alterung, der Expression bestimmter Zellzyklusproteine sowie dem Auftreten von genetischer Instabilität untersucht werden. Vor allem soll der Einfluss der Strahlenqualität und der Dosis verifiziert und das Auftreten von strahlen- und zellkulturbedingten Selektionseffekten geklärt werden.

AP 2: Die Trennung der B- und T-Lymphozyten soll verbessert werden, eine Reinheit der B-Zellpopulation von etwa 90 % wird angestrebt. Weiterhin sind Bestrahlungsexperimente mit Röntgenstrahlen und Kohlenstoffionen geplant.

AP 3: Im Herbst 2005 erfolgen die ersten Behandlungen von Prostatakarzinompatienten mit einer kombinierten Therapie aus Kohlenstoffionen-Boost und einer anschließender IMRT. Blutproben dieser Patienten werden gesammelt und Chromosomenschäden bestimmt. Dabei wird dasselbe Protokoll wie bei den Göttinger Patienten angewendet. Darüber hinaus ist ein weiteres *in vitro* Experiment mit Lymphozyten eines gesunden Spenders geplant (Röntgenstrahlung, 100 MeV/u Kohlenstoffionen). Wie zuvor soll die Anzahl von Chromosomenschäden sowie die Apoptoserate bestimmt werden.

AP 4: Die Untersuchung der Telomeraseaktivität in bestrahlten, unstimulierten Lymphozyten mit Hilfe der PCR-ELISA Technik soll abgeschlossen werden. In weiteren Experimenten soll die Telomeraseaktivität mit der sensitiveren, kürzlich etablierten real-time PCR bestimmt werden. Es ist geplant, im nächsten Halbjahr die bisher gesammelten Proben (6 gesunde Spender, 32 Prostatakarzinompatienten) mit der neuen Technik zu analysieren sowie die Experimentbedingungen für *in vitro* Versuche zu optimieren.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Berger, S., E. Gudowska-Nowak, E. Nasonova and S. Ritter: Cell cycle arrest and aberration yield in normal human fibroblasts. II. Effects of 11 MeV/u C ions and 9.9 MeV/u Ni ions. *Int. J. Radiat. Biol.* (in preparation).

Gudowska-Nowak E., A. Kleczkowski, E. Nasonova, M. Scholz and S. Ritter: Correlation between mitotic delay and aberration burden and their role for the analysis of chromosomal damage. *Int. J. Radiat. Biol.* 81, 23-32 (2005).

Lee, R., Nasonova, E. and Ritter, S: Chromosome aberration yields and apoptosis in human lymphocytes irradiated with Fe-ions of differing LET. *Adv. Space Res.* 35, 268-275 (2005).

¹⁾ premature chromosome condensation ²⁾seneszent=gealtert ³⁾Zellen mit weniger Chromosomen als normale (diploide)

Zuwendungsempfänger: Universitätsklinikum Düsseldorf, Moorenstraße 5, 40001 Düsseldorf		Förderkennzeichen: 02 S 8213
Vorhabensbezeichnung: Mechanismen der Zytotoxizität durch Alpha-Strahlung in humanen normalen und malignen hämatopoetischen Zellen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2003 bis 31.07.2006	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 737.782,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Haas	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Schwerpunkt des Vorhabens ist die Aufklärung der molekularen Mechanismen, die der Schädigung/Zerstörung menschlicher normaler und maligner blutbildender Zellen durch Alpha-Strahlung zugrunde liegen. Die Untersuchungen bei gesunden Probanden und Patienten mit akuten oder chronischen Leukämien werden auf Gen-Expressionsebene mittels DNA-Arrays und Protein-Chips durchgeführt und mit funktionellen Tests für Zellzyklus, Zellproliferation, Apoptose-Induktion ergänzt. Bei Patienten mit malignem Non-Hodgkin-Lymphom, die eine Alpha-Radioimmuntherapie erhalten, werden Genexpressionsprofile von hämatopoetischen Stammzellen sowie B-Lymphozyten erstellt, um die Nebenwirkungen dieser Behandlungsart zu definieren.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP 1** Untersuchung der Wirkungen der Alpha-Strahlung auf normale hämatopoetische Zellen (myeloisch und lymphatisch) mittels Microarrays.
- AP 2** Untersuchung der Wirkungen der Alpha-Strahlung auf maligne hämatopoetische Zellen (myeloisch und lymphatisch) mittels Microarrays.
- AP 3** Untersuchung der Assoziation der RNA-Expressionsdaten aus AP1 und AP2 mit Proteinexpressionsdaten.
- AP 4** Untersuchung der Proliferationsfähigkeit und der Apoptose-Rate nach Alpha-Bestrahlung in normalen und malignen hämatopoetischen Zellen.
Bestätigung von Kandidatengenenen mittels quantitativer real-time RT-PCR.
- AP 5** Untersuchung des Einflusses radioprotektiver Substanzen auf das Genexpressionsmuster nach Alpha-Strahlung.
- AP 6** Untersuchung von transkriptionellen Änderungen in CD34+ Zellen bei Patienten mit Non-Hodgkin-Lymphom nach Alpha-Radioimmuntherapie.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP 1: Insgesamt wurden 20 Proben normaler CD19+ B-Zellen (immunmagnetisch angereichert aus „buffy coat“-Präparationen) mit 100µCi und 200 µCi ²¹³Bi-CD20 für 46 min bzw. 24 Stunden inkubiert und anschließend lysiert, um daraus Genexpressionsanalysen mit Microarrays zu machen.

AP 2: Die 10 K422-Lymphom-Zellproben, die mit 200 μCi ^{213}Bi -CD20 für 46 min bzw. 24 Stunden inkubiert wurden, wurden mittels Microarrays untersucht, bioinformatisch ausgewertet und mit den Daten mit der niedrigeren Dosis von 100 μCi verglichen. Nach Alpha-Bestrahlung mit einer Dosis von 200 μCi waren nach 46 min. 77 Gene differentiell exprimiert (davon waren 38 Gene auch bei 100 μCi verändert), nach 24 Std. waren insgesamt 693 Gene (davon waren 403 Gene auch bei 100 μCi verändert) differentiell exprimiert. Die Daten legen nahe, dass die Alpha-Strahlung bevorzugt Transkriptionsfaktoren induziert, in die Zellzyklusregulation eingreift und DNA-Reparaturmechanismen anschaltet.

AP 3: Mit Western-Blot konnte das proapoptotische p53 Protein nicht nachgewiesen werden. Eine Sequenzierung zeigte eine Punktmutation, die eine Verkürzung des Proteins bewirkt. Die fehlende p53-Expression kann eine Erklärung für die fehlende Apoptose nach Bestrahlung sein. Durchflusszytometrisch wurde die Expression von CD1c, CD47, CD79b und CD164 nachgewiesen.

