

**Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft**

PTE-S Nr. 13

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

Berichtszeitraum: 01. Juli - 31. Dezember 2006

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

**Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
März 2007**

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.

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 Technologie (BMWi) sowie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) Projektträger für den Programmbereich „Entsorgung“.

Dieser Auftrag umfasst die Förderkonzepte „Forschungsförderung zur Entsorgung gefährlicher Abfälle in tiefen geologischen Formationen“ und „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“. Im Rahmen dieses Auftrages betreut der Projektträger PTKA-WTE u. a. für BMBF, Referat 713, die FuE-Vorhaben zu Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen.

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

Der Bericht ist folgendermaßen aufgebaut:

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

- 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“, gegliedert nach

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

Da Referat 713 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 Schachanlage 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	89

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 2007	Berichtszeitraum: 01.07.2006 bis 31.12.2006
Gesamtkosten des Vorhabens: 27,1 Mio. €	Projektleiter: Dipl.-Ing. Stahn

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Der Forschungsreaktor FRJ-1 (MERLIN) wurde nach ca. 21 Betriebsjahren 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.

Der Rückbau der Anlage erfolgt seit 1996 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 Arbeiten, die sich aus den Positionen 1. bis 3. ergeben, sind vollständig abgeschlossen.

Trotz verschiedener Schwierigkeiten und Behinderungen wird weiterhin vom Erreichen des Projektziels „Freimessen der Reaktorhalle mit anschließender Entlassung aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes“ in Mitte 2007 ausgegangen.

Bei den Nebengebäuden wird mit einem Abschluss der maßgeblichen Arbeiten in 2008 gerechnet.

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Im Berichtszeitraum wurden die vorbereitenden Maßnahmen zur Freimessung der Reaktorhalle fortgeführt. Vor diesem Hintergrund wurden im zweiten Halbjahr 2006 im Wesentlichen die nachfolgenden Tätigkeiten durchgeführt:

2.1 Erweiterte Dekontaminationsmaßnahmen

Die Anfang 2006 begonnenen erweiterten Dekontaminationsmaßnahmen wurden im 2. Halbjahr 2006 fortgesetzt. Nach dem bereits erfolgten Abbau der betroffenen Strukturen der Experimentierebene und des Teilabbaus der Zwischenebene wurden bis Ende des Jahres 2006 auch alle übrigen verbliebenen Strukturen, die im Umfang der erweiterten Dekontaminationsmaßnahmen enthalten waren, abgebaut und entsorgt.

Beim technischen Equipment waren auch im 2. Halbjahr 2006 diverse Ausfälle zu verzeichnen, die in erster Linie der starken Belastung und den teilweise unwirtschaftlichen Rückbaubedingungen zuzuschreiben waren. So musste zwar eine Verzögerung im Rückbaufortschritt verzeichnet werden, jedoch ohne dass der Rückbau vollständig zum Erliegen kam.

Nur durch die Leistung von Mehr- und Wochenendarbeit sowie eine Änderung in der Personalstruktur mit Personalaufstockung war es schließlich möglich, die erweiterten Dekontaminationsmaßnahmen

noch in 2006 abzuschließen und damit einen erheblichen Teil der verloren gegangenen Zeit wieder aufzuholen.

Insgesamt konnten in 2006 ca. 700 Mg Beton nach Anhang III, Tabelle 1, Spalte 5 der StrlSchV uneingeschränkt freigegeben werden. Für weniger als 5 % der Gesamtabbaumasse wurde die Abgabe an die Abteilung B-ND (Dekontamination) des Forschungszentrums erforderlich.

2.2 Maßnahmen zur Freimessung der Reaktorhalle

Im August 2006 konnte der Detail-Ablaufplan zur Freimessung der Restanlage FRJ-1 (MERLIN) offiziell zur Begutachtung und Zustimmung eingereicht werden. Bereits im Vorfeld wurde mit Gutachter und Aufsichtsbehörde über die aus dem Gutachten resultierenden Maßnahmenvorschläge gesprochen. Die offizielle Zustimmung wird spätestens Mitte Januar 2007 erwartet.

Auch die redaktionell überarbeiteten Unterlagen zur Inbetriebsetzung des In-situ-Messgerätes für die Freimessung konnten im Berichtszeitraum zwecks Begutachtung und Zustimmung eingereicht werden. Auch hier wird kurzfristig mit einer Zustimmung gerechnet.

Mit der Rasterung der ersten Wandbereiche in Vorbereitung auf die Freimessung wurde begonnen, die ersten Testmessungen mit der In-situ-Messapparatur konnten durchgeführt werden.

Alles in allem stehen die Signale so, dass die Freimessung der Reaktorhalle aus heutiger Sicht Mitte 2007 erwartet wird, wobei einschränkend darauf hingewiesen werden muss, dass der Aufwand des behördlich beauftragten Gutachters für die Kontrollmessungen nur schwer prognostizierbar ist.

2.3 Sonstiges

Neben dem Projektziel „Freimessen der Reaktorhalle mit anschließender Entlassung aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes“ muss jedoch nun der Gebäudekomplex bestehend aus Betriebs-, Hygiene- und Versorgungsgebäude betrachtet werden. Auch in diesem sind permanente und temporäre Kontrollbereiche vorhanden. Hierfür wurde noch in 2006 mit einer entsprechenden Vorhabensbeschreibung zur Beschreibung der Maßnahmen, sowie finanzieller und zeitlicher Abschätzung der dafür erforderlichen Tätigkeiten begonnen. Darüber hinaus wurde bereits mit konkreten Rückbaumaßnahmen im Bereich des ehemaligen Isotopenlabors begonnen.

3. Geplante Weiterarbeit

Die unter Ziffer 2 beschriebenen Arbeiten werden weiter fortgeführt. Im Einzelnen bedeutet dies für die verschiedenen Arbeitspakete folgendes:

- Die noch laufenden restlichen Dekontaminationsarbeiten in Form von Strahlen, Fräsen und Wischen werden fortgeführt und Anfang 2007 abgeschlossen.
- Parallel dazu wird mit der Umsetzung der Tätigkeiten begonnen, die im Detail-Ablaufplan zur Freimessung der Restanlage FRJ-1 (MERLIN) beschrieben werden.
- Die Vorhabensbeschreibung, die Nebengebäude Betriebs-, Hygiene- und Versorgungsgebäude betreffend, wird Anfang 2007 fertig gestellt. Nach der abgeschlossenen Genehmigungs- und Ausführungsplanung soll mit Rückbautätigkeiten in diesen Gebäudebereichen noch in 2007 begonnen werden. Beim Rückbau des ehemaligen Isotopenlabors wird dabei davon ausgegangen, dass der Großteil der Arbeiten noch im ersten Halbjahr 2007 erledigt sein wird.

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

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

5. Kosten

Kosten bisher (von 1996 bis 2006):	26,79 ^{*)} Mio. €
Kosten 2006:	3,38 ^{*)} Mio. €
Zukünftige Kosten:	ca. 1,41 ^{**)} Mio. €
Geldgeber:	Bund 90 %, Land 10 %

^{*)} geringfügige Abweichungen möglich wegen Jahresabschluss 2006

^{**)} ohne Rückbau Betriebs-, Versorgungs- und Hygienegebäude

Zuwendungsempfänger: AVR GmbH, Wilhelm-Johnen-Straß3, 52428 Jülich	
Vorhabensbezeichnung: Vollständiger Abbau des AVR	
Laufzeit des Vorhabens: 1987 bis 2012	Berichtszeitraum: 01.07.2006 bis 31.12.2006
Gesamtkosten des Vorhabens: 398,7 Mio. €	Projektleiter: Dipl.-Ing. Rittscher

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

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

Auf nahezu allen Schutzbehälter-Bühnen wurden und werden als vorbereitende Maßnahmen zur Verfüllung des Reaktorbehälters mit Porenleichtbeton die zur Befüllung notwendigen Stützen und Sondenanschlüsse am Reaktorbehälter kontinuierlich angebracht.

Unterhalb des Reaktors wird nach wie vor die Entnahmewand der Beschickungsanlage zerlegt.

Mitte Dezember 2006 wurde die Materialschleuse an AVR übergeben. Aktuell finden hier noch Restarbeiten zur Mängelbeseitigung statt.

Mit der Erteilung der Genehmigung zum vollständigen Abbau der Anlage wird frühestens in der 2. Jahreshälfte 2007 gerechnet.

Für das RB-Lager wurde im Berichtszeitraum das ZBau-Verfahren eröffnet.

Die Planung für die Errichtung der Lagerhalle für radioaktive Reststoffe und Abfälle (Lagerhalle V) wurde abgeschlossen und die Baumaßnahme öffentlich ausgeschrieben.

Der Betrieb der Restanlagen verlief im Berichtszeitraum ohne Besonderheiten.

Das Mess-Programm zur Überwachung der Bodenkontamination des Betriebsgeländes wird gemäß den behördlichen Vorgaben weiter kontinuierlich durchgeführt.

3. Geplante Weiterarbeit

- Weiterführung der Demontearbeiten der elektro- und verfahrenstechnischen Anlagenteile im Schutzbehälter
- Abschluss des Rückbaus der Entnahmewand der Beschickungsanlage
- Weiterführung der Vorarbeiten 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 2005):	240,5 Mio. €
Kosten Januar-Dezember 2006:	24,5 Mio. €
Zukünftige Kosten:	<u>133,7 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: 01.07.2006 bis 31.12.2006
Gesamtkosten des Vorhabens: 113,0 Mio. €	Projektleiter: NN

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 Abfallgebände
- Freimesslabor
- Radiochemisches Labor

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

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 I und Zementierung II, Bau 545
Die alte Anlage wurde bis April 2006 (Wiederinbetriebnahme der neuen LAW-Eindampfung II) genutzt. Die Rückbauarbeiten sind daher zurückgestellt worden. Die Stellungnahme des Sachverständigen zum Sicherheitsbericht liegt vor.

3. Geplante Weiterarbeit

- LAW-Eindampfung I, Bau 545:
Die Rückbauarbeiten sollen nach Eingang der Genehmigung 2007 beginnen; im Wirtschaftsplan wurden dafür Mittel eingestellt.

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

Keine

5. Kosten

Kosten bisher (von 1994 bis 06/2006):	12,01 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	0,00 Mio. €
Zukünftige Kosten:	100,99 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 2010	Berichtszeitraum: 01.07.2006 bis 31.12.2006
Gesamtkosten des Vorhabens: 301,0 Mio. €	Projektleiter: Dipl.-Ing. Brockmann

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

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

Das Kühlsystem der KNK war in zwei Primär- und Sekundärkreisläufe aufgeteilt, die mittels Natrium die im Reaktor erzeugte Wärme an die tertiären Wasser-Dampf-Kreisläufe 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 Blendenverstelleinrichtung (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 laufen die Demontearbeiten am Reaktortank und dessen Einbauten. Die Einbauten Thermoschockblech, Thermischer Schild, obere Gitterplatte und Reflektor sind vollständig ausgebaut. Im Dezember wurden die Wiederkehrenden Prüfungen von Hilfsmitteln und Einrichtungen innerhalb der Einhausung durchgeführt. Parallel hierzu wurde mit der Demontage der Rohrdurchführungen begonnen. Drei von sieben Rohrleitungen sind ausgebaut (Na-Notüberlauf, Entgasungsleitung,

Notkühlleitung). Seit Jahresbeginn 2006 wurden 70 Waschkörbe mit Reaktortankeinbauten befüllt, 55 Waschkörbe in der Na-Waschanlage gewaschen und 48 Fässer an HDB abgegeben.

Um den Demontageprozess zu beschleunigen, wurden folgende Maßnahmen geplant und teilweise bereits durchgeführt: Parallele Demontage der Rohrdurchführungen, alternativer Ausbau des Reaktorflanschs (Änderungsanzeige in Erstellung). Ziel der fortlaufenden Planungen zu Paket 2 ist es, sofort nach Ende der Arbeiten zu Paket 1 mit den Umbauten für den weiteren Rückbau beginnen zu können. Die Planung wurde in folgende Arbeitspakete entsprechend der Abbaufolge aufgeteilt: Demontage Wärmeisolierung, Abbau und Entsorgung Primärabschirmung, Abbau und Entsorgung des aktivierten Teils des Biologischen Schildes mit Einbauten. Innerhalb dieser Arbeitspakete werden Umrüstmaßnahmen für das Paket 2 geplant; der Umbau der Einhausung wurde mit der Änderungsanzeige 09/2006 beantragt. Die Beschaffung der neuen Lüftungsanlage durch den Generalunternehmer ist beauftragt. Für die restlichen Beschaffungen der Arbeitspakete 1 und 2 liegt ein verhandeltes Angebot vor.

Der Manipulator TA40 und das Hebewerkzeug für die Demontage der Komponenten Wärmeisolierung und Primärabschirmung sind bestellt. Im Rahmen der Planungen zum Abbau des Bio-Schildes ist die alternative Abbauvariante „Abbau von außen nach innen“ untersucht worden. Im Ergebnis bleibt es bei der genehmigten Abbauvariante- bzw. Abbaufolge. Für den Mock-Up wurde mit den Krannachrüstungen am Teststand begonnen. Zusätzlich wurde ein neuer Portalkran bestellt, um den Parallelbetrieb zum MZFR-Teststand realisieren zu können. Die Stahlbühnen für den Teststand im MZFR-Maschinenhaus sind geplant und befinden sich in der Ausschreibungsphase.

Für die Rückholung der 7 Stück Kühlfallen von HDB mit anschließender Nachzerlegung bei KNK wurde der Sicherheitsbericht überarbeitet und erneut eingereicht. Das TÜV-Gutachten zum überarbeiteten Sicherheitsbericht und der Genehmigungsentwurf liegen vor. Die Genehmigung wird in Form einer Änderungsgenehmigung zur 9. SG Ende Januar 2007 erwartet.

Der Antrag zur 10. und letzten Stilllegungsgenehmigung (Rückbau der Waschanlage, des Lüftungs- und Abwassersystems, Freimessung und Gebäudeabriss) wurde mit Datum vom 22.06.2001 gestellt, allerdings muss der Sicherheitsbericht insbesondere wegen der Belange der neuen Strahlenschutzverordnung noch einmal überarbeitet werden.

3. Geplante Weiterarbeit

9. SG: Abbau Reaktortank, Primärabschirmung, Biol. Schild:
 Paket I - Fortsetzung Demontage Reaktortank mit Reflektor/Thermischer Schild/
 Thermoschockblech (4. Schuss) und untere Gitterplatte.
 Paket II - Beschaffungen zu Lüftungsanlage, Abbau Wärmeisolierung und Abbau Primärabschirmung.
10. SG: Revision Sicherheitsbericht.
 Kühlfallen: Erteilung Genehmigung, Beschaffung Hardware, Zerlegen/Waschen 1. Kühlfalle.

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

Keine

5. Kosten

Kosten bisher (von 1992 bis 06/2006):	230,5 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	8,1 Mio. €
Zukünftige Kosten:	62,4 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 2010	Berichtszeitraum: 01.07.2006 bis 31.12.2006
Gesamtkosten des Vorhabens: 298,0 Mio. €	Projektleiter: Dipl.-Ing. Eisenmann

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

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

Das Stilllegungskonzept sieht die Beseitigung in den folgenden acht Schritten vor, die mit Teilgenehmigungen (SG) 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 bis zur „grünen Wiese“

Die ersten sechs Schritte sind abgeschlossen.

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Die Fertigung der Einrichtungen zum letzten Abschnitt der 7. Stilllegungsgenehmigung – der Trockenzerlegung 3 (Zerlegung der unteren Füllkörper (UFK) und des Unterteils des Reaktordruckgefäßes) – war im September 2005 abgeschlossen. Die Funktion der zusätzlichen Einrichtungen zur Komplettdemontage der Isolierung des RDB-Unterteils konnte bis Ende 2005 dem Gutachter erfolgreich nachgewiesen werden.

Seit Beginn 2006 wurden die unteren Füllkörper zerlegt. Bis zum 21.07.2006 waren die unteren Füllkörper mit insgesamt ca. 35 Mg Gesamtmasse zerlegt und endlagergerecht verpackt. Im Berichtszeitraum wurden hierzu folgende Arbeiten durchgeführt: Montage und Inbetriebsetzung der Einrichtungen für die Zerlegung und Verpackung des RDB-Unterteils einschließlich der Isolierung, Funktionsüberprüfung und intensive Wartung am Trag- und Drehring vor dem für 01/2007 vorgesehenen Anheben des RDB-Unterteils, Wiederkehrende Prüfungen am Reaktorrundlaufkran,

Vorbereitende Arbeiten zum Entleeren des Wassers aus dem RDB-Unterteil. Aufgrund der starken Verschmutzungen und Ablagerungen aus der Betriebszeit mussten und müssen weiterhin bis zum Entleeren des RDB-Wassers (01/2007) zusätzliche Reinigungsarbeiten durchgeführt werden. Da das Wasser im RDB zu Abschirmzwecken für die in 01/2007 erforderliche Montage des Kontaminationsschutzes für die Litzenheber erforderlich ist, wurde der Entleervorgang nach 2007 verschoben.

Die Montage der Einrichtungen für die Demontage der Außenisolierung des Reaktordruckbehälter-Unterteils wurde im Reaktorraum fortgeführt. Für die Konzeptänderung „Komplett demontage der RDB-Isolierung“ liegen bislang keine gesicherten Planunterlagen über die Befestigung der Isolierung an der unteren gewölbten Kalotte des RDB-Unterteils vor. Nach dem ersten Anheben des RDB-Unterteils soll daher die Isolierung mittels Kamera inspiziert werden, um eventuell erforderliche Anpassungen der Demontageeinrichtungen und der Zeitplanungen kurzfristig durchführen zu können.

Das Gutachten zum 8. Stilllegungsschritt wurde vom Gutachter am 11.04.2006 mit unwesentlichen Änderungen im Vergleich zum Entwurf vom 07.07.2005 an MZFR übergeben. Seit dem 22.12.06 liegt MZFR der Entwurf der Genehmigung mit den Anpassungen der Nebenbestimmungen vor. Die Genehmigungserteilung wurde nunmehr für das 1. Quartal 2007 zugesagt.

Folgende Vorbereitungsmaßnahmen zum Rückbau des Aktivierten Teils des Biol. Schildes wurden durchgeführt: Für das am Jahresende 2005 beauftragte Abbruchgerät wurde die Detailplanung fortgeführt. Aufgrund des hohen technischen Anspruchs zur Führungsgenauigkeit der zugehörigen Anbaugeräte (Universaltrenngerät, Stahlbohrgerät für Inliner) haben sich die Herstell- und Liefertermine verzögert. Der zu Hilfstätigkeiten erforderliche Master-Slave-Manipulator (MSM) wurde in die Planung integriert und bestellt. Mit den Planungen und Fertigungsleistungen zur Errichtung des Teststands zur Demontage des aktivierten Teils des Biologischen Schildes wurde begonnen. Die Vorprüfunterlagen für den erforderlichen Stahl- und Betonbau wurden erstellt und befinden sich in der Prüfung. Die Ausschreibungsunterlagen für weitere erforderliche Demontageeinrichtungen (für Transport und Verpackung) werden derzeit erstellt.

3. Geplante Weiterarbeit

7. SG (Zerlegung RDB mit Einbauten): Trockenzerlegung Teil 3 –Anheben des RDB-Unterteils mit Litzenheber, Demontage der Isolierung des RDB-Unterteils; Revision Betriebshandbuch.

8. SG (Rückbau des aktivierten Teils des Biologischen Schildes, Dekont. und Abriss Gebäude): Fertigung Teststand Biol. Schild mit Schwerbeton-Dummy, Erstellung Arbeitspläne; Vorbereitende Dekontaminationsarbeiten in Nebengebäuden; Erhalt Genehmigung.