AP 4: K422 Zellen wurden mit 6 verschiedenen Dosen ^{213}Bi -anti-CD20 (5–200 μCi) inkubiert und anschließend funktionell auf Überleben, Apoptose, klonogenes Wachstum und Methylierung untersucht. Der auf dem Owen's Reagenz basierende kolorimetrischer Assay, die Annexin V/Propidiumiodid Färbung, die Quantifizierung der Apoptose-assoziierten Proteine Caspase-3, Bcl-2 und PARP, die BrdU Inkorporation, die Ki-67 Expression sowie semisoliden Colony-forming Assays wurden eingesetzt. Dabei zeigte sich eine fast komplette Hemmung des klonogenen Wachstums bereits bei 5 μCi . Im Gegensatz dazu war kaum Apoptose zu beobachten und nach 24 h sind nur 10 % der Zellen abgestorben. Daraus kann man schließen, dass die Zellen langfristig geschädigt werden und die Alpha-Strahlung keine Apoptose auslöst. Methylierungs-spezifische PCRs gaben erste Hinweise darauf, dass eine Alpha-Bestrahlung zu einer Verringerung der genomweiten DNA-Methylierung führt. Zur Bestätigung der Microarray-Daten wurden insgesamt 16 verschiedene interessante Gene mittels quantitativer „real-time“-RT-PCR untersucht. Für alle untersuchten Gene zeigten sich gleichgerichtete Veränderungen in der Microarray- und in der PCR-Analyse.

AP 6: Im Berichtszeitraum wurden keine weiteren Patienten behandelt.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP 1: Die Expressionsanalysen werden auf normale CD19+ B-Zellen ausgeweitet und mit den Daten aus den Zell-Linien verglichen.

AP 2: Daten aus den Microarray-Hybridisierungen werden weiter vor dem Hintergrund der biologischen Funktion der differentiell exprimierten Gene ausgewertet und mit funktionellen Zellkulturdaten in Beziehung gesetzt.

AP 3: Mit Western-Blot und Immunzytometrie soll die Expressionsänderung des Zellzyklus-regulierenden Gens RB1 sowie weiterer Proteine nach Alpha-Strahlung gemessen werden.

AP 4: Nach Bestrahlung sollen Zellzyklusanalysen durchgeführt sowie DNA-Schäden und Methylierungsänderungen mittels spezifischer PCRs gemessen werden.

AP 6: Falls geeignete Patienten gefunden werden, soll diese mit Radioimmuntherapie behandelt und weitere Proben davon gewonnen werden.

5. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: Universität Fridericiana zu Karlsruhe (TH), Kaiserstraße 12, 76128 Karlsruhe		Förderkennzeichen: 02 S 8223
Vorhabensbezeichnung: Inaktivierung von Mdm2 nach ionisierender Strahlung – Aufklärung der Signaltransduktionskette		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.06.2003 bis 31.05.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 347.892,00 EUR	Projektleiter: Prof. Herrlich	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Gesamtziel: Untersuchung der Signalwege, die durch Doppelstrangbrüche angeschaltet werden und zur Inhibierung des Mdm2 Proteins (und damit zur Zunahme des p53 Proteins) führen.

Bezug zu förderpolitischen Zielen: Das Vorhaben dient dem Kompetenzerhalt und der Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses.

Wissenschaftl. und/oder technische Ziele: Aufklärung der Signaltransduktionskette nach ionisierender Strahlung (IR), Identifizierung neuer Zielproteine für die Krebstherapie

Bezug zu anderen Arbeiten: Untersuchungen zur Stabilisierung des p53 Proteins nach Schädigungen der DNA bilden einen Forschungsschwerpunkt in der Arbeitsgruppe Blattner am Institut für Genetik. Hier wurde bereits GSK-3 als Komponente einer Signaltransduktionskette identifiziert, welche Informationen vom Doppelstrangbruch zum Mdm2 Molekül leitet. IR inaktiviert GSK-3 und verhindert so die GSK-3 abhängige Phosphorylierung von Mdm2. Da die Phosphorylierung des Mdm2 Proteins für den Abbau des p53 Proteins essenziell ist, nimmt die p53 Menge nach Inhibition von GSK-3 zu und p53-Zielgene werden aktiviert. Dadurch wird der Zellzyklus arretiert und die Zelle kann die DNA Schäden vor der nächsten Zellteilung reparieren oder Zelltod auslösen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- A.1: Identifizierung der Kinase, die GSK-3 nach ionisierender Strahlung phosphoryliert
- A.2: Identifizierung der Mechanismen, die zur Aktivierung der GSK-3 Kinase nach ionisierender Strahlung führen.
- B.1: Analyse der Mechanismen, die zur Translokation von CKI δ nach ionisierender Strahlung führen.
- B.1.1: Analyse strahleninduzierter Phosphorylierungen von CKI δ
- B.1.2: Analyse strahleninduzierter Sumoylierung von CKI δ
- B.2: Analyse der Signaltransduktion, die der Translokation zugrunde liegt
- B.3: Analyse von CKI δ Zielgenen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

zu A: Bisher sind 5 Kinasen bekannt, welche GSK-3 unter verschiedenen physiologischen Bedingungen phosphorylieren (p90Rsk, PKA, PKC, PKB/Akt, p70S6K). Durch die Verwendung möglichst spezifischer Inhibitoren haben wir untersucht welche dieser Kinasen für die Phosphorylierung von GSK-3 nach ionisierender Strahlung verantwortlich sein könnte. Im zurückliegenden Berichtszeitraum haben wir initiale Ergebnisse verifiziert und auf weitere Kinasen ausgedehnt. Durch die so gewonnenen Ergebnisse können wir eine Beteiligung von p90Rsk, PKA sowie die konventionellen und neuen PKC-Isoformen ausschließen.

Die Beobachtung, dass die GSK-3 Phosphorylierung nach ionisierender Strahlung in gehungerten Zellen inhibiert wird, weist auf die Beteiligung einer Wachstumsfaktor-abhängigen Signaltransduktionskaskade hin. Hier verfolgten wir die Hypothese dass die Proteinkinase Akt an der Signaltransduktion, die zur Phosphorylierung von GSK-3 nach Bestrahlung führt, beteiligt ist. Diese Vermutung wurde durch die Verwendung einer dominant negativen Mutante des Akt Proteins weiter erhärtet. Um die Beteiligung von Akt an der Signaltransduktion zu überprüfen haben wir eine gegen die Akt RNA gerichtete siRNA hergestellt und diese in Zellen stabil exprimiert. Wir haben dabei eine bis zu 70 % Reduktion der Akt Expression erreicht.

zu B: Eine Regulation des p53 Proteins durch CKI δ ist nach wie vor unwahrscheinlich. Jedoch wird der Transkriptionsfaktor E2F-1 durch CKI δ reguliert. Allerdings scheint diese Regulation nur unter normalen Wachstumsbedingungen relevant zu sein und hat keine Bedeutung für die Strahlenantwort. Auch konnten wir keinen Einfluss von CKI δ auf die E2F-1 Aktivität nach Bestrahlung nachweisen.

4. Geplante Weiterarbeiten

zu A: Mit Hilfe der spezifischen siRNA gegen Akt soll die Beteiligung von Akt an der Phosphorylierung von GSK-3 nach ionisierender Strahlung endgültig geklärt werden. Außerdem soll die Beteiligung der p70S6K durch Expression von siRNA überprüft werden. Ferner soll untersucht werden, ob Serin/Threonin Phosphatasen durch IR inhibiert werden.

zu B: Wir werden das E2F-1 Protein auf strahlenbedingte Modifikationen untersuchen und den Mechanismus der Translokation in den Zellkern nach Bestrahlung zu analysieren.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Kulikov R, Boehme AK, Blattner C. 2005. GSK-3 phosphorylates Mdm2 and regulates the turnover of the p53 tumor suppressor protein. *Mol. Cell. Biol.*, 25

Auftragnehmer: DBE Technology GmbH, Eschenstraße 55, 31201 Peine		Förderkennzeichen: 02 S 8234
Vorhabensbezeichnung: Vorstudie über die Rückführung der Wiederaufarbeitungsabfälle von Brennelementen deutscher Forschungsreaktoren aus der WA Dounreay in Schottland (RETURN)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.05.2004 bis 31.08.2005	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 388.600,00 EUR	Projektleiter: Bollingerfehr	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Im Rahmen des Vorhabens sollen die Randbedingungen und Vorgaben zusammen gestellt und untersucht werden, die - ausgehend von der freigegebenen Verfahrensqualifizierung für die Konditionierung der flüssigen radioaktiven Abfälle von wiederaufgearbeiteten Brennelementen aus deutschen Forschungsreaktoren - erfüllt sein müssen, damit eine Rückführung der Abfälle vom schottischen Dounreay nach Deutschland möglich wird. Weiterhin sind die Fragen zu klären, die sich mit der Auswahl und Spezifikation von Transport-, Zwischenlager- und Endlagerbehältern befassen. Dabei sind bereits existierende Behälter und Behälterkonzepte mit in die Lösungsfindung einzubeziehen und technische Alternativen zu entwickeln. Die Voraussetzungen und Bestimmungen für Genehmigungsverfahren von ggf. neuen Behältern sind zu untersuchen.

Die Möglichkeiten zur Zwischenlagerung der zurück zu nehmenden Abfallbehälter aus Dounreay in Deutschland sind zu analysieren und darzustellen. Dabei sind alle in der Planung und im Bau befindlichen Zwischenlagermöglichkeiten mit einzubeziehen.

Der Aufwand für die vollständige Rückführung der in der WA in Dounreay hergestellten Abfallgebinde ist zu ermitteln. Dazu zählen die Entwicklung eines Zeitplanes und eine Kostenabschätzung für die in Frage kommenden Optionen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Zur Beantwortung der in der Zielsetzung genannten Aufgaben ist das nachfolgende Arbeitsprogramm vorgesehen:

- AP1: Untersuchung des Status Quo zur Wiederaufarbeitung der Brennelemente und der Abfallbehandlung und -lagerung
- AP2: Abklären der genehmigungsrechtlichen Voraussetzungen für die Rückführung der Abfälle nach Deutschland
- AP3: Zusammenstellen der erforderlichen Verfahrensschritte und Prüfungen zur Konditionierung der Abfälle
- AP4: Vorschläge für Transport der konditionierten Abfälle und Zwischenlagerung
- AP5: Zeitplan für Rückführung der Dounreay-Abfälle aufstellen
- AP6: Kostenschätzung für notwendige Maßnahmen
- AP7: Dokumentation und Abschlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1 bis AP3: abgeschlossen.

AP4: Die technischen und logistischen Ansätze zur Rückführung der Gesamtmenge von 173 Fässern wurden weitergeführt durch Recherchen dazu bei Behälterherstellern, Transportunternehmen und Betreibern von Zwischenlagern. Für den Transport- und Lagerbehälter wurde eine Machbarkeitsstudie vergeben.

AP5: Auf Basis von Angaben zu Genehmigungszeiten, zu Behälterfertigungszeiten, zum Transport und zur Zwischenlagerung wurden die notwendigen Zeitdauern abgeschätzt.

AP6: Die von Behälterherstellern, Transportunternehmen und Betreibern von Zwischenlagern erhaltenen Kostenansätze wurden ausgewertet.

AP7: Die Erstellung des Abschlussberichtes wurde fortgeführt.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP5: Der Zeitplan für die Rückführung der Dounreay-Abfälle wird auf Basis der Informationen zu Behälterherstellung, zum Transport und zu den erforderlichen Genehmigungen weiter detailliert.

AP6: Kostenschätzungen für notwendige Maßnahmen (Behälter, Transport, Zwischenlagerung einschließlich der erforderlichen Genehmigungen) werden abschließend zusammengestellt.

AP7: Dokumentation der Projektergebnisse und Fertigstellung des Abschlussberichtes.

5. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e.V., Bautzener Landstraße 128, 01314 Dresden		Förderkennzeichen: 02 S 8244
Vorhabensbezeichnung: Entsorgung von Thoriumverbindungen, Teilprojekt 1 – Erstellung einer Entscheidungsgrundlage zur Verwertung/Entsorgung von Thoriumverbindungen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2004 bis 28.02.2005	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 28.02.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 98.820,00 EUR	Projektleiter: Dr. Knappik	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist es, auf der Grundlage einer Bestandsaufnahme, der Ermittlung und Darstellung potentieller Verwertungs-/Entsorgungsmöglichkeiten sowie mit der Erstellung einer Entscheidungsmatrix einen Beitrag zur Verwertung, zur künftigen Th-Entsorgung bzw. zur Herabsetzung des Gefährdungspotentials von in der Zwischenlagerung befindlicher Th-Verbindungen in Deutschland zu leisten. Beim Vorhaben wird insbesondere das Material aus dem kerntechnischen Bereich betrachtet. In der Entscheidungsmatrix werden wesentliche Angaben zu den einzelnen Verwertungs-/Entsorgungsmöglichkeiten zusammengefasst, notwendige Voraussetzungen und Rahmenbedingungen für den Bau und Betrieb einer potentiellen Kleinanlage, z. B. zur Umwandlung von Th-Oxalat in Th-Oxid, genannt sowie eine Bewertung auf der Basis festzulegender Kriterien vorgenommen. Das Vorhaben ist quasi ein Verbundprojekt, das im Teilprojekt 1 vom VKTA gemeinsam mit den Unterauftragnehmern ISR des FZ Jülich GmbH, Öko-Institut e.V. und der HTM Reetz GmbH in einem Zeitraum von 11 Monaten bearbeitet werden soll. Mit dem Abschluss dieser Etappe ist die Basis für die Entscheidung geschaffen, ob und in welcher Weise die Verwertung oder Entsorgung realisiert werden kann.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Arbeitspaket 1: Bestandsaufnahme und Thorium-Charakterisierung

Arbeitspaket 2: Ermittlung und Darstellung gegenwärtiger Verwertungs- bzw. Entsorgungsmöglichkeiten

Arbeitspaket 3: Erstellung einer Entscheidungsgrundlage

Arbeitspaket 4: Projektmanagement, Projekttreffen und Berichtswesen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Arbeitspaket 1:

Die im Jahre 2004 durchgeführte Bestandsaufnahme von Thoriumreststoffen insbesondere im kerntechnischen Bereich ergab, dass in Deutschland keine ungelösten Entsorgungsprobleme bestehen. Die in den meisten Fällen nicht als reine Verbindungen vorliegenden Reststoffe wurden von den einzelnen Besitzern gemäß den zurzeit gültigen Annahmebedingungen des Endlagers Konrad konditioniert oder als NORM Stoffe deponiert. Lediglich der VKTA verfügt über eine beachtliche Menge reinen Thoriumoxalates, das für eine Verwertung potentiell

geeignet ist. Bei einer konventionellen Verwendung sind bestimmte Elementgehalte (insbesondere Fe) als kritisch zu bewerten.

Arbeitspaket 2:

Es wurde gezeigt, dass trotz geringer, in der Tendenz abnehmender Anwendung von Thoriumverbindungen im konventionellen Bereich eine Verwendungsmöglichkeit bestünde, wenn gewisse Randbedingungen eingehalten werden könnten. Für Thoriumoxalat wäre auf jeden Fall eine Stoffumwandlung in das Oxid bzw. Nitrat und für den VKTA-Bestand zusätzlich ein Reinigungsschritt erforderlich. Beide Verfahrensschritte sind aufgrund der erforderlichen Prozess- und Sicherheitstechnik (Strahlenschutz, Emissionsschutz etc.) mit solchen Kosten behaftet, dass sie bereits über denen des als dauerhaft niedrig einzustufenden Weltmarktpreises von etwa 70,00 €/kg Thoriumoxid beim Endverbraucher liegen.