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

Keine

5. Kosten

Kosten bisher (von 1985 bis 06/2006):	236,7 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	9,1 Mio. €
Zukünftige Kosten:	52,2 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: 01.07.2006 bis 31.12.2006
Gesamtkosten des Vorhabens: 2.045,0 Mio. €	Projektleiter: Dr. Fleisch

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 heutigen WAK Rückbau- und Entsorgungsgesellschaft mbH betrieben, die bis heute den Restbetrieb einschließlich der Lagerung der hochradioaktiven Spaltproduktlösung (HAWC) und 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 seit dem 1.1.2006 die WAK Rückbau- und Entsorgungsgesellschaft mbH 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 (abgeschl.)
3. Stufenweiser Rückbau aller Einrichtungen im Prozessgebäude unabhängig von der HAWC-Lagerung und -Entsorgung mit dem Ziel der Aufhebung des Kontrollbereiches: Vorwiegend fernbediente Ausräumung der Prozesszellen (abgeschlossen), Auslagerung der Laboratorien aus dem Prozessgebäude (abgeschlossen), Entkopplung des HAWC-Reservelagers (HWL) vom Prozessgebäude (abgeschlossen), Demontage aller restlichen Verfahreseinheiten sowie der Hilfs- und Nebeneinrichtungen (in Arbeit), Feindekontamination und Freimessen aller Räume (in Arbeit)
4. Deregulierung nach Verglasungsende (in Arbeit)
5. Rückbau aller Einrichtungen des HAWC-Lagerbereiches LAVA/HWL, der VEK und der restlichen Anlagen der WAK bis zur Kontrollbereichsauflösung: Errichtung eines HWL-Anbau-Süd zur Erschließung der MAW- und HAWC-Zellen in HWL und LAVA (abgeschlossen), Fernbediente Demontage der HAWC-Zellen (genehmigt bzw. in Begutachtung), Fernhantierte Demontagen weiterer Zellen in LAVA und VEK (Anträge in Vorbereitung), Demontage aller restlichen Einrichtungen und Dekontamination (Vorlage eines Konzeptes).
6. Konventioneller Abriss der Gebäude und der restlichen Anlagen nach Aufhebung der Kontroll- und Strahlenschutzbereiche sowie Rekultivierung des Geländes. Als Voraussetzung zur Durchführung der Rückbau-Schritte 4 bis 6 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 wurden als Voraussetzung zur Inbetriebnahme der Verglasungsanlage und um eine hohe Verfügbarkeit zu erreichen, Änderungsvorhaben (Sanierung Notstromversorgung, Wasserrückkühlanlage und LAVA-Lüftung) durchgeführt und größtenteils abgeschlossen. Die Einrichtungen der Emissionsüberwachung und des Strahlenschutzes sind aus dem Prozessgebäude ausgelagert. Nach umfangreichen Außerbetriebnahmen und Aufräumarbeiten ist im Prozessgebäude ein Überwachungsstatus erreicht, in dem vergleichsweise niedrige Überwachungs- und Restbetriebskosten anfallen. Außerdem wurden die Voraussetzungen für den Schichtleiterumzug von der LAVA-Warte in die VEK-Warte geschaffen. Nach Durchführung einer Konzeptüberprüfung für den Schritt 5 (u. a. FH-Rückbau der vier HAWC-Behälter) sowie einer Statusaufnahme des Prozessgebäudes wurde eine Revision des technischen Gesamtkonzeptes für den Rückbau der WAK durchgeführt.

Erhebliche technische Änderungen am Kühlwassersystem sowie Behinderungen bei der Durchführung des Hantierungsprogramms (Nassentstauber, Abgascaisson) und verspätete Freigabe von Vorprüf- und Funktionsprüfprogrammen haben das Projekt VEK in sofern beeinflusst, dass der ursprünglich für Dezember 2006 vorgesehene Beginn des kalten Verbundbetriebes in das Jahr 2007 verlegt werden musste. Die Inbetriebnahmeprogramme sind im Dezember 2006 angelaufen. Ein erster Glasabstich mit ca. 50 kg Glas fand ebenfalls im Dezember statt. Die für den Berichtszeitraum vorgesehene Kalthandhabung eines CASTOR-Behälters gemäß Masterablaufplan für das Zwischenlager Gorleben wurde wegen der geänderten Entsorgungsstrategie über das ZLN durch BfS und EBA aus formalen Gründen auf Anfang 2007 verlegt.

3. Geplante Weiterarbeit

WAK-Rückbau:

Schritt 3: Als Schwerpunktaufgabe wurde die radiologische Bestandsaufnahme des Prozessgebäudes in das Arbeitsprogramm 2007 aufgenommen. Weitere Arbeitspakete sind die umfangreiche Demontage von Kabeltrassen und Kabeln im PG, die Dekontamination des R164 Brennelementlagerbeckens sowie die Demontage von außer Betrieb genommenen Lüftungskomponenten.

Schritt 5: Für den Beginn der FH-Demontagen an den MAW-Behältern im HWL, Raum 6 in 2008 erfolgen die Vorbereitungen wie: Betriebsbereitschaft HWL-Anbau Süd, Durchführung der Geräteerprobung, Personalschulung und Beschaffung von Geräten. Des Weiteren wird die laufende Begutachtung für die FH-Demontage der HAWC-Behälter im HWL und der LAVA fortgeführt und mit der Genehmigungsplanung für die FH-Demontage der Einrichtungen in den Zellen L3, L4 und L5 in der LAVA begonnen.

Schritt 4: Fertigstellung der Antragsunterlagen und Antragstellung im April 2007 sowie Begutachtung und Start der Detailplanung.

VEK:

Abschluss der Begutachtung und Erteilung der 2. TBG; Abschluss der Funktionsprüfungen und Durchführung des kalten Verbundbetriebes mit Simulat; Herstellung der Heißen Anschlüsse und Heißer Betrieb nach Vorlage der Betriebsgenehmigungen; Durchführung der Kalthandhabung eines Castor-Behälters.

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

Keine

5. Kosten

Kosten bisher (von 07/1991 bis 06/2006):	1.243,1 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	51,5 Mio. €
Zukünftige Kosten:	750,4 Mio. €
Geldgeber:	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 2006</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 2006 ist für die sicher eingeschlossene Anlage THTR 300:

- das 17. Jahr nach der Abschaltung
- das 11. Jahr nach der Beendigung der Entladung des Reaktorkerns
- das 9. 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 2006 war kein meldepflichtiges Ereignis zu verzeichnen.

2006 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.

Die seit 1999 im Brennelementzwischenlager Ahaus laufenden Nacharbeiten an den dort eingelagerten Castor THTR/AVR-Behältern zur Beseitigung von Korrosionsschäden sind abgeschlossen, alle 305 Behälter sind überarbeitet und stehen wieder an ihrem Lagerstandplatz. Im Laufe des Jahres 2006 ist auch der Austausch von Tragzapfenbefestigungsschrauben an 108 der 305 Behälter auf Grund neuer Auslegungsvorschriften für das zulässige Anzugsmoment dieser Schrauben fertig gestellt worden.

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:

56 Mio. €

Geldgeber:

Bund, Land NRW, Gesellschafter der HKG

1.3 SchachtanlageASSE

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: 01.07.2006 bis 31.12.2006
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

Projekt Langzeitsicherheit

Die Arbeiten zur Erstellung des Sicherheitsberichtes werden bis zum 15. Dezember dieses Jahres abgeschlossen sein. Der Text des Berichtes ist so weit erstellt, dass die Endredaktion in der 46. KW beginnen kann.

Die Ergebnisse der deterministischen Transportrechnungen zeigen, dass das radiologische Schutzziel von 0,3 mSv/a unterschritten wird. Diese Rechnungen beinhalten den aktualisierten Radionuklid-Quellterm sowie Transportzeiten und eine Verdünnung im Deckgebirge. Auch die probabilistische Unsicherheitsanalyse belegt die Einhaltung des radiologischen Schutzzieles. Die Absenkung der Tagesoberfläche wird insgesamt einen Betrag von weniger als 1,7 m erreichen. Die Senkungen werden weiträumig mit geringer Geschwindigkeit erfolgen, so dass keine Auswirkungen auf Gebäude oder die Tagesoberfläche entstehen werden. Die Arbeiten zum Nachweis der Einhaltung der wasserrechtlichen Bestimmungen für chemische und chemotoxische Stoffe sind noch nicht abgeschlossen.

Resthohlraumverfüllung und Verfüllung des Tiefenaufschlusses

Die Verfüllung des Bereiches unterhalb der 775-m-Sohle mit festen Versatzstoffen, im Wesentlichen Eigensalz aus Streckenauffahrungen und Beraubearbeiten, läuft weiter planmäßig. An einzelnen Maßnahmen wurden

- auf der 750-m-Sohle 360 Kubikmeter Sorelbeton zur Verfüllung von Resthohlräumen verpumpt.
- in die Unterfahrungsstrecke des ehemaligen HAW - Versuchsfeldes auf der 825-m-Sohle rund 3.550 Tonnen Salzhauwerk eingebaut.
- im Bereich der Dammbau - Überföhrung auf der 900-m-Sohle rund 2.470 Tonnen Salzhauwerk eingebracht.
- in die ehemalige südliche Strecke des Dammbauversuchsfeldes auf der 950-m-Sohle rund 450 Kubikmeter Sorelbeton eingebracht.
- zur Verfüllung von Bohrlöchern im Tiefenaufschluss 57 Kubikmeter Sorelbeton und 334 Tonnen Schotter verarbeitet.

Schutzfluid wurde im Berichtszeitraum nicht in den Tiefenaufschluss eingeleitet.

Strömungsbarrieren und „Stützender Versatz“

Zur Herstellung von Strömungsbarrieren und „Stützendem Versatz“ wird ein Sorelbeton mit den Hauptbestandteilen Magnesiumoxid, Steinsalz und Magnesiumchloridlösung benötigt. Die Förder- und Mischanlagen für diese Komponenten und den Beton wurden im Berichtszeitraum erfolgreich getestet und dem Betrieb übergeben. Die Ausführungsplanungen für die ersten Bauwerke wurden von der Behörde genehmigt. Die Planungen für die nächsten Bauwerke werden zurzeit erstellt.

Die Vorarbeiten für den Bau der ersten Strömungsbarriere laufen.

- In der „Belgierstrecke“ auf der 775-m-Sohle wurden rund 70 vorhandene Bohrungen mit einem Spezialmörtel verpresst.
- Von der 750-m-Sohle aus wurden fünf Bohrungen mit Längen von jeweils rund 80 m in die Belgierstrecke gestoßen. Durch diese Bohrungen soll der Baustoff in die verschiedenen Abschnitte der geplanten Strömungsbarriere gepumpt werden.

Aufgefangene Steinsalzlösung

An verschiedenen Sammelstellen im Bereich der Südflanke der Schachanlage Asse werden täglich weiterhin rund 12 Kubikmeter gesättigte Steinsalzlösung aufgefangen. Die chemischen und physikalischen Eigenschaften der zutretenden Lösung sind unverändert. Seit Juni 2005 wird sie regelmäßig nach über Tage gepumpt und mit Tanklastzügen zu stillgelegten Kalisalzbergwerken der Kali und Salz AG transportiert. Dort kommt die Lösung bei der Flutung von stillgelegten Bergwerken zum Einsatz. Bislang wurden rund 9.400 Kubikmeter Steinsalzlösung aus der Schachanlage Asse herausgefördert.

Sicherheit in der Betriebsphase

Das geotechnische Kontroll- und Überwachungssystem zur Beurteilung der gebirgsmechanischen Ist-Zustände des Tragverhaltens der Haupttragelemente, der Pfeiler, des Grubengebäudes an der „Asse-Südflanke“ wurde weiter betrieben. Die Zusammenschau aller mit dem System bisher erzielten Ergebnisse liefert folgendes Abbild der gebirgsmechanischen Situation:

- Der primäre Spannungszustand im Deckgebirge der Südflanke führt zu einer Belastung des Tragsystems mit einem Teufengradienten von 15 MPa/km. Wegen der tektonisch bedingten starken Zerböckung der Schichten des Deckgebirges liegt eine hohe Mobilität vor, so dass von einem ständigen Kraftschluss zwischen Südflanke und Deckgebirge auszugehen ist.

- Der durch das Abbauverhältnis bedingte Lastfaktor von rund 2,5 führt zu hohen Belastungen, die über eine sehr lange Zeit auf das Tragsystem der Südflanke einwirkten bzw. noch einwirken. Dies hat zur Folge, dass das Tragsystem seine Tragfähigkeitsgrenze erreicht und überschritten hat. Infolge dessen fanden und finden an den Tragelementen Entfestigungsprozesse statt.
- Es ist davon auszugehen, dass die Pfeiler der Südflanke nur noch über eine Resttragfähigkeit verfügen. Messungen zeigen, dass in den Pfeilern zum Teil singuläre Rippen existieren, die Lasten in Höhe der einachsigen Druckfestigkeit noch tragen.
- Der Vollversatz der Abbaue an der Südflanke hatte eine Reduzierung des verformungsaktiven Hohlraumes und eine Stabilisierung der Pfeilerkonturen zur Folge.
- Die Konturstabilisierung führte zu einer Abnahme der Pfeilerquerdehnungen und damit zu einem Rückgang der Pfeilerstauchungen.
- Die abnehmenden Pfeilerverformungen werden seit 1999 gemessen. Sie laufen allerdings auf einem, wie die Pfeilerdeformationsmessungen zeigen, hohen Niveau ab.
- Versatzdrücke, die zu einer merklichen Lastabtragung führen, konnten bisher nicht nachgewiesen werden, d. h. der Entfestigungs- bzw. Schädigungsprozess läuft weiter.
- Der Entfestigungsprozess führte dazu, dass der bisher am Lastabtrag beteiligte Zentralpfeiler 4/5 sein Tragfähigkeitsmaximum überschritten hat und sich nun verstärkt durch Pfeilerquerdehnung der Belastung entzieht. Dies hat sichtbare Schädigungen am Pfeiler zur Folge.

Die mikroseismische Überwachung zeigt, dass die Entfestigung des Tragsystems zunehmend Auswirkungen im die Südflanke überspannenden Deckgebirge hat:

- Verringerung der Eigentragfähigkeit
- Ausbildung von Scherbändern im Gebirge
- Erhöhung der Mobilität des Deckgebirges

Eine zusammenfassende Bewertung aller bisher vorliegenden Messergebnisse erlaubt den Schluss, dass aus gebirgsmechanischer Sicht die Sicherheit der Schachanlage Asse in der Betriebsphase gewährleistet ist.

Qualitätssicherung

Ein Vergleich des Labors für die Qualitätssicherung von Schutzfluid/Anmachflüssigkeit und Salz/Baustoffuntersuchungen mit anderen Prüflaboratorien ergab eine qualitativ gute Übereinstimmung der Analyseergebnisse sowohl für den Bereich fester als auch flüssiger Versatz- und Baustoffe.

Qualitätsmanagement und Dokumentation

Im zweiten Halbjahr 2006 wurden vier interne Audits zur Wirksamkeit des QM - Systems durchgeführt. Die Einführung des QM -Systems wurde durchgehend positiv bewertet. Kleinere Schwachstellen wurden identifiziert, an ihrer Behebung wird gearbeitet. Die Arbeiten am Organisationshandbuch laufen planmäßig.

Das Archiv des Forschungsbergwerkes Asse wurde neu strukturiert. Die auf der Schachanlage Asse anfallenden archivierungswürdigen Dokumente werden nach dem aktuellen Dokumentationshandbuch gekennzeichnet und in das Archiv aufgenommen. Die Altbestände werden überprüft, bewertet, gekennzeichnet und bei Eignung aufgenommen.

Strahlenschutz und Umgebungsüberwachung

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 Abfallinventars ist abgeschlossen. Die Abschlussberichte wurden der Behörde als prüffähige Unterlagen übergeben. Aufgrund der Änderung der Basisdaten für die Ableitung des Quellterms für chemische und chemotoxische Stoffe sowie die Prüfung auf Einhaltung der wasserrechtlichen Bestimmungen war eine Revision der Abschlussberichte erforderlich. Mit der Revision der Berichte wurde die Firma Buchheim im Oktober 2006 beauftragt.

Die Strahlenschutzmessungen im Bereich der Schachanlage 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 betriebeigenen Umgebungsüberwachung ermittelten Messergebnisse in den Jahresberichten „Strahlenschutz und Umgebungsüberwachung im Bereich der Schachanlage Asse“ veröffentlicht.

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: 01.07.2006 bis 31.12.2006
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.

Abschließender Bericht:

Der Rückbau der Forschungs- Reaktoren TRIGA Heidelberg I und TRIGA Heidelberg II wurde im Juni 2006 abgeschlossen. Beide Reaktoren sind frei gemessen, wobei der TRIGA Heidelberg I zum Abriss freigegeben wurde und der TRIGA Heidelberg II zur uneingeschränkten Wiederverwendung.

Zum derzeitigen Zeitpunkt wird intensiv mit dem Umweltministerium Baden-Württemberg (UM) verhandelt, damit das DKFZ für beide Reaktoren eine sog. „Entlassung aus dem Atomgesetz (AtG)“ erhält, d. h. die atomrechtliche Überwachung aufgehoben wird.

Das Umweltministerium verhält sich hier sehr zurückhaltend, weil offenbar im Atomgesetz solch eine „Entlassung“ nicht vorgesehen ist. Das DKFZ legt aber – gerade angesichts der umfangreichen Sanierungsmaßnahmen - großen Wert darauf, mindestens eine Bestätigung des UM zu erwirken, dass alle Verpflichtungen aus dem AtG erfüllt sind.

Die Finanzen liegen voraussichtlich innerhalb des vorgesehen Rahmens; dies kann erst nach der Abschlussrechnung des Landessammelstelle (HDB/LSSst) festgestellt werden.

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Der Rückbau des Reaktors TRIGA Heidelberg II ist abgeschlossen.

Auch die Anlage TRIGA Heidelberg I muss aus der atomrechtlichen Überwachung freigegeben werden.

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 2012	Berichtszeitraum: 01.07.2006 bis 31.12.2006
Gesamtkosten des Vorhabens: 36,8 Mio. €	Projektleiter: N. Stehr

1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

GKSS Forschungszentrum GmbH ist Betreiber des Forschungsreaktors FRG-1 und der Landes-sammelstelle 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-1 zählenden Arbeitspakete gliedern sich in die 3 Gruppen:

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

2. Stand des Projektes und Ereignisse im Berichtszeitraum

Während des Berichtszeitraumes wurden folgende Arbeiten mit Priorität abgewickelt:

- Konditionierung feste radioaktive Abfälle (221, 231)

Konditionierungsarbeiten, Verbrennung und Verpressung der FRG- und OHA- Abfälle sowie Analysen und ggf. Trocknung der bereits konditionierten Gebinde bei FZK/HDB und zugehörige Sachverständigentätigkeit sowie Dokumentation, vorbereitende Arbeiten Mengenerhöhung

- Entsorgung FRG- Brennelemente
Erweiterung GNS-16-Zulassungsschein als Voraussetzung für die Entsorgung von HEU- Miniplatten
- Aufarbeitung bestrahlter OH-Versuchsbrennstäbe (223)
Planung und Antragerstellung zur Fertigung bzw. Einsatz einer Kapsel für den Transport und die Zwischenlagerung. Anlagentechnische Ertüchtigungsmaßnahmen für die Handhabung der Brennstäbe
- Rücknahme Dounreay (233)
Verfahrensqualifikation Produktherstellung
- FRG flüssige Abfälle (236)
Abtransport und Konditionierung von 100 m³ Betriebsabwässer durch GNS/FZJ
- Längerfristige Zwischenlagerung (227, 237, 238, 239)
Weitere Abwicklung notwendiger Wartungs- und Infrastrukturmaßnahmen (Wartung / Instandhaltung im Heißen Labor, Vorbereitung Rückbau Bleizellen im Heißen Labor, Sachverständigentätigkeit). Demontage Kühlturm FRG2.

3. Geplante Weiterarbeit

- Konditionierung LAW (221, 231): Verbrennung, Einschmelzung FRG- und OH-Abfälle, HD-Verpressung, Durchführung der restlichen Konditionierungsarbeiten, Rückführung abgefertigter Gebinde, Datenübertragung Dokumentation, Mengenerhöhung;
- Betriebsabwässer (236): Abtransport betrieblicher Abwässer zur Konditionierung bei FZJ;
- OH-Brennstäbe (223): Vorbereitende Arbeiten für die Zwischenlagerung;
- Konditionierung MAW (221, 231, 232): Datenzusammenstellung, Konzept- und Informationsbearbeitung, Koordinierung;
- Längerfristige Zwischenlagerung, bauliche Maßnahmen (227, 237, 238, 239): Bereitstellung erforderlicher Infrastrukturmaßnahmen, Gewährleistung der sicheren Zwischenlagerung, Demontage Bleizellen im Heißen Labor.