Der Einsatz von Thoriumoxid als Bestandteil von Brennelementen in der Kerntechnik mit dem Ziel der Erhöhung des Abbrandes und damit der Reduzierung von langlebigen Spaltprodukten ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt auf den Labormaßstab beschränkt, so dass realistische Anwendungschancen für diesen Verwertungsweg – vor allem in Deutschland – kaum bestehen. Dasselbe trifft auf die Anwendung als Keramik für den Einschluss von hochradioaktiven Abfällen für die Endlagerung zu.

Arbeitspaket 3:

Aufgrund der unerwarteten Ergebnisse der Bestandsaufnahme mit nur noch einer Th-Hauptposition, bestehend aus 10,8 Mg Th-Oxalat, verbleiben aus heutiger Sicht nur noch die Optionen Langzeitzwischenlagerung und geordnete Beseitigung als radioaktiver Abfall, was gleichbedeutend mit der Konditionierung zur Endlagerung ist. Es wurde ein Kostenvergleich zwischen der direkten Endlagerung von Th-Oxalat und der vorherigen Umwandlung in Th-Oxid vorgenommen. Ausgehend davon, dass bei der Langzeitzwischenlagerung über die Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle die Sicherheitsanforderungen an die längerfristige Zwischenlagerung und die standortunabhängigen Endlagerungsbedingungen zu beachten sind, stellen sich aus stofflicher Sicht keine erhöhten Anforderungen an das Abfallprodukt, wenn die Grundanforderungen erfüllt sind. Das heißt, dass die Umwandlung von Th-Oxalat in Th-Oxid nicht erforderlich ist. Damit ergibt sich für diese Option ein geringer Aufwand und praktisch kein wirtschaftliches Risiko. Die Endlagerung von Abfallgebinden setzt nach heutigem Kenntnisstand die Einhaltung der Grube Konrad Bedingungen und der standortunabhängigen Endlagerungsbedingungen unter Einhaltung der Produktkontrollmaßnahmen voraus. Hier gilt ebenfalls wie bei der Option Langzeitzwischenlagerung, dass bei der Erfüllung der Grundanforderungen an Abfallprodukte und Abfallbehälter unter Einhaltung der Aktivitätsgrenzwerte die stoffliche Umwandlung einer Th-Verbindung zu Th-Oxid nicht erforderlich ist. Die Kosten der direkten Endlagerung von Th-Oxalat sind niedriger als die der chemischen Umwandlung in Th-Oxid.

Arbeitspaket 4:

Projekttreffen im Januar 2005 im VKTA.

Abschlussbericht wurde planmäßig fertig gestellt.

4. Geplante Weiterarbeiten

Das Vorhaben endete am 28.02.2005.

5. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: Universitätsklinikum Essen – Universität Duisburg-Essen, Hufelandstraße 55, 45122 Essen		Förderkennzeichen: 02 S 8254
Vorhabensbezeichnung: Checkpoint Manipulation als Strategie für den Strahlenschutz und für die Strahlensensibilisierung von Säugetierzellen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2004 bis 31.07.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 361.512,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Iliakis	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Identifizierung und Charakterisierung einer neuen Klasse von Verbindungen, die als Radioprotektoren durch Verlängerung des G2-Blocks wirken, und Vor-Einschätzung ihrer möglichen Verwendung im Strahlenschutz für den Menschen.

Einzelziele:

Ziel 1: Auswertung der Produktion und Exkretion von GAMA*¹⁾ in das Wachstumsmedium durch bestrahlte A1-5 Zellen. Standardisierung der Bedingungen für eine Großproduktion von Medium, das mit A1-5 Zellen konditioniert wurde, um es für eine anschließende Charakterisierung und Reinigung von GAMA zu verwenden. Auswertung der Effekte von GAMA auf die G2-Checkpoint-Reaktion mit Hilfe der Durchflusszytometrie.

Ziel 2: Auswertung der Checkpoint-Signale im Zusammenhang mit dem G2-Block und Überprüfung, ob diese Signale nach der Einwirkung von GAMA verändert werden. Auswertung unter Betonung des Pfades, der von ATM/ATR ausgeht, über Chk1/Chk2 und über CDC25C seine Fortsetzung findet, um schließlich zur Phosphorylierung des Serins 15 von Cdk1 zu führen.

Ziel 3: Bestimmung von Größe, Ladung, molekularer Natur und Struktur von GAMA. Bestätigung der Peptid-Natur von GAMA und Analysen unter Verwendung eines Proteinsequenz-Analysators und der Massenspektrometrie.

Ziel 4: Herstellung von mono- und polyklonalen Antikörpern gegen das Peptid. Verwendung dieser Reagenzien, um festzustellen, ob GAMA von einem Vorstufen-Protein abgeleitet wird. Wenn die Antwort positiv ausfällt, Beginn der Klonierung des Gens für dieses Protein.

*¹⁾ GAMA: G2-arrest modulating activity

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1.1 Standardisierung der Wachstumsbedingungen
- AP1.2 Standardisierung der C-Med Präparation
- AP1.3 Produktion von C-Med in großem Maßstab
- AP1.4 Auswertung der G2-Arretierung in C-Med, das GAMA enthält
- AP2.1 Effekte von GAMA auf die Cdk1 Kinase
- AP2.2 Effekte von GAMA auf Cdc25C
- AP2.3 Effekte von GAMA auf ATM/Chk2 und ATR/Chk1 Pfade
- AP3.1 Bestimmung der Ladung
- AP3.2 Stabilitätstest

- AP3.3 Die Natur von GAMA
- AP3.4 Reinigungs-Strategie
- AP3.5 Sequenz-Analyse
- AP3.6 Massenspektral-Analyse
- AP4.1 Identifikation des Peptids und Vorstufenproteins
- AP4.2 Antikörper Produktion
- AP4.3 Klonierung der Gene für das Protein

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Nachdem in der vergangenen Berichtsperiode in Vorversuchen bestätigt werden konnte, dass die A1-5 und T101 Zelllinien Ergebnisse liefern, die den in den USA gewonnen Ergebnissen sehr ähnlich sind, wurde eingehend die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse überprüft.

Zu diesem Zweck wurden die Strahlenempfindlichkeit wie auch die Aktivierung des G2-Checkpoints nach Bestrahlung mit ionisierender Strahlung im Detail studiert und Parameter wie Dosis und Zeit für weitere Experimente festgelegt.

Zentral in den Bemühungen während der letzten sechs Monate war die chemische Charakterisierung von GAMA. Experimente wurden mit dem Ziel durchgeführt, Informationen darüber zu gewinnen, ob GAMA ein Peptid, DNA oder RNA ist. Zu diesem Zweck wurden Kulturmedien, die GAMA-Aktivität aufwiesen, mit Proteasen und Nukleasen behandelt und der mögliche Aktivitätsverlust evaluiert. Bisherige Ergebnisse konnten keinen eindeutigen Hinweis über die Identität von GAMA liefern. Obwohl es sehr unwahrscheinlich ist, dass GAMA eine Nukleinsäure ist, kann nicht definitiv ausgeschlossen werden, dass GAMA ein Peptid ist, und dies trotz der Resistenz der Aktivität an verschiedenen Proteasen. Die Schwierigkeit liegt darin, dass, wenn GAMA ein Peptid ist, es relativ klein (Mol.Gew.~1000 Dalton) sein wird und deshalb möglicherweise proteasenresistent.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die geplanten Weiterarbeiten werden sich an oben aufgestelltem Arbeitsplan halten. Insbesondere wird die Identität von GAMA weiter untersucht und es werden Verfahren, die diese Identifizierung ermöglichen, eingesetzt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Da dieses Projekt erst vor wenigen Monaten begonnen hat, liegen noch keine Berichte oder Veröffentlichungen vor.

Zuwendungsempfänger: Ludwig-Maximilians-Universität München, Geschwister-Scholl-Platz 1, 80539 München		Förderkennzeichen: 02 S 8264
Vorhabensbezeichnung: Anpassung einer Ionen-Mikrostrahleneinrichtung für Untersuchungen zur Dynamik von geschädigten DNA-Regionen und zur Rekrutierung von Reparaturfaktoren		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2004 bis 31.07.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 221.619,00 EUR	Projektleiter: Dr. Friedl	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Durch Ionen-Mikrobestrahlung von markierten Chromatindomänen im Zellkern sollen Untersuchungen zur Dynamik der geschädigten Bereiche und zur Rekrutierung von Reparaturproteinen ermöglicht werden. Dies dient dem Verständnis der Rolle topologischer Faktoren bei der Entstehung von Chromosomenaberrationen. Technisches Ziel des Projektes ist die Adaptation einer bestehenden Ionen-Mikrostrahleneinrichtung für biologische Experimente. Dazu ist es nötig, die Treffergenauigkeit mit physikalischen und mit biologischen Methoden zu charakterisieren und mögliche Störfaktoren zu beseitigen. Zudem muss eine geeignete Zellkammer entwickelt werden und eine Methode zum wieder auffinden bestrahlter Zellen etabliert werden. Schließlich soll die Eignung der entwickelten Systeme durch Lebendzellbeobachtung nach gezielter Bestrahlung subnukleärer Regionen verifiziert werden. Nach Etablierung biologischer Experimente an der Mikrostrahleneinrichtung kann diese auch für andere Projekte aus dem medizinisch-biologischen Bereich genutzt werden. Die Zusammenarbeit von Strahlenbiologen, Zellbiologen und Kernphysikern soll eine interdisziplinäre Ausbildung von Naturwissenschaftlern ermöglichen und dient dem Kompetenzerhalt in der Strahlenforschung.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Charakterisierung und Verbesserung der Treffergenauigkeit

AP2: Entwicklung von Markierungssystemen zum wieder auffinden der Zellen

AP3: Weiterentwicklung der Zellkammer für Lebendzellbeobachtung

AP4: Praxistest durch Lebendzellbeobachtung nach gezielter Bestrahlung subnukleärer Strukturen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Zusätzlich zu den im letzten Berichtszeitraum beschriebenen Messungen der Bestrahlungsgenauigkeit durch physikalische und biologische Spurdetektion wurden Simulationsberechnungen durchgeführt, um die durch Kleinwinkelstreuung bedingte Limitierung der Bestrahlungsgenauigkeit abzuschätzen. Für die Simulation wurde von den Bestralungsgegebenheiten (7.5 μm Kapton-Austrittsfenster, max. 30 μm Luftspalt zwischen Austrittsfenster und Zellträgerfolie, und 6 μm Mylar Zellträgerfolie) ausgegangen. Für die bisher verwendeten Ionensorten (100 MeV Sauerstoff, 55 MeV Kohlenstoff, 27 MeV Lithium) ergaben sich gut tolerierbare Werte zwischen 100 nm und 200 nm für die volle Halbwertsbreite (FWHM) des Strahls beim Zelleintritt durch Winkelstreuung. Die Simulationsrechnungen zeigten jedoch, dass bei einer geplanten Verwendung von schwereren Ionen als ^{32}S die Parameter Foliendicke oder Folienabstand verändert werden müssten, wenn Bestrahlungsgenauigkeiten unter 300 nm FWHM erreicht werden sollen.

AP3: Bei Untersuchungen, bis zu welcher Inkubationsdauer die Zellen eine Inkubation im verschlossenen Bestrahlungsgefäß ohne Medienperfusion (\sim Nahrungszufuhr) tolerieren, zeigte sich, dass bei einer vollständigen Befüllung der Bestrahlungsgefäße mit etwa 10 ml CO_2 -gesättigtem Medium selbst bei Inkubation der Gefäße für 24 h (unter Luft bei 37°) keine signifikante Stressreaktion der Zellen zu beobachten ist. Als Marker für die Stressreaktion wurden Phosphorylierung des Histons H2A und Expression von Caspase 3 immunzytochemisch nachgewiesen; außerdem wurden Zellmorphologie und Chromatinkondensation mikroskopisch untersucht. Bei unvollständiger Befüllung der Gefäße ist hingegen eine deutliche Zunahme gestresster Zellen mit veränderter Morphologie zu beobachten.

AP4: Die Untersuchung (durch Immunfluoreszenz) verschiedener Reparatur- und Signalproteine bzgl. ihrer Fähigkeit zur Focusbildung nach Ionen-Mikrobestrahlung wurde fortgeführt.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP1: Durch gezieltes Bestrahlen von Fluoreszenzmarkierten Chromatindomänen soll die Treffergenauigkeit beim individuellen Zielen bestimmt werden. Voraussetzung ist eine gegenwärtig erfolgende Abstimmung verschiedener Komponenten des Bestrahlungsmikroskops.

AP2: Dieses Arbeitspaket ist vorerst abgeschlossen. Weitere Arbeiten könnten nötig werden, falls sich bei der Weiterentwicklung der Zellkammer Probleme ergeben.

AP3: Die Kompatibilität der Zellkammer mit der Mikroskopie am Strahlplatz soll nun in der Bestrahlungssituation getestet werden. Zudem müssen geeignete Verfahren zur Befüllung der Kammer mit Medium nach erfolgter Bestrahlung etabliert werden.

AP4: Nach Abschluss der Identifizierung und Charakterisierung von geeigneten Focusbildnern soll mittels entsprechender Zelllinien (durch verschiedenen Kooperationspartner zur Verfügung gestellt) mit der Lebendzellbeobachtung begonnen werden.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Friedl, A. A.: The role of chromatin structure and nuclear architecture in the cellular response to DNA double-strand breaks. In: Facets of Genome Integrity (ed. D. Lankenau). Springer-Verlag Berlin Heidelberg (*in press*)

Dollinger, G., Hable, V., Hauptner, A., Krücken, R., Reichart, P., Friedl, A. A., Drexler, G., Cremer, T., Dietzel, S.: Microirradiation of cells with energetic heavy ions. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 231, 195-201 (2005)

Zuwendungsempfänger: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Unter den Eichen 87, 12200 Berlin		Förderkennzeichen: 02 S 8274
Vorhabensbezeichnung: Fallversuche mit Brennelement-/HAW-Transport- und Lagerbehältern in Originalgröße		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2004 bis 31.07.2006	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 335.036,00 EUR	Projektleiter: Dr. Droste	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Die Stilllegung der deutschen Kernkraftwerke und damit die Zwischenlagerung von hoch radioaktiven Abfällen sowie der darauf folgende Transport zur Endlagerung bedingt die Erforschung stoßartiger Unfalleinwirkungen auf Brennelement-Transport- und Lagerbehälter.