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

Veröffentlichung:

Beitrag Jahrestagung Kerntechnik 2006 „Rückholung und Zwischenlagerung aus der kompakten Natrium gekühlten Kernreaktoranlage KNK II (Karlsruhe)“

I.Gaffunder, R. Vallentin, H. Rütthlein, A. Drawe, P. Schreiner, D.Brauer

Beitrag International Meeting RERTR 2006 „Ten Years Experience in Shipment of Spent Fuel form GKSS to the US under the FRRSNF Acceptance Program“

A. Drawe, H. Häger, P. Schreiner

5. Kosten

Kosten bisher (seit 01/2002):	17,3 Mio. €
Kosten Berichtszeitraum:	1,9 Mio. €
Zukünftige Kosten:	19,5 Mio. €
Geldgeber:	Bund 90 %, Länder 10 %

2 FuE-Vorhaben „Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen“

2.1 Fördervorhaben

02 S 7951	Entsorgung von Beryllium / Berylliumoxid und Cadmium aus Forschungsreaktoren	TU München	📖 38
02 S 8011	Forschungsvorhaben zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen. Weiterführende Untersuchungen (FORM III)	Siempelkamp Nukleartechnik, Krefeld	📖 40
02 S 8021	Entwicklung von Beurteilungsmethoden für Transport- und Lagerbehälter mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen - Abschließende Untersuchungen (EBER III)	BAM, Berlin	📖 42
02 S 8142	Selektive Tritium-Extraktion aus Wasser und Bindung auf einen Träger	TU München	📖 44
02 S 8172	Entwicklung eines Konditionierungsverfahrens für Kernbrennstoffe aus dem Siemens-Unterrichts-Reaktor (SUR)	STEAG encotec GmbH, Essen	📖 46
* 02 S 8203	Genetische Wirkung dicht ionisierender Strahlen	Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH, Darmstadt	📖 48
* 02 S 8213	Mechanismen der Zytotoxizität durch Alpha-Strahlung in humanen normalen und malignen hämatopoetischen Zellen	Universitätsklinikum Düsseldorf	📖 50
* 02 S 8223	Inaktivierung von Mdm2 nach ionisierender Strahlung – Aufklärung der Signaltransduktionskette	Universität Fride-riciana zu Karlsruhe (TH)	📖 52
* 02 S 8254	Checkpoint Manipulation als Strategie für den Strahlenschutz und für die Strahlensensibilisierung von Säugetierzellen	Universitätsklinikum Essen	📖 54
* 02 S 8264	Anpassung einer Ionen-Mikrostrahleinrichtung für Untersuchungen zur Dynamik von geschädigten DNA-Regionen und zur Rekrutierung von Reparaturfaktoren	Ludwig-Maximilians-Universität München	📖 56
02 S 8274	Fallversuche mit Brennelement-/HAW-Transport- und Lagerbehältern in Originalgröße	Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung, Berlin	📖 58
02 S 8284	Untersuchungen zur Sicherheit gegen Behälterkorrosion in Langzeitzwischenlagern	Gottfried Wilhelm Leibnitz Universität Hannover	📖 60

02 S 8294	Kontrolle biologischer Untersuchungen bei der Dekontamination heterogener, schwach radioaktiv kontaminierter Geosubstrate für die Strahlenschutzvorsorge	Friedrich-Schiller-Universität Jena	📖 62
02 S 8305	Abbruch massiver Betonbauwerke der Energietechnik	Universität Fride-riciana zu Karls-ruhe (TH)	📖 64
02 S 8315	Verbesserung von Richtigkeit und Genauigkeit bei der Bestimmung des Nuklidinventars für die Deklaration und Freimessung von Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Einrichtungen	Forschungszent-rum Jülich GmbH	📖 66
02 S 8325	Verbesserung von Richtigkeit und Genauigkeit bei der Bestimmung des Nuklidinventars für die Deklaration und Freimessung von Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Einrichtungen	TU München	📖 68
* 02 S 8335	Biologische Wirkung niedriger Dosen ionisierender Strahlung	Universität des Saarlandes	📖 70
* 02 S 8345	Aufbau eines Systems isogener stabil diploider huma-ner Zelllinien mit gezielt durch RNA-Interferenz aus-geschalteten Genen zur Analyse des Zusammenhan-ges von DNA-Reparaturdefizienz, genomischer und chromosomaler Instabilität	Ludwig-Maximilians-Universität Mün-chen	📖 72
* 02 S 8355	Molekulare und zelluläre Wirkung dicht ionisierender Strahlen	Gesellschaft für Schwerionenfor-schung mbH, Darmstadt	📖 74
02 S 8356	Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abproduktkonditio-nierung	TU Dresden	📖 76
02 S 8366	Schutz durch Hochgeschwindigkeitsflammspritz-schichten auf dickwandigen End- und Zwischenlager-bauteilen zur Reduktion von Reparaturen, Korrosion und Kosten -SHARK-	Siempelkamp Nuk-leartechnik, Kre-feld	📖 78
02 S 8376	Bestimmung von Endlager-relevanten, langlebigen Radionukliden mittels radiometrischer und spezieller massenspektrometrischer Verfahren	TU München	📖 80
02 S 8386	Schutz durch Hochgeschwindigkeitsflammspritz-schichten auf dickwandigen End- und Zwischenlager-bauteilen zur Reduktion von Reparaturen, Korrosion und Kosten -SHARK-	Gottfried Wilhelm Leibnitz Universi-tät Hannover	📖 82
02 S 8396	Untersuchungen zur Strahlenschutz-Vorsorge für ra-dionuklidbelastetes Substrat: Mikrobieller Beitrag zur Bioakkumulation aus Bauschutt	Friedrich-Schiller Universität Jena	📖 84

02 S 8406 Weiterentwicklung der Technologie Plasmaschneiden für nichtmetallische Materialien für den praktischen Einsatz beim Rückbau und der Zerlegung von Kernkraftwerksanlagen und Reaktoren sowie für den Katastrophenschutz

**SGE Spezialgerä-
teentwicklung
GmbH, Dresden**

86

*** Strahlenforschungsvorhaben**

2.2 Formalisierte Zwischenberichte

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 31.12.2008	Berichtszeitraum: 01.07.2006 bis 31.12.2006	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 1.851.182,94 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. Validierung der Tritium-Freisetzung durch Messungen des mit allen Be-Reflektoren beladenen Behälters.
8. Ergänzende Modell-Rechnungen zum Temperaturverlauf im Behälter.
9. Durchführung von vergleichenden Löslichkeitsuntersuchungen an unbestrahltem und an bestrahltem Beryllium.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Vorbereitende Arbeiten zur Beprobung des vorgesehenen Lagerbehälters; aufgrund von Verzögerungen bei der Begutachtung des Ablaufplans konnte mit der Beladung allerdings noch nicht begonnen werden.
- Literaturrecherche.
- Inspektion des Lagerbehälters vor Ort zur Datenaufnahme für die Anpassungs- und Verfeinerungsrechnungen.
- Beginn der Arbeiten zur Modellierung u. a. auf Basis des aktuellen Behälterkonzeptes.

4. Geplante Weiterarbeiten

- Validierung der H-3-Freisetzung durch Messungen am beladenen Behälter. Hierzu gehören Vorbereitung und Anbringen der notwendigen Instrumentierungen am Behälter, Probenahme und anschließende Analyse auf H-3.
- Fortsetzung der begonnenen Modellrechnungen.
- Herstellung von Beryllium-Untersuchungsproben mittels Niedertouren-Diamantsäge-Einrichtung zur Untersuchung des Löslichkeitsverhaltens von bestrahltem Beryllium in verschiedenen Medien.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Siempelkampstraße 45, 47803 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 31.03.2008	Berichtszeitraum: 01.07.2006 bis 31.12.2006	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 1.609.850,00 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. Der Werkstoff wird hinsichtlich höherer Bruchzähigkeit weiterentwickelt. Zylindrische Gussbehälter und Gusscontainer Typ VII mit künstlichen Kerben werden in Fallversuchen nach Anforderungen der ABK II geprüft (5 m-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. Einfluss Kerben auf Bruchzähigkeit.
- II Bruchmechanische Werkstoffbewertung unter Störfallbedingung. Fertigung 2 Behälter-Dummies (Hohlprofile) aus FORM-Werkstoff für Probennahme. Ermittlung Werkstoffkennwerte.
- 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 Prüfung gekerbter Hohlprofile: Bestimmung der Beanspruchung bei Rissinitiierung.
- V Mechanische Prüfung gekerbter Gusscontainer und zylindrischer Gussbehälter: Fallprüfungen unter Endlagerbedingung nach ABK II (5 m-Fall bei -20°C, ohne Stoßdämpfer). Nachuntersuchung auf Rissinitiierung und Materialeigenschaften im Stück.
- VI Weiterentwicklung GJS-Werkstoff für höhere Bruchzähigkeit.
- VII Fertigung von je 1 zylindrischen Gussbehälter und 1 Gusscontainer (mit Kerben), Fallprüfung unter Endlagerbedingungen nach ABK II und Nachuntersuchung auf Rissinitiierung und Eigenschaften im Stück.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Das Ende 2005 vorgestellte Materialkonzept zur Erhöhung von Duktilität und Bruchzähigkeit von FORM III Material bei optimaler Anwendung einer Wärmebehandlung wird umgesetzt. Mit verschiedenen Maßnahmen des Konzepts wurden 4 zylindrische Gussbehälter FORM III hergestellt. Die Anzahl der in der Matrix ausgeschiedenen Graphitkugeln erreichen etwa den dreifachen Wert im Vergleich zur sonst üblichen Ausbildung. Die Ultraschallprüfung erbringt keine Anzeigen. Die ersten Ergebnisse aus den Hohlbohrproben zeigen, dass bei allen 4 Behältern schon im Gusszustand ein besseres Gefüge und eine höhere Bruchdehnung vorliegen.

Zunächst wurden einstufige Glühversuche an Behälter-Segmenten durchgeführt, welche auf den Zerfall der gefügeversprödenden Gefügekomponente Perlit ausgerichtet sind. Erwartungsgemäß ist ein Rückgang der Perlitbereiche je nach Glühtemperatur und chemischer Zusammensetzung zu verzeichnen. Wie weitere Untersuchungen zeigen, besteht der zurückgebliebene Perlit nicht mehr nur aus der definitionsgerechten plattenförmigen, spröden Eisenkarbidstruktur. Es liegen eingeformte, kugelförmige Karbide vor, die in der duktilen ferritischen Matrix eingelagert sind. Dabei ist der Anteil so hoch, dass oft nur noch 5 % regulärer Perlit in der als Perlit bezeichneten Schlichtfläche (z. B. 30 - 40 %) nachgewiesen wird. Dieses überraschende Ergebnis ist als sehr vorteilhaft für bruchmechanisches Werkstoffverhalten einzustufen.

Es folgen zweistufige Glühversuche an Segmenten und Hohlbohrproben. Die jeweils höhere, vorlaufende Temperatur soll zusätzlich die durch Legierungselemente im Recyclingmaterial hervorgerufenen Korngrenzenkarbide (Primärkarbide) zerstören. Es wird festgestellt, dass höhere Glühtemperaturen die Ultraschallgeschwindigkeit, welche für die Auffindung von Volumendefiziten eine Rolle spielt, verringert. Deshalb werden die Versuche mit so geringer Karbidzerfallstemperatur gefahren wie eben erforderlich.

Aufgrund der Ergebnislage wurde ein kubischer Gusscontainer Typ VII erzeugt. Sich im Projekt bewährte Herstellungsparameter wurden erfolgreich übernommen. Trotz hoher Anteile an karbidstabilisierenden Elementen weist das Gussteil keinerlei Anzeigen im Rahmen der Ultraschallprüfung auf.

Nachträglich geglühte Proben aus den beiden in 2005 im Gusszustand geprüften zylindrischen Fallversuchs-Behältern wurden auf die dynamische Bruchzähigkeit untersucht. Diese war erheblich gegenüber dem Gusszustand verbessert. Für die 4 neuen zylindrischen Gussbehälter FORM III wurden die Proben für die Bestimmung der Bruchzähigkeit vorbereitet.

4. Geplante Weiterarbeiten

Bestimmung der Bruchzähigkeit der mit verschiedenen Maßnahmen des Materialkonzepts hergestellten zylindrischen Gussbehälter FORM III. Hieraus und aus den zugehörigen Gefügen werden die Parameter für eine optimale Fertigung der zylindrischen Behälter abgeleitet.

Probenmaterial aus dem in 2006 zum Zwecke der Materialuntersuchungen gefertigten kubischen Gusscontainer FORM III wird ferritisierend geglüht. Das Gefüge wird an einer Vielzahl von Stellen untersucht. Bei Bedarf werden weitere Proben mit anderen Temperaturen und -zeiten geglüht. An mit der optimalen Glühung behandelten weiteren Proben wird die dynamische Bruchzähigkeit des Gusscontainer FORM III-Materials gemessen.

Auf Basis aller Untersuchungen wird der optimale Fertigungsprozess für Behälter mit erhöhtem Recyclinganteil festgelegt und werden die zwei für die Verwendung in Fallversuchen vorgesehenen Gussbehälter FORM III und Gusscontainer FORM III gefertigt.

Die zulässige Größe mehrerer künstlich an empfindlichen Stellen in die Prüfmuster eingebrachten Fehlstellen wird anhand der Bruchzähigkeit ausgelegt.

Die beiden Prüfmuster werden an die BAM für die Fallprüfungen in EBER III übergeben.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Unter den Eichen 87, 12205 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 31.03.2008	Berichtszeitraum: 01.07.2006 bis 31.12.2006	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 652.714,73 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 (02S7584) und EBER II (02S7788) 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 02S8011.

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

Im Rahmen des Parallelvorhabens FORM III, FKZ 02S8011, zur weiteren Verbesserung der sicherheitstechnisch relevanten Werkstoffeigenschaften (Duktilität und Bruchzähigkeit) von Gusseisen mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen sollen planmäßig im 1. Halbjahr 2007 weitere Testbehälter in Form eines zylindrischen Gussbehälters sowie eines kubischen Gusscontainers abgegossen werden, mit denen dann im Herbst 2007 Fallversuche bei der BAM vorgesehen sind. Als Unterstützung für die Auswahl einer geeigneten Werkstoffqualität und in Vorbereitung der mit diesen Behältern geplanten Fallversuche wurden vorherige Fallversuche bei der BAM auf ein Prüfstandfundament nach den Anforderungen für die Schachanlage Konrad an detaillierten FE-Modellen dynamisch untersucht. Dabei wurden die zeitabhängigen Spannungsfelder am Behälterkörper ermittelt. Sie sind Grundlage für eine gezielte Instrumentierung mit Dehnmessstreifen sowie die sicherheitstechnische Bewertung der vom Behälterhersteller/-konstrukteur ausgewählten Orte hoher Spannungen für die Einbringung künstlicher Werkstofffehler.

Mit der gewählten Modellierung des Versuchsstandfundamentes (elastisches Modell für den Baugrund inkl. Stahlbramme, elastisch-plastisches Modell für die obere Betonplatte als Aufprallfläche) konnte der zeitliche Verlauf der beim Fallversuch gemessenen Beanspruchungen gut nachvollzogen werden. Aufgetretene Abweichungen im Beanspruchungsmaximum sind im Fehlen eines geeigneten Materialmodells zur Modellierung der lokalen Schädigungsvorgänge in der oberen Betonplatte begründet.

Die Schwerpunkte der Untersuchungen an und mit diesem Modell waren der Einfluss der Behälterneigung beim Aufprall sowie das Spaltmaß zwischen Deckel und Behälterkörper. Die bisher gewonnenen Erkenntnisse über den Einfluss des Deckelspaltmaßes auf die Höhe der Beanspruchungen wurden dabei bestätigt. Das entsprechend den Passungstoleranzen größtmögliche Spaltmaß und die daraus resultierende größere Ovalisierung führt im Vergleich zum eingepassten Deckel (theoretisches Spaltmaß 0,0 mm) entlang der gesamten Auftrefflinie zu höheren Dehnungen/Spannungen. Allerdings ist zumindest bei dem geometrisch optimierten Gussbehälter mit hinterdrehter Behälterwand und deshalb „punktförmigem“ Fundamentkontakt an den Behälterenden der Ort der maximalen Beanspruchung unabhängig von der Deckelpassung immer im Deckelbereich zu finden. Er verschiebt sich nicht in Richtung Behältermitte.

Bei der Simulation des Fallversuchs mit einer Behälterneigung von $0,4^\circ$ wurde die entsprechend dem jeweils gewählten primären Auftreffpunkt (Boden-/Deckelseite) zu erwartende zeitliche Verschiebung der gemessenen Signale bestätigt. Der Einfluss der Neigung auf die Höhe der Beanspruchung an den einzelnen Messstellen blieb beim zylindrischen Gussbehälter gering.

4. Geplante Weiterarbeiten

In Vorbereitung der nächsten Fallversuche werden die oben beschriebenen Berechnungen analog für den Gusscontainer durchgeführt.

Um sowohl die qualitativen als auch die quantitativen Verläufe der Versuchsergebnisse noch besser reproduzieren zu können, sind weitere Untersuchungen zur Erarbeitung geeigneter Betonmodelle erforderlich.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: TU München, Arcisstr. 21, 80333 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: 01.07.2006 bis 31.12.2006	
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 (AP1).
2. Austauschstöchiometrie und Austauschgeschwindigkeit bei organischen Rezeptoren (AP2 und 3).
3. Methodenvergleich und Präzisierung des Isotopieeffekts bei der Solvent-Solute-Trennung (AP4 und 5).
4. Rückhaltevermögen organischer H-Rezeptoren (AP6).
5. Auswahl und Studie anorganischer H-Rezeptoren (AP7).
6. Verteilungsfaktoren und Austauschkinetik anorganischer H-Rezeptoren.
7. Abschlussbericht und Dokumentation.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die Regensburger Gruppe hat Gelfiltrationsversuche mit Säulen unterschiedlicher Länge und mit verschiedenen Elutionsmitteln durchgeführt. Es ist dabei gelungen, die beiden Peaks von DNA und HTO vollständig voneinander zu trennen. Eine Anreicherung von Tritium in DNA konnte dabei nicht beobachtet werden. Kryosublimationsversuche mit DNA und Poly-D,L-Tryptophan haben eine deutliche Anreicherung von Tritium in DNA, jedoch keine Anreicherung von Tritium in Tryptophan gezeigt (AS 3).

In Garching wurde die Zucht der Alge *Chlorella pyrenoidosa* optimiert. Vor den ersten Kryosublimationsversuchen wurde der Wassergehalt der Alge bei der optimalen Temperatur mittels Karl-Fischer Titration bestimmt. Weiterhin ist es gelungen, die Versuche mit DNA zu reproduzieren (AS 4). Die Tatsache, dass sowohl von der Regensburger als auch von der Garchinger Gruppe eine Anreicherung von Tritium in DNA mittels Kryosublimation gemessen werden konnte, bestätigt die zugrunde liegenden Ergebnisse von Baumgartner et al. Erste Versuche, die mit Zeolithen in Na-Form anstelle der sonst gebräuchlichen H-Form durchgeführt wurden, haben eine Erhöhung der Anreicherung um einen Faktor 2 gezeigt (AS 6). Im November und Dezember konnten keine Kryosublimationsversuche durchgeführt werden, da das LSC-Gerät durch ein neues Gerät ersetzt werden musste.

Durch weitere Verbesserungen an der Elektrolyseanlage ist es gelungen die Versuchsdauer auf durchschnittlich 4 Tage zu reduzieren. Die Genauigkeit der gemessenen Tritiumseparationsfaktoren konnte dabei sogar noch erhöht werden. Als Kathodenmaterial kamen bisher Edelstahl, Titan und Eisen zum Einsatz. Als Anodenmaterial wurde durchgehend Edelstahl verwendet. Die ermittelten Separationsfaktoren liegen bei $\sim 5 \pm 1$ für Edelstahl, $\sim 8 \pm 1$ für Titan und $\sim 13 \pm 2$ für Eisen. Allerdings scheint auch die Wahl des Anodenmaterials nicht vernachlässigbar zu sein. So bildet sich im Laufe der Elektrolyse ein, von Anodenmaterial herrührender, schwarzer Belag auf der Kathodenoberfläche, welcher möglicherweise für den Tritiumseparationsfaktor von maßgeblicher Bedeutung ist (AS 6).

4. Geplante Weiterarbeiten

Aufgrund des Ausfalls des LSC-Geräts konnte die Garchinger Gruppe erst im Januar mit den Versuchen zur Tritiumanreicherung in Algen beginnen. Diese Versuche werden unter verschiedenen Bedingungen weitergeführt, wobei die Tritiumaufnahme während des Algenwachstums, als auch nach Ende des Wachstums untersucht werden soll. Nachdem die ersten Ergebnisse mit Zeolithen in Na-Form sehr Erfolg versprechend sind, werden noch weitere Verbindungen, ebenfalls in Na-Form- mit den Ergebnissen den Zeolithe in H-Form verglichen.

Die folgenden Experimente mit der Elektrolyseanlage konzentrieren sich auf eine weitere Untersuchung des sich während der Elektrolyse ausbildenden Belags auf der Kathode der Zelle. Hierzu ist geplant die Ablagerung selbst zu analysieren, als auch die Bildung einer Ablagerung zu unterbinden um den Effekt auf den Tritiumseparationsfaktor ermitteln zu können. Des Weiteren soll nach Auswahl des am Besten geeigneten Systems die Veränderung des Tritiumseparationsfaktors, des Energieverbrauches und des Aktivitätsverlusts als Funktion der Stromdichte, Temperatur, Elektrodenfläche und des Elektrodenabstandes dargestellt werden.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

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 31.12.2007	Berichtszeitraum: 01.07.2006 bis 31.12.2006	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 2.036.936,35 EUR	Projektleiter: Taube	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

In Deutschland gab bzw. 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 Kernbrennstoff aus diesen Reaktoren 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 abgereicherten Urans vorgesehen. Auf diese Weise werden das in den Brennstoffplatten enthaltene Polyethylen entfernt 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: Die erforderlichen Änderungen der Unterlagen für das Zustimmungsverfahren für die Weiterverarbeitung wurden im Juli durchgeführt und dem Gutachter zugeleitet. Dieser hat darauf hin im September die Auflagen im Zustimmungsverfahren als erfüllt erklärt, so dass einer Verarbeitung des konditionierten Materials jetzt genehmigungstechnisch nichts mehr entgegensteht.