Das Ziel dieses Vorhabens ist die Unterstützung der Versuchsplanung, Instrumentierung der Versuchsobjekte zur Beanspruchungsanalyse sowie die Durchführung und Auswertung von Fallversuchen von Behältern in Originalgröße aus 9 Metern Höhe auf ein unnachgiebiges Prüfstandfundament. Dabei werden die für die Beanspruchungscharakteristik und -höhe relevanten Kennwerte, wie Aufprallverzögerungen und Dehnungen, an allen wichtigen Behälterbauteilen gemessen, so dass eine umfassende quantitative Beanspruchungsanalyse der sicherheitstechnisch relevanten Bauteile der Behälter möglich ist. Im Vorfeld werden entsprechende Berechnungsmodelle und -variationen erstellt und deren Bewertung im Vergleich mit Experimenten durchgeführt. Zusätzlich dienen die Ergebnisse als Basis zur Quantifizierung der Leckagerate des Dichtsystems für die Berechnung der resultierenden Aktivitätsfreisetzung und zur Festigkeitsanalyse der tragenden Teile am Behälter.

Mit den Veröffentlichungen der Untersuchungsergebnisse soll zum Einen die wissenschaftliche Nutzung der Ergebnisse, insbesondere zur Versuchsplanung und zum Vergleich von Berechnungsmethoden, gefördert werden, zum Anderen soll aber auch das Verständnis für die Sicherheit von Brennelement-Transport- und Lagerbehältern und die Methode zur Prüfung durch Originalbehälterversuche verbessert werden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- I. Versuchsplanung und Vorbereitung
- II. Vorausberechnung von Versuchsauswirkungen
- III. Versuchsdurchführung
- IV. Versuchsauswertung
- V. Vergleich von gemessenen und berechneten Behälterbeanspruchungen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Planung und Konzipierung eines neuen Fallprüfstandes mit optischen Weg- und Geschwindigkeitsmesssystem zur Durchführung geführter Fallprüfungen an Komponenten von Transport- und Lagerbehältern im Modell- und Originalmaßstab
- Erstellung eines behälterspezifischen Versuchsablaufplans, Vermessung und Dokumentation der Eigenschaften des Prüfmusters, Aufstellung eines Messstellenplans und des Instrumentierungsablaufs sowie die Dichtheitsprüfung
- Applikation von Dehnungs- und Beschleunigungssensoren an den Messstellen sowie die Verlegung der Messkabel am Behälter
- Durchführung von experimentellen Behälteruntersuchungen an einem 1:1-Modellbehälter bei Umgebungstemperatur.
- Erfassung umfangreicher dynamischer Dehnungs- und Beschleunigungsdaten
- Erprobung von neuen Messverfahren (digitale Nahbereichsfotogrammetrie zur lateralen relativen Deckelverschiebung) und Korrelation mit Ergebnissen der Dichtheitsprüfung
- Schadensdokumentation der Fallprüfungen und Messen entstandener plastischer Verformungen sowie Foto- und Videodokumentation
- Dichtheitsprüfung aller Dichtsystembestandteile vor und nach den Fallversuchen
- Beginn mit der Analyse der umfangreichen Messergebnisse
- Entwicklung einer analytischen dynamischen Berechnungsmethode zur Ermittlung der Starrkörperverzögerungen des Behälters und der Deformationen an den stoßdämpfenden Bauteilen.
- Vergleich mit den dynamischen Dehnungs- und Beschleunigungsdaten durchgeführter Fallversuche

4. Geplante Weiterarbeiten

- Weiterführung der Auswertung der Messergebnisse aus den durchgeführten Fallprüfungen
- Vergleichende Bewertung der experimentell ermittelten Dehnungs- und Beschleunigungsdatensätze mit den berechneten Behälterbeanspruchungen
- Vorbereitung und Durchführung weiterer Fallversuche mit Transport- und Lagerbehältern für radioaktives Material in Originalgröße unter Variation der Prüfbedingungen, wie Fallhöhe und Fallorientierung
- Vergleich der Untersuchungsmethoden für Behälter in Modell- und Originalgröße sowie Übertragbarkeitsbetrachtungen hinsichtlich der Fallversuchsergebnisse und des Beanspruchungsverhaltens
- Ableitung von Empfehlungen für weiterentwickelte Berechnungsmodelle
- Erprobung eines optischen Weg- und Geschwindigkeitsmesssystem zur messtechnisch Erfassung von Deformationen und Wegänderungen von dynamisch beanspruchten Behälterkomponenten und -bauteilen
- Vorbereitung und Abschluss eines „cooperative agreement“ zwischen BAM und U.S. Nuclear Regulatory Commission über den Austausch von Ergebnissen von Forschungsvorhaben zur Unfallsicherheit von Brennelement-Transportbehältern
- Validierung und Verifikation des analytischen Berechnungsverfahrens, insbesondere bei -40 °C und Raumtemperatur
- Durchführung von FEM-(Finite-Elemente-Methode) Rechnungen unter Verwendung verschiedener Materialgesetze und Kontaktdefinitionen für Holz.
- Kopplung der FEM-Rechnungen mit dem vorher erwähnten analytischen Berechnungsverfahren

5. Berichte, Veröffentlichungen

keine

Zuwendungsempfänger: Universität Hannover, Welfengarten 1, 30060 Hannover		Förderkennzeichen: 02 S 8284
Vorhabensbezeichnung: Untersuchungen zur Sicherheit gegen Behälterkorrosion in Langzeitzwischenlagern		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2004 bis 30.06.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 604.865,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Bach	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist es, Korrosionsschäden an Abfallgebinden zu detektieren, zu analysieren und Instrumentarien zu entwickeln bzw. anzupassen, die eine Beurteilung typischer Korrosionszustände erlauben. Die Ergebnisse sollen eine verbesserte Schadenserkennung und Sanierung in Langzeitzwischenlagern erlauben sowie Hinweise auf notwendige Verbesserungen hinsichtlich Materialeinsatz, Auslegung, Konstruktion und Fertigungsmethoden der zum Einsatz kommenden Gebinde liefern.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte sind:

1. Zusammenstellung von Basisdaten durch Literaturrecherche und Bestandsaufnahme der beschädigten Gebinde in KKW-Zwischenlagern, Landessammelstellen und Forschungszentren.
2. Analyse der Schadensbilder unter Erfassung und Bewertung der die Historie der beschädigten Gebinde betreffenden Parameter.
3. Identifikation der Schadensmechanismen.
4. Ableitung von Schadensszenarien zur Abschätzung und Beurteilung der Schadensabläufe.
5. Durchführung grundlegender Korrosionsuntersuchungen an Modell-Werkstoffpaaren.
6. Untersuchung des Korrosionsverhaltens ausgewählter Werkstoffe in Modell-Umgebungen.
7. Aufnahme von Stromdichte-Potenzial-Kurven für unbelastete Behälter-Werkstoffe sowie für durch Korrosion geschädigte Behälter-Werkstoffe.
8. Entwicklung von Gegenmaßnahmen für potenziell gefährdete Gebinde zur Gewährleistung einer sicheren Langzeitstabilität.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Weiterführung der Literaturrecherche zu Korrosion und Korrosionsschutz bei Werkstoffen für den Bau von Behältern zur Aufnahme von radioaktivem Abfall.
- Weiterführung der Aufnahme von Referenz-Stromdichte-Potenzial-Kurven an ausgewählten Werkstoffen (verschiedenen unlegierten Stählen, z. B. Armco, C45).
- Elektrochemische Korrosionsuntersuchungen an ausgewählten, unbelasteten Modell-Werkstoffen.
- Metallografische Analyse des Probenmaterials.

Unterauftrag BUTEC Umwelttechnik GmbH:

- Zusammenstellung der Basisdaten aus KKW-Zwischenlagern, Landessammelstellen bzw. Forschungszentren und Analyse der Schadensbilder
- Festlegung von Schadensszenarien basierend auf Korrosionsmechanismen und Schadensumständen.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Aufnahme von Stromdichte-Potenzial-Kurven an unbelasteten Modell-Werkstoffen unter Variation von Elektrolyt und Temperatur.
- Ermittlung und Definition von Modellumgebungen.
- Auslagerungsversuche von Modell-Werkstoffpaarungen in verschiedenen Modellumgebungen.
- Elektrochemische und metallografische Untersuchungen an korrodiertem Material.
- Ableitung von Maßnahmen für eine Langzeitstabilität potenziell gefährdeter Gebinde aufgrund der im Rahmen der Arbeiten der BUTEC Umwelttechnik GmbH ermittelten Ergebnisse (Zusammenstellung der Basisdaten, Festlegung von Schadensszenarien).
- Definition von Randbedingungen für die experimentelle Auslegung von Langzeit-Korrosionsversuchen aufgrund der im Rahmen der Arbeiten der BUTEC Umwelttechnik GmbH ermittelten Ergebnisse.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Bach, F.-W.; Wilk, P.; Scheen, J.; Jendras, M.; Fröhlich, H.:

„Untersuchungen zur Sicherheit gegen Behälterkorrosion in Langzeitzwischenlagern“, in: KONTEC 2005. 7. Internationales Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle“ einschließlich 7. Statusbericht des BMBF „Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen“; Berlin 20.-22.04.2005 (Tagungsband als CD)

Zuwendungsempfänger: Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fürstengraben 1, 07740 Jena		Förderkennzeichen: 02 S 8294
Vorhabensbezeichnung: Kontrolle biologischer Untersuchungen bei der Dekontamination heterogener, schwach radioaktiv kontaminierter Geosubstrate für die Strahlenschutzvorsorge		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2004 bis 30.09.2007	Berichtszeitraum: 01.01.2005 bis 30.06.2005	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 508.035,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Büchel	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Messverfahren zur Kontrolle und Optimierung der biologischen Dekontamination heterogener, schwach radioaktiv kontaminierter Geosubstrate sollen entwickelt werden. Durch die Effizienzsteigerung des Entzugs von Radionukliden und Schwermetallen aus Geosubstraten über die Biomasse wird ein substantieller Beitrag zur Strahlenschutzvorsorge geleistet.

Die Untersuchung des prozessabhängigen Verhaltens von natürlich vorkommenden Seltenen Erden Elementen (SEE) wird zur Kontrolle und Optimierung der Aufnahme von Schwermetallen/ Radionukliden aus geogenen Materialien in Pflanzen genutzt. Mittels begleitender, vereinfachter Laborversuche können komplizierte Transferprozesse auf ihre wesentliche physikalische, chemische und biologische Wirkungsweise hin untersucht werden.

Die Ergebnisse sind inhaltlich umsetzbar für die Optimierung anderer Bioremediationsprojekte, für die eine hinreichend große Verfügbarkeit von natürlichen SEE sichergestellt ist. Die Einzelschritte werden im Hinblick auf eine Patentierung überprüft und die Ergebnisse in Lehrveranstaltungen und künftige Forschungsprojekte eingebracht mit dem Ziel eines Kompetenzerhalts im Umgang mit radiogenen Materialien.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Laboruntersuchungen

In Gefäßversuchen (10 l-Maßstab) werden Einzelprozesse innerhalb des Geosubstrat-Biomaterial-Interaktionsbereiches, sowie innerhalb einzelner Pflanzenkompartimente betrachtet. Die eingesetzten wässrigen Medien werden chemisch auf den Lösungsinhalt, die SEE-Fraktionierung und teilweise auf die Fraktionierung der stabilen Isotopen (^2H , ^{18}O , ^{13}C , ^{34}S) untersucht. In Kleinlysimeterversuchen wird die Übertragbarkeit auf den Geländemaßstab überprüft.

Batch- und Säulenversuche dienen der Untersuchung des Freisetzungs- und Sorptionsvermögens von Schwermetallen/Radionukliden im Geosubstrat.

Testfeld Gessenwiese

Auf der Gessenwiese (ehemalige Gessenhalde) wird ein Testfeld eingerichtet, auf welchem ausgewählte Pflanzen angebaut und nach definierten Zeiträumen zu Analysezwecken geerntet werden. Zusätzlich wird das Testfeldareal mit Messinstrumenten (Lysimeter, Klimastation, Sickerwassermessstellen, automatischer Probenehmer) bestückt, um diverse Größen des hydrologischen Kreislaufes zu ermitteln und Probenmaterial zu gewinnen.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft München

Mittels Lysimeterversuchen werden die Transferfaktoren für ^{90}Sr und ^{137}Cs an Substraten der Gessenwiese und des Freigeländes des VKTA Rossendorf an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft untersucht.

VKTA Rossendorf

Um die Übertragbarkeit der bis dato ermittelten Ergebnisse der Labor- und Geländeuntersuchungen zu überprüfen, werden die Resultate auf einen neuen Anwendungsfall projiziert.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Das Testfeld „Gessenwiese“ (Lysimeterstation, boden-hydrologische Messplätze/Sickerwassersammelstationen, Klimastation, automatischer Probennehmer, Niederschlagssammler) wurde in Betrieb genommen. Das Grundwassermessstellennetz des Testfeldes, die Sickerwässer der Sammelstationen und die Lysimeterstation werden regelmäßig beprobt und hydrochemisch/isotopisch untersucht. Die Ergebnisse zeigen eine sehr inhomogene Verteilung der Schwermetallbelastung auf dem Testfeld. An fünf Schürfen erfolgten Bodenprofilaufnahmen sowie flächenhafte Probenentnahmen. Die Analyse der Bodenproben umfasst physikochemische Parameter, Nährstoffgehalte, Korngrößenverteilung, kf- und pF-Wert* (analysiert an Thür. Landesanstalt f. Landwirtschaft), Tonmineraluntersuchung, RFA-Analysen, sequentielle Extraktion und Aufschlussverfahren (Totalaufschlüsse, Königswasseraufschlüsse). Für Kleinlysimeterversuche wurde eine Freiluftanlage errichtet und mit 20 monolithisch und 15 homogenisiert gefüllten Lysimetern (Material der Gessenwiese) bestückt. Die Tests umfassen mikrobiologische Behandlungen des Materials, sowie Analysen von Bodenmaterial, Biomasse (Klee/Grasmischung) und Sickerwasser. Die Plots des Testfeldes wurden analog zu den Kleinlysimeterversuchen mit Mikroben behandelt und einer Gras/Kleemischung bestellt. Bodenmaterial der Gessenwiese (12 Stechzylinder und 100kg homogenisiertes Material) wurde zu Untersuchungen der Transferfaktoren für ^{90}Sr und ^{137}Cs zur Landesanstalt für Landwirtschaft in München transferiert.

Im Freigelände des VKTA Rossendorf wurden 3 Container für Freilandversuche vorbereitet und mit schwach kontaminiertem Material des Standortes befüllt. Die technische Ausstattung der Anlage erfolgt im August 2005 in Zusammenarbeit mit der Firma UIT GmbH Dresden.