- AP2: Die im Dezember 2005 angelieferten beiden SUR-Kerne der TU Darmstadt und TU München wurden Inzwischen vollständig verascht. Die erhaltenen Blendchargen wurden mit abgereichertem Uran (DU) geblendet. Aus den erhaltenen Unterlosen (UL) wurden Teilproben entnommen und daraus die Los-repräsentativen Proben (LP) für die Lose des SUR München (L-SUR-M) und SUR Darmstadt (L-SUR-DA) hergestellt.
- AP3: Eine fertig konditionierte Vorprobe aus einem Unterlos des SUR Darmstadt wurde bei RCM Gamma-spektrometriert und auf Sr-90 und Pu-Isotope analysiert. Ca. 30 g dieses Probenmaterials wurden zur informellen Spezifikationsüberprüfung an AREVA/ANF nach Lingen gesandt. Der Messwert für das in dem Probenmaterial gefundene Pu-239 lag knapp oberhalb des von ANF als Grenzwert angesetzten Spezifikationswertes. Da diese Probe als Einzelprobe aus dem Bereich mit dem höchsten Abbrand stammte, wird davon ausgegangen, dass eine Mischprobe diesen Grenzwert deutlich einhält.
- AP4: RCM erklärte nach Abschluss der Konditionierungsarbeiten an den ersten beiden SUR-Kernen am 23.11.06 die Annahmefähigkeit für die beiden nächsten SUR-Kerne aus der Staatlichen Verwahrung. Daraufhin wurde NCS beauftragt, die für den Transport erforderlichen Genehmigungen einzuholen und den Transport vom ITU Karlsruhe nach RCM München vorzubereiten und nach erfolgter Genehmigung durchzuführen. Die erforderlichen Verträge zwischen den weiteren (ehemaligen) SUR-Betreibern und dem RWE als Abnehmer des Kernbrennstoffs und die Verträge zwischen diesen SUR-Betreibern und TUM/RCM wurde den Betreibern im September zur Einsicht und Stellungnahme zugeschickt.
- AP5: Infolge vertraglicher Verknüpfungen zwischen dem ITU Karlsruhe und dem BfS sowie der noch fehlenden Transportgenehmigung konnte der Transport der beiden Kerne (HS Bremen, HAW Hamburg) noch nicht erfolgen. Die Genehmigung des Transports wurde bereits beantragt und eine Klärung der vertraglichen Hemmnisse zwischen dem ITU und BfS ist in Arbeit.

4. Geplante Weiterarbeiten

- AP1: Die Los-repräsentativen Proben des SUR-M und SUR-DA werden von RCM analysiert und spezifiziert und anschließend ANF zugestellt. Insbesondere wird dabei das frühere Analysenergebnis für das Pu-239 in der konditionierten Vorprobe überprüft. Für die weiteren SUR-Kerne, die nicht aus der Staatlichen Verwahrung stammen, wird eine Übernahmeerklärung des BfS für das konditionierte Material angestrebt für den Fall, dass dieses Material nicht bei ANF angenommen wird. Diese Erklärung ist für die Annahme weiterer SUR-Kerne durch RCM entsprechend der für die Konditionierung erteilten Genehmigung erforderlich.
- AP2: Die beiden SUR-Kerne (HS Bremen, HAW Hamburg) werden voraussichtlich noch im Januar vom ITU Karlsruhe nach RCM verbracht. Dort soll dann umgehend mit der Veraschung und Konditionierung dieser beiden Kerne begonnen werden. Mit dem Blenden der aus der Veraschung erhaltenen Blendchargen wird begonnen.
- AP3: Mit der Konditionierung dieser beiden Kerne wird unmittelbar nach Anlieferung und Eingangsprüfung begonnen
- AP4: Die Verträge zwischen den weiteren (ehemaligen) SUR-Betreibern und dem Abnehmer RWE sowie zwischen diesen Betreibern und RCM sollen abgeschlossen werden, sobald die Übernahmeerklärung des BfS für den Fall der Nichtannahme durch ANF vorliegt.
- AP5: Sobald die Voraussetzungen für die Annahme weiterer SUR-Kerne gegeben sind, werden alle erforderlichen Maßnahmen getroffen, die restlichen Betreiber in den Prozess einzubeziehen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Gesellschaft für Schwerionenforschung mit beschränkter Haftung, Planckstraße 1, 64291 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: 01.07.2006 bis 31.12.2006	
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 Metaphase- 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. Ein weiterer Schwerpunkt des Projektes ist die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses in der Strahlenforschung, um zum Kompetenzerhalt beizutragen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1:** Untersuchung der Induktion und Transmission von Chromosomenschäden in menschlichen T-Lymphozyten und Hautfibroblasten nach Teilchenbestrahlung (GSI Darmstadt).
- AP2:** Messung der Strahlenempfindlichkeit von T- und B-Lymphozyten sowie von Makrophagen gegenüber dicht und dünn ionisierender Strahlung (Technische Universität Darmstadt).
- AP3:** Untersuchungen zur Expression von Chromosomenschäden in T-Lymphozyten von Prostatakarzinompatienten nach Bestrahlung mit Kohlenstoffionen oder Röntgenstrahlen (Universität Göttingen, GSI Darmstadt).
- AP4:** 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

AP1: Mit Hilfe der multiplex Fluoreszenz *in situ* Hybridisierung (mFISH) wurden Chromosomenschäden sowohl in Lymphozyten eines gesunden Spenders nach Bestrahlung mit 10 MeV/u Kohlenstoffionen oder Röntgenstrahlen analysiert als auch in Lymphozyten von 5 Prostatakarzinompatienten, die mit Kohlenstoffionenboost und Photonen (intensitätsmodulierten Radiotherapie, IMRT) behandelt wurden. Die Analyse der bisher zur Verfügung stehenden Proben zeigt, dass bestimmte Aberrationstypen *in vitro* als Fingerprint von hoch-LET Strahlung dienen können, während dieser Zusammenhang *in vivo* nicht besteht.

Weiterhin wurden die Langzeitexperimente mit normalen menschlichen Fibroblasten fortgesetzt, um in diesem Modellsystem den Zusammenhang zwischen Alterung, Differenzierung und genetischer Instabilität genauer zu charakterisieren. Die Untersuchungen wurden auf 4 Zelllinien aus 3 verschiedenen Ursprungsgeweben ausgedehnt. In allen Fällen traten mit dem zunehmenden Alter der Kulturen instabile Aberrationen auf, die auf genetische Instabilität hinweisen. In 3 Zelllinien wurden auch klonale Aberrationen beobachtet, die teilweise stark expandierten.

AP2: Vorangegangene Messungen, die zeigten, dass die Strahlenempfindlichkeit von humanen B- und T-Lymphozyten in Bezug auf die Anzahl und Art von Chromosomenschäden gleich ist, konnten bestätigt werden. Darüber hinaus wurden in weiteren Experimenten die bisher erhaltenen Daten zur Strahlenreaktion von Makrophagen (phagozytotische Aktivität, Produktion von Stickstoff-Monoxid sowie der Zytokine TNF- α und IL-1 β) nach einer Exposition mit 9,8 MeV/u Kohlenstoffionen und 250 kV Röntgenstrahlen verifiziert.

AP3: Bei 7 Patienten, die mit einer Kombination aus IMRT-Röntgentherapie und einer Kohlenstoffionentherapie (Boost Bestrahlung) bzw. nur mit IMRT-Röntgentherapie behandelt wurden, wurden Chromosomenaberrationen mittels der Fluoreszenz *in situ* Hybridisierung (FISH) in den Chromosomen Nr. 2 und Nr. 4 gemessen. Bisher wurden von diesen Patienten Proben vor und während der Therapie sowie unmittelbar nach der Therapie erhalten.

AP4: Die Untersuchungen zur Telomeraseaktivität und zur Stimulierbarkeit von Lymphozyten von Kontrollpersonen und Strahlentherapiepatienten wurden fortgesetzt. Darüber hinaus wurde ein *in vitro* Experiment an der GSI durchgeführt, um die Strahlenwirkung von Kohlenstoffionen (spread out Bragg-Peak) mit der von Röntgenstrahlung zu vergleichen. Hierzu wurden Lymphozyten eines gesunden Spenders bestrahlt und Proben für die Chromosomenanalyse sowie zur Bestimmung der Telomeraseaktivität gesammelt. Die Auswertung erfolgt in Kürze.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP1: Gemeinsam mit AP3 wird die Rekrutierung von Prostatakarzinompatienten zur Untersuchung von strahleninduzierten Chromosomenaberrationen fortgeführt. Ferner ist geplant, die Experimente zum Zusammenhang zwischen dem Differenzierungsgrad von Fibroblasten und der Expression von Zellzyklusinhibitoren fortzusetzen und die Untersuchungen zum Auftreten von genetischer Instabilität nach Bestrahlung mit Röntgenstrahlen abzuschließen.

AP2: Die Untersuchungen zur phagozytotischen Aktivität von Makrophagen werden abgeschlossen. Die vorliegenden Ergebnisse zur Strahlensensitivität humaner B- und T-Lymphozyten sowie Makrophagen werden zusammengefasst und eine Veröffentlichung wird vorbereitet.

AP3: Die Untersuchung von strahleninduzierten Chromosomenaberrationen in Lymphozyten von Prostatakarzinompatienten wird fortgeführt. Weiterhin werden die *in vitro* Untersuchungen zur strahleninduzierten genomischen Instabilität in Lymphozyten-Langzeitkulturen fortgesetzt. Hierzu werden isolierte T-Lymphozyten von einem gesunden Spender und einem gleichaltrigen Patienten mit einem Prostatakarzinom mit Röntgenstrahlung bestrahlt, Mitosen zu verschiedenen Zeitpunkten nach Bestrahlung gesammelt und chromosomale Schäden mittels Giemsa- und Dreifarben-FISH (Chromosomen 1, 2 und 4) gemessen.

AP4: Das Ende 2006 durchgeführte *in vitro* Experiment mit Kohlenstoffionen bzw. Röntgenstrahlen soll ausgewertet werden. Die Telomeraseaktivität in Lymphozyten vor, während und nach konventioneller Strahlentherapie soll in Mannheim bei 6 bis 12 Prostatapatienten mit großen bzw. kleinen Bestrahlungsfeldern untersucht werden. Parallel dazu soll die Stimulierbarkeit der Lymphozyten von Patienten gemessen werden und mit der von jungen, gesunden Spendern verglichen werden. Weiterhin sollen die Mechanismen der Strahleninduktion in TK6 Zellen, insbesondere die Rolle des PI3K/Akt Signaltransduktionsweges, untersucht werden.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Durgaryan A: Genetic effects of X-ray irradiation on human fibroblasts and human peripheral blood lymphocytes. GSI International Summer Student Program, p15-19 (2006).

Fournier C., D. Becker, M. Winter, P. Barberet, M. Heiss, G. Taucher-Scholz: Bystander response of cell cycle related endpoints is not markedly increased following heavy ion radiation. Radiat. Res. (im Druck).

Hofmann-Hüther H., H. Peuckert, S. Ritter, P. Virsik-Köpp: Chromosomal instability and delayed apoptosis in lymphocyte long-term cultures irradiated with carbon ions and X-rays. Radiat. Res. 166:858-69 (2006).

Milanovic T.D. Mechanismen und Modulation von Strahlenresistenz: Untersuchungen zur Rolle von Telomerase, Erlotinib, 13-cis Retinsäure und Thalidomid. Medizinische Doktorarbeit, eingereicht an der Medizinischen Fakultät Mannheim der Universität Heidelberg (2006).

Zahnreich, S.: Spontane und strahleninduzierte Chromosomenschäden und genetische Instabilität in Langzeitkulturen verschiedener humaner Fibroblastenlinien. Diplomarbeit, Fachbereich Chemie- und Biotechnologie, Hochschule Darmstadt (2006).

Zuwendungsempfänger: Universitätsklinikum Düsseldorf, Moorenstraße 5, 40225 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 30.06.2007	Berichtszeitraum: 01.07.2006 bis 31.12.2006	
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

- AP1** Untersuchung der Wirkungen der Alpha-Strahlung auf normale hämatopoetische Zellen (myeloisch und lymphatisch) mittels Microarrays.
- AP2** Untersuchung der Wirkungen der Alpha-Strahlung auf maligne hämatopoetische Zellen (myeloisch und lymphatisch) mittels Microarrays.
- AP3** Untersuchung der Assoziation der RNA-Expressionsdaten aus AP1 und AP2 mit Proteinexpressionsdaten.
- AP4** Untersuchung der Proliferationsfähigkeit und der Apoptose-Rate nach Alpha-Bestrahlung in normalen und malignen hämatopoetischen Zellen.
Bestätigung von Kandidatengenomen mittels quantitativer real-time RT-PCR.
- AP5** Untersuchung des Einflusses radioprotektiver Substanzen auf das Genexpressionsmuster nach Alpha-Strahlung.
- AP6** Untersuchung von transkriptionellen Änderungen in CD34+ Zellen bei Patienten mit Non-Hodgkin-Lymphom nach Alpha-Radioimmuntherapie.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Die Aufteilung der nach alpha-Bestrahlung primärer CD19+ Zellen differentiell regulierten Gene in funktionelle Gruppen ist abgeschlossen. Diese konnten in 3 große Gruppen eingeordnet werden: Zellzyklusregulation, Immunantwort, Transkriptionsregulation. Die Ergebnisse weisen auf einen Zellzyklusstopp in der G1- und in der G2-Phase und eine Art von Immunantwort nach Alphabestrahlung hin.

AP2: Die Auswertung der differentiell exprimierten Gene in alpha-bestrahlten K422 Zellen nach Bi-213-CD20 Exposition ist abgeschlossen. Die Gene wurden in funktionelle Gruppen aufgeteilt. Die Genexpressionsdaten geben Hinweise auf einen Zellzyklusstopp in der G2-Phase, DNA-Reparatur, Proteindegradation, Inhibition der Translation und Interferonantwort.

AP3: Die Sezernierung der Zytokinen TNF, TNFSF10, CCL3, CCL4, IL8 wurde mit ELISA-Assays gemessen. Die Daten zeigten, dass bei den K422 Zellen eine signifikante Erhöhung der Zytokinsekretion nach 24 Stunden alpha-Bestrahlung stattfand. Eine Erhöhung nach einer Expositionszeit von 46 Minuten war zum Teil bei den K422 Zellen und bei den CD19+ Zellen zu beobachten. Korrelierend mit der vermuteten Interferonantwort geben diese Daten einen weiteren Hinweis auf strahlungsinduzierte immunmodulatorische Aktivitäten.

AP4: Die Immunfluoreszenzdaten zur Messung von DNA-Schäden zeigten in den K422 Zellen unter allen Bestrahlungsbedingungen eine signifikante Anzahl von Zellen mit strahlungsinduzierten Doppelstrangbrüchen. Im Mittel zeigten 80 % der bestrahlten Zellen diese Art von DNA-Schädigungen. Zur Untersuchung genomweiter Methylierungsveränderungen durch Bismut-213 wurde der „Cytosin Extension Assay“ auf Proben von bestrahlten CD19+ Zellen angewendet. Es konnte keine signifikante Veränderung der DNA-Methylierung infolge von Alphastrahlung im Vergleich zu den unbehandelten Kontrollproben beobachtet werden. Eine Aktivierung von Genpromotoren, wie sie in den K422 Zellen postuliert wurde, ist daher nicht zu vermuten.

AP6: Die klinische Studie musste wegen nicht tolerierbarer Nebenwirkungen abgebrochen werden.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP1: Die Expressionsanalysen von bestrahlten normalen CD19+ B-Zellen werden weiter biologisch ausgewertet und mit den Daten aus den Zell-Linien verglichen.

AP2: Die funktionelle Bedeutung der Expressionsanalysen von mit Bi-213-CD20 bestrahlten K422-Zellen wird weiter untersucht.

AP3: Mittels Durchflusszytometrie wird die Assoziation der RNA-Expressionsdaten in CD19+ Zellen mit Proteinexpressionsdaten untersucht.

AP4: Nach Bestrahlung sollen DNA-Schäden mittels Immunfluoreszenz für γ H2AX-Foci an den CD19+ Zellen untersucht werden.

AP5: Radioprotektive Substanzen werden eingesetzt.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Raschke S, Martin S, Kliszewski S, Roskopf M, Apostolidis C, Morgenstern A, Weis M, Neumann F, von Haeseler A, Haas R, Kronenwett R.: Molecular and functional effects of the alpha-emitting radioimmunoconjugate ^{213}Bi -rituximab in B-cell lymphomas and primary CD19+ cells, *Onkologie* 2006; 29 (suppl 3), 159 (abstr.)

Zuwendungsempfänger: Universität Fridericiana zu Karlsruhe (TH), Kaiserstraße 12, 76131 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 31.07.2008	Berichtszeitraum: 01.07.2006 bis 31.12.2006	
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.

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: Nachdem wir in den vorausgegangenen Berichtszeitraum die Abhängigkeit der Stabilisierung des p53 Tumorsuppressor Proteins p53 nach ionisierender Strahlung von den Kinasen DNA-PK und Akt-1 nachgewiesen haben, untersuchten wir in diesem Berichtszeitraum eine mögliche Abhängigkeit von der Kinase ATR. Wir haben dazu ATR mittels siRNA ausgeschaltet und die Phosphorylierung von GSK-3, Akt/PKB sowie die Mengenzunahme von p53 nach ionisierender Strahlung analysiert. Die Ausschaltung von ATR hatte jedoch keinen Einfluss auf die Phosphorylierung von GSK-3 oder Akt oder auf die Mengenzunahme des p53 Proteins. Darüber hinaus haben wir die Arbeiten zu einer Veröffentlichung zusammengefasst und bei einer Fachzeitschrift eingereicht. Zusätzlich hat die an diesem Projekt arbeitende Doktorandin ihre Dissertation geschrieben und das Rigorosum abgelegt.

zu B: Im zurückliegenden Berichtszeitraum haben wir die strahlenvermittelte Assoziation von CKIdelta mit 14-3-3 Proteinen reproduziert. Wir haben ferner die menschliche CKIdelta in einen Expressionsvektor kloniert und mit einem Tag versehen. Außerdem haben wir einzelne Fragmente der 14-3-3 Proteine sowie Deletionsmutanten hergestellt. Wir haben darüber hinaus die Lokalisation der 14-3-3 Proteine in ruhenden und bestrahlten Zellen mittels Immunfluoreszenz überprüft und dabei festgestellt, dass eines der 14-3-3 Proteine nach ionisierender Strahlung vermehrt im Zellkern nachzuweisen ist.

4. Geplante Weiterarbeiten

zu A: Wir werden die, von den Gutachtern bezüglich unserer eingereichten Arbeit, geforderten Experimente durchführen.

zu B: Wir werden die Fragmente und Deletionsmutanten der 14-3-3 Proteine auf eine strahlenvermittelte Assoziation mit CKIdelta untersuchen, um so die Assoziationsdomäne zu kartieren und die Assoziation auf eine Veränderung durch Phosphorylierung überprüfen. Um die Translokation der 14-3-3 Proteine nach ionisierender Strahlung zu quantifizieren, werden wir die Zellen in Zellkern und Zytoplasma fraktionieren und die Menge an 14-3-3 Protein in den beiden Zellkompartimenten getrennt bestimmen. Wir werden ferner untersuchen, ob die Expression von 14-3-3 Proteinen die Translokation von CKIdelta in den Zellkern fördert. Darüber hinaus werden wir die Interaktionsdomäne von 14-3-3 Proteinen mit CKIdelta auf dem CKIdelta Protein kartieren.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Kulikov R, Winter M, **Blattner C.**: Binding of p53 to the central domain of Mdm2 is regulated by phosphorylation. *J. Biol Chem.*, **281**, 28575-28583, (2006). (**Impact faktor: 6,5**).

Zuwendungsempfänger: Universitätsklinikum Essen – Universität Duisburg-Essen, Hufelandstraße 55, 45147 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: 01.07.2006 bis 31.12.2006	
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 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.

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

Während der letzten Finanzierungsperiode konnten wir eine Reihe von Experimenten durchführen, die die Ziele des Projektes vorangetrieben haben. Im einzelnen wurden folgende neue Ergebnisse gewonnen:

- Eine Reihe Partitionsexperimente hat gezeigt, dass GAMA wasserlöslich ist und dass sie in organischen Phasen nicht übertragen werden kann.
- Dialyse in Schläuchen mit einem Molekulargewicht „cutoff“ von 500 haben weiterhin Retention von GAMA gezeigt. Allerdings ist diese Retention, wie wir herausfinden mussten, von der Charge des Schlauches abhängig und sollte von dem Erwerb von größeren Mengen eingehend getestet werden.
- Elektrodialyseexperimente mit Schläuchen mit einem Molekulargewicht „cutoff“ von 3.000 haben gezeigt, dass GAMA sich als ein neutrales Molekül verhält unter Standard-pH-Bedingungen. Das ist in Übereinstimmung mit Ergebnissen, die keine Bindung von GAMA auf Q-Sepharose, S-Sepharose und Hydroxylapatit zeigen.
- Die Möglichkeit der Dialyse hat Experimente möglich gemacht, die eine Konzentrierung von GAMA durch Vakuum ermöglichen. Diese Experimente haben gezeigt, dass eine Konzentrierung von GAMA möglich ist. Allerdings ist dieses Verfahren mit einem erheblichen Verlust von Aktivität verbunden und muss weiter verbessert werden.
- Eine Serie besonders interessanter und viel versprechender Experimente hat gezeigt, dass GAMA den G2-Checkpoint von Zellen, die in der G2 oder S-Phase bestrahlt wurden, stärker beeinflusst als den G2-Checkpoint von Zellen, die in der G1-Phase bestrahlt werden. Auch scheint der Effekt sich nicht auf den ersten Durchlauf durch den Zellzyklus nach der Bestrahlung zu beschränken sondern wirkt auch auf den nächsten Zellzyklus. Diese Effekte werden eingehend in der nächsten Finanzierungsperiode untersucht werden.