*pF: Wasserspannung im Boden; kf: Maß für die Fließgeschwindigkeit des Wassers durch ein Medium

4. Geplante Weiterarbeiten

Das Untersuchungsprogramm der entnommenen Bodenproben wird in den kommenden Monaten abgeschlossen. Nach der Ernte der Biomasse aus Kleinlysimeterversuchen und vom Testfeld wird diese auf Inhaltsstoffe an Schwermetallen und SEE untersucht. Die Anlage in Rossendorf wird in Betrieb genommen. Die Entnahme von Wasserproben wird systematisch fortgesetzt. Die Untersuchungen im Labormaßstab (Gefäßversuche, Kleinlysimeterversuche) werden intensiviert.

5. Berichte, Veröffentlichungen

keine

2.3 Ausführende Forschungsstellen

- | | | |
|--|---|----|
| Brenk Systemplanung, Heider-Hof-Weg 23, 52035 Aachen | | |
| 02 S 8031 | Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation | 48 |
| Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Unter den Eichen 87, 12200 Berlin | | |
| 02 S 8021 | Entwicklung von Beurteilungsmethoden für Transport- und Lagerbehälter mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen -Weiterführende Untersuchungen (EBER III)- | 46 |
| 02 S 8274 | Fallversuche mit Brennelement-/HAW-Transport- und Lagerbehältern in Originalgröße | 90 |
| DBE Technology GmbH, Eschenstraße 55, 31202 Peine | | |
| 02 S 8112 | Abdichtung von Wegsamkeiten in Salzformationen mit kristallisierenden Evaporitmaterialen (AISKRISTALL) | 60 |
| 02 S 8091 | Verbundprojekt: Verbesserung von Richtigkeit und Genauigkeit bei der Bestimmung des Nuklidinventars für die Deklaration und Freimessung von Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Einrichtungen | 56 |
| 02 S 8234 | Vorstudie über die Rückführung der Wiederaufarbeitungsabfälle von Brennelementen deutscher Forschungsreaktoren aus der WA Dounreay in Schottland (RETURN) | 82 |
| Friedrich-Schiller-Universität, Fürstengraben 1, 07743 Jena | | |
| 02 S 8182 | Untersuchungen zur Strahlenschutz-Vorsorge für radionuklidbelastetes Substrat: Mikrobieller Beitrag zur Bioakkumulation aus Bauschutt | 74 |
| 02 S 8294 | Kontrolle biologischer Untersuchungen bei der Dekontamination heterogener, schwach radioaktiv kontaminierter Geosubstrate für die Strahlenschutzvorsorge | 94 |
| Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH, Planckstraße 1, 64278 Darmstadt | | |
| 02 S 8203 | Genetische Wirkung dicht ionisierender Strahlen - <i>Strahlenforschung</i> | 76 |
| Laserinstitut Mittelsachsen e.V., Technikumplatz 17, 09648 Mittweida | | |
| 02 S 8162 | Verbundprojekt: Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abprodukt-Konditionierung | 70 |
| Ludwig-Maximilians-Universität München, Geschwister-Scholl-Platz 1, 80539 München | | |
| 02 S 8264 | Anpassung einer Ionen-Mikrostrahleinrichtung für Untersuchungen zur Dynamik von geschädigten DNA-Regionen und zur Rekrutierung von Reparaturfaktoren - <i>Strahlenforschung</i> | 88 |

Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Templergraben 55, 52056 Aachen
--

- | | | |
|-----------|--|------|
| 02 S 8071 | Verbundprojekt: Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation | 📖 52 |
| 02 S 8152 | Messmethoden zur Charakterisierung radioaktiver Abfälle und zur Freimessung von Reststoffen aus der Stilllegung kerntechnischer Anlagen (MESRAB) | 📖 68 |

Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Siempelkampstr. 45, 47719 Krefeld

- | | | |
|-----------|--|------|
| 02 S 8011 | Forschungsvorhaben zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen -Weiterführende Untersuchungen (FORM III)- | 📖 44 |
| 02 S 8041 | Aufbereitung mineralischer Rückstände durch Aktivitätsseparation | 📖 50 |

STEAG encotec GmbH, Rüttenscheider Str. 1-3, 45128 Essen

- | | | |
|-----------|--|------|
| 02 S 8172 | Entwicklung eines Konditionierungsverfahrens für Kernbrennstoffe aus dem Siemens-Unterrichts-Reaktor (SUR) | 📖 72 |
|-----------|--|------|

Technische Universität Dresden, Mommsenstr. 13, 01062 Dresden
--

- | | | |
|-----------|--|------|
| 02 S 8122 | Verbundprojekt: Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abprodukt-Konditionierung | 📖 62 |
|-----------|--|------|

Technische Universität München, Arcisstraße 21, 80333 München
--

- | | | |
|-----------|---|------|
| 02 S 7951 | Entsorgung von Beryllium / Berylliumoxid und Cadmium aus Forschungsreaktoren | 📖 40 |
| 02 S 8081 | Verbundprojekt: Verbesserung von Richtigkeit und Genauigkeit bei der Bestimmung des Nuklidinventars für die Deklaration und Freimessung von Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Einrichtungen | 📖 54 |
| 02 S 8142 | Selektive Tritium-Extraktion aus Wasser und Bindung auf einen Träger | 📖 66 |

Universität Hannover, Welfengarten 1, 30060 Hannover

- | | | |
|-----------|---|------|
| 02 S 7991 | Entwicklung emissionsarmer und kostengünstiger Verfahrens- und Handhabungstechniken für Dekontaminations- und Abtragverfahren | 📖 42 |
| 02 S 8102 | Erweiterung der Einsatzgrenzen modularer Schneidtechnologien für den kostengünstigen Rückbau kerntechnischer Anlagen, EMOS | 📖 58 |
| 02 S 8284 | Untersuchungen zur Sicherheit gegen Behälterkorrosion in Langzeitzwischenlagern | 📖 92 |

Universität Fridericiana zu Karlsruhe (TH), 76128 Karlsruhe
--

- | | | |
|-----------|---|------|
| 02 S 7910 | Verbundprojekt: Kontaminierter Beton: Rückbau kerntechnischer Anlagen - Eindringen von Radionukliden in Betonoberflächen und Freisetzung eingedrungener Aktivität aus Bauschutt und Beton | 📖 38 |
| 02 S 8223 | Inaktivierung von Mdm2 nach ionisierender Strahlung – Aufklärung der Signaltransduktionskette - <i>Strahlenforschung</i> | 📖 80 |

Universität des Saarlandes, Im Stadtwald, 66421 Saarbrücken
--

- 02 S 8132 Biologische Wirkung niedriger Dosen ionisierender Strahlung  64
- *Strahlenforschung*

Universitätsklinikum Düsseldorf, Moorenstraße 5, 40001 Düsseldorf
--

- 02 S 8213 Mechanismen der Zytotoxizität durch Alpha-Strahlung in humanen  78
normalen und malignen hämatopoetischen Zellen
- *Strahlenforschung*

Universitätsklinikum Essen, Universität Duisburg-Essen, Hufelandstraße 55, 45122 Essen

- 02 S 8254 Checkpoint Manipulation als Strategie für den Strahlenschutz und für  86
die Strahlensensibilisierung von Säugetierzellen
- *Strahlenforschung*

Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf, Bautzener Landstraße 128, 01314 Dresden
--

- 02 S 8244 Entsorgung von Thoriumverbindungen, Teilprojekt 1 – Erstellung  84
einer Entscheidungsgrundlage zur Verwertung/Entsorgung von Thoriumverbindungen