4. Geplante Weiterarbeiten

In der nächsten Finanzierungsperiode werden die Experimente der chemischen Charakterisierung von GAMA weitergeführt und der Einfluss von GAMA in bestrahlten Zellen in verschiedenen Phasen des Zellzyklus untersucht.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

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: 01.07.2006 bis 31.12.2006	
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 Wiederauffinden der Zellen

AP3: Weiterentwicklung der Zellkammer für Lebendzellbeobachtung

AP4: Praxistest durch Lebendzellbeobachtung nach gezielter Bestrahlung sub-nukleärer Strukturen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Der Aufbau des Strahlplatzes für Lebendzell-Beobachtung wurde nach Entwicklung eines beheizbaren, rechnergesteuerten Probetisches abgeschlossen.

AP3: Nach Austesten verschiedener Plastikszintillatoren und Klebstoffe wurde das endgültige Design der Zellbehälter für die Lebendzellbestrahlung und -beobachtung festgelegt. 20 Behälter wurden angefertigt und in zwei Strahlzeiten erfolgreich getestet. Hier wurden auch die Medienbedingungen optimiert und Phototoxizitätstests angestellt.

AP4: Konstrukte für die GFP-markierten Reparatur/Signalproteine Rad51, Rad52, Mdc1 und PCNA (von der Arbeitsgruppe Kanaar, Rotterdam) wurden in die humanen Zelllinien HeLa und U2OS, sowie die Hamsterlinien V79 transfiziert. Nach Selektion wurden jeweils ca. 20-200 Klone gepickt, expandiert, und mikroskopisch auf GFP-Expression getestet. Mehrere Kandidaten wurden in bisher 2 Strahlzeiten auf detektierbare Focibildung während der Lebendzellbeobachtung getestet, und mit einer HeLa Rad52-GFP Linie waren erstmals Foci detektierbar. Generell fiel in diesen Experimenten mikroskopisch die große Expressionsvariabilität in den Klonen auf. Um überhaupt Focibildung detektieren zu können, mussten daher große Areale bestrahlt werden. Gegenwärtig wird die Expression der GFP-markierten Proteine durch Westernanalyse in geeigneten Klonen weiter charakterisiert.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP1 - AP3: wurden abgeschlossen.

AP4: Geplant ist die weitergehende Generierung von gut charakterisierten Klonen mit Expression von GFP-markierten Rad51, Rad52, Mdc1 und 53BP1. Mit diesen soll in den nächsten Strahlzeiten die Focibildung in Echtzeit untersucht werden, und die Ergebnisse sollen mit denen der Immunfluoreszenz-Experimente verglichen werden. Entsprechende Konstrukte sollen auch in eine HeLa-Linie eingebracht werden, die RFP-markiertes CenP-B exprimiert, um Zielschieß-Experimente durchführen zu können.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Hauptner, A., Friedland, W., Dietzel, S., Drexler, G.A., Greubel, C., Hable, V., Strickfaden, H., Cremer, T., Friedl, A.A., Krücken, R., Paretzke, H.G., Dollinger, G. Spatial distribution of DNA double strand breaks from ion tracks. *Mat Fys Medd Dan Vid Selsk (in press)*

Greubel, C., Hable, V., Dollinger, G., Hauptner, A., Krücken, R., Strickfaden, H., Dietzel, S., Cremer, T., Drexler, G.A., Deutsch, M., Friedl, A.A. The Munich Microprobe SNAKE, a single-ion irradiation facility. *Radiat Res* 166:654 (2006)

Friedl, A.A., Drexler, G.A., Deutsch, M., Strickfaden, H., Dietzel, S., Cremer, T., Hauptner, A., Krücken, R., Greubel, C., Hable V., Dolinger, G. Radiobiological Experiments at the Munich Microprobe SNAKE. *Radiat Res* 166:668-669 (2006)

Hable V., Dollinger, G., Greubel, C., Hauptner, A., Krücken, R., Dietzel, S., Cremer, T., Grexler, G.A., Friedl, A.A. Dynamics of DNA repair proteins after directed heavy-ion cell irradiation. *Radiat Res* 166:676 (2006)

Zuwendungsempfänger: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Unter den Eichen 87, 12205 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 31.12.2007	Berichtszeitraum: 01.07.2006 bis 31.12.2006	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 505.736,00 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. Versuchsdurchführung
- III. Erweiterte Versuchsauswertung
- IV. Berechnung von Versuchsauswirkungen
- V. Vergleich von gemessenen und berechneten Behälterbeanspruchungen
- VI. Ermittlung von Stoßdämpfermaterialgesetzen
- VII. Kooperation mit U.S. NRC

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- Weiterführung von Analysen und Auswertungen der Versuchsergebnisse aus durchgeführten Fallversuchen an Transport- und Lagerbehältern in Originalgröße, Aufstellung von Vergleichskriterien für Messdaten zum Deckeldichtsystem zwischen skaliertem Modellbehälter und Behälter in Originalgröße

- Durchführung von Vorversuchen zur Festlegung von Versuchsparametern für die Ermittlung von Verformungskennlinien von Behälterstoßdämpferholzproben unter mehrachsiger Beanspruchung
- Durchführung von FEM (Finite-Elemente-Methode) Rechnungen für Parameterstudien mit dreidimensionalen Modellen zum Stoßdämpfermaterialgesetz und zu dreidimensionalen Kontaktdefinitionen
- Kooperation zwischen BAM und U.S. NRC auf dem Gebiet der Sicherheitsbeurteilung von BE-Transport- und Lagerbehältern im Modell- und Originalmaßstab: Aufbereitung und Versand von Versuchsergebnissen, Messdaten und Instrumentierungsplänen für den CONSTOR V/TC

4. Geplante Weiterarbeiten

- Durchführung und Auswertung von Versuchen an unterschiedlichen Holzproben zur Ermittlung der Verformungskennlinien unter Druckbelastung bei Großdeformationen
- Auswahl von geeigneten Materialgesetzen und Kontaktdefinitionen, Nachrechnung von Fallversuchen mit Hilfe von dreidimensionalen Modellen
- Untersuchung einer Korrelation zwischen der Leckagerate bei der Dichtheitsmessung und den mittels 3D-Koordinatenmesssetchnik und photogrammetrischen Messungen gemessenen Deckelverformungen in Bezug auf die Dichtheit von geprüften Behältern
- Übertragbarkeitsbetrachtungen hinsichtlich der Fallversuchsergebnisse und des Beanspruchungsverhaltens
- Analyse von Messdaten aus durchgeführten Fallversuchen mit Behältern in Originalgröße zur Bewertung und Weiterentwicklung von Kriterien für die Beurteilung der Unnachgiebigkeit eines Aufprallfundamentes
- Kooperation zwischen BAM und U.S. NRC auf dem Gebiet der Sicherheitsbeurteilung von BE-Transport- und Lagerbehältern im Modell- und Originalmaßstab: Fortführung des Austauschs und Vergleichs von Versuchs- und Berechnungsergebnissen
- Koppelung der FEM-Rechnungen mit bereits erarbeiteten analytischen Berechnungsverfahren, Validierung und Verifikation des analytischen Berechnungsverfahrens, insbesondere bei -40°C und Raumtemperatur
- Ableitung von Empfehlungen für weiterentwickelte Berechnungsmodelle
- Rechnerische Ermittlung der Sicherheitsreserven beim Aufprall auf reale Fundamente

5. Berichte, Veröffentlichungen

B. Droste, K. Müller, A. Musolff, N. Melnik, M. Neumann und T. Quercetti: Bericht zum Forschungsvorhaben „Fallversuche mit Brennelement-/HAW Transport- und Lagerbehältern in Originalgröße“, Juli 2006

B. Droste, K. Müller, M. Minack: New BAM 200 ton drop test facility – construction and operation experiences. Packaging, Transport, Storage and Security of Radioactive Materials, Vol. 17, No. 3, 2006, 131-135

K. Müller, Th. Quercetti, B. Droste: Measurement techniques and preliminary results of drop tests with full-scale spent fuel transport and storage casks. Packaging, Transport, Storage and Security of Radioactive Materials, Vol. 17, No. 4, 2006, 191-195

T. Yamamoto, H. Tamaki and K. Hojo: R&D Program on MSF Cask Fleet for Transport and Storage of Spent Nuclear Fuel. International Symposium on Supercritical Fluids (ISSF 2006), Kyoto, Japan, November 2006

Zuwendungsempfänger: Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 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: 01.07.2006 bis 31.12.2006	
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

Langzeitversuche mit Modellbehältern aus unlegiertem Qualitätsstahl und einer dekontaminationsfähigen Korrosionsschutzschicht (2-K-Acryllack). Zur Initiierung von korrosiven Schädigungen wurde der Lack an verschiedenen Stellen im Mantel- und Bodenbereich sowie im Bereich der Schweißnähte definiert geschädigt. Als Elektrolyt dient eine hochkonzentrierte Metallsalzlösung, zudem erlaubt der über den Rückflusskühler offene Versuchsaufbau den Zutritt von Sauerstoff aus der Atmosphäre. Die Modellbehälter werden mehreren Test-Zyklen bestehend aus Betrieb bei erhöhter Temperatur (80°C) - Eindampfen des Behälterinhalts bei 150°C - Nachfüllen von Elektrolyt - Betrieb bei erhöhter Temperatur (80°C) unterworfen.

Metallografische Analyse (Licht- sowie Rasterelektronenmikroskopie) von repräsentativen Proben der korrosiv geschädigten Modellbehälter. Die Analyse ergab vornehmlich eine Schädigung des unlegierten Qualitätsstahls durch Lochkorrosion. Darüber hinaus zeigte sich, dass insbesondere im Bereich der Fugestellen/Schweißnähte eine Ablösung der Korrosionsschutzschicht in Form von Blasenbildung, die bis zur Loch-/Rissbildung im Lack führen kann, auftritt.

Auslagerungsversuche mit Material, das den von der GNS zur Verfügung gestellten Altgebinden (200-L- bzw. 400-L-Gebinde) entnommen wurde, in verschiedenen korrosiv wirkenden Medien: Kondenswasser-Prüfklimate, Modellschlamm (unter Verwendung von Muttererde, Salzen, Ölen, Reinigungsmitteln, etc.) sowie unterschiedliche Metalle (Cu, Al, Mg) zur Simulation von Kontaktkorrosion. Die Proben wurden vor der Auslagerung z. T. mit unterschiedlichen, definierten Schädigungen der Lackschicht versehen (Kratzer bzw. großflächiges Abscheuern).

4. Geplante Weiterarbeiten

- Fortführung der Auslagerungsversuche von Altgebilde-Proben in verschiedenen korrosiv wirkenden Medien zur Schadenssimulation sowie des Modellbehälter-Langzeitversuchs mit verschiedenen Prüfzyklen.
- Schadensanalytik der in verschiedenen korrosiv wirkenden Medien ausgelagerten Altgebilde-Proben. Ermittlung der Auswirkung korrosiver Schädigungen auf die mechanische Kennwerte im Zugversuch gemäß DIN EN 10002.
- Versuche zur mechanischen Stabilisierung von geschädigten Gebinden durch Verwendung von Faser-Verbundwerkstoffen.
- Applikation verschiedener Korrosionsschutz-Systeme im Dip-Coating-Verfahren auf unterschiedliche Eisenwerkstoffe und Versuche zur Korrelation von aufgetragener Schichtdicke und Schutzwirkung (Haftung, Elektrolytdiffusion, etc.).
- Untersuchungen zur Eignung von Korrosionsschutz-Systemen auf Silikonharz-Basis für die Verwendung in der Langzeitzwischenlagerung.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fürstengraben 1, 07743 Jena		Förderkennzeichen: 02 S 8294
Vorhabensbezeichnung: Kontrolle biologischer Untersuchungen bei der Dekontamination heterogener, schwach radioaktiv kontaminierter Geosubstrate für die Strahlenschutzvorsorge (KOBIOGEO)		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2004 bis 30.09.2007	Berichtszeitraum: 01.07.2006 bis 31.12.2006	
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 dem Testfeld werden ausgewählte Pflanzen angebaut und nach definierten Zeiträumen zu Analysezwecken geerntet. Daneben werden diverse Größen der klimatischen Wasserbilanz, der Hydrogeologie und der Hydrochemie ermittelt und Probenmaterial (Grundwasser, Sickerwasser, Bodenproben) für Analysezwecke gewonnen.

VKTA Rossendorf

Um die Übertragbarkeit der bis dato am Standort Gessenwiese ermittelten Ergebnisse der Labor- und Geländeuntersuchungen zu überprüfen, werden die Resultate auf einen neuen Anwendungsfall übertragen. Mittels Lysoimeterversuchen werden die Transferfaktoren für ^{90}Sr und ^{137}Cs an Substraten des Freigeländes des VKTA Rossendorf untersucht.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Laborarbeiten:

Die Langzeit-Batchversuche wurden bis Dezember beprobt und werden anschließend weiter bearbeitet (Aufschlüsse etc.). Die Anfang 2006 begonnenen Säulenversuche wurden in vollem Umfang weitergeführt. Dabei wurden zwei Ansätze unterschieden: zum einen die Eluierung von unbehandeltem, oberflächennahem Geosubstrat, zum anderen die Eluierung von mikrobiell behandeltem Geosubstrat (Inokulation mit Streptomyces-Stämmen *S. tendae* & *S. acidiscabies*, sowie mit Natriumazid vergiftete Kontroll-Ansätze). Alle Säulen wurden mit KCl-dotiertem Reinstwasser eluiert, wobei nur sehr geringe Konzentrationen für die meisten Schwermetalle freigesetzt wurden. Auffällig war die kontinuierlich ansteigende Mangan-Freisetzung im Fall der unvergifteten, zusätzlich inokulierten Säulen mit Mangan-Konzentrationen von bis zu 1 mg/l am Versuchsende. Vorher durchgeführte Batchversuche zeigten dagegen Mangan-Gehalte von ca. 14 µg/l. In den vergifteten, inokulierten Säulen fielen die Mangan-Konzentrationen nach dem „First Flush“ (1,1 mg/l) kontinuierlich ab. Die inline gemessenen Redoxpotentiale (vergiftete Kontrollsäule: +300 mV; „aktive“ Säule: Abfall von +220 mV auf -170 mV durch Sauerstoffzehrung) stützen die These eines zumindest mikrobiell beeinflussten Mangan-Austrages aus der aktiven Säule. Mikrobiologische Untersuchungen des eluierten Säulenmaterials zeigten Zellzahlen von bis 10^7 cfu. Makroskopisch unterscheidbare Kolonien wurden separat ausplattiert und anschließend die Mangan-Toleranz getestet (Wachstum einzelner Kulturen bis 30 mM Mangan(II)). Erste Manganreduktion-Untersuchungen unter Verwendung einer 0,2M MnO_2 -Suspension zeigten eine Toleranz der Kulturen auch gegenüber Mangan(IV). Fünf ausgewählte Kulturen wurden taxonomisch eingeordnet. Dabei wurden *Pseudomonas fluorescens* Stämme, ein *Leifsonia shinshuenensis* sowie der für seine Schwermetalltoleranz aus der Literatur bekannte Stamm *Ralstonia metallidurans* in zwei Proben detektiert.

Für Prozessstudien unter Einbeziehung Seltener Erden Elemente wurde Geosubstrat mit insbesondere auch höheren Urangehalten benötigt und auf dem Testfeld Gessenwiese gewonnen. Batchversuche zur Ermittlung des Freisetzungspotentials (nach DIN 38414-S4) zeigten mobilisierbare Gehalte an Radionukliden, Schwermetallen und Seltenen Erden Elementen, die es für die Prozessstudien qualifizieren.

Feldarbeiten:

Die Vegetationsperiode 2006 wurde im September mit der Ernte der Pflanzen (Mischung: *Festuca rubra*, *Melilotus albus* + wild gewachsene Arten) abgeschlossen. Neben der Bestimmung von Biomasse und Artenverteilung wurden Pflanzenproben für Aufschlüsse und Analysen gewonnen. Die Aufnahme von Radionukliden und Schwermetallen soll in einer Längsstudie mit den Ergebnissen der Vegetationsperiode 2005 verglichen werden (Analyseergebnisse 2006 sind noch in Arbeit).

Die Beprobungsstrategie des Grund- und Sickerwassermessstellennetzes wurde fortgeführt (2 Stichtagsbeprobungen). Ziel ist es, jahreszeitliche Effekte zu determinieren.

Bei der VKTA Rossendorf wurden Pflanzversuche in Containern durchgeführt. Geosubstrat, Sickerwasser und Biomasse wurden analysiert.

Detaillierte Ausführungen zu den Laborversuchen und Feldarbeiten finden sich im Anhang.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die Laborexperimente werden in vollem Umfang mit dem ausgewählten Geosubstrat weitergeführt. Die Gewinnung von Wasserproben (Grundwasser, Bodenwasser) wird systematisch fortgesetzt. Daneben erfolgt die umfangreiche statistische Auswertung des vorhandenen Datenmaterials.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Es wurden (Extended) Abstracts eingereicht für 4th M-WINE Workshop on Hard-Pan Formation and Waste-Rock Geochemistry and Hydrology, Research & Education Center (KREC), Norwegen. Auf der Tagung wurden die erzielten Ergebnisse in Form eines Vortrages und eines Posterbeitrages vorgestellt.

Zuwendungsempfänger: Universität Fridericiana zu Karlsruhe (TH), Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe		Förderkennzeichen: 02 S 8305
Vorhabensbezeichnung: Abbruch massiver Betonbauwerke der Energietechnik		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.07.2005 bis 31.12.2007	Berichtszeitraum: 01.07.2006 bis 31.12.2006	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 295.177,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Müller	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Forschungsvorhaben hat zum Ziel, den Abbruchprozess dickwandiger Betonbauteile aus hochwertigem Beton zu analysieren und darauf aufbauend geeignete Verfahren zu empfehlen, die einen wirtschaftlichen und gleichzeitig umweltschonenden Rückbau massiver Konstruktionen des Kernreaktorbaus ermöglichen. Kern des Vorhabens ist die umfassende Untersuchung und Bewertung der vorhandenen Methoden und Verfahren zum Abbruch und zur Dekontamination massiver Betonbauwerke der Energietechnik. Hierbei kommen ingenieur- und materialwissenschaftliche sowie wirtschaftswissenschaftliche Methoden zur Anwendung. Als Ergebnis der Forschungsarbeit soll ein Leitfaden entstehen, aus dem unter Berücksichtigung der jeweiligen örtlichen Randbedingungen diejenige Abbruchmethode abgeleitet werden kann, die bestmöglich die Anforderungen hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit erfüllen wird.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Das Forschungsprojekt ist in 3 Arbeitsschwerpunkte (AS) gegliedert:

- ASI: Sichtung, Auswertung und Archivierung des nationalen und internationalen Informations- und Datenmaterials zur Thematik des Forschungsvorhabens
- ASII: Entwicklung einer umfassenden Matrix zur vergleichenden Darstellung und Bewertung der identifizierten Abbruchverfahren
- ASIII: Erarbeitung eines Leitfadens als Entscheidungshilfe zur Auswahl geeigneter objektbezogener Abbruchverfahren oder auch Verfahrenskombinationen

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

ASI:

Die zum Arbeitsschwerpunkt I zu zählenden Tätigkeiten beschränken sich nunmehr auf den Abschluss bzw. die Fertigstellung der Datennormierung (Aufarbeitung der Rohdaten aus den Literaturquellen). Die übrigen Tätigkeiten des Arbeitsschwerpunktes I sind weitgehend abgeschlossen.

ASII:

Die Bearbeitung der systematischen Verfahrensaufstellung und der Bewertungsmatrix zur Beurteilung der identifizierten Abbruch- und Dekontaminationsverfahren in Abhängigkeit von den jeweiligen Randbedingungen ist mittlerweile weit fortgeschritten. Zu einer Reihe dieser Verfahren liegen bereits textliche Ausarbeitungen im Entwurfsstadium vor, die jedoch noch ergänzt werden müssen.

ASIII:

Als geeigneter Projektpartner aus dem Bereich der Baubetriebswirtschaft konnte im Hinblick auf die angestrebte Kooperation bei der Wirtschaftlichkeitsbewertung der Abbruchverfahren (siehe dazu Vorhabensbeschreibung zum Projekt) das Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB) der Universität Karlsruhe (TH) unter der Leitung von Herrn Prof. Dr.-Ing. Fritz Gehbauer gewonnen werden. Zwischen dem Auftragnehmer und dem neuen Projektpartner bestehen bereits seit längerem Kontakte auf wissenschaftlicher Ebene. Durch die Kooperation ist es möglich, die Erfahrungen im Hinblick auf eine Verfahrensbewertung nach ökonomischen bzw. baubetrieblichen Gesichtspunkten im hier betreffenden Fachgebiet, die der Projektpartner mit in die Kooperation einbringt, bei der Erstellung des Leitfadens nutzen zu können.

Der Projektpartner hat die Arbeiten zwischenzeitlich aufgenommen.

4. Geplante Weiterarbeiten

Im Wesentlichen sind folgende Tätigkeiten vorgesehen:

- Fortsetzung der Matrixbearbeitung sowie der textlichen Verfahrensdarstellung
- Bewertung der Verfahren auf der Grundlage ökonomischer und baubetrieblicher Gesichtspunkte (Bearbeitung durch den Projektpartner)
- Erstellung des Leitfadens als Entscheidungshilfe zur Verfahrensauswahl

5. Berichte, Veröffentlichungen

Wie bereits im letzten Zwischenbericht (für das 1. Halbjahr 2006) angekündigt wurde, konnten erste Ergebnisse des Forschungsprojekts im Rahmen der Baustofftagung „ibausil '06“ veröffentlicht werden:

H. S. Müller, G. Herold, W. Hörenbaum, A. Neumann, K. Fleischer, R. Knappik:

Kerntechnische Anlagen – Aktuelle betontechnische Forschungsergebnisse. Schriftlicher Kongressbeitrag, 16. Internationale Baustofftagung „ibausil“, Weimar, 20. - 23. September 2006.

Derzeit wird an der nachfolgenden Veröffentlichung im Rahmen der „KONTEC 2007“ gearbeitet:

Hörenbaum, W.; Herold, G.; Müller, H. S.: Abbruchverfahren massiver Betonbauteile der Energietechnik. Schriftlicher Kongressbeitrag, 8. Internationales Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle“, Dresden, 21. - 23. März 2007.

Zuwendungsempfänger: Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Str., 52428 Jülich		Förderkennzeichen: 02 S 8315
Vorhabensbezeichnung: 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: 01.07.2005 bis 30.06.2008	Berichtszeitraum: 01.07.2006 bis 31.12.2006	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 90.502,80 EUR	Projektleiter: Dr. Caspary	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Gemeinschaftsvorhabens mit der TU München, das auf den Ergebnissen der Vorhaben mit den Förderkennzeichen 02S8081 und 02S8091 aufbaut, ist die Weiterentwicklung des Softwarepakets zur Reduktion des Aufwands für Kalibrierung, Auswertung und QA/QC und die damit verbundene Verbesserung von Präzision und Richtigkeit bei der Deklaration und Freimessung von Abfällen aus dem Rückbau kerntechnischer Anlagen. Die Software erlaubt dem Anwender Informationen oder Angaben zum individuellen Messobjekt bei der Inventaranalyse quantitativ zu verwerten. So lassen sich die Unsicherheiten bzgl. der Übereinstimmung der Eigenschaften des Messobjektes und der verwendeten Kalibrierung deutlich reduzieren. Die wesentlichen Ziele der Weiterentwicklung sind die Optimierung bestehender sowie die Erarbeitung und Ergänzung weiterer Inventaranalysemethoden, die Berücksichtigung der Ortsdosisleistung und die Internationalisierung.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte sind:

- AS1: Entwicklung, Codierung, Integration und Validierung eines Moduls zur numerischen Berechnung der Ortsdosisleistung an Nuklearabfallgebänden.
- AS2: Entwicklung, Codierung, Testintegration und Test eines auf dem algebraischen Rekonstruktionsalgorithmus basierenden Moduls zur Aktivitätsbestimmung aus Oberflächenzählratenverteilungen aus dem Gamma-Scanning.
- AS3: Internationalisierung.
- AS4: Verbesserung der Ergonomie.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Die Validierung des Moduls zur numerischen Berechnung der Ortsdosisleistung an Nuklearabfallgebänden ist abgeschlossen. Die Ergebnisse zeigen eine sehr gute Übereinstimmung mit Literaturwerten für die simulierten Geometrien und Energien. Die Abweichungen sind für hohe Energien im Bereich von einigen Prozent. Im Energiebereich bis 500 keV liegen die Abweichungen deutlich höher. Dies ist aber nicht auf die Transportrechnungen zurückzuführen sondern liegt an den verwendeten Konversionsfaktoren (ICRP, ANSI), die gerade im unteren Energiebereich deutliche Unterschiede aufweisen. Aus Gründen der Konservativität wurde entschieden, die höheren ANSI-Werte zu verwenden. Damit sind die Arbeiten an diesem Modul abgeschlossen.

4. Geplante Weiterarbeiten

Mit der Entwicklung eines auf dem Prinzip des algebraischen Rekonstruktionsalgorithmus basierenden Moduls zur quantitativen Aktivitätsbestimmung aus Gamma-Scan-Daten bei inhomogener Aktivitätsverteilung wird begonnen. Im Anschluss an die Codierung wird das Modul zu Testzwecken an die Gesamtsoftware angeschlossen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Technische Universität München, Arcisstr. 21, 80333 München		Förderkennzeichen: 02 S 8325
Vorhabensbezeichnung: 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: 01.07.2005 bis 30.06.2008		Berichtszeitraum: 01.07.2006 bis 31.12.2006
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 187.860,00 EUR		Projektleiter: Dr. Bücherl

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Gemeinschaftsvorhabens mit dem Forschungszentrum Jülich GmbH, das auf den Ergebnissen der Vorhaben mit den Förderkennzeichen 02S8081 und 02S8091 aufbaut, ist die Weiterentwicklung des Softwarepakets zur Reduktion des Aufwands für Kalibrierung, Auswertung und QA/QC und die damit verbundene Verbesserung von Präzision und Richtigkeit bei der Deklaration und Freimessung von Abfällen aus dem Rückbau kerntechnischer Anlagen. Die Software erlaubt dem Anwender Informationen oder Angaben zum individuellen Messobjekt bei der Inventaranalyse quantitativ zu verwerten. So lassen sich die Unsicherheiten bzgl. der Übereinstimmung der Eigenschaften des Messobjektes und der verwendeten Kalibrierung deutlich reduzieren. Die wesentlichen Ziele der Weiterentwicklung sind die Optimierung bestehender sowie die Erarbeitung und Ergänzung weiterer Inventaranalysemethoden, die Berücksichtigung der Ortsdosisleistung und die Internationalisierung.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte sind:

1. Optimierung und Erweiterung der bereits entwickelten Analysealgorithmen.
2. Erweiterung und Verbesserung des den Simulationen zugrunde liegenden Objektmodells.
3. Verbesserte Einbindung von Messdaten und weiterer Informationen.
4. Flexibilisierung des Analyseverfahrens.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Begleitend zu den im Berichtszeitraum durchgeführten Arbeiten wurde mit der Erstellung der Dokumentation, d. h. des Nutzerhandbuchs, begonnen. Dieses ist für den praktischen Einsatz des Programms durch Personen, die nicht in das Projekt eingebunden sind, unerlässlich.

Im Rahmen der weitergehenden Flexibilisierung der Analyseroutinen wurde der „Schwenk“ als zusätzlicher Simulationsmodus beim segmentierten Gamma-Scanning implementiert sowie eine überarbeitete Version der Simulation von Transmissionsmessungen eingebunden. Des Weiteren werden ständig Verbesserungen und Optimierungen an den bestehenden Routinen vorgenommen und diese hinsichtlich ihrer Stabilität getestet. Verschiedene Algorithmen für eine verbesserte Identifikation von „einfachen“ Geometrien (z. B. Kugeln, Kegel, Quader) in Radiographien wurden getestet um den aktuell implementierten Algorithmus ggf. zu ersetzen. Eine endgültige Festlegung wird im nächsten Berichtszeitraum erfolgen.

Das Programm wurde (wird) in seiner aktuellen Version von Mitarbeitern von RCM hinsichtlich Installation, Bedienbarkeit usw. im praktischen Einsatz getestet. Bei der Auswahl der Testpersonen wurde Wert darauf gelegt, dass diese die vom Programm simulierten Messverfahren in der Praxis einsetzen und die ihnen zugrunde liegenden physikalischen Prinzipien kennen, in die Erstellung der Bedienoberflächen und der verschiedenen Routinen aber nicht involviert waren. Aus den Rückmeldungen konnten bereits wertvolle Impulse für die Optimierung der Schnittstelle Benutzer – Programm gewonnen werden.

Ein erfolgreicher praktischer Einsatz des Programms bei der Inbetriebnahme eines neuen Gamma-Scanners in einem KKW durch den Unterauftragnehmer (Ingenieurbüro Marschelke), der u. a. auch für die Umsetzung der Schnittstelle Benutzer – Programm verantwortlich ist, zog zahlreiche weitere Verbesserungen und Optimierungen nach sich.

Vom Unterauftragnehmer wurden die vom FZJ entwickelten Module zur Simulation von Freimessanlagen, von Freimessungen sowie von Dosisleistungsmessungen in das Programm integriert. Sowohl Dosisleistungsmessungen als auch Freimessungen wurden mit einer sehr flexiblen Eingaberoutine ausgestattet, die eine schnelle Variation der vorgegebenen Aktivitätsinhalte und den damit verbundenen Simulationsergebnissen ermöglicht.

Eine weitere Verbesserung der Bedienbarkeit des Programms betrifft die Anbindung der Bibliotheksfunktion. Diese ermöglicht die projektübergreifende Verfügbarkeit von Daten, wie z. B. von Nuklid- oder Materialinformationen, Detektorsystemen, Behältertypen etc. ohne diese für jedes Projekt (zeitaufwändig) neu erstellen zu müssen. Verbunden mit dieser Anbindung ist ein umfangreicher Konsistenztests, da die Eindeutigkeit der Daten sichergestellt werden muss. Dies verhindert, dass z. B. für Detektor und Objekt dasselbe Material mit unterschiedlichen Eigenschaften (z. B. Dichte) verwendet wird.

4. Geplante Weiterarbeiten

Ein Hauptaugenmerk der weiteren Arbeiten wird auf der Fortschreibung des Nutzerhandbuchs liegen. Parallel hierzu wird an der Optimierung der Nutzerfreundlichkeit durch intensive Tests durch Mitarbeiter von RCM gearbeitet.

Der Schwerpunkt der Arbeiten im kommenden Berichtszeitraum wird aber auf der Fertigstellung der (automatischen) Analysefunktion für das segmentierte Gamma-Scanning liegen. Diese wird unter Einbeziehung aller verfügbaren Informationen das wahrscheinlichste Aktivitätsinventar mit einem zugehörigen (realistischen) Toleranzbereich liefern.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Universität des Saarlandes, Im Stadtwald, 66123 Saarbrücken		Förderkennzeichen: 02 S 8335
Vorhabensbezeichnung: Biologische Wirkung niedriger Dosen ionisierender Strahlung		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2005 bis 31.12.2009	Berichtszeitraum: 01.07.2006 bis 31.12.2006	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 496.151,00 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. Dies ist für geeignete Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor zivilisatorischer Strahlenbelastung und für eine wissenschaftlich fundierte Festlegung von Grenzwerten für den Umgang mit und die Entsorgung von radioaktivem Material essentiell. Um verlässliche Vorhersagen über das Krebsrisiko in dem für den Strahlenschutz relevanten Dosisbereich von wenigen mSv machen zu können, müssen die für hohe Strahlendosen bekannten Risiken zu niedrigen Dosen hin extrapoliert werden. Dazu bedarf es eines mechanistischen Verständnisses der nach Bestrahlung mit niedrigen Dosen ablaufenden zellulären Prozesse, die zu für die Krebsentstehung relevanten genetischen Veränderungen führen. Ziel des Vorhabens ist es, solche genetischen Veränderungen im Bereich niedriger Dosen durch Untersuchungen an bestrahlten Personen zu erfassen und in einen quantitativen Zusammenhang zur Strahlendosis zu stellen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

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

Das Gesamtvorhaben wird in 4 Arbeitspakete eingeteilt. Die Arbeitspakete 1 und 2 beinhalten Untersuchungen zum Nachweis von DSBs in bestrahlten Personen und sollen in Zusammenarbeit mit den Instituten der Radiologischen Klinik der Universität des Saarlandes durchgeführt werden. Diese *in vivo* Studien sollen es ermöglichen, eine individuelle Bewertung der Strahlenreaktion und einer sich daraus ergebenden Risikoabschätzung vorzunehmen. Die Arbeitspakete 3 und 4 stellen Experimente mit Zellen in Kultur dar. Sie tragen maßgeblich dazu bei, die biologische Auswirkung einer ausbleibenden oder eingeschränkten DSB Reparatur zu bewerten und somit einen direkteren Zusammenhang zwischen der Strahlenexposition und einer möglichen Krebsentstehung aufzustellen.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

In bisherigen Arbeiten (siehe Schlussbericht zum Forschungsvorhaben 02S8132, Kapitel 1.2) konnte gezeigt werden, dass abhängig von der Dosis und der Art des Bruches die Reparatur von DSBs selbst über lange Reparaturzeiten unvollständig verläuft. Neben der Reparatur von DSBs ist die Aktivierung von Zellzykluskontrollpunkten ein zweiter wichtiger Prozess zur Aufrechterhaltung der genomischen Stabilität. Dabei wird verhindert, dass geschädigte, genetische Information in kritische Zellzyklusphasen, wie die Replikationsphase und Mitose, weitergegeben wird. Im Arbeitspaket 3 soll untersucht werden, was mit Zellen mit unreparierten Brüchen passiert. Laufen Zellen trotz vorhandener DSBs in die Mitose, und gibt es einen Schwellenwert, der überschritten werden muss, um eine effektive Checkpointinduktion zu ermöglichen? Bei Bestrahlung von Zellen mit 1 Gy kann in der Mitose eine strahleninduzierte Erhöhung an chromosomalen Brüchen gemessen werden, was ein Hinweis dafür ist, dass Zellen in die Mitose progressieren, bevor die Schäden vollständig repariert wurden. Während dies nach kurzen Reparaturzeiten nur bei einzelnen Zellen der Fall ist, wird dagegen nach längeren Zeiten (ca. 6 h in reparaturprofizienten Wildtyp-Zellen und ca. 8 h in reparaturdefizienten Zellen) der G2/M-Checkpoint bei einem Großteil der Zellen aufgehoben. Die Zellen weisen zu diesen Zeitpunkten in der Mitose 1-1,5 chromosomale

Brüche auf, G2-Phase-Zellen noch etwa 3-4 PCC (premature chromosome condensation)-Brüche (1), was in beiden Fällen etwa 10 mal mehr Brüche als der Hintergrund unbestrahlter Zellen darstellt. Somit besitzt nahezu jede Zelle, welche in die Mitose eintritt, chromosomale Brüche. Reparaturdefiziente Zellen mit langsamerer Reparaturkinetik als Wildtyp-Zellen weisen zu einem bestimmten Zeitpunkt mehr Brüche auf, so dass die Mehrzahl der Zellen zu einem späteren Zeitpunkt in die Mitose entlassen wird. Auffällig ist dabei, dass in Wildtyp-Zellen und in reparaturdefizienten Zellen zu den Zeiten, zu denen der Checkpoint aufgehoben wird, das Niveau an chromosomalen Brüchen sehr ähnlich ist. Somit deutet dies auf die Existenz eines Schwellenwertes hin. Eine Abschätzung, bei wie vielen DSBs der G2/M-Checkpoint aktiviert wird, erlaubt der Vergleich von Reparaturmessungen mittels γ -H2AX-Immunfluoreszenzmikroskopie und Zellzyklusuntersuchungen mittels Durchflusszytometrie (FACS: fluorescence activated cell sorting). Dabei weisen sowohl die reparaturprofizienten als auch die reparaturdefizienten Zellen zu den Zeitpunkten, zu denen der G2/M-Checkpoint laut FACS-Daten aufgehoben wird, etwa 20 DSBs auf (1). Die Erkenntnis, dass das Aufheben des G2/M-Checkpoints einen Schwellenwert zu besitzen scheint, führt zu der Frage, ob dies auch für die Induktion des G2/M-Checkpoints der Fall ist. Es konnte gezeigt werden, dass das Ausmaß der Checkpoint-Aktivierung in einem Dosisbereich von 0,1 Gy - 1 Gy von der Dosis abhängig ist. Eine Bestrahlung von Zellen mit 100 mGy führt nur zu einer leichten Reduktion des mitotischen Index (Anteil an mitotischen Zellen), während nach 800 mGy der mitotische Index nur noch etwa bei 20 % der unbestrahlten Probe liegt. Eine leichte Reduktion des mitotischen Index lässt sich so interpretieren, dass in einer kleinen Subpopulation an Zellen der Checkpoint induziert wird, während der Großteil der Zellen auch weiterhin in die Mitose progressiert. Bei einer Dosis von 300 mGy treten etwa noch 60 % der Zellen in die Mitose ein, welche den Checkpoint nicht induziert haben. Mit dieser Dosis werden 9-10 DSBs pro Zelle induziert. Dies spricht erneut für einen Schwellenwert des G2/M-Checkpoints, welcher oberhalb von 10 DSBs liegt. Somit scheint nicht nur das Aufheben des G2/M-Checkpoints, sondern auch dessen Induktion einen Schwellencharakter zu besitzen. Dies ist ein Hinweis für ein Zusammenwirken von Reparatur und Checkpointkontrolle, wobei die zugrunde liegenden Mechanismen noch geklärt werden müssen. Da der für den Strahlenschutz relevante Dosisbereich (wenige mGy) unterhalb des Dosisbereiches zur Induktion des Schwellenwertes (> 500 mGy) des G2/M-Checkpoints liegt, kann festgehalten werden, dass dieser Checkpoint aus Strahlenschutzaspekten keine Relevanz hat.

Weiterhin sollen in Arbeitspaket 3 mit einem Lebendzellmikroskopieverfahren DNA-Reparaturvorgänge in lebenden Zellen sichtbar gemacht und verfolgt werden. Wie die *in vitro*-Experimente (siehe oben) zeigen, weist gerade der G2/M-Checkpoint eine Schwachstelle im Kontrollsystem der Zelle auf, so dass Zellen trotz DSBs in die Mitose laufen. Die Lebendzellmikroskopie erlaubt die Verfolgung eines Reparaturprozesses in einer individuellen Zelle über einen längeren Zeitraum. Dies ermöglicht es, eine Zelle über den Zellzyklus zu verfolgen, um Aussagen treffen zu können, welche Auswirkungen Schadensinduktion und Reparatur auf das Wachstum der beobachteten Zelle haben. Darüber hinaus kann der räumliche und zeitliche Ablauf der Reparatur an einem individuellen DSB gezielt verfolgt und beobachtet werden. Mit diesem Hintergrund wurden Zellen mit unterschiedlichen Dosen bestrahlt, um an der individuellen Zelle den Verlauf der Reparatur besonders am Übergang in die Mitose zu beobachten. Die Sichtbarmachung eines DSBs wurde durch die Expression von Fusionen aus einem DNA-Reparaturprotein (53BP1) und einem fluoreszierenden Reporterprotein (GFP, green fluorescent protein) ermöglicht. Erste Lebendzellexperimente, in denen ausgewählte Zellen bis zu 20 h verfolgt wurden, zeigten, dass die beobachteten Zellen mit DSBs in die Mitose laufen.

4. Geplante Weiterarbeiten

Um das Zellzyklusstadium der Zelle bei der Lebendzellmikroskopie während der Bestrahlung identifizieren zu können, ist geplant, Plasmidkonstrukte für Fusionsproteine aus fluoreszierenden GFP Varianten und sich zellzyklusspezifisch verhaltenden Proteinen herzustellen. Dies erlaubt eine selektive Beobachtung von Zellen in unterschiedlichen Zellzyklusphasen. So wird die Identifizierung der betroffenen Checkpoints ermöglicht.

Für die Lebendzellmikroskopie wird gegenwärtig als Modellsystem eine Tumorzelllinie verwendet. Da sich Tumorzellen aufgrund vieler genetischer Unterschiede von primären Zellen unterscheiden, sollen Untersuchungen auf primäre Zellen ausgeweitet werden. Für diese Zellen sollen hinreichend effiziente Transfektionsmethoden etabliert werden, so dass zukünftig auch primäre Zellen mit Mutationen in spezifischen Reparaturwegen untersucht werden können.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Deckbar, D., Birraux, B., Krempler, A., Tchouandong, L., Beucher, A., Walker, S., Stiff, T., Jeggo, P.A. and Löbrich, M. (2007), *J. Cell Biol.*, accepted

Zuwendungsempfänger: Ludwig-Maximilians-Universität München, Geschwister-Scholl-Platz 1, 80539 München		Förderkennzeichen: 02 S 8345
Vorhabensbezeichnung: Aufbau eines Systems isogener stabil diploider humaner Zelllinien mit gezielt durch RNA-Interferenz ausgeschalteten Genen zur Analyse des Zusammenhangs von DNA-Reparaturdefizienz, genomischer und chromosomaler Instabilität		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.10.2005 bis 30.09.2008	Berichtszeitraum: 01.07.2006 bis 31.12.2006	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 300.930,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Eckardt-Schupp	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel dieses Vorhabens ist der Aufbau eines isogenen Systems von Telomerase-immortalisierten Human-Zelllinien zur Analyse des Zusammenhangs zwischen DNA-Reparaturdefizienz und genomischer Instabilität. Dazu sollen ausgehend von einer Wildtyp-Zelllinie weitere Tochterzelllinien (TZL) etabliert werden in denen mit Hilfe der RNAi-Technik gezielt Gene supprimiert werden, die für die zelluläre Entscheidung für einen bestimmten Doppelstrangbruch (DSB)-Reparaturprozess eine Rolle spielen. Anschließend sollen die Tochterzelllinien mit einer Vielzahl von molekularen und zytogenetischen Techniken (z. B. Strahlenempfindlichkeit, Zellzyklus-Checkpointaktivierung, DSB-Reparatur-Effizienz, Chromosomenaberrationen) charakterisiert werden. Von besonderem Interesse ist dabei die quantitative und qualitative Analyse der Reparatur von sequenzspezifisch induzierten chromosomalen DSBs. Dazu sollen geeignete Vektorsubstrate in das Genom der Zelllinien integriert werden, die zur Unterscheidung von homologer Rekombination (HR) und Nicht-homologer Endverknüpfung (nonhomologous endjoining, NHEJ) geeignet sind.

Mit Hilfe der isogenen Zelllinien und der genannten Testverfahren soll der von uns postulierte kausale Zusammenhang von Doppelstrangbruchreparatur und genomischer bzw. chromosomaler Stabilität nachgewiesen werden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Auswahl und molekulare sowie zytogenetische Charakterisierung einer geeigneten telomerase-immortalisierten humanen Zelllinie
- AP2: Herstellung und Charakterisierung abgeleiteter Tochterzelllinien durch Integration von neuen Vektorsubstraten, die parallel die qualitative und quantitative Analyse von HR und NHEJ ermöglichen
- AP3: Etablierung der RNAi-Technik zur Ausschaltung von ausgewählten Genen für HR und NHEJ zur Erzeugung von HR bzw. NHEJ defizienten Kontrollzelllinien und phänotypische Charakterisierung dieser Zelllinien
- AP4: Spezifische Ausschaltung von Genen für die eine Funktion bei der Regulation von DSB-Reparaturwegen postuliert wird
- AP5: Charakterisierung der verschiedenen TZL mit ihren spezifisch ausgeschalteten Genen mittels der für die Wildtyp-Linie etablierten Assays. Auswertung der Ergebnisse und Test der Hypothese

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP3: Der Knockdown von ATM mit chemischer siRNA führte zur erwarteten erhöhten Empfindlichkeit der Zellen gegenüber ionisierender Strahlung, zusätzlich ist auch die Empfindlichkeit nach Behandlung mit H₂O₂ erhöht. Darüber hinaus weisen die ATM-herunter regulierten Zellen einen erhöhten Gehalt an reaktiven Sauerstoffintermediaten (ROS) nach ionisierender Bestrahlung auf. Es wurden chemisch synthetisierte siRNAs für die effiziente Ausschaltung der Gene MRE11 und RAD50 hergestellt, deren Proteine zusammen mit Nbs1 den MRN-Komplex bilden. Dieser spielt eine zentrale Rolle bei der Erkennung und Prozessierung von DNA-Doppelstrangbrüchen.
- AP4: Die im letzten Berichtszeitraum identifizierte chemische siRNA zum Knockdown von ATM wurde erfolgreich in einen Expressionsvektor kloniert und zur stabilen Herunterregulierung von ATM eingesetzt.
- AP5: Spontane Rekombinationsereignisse wurden mit dem genomisch integrierten Reportersystem pD_{50n} (Zwischenbericht 01.01.06-30.06.06, AP2) bestimmt. Dabei zeigten NBS1 herunter regulierte Zellen eine um den Faktor 4 erhöhte Zahl an Rekombinationsereignissen im Vergleich zu den Kontrollzellen. Dagegen führte eine Ausschaltung von ATM zu keiner veränderten Rekombinationsrate. Zusätzlich konnte in NBS1 Knockdown Zellen ein Defekt in der Phosphorylierung von AKT1 an Ser-273 nachgewiesen werden.

4. Geplante Weiterarbeiten

- AP5: weitere mechanistische Untersuchung der erhöhten spontanen Rekombinationsrate nach Knockdown von NBS1:
- Bestimmung der spontanen Rekombinationsrate nach Ausschaltung von MRE11 bzw. RAD50 und Untersuchung der Phosphorylierung von Akt1 in Abhängigkeit von Rad50, Mre11 bzw. ATM
 - Spezifische Ausschaltung von AKT-1 mittels siRNA und Messung der spontanen Rekombinationsrate
 - Analyse eines potentiellen Zusammenhangs zwischen Defekt in der AKT1 Phosphorylierung und veränderter spontaner Rekombination durch Verwendung von spezifischen Inhibitoren
 - Untersuchung der Lokalisation und Foci-Bildung von wichtigen Rekombinationsfaktoren, wie Brca1 und Rad51 in Abhängigkeit von Nbs1

5. Berichte, Veröffentlichungen

Posterpräsentation: A. Hematulin, S. Mörtl, F. Eckardt-Schupp: The involvement of NBS1 in Ras/Raf/MAPK kinase (MEK) / ERK1/2 and PI3K pathway in regulation of cell growth and proliferation (STS Meeting 2006: Signal Transduction - Receptors, Mediators and Genes (Weimar, 2-4 Nov. 2006))

Vortrag: D. Sagan, S. Mörtl, H. Eichholtz-Wirth, F. Eckardt-Schupp: NBS1 regulates CD95-mediated apoptosis after γ -irradiation (9th DNA Repair Meeting, Hamburg, Sept. 12-15, 2006)

Zuwendungsempfänger: Gesellschaft für Schwerionenforschung mit beschränkter Haftung, Planckstraße 1, 64291 Darmstadt		Förderkennzeichen: 02 S 8355
Vorhabensbezeichnung: Molekulare und zelluläre Wirkung dicht ionisierender Strahlen		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen - <i>Strahlenforschung</i>		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2006 bis 31.07.2010	Berichtszeitraum: 01.08.2006 bis 31.12.2006	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 2.189.464,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Kraft	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Forschungsvorhaben soll mit modernen molekular- und zellbiologischen Techniken mit Unterstützung von bio-informatischen Ansätzen die biologische Wirkung dicht ionisierender Strahlung, insbesondere die für den Strahlenschutz und die Therapie wichtigen Fragen der Langzeitwirkung untersuchen.

Wissenschaftliche Forschungsziele sind molekular-, zell-, gewebe- und populationsrelevante Grundlagenforschung mit dicht ionisierender Strahlung, um die Mechanismen der Strahlenwirkung aufzuklären und den Strahlenschutz zu erweitern. Die Erkenntnisse sollen die Risikofaktoren ionisierender Strahlung präzisieren und auf der biomedizintechnischen Seite dazu beitragen, die Methoden der Strahlentherapie in der Tumormedizin und der Behandlung entzündlicher Prozesse weiter zu entwickeln. Ferner soll die kausale Wirkung von Strahlung auf die Zusammensetzung und auf mikroevolutionäre Prozesse von relevanten Lebensgemeinschaften untersucht werden.

Für diese Arbeiten werden zwei Arbeitsgruppen eingerichtet, die thematisch sowohl in die Forschung der TUD als auch der GSI integriert sind. Mit der Einrichtung von zwei neuen Lehrstühlen müssen an der TUD entsprechende Labore eingerichtet und Arbeitsmethoden installiert werden. Um die Analysemethoden für die Experimente auf dem derzeitigen Stand der Wissenschaft zu halten, ist eine enge Zusammenarbeit mit den vorhandenen Lehrstühlen der TUD geplant.

Zu den wesentlichen Aufgaben der TUD gehört auch die Vertretung des neuen Gebiets in der Lehre, d. h. in Vorlesungen und in Praktika, sowie Betreuung von Diplom- und Doktorarbeiten.

Diese Lehrtätigkeit soll sich vor allem in das Curriculum Biologie einfügen. Zusätzlich ist eine enge Zusammenarbeit in der Studentenausbildung innerhalb des Arbeitsgebietes Bionik und mit der Physik geplant. Langfristig wird angestrebt, einen Studiengang Biophysik/Strahlenbiologie anzubieten. Eine Zusammenarbeit der TUD mit der FH wird auch auf diesem Gebiet angestrebt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Schwerpunkte der Forschungsvorhaben an der GSI sind:

- Untersuchung von geclusterten DNA-Schäden nach Ionenbestrahlung (im Plasmidmodell und in einzelnen Zellen)
- Untersuchung grundlegender Mechanismen der Strahlenwirkung auf molekularer Ebene: primäre Strahleninduzierte DNA-Veränderungen (Strahlplatz Mikroskopie), Reparatur- und Signalübertragung, chromosomale Schäden
- Untersuchung der Strahlenreaktion auf zellulärer Ebene: Proteinbiochemie, Zellzyklusanalyse und Zelltod (RBW)
- Langzeitfolgen der Strahlenwirkung: Zell-Differenzierung, genetische Effekte, genetische Instabilität, Carcinogenese/Transformation (RBW)
- Untersuchungen zu entzündungshemmenden Effekten bei niedrigen Dosen
- Modellrechnungen und biologische Verifizierung
- Wirkung von dicht ionisierender Strahlung im Niedrigdosisbereich (Mikrosonde)

In der Forschungstätigkeit an der TUD sind folgende Schwerpunkte geplant:

- Erweiterung der Strahlenarten (Alpha-Teilchen)
- Strahlenwirkung Niedrigdosisbereich / Biomarker Strahlenschutz
- Mutationen / Einfluss v. Umwelttoxinen – Potenzierung
- Reparatur
- Zelluläre Strahlenwirkung/ Membran / Signalübertragung / Gewebeeffekte
- Strahlenwirkung auf Gewebe-Entwicklung /Regeneration
- Strahlenwirkung und Populationsdynamik
- Mikroevolution

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Das Projekt *Molekulare und zelluläre Wirkung dicht ionisierender Strahlen* hat leider einige unvorgesehene Startschwierigkeiten, die den Anfang erheblich verzögerten. Es ist geplant innerhalb dieses Vertrages mit der TUD Biologie ein Kompetenz-Zentrum molekulare Strahlenbiologie aufzubauen. Kooperativer Partner auf der TUD Seite ist ein neu zu berufender Lehrstuhl: "Molekulare Strahlenbiologie" der TUD, Fachbereich Biologie. Die Ausschreibung des Lehrstuhls und vor allem dann die Besetzung des Lehrstuhls haben sich durch die späte Genehmigung des Projektes sowie durch die plötzliche lebensbedrohliche Erkrankung eines der Spitzenkandidaten verzögert. Deshalb musste das Berufungsverfahren zeitweilig ausgesetzt werden. Das Verfahren wurde trotzdem abgeschlossen und der Lehrstuhl Molekulare Strahlenbiologie wurde mit Prof. Markus Löbrich mit Wirkung von 01.04.2007 besetzt. Er hat jetzt wie geplant die Leitung der TUD Aktivitäten innerhalb dieses Projektes übernommen

Ein einseitiger Beginn durch die GSI wurde wegen der engen Verflechtung des Projektes mit dem neuen TUD Lehrstuhl nicht angestrebt, außerdem hat die TUD mit dem Bau eines neuen Institutsgebäudes für diesen und einen weiteren Lehrstuhl Strahlenbiologie begonnen. Dieses Strahlenbiologie Institut soll Oktober 2007 bezugsfertig sein. Auch hier sollen Geräte nicht vorzeitig gekauft und zwischengelagert werden, sondern so bestellt werden, dass sie bei der Lieferung im neuen Gebäude installiert werden können.

Mit der Besetzung des ersten Lehrstuhls Strahlenbiologie mit Dienstantritt am 1. April können die geplanten Arbeiten in Angriff genommen und die offenen Stellen ausgeschrieben und besetzt werden. Die Ausschreibung des zweiten Lehrstuhls und der weiteren Stellen soll ebenfalls in der ersten Hälfte 2007 erfolgen.

4. Geplante Weiterarbeiten

Nach der Besetzung des ersten Lehrstuhls soll jetzt intensiv der personelle Aufbau der Arbeitsgruppe voran getrieben werden. Parallel dazu wird bis zur Fertigstellung des Institutsgebäudes an der TUD mit den wissenschaftlichen Arbeiten an der GSI und am momentanen Institut des Lehrstuhlinhabers in Homburg begonnen. Der Fokus dieser Arbeiten liegt dabei auf molekularen und zellulären Reaktionen nach Einwirkung dünn ionisierender γ - und Röntgenstrahlung sowie auf ersten Experimenten mit dicht ionisierender α -Strahlung und schweren Ionen.

Während nämlich γ - und Röntgenstrahlung vorwiegend einfach zu reparierende DNA-Schäden und insbesondere einfach zu reparierende Doppelstrangbrüche erzeugen, kann erwartet werden, dass hoch-LET Strahlung vermehrt Brüche im DNA-Molekül hervorruft, die besondere molekulare Mechanismen zur Reparatur erfordern. Hierbei sollen im Speziellen die molekularen Faktoren ATM, Artemis und H2AX-assoziierte Proteine charakterisiert und bezüglich ihrer Rolle bei der Reparatur besonders schwerwiegender Doppelstrangbrüche untersucht werden.

Diese Studien sollen Unterschiede in der Art der DNA-Schädigung sowie grundlegende Unterschiede in der zellulären Reaktion auf diese verschiedenartigen Schäden aufdecken und so die Grundlage für ein besseres Verständnis der Wirkung unterschiedlicher Strahlenarten liefern. Dabei soll neben der Anwendung etablierter molekularbiologischer und zellulärer Ansätze auch der Weiterentwicklung moderner mikroskopischer Verfahren Rechnung getragen werden.

Schließlich soll damit begonnen werden, an der TUD das Fachgebiet „Strahlenbiologie“ als festen inhaltlichen Bestandteil in das gegenwärtig konzipierte Bachelor- und Master Programm für Biologiestudenten zu integrieren.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Technische Universität Dresden, Helmholtzstr. 10, 01069 Dresden		Förderkennzeichen: 02 S 8356
Vorhabensbezeichnung: Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abproduktkonditionierung		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2006 bis 31.03.2008	Berichtszeitraum: 01.04.2006 bis 31.12.2006	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 443.947,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Knorr	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

Nachauftragnehmer der TU Dresden (TUD): VKTA Rossendorf e.V.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- API: Herstellen der radioaktiven Probekörper
- APII: Externe Bestimmung der spezifischen Aktivität der Ablationsprodukte
- APIII: Detailuntersuchungen zur elektrostatischen Abscheidung von Radioisotopen bei unterschiedlichen Temperaturniveaus
- APIV: Detailuntersuchungen zur elektrostatischen Abscheidung von Radioisotopen bei unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten
- APV: Detailuntersuchungen zur elektrostatischen Abscheidung von Radioisotopen bei unterschiedlichen Temperaturniveaus und Strömungsgeschwindigkeiten
- APVI: Detailuntersuchungen zum elektromagnetischen Abheben von Schmelzetropfen
- APVII: Adaption einer Koaxialdüse zum Austragen der Schmelze
- APVIII: Integration der elektrostatischen Abscheidung in die Koaxialdüse
- APIX: Demonstration des optimierten Zusammenwirkens der einzelnen Prozessschritte
- APX: Abschlussbericht

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Fortführung der im ersten Projekt begonnenen Untersuchungen zum Abdampf-, Kondensations- und Ablagerungsverhalten der Radionuklide Cs-137, Co-60 und Sr-85 im Temperaturbereich bis 2500°C unter Kurzzeitbedingungen (Minutenbereich). Verbesserung der Messmethode zum Aufstellen der Aktivitätsbilanzen vor/nach Laserbearbeitung durch eine verbesserte Kalibrierung der Messsonden (Bohrloch-Kristall-Sonde, ScintiSpec) sowie eine verbesserte geometrische Anordnung der Messsonden.

Ergebnisse:

In den ermittelten Nuklidbilanzen konnten reproduzierbar mehr als 90 % der Radionuklide Sr-85 und Co-60 im verglasten Material bzw. am Elektrofilter nachgewiesen werden. Für Cs-137 wurde (erwartungsgemäß) ein geringerer Teil in der Schmelze fixiert. Prinzipiell konnte nachgewiesen werden, dass die selektive Abscheidung des freigesetzten Cs-137 an einer Kältefalle möglich ist. Das Aufstellen einer vollständigen Cs-137-Bilanz war in den Experimenten bisher nicht möglich (Ursache: Gesamtaktivität des eingesetzten Cs-137 zu gering). Folgeversuche mit höheren Aktivitätswerten sollen die Lücke in der Aktivitätsbilanz schließen, so dass die Effizienz der Rückhaltung in der Schmelze und an der Kältefalle reproduzierbar ermittelt werden kann.

Vorbereitung der Freisetzungsexperimente mit abgereichertem Uran.

4. Geplante Weiterarbeiten

Fortführung der Arbeiten entsprechend Arbeitsplan.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Vortrag auf Tagung KONTEC-2005

Vortrag Jahrestagung Kerntechnik 2006

Zuwendungsempfänger: Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Siempelkampstraße 45, 47803 Krefeld		Förderkennzeichen: 02 S 8366
Vorhabensbezeichnung: Schutz durch Hochgeschwindigkeitsflammspritzschichten auf dickwandigen End- und Zwischenlagerbauteilen zur Reduktion von Reparaturen, Korrosion und Kosten -SHARK-		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2006 bis 31.01.2008	Berichtszeitraum: 01.01.2006 bis 31.12.2006	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 440.490,00 EUR	Projektleiter: Kramm	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist der Nachweis der großtechnischen Machbarkeit von Hochgeschwindigkeitsflammspritz-Beschichtungen auf Endlagerbauteilen zur Reduktion von Reparaturen, Korrosion und Kosten.

Ausgehend von der Klassifizierung bisheriger Beschichtungen von Nuklearkomponenten erfolgt die Adaption der HVOF-Technologie für die Anwendungen der Nukleartechnik sowie die Auswahl von Komponenten für die Verifizierung der großtechnischen Umsetzung. Parallel wird ein Programm für mögliche Reparatur- und Nachbehandlungsschritte erarbeitet.

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

Das Vorhaben wird in Zusammenarbeit mit der Universität Hannover – Institut für Werkstoffkunde (Vorhaben mit dem Förderkennzeichen 02S8386) durchgeführt.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

2.1 Klassifizierung bisheriger Beschichtungen

Spezifizierung bisheriger Beschichtungen von ausgewählten Nuklearkomponenten und die Gegenüberstellung zu den im Vorfeld des Vorhabens gewonnenen Ergebnissen.

2.2 Adaption der HVOF-Technologie für die Anwendungen in der Nukleartechnik

Prüfung bestehender Regelwerke, Einbeziehung entsprechender Sicherheitsrandbedingungen (z. B. Schallschutz) und die Festlegung von Maßnahmen zur Qualitätssicherung. Machbarkeitstest an einer zylindrischen Kleinkomponente (ca. 7t).

2.3 Auswahl von Komponenten für die Verifizierung der großtechnischen Umsetzung

Auswahl des Equipments insbesondere der Filter- und Manipulatorstechnik zur Beschichtung des Großzylinders.

2.4 Programm möglicher Reparatur- und Nachbehandlungsschritte

Definition und Auswahl der Nachbehandlungs- und Reparaturzonen.

2.5 Großtechnische Realisierung

HVOF-Beschichtung eines Großzylinders. Begleitend findet die Beprobung, Auswertung und Dokumentation statt.

2.6 *Berichterstattung*

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- 2.1 Vergabe eines Unterauftrages an die GNS
- 2.2 Diskussionen mit diversen potentiellen Lieferanten von Thermischen Spritzanlagen; Klärung von Randbedingungen; Bestellung der Kleinkomponente; Einholen von Angeboten für die Beschichtung der Kleinkomponente; Definition von Probematerial; Probebeschichtungen; Definition der durchzuführenden Untersuchungsmethoden zur Beurteilung einer Spritzschicht
- 2.3 Keine Aktivität
- 2.4 Keine Aktivität
- 2.5 Erste Diskussionen mit potentiellen Lieferanten zur Abklärung der Randbedingungen
- 2.6 Keine Aktivität

4. Geplante Weiterarbeiten

- 2.1 Abschluss der Literaturstudie zur Klassifizierung bisheriger metallischer Beschichtungsverfahren in der Nukleartechnik; Definition der Anforderungen an die Korrosionsschicht
- 2.2 Untersuchung diversen Probenmaterials in Zusammenarbeit mit der Uni Hannover (Institut für Werkstoffkunde); Auswahl des Spritzverfahrens; Beschichtung der Kleinkomponente
- 2.3 Weitere Diskussionen mit Lieferanten zur Beschichtung der Großkomponente
- 2.4 Definition von Schadstellen an einer Spritzschicht und Erarbeitung möglicher Reparaturmaßnahmen
- 2.5 Weitere Diskussionen mit Lieferanten zur Beschichtung der Großkomponente
- 2.6 Dokumentation der Ergebnisse der Probenuntersuchungen

5. Berichte, Veröffentlichungen

Vorstellung des Projektes im Rahmen eines Vortrages auf der KONTEC 2007, 21.-23. März 2007 in Dresden.

Zuwendungsempfänger: Technische Universität München, Arcisstr. 21, 80333 München		Förderkennzeichen: 02 S 8376
Vorhabensbezeichnung: Bestimmung von Endlager-relevanten, langlebigen Radionukliden mittels radiometrischer und spezieller massenspektrometrischer Verfahren		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2006 bis 31.01.2010	Berichtszeitraum: 01.08.2006 bis 31.12.2006	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 973.314,00 EUR	Projektleiter: Dr. Lierse von Gostomski	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

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

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Geplante Arbeitsschritte sind:

1. Ausarbeitung von Trennungsgängen für die zu quantifizierenden Nuklide zur Abtrennung der Fremdaktivitäten unter Berücksichtigung der besonderen Probenmatrizes und der nachfolgenden Analytik
2. Optimierung der Beschleuniger-Massenspektrometrie (AMS) hinsichtlich der Isobarenscheidung
3. Präparation von Realproben nach 1. und Messung mit AMS nach 2.
4. Optimierung der hochauflösenden induktiv-gekoppelten Massenspektrometrie (ICP-HRMS) analog 2.
5. Präparation von Realproben nach 1. und Messung mit ICP-HRMS nach 4.
6. Radiochemische Neutronenaktivierungsanalyse für Nuklide, welche dadurch theoretisch zugänglich sind

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Das Projekt befindet sich zum Zeitpunkt der Berichterstellung planmäßig im Stadium 1., d. h. der Ausarbeitung von Trennungsgängen zur Abtrennung von Fremdaktivitäten unter besonderer Berücksichtigung der chemischen Isobarenscheidung, welche für nachfolgende massenspektrometrische Verfahren erforderlich ist. Bearbeitet wurden hierzu bisher ^{41}Ca , ^{79}Se , ^{135}Cs , ^{93}Zr und ^{93}Mo befinden sich derzeit in Bearbeitung.

Für die Nuklide wurden Trennungsgänge erarbeitet, deren Effizienz mittels aktiver Simulatrlösungen überprüft wurde. Die Abtrennung der genannten Nuklide ist zum gegenwärtigen Stand der Arbeiten radiochemisch rein möglich. Die Anwendung der Trennungsgänge an Realproben steht noch aus.

Die chemische Isobarenscheidung für die Nuklide Ca/K, Se/Br, Cs/Ba ist bearbeitet und gelingt effizient.

4. Geplante Weiterarbeiten

Für weitere Nuklide sollen die Trennungsgänge und die chemische Isobarenscheidung erarbeitet werden. Parallel dazu sollen mit der AMS erste Messungen der bereits bearbeiteten Nuklide erfolgen.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Gottfried Wilhelm Leibnitz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover		Förderkennzeichen: 02 S 8386
Vorhabensbezeichnung: Schutz durch Hochgeschwindigkeitsflammspritzschichten auf dickwandigen End- und Zwischenlagerbauteilen zur Reduktion von Reparaturen, Korrosion und Kosten -SHARK-		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2006 bis 31.01.2008	Berichtszeitraum: 01.08.2006 bis 31.12.2006	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 202.982,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Bach	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Ziel des Vorhabens ist der Nachweis der großtechnischen Machbarkeit von Hochgeschwindigkeitsflammspritz-Beschichtungen auf Endlagerbauteilen zur Reduktion von Reparaturen, Korrosion und Kosten.

Ausgehend von der Klassifizierung bisheriger Beschichtungen von Nuklearkomponenten erfolgt die Adaption der HVOF-Technologie für die Anwendungen der Nukleartechnik sowie die Auswahl der Komponenten für die Verifizierung der großtechnischen Umsetzung. Parallel wird ein Programm für mögliche Reparatur- und Nachbehandlungsschritte erarbeitet. Mit der Durchführung des Vorhabens werden Grundlagen für die Reparatur von Langzeitzwischenlagerbehältern einerseits und für die Auslegung und Fertigung von End- und Zwischenlagerkomponenten andererseits geschaffen.

Das Vorhaben erschließt ein zusätzliches Sicherheitspotential im Hinblick auf die Betriebsphase des Endlagers und den möglichen Einfluss einer korrosiven Atmosphäre. Das Verfahren trägt zur Weiterentwicklung im Bereich Korrosionsschutz für Zwischen- und Endlagerkomponenten sowie von HVOF-Beschichtungsverfahren bei, so dass neue Nutzungsmöglichkeiten und Optionen für wissenschaftliche Weiterentwicklung eröffnet werden.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

AP1: Literatur-Recherche.

AP2: Klassifizierung bisheriger Beschichtungen.

AP3: Korrosionsuntersuchungen von Spritzschichten mit verschiedenen chemischen bzw. elektrochemischen Prüfverfahren.

AP4: Adaption bestehender Technologie.

AP5: Definition und Auswahl Nachbehandlung.

AP6: Korrosionsuntersuchungen und metallografische Analyse an ausgewählten Reparaturbeschichtungen.

AP7: Transfer der Laborergebnisse auf eine Großkomponente.

AP8: Bewertung der Beschichtungen hinsichtlich Technologie, Wirtschaftlichkeit, Einsatzmöglichkeiten und Optimierungsmaßnahmen.

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Sichtung verschiedener relevanter wissenschaftlicher Datenbanken im Hinblick auf den aktuellen Stand von Forschung und Technik, schriftliche Zusammenfassung der Ergebnisse der Recherche

AP2: Spezifizierung bisheriger Beschichtungen von ausgewählten Nuklearkomponenten und Gegenüberstellung zu den im Vorfeld des Vorhabens gewonnenen Ergebnissen

AP3: Probenvorbereitung für die Untersuchung des Korrosionsverhaltens der vom Projektpartner Siempelkamp Nukleartechnik gelieferten Proben im Salzsprühnebeltest nach DIN 50021 SS.

4. Geplante Weiterarbeiten

AP1: Abschluss der Literaturstudie zur Klassifizierung bisheriger metallischer Beschichtungsverfahren in der Nukleartechnik; Definition von Anforderungen an die Korrosionsschutzschicht.

AP3: Metallografische Analyse von unbelastetem Referenzmaterial zur Charakterisierung des Ausgangszustands;
Untersuchung des Korrosionsverhaltens von Grundwerkstoff und beschichtetem Material im Salzsprühnebeltest nach DIN 50021 SS;
metallografische Analyse der im Salzsprühnebeltest nach DIN 50021 SS an den Proben initiierten korrosiven Schädigungen sowie licht- sowie rasterelektronenmikroskopische Charakterisierung von Schadstellen in der Spritzschicht.

AP5: Prüfung bestehender Regelwerke, Einbeziehung entsprechender Sicherheitsrandbedingungen (z. B. Schallschutz) und die Festlegung von Maßnahmen zur Qualitätssicherung.

AP7: Machbarkeitstest an einer zylindrischen Kleinkomponente (ca. 7t).

AP8: Dokumentation und Diskussion der Ergebnisse sowie deren Einbeziehung in das weitere Untersuchungsprogramm.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

Zuwendungsempfänger: Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fürstengraben 1, 07743 Jena		Förderkennzeichen: 02 S 8396
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: 01.07.2006 bis 31.12.2008	Berichtszeitraum: 01.07.2006 bis 31.12.2006	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 437.041,00 EUR	Projektleiter: Prof. Dr. Kothe	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Vorhaben dient der Strahlenschutzvorsorge durch biologische Dekontamination von radioaktiven Bauschutt unter Einsatz geeigneter Mikroben. Es untersucht mikrobiologische (Bakterien, Pilze) und biotechnische (Beregnung) Prozesse, die insgesamt eine optimale Ausnutzung von Bepflanzungsstrategien zur sanften Remediation von radioaktiv belastetem Bauschutt in einer Biosituationsbereinigung erlauben sollen.

Das Vorhaben verwendet Ergebnisse des abgeschlossenen Vorhabens "Untersuchungen über erste Entwicklungen von Grundlagen zu Sanierungstechniken für Schwermetall- bzw. Radionuklidkontaminierte Böden durch Nutzung des Transfers der Kontaminanten in Pflanzenbiomassen zwecks Entsorgung", die vertieft und parallel mit einer Leistungssteigerung durch mikrobiellen Einfluss untersucht werden.

Das Vorhaben belegt seine Ergebnisse mit experimentellen Ansätzen, die einen biologischen Charakter haben. Demzufolge gilt ein Zeitrahmen (säen, wachsen, ernten) mit biologischen Rahmenbedingungen, die in jedem Fall den Vegetationsperioden unterworfen sind. Es wird nötig, vom derzeit geplanten Zeitraum 7/2006 – 12/2008 weitere Pflanzenversuche zur Absicherung der Ergebnisse durchzuführen.

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

Lysimeterversuche: Eine Weiterführung der begonnenen Lysimeterversuche untersucht den Einfluss der Bepflanzung und mikrobiellen Inokulation auf Dekontamination von Bauschutt und dem Vergleichssubstrat einer Halde, im zweiten Jahr auch Messung der Einflussgröße von Mikroben durch Antibiotika/Mykostatika.

Pilotanlage: Eine Pilotanlage auf der Basis des erworbenen Wissens soll aufgebaut werden. In ihr werden Substrate aus dem Rückbau des Forschungsreaktors Rossendorf eingesetzt, die die Anwendbarkeit der Ergebnisse sicherstellen werden. Für die Einrichtung der Pilotanlage sind zunächst Genehmigungsverfahren notwendig.

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

- 2006/5: Neue Bepflanzung und Inokulation zur Absicherung der Transferfaktoren im zweiten Versuchsjahr. Die Pflanzeperiode wurde genutzt. Erfolgreich abgeschlossen.
- 2006/5-10: Wöchentliche Sickerwasserproben und Kontrolle des Wachstums sowie Mikrobielles Monitoring über die Wachstumsperiode. Ernte im späten Oktober. Am Ende der Vegetationsperiode wurde mit Pumpversuchen die Möglichkeit und Sinnhaftigkeit einer Beregnung im durch kleine Korngrößen leicht verschlammenden Substrat untersucht. Erfolgreich abgeschlossen.
- 2006/11-12: Bereitstellung der Proben für die Auswertung der zweiten Vegetationsperiode. Erfolgreich abgeschlossen.

4. Geplante Weiterarbeiten

- 2007/1-4: Auswertung, Bericht des zweiten Jahres.
- 2007/1-5: Planung einer Pilotanlage und Einholen wasserrechtlicher Genehmigungen durch den Unterauftragnehmer WISUTEC.
- 2007/5: Neue Bepflanzung mit Antibiotika/Mykostatikabehandlungen zur Absicherung der Ergebnisse in der dritten Vegetationsperiode und gleichzeitiger Kontrolle der Rahmenbedingungen durch das Unterdrücken mikrobiellen Wachstums.
- 2007/5-6: Aufbau der Pilotanlage, erste Bepflanzung zur Kontrolle der geplanten Verwertung.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Abschlussbericht des Vorhabens Baubio, Friedrich-Schiller-Universität Jena.

Haferburg G, Reinicke M, Merten D, Büchel G, Kothe E, 2006. Identification of microbes suitable for heavy metal retention from acid mine drainage waters. *J. Geochem. Explor.* 92, 196-204.

Wengel M, Kothe E, Schmidt C, Heide K, Gleixner G. Degradation of organic matter from black shales and charcoal by the wood-rotting fungus *Schizophyllum commune* and release of dissolved organic carbon and heavy metals in the aqueous phase. *Sci. Total Environ.* 367, 383-393.

Krause K, Kothe E, 2006. Use of RNA fingerprinting to identify fungal genes specifically expressed during ectomycorrhizal interaction. *J. Basic Microbiol.* 46, 387-399.

Kothe E. 2006. Pilze. In: Schlegel – Allgemeine Mikrobiologie, 8. Aufl., Thieme Verlag, Stuttgart.

Kothe E. Überarbeitung von: Alexander SK, Strete D (2006) Mikrobiologisches Grundpraktikum – ein Farbatlas. Pearson Verlag, München.

Schmidt A, Schmidt A, Haferburg G, Kothe E (2006) Superoxide dismutases of heavy metal resistant streptomycetes. *J. Basic Microbiol.* 2007, 1, 56-62.

Zuwendungsempfänger: SGE Spezialgeräteentwicklung GmbH, Bautzner Landstr. 128, 01328 Dresden		Förderkennzeichen: 02 S 8406
Vorhabensbezeichnung: Weiterentwicklung der Technologie Plasmaschneiden für nichtmetallische Materialien für den praktischen Einsatz beim Rückbau und der Zerlegung von Kernkraftwerksanlagen und Reaktoren sowie für den Katastrophenschutz		
Zuordnung zum FuE-Programm: Stilllegung/Rückbau kerntechnischer Anlagen		
Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2006 bis 31.08.2008	Berichtszeitraum: 01.09.2006 bis 31.12.2006	
Gesamtförderbetrag des Vorhabens: 247.478,00 EUR	Projektleiter: Pfaff	

1. Vorhabensziele/Bezug zu anderen Vorhaben

Das Vorhaben hat das Ziel der Weiterentwicklung der Technologie „Plasmaschneiden für nichtmetallische Materialien“ für den praktischen Einsatz beim Rückbau und der Zerlegung von Kernkraftwerksanlagen und Reaktoren sowie für den Katastrophenschutz. Das Plasmaschneiden für nichtmetallische Materialien ist ein universell einsetzbares Trenn- und Abtragsverfahren, welches sich durch folgende Merkmale auszeichnet:

- leichtes Werkzeug
- vibrationsfreies und berührungsloses Trennverfahren
- Trennbarkeit fast aller Materialien und Materialgemische
- geringe Wärmeausbreitung
- Bearbeitungsprozess ohne Krafteintrag
- Manipulatoreinsatz möglich
- preiswerte Verschleißteile

Damit sind verschiedene Einsatzmöglichkeiten gegeben:

- Katastrophenschutz (z. B. THW)
- Zerlegung von kontaminierten Materialien
- Rückbau von Kernkraftanlagen
- Aufbereitung von zum Recycling vorgesehener Baugruppen

2. Untersuchungsprogramm/Arbeitspakete

- AP1: Entwicklung Strömungsoptimierter Brennerkopf
- AP2: Entwicklung Handbrenner
- AP3: Zerlegeversuche an Reaktorelementen
- AP4: Entwicklung Brenner für Flächenabtrag
- AP5: Entwicklung Brenner für Unterwassereinsatz
- AP6: Entwicklung Auffangvorrichtung für Schmelze

3. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

- AP1: Für die Brenneroptimierung wurden die notwendigen Voraussetzungen in Form einer geeigneten Hardware geschaffen. Dies beinhaltet die Konstruktion und Fertigung einer Plasmabrenner-Führungsmaschine mit motorisch angetriebener Arbeitsachse, manuell einstellbaren Brennerhalterungen, Gas- bzw. Medienversorgung und automatisiertem Drahtvorschub. Damit ist eine exakte Einstellung und systematische Auswertung von Schneidparametern gewährleistet. Dies sind insbesondere Vorschubgeschwindigkeiten, Schneidabstände, Drahtdurchmesser, Drahtgeschwindigkeiten, Schneidströme und Gasdrücke in Abhängigkeit von den erreichten Schneidergebnissen.
- Für die Schneidversuche wird eine Plasmaschneidanlage PAS 45 (Fa. Kjellberg) eingesetzt. Diese bietet den besten Kompromiss aus Handlichkeit und Leistung. Die Abhängigkeiten zwischen Schneidströmen und Schnitttiefe sind nachweisbar und damit auf größere Anlagen übertragbar.
- AP2: Bei ungünstigen Witterungsbedingungen wurden erste Konstruktionsvarianten für einen Plasmaschneidhandbrenner entwickelt. Dabei fließen die gewonnenen Ergebnisse und Erfahrungen aus den Schneidversuchen direkt in die Entwicklungsarbeit ein. Erste Varianten zeigen die Notwendigkeit der Erprobung des Handlings anhand von Prototypen unter den Gesichtspunkten der Ergonomie und des Arbeitsschutzes, dabei insbesondere den thermischen Schutz des Bedieners.

4. Geplante Weiterarbeiten

Die enge Zusammenarbeit mit dem Anlagenhersteller stellt die Erprobung eines kürzlich entwickelten Brenners mit Hüllgasdüse in Aussicht. Von dieser Brennergeometrie erwartet der Antragsteller eine Bündelung des Schneidgasstromes und damit die Verlängerung des aktiven Schneidbereiches des Plasmastrahls. Die Verfügbarkeit dieser neuen Düsengeometrie ist für Anfang 2. Quartal 07 zu erwarten.

Basierend auf der fertig zu stellenden Konstruktion wird ein Prototyp hergestellt und erprobt. Die Ergebnisse der Erprobung fließen unmittelbar in die Umsetzung der Konstruktion eines Serienreifen Handplasmabrenners ein.

5. Berichte, Veröffentlichungen

Keine

2.3 Ausführende Forschungsstellen

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

- 02 S 8021 Entwicklung von Beurteilungsmethoden für Transport- und Lagerbehälter mit erhöhten metallischen Reststoffanteilen -Weiterführende Untersuchungen (EBER III)-  42
- 02 S 8274 Fallversuche mit Brennelement-/HAW-Transport- und Lagerbehältern in Originalgröße  58

Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Str., 52428 Jülich

- 02 S 8315 Verbesserung von Richtigkeit und Genauigkeit bei der Bestimmung des Nuklidinventars für die Deklaration und Freimessung von Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Einrichtungen  66

Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fürstengraben 1, 07743 Jena

- 02 S 8294 Kontrolle biologischer Untersuchungen bei der Dekontamination heterogener, schwach radioaktiv kontaminierter Geosubstrate für die Strahlenschutzvorsorge  62
- 02 S 8396 Untersuchungen zur Strahlenschutz-Vorsorge für radionuklidbelastetes Substrat: Mikrobieller Beitrag zur Bioakkumulation aus Bauschutt  84

Gesellschaft für Schwerionenforschung mit beschränkter Haftung, Planckstraße 1, 64291 Darmstadt
--

- 02 S 8203 Genetische Wirkung dicht ionisierender Strahlen - *Strahlenforschung*  48
- 02 S 8355 Molekulare und zelluläre Wirkung dicht ionisierender Strahlen - *Strahlenforschung*  74

Gottfried Wilhelm Leibnitz Universität Hannover, Welfengarten 1, 30167 Hannover
--

- 02 S 8284 Untersuchungen zur Sicherheit gegen Behälterkorrosion in Langzeitzwischenlagern  60
- 02 S 8386 Schutz durch Hochgeschwindigkeitsflammspritzschichten auf dickwandigen End- und Zwischenlagerbauteilen zur Reduktion von Reparaturen, Korrosion und Kosten -SHARK-  82

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 - *Strahlenforschung*  56
- 02 S 8345 Aufbau eines Systems isogener stabil diploider humaner Zelllinien mit gezielt durch RNA-Interferenz ausgeschalteten Genen zur Analyse des Zusammenhanges von DNA-Reparaturdefizienz, genomischer und chromosomaler Instabilität - *Strahlenforschung*  72

SGE Spezialgeräteentwicklung GmbH, Bautzner Landstr. 128, 01328 Dresden
--

- | | | |
|-----------|--|----|
| 02 S 8406 | Weiterentwicklung der Technologie Plasmaschneiden für nichtmetallische Materialien für den praktischen Einsatz beim Rückbau und der Zerlegung von Kernkraftwerksanlagen und Reaktoren sowie für den Katastrophenschutz | 86 |
|-----------|--|----|

Siempelkamp Nukleartechnik GmbH, Siempelkampstr. 45, 47803 Krefeld

- | | | |
|-----------|--|----|
| 02 S 8011 | Forschungsvorhaben zur Optimierung der Reststoffverwertung von Metallen -Weiterführende Untersuchungen (FORM III)- | 40 |
| 02 S 8366 | Schutz durch Hochgeschwindigkeitsflammspritzschichten auf dickwandigen End- und Zwischenlagerbauteilen zur Reduktion von Reparaturen, Korrosion und Kosten -SHARK- | 78 |

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

- | | | |
|-----------|--|----|
| 02 S 8172 | Entwicklung eines Konditionierungsverfahrens für Kernbrennstoffe aus dem Siemens-Unterrichts-Reaktor (SUR) | 46 |
|-----------|--|----|

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

- | | | |
|-----------|---|----|
| 02 S 8356 | Dekontamination silikatischer Oberflächen mittels Laserablation bei gleichzeitiger Abproduktkonditionierung | 76 |
|-----------|---|----|

Technische Universität München, Arcisstraße 21, 80333 München
--

- | | | |
|-----------|---|----|
| 02 S 7951 | Entsorgung von Beryllium / Berylliumoxid und Cadmium aus Forschungsreaktoren | 38 |
| 02 S 8142 | Selektive Tritium-Extraktion aus Wasser und Bindung auf einen Träger | 44 |
| 02 S 8325 | Verbesserung von Richtigkeit und Genauigkeit bei der Bestimmung des Nuklidinventars für die Deklaration und Freimessung von Reststoffen aus dem Rückbau kerntechnischer Einrichtungen | 68 |
| 02 S 8376 | Bestimmung von Endlager-relevanten, langlebigen Radionukliden mittels radiometrischer und spezieller massenspektrometrischer Verfahren | 80 |

Universität Fridericiana zu Karlsruhe (TH), 76131 Karlsruhe
--

- | | | |
|-----------|--|----|
| 02 S 8223 | Inaktivierung von Mdm2 nach ionisierender Strahlung – Aufklärung der Signaltransduktionskette - <i>Strahlenforschung</i> | 52 |
| 02 S 8305 | Abbruch massiver Betonbauwerke der Energietechnik | 64 |

Universität des Saarlandes, Im Stadtwald, 66123 Saarbrücken
--

- | | | |
|-----------|--|----|
| 02 S 8335 | Biologische Wirkung niedriger Dosen ionisierender Strahlung - <i>Strahlenforschung</i> | 70 |
|-----------|--|----|

Universitätsklinikum Düsseldorf, Moorenstraße 5, 40225 Düsseldorf
--

- | | | |
|-----------|---|----|
| 02 S 8213 | Mechanismen der Zytotoxizität durch Alpha-Strahlung in humanen normalen und malignen hämatopoetischen Zellen - <i>Strahlenforschung</i> | 50 |
|-----------|---|----|

Universitätsklinikum Essen, Universität Duisburg-Essen, Hufelandstraße 55,
45147 Essen

02 S 8254 Checkpoint Manipulation als Strategie für den Strahlenschutz und für  54
die Strahlensensibilisierung von Säugetierzellen
- *Strahlenforschung